

# 第102回

地球電磁気・地球惑星圏学会講演会

102th SGEPPSS FALL MEETING

## 講演予稿集

### ABSTRACTS

と き 1997年10月2日(木)～5日(日)

ところ 北海道大学 学術交流会館

*October 2-5, 1997*

*Hokkaido University*

地球電磁気・地球惑星圏学会

Society of Geomagnetism and Earth, Planetary and Space Sciences

(SGEPSS)

# 地球電磁気・地球惑星圏学会

Society of Geomagnetism and Earth, Planetary and Space Sciences

(SGEPSS)

## 第102回総会・講演会プログラム

日時 1997年10月2日(木)～5日(日)

場所 北海道大学 学术交流会館

〒060 札幌市北区北8条西5丁目

TEL: 011-706-2141

		会場 9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
10月2日(木)	A		磁気圏構造-I				プラズマ波動・シミュレーション-I			ストーム・サブストーム-I		運営委員会 (理学部3号館 404号室)	
	B		惑星			電離圏-I							
	C		ULF波動			太陽圏・宇宙線							
10月3日(金)	A	磁気圏構造-II				ストーム・サブストーム-II			ポスターセッション I (会場ロビー)		評議員会 (理学部3号館 404号室)		
	B	プラズマ波動・シミュレーション-II			電離圏-I								
	C	主磁場 ダイナモ	電気伝導度			岩石磁気・古地磁気-I							
10月4日(土)	A	磁気圏構造-III				特別講演会 (A会場)		総会 (A会場)		懇親会 (北大中央食堂)			
	B	電離圏-II											
	C	岩石磁気・古地磁気-II											
10月5日(日)	A	大気圏											
	B	ポスターセッション II (会場ロビー)			電離圏-II								
	C				地震活動 電磁気学	磁気異常・ 磁場計測							

A会場：講堂 B会場：小講堂 C会場：第一会議室

- 講演時間15分(発表12分 討論3分)を厳守して下さい。
- スライドプロジェクター、オーバーヘッドプロジェクター各1台が同時使用可能です。
- ポスターセッションのコアタイムは2回に別れています。ポスターは2日間展示できます。出来るだけ初日及び3日目より展示して下さい。ポスターボードのサイズは幅90cm×高さ150cmです。
- 緊急のポスター発表を希望される場合は、運営委員までご相談下さい。

# PROGRAM AT A GLANCE

## 102th SGEPPS FALL MEETING

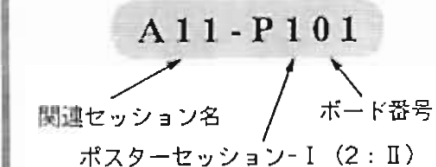
		9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
10/2 (Thu)	A		Magnetospheric Dynamics-I			Plasma Waves • Simulation-I			Storm • Substorm-I				
	B		Planet			Ionosphere-I							
	C		ULF Waves			Heliosphere • Cosmic Ray							
10/3 (Fri)	A		Magnetospheric Dynamics-II			Storm • Substorm-II			Poster Session-I (Robby)				
	B		Plasma Waves • Simulation-II			Ionosphere-Magnetosphere Coupling-I							
	C	Dynamo	Electric Conductivity			Rock Magnetism • Paleomagnetism-I							
10/4 (Sat)	A		Magnetospheric Dynamics-III										
	B		Ionosphere-II			SGEPSS Lecture (A)	Plenary Meeting (A)					Buffet Party (Hokkaido Univ.)	
	C		Rock Magnetism • Paleomagnetism-II										
10/5 (Sun)	A					Atmosphere							
	B		Poster Session-II (Robby)			Ionosphere-Magnetosphere Coupling-II							
	C					Tectonoelectromagnetism	Magnetic Anomaly Magnetic Field Measurement						

### 講演番号の読み方

オーラル

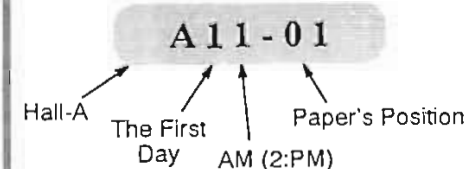


ポスター

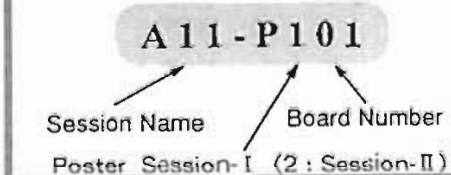


### Paper Information Key

ORAL

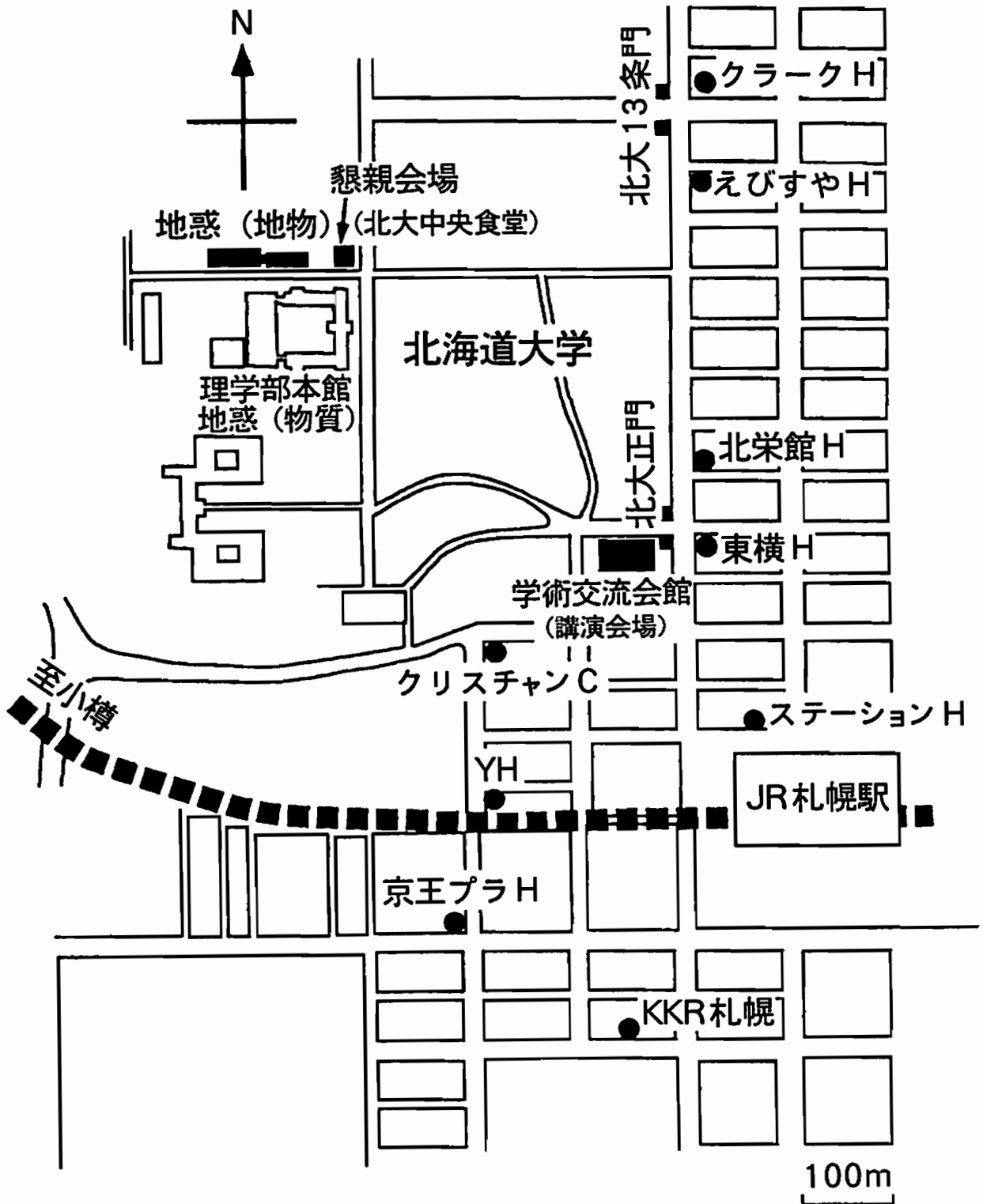


POSTER



# 会場案内図

総会および講演会会場は、北大正門を入ってすぐの北大学術交流会館です。北大正門は、JR札幌駅の東西2ヶ所にある改札口の西側を出て、ほぼ北の方向徒歩5分強の所です。  
 なお、講演会場から懇親会場までは徒歩約5分です。



開始時間	A 会場	B 会場	C 会場
	<p>A11 磁気圏構造-I 座長 家森俊彦 (京大・理学部) 羽田 亨 (九大・工学部)</p>		<p>C11 ULF 波動 座長 篠原 学 (九大・理学部) 松岡 均 (通総研)</p>
9:45	<p>A11-01 SAMPEX 衛星による放射線降下電子バースト 磯和 充、中村るみ、上出洋介、D.N. Baker</p>	<p>B11 惑星圏 座長 松岡彩子 (宇宙研) 三澤浩昭 (東北大・理学部)</p>	<p>C11-01 Ground-Based Magnetometer Network Observations as Diagnostics of Magnetospheric Process 湯元清文、CPMN 観測グループ</p>
10:00	<p>A11-02 プラズマ圏研究における非平衡系パラダイムの実証—プラズマ圏及びプラズマポーズの新しい実像 大家 寛</p>	<p>B11-01 火星探査機 PLANET-B/LFA によるプラズマ波動の研究 岡田敏美、松本 紘、橋本弘藏、長野 勇、八木谷 聡、筒井 稔、笠羽康正、鶴田浩一郎、早川 基、松岡彩子、渡邊成昭、上田裕子、木村賢根、笠原植也、大村曾治、石坂圭吾、井町智彦、立野吉英</p>	<p>C11-02 正午前に観測される Pc3 の波動特性 田中良昌、篠原 学、湯元清文、S.I. Solovyev、E.F. Vershinin、210° 地磁気観測グループ</p>
10:15	<p>A11-03 月探査周回衛星からの地球周辺プラズマ撮像 中村正人、田口 真、岡野章一、江尻全蔵、三宅 互、川原琢也、吉川一朗、滝澤慶之、野田寛大、山崎 敦、斎藤義文</p>	<p>B11-02 Speculation of magnetic field and current profile in the Martian ionosphere 松岡彩子、山本達人</p>	<p>C11-03 Wave characteristics of Pi2 pulsations in the morning sector 篠原 学、田中良昌、湯元清文、坂 翁介、S.I. Solovyev、E.F. Vershinin、210° 地磁気観測グループ</p>
10:30	<p>A11-04 SS-520-1 ロケット搭載用高速中性粒子 (ENA) 計測器の開発 浅村和史、向井利典、斎藤義文、風間洋一、町田 忍</p>	<p>B11-03 Planet-B 搭載プラズマサウンダーによる火星電離圏観測計画 小野高幸、大家 寛、森岡 昭、飯島雅英、三澤浩昭、熊本篤志、丸橋克英、小原隆博、小林 香</p>	<p>C11-04 ULF 波による磁気圏のリモートセンシング；キャビティモード波の検出？ D. オーア、D. ハルクロウ、C. ウォルターズ、家森俊彦、荒木 徹</p>
10:45	(10:45 休憩)	(10:45 休憩)	(10:45 休憩)
11:00	<p>A11-05 Magnetotail pressure variations: Comparison of the Geotail and Interball observations A. Petrukovich, T. Mukai, T. Yamamoto, Y. Saito, S. Kokubun, S. Romanov, A. Fedorov</p>	<p>B11-04 電離圏トップサイドサウンダ法の月面ならびに月面下探査法への応用について—複雑地形からの反射に関するコンピュータシミュレーション— 小林敬生、大家 寛、小野高幸</p>	<p>C11-05 Characteristics of Impulsive ULF Waves Excited by Strong Lightning Discharges Producing Elves and Sprites 福西 浩、佐藤光輝、庄野篤司</p>
11:15	<p>A11-06 シングルプローブによる太陽風及び Bow Shock 周辺領域における電子温度推定 石坂圭吾、岡田敏美、笠羽康正、松本 紘、長野 勇、鶴田浩一郎、早川 基、向井利典</p>	<p>B11-05 金星の雲物理と子午面循環 今村 剛、はしもと じょーじ</p>	<p>C11-06 The Transfer Characteristics of Pi2 Magnetic Energy 魚住植司、湯元清文、S.I. Solovyev、E.F. Vershinin</p>
11:30	<p>A11-07 宇宙プラズマへの応用を目指した、ある磁気流体系の拡張について 羽田 亨</p>	<p>B11-06 モジュレーション・レーンによる木星電波源の位置とビーム構造の精密測定 今井 雅</p>	<p>C11-07 南極無人観測所 (AGO) 網で観測された Magnetic Impulse Event とそれに伴う Pc 1 burst 現象 佐藤光輝、福西 浩、L.J. ランゼロッチ</p>

# 第 1 日 目

10月2日 (木)

開始時間	A 会場	B 会場	C 会場
11:45	<p>A11-08 'Partial Ring Current' の時間発展 家森俊彦、河野美樹、楊 恵根、吉村令替、行松 彰、H. Luehr</p> <p>(●ポスター)</p> <p>A11-P255 無衝突プラズマの温度異方性—プラズマ<math>\beta</math>の逆相関：統計学的アプローチ 中村 匡</p> <p>A11-P256 地球シンクロトロン放射強度のモデル計算—変動特性と検出可能性— 三澤浩昭、森岡 昭</p> <p>A11-P257 平行衝撃波近傍イオンの起源 杉山 徹、寺沢敏夫</p> <p>A11-P258 太陽風中の不連続面が magnetosheath 内へ侵入することで生じる構造の運動論的考察 坪内 健、寺沢敏夫</p> <p>A11-P259 EXOS-D 観測による太陽風起源熱的/超熱的イオンの分散 波辺成昭、佐川永一、巖本 巖、B.A. Whalen、A.W. Yau、向井利典、早川 基</p> <p>A11-P260 夏期極域における AKR の相対的減少現象 熊本篤志、大家 寛、小野高幸</p> <p>A11-P261 磁気圏界面静止軌道通過の性質 伊藤克彦、荒木 徹、細川敬祐、長井嗣信、小原隆博</p> <p>A11-P262 Observations of earthward streaming electrons at the trailing boundary of a plasmoid M. Fujimoto</p> <p>A11-P263 プラズモイドにおける磁場およびイオン速度分布関数の時間変化2 Jun-ya, S. Machida</p> <p>A11-P264 夜側磁気圏における大振幅電場の信頼性について 鶴田浩一郎、早川 基、松岡彩子</p>	<p>B11-07 Shoemaker-Levy9 彗星の木星衝突現象にかかわるデカメータ帯電波観測 青山隆司</p> <p>(●ポスター)</p> <p>B11-P161 火星探査機 Planet-B 搭載 LFA 用 DSP プログラムの開発 立野吉英、岡田敏美、橋本弘蔵、長野 勇、八木谷 聡、笠羽康正、井町智彦、松本 紘</p> <p>B11-P162 PLANET-B 衛星搭載 EIS 検出器の開発 照日 繁、菊池 順、道家忠義、長谷部信行、前沢 潤、高島 健、坂口貴男、井原亜紀史</p> <p>B11-P163 Estimation of the new-Mars Solar Wind Environment with Extended CIP Algorithm for MHD 関 華奈子、寺沢敏夫</p> <p>B11-P164 A two-dimensional model of the solar wind interaction with Mars 品川裕之、S. Bougher</p> <p>B11-P165 太陽風と非磁化惑星との相互作用の3次元ハイブリッドシミュレーション 島津浩哲</p> <p>B11-P166 金星下層大気の熱輸送 今村 剛</p> <p>B11-P167 IMP8 により観測された木星起源高エネルギー電子 土屋史紀、森岡 昭、三澤浩昭、長井嗣信</p> <p>B11-P168 イオ起源ナトリウム雲の分布—光学観測とモデルとの比較— 高橋 慎、森岡 昭、三澤浩昭、野澤宏大、岡野章一</p> <p>B11-P169 Ray tracing を用いた木星ヘクトメートル電波の放射源推定 中川史丸、森岡 昭、三澤浩昭</p>	<p>C11-08 A longitudinal extent of particle injection region associated with a ground Pi 2 onset as observed at the dip-equator 坂 翁介、飯島 健、ペイカー、リーブス、ベリアン</p> <p>(●ポスター)</p> <p>C11-P131 磁気圏 ULF 波動のモデリング—VI—ダイポール磁場での ULF 波動の電離層電気伝導度依存性— 中田裕之、藤田 茂、糸長雅弘、吉川順正</p> <p>C11-P132 IMF Bz 成分に依存したカスプ・極冠域 Pc3 地磁気暴動現象 庄野篤司、福西 浩</p> <p>C11-P133 あけぼので観測された Pi2 脈動の E、b 成分間の位相差について 大崎裕生、高橋主衛、福西 浩、長妻 努、早川 基、松岡彩子</p> <p>C11-P134 プラズマポーズ付近の Pc3-4 波動の位相変化 松岡 均、高橋主衛、園分 征、湯元清文、山本達人、S.I. Solov'yev、E.F. Vershinin、長井嗣信、福田敏幸、五家建夫、松本晴久</p> <p>C11-P135 磁気圏—電離圏結合系における ULF 波動伝播の計算機実験1 糸長雅弘、利光一郎、吉川順正、藤田 茂、中田裕之、湯元清文</p> <p>C11-P136 昼間側磁気圏において 1Hz 以下で観測される広帯域波動 松井 洋、林 幹治、向井利典、園分 征、山本達人、松本 紘、鶴田浩一郎</p> <p>C11-P137 昼側磁気圏境界における ULF 波動 北川拓也、桜井 亨、利根川 豊、向井利典、山本達人、鶴田浩一郎</p> <p>C11-P138 AMPTE CCE (<math>L=2-3</math>) で観測された ULF 波の統計解析 金 寛赫、高橋主衛、B.J. Anderson</p>

	<p>A11-P265 ダブルプローブ法による電場観測における Ex 成分のオフセットの評価 早川 基、鶴田浩一郎、松岡彩子</p> <p>A11-P266 プーメラン法における回帰ビームの考察 平賀哲也、早川 基、鶴田浩一郎、山本達人</p> <p>A11-P267 ロケット搭載用高エネルギー粒子計測器の開発 風間洋一、向井利典、平原聖文、斎藤義文、浅村和史</p>	<p>B11-P170 木星シンクロトロン放射のモデル計算 三好由純、三澤浩昭、森岡 昭、近藤哲朗、小山泰弘、中島潤一</p> <p>B11-P171 広帯域・高時間分解能偏波観測による木星デカメータ電波 Sバーストの観測 大矢 克、大家 寛</p> <p>B11-P172 木星デカメータ電波の周波数・強度分布と木星周辺の磁場環境の関連 服部 真、大家 寛</p> <p>B11-P173 GPS 時間/周波数標準基準レシーバの VLBI 周波数標準としての適用可能性評価 近藤哲朗、雨谷 純</p>	<p>C11-P139 地球磁気圏近尾端で観測される Pc5 帯磁場・プラズマ振動の性質 斎藤義文、向井利典、西田篤弘、寺沢敏夫、町田忍、山本達人、園分 征</p> <p>C11-P140 Impulsive oscillations in the low latitude boundary layer observed by the Geotail satellite 桜井 亨、利根川 豊、山本達人、向井利典、鶴田浩一郎</p>
<p>13 : 00</p> <p>13 : 15</p> <p>13 : 30</p> <p>13 : 45</p> <p>14 : 00</p>	<p>A12 プラズマ波動・シミュレーション-I 座長 小林 香 (富山県立大・工学部) 岡田雅樹 (極地研)</p> <p>A12-01 上流域波動と Fast Shock の相互作用によって励起される下流域波動 藤岡裕士、羽田 亨</p> <p>A12-02 GEOTAIL 衛星によるバウショック近傍領域で観測される波動特性解析2 森川大輔、松本 紘、小嶋浩嗣、向井利典、斎藤義文、山本達人、R.R. Anderson</p> <p>A12-03 バウショック前後におけるプラズマ波動特性に関する考察 松本 紘、大村善治、小嶋浩嗣、森川大輔、荒川真志</p> <p>A12-04 GEOTAIL 衛星で観測されるオーロラミリアメータ波の発生機構 工藤 紘、橋本弘藏、松本 紘、小嶋浩嗣、笠羽康正、長野 勇</p> <p>A12-05 磁気圏近尾端 Slow-mode shocks 周辺におけるプラズマ波動 大塚恒平、小嶋浩嗣、松本 紘、斎藤義文、向井利典、山本達人、園分 征</p>	<p>B12 電離圏-I 座長 阿部琢美 (青山学院大・工学部) 斎藤昭則 (京大・超高層)</p> <p>B12-01 The SEEK (Sporadic-E Experiment over Kyushu) Campaign 深尾昌一郎、山本 衛、R.T. Tsunoda、早川 基</p> <p>B12-02 SEEK : ロケット/レーダー同時観測から推察される QP エコー発生時のスポラディック E 電離層構造 山本良行、小野高幸、大家 寛</p> <p>B12-03 A mechanism for the generation of striation patterns on Es backscatter echo map 丸山 隆、深尾昌一郎、山本 衛</p> <p>B12-04 1997年6月・7月における MU レーダーによる F 領域 FAI の観測 斎藤昭則、山本 衛、玉木 諭、大塚雄一、深尾昌一郎</p> <p>B12-05 潮汐波による電離中間層の形成 川島高弘、小山孝一郎、鈴木勝久、岩上直幹、R. Raghavarao</p>	<p>C12 太陽圏・宇宙線 座長 徳丸宗利 (名大・STE研) 中川朋子 (東北工大)</p> <p>C12-01 ガウス関数を用いた宇宙線恒星時日周変動の南北非対称性の解析 D.L. Hall、宗像一起、安江新一、森 覚、加藤千尋、小山守一、赤羽重信、藤井善次郎、藤本和彦、J.E. Humble、A.G. Fenton、K.B. Fenton、M.L. Duldig</p> <p>C12-02 日変化を含む宇宙線時系列のフラクタル次元の正確な算定について 安江新一、宗像一起、尾木 暁、垣澤 敬</p> <p>C12-03 The radial intensity gradients of the galactic and anomalous cosmic rays 藤井善次郎、F.B. McDonald</p> <p>C12-04 Mean free path of cosmic rays in the disturbance region behind IMF-shock, causing Forbush decrease at September 9, 1992 藤本和彦、藤井善次郎、宗像一起、安江新一、森下伊三男、J.E. Humble、A.G. Fenton、K.G. Fenton、M.L. Duldig</p> <p>C12-05 日平均値および年平均値でみた宇宙線太陽時日変化異方性の長周期変動 A.A. Darwish、I. Sabbah、A.A. Bishara、宗像一起</p>

開始時間	A 会場	B 会場	C 会場
14:15	(14:15 休憩)	B12-06 大規模大気重力波による中・低緯度電離圏温度構造の応答 丸山奈緒美、渡部重十、藤原 均、福西 浩	C12-06 太陽共回転相互作用領域と宇宙線強度の長期減少の関係 近藤光志、長谷部信行、道家忠義、菊池 順、高島健、小林正規、竹花直弘、白井秀和
14:30	A12-06 プラズマシート境界層領域における二種類の静電孤立波と電子速度分布関数との比較 三木信彦、大村善治、向井利典、松本 紘、小嶋浩嗣、R.R. Anderson、斎藤義文、山本達人、園分 征	(14:30 休憩)	C12-07 1992年11月5日に発生した短寿命のコロナ・ホールに伴う磁気雲 渡辺 堯、芦沢幸太、中川義通、小島正宜
14:45	A12-07 プラズマシート及びプラズマシート境界層における低域混成周波数帯静電的波動の研究 前田智博、岡田敏美、笠羽康正、石坂圭吾	B12-07 電離層電子温度の長期変化—太陽活動度依存性— 阿部琢美、小山孝一郎	C12-08 コロナ平面磁場「 $\phi-\theta$ 」図の三次元表示 袴田和幸、中川朋子
15:00	A12-08 Pitch angle distribution of energetic electrons in the inner radiation belt and equatorial plasma wave turbulence phenomena 森岡 昭、三澤浩昭、大家 寛、飯島雅英、長井嗣信	B12-08 Archive of HINOTORI data and installation of the data in the International Reference Ionosphere 小山孝一郎、磯田総子、渡部重十、深尾昌一郎、大塚雄二	(15:00 休憩)
15:15	A12-09 EXOS-D (あけぼの) 搭載 PWS により発見された高域ハイブリッド波と能動的励起波動の非線形波動粒子相互作用現象 小林 香、大家 寛	B12-09 MU レーダー観測に基づく電子・イオン温度の統計的研究 大塚雄一、川村誠治、N. Balan、高見友幸、深尾昌一郎	C12-09 木曾 UHF 電波望遠鏡による太陽風擾乱度数 (シンチレーション指数) の観測 徳丸宗利、大見智亮、阿部新助、横辺篤史、石田善雄、小島正宜
15:30	A12-10 Magnetic Noise Bursts in the Upstream of the Bow Shock: the GEOTAIL Observations Y. Zhang, H. Matsumoto, H. Kojima	B12-10 EISCAT IS レーダ観測で得られた地磁気静穏時の昼間側熱圏下部中性気体の風系と温度分布 前田佐和子、藤原 均、野澤聡徳、行松 彰	C12-10 Observations of radio source scintillation through cometary plasma tail of Comet Hale-Bopp (C/1995O1) 阿部新助、小島正宜、徳丸宗利、小塚幸央、樽沢賢一、征矢野隆夫
15:45	A12-11 磁気圏界面に於けるケルヴィン-ヘルムホルツ不安定: 渦の合体とスケールリング則 三浦 彰	B12-11 Non-linear effects on the relaxation of the air motion in the thermosphere 藤原 均、前田佐和子、福西 浩	C12-11 1997年4月7日のCMEに伴う惑星間擾乱のIPS観測 渡辺 裕、小島正宜、徳丸宗利、阿部新助、小塚幸央
16:00	(●ポスター) A12-P141 電子 foreshock における 2fp 電磁波の生成: 数値実験 笠羽康正、松本 紘、大村善治 A12-P142 3次元電磁粒子コードを用いたプラズマ空間におけるアンテナインピーダンスに関する計算機実験 山下史洋、白井英之、小嶋浩嗣、大村善治、松本 紘	B12-12 PREASA-2 期間の沖縄におけるプラズマドリフト観測 磯田総子、五十嵐喜良	C12-12 Solar cycle evolution of solar wind speed structure observed by interplanetary scintillation 横辺篤史、小島正宜、徳丸宗利、浅井紀久夫、B.V. Jackson、P.L. Hick



A12-P143 ホイスラーモード信号と共鳴する電子の位相  
振動とサイドバンド波  
池田 慎

A12-P144 空間分割法を使ったオーロラ加速域の並列化  
電磁粒子シミュレーション  
岡田雅樹

A12-P145 赤道UHR波動急増現象 (EPWAT) の出現特  
性  
飯島雅英、大家 寛

A12-P146 あけぼの衛星搭載のサウンダー装置で新たに  
観測された diffuse resonance  
忠岡明彦、大家 寛、小野高幸

A12-P147 GEOTAIL 衛星で観測されたプラズマ波動の  
絶対強度の評価  
高野博史、長野 勇、八木谷 聡、松本 絃

A12-P148 GEOTAIL 搭載電界アンテナの実効長の評価  
井野智彦、筒井 稔、長野 勇、岡田敏美、八木谷  
聡、松本 絃

A12-P149 Kilometric continuum observed with  
GEOTAIL  
W. Calvert, K. Hashimoto, H. Matsumoto

A12-P150 マグネトロンに関する計算機実験と理論解析  
北 章徳、大西隆史、松本 絃、篠原貞毅

A12-P151 FDTD法を用いた送受電アンテナアレイ近接  
時における動作解析  
河野弘樹、篠原貞毅、松本 絃

A12-P152 Non-linear evolution of Lower-  
Hybrid-Drift Instability and its relation with Drift  
Kink Instability  
I. Shinohara, M. Hoshino

A12 ストーム・サブストーム-I  
座長 塩川和夫 (名大・STE研)

16:15

A12-12 サブストーム発生頻度と太陽活動との関連  
和田崇晶、家森俊彦、能勢正仁

B12-13 熱圏-電離圏結合モデル(7) -鉛直風  
品川裕之

C12-13 国内VLBIを用いた太陽風の観測  
清水義行、桜井隆行、小島正宜、徳丸宗利

開始時間	A 会場	B 会場	C 会場
16:30	<p>A12-13 サブストーム開始直前における磁気圏構造の急激な変化 渡辺正和、佐藤夏雄、山岸久雄、行松 彰、M. Pinnock、A.S. Rodger、R.A. Greenwald、J.-P. Villain、M.R. Hairston</p>	(16:30 休憩)	<p>C12-14 1AUにおける太陽風データの1年周期性について 馬場 功、前沢 洸、向井利典、斎藤義文、山本達人、園分 征</p>
16:45	<p>A12-14 A New Substorm Current Wedge Model by Means of the Magnetic Field Reconfigurations at the Synchronous Orbit 岡田興太、渡辺 修、湯元清文</p>	<p>B12-14 An investigation of the ionospheric F1-ledge S. Zhang、深尾昌一郎</p>	<p>C12-15 1995年5月13日に観測された太陽風の構造とBow Shockの運動 竹内智彦、荒木 徹、向井利典、斎藤義文、園分征、山本達人、松本 紘、長井嗣信、小嶋浩嗣、R.P. Lepping</p>
17:00	<p>A12-15 磁気圏尾部高速流の減速過程とサブストーム電流、Pi2脈動の関係 塩川和夫、W. Baumjohann、G. Haerendel</p>	<p>B12-15 Diagram Method for Description of M-I-A-S Coupled System 吉川顕正、糸長雅弘、篠原 学、湯元清文</p>	<p>C12-16 ADEOS 衛星による重イオンの観測結果 河野 毅、宮坂浩正、山極 巖、加藤千尋、五家建夫、松本晴久</p>
17:15	<p>A12-16 地上でのPi2と地球近傍の磁気圏尾部サブストームの関連性について 坂田圭司、桜井 亨、利根川 豊、坂田俊文、山本達人、向井利典、鶴田浩一郎</p>	<p>B12-16 VLF波動の電離層透過域同定におけるMUSIC法の有用性 酒井智弥、島倉 信</p>	<p>(●ポスター)</p>
17:30	<p>A12-17 sc/siの南北半球での非対称に於けるDP-field成分の検証 北村健太郎、湯元清文、210° 地磁気観測グループ</p>	<p>B12-17 Optimum Mean Ionospheric Height in the Determination of Total Electron Content 太田善久、丸山 隆、奥澤隆志、大高一弘、森岡昭、加藤浩文</p>	<p>C12-P153 1991年11月9日のCMEと感星間空間での観測 巨 慎一、小島正宜、渡辺 亮</p>
17:45	<p>(●ポスター)</p>	<p>B12-18 ビームを含んだプラズマ中でインピーダンスプロップが観測した特異な周波数特性の検討 渡辺勇三</p>	<p>C12-P154 感星間空間衝撃波による電子の加速機構—インジェクションと散乱過程— 島田延枝、寺沢敏夫、松井 洋、向井利典、山本達人、園分 征、町田 忍</p>
	<p>A12-P248 通信総合研究所における宇宙天気予報—次期太陽活動極大期に向けて— 佐川永一、石橋弘光、秋岡貞樹、長妻 努、小原隆博、丸山 隆、島津浩哲</p>	<p>(●ポスター)</p>	<p>C12-P155 太陽風の非スパイラル磁場の構造と重畳する磁場擾乱の周波数特性 中川朋子</p>
	<p>A12-P249 サブストーム現象発生の予兆/Himawariによる放射線粒子の観測 小原隆博、田 光江、長妻 努、佐川永一</p>	<p>B12-P121 MUレーダーを用いたF領域のFAIの周期的構造の多ビームドップラー観測 玉木 諭、斎藤昭則、山本 衛、深尾昌一郎</p>	<p>C12-P156 太陽風磁気ロープ：円筒型対トーラス型 丸橋克英</p>
	<p>A12-P250 AMPTE CCE and SCATHA Observations of Energetic Ion Injection During the Current Disruption on August 28, 1986 高橋主衛、S. Ohtani、D.G. Sibeck、H.E. Spence</p>	<p>B12-P122 中緯度E領域イレギュラリティからのレーダーエコーの性質 山本 衛、岸本 豪、深尾昌一郎、小川忠彦</p>	<p>C12-P157 Heliospheric Current Sheet Inclination at the Venus and the Earth 馬 冠一、丸橋克英</p>
		<p>B12-P123 MUレーダーによるF領域H<sup>+</sup>密度の推定(Ⅱ) 川村誠治、大塚雄一、W.L. Oliver、高見友幸、N. Balan、深尾昌一郎</p>	<p>C12-P158 Solar wind condition inferred from large-scale structure of plasma tail of Comet Hale-Bopp 小塚幸央、阿部新助、小島正宜、渡辺 裕、樽沢賢一、征矢野隆夫</p>

A12-P251 Substorm influences in the polar magnetosphere

河野英昭、G. Le、C.T. Russell、園分 征、向井利典、山本達人、斎藤義文、G. Rostoker、H.E. Spence、G.K. Parks、M.J. Brittacher

A12-P252 サブストーム Growth Phase における磁気圏構造の変化

浅野芳洋、向井利典、斎藤義文、山本達人、長井嗣信、園分 征

A12-P253 サブストーム時の磁気圏近尾部の圧力変化

宮下幸長、町田 忍、向井利典、山本達人、斎藤義文、園分 征

A12-P254 磁気圏 Tail-like な磁場構造での磁気リコネクション

阿部修英、星野真弘、篠原 育、中村 匡、岡田憲司

B12-P124 Spread-F in the Western Pacific Sector  
皆越尚紀

B12-P125 極域下部 F 層領域のイオン組成モデル  
帆足純一、柴田 喬

B12-P126 移動性電離層擾乱の相対位相  
紅谷みぎわ、柴田 喬

B12-P127 スプライン関数法による電離圏電子密度分布の CT 像再生における情報量規準 AIC の導入  
福永裕也、奥澤隆志

B12-P128 GPS 連続観測網による電離圏モニターの試み  
宮崎真一、畑中雄樹

B12-P129 1964 年と 1980 年の地磁気 Sq 場  
竹田雅彦

B12-P130 Ionosphere Modeling in the Asian Longitude Region  
D.J. Crain、K. Igarashi

C12-P159 GEOTAIL 衛星搭載 LD 検出器による CIR 関連粒子の観測

長谷方道、柳町朋樹、中里博紀、原田歩美、長谷部信行、小林正規

C12-P160 異方的ホール MHD において定常回転不連続面は存在するか？

寺沢敏夫、M. Scholer、F. Jamitzky、G. Chanteur

# 第 2 日 目

10月3日 (金)

開始時間	A 会場	B 会場	C 会場
	<b>A21 磁気圏構造-II</b> 座長 中村み (名大・STE研) 斎藤義文 (宇宙研)	<b>B21 プラズマ波動・シミュレーション-II</b> 座長 中村 匡 (宇宙研) 村田健史 (愛媛大・工学部)	<b>C21 主磁場ダイナモ</b> 座長 松島政貴 (東工大・理学部)
9:00	A21-01 北向き IMF における尾部磁気中性面をクロスする磁場成分とプラズマ速度の関係 前沢 洸、堀 智昭、馬場 功、向井利典、斎藤義文、山本達人、園分 征、西田篤弘	B21-01 線形ブラッソ方程式の新解法とそのドリフト共鳴への応用 中村 匡	C21-01 地球核内乱流の非等方性について 松島政貴、中島崇裕、P.H. Roberts
9:15	A21-02 磁気圏近尾部 neutral sheet の位置の IMF-By 依存性 原 聖宣、前沢 洸、向井利典、斎藤義文、山本達人、西田篤弘、園分 征	B21-02 電子ビーム-プラズマ相互作用における Landau 共鳴と cyclotron 共鳴の競合 松清修一、羽田 亨、南部充宏、坂井純一、T. Neubert	C21-02 内核がダイナモに及ぼす影響について 桜庭 中、河野 長
9:30	A21-03 惑星空間電場の増加に対する磁気圏尾部一プラズマシート/ロープ電場の応答 中村み、園分 征、L. Bargatze、向井利典、山本達人、長井嗣信	B21-03 Radiation belt 内の高エネルギー荷電粒子の加速機構に関する数値実験 油江宏明、家森俊彦	C21-03 地球内核の成長速度について 行武 毅
9:45	A21-04 Response of the Earth's Magnetosphere to Variation of the Solar Wind and IMF 荻野竜樹	B21-04 電離層起源 Cold Electron を考慮した Auroral Weak Double Layer 形成に関する計算機シミュレーション 矢島 彰、町田 忍	C21-04 マントルの電気伝導度分布 松島政貴、本蔵義守
10:00	A21-05 Variation of the Magnetospheric Energy Budget for Different North-South IMF Input Histories L.F. Bargatze、T. Ogino	B21-05 2次元ハイブリッドコードと2次元MHDコードによるリコネクション現象の比較 村田健史、高橋誠二、大村善治、松本 絃、鶴飼正行、長谷部信行、岡田雅樹	C21-05 球体地球内を流れる電流による電磁場 小山崇夫、歌田久司
10:15	A21-06 遠尾部磁気圏境界の位置の太陽風、IMF 依存性 長谷川 洋、前沢 洸、斎藤義文、向井利典、山本達人、園分 征	B21-06 三次元プラズモイドの MHD シミュレーションと GEOTAIL のデータの比較 汪 維波、村田健史、鶴飼正行	C21-06 北東太平洋北緯 25 度・西経 138 度付近における MT 解析 馬場聖至、島 伸和、A.D. Chave、J.H. Filloux
10:30	(10:30 休憩)	(10:30 休憩)	(10:30 休憩)
10:45	A21-07 GEOTAIL 衛星で観測された地球磁気圏尾部における朝側向き高速プラズマ流の解析 上野玄太、町田 忍、西田篤弘、向井利典、齋藤義文、山本達人、鶴田浩一郎、早川 基、松岡彩子、園分 征	B21-07 静電孤立波形成過程における外部磁場の役割: 2次元静電粒子シミュレーション 三宅壮聡、大村善治、松本 絃、小嶋浩樹	C21-07 Induction Arrow を求めるための新しい方法: 適当な現象を如何に選ぶか。 波辺高也、瀬戸正弘、湯元清文、210° 線地磁気観測グループ

11:00	A21-08 A Case Study of Bursty Earthward Flow in the Near Earth Magnetotail Observed by GEOTAIL and its Implication to Substorm Triggering S. Machida, T. Mukai, Y. Saito, T. Yamamoto, A. Nishida, T. Nagai, M. Hirahara, T. Terasawa, S. Kokubun	B21-08 太陽風と四重極子磁気圏相互作用のMHDシミュレーション 伊藤浩正、荻野竜樹	C21-08 地磁気変換関数を用いた Galvanic distortion の補正法について 宗包浩志、歌田久司、健山恒臣
11:15	A21-09 Plasma Sheet Beyond the Distant Neutral Line 西田篤弘、梶野真弘、向井利典、山本達人	B21-09 プラズモイド3次元MHDモデルに基づくプラズマ波動伝搬解析 大村善治、石川拓規、グリーン・ジャームズ、松本絃、鶴岡正行、アンダーソン・ロジャー	C21-09 広帯域MT法を用いた深部地殻比抵抗構造の研究—北海道東部地域について— 佐藤秀幸、谷元健剛、前田宜浩、西田泰典、高田真秀、田村 慎、小川康雄、長尾年恭
11:30	A21-10 Energy Transported by Plasmoids: GEOTAIL Observations 家田章正、町田 忍、向井利典、斎藤義文、山本達人、園分 征	B21-10 A three-dimensional hybrid simulation of magnetotail reconnection 中村雅夫、藤本正樹	C21-10 アレイ式MT法から推定される上越地域の精密比抵抗構造 高倉伸一、松尾公一
11:45	A21-11 Structure and kinetic properties of the post-plasmoid plasma sheet in the distant magnetotail 向井利典、梶野真弘、斎藤義文、山本達人、長井嗣信、町田 忍、園分 征	B21-11 Coupling process between Lower-Hybrid Drift Instability and Magnetic Reconnection M. Hoshino, I. Shinohara	C21-11 三宅島の地下比抵抗構造 関口 航、笹井洋一、J. Zlotnicki
			(●ポスター)
			C21-P101 MHDダイナモ・シミュレーションにおける磁場エネルギーの時間変動 松井宏晃、大家 寛
			C21-P102 1時間値を用いた1991年のGeomagnetic Jerk現象の解析 長尾大道、家森俊彦
			C21-P103 惑星探査を目的とした3D-Induction simulatorの開発 大志万直人
			C21-P104 MT法から求めた有珠火山の深部比抵抗構造 小川康雄、松島喜雄、高倉伸一、東宮昭彦、宇津木充、田村 慎、佐藤秀幸、西田泰典
			C21-P105 根尾谷断層水島地域の比抵抗構造—CSAMT法による探査— 池田隆司、飯尾能久、小村健太郎、松田陽一、菊池晃、上原大二郎
			C21-P106 野島断層周辺におけるhole-to-surface dipole mapping探査(序) 楳野 豊、山口 覚、大志万直人、住友則彦、村上英記

# 第 2 日 目

10月3日(金)

開始時間	A 会場	B 会場	C 会場
			<p>C21-P107 韓国济州島におけるMT探査 茂木 透、中田正夫、生駒良友、関 庚徳、鄭 承恒、下泉政志、湯元清文</p> <p>C21-P108 海底同軸ケーブルを用いた地電位差観測から推定される九州北西海底下の電気伝導度構造 下泉政志、田中良和、大羽成征、歌田久司、濱野洋三</p> <p>C21-P109 中国地方におけるネットワークMT観測 塩崎一郎、山口高広、西垣俊宏、村上英記、大志万直人、住友則彦、山口 寛、上嶋 誠、歌田久司</p> <p>C21-P110 別府地溝の電気伝導度構造 半田 駿</p> <p>C21-P111 九州東部地域におけるNetwork-MT観測 網田和宏、田中良和、大羽成征、馬渡秀夫、橋本武志、下泉政志、笹井洋一</p> <p>C21-P112 九州北西部地域の電気伝導度構造 生駒良友、茂木 透、中田正夫、行武 毅、下泉政志</p> <p>C21-P113 直流電車からの漏洩電流を用いた地下構造探査の試み 笠谷貴史、住友則彦、後藤忠徳</p> <p>C21-P114 海底ケーブルを用いた日本海底下の電気伝導度探査(序報) 後藤忠徳、清水久芳、歌田久司</p>
	<p>A22 ストーム・サブストーム-II 座長 小原隆博(通総研) 中村正人(東大・理学部)</p>	<p>B22 電磁圏-I 座長 西谷 望(名大・STE研) 田口 聡(電通大)</p>	<p>C22 岩石磁気・古地磁気-I 座長 林田 明(同志社大・理工学研) 田中秀文(高知大・教育)</p>
13:00	<p>A22-01 磁気嵐中のAE活動について 恩藤忠典</p>	<p>B22-01 中緯度の沿磁力線電流の定量的評価 中島良一、家森俊彦、杉浦正久、J.A. Slavin</p>	<p>C22-01 Spherical Harmonic Analysis of Paleomagnetic Data: The Case of Linear Inversion 河野 長</p>
13:15	<p>A22-02 Outstanding Questions Regarding Geomagnetic Storms: Toward Space Weather Forecasting 上出洋介、I. Daglis、M. Grande、B. Tsurutani、中村るみ、横山信博</p>	<p>B22-02 Modeling of the polar ionospheric convection for northward interplanetary magnetic field S. Taguchi、M. Warashina</p>	<p>C22-02 岩石磁気測定及び顕微鏡観察に基づく西オーストラリア産縞状鉄鉱層の縞の成因についての考察 佐多永吉、畠山唯達、浜野洋三</p>

13 : 30	A22-03 January 1997 磁気嵐の解析 玉越康義、J.H. Shue、上出洋介	B22-03 Dynamics of the ionospheric convection flow associated with a sudden southward turning of the IMF Bz 西谷 望、小川忠彦、佐藤夏雄、山岸久雄、M. Pinnock、Super DARN PI's	C22-03 北西オーストラリア、ハマスレー地域に産出する縞状鉄鉱床の古地磁気、岩石磁気 高山唯達、佐多永吉、浜野洋三
13 : 45	A22-04 Positive Ionospheric Storms Caused by Traveling Atmospheric Disturbances G.W. Pröls、上出洋介	B22-04 磁気圏電離圏結合系におけるトロイダルモードに対する電離層ホール伝導度の重要性 藤川 茂、糸長雅弘、中田裕之、吉川顕正	C22-04 単磁区—疑似単磁区境界のマグネタイト (0.04-0.3 $\mu\text{m}$ ) の3次元磁化構造 福岡浩司、D.J. Dunlop
14 : 00	A22-05 オーロラベルトの赤道側境界の変化とその磁気嵐依存性 横山信博、上出洋介、宮岡 宏、F.J. Rich	B22-05 Combining the KRM Algorithm and Rice Convection Model J.-H. Shue、上出洋介、J. Freeman、B. Hausman、R. Wolf	C22-05 U-チャンネル試料を用いた海底堆積物の初期統生過程の検討—カリフォルニア沖 ODP1016/1017 地点の表層堆積物の磁気的性質— 林田 明、K.L. Verosub
14 : 15	A22-06 磁気嵐時における LF 帯波動の成長率の変化と放射線帯粒子の変動 小林拓恵、森岡 昭、三澤浩昭、佐藤康之、長井嗣信、行松 彰	(14 : 15 休憩)	C22-06 Magnetic Fabric of some Sediments from Central Shiribeshi Trough A. Abdeldayem、山崎俊嗣、池原 研
14 : 30	A22-07 Evolution of the differential flux of ring current particles associated with a magnetic storm 海老原祐輔、江尻全機、宮岡 宏	B22-06 衛星、地上多点観測網で観測された DP2 電流系について 立原裕司、湯元清文、藤井良一	C22-07 MPMS による岩石磁気学的研究の現状と問題点 鳥居雅之
14 : 45	A22-08 宇宙天気イベント解析 (2) 1997年1月10-11日の例 小原隆博、田 光江、T. オンサガー	B22-07 イメージングリオメータで観測された経度方向に伝播するインパルス的な CNA 変動 加藤賢一、山岸久雄、佐藤夏雄	C22-08 Shaw 法における ARM 補正の理論的背景について 田中秀文
15 : 00	A22-09 1992年2月に発生した磁気嵐の特性と惑星間空間衝撃波との関連 (1) 津幡紀昭、渡辺 亮、菊池 崇	B22-08 オーロラ/大気光分光計測のための新しい絶対校正システムの構築 竹下 秀、岡野章一、田口 貞	C22-09 Paleomagnetic study of the Nogam Formation in Korean Peninsula: affinity with North China Block since Early Triassic time 宇野康司、K.H. Kim
15 : 15		B22-09 あけぼの衛星で観測された電子降下・波動現象と昭和基地におけるオーロラの同時比較 龍澤博和、森岡 昭、三澤浩昭、高橋幸弘、宮岡宏、佐藤夏雄、向井利典	C22-10 Paleomagnetic study of Cretaceous rocks from the Gyeongsang Basin, Korea 玉井雅人、Y.-S. Lee、石川尚人、伊藤耕一郎、西村進、K.-D. Min
		(●ポスター)	(●ポスター)
		B22-P238 あけぼの衛星で観測された UFI の IMF との関係 三宅 亙、向井利典、賀谷信幸	C22-P115 断層面近傍の岩石試料の自然残留磁化方位および帯磁率異方性 蘇 黎、石川尚人、鳥居雅之
		B22-P239 「あけぼの」LEP 観測によるカスプイオンの降込みと太陽風プラズマおよび磁場との関係 浅井佳子、前沢 潤、向井利典、賀谷信幸、早川基	C22-P116 東南極、やまと山脈産岩石の古地磁気学的研究 石川尚人、船木 實

# 第 2 日 目

10月3日 (金)

開始時間	A 会場	B 会場	C 会場
		<p>B22-P240 イメージングリオメータで観測された CNA ドリフトの共役性 藤田裕一、山岸久雄、佐藤夏雄</p> <p>B22-P241 イメージングリオメータによるポーラキャップ共役点観測の初期結果 西野正徳、佐納康治、佐藤夏雄、山岸久雄、賀能松、胡 紅橋、劉 瑞源、P. Stauning</p> <p>B22-P242 準 Real time・Dst 指数及び AE 指数の公開 亀井豊永、荒木 徹、杉浦正久</p> <p>B22-P243 A case study of a substorm observed with AKEBONO UV imager and Halley HF radar 門倉 昭、江尻全機、金田栄祐、山本達人、小口高、マイク・ピノック</p> <p>B22-P244 昭和基地 Super DARN HF Radar の高時間分解能観測で捉えた昼間側カスプ域近傍の振舞い 行松 彰、渡辺正和、山岸久雄、佐藤夏雄、昭和基地 HF レーダー研究グループ</p> <p>B22-P245 HF レーダによる長周期磁気脈動のスペクトル特性一序報 諸岡史久、奥澤隆志、佐藤夏雄、山岸久雄、行松 彰</p> <p>B22-P246 上方伝搬するオーロラヒスの特性と伝搬ベクトル解析 松尾敏郎、西山俊宏、木村啓根</p> <p>B22-P247 昭和基地における光学観測用データ収録システム 菊池雅行、行松 彰、岡田雅樹、山岸久雄、佐藤夏雄、岡野章一</p>	<p>C22-P117 東偏した古地磁気方位を持つ瀬戸内火山岩 嶋田光雄、鳥居雅之、巽 好幸</p> <p>C22-P118 Paleomagnetic results from ODP Leg 174A New Jersey Continental Margin H. Oda, ODP Leg 174A Shipboard Scientific Party</p> <p>C22-P119 Paleomagnetic study of Cretaceous sedimentary rocks from Uisong area, South Korea 伊藤耕一郎、石川尚人、李 允秀</p> <p>C22-P120 アイスランド東部および西部の溶岩の古地磁気 北川 創、河野 長、田中秀文</p>
15:30	<p>ポスターセッション-I (会場ロビー)</p>		



開始時間	A 会場	B 会場	C 会場
	<p>A31 磁気圏構造-III 座長 河野英昭 (名大・STE研) 白井仁人 (宇宙研)</p>	<p>B31 電離圏-II 座長 石井 守 (通総研) 長妻 努 (通総研)</p>	<p>C31 岩石磁気・古地磁気-II 座長 兵頭政幸 (神戸大・理) 綱川秀夫 (東工大・理)</p>
9 : 00	<p>A31-01 磁場Stress分布とRegion 2電流系 : AMPTE CCE観測 飯島 健、吉村 剛</p>	<p>B31-01 Ti/Te enhancement associated with strong electric field in the polar ionospheric E-region using EISCAT CP data S. Saito, S. Nozawa, S.C. Buchert, R. Fujii, N. Matuura, A. Brekke</p>	<p>C31-01 Rock magnetic study of Chinese loess from Shajinping, Lanzhou, China 三島稔明、鳥居雅之、稲沢仁之、大井圭一、小野行王、X.-M. Fang, B.-T. Pan, J.-J. Li</p>
9 : 15	<p>A31-02 あけぼの衛星で観測された沿磁力線電流と沿磁力線電場の関係 諸岡倫子、山本達人、向井利典、鶴田浩一郎、早川基、福西 浩</p>	<p>B31-02 Studies of the auroral E-region neutral wind through a solar cycle: (1) Quiet days. 野澤悟徳、アスゲイア・ブレッケ</p>	<p>C31-02 Paleomagnetic Study of the middle Cretaceous rocks from Yunlong, western Yunnan, China 佐藤 謙、乙藤洋一郎、劉 育燕</p>
9 : 30	<p>A31-03 磁気圏 (<math>\rho &gt; 10R_E</math>) での <math>-\bar{v}(\frac{B^2}{2\mu_0})</math> 及び <math>\frac{1}{\mu_0}(\bar{B} \cdot \bar{v})</math> <math>\bar{B}</math>分布と沿磁力線電流 吉村 剛、飯島 健</p>	<p>B31-03 Ionospheric response to electromagnetic energy transfer from the magnetosphere as seen by EISCAT 藤井良一、野澤悟徳、プハート・ステファン、ブレッケ・アスゲイア</p>	<p>C31-03 中国雲南省元謀の第四紀堆積物から得られた地磁気エクスカージョン 兵頭政幸、間 章、堀田暁子、峯本須美代、中谷英夫、卜部厚志</p>
9 : 15	<p>A31-04 Generation of field-aligned currents in the magnetosphere 糸長雅弘、吉川顕正</p>	<p>B31-04 Study on the electrodynamics in the polar ionosphere based on simultaneous observations from Akebono and EISCAT—Part II— 鈴木克典、野澤悟徳、プハート ステファン、藤井良一、鶴田浩一郎、向井利典、早川 基、松岡彩子、小原隆博、長妻 努、福西 浩、あけぼの-EISCAT同時実験グループ</p>	<p>C31-04 茂木地域に分布する下~中部中新統の磁気極性順序とその意義 星 博幸</p>
10 : 00	<p>A31-05 Field-Aligned Currents in the Plasma Sheet Boundary Layer Observed by GEOTAIL IV 前田祐利、山本達人、向井利典、齋藤義文、園分 征</p>	<p>B31-05 1997年1月~2月におけるFPI-EISCATレーダー同時観測—沿磁力線方向におけるイオン速度と中性風の比較— 大山伸一郎、野澤悟徳、プハート・ステファン、藤井良一、石井 守、FPI-EISCAT同時観測グループ</p>	<p>C31-05 Holocene paleomagnetic secular variation from Lake Biwa M. Ali、鳥居雅之、竹村恵二、林田 明、北川浩之</p>
10 : 15	<p>A31-06 Heating in the LLBL observed by the GEOTAIL Spacecraft 野和田基晴、桜井 亨、利根川 豊、山本達人、向井利典、鶴田浩一郎</p>	<p>B31-06 EISCAT-FPI キャンペーンにおける大気光2波長同時観測による極地熱圏ダイナミクスの推定 石井 守</p>	<p>(10 : 15 休憩)</p>
10 : 30	<p>(10 : 30 休憩)</p>	<p>(10 : 30 休憩)</p>	<p>C31-06 狭山池堆積物による高精度地磁気永年変化の復元 金子雅一、兵頭政幸、内山 高、吉川周作</p>

開始時間	A 会場	B 会場	C 会場
10 : 45	A31-07 近尾部プラズマシートの朝夕非対称性 堀 智昭、前沢 冽、斎藤義文、向井利典、山本遠人、國分 征	B31-07 First observations of field-aligned ion outflow events from the ionosphere above Svalbard S.C. Buchert, S. Watanabe	C31-07 東郷池湖底堆積物の岩石磁気学的研究 杜 克玲、鳥居雅之、国子克樹、福澤仁之
11 : 00	A31-08 近地球プラズマシートからのイオンの降り込みに見られるイオン分布の新しい境界 白井仁人、前沢 冽、向井利典、賀谷信幸、浅井佳子	B31-08 EISCAT レーダー (CP-7) による極域イオン流出の観測 遠藤 実、藤井良一、野澤悟徳、渡部重十、吉田直文、勝山公人	C31-08 Paleomagnetic study on Quaternary volcanic rocks from Datong, China 山本裕二、綱川秀夫、河野 長
11 : 15	(11 : 15 休憩)	B31-09 EXOS-D/SMS-EISCAT による極域電離圏イオン加熱と流出の観測 渡部重十、吉田直文、勝山公人、福西 浩、阿部琢美、佐川永一、藤井良一、遠藤 実、S.C. Buchert、あけぼの-EISCAT 共同研究グループ	C31-09 Attempt to determine the paleointensity by the Cretaceous igneous rocks from Iritono, Abukuma Region, Japan (3) —Further Theiller Experiments— ウスラット・タートル、綱川秀夫、滝上 豊
11 : 45	A31-09 あけぼの衛星データから明らかにされたイオン加熱・流出過程 勝山公人、渡部重十、福西 浩、佐川永一、A.W. Yau、向井利典、早川 基、笠原禎也	B31-10 Studies of the Ionosphere over EISCAT N. バラン、藤井良一、阿部文雄、G.J. ベイリー	C31-10 Development of the new version of the Shaw method combining the low temperature demagnetization and the double heating technique 綱川秀夫
11 : 30	A31-10 Dumbbell distribution of energetic electrons in the inner radiation belt and its relation to plasma wave turbulence A. Morioka	B31-11 The Electrodynamics in the Polar Cap Boundary Region Based on the Coordinated Observations Between Akebono and EISCAT Radar—Initial Results— 長妻 努、野澤悟徳、S.C. Buchert、斎藤 享、藤井良一、あけぼの-EISCAT 同時観測実験グループ	C31-11 Paleomagnetism of Daisen Volcanic Rocks, Japan (2) 志村興一郎、綱川秀夫
11 : 45	A31-11 磁気圏対流とそれに伴うエネルギー変換過程の電離圏による制御 田中高史	(●ポスター) B31-P237 EISCAT で観測した電離圏プラズマの Frictional Heating 松屋英夫、柴田 喬	

# 第 3 日 目

10月4日(土)

時 間	
13:00~15:00	<p>特別講演会 (A会場)</p> <p>1 氷物性と宇宙雪氷学 北大低温科学研究所教授 前野紀一</p> <p>2 有珠山噴火と火山学 北大名誉教授 横山 泉</p>
15:00~17:00	第102回総会 (A会場)
18:00~21:00	懇親会 (北大中央食堂)

# 第 4 日 目

10月5日(日)

開始時間	A 会場	B 会場	C 会場
9:30	<p>ポスターセッション-II (会場ロビー)</p> <p><b>A42 大気圏</b> 座長 村山泰啓 (通総研) 高橋幸弘 (東北大・理学部)</p>	<p><b>B42 電磁圏-II</b> 座長 門倉 昭 (極地研) 坂野井健 (東北大・理学部)</p>	<p><b>C42 地殻活動電磁気学</b> 座長 瀬戸正弘 (東北工大)</p>
13:00	<p>A42-01 SPRITES '97 キャンペーン速報: 1. 東北大観測チームの概要 高橋幸弘、藤戸 学、渡辺芳明、中嶋謙一、内田亮宏、佐藤光輝、庄野篤司、福西 浩、W.A. Lyons</p>	<p>B42-01 南極昭和基地で観測されたオーロラ活動に伴う熱圏中性大気の鉛直風変動 坂野井 健、福西 浩、岡野章一</p>	<p>C42-01 1993年グアム地震前後の地磁気変化について 瀬戸正弘、北村保夫、湯元清文、210° MM 地磁気観測グループ</p>
13:15	<p>A42-02 SPRITES '97 キャンペーン速報: 2. マルチアノードアレイフォトメーターによるスプライトの高速分光観測 藤戸 学、高橋幸弘、渡辺芳明、中嶋謙一、福西浩、W.A. Lyons</p>	<p>B42-02 Initial results obtained by the all sky imager at Amudsen-Scott South Pole Station 江尻全機、岡田雅樹、堤 雅基、岡野章一</p>	<p>C42-02 水沢・江刺における広帯域 MT の固定連続観測 (序報) 藤原 智、青木和夫、安藤眞一、門脇俊弘、田辺正、根本 悟、三和功喜、濱崎英夫、山下 実</p>
13:30	<p>A42-03 マイクロロケットを用いたチャフ実験と山川 MF レーダー・京大 MU レーダーによる中間圏・下部熱圏風速変動の共同観測 村山泰啓、五十嵐喜良、山崎亮三、西牟田一三、小山孝一郎、津田敏隆、中村卓司、深尾昌一郎、H.-U. Widdel、K. Schlegel</p>	<p>B42-03 オーロラの南北半球非対称性—夏冬非対称性と IMF-By 効果— 山岸久雄、藤田裕一、佐藤夏雄</p>	<p>C42-03 油壺における大地比抵抗変化について 吉野登志男、歌田久司</p>
13:45	<p>A42-04 高高度気球による酸素原子・オゾン同時測定: 初期結果 竹川暢之、岩上直幹</p>	<p>B42-04 Small-scale folded auroral structures at conjugate stations observed by the auroral TV and the imaging riometer K. Hashimoto、T. Kikuchi、N. Sato</p>	<p>C42-04 神津島で観測された自然電位異常変化 織原義明、高橋一郎、山口 透、長尾年恭、上田誠也</p>
14:00	<p>A42-05 レーザーヘテロダイン分光計によるアラスカでの O<sub>3</sub>、N<sub>2</sub>O、CH<sub>4</sub> 観測 村田 功、福岡憲昭、大庭雄一郎、福西 浩、神沢博、中根英昭、柴崎和夫</p>	<p>B42-05 極冠域オーロラの2次元微細構造とダイナミクス 宮岡 宏、海老原祐輔、江尻全機</p>	<p>(14:00 休憩)</p>
14:15	<p>A42-06 ILAS 検証キャンペーンにおけるキルナ (スウェーデン) での窒素酸化物の気球測定 鈴木孝樹、近藤 豊、小池 真、杉田考文、入江仁士</p>	<p>B42-06 Cusp帯 (Longyearbyen、1996-1997) でのオーロラ観測—特に夕方側 Sun-aligned arcs に関して 熊谷玲美、林 幹治、J. Moen</p>	<p><b>C42 磁気異常・磁場計測</b> 座長 大熊茂雄 (地質調)</p> <p>C42-05 象潟岩屑なだれ堆積物の地磁気異常と岩石磁気 大熊茂雄、中野 俊、森尻理恵</p>

14 : 30 A42-07 中間圏 Na 層の昼間ライダー観測 (1)  
長澤親生、名倉立統、柴田泰邦、阿保 真

14 : 45 (14 : 45 休憩)

15 : 00 A42-08 MU レーダー・Na ライダーによる Na<sub>2</sub> 出現時の  
背景大気力学場の観測  
宮川博尚、中村卓司、津田敏隆、阿保 真、長澤親  
生、川原琢也、小林啓二、北原 司、野村彰夫

15 : 15 A42-09 赤道域中層大気上部の大気潮汐波のレーダー多  
点協同観測  
大西一範、中村卓司、津田敏隆、R.A. Vincent、  
I.M. Reid

15 : 30 A42-10 Tropospheric Moisture Profiling by Radar-  
RASS  
D.J. Low、T. Tsuda

15 : 45 A42-11 音源アレイを用いた RASS による温度プロファ  
イルの観測  
古本淳一、津田敏隆、有川佳宏、中村卓司、足立樹  
泰、増田悦久

16 : 00 A42-12 太陽掩蔽法小型フーリエ干渉分光計の概念検討  
鈴木 睦、久世暁彦、A. Villemaire

16 : 15 A42-13 近赤外の微弱光源を利用した大気吸収測定  
久世暁彦、森 重隆、鈴木 睦、笹野泰弘、岩上直  
幹

(●ポスター)

A42-P214 SPRITES '97 キャンペーン速報:3. マルチア  
ノードアレイフォトメータによる Elves の高速分光  
観測  
渡邊芳明、高橋幸弘、藤戸 学、中嶋謙一、福西  
浩、W.A. Lyons

B42-07 多点オーロラトモグラフィ観測と再構成解析—  
その3—  
麻生武彦、江尻全機、浦島 智、Å. Steen、U.  
Brändström、B. Gustavsson

(14 : 45 休憩)

B42-08 Long Periodic Pulsations of Auroral  
Luminosity  
楊 惠根、亀井豊永、荒木 徹、家森俊彦、佐藤夏  
雄、門倉 昭、港屋浩一

B42-09 オーロラのパターンダイナミクス—静止軌道  
プラズマ観測との対比—  
林 幹治、D. McComas、STEP 極域観測グルー  
プ

B42-10 GEOTAIL と Super DARN 同時観測による磁気  
圏・電離圏変動  
青木真一、利根川 豊、櫻井 亨、佐藤夏雄、山岸  
久雄、行松 彰、山本達人、Super DARN PI

B42-11 Conjugate measurements of the day side re-  
connection voltage  
マイク・ピノック、アラン・S・ロジャー、カイル・  
B・ペーカー、グァン・ルー、M. ヘアストン、山岸  
久雄

B42-12 南極 HF レーダーで観測された北向き IMF 時の  
Polar Patch  
小川忠彦、西谷 望、M. Pinnock、佐藤夏雄、山岸  
久雄、行松 彰

C42-06 大西洋中央海嶺—ケントランスフォーム断層  
接合域における深海地磁気3成分異常と海洋地殻の磁  
化構造  
富士原敏也、藤本博己

C42-07 海半球磁力計による太平洋地域における地磁気  
観測  
歌田久司、清水久芳、小山 茂、大和田 毅、浜野  
洋三

C42-08 太平洋域の地磁気観測点の理想的な分布につい  
て (II)  
清水久芳、歌田久司

(●ポスター)

C42-P201 三宅島火山の自然電位分布 (補遺2)  
谷元健剛、宇津木 充、西田泰典

C42-P202 地電流観測における近地起源ノイズについて  
大羽成征、田中良和

C42-P203 高感度偏角磁力計による活火山の熱的推移の  
研究  
田中良和

C42-P204 最近の伊東付近群発地震 (1996-97年) に伴う  
全磁力変化  
笹井洋一、石川良直、小山 茂、本蔵義守、大志万  
直人

C42-P205 伊東市周辺の比抵抗構造解明に向けて  
神田 徑、笹井洋一、歌田久司、小山 茂、小山崇  
夫、上嶋 誠、田中良和、橋本武志、首藤英児

C42-P206 広域地電流ノイズを利用した野島断層の比抵  
抗調査  
橋本武志、植野 豊、山口 覚、村上英記、本蔵義  
守、大志万直人、住友則彦

C42-P207 地震に伴う電磁放射観測における発生源判別  
システムの開発 (III)  
齊藤真二、富澤一郎

C42-P208 岩石の圧電性により応力場変動がもたらす電  
磁場変動の評価 その2. 無限空間における電磁場  
source の物理的性質と発生する電磁場の定量的考察  
小河 勉、歌田久司

C42-P209 地殻の磁化不均質を考慮した地震地磁気効果  
宇津木 充、西田泰典

# 第 4 日 目

10月5日(日)

開始時間	A 会 場	B 会 場	C 会 場
	<p>A42-P215 SPRITES '97キャンペーン速報:4. 超高速イメージング観測 高橋幸弘、内田亮宏、藤戸 学、渡辺芳明、中嶋謙一、福西 浩、W.A. Lyons</p> <p>A42-P216 雷放電に伴う大気発光現象発生領域の Full wave 計算による導出 宮村和俊、長野 勇、八木谷 聡</p> <p>A42-P217 スピッツベルゲンにおける高高度気球搭載光学オゾンゾンデ観測—Chappuis 帯吸収からのオゾン高度分布導出— 岡林昌宏、岡野章一、H. Gernandt、田口 真、村田 功、宮内浩志、福西 浩</p> <p>A42-P218 アラスカ、フェアバンクスにおけるオゾンゾンデ観測結果 : ADEOS/Alaska Campaign 柴崎和夫、小川利紘、D. Jaffe</p> <p>A42-P219 中緯度成層圏下部におけるオゾン層状構造と傾圧波動 平田康之、佐野琢己、須藤健悟、北 和之</p> <p>A42-P220 スパールバル、ニーオルスンにおける短ミリ波帯によるオゾン層観測 落合 啓、入交芳久、増子治信</p> <p>A42-P221 2地点イメージング撮像による OH 大気光中の波状構造の高度測定 久保田 実、巖本 巖、亘 慎一、森 弘隆、木山喜隆</p> <p>A42-P222 2地点同時イメージング観測による OH 大気光波状構造の発光高度の決定 上岐剛史、中嶋謙一、高橋幸弘、福西 浩、中村卓司、津田敏隆、M.J. Taylor</p> <p>A42-P223 OH 大気光、Na ライダー、MU レーダー同時観測—波動相互作用と大気組成に対する力学的効果の考察— 山田嘉典、福西 浩、中村卓司、津田敏隆、川原琢也、小林啓二、野村彰夫</p> <p>A42-P224 信楽 MU 観測所での OH 大気光イメージ観測 中村卓司、東川淳紀、宮川博尚、津田敏隆</p>		<p>C42-P210 応力集中による応力地磁気効果の増幅 坂中伸也、大志万直人、住友則彦</p> <p>C42-P211 Introduction of Oceanic Crust Dynamics Research Frontier Data Base Study Y. Kido, Ocean Crust, Dynamic Research Frontier IG Group</p> <p>C42-P212 陸棚域での海洋波動と地磁気変化 平野和幸、西田泰典</p> <p>C42-P213 1997年鹿児島県北西部地震における変換関数について 才田克昭、湯元清文</p>

- A42-P225 中緯度OI630nm 大気光のドップラーイメージング観測  
中嶋謙一、坂野井 健、坂野井和代、福西 浩、深尾昌一郎
- A42-P226 近赤外夜間大気光の地上観測  
山本博聖、松尾雄大、関口宏之、牧野忠男
- A42-P227 CCDカメラによる夜光雲97観測  
杉山卓也、深尾昌一郎、津田和典、奥村康昭、高見友幸、G. Witt
- A42-P228 MU Radar Observations of Tropopause Variations By Using Clear Air Echo Characteristics  
E. Hermawan, T. Tsuda
- A42-P229 稚内及び山川MFレーダーによる中間圏・下部熱圏風の季節変動  
五十嵐喜良、K. Hocke、永山幹敏、西牟田一三
- A42-P230 境界層レーダー観測に基づく、赤道域インドネシアにおける風速分散の季節・経年変動  
成瀬有二、橋口浩之、山中大学、津田敏隆、深尾昌一郎、S.W.B. Harijono、H. Wiryo sumarto
- A42-P231 南極観測のためのNa温度ライダーの構築  
1. 受信システム  
北原 司、小林史利、川原琢也、野村彰夫、斎藤保典
- A42-P232 南極観測のためのNa温度ライダーの構築  
2. 送信システム  
川原琢也、野村彰夫、北原 司、小林史利、斎藤保典
- A42-P233 航空機及びバルーン搭載型成層圏CIO計測装置の開発  
樺田佳波、松見 豊、近藤 豊
- A42-P234 超高層イメージングシステム (OMTI) の開発  
塩川和夫、小川忠彦、江尻 省、品川裕之、佐藤 貢、加藤泰男
- A42-P235 SS-520-1号機搭載用TOF型中型ガス質量分析器の開発  
藤川暢子、鶴田浩一郎、早川 基
- A42-P236 高分解能熱圏大気循環モデルの開発  
上田裕子、前田佐和子、藤原 均

# ポスター発表一覧表 (ボード番号順)

## 主磁場ダイナモ・電気伝導度

- C21-P101 MHDダイナモ・シミュレーションにおける磁場エネルギーの時間変動  
松井宏晃、大家 寛
- C21-P102 1時間値を用いた1991年のGeomagnetic Jerk現象の解析  
長尾大道、家森俊彦
- C21-P103 惑星探査を目的とした3D-Induction simulatorの開発  
大志万直人
- C21-P104 MT法から求めた有珠火山の深部比抵抗構造  
小川康雄、松島喜雄、高倉伸一、東宮昭彦、宇津木 充、田村 慎、佐藤秀幸、西田泰典
- C21-P105 根尾谷断層水島地域の比抵抗構造—CSAMT法による探査—  
池田隆司、飯尾能久、小村健太郎、松田陽一、菊池 晃、上原大二郎
- C21-P106 野島断層周辺におけるhole-to-surface dipole mapping探査(序)  
楨野 豊、山口 覚、大志万直人、住友則彦、村上英記
- C21-P107 韓国済州島におけるMT探査  
茂木 透、中田正夫、生駒良友、関 庚徳、鄭 承恒、下泉政志、湯元清文
- C21-P108 海底同軸ケーブルを用いた地電位差観測から推定される九州北西海底下の電気伝導度構造  
下泉政志、田中良和、大羽成征、歌田久司、濱野洋三
- C21-P109 中国地方におけるネットワークMT観測  
塩崎一郎、山口高広、西垣俊宏、村上英記、大志万直人、住友則彦、山口 覚、上嶋 誠、歌田久司
- C21-P110 別府地溝の電気伝導度構造  
半田 駿

- C21-P111 九州東部地域におけるNetwork-MT観測  
網田和宏、田中良和、大羽成征、馬渡秀夫、橋本武志、下泉政志、笹井洋一
- C21-P112 九州北西部地域の電気伝導度構造  
生駒良友、茂木 透、中田正夫、行武 毅、下泉政志
- C21-P113 直流電車からの漏洩電流を用いた地下構造探査の試み  
笠谷貴史、住友則彦、後藤忠徳
- C21-P114 海底ケーブルを用いた日本海底下の電気伝導度探査(序報)  
後藤忠徳、清水久芳、歌田久司

## 岩石磁気・古地磁気

- C22-P115 断層面近傍の岩石試料の自然残留磁化方位および帯磁率異方性  
蘇 黎、石川尚人、鳥居雅之
- C22-P116 東南極、やまと山脈産岩石の古地磁気学的研究  
石川尚人、船木 實
- C22-P117 東偏した古地磁気方位を持つ瀬戸内火山岩  
嶋田光雄、鳥居雅之、巽 好幸
- C22-P118 Paleomagnetic results from ODP Leg 174A New Jersey Continental Margin  
H. Oda, ODP Leg 174A Shipboard Scientific Party
- C22-P119 Paleomagnetic study of Cretaceous sedimentary rocks from Uisong area, South Korea  
伊藤耕一郎、石川尚人、李 允秀
- C22-P120 アイスランド東部および西部の溶岩の古地磁気  
北川 創、河野 長、田中秀文

## 電離圏-I

- B12-P121 MUレーダーを用いたF領域のFAIの周期的構造の多ビームドップラー観測  
玉木 諭、斉藤昭則、山本 衛、深尾昌一郎
- B12-P122 中緯度E領域イレギュラリティからのレーダーエコーの性質  
山本 衛、岸本 豪、深尾昌一郎、小川忠彦
- B12-P123 MUレーダーによるF領域H'密度の推定(II)  
川村誠治、大塚雄一、W.L. Oliver、高見友幸、N. Balan、深尾昌一郎
- B12-P124 Spread-F in the Western Pacific Sector  
皆越尚紀
- B12-P125 極域下部F層領域のイオン組成モデル  
帆足純一、柴田 喬
- B12-P126 移動性電離層擾乱の相対位相  
紅谷みぎわ、柴田 喬
- B12-P127 スプライン関数法による電離圏電子密度分布のCT像再生における情報量規準AICの導入  
福永裕也、奥澤隆志
- B12-P128 GPS連続観測網による電離圏モニターの試み  
宮崎真一、畑中雄樹
- B12-P129 1964年と1980年の地磁気Sq場  
竹田雅彦
- B12-P130 Ionosphere Modeling in the Asian Longitude Region  
D.J. Crain, K. Igarashi

## ULF波動

- C11-P131 磁気圏ULF波動のモデリング-VI-ダイポール磁場でのULF波動の電離層電気伝導度依存性—



中田裕之、藤田 茂、糸長雅弘、吉川顕正	プラズマ波動・シミュレーション	太陽圏・宇宙線
C11-P132 IMF Bz成分に依存したカサブ・極冠域 Pc3 地磁気脈動現象 庄野篤司、福西 浩	A12-P141 電子 foreshock における 2fp 電磁波の生成：数値実験 笠羽康正、松本 紘、大村善治	C12-P153 1991 年 11 月 9 日の CME と惑星間空間での観測 亘 慎一、小島正宜、渡辺 光
C11-P133 あけぼので観測された Pi2 脈動の E、b 成分間の位相差について 大崎裕生、高橋主衛、福西 浩、長妻 努、早川 基、松岡彩子	A12-P142 3次元電磁粒子コードを用いたプラズマ空間におけるアンテナインピーダンスに関する計算機実験 山下史洋、臼井英之、小嶋浩嗣、大村善治、松本 紘	C12-P154 惑星間空間衝撃波による電子の加速機構—インジェクションと散乱過程— 島田延枝、寺沢敏夫、松井 洋、向井利典、山本達人、園分 征、町田 忍
C11-P134 プラズマポーズ付近の Pc3-4 波動の位相変化 松岡 均、高橋主衛、園分 征、湯元清文、山本達人、S.I. Solov'yev、E.F. Vershinin、長井嗣信、福田敏幸、五家建夫、松本晴久	A12-P143 ホイスラーモード信号と共鳴する電子の位相振動とサイドバンド波 池田 慎	C12-P155 太陽風の非スパイラル磁場の構造と重畳する磁場擾乱の周波数特性 中川朋子
C11-P135 磁気圏—電離圏結合系における ULF 波動伝播の計算機実験 I 糸長雅弘、利光一郎、吉川顕正、藤田 茂、中田裕之、湯元清文	A12-P144 空間分割法を使ったオーロラ加速域の並列化電磁粒子シミュレーション 岡田雅樹	C12-P156 太陽風磁気ロープ：円筒型対トーラス型 丸橋克英
C11-P136 昼間側磁気圏において 1Hz 以下で観測される広帯域波動 松井 洋、林 幹治、向井利典、園分 征、山本達人、松本 紘、鶴田浩一郎	A12-P145 赤道 UHR 波動急増現象 (EPWAT) の出現特性 飯島雅英、大家 寛	C12-P157 Heliospheric Current Sheet Inclination at the Venus and the Earth 馬 冠一、丸橋克英
C11-P137 昼側磁気圏境界における ULF 波動 北川拓也、桜井 亨、利根川 豊、向井利典、山本達人、鶴田浩一郎	A12-P146 あけぼの衛星搭載のサウンダー装置で新たに観測された diffuse resonance 忠岡明彦、大家 寛、小野高幸	C12-P158 Solar wind condition inferred from large-scale structure of plasma tail of Comet Hale-Bopp 小塚幸央、阿部新助、小島正宜、渡辺 裕、樽沢賢一、征矢野隆夫
C11-P138 AMPTE CCE (L=2-3) で観測された ULF 波の統計解析 金 寛赫、高橋主衛、B.J. Anderson	A12-P147 GEOTAIL 衛星で観測されたプラズマ波動の絶対強度の評価 高野博史、長野 勇、八木谷 聡、松本 紘	C12-P159 GEOTAIL 衛星搭載 LD 検出器による CIR 関連粒子の観測 長谷方道、柳町朋樹、中里博紀、原田歩美、長谷部信行、小林正規
C11-P139 地球磁気圏近尾部で観測される Pc5 帯磁場・プラズマ振動の性質 齋藤義文、向井利典、西田篤弘、寺沢敏夫、町田 忍、山本達人、園分 征	A12-P148 GEOTAIL 搭載電界アンテナの実効長の評価 井町智彦、筒井 稔、長野 勇、岡田敏美、八木谷 聡、松本 紘	C12-P160 異方的ホール MHD において定常回転不連続面は存在するか？ 寺沢敏夫、M. Scholer、F. Jamitzky、G. Chanteur
C11-P140 Impulsive oscillations in the low latitude boundary layer observed by the Geotail satellite 桜井 亨、利根川 豊、山本達人、向井利典、鶴田浩一郎	A12-P149 Kilometric continuum observed with GEOTAIL W. Calvert、K. Hashimoto、H. Matsumoto	惑星圏
	A12-P150 マグネトロンに関する計算機実験と理論解析 北 章徳、大西隆史、松本 紘、篠原貞毅	B11-P161 火星探査機 Planet-B 搭載 LFA 用 DSP プログラムの開発 立野吉英、岡田敏美、橋本弘蔵、長野 勇、八木谷 聡、笠羽康正、井町智彦、松本 紘
	A12-P151 FDTD 法を用いた送受電アンテナアレイ近接時における動作解析 河野弘樹、篠原貞毅、松本 紘	B11-P162 PLANET-B 衛星搭載 EIS 検出器の開発 照日 繁、菊池 頌、道家忠義、長谷部信行、前沢 洵、高島 健、坂口貴男、井原亜紀史
	A12-P152 Non-linear evolution of Lower-Hybrid-Drift Instability and its relation with Drift Kink Instability I. Shinohara、M. Hoshino	

B11-P163 Estimation of the new-Mars Solar Wind Environment with Extended CIP Algorithm for MHD  
関 華奈子、寺沢敏夫

B11-P164 A two-dimensional model of the solar wind interaction with Mars  
品川裕之、S. Bougher

B11-P165 太陽風と非磁化惑星との相互作用の3次元ハイブリッドシミュレーション  
島津浩哲

B11-P166 金星下層大気の熱輸送  
今村 剛

B11-P167 IMP8により観測された木星起源高エネルギー電子上層史紀、森岡 昭、三澤浩昭、長井嗣信

B11-P168 イオ起源ナトリウム雲の分布—光学観測とモデルとの比較—  
高橋 慎、森岡 昭、三澤浩昭、野澤宏大、岡野章一

B11-P169 Ray tracingを用いた木星ヘクトメートル電波の放射源推定  
中川史丸、森岡 昭、三澤浩昭

B11-P170 木星シンクロトロン放射のモデル計算  
三好山純、三澤浩昭、森岡 昭、近藤哲朗、小山泰弘、中島潤一

B11-P171 広帯域・高時間分解能偏波観測による木星デカメータ電波Sバーストの観測  
大矢 克、大家 寛

B11-P172 木星デカメータ電波の周波数・強度分布と木星周辺の磁場環境の関連  
服部 真、大家 寛

B11-P173 GPS時間/周波数標準レーザのVLBI周波数標準としての適用可能性評価  
近藤哲朗、雨谷 純

### 地殻活動電磁気学 磁気異常・磁場計測

C42-P201 三宅島火山の自然電位分布(補遺2)

谷元健剛、宇津木 充、西田泰典

C42-P202 地電流観測における近地起源ノイズについて  
大羽成征、田中良和

C42-P203 高感度偏角磁力計による活火山の熱的推移の研究  
田中良和

C42-P204 最近の伊東付近群発地震(1996-97年)に伴う全磁気力変化  
笹井洋一、石川良宣、小山 茂、本蔵義守、大志万直人

C42-P205 伊東市周辺の比抵抗構造解明に向けて  
神田 徑、笹井洋一、歌田久司、小山 茂、小山崇夫、上嶋 誠、田中良和、橋本武志、首藤英児

C42-P206 広域地電流ノイズを利用した野島断層の比抵抗調査  
橋本武志、植野 豊、山口 覚、村上英記、本蔵義守、大志万直人、住友則彦

C42-P207 地震に伴う電磁放射観測における発生源判別システムの開発(Ⅲ)  
齊藤貞二、高澤一郎

C42-P208 岩石の圧電性により応力場変動がもたらす電磁場変動の評価 その2. 無限空間における電磁場 source の物理的性質と発生する電磁場の定量的考察  
小河 勉、歌田久司

C42-P209 地殻の磁化不均質を考慮した地震地磁気効果  
宇津木 充、西田泰典

C42-P210 応力集中による応力地磁気効果の増幅  
坂中伸也、大志万直人、住友則彦

C42-P211 Introduction of Oceanic Crust Dynamics Research Frontier Data Base Study  
Y. Kido, Ocean Crust, Dynamic Research Frontier IG Group

C42-P212 陸棚域での海洋波動と地磁気変化  
平野和幸、西田泰典

C42-P213 1997年鹿児島県北西部地震における変換関数について

才田克昭、湯元清文

### 大気圏

A42-P214 SPRITES '97キャンペーン速報:3. マルチアノードアレイフォトメータによるElvesの高速分光観測  
渡邊芳明、高橋幸弘、藤戸 学、中嶋謙一、福西 浩、W.A. Lyons

A42-P215 SPRITES '97キャンペーン速報:4. 超高速イメージング観測  
高橋幸弘、内田亮宏、藤戸 学、渡邊芳明、中嶋謙一、福西 浩、W.A. Lyons

A42-P216 雷放電に伴う大気発光現象発生領域のFull wave計算による導出  
宮村和俊、長野 勇、八木谷 聡

A42-P217 スピッツベルゲンにおける高高度気球搭載光学オゾンゾンデ観測—Chappuis帯吸収からのオゾン高度分布導出—  
岡林昌宏、岡野章一、H. Gernandt、田口 真、村田功、宮内浩志、福西 浩

A42-P218 アラスカ、フェアバンクスにおけるオゾンゾンデ観測結果: ADEOS/Alaska Campaign  
柴崎和夫、小川利祐、D. Jaffe

A42-P219 中緯度成層圏下部におけるオゾン層状構造と傾圧波動  
平田康之、佐野琢己、須藤健悟、北 和之

A42-P220 スバルバル、ニーオルスンにおける短ミリ波帯によるオゾン層観測  
落合 啓、入交芳久、増子治信

A42-P221 2地点イメージング撮像によるOH大気光中の波状構造の高度測定  
久保田 実、巖本 巖、巨 慎一、森 弘隆、木山真隆

A42-P222 2地点同時イメージング観測によるOH大気光波状構造の発光高度の決定  
土岐剛史、中嶋謙一、高橋幸弘、福西 浩、中村卓司、津田敏隆、M.J. Taylor

A42-P223 OH大気光、Naライダー、MUレーダー同時観測—波動相互作用と大気組成に対する力学的効果の考察—  
山田高典、福西 浩、中村卓司、津田敏隆、川原琢也、小林啓二、野村彰夫

A42-P224 信楽MU観測所でのOH大気光イメージ観測  
中村琢司、東川淳紀、宮川博尚、津田敏隆

A42-P225 中緯度OI630nm大気光のドップラーイメージング観測  
中嶋謙一、坂野井 健、坂野井和代、福西 浩、深尾昌一郎

A42-P226 近赤外夜間大気光の地上観測  
山本博聖、松尾雄大、関口宏之、牧野忠男

A42-P227 CCDカメラによる夜光雲97観測  
杉山卓也、深尾昌一郎、津田和典、奥村康昭、高見友幸、G. Witt

A42-P228 MU Radar Observations of Tropopause Variations By Using Clear Air Echo Characteristics  
E. Hermawan, T. Tsuda

A42-P229 稚内及び山川MFレーダーによる中間圏・下部熱圏風の季節変動  
五十嵐喜良、K. Hocke、永山幹敏、西牟田一三

A42-P230 境界層レーダー観測に基づく、赤道域インドネシアにおける風速分散の季節・経年変動  
成瀬有二、橋口浩之、山中大学、津田敏隆、深尾昌一郎、S.W.B. Harijono、H. Wiryosumarto

A42-P231 南極観測のためのNa温度ライダーの構築 1. 受信システム  
北原 司、小林史利、川原琢也、野村彰夫、斎藤保典

A42-P232 南極観測のためのNa温度ライダーの構築 2. 送信システム  
川原琢也、野村彰夫、北原 司、小林史利、斎藤保典

A42-P233 航空機及びバルーン搭載型成層圏CIO計測装置の開発  
樋田佳波、松見 豊、近藤 豊

A42-P234 超高層イメージングシステム(OMTI)の開発

塩川和夫、小川忠彦、江尻 省、品川裕之、佐藤 貢、加藤泰男

A42-P235 SS-520-1号機搭載用TOF型中型ガス質量分析器の開発  
藤川暢子、鶴田浩一郎、早川 基

A42-P236 高分解能熱圏大気循環モデルの開発  
上田裕子、前田佐和子、藤原 均

## 電離圏-II

B31-P237 EISCATで観測した電離圏プラズマのFrictional Heating  
松屋英夫、柴田 喬

## 電磁圏

B22-P238 あけぼの衛星で観測されたUFIのIMFとの関係  
三宅 互、向井利典、賀谷信幸

B22-P239 「あけぼの」LEP観測によるカスプイオンの降込みと太陽風プラズマおよび磁場との関係  
浅井佳子、前沢 潤、向井利典、賀谷信幸、早川 基

B22-P240 イメージングリオメータで観測されたCNAドリフトの共役性  
藤田裕一、山岸久雄、佐藤夏雄

B22-P241 イメージングリオメータによるポーラキャップ共役点観測の初期結果  
西野正徳、佐納康治、佐藤夏雄、山岸久雄、賀 龍松、胡紅橋、劉 瑞源、P. Stauning

B22-P242 準Real time・Dst指数及びAE指数の公開  
亀井豊永、荒木 徹、杉浦正久

B22-P243 A case study of a substorm observed with AKEBONO UV imager and Halley HF radar  
門倉 昭、江尻全機、金田栄祐、山本達人、小口 高、マイク・ピノック

B22-P244 昭和基地Super DARN HF Radarの高時間分解能観測で捉えた昼間側カスプ域近傍の振舞い

行松 彰、渡辺正和、山岸久雄、佐藤夏雄、昭和基地HFレーダー研究グループ

B22-P245 HFレーダによる長周期磁気脈動のスペクトル特性—序報  
諸岡史久、奥澤隆志、佐藤夏雄、山岸久雄、行松 彰

B22-P246 上方伝搬するオーロラヒスの特性と伝搬ベクトル解析  
松尾敏郎、西山俊宏、木村啓根

B22-P247 昭和基地における光学観測用データ収録システム  
菊池雅行、行松 彰、岡田雅樹、山岸久雄、佐藤夏雄、岡野章一

## ストーム・サブストーム

A12-P248 通信総合研究所における宇宙天気予報一次期太陽活動極大期に向けて—  
佐川永一、石橋弘光、秋岡真樹、長妻 努、小原隆博、丸山 隆、島津浩哲

A12-P249 サブストーム現象発生の予兆/Himawariによる放射線粒子の観測  
小原隆博、田 光江、長妻 努、佐川永一

A12-P250 AMPTE CCE and SCATHA Observations of Energetic Ion Injection During the Current Disruption on August 28, 1986  
高橋主衛、S. Ohtani、D.G. Sibeck、H.E. Spence

A12-P251 Substorm influences in the polar magnetosphere  
河野英昭、G. Le、C.T. Russell、園分 征、向井利典、山本達人、斎藤義文、G. Rostoker、H.E. Spence、G.K. Parks、M.J. Brittnacher

A12-P252 サブストームGrowth Phaseにおける磁気圏構造の変化  
浅野芳洋、向井利典、斎藤義文、山本達人、長井嗣信、園分 征

A12-P253 サブストーム時の磁気圏近尾部の圧力変化  
宮下幸長、町田 忍、向井利典、山本達人、斎藤義文、園分 征

A12-P254 磁気圏 Tail-like な磁場構造での磁気リコネクション  
阿部修英、星野真弘、篠原 育、中村 匡、岡田憲司

### 磁気圏構造-I

A11-P255 無衝突プラズマの温度異方性—プラズマ $\beta$ の逆相関：統計力学的アプローチ  
中村 匡

A11-P256 地球シンクロトロン放射強度のモデル計算—変動特性と検出可能性—  
三澤浩昭、森岡 昭

A11-P257 平行衝撃波近傍イオンの起源  
杉山 徹、寺沢敏夫

A11-P258 太陽風中の不連続面が magnetosheath 内へ侵入することで生じる構造の運動論的考察  
坪内 健、寺沢敏夫

A11-P259 EXOS-D 観測による太陽風起源熱的/超熱的イオンの分散  
渡辺成昭、佐川永一、巖本 巖、B.A. Whalen、A.W. Yau、向井利典、早川 基

A11-P260 夏期極域における AKR の相対的減少現象  
熊本篤志、大家 寛、小野高幸

A11-P261 磁気圏界面静止軌道通過の性質  
伊藤克彦、荒木 徹、細川敬祐、長井嗣信、小原隆博

A11-P262 Observations of earthward streaming electrons at the trailing boundary of a plasmoid  
M. Fujimoto

A11-P263 プラズモイドにおける磁場およびイオン速度分布関数の時間変化2  
Jun-ya、S. Machida

A11-P264 夜側磁気圏における大振幅電場の信頼性について  
鶴田浩一郎、早川 基、松岡彩子

A11-P265 ダブルプローブ法による電場観測における Ex 成分のオフセットの評価

早川 基、鶴田浩一郎、松岡彩子

A11-P266 プーメラン法における回帰ビームの考察  
平賀哲也、早川 基、鶴田浩一郎、山本達人

A11-P267 ロケット搭載用高エネルギー粒子計測器の開発  
風間洋一、向井利典、平原聖文、斎藤義文、浅村和史

A会場

10月2日(木)

9:45~12:00

# 磁気圏構造 - I

## Magnetospheric Dynamics - I

oral: A11-01~08

poster: A11-P255~P267

座長

家森俊彦 (京大・理学部)

羽田 亨 (九大・工学部)

SAMPEX衛星による  
放射線帯降下電子バースト

・磯和 充、中村 るみ、上出 洋介 (名大STE研)  
D. N. Baker (LASP, Univ. of Colorado)

Electron precipitation burst in the radiation belt  
observed by the SAMPEX satellite

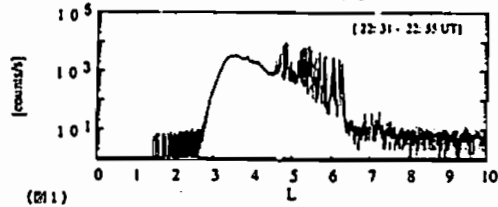
・M. Isowa, R. Nakamura, Y. Kamide (STEL, Nagoya Univ.)  
D. N. Baker (LASP, Univ. of Colorado)

High-energy electron precipitation bursts from the radiation belt obtained from the SAMPEX satellite were studied by using >1McV electron data. In particular, the occurrence frequency of "micro" bursts, which are precipitation bursts with time-scale less than 1 sec., was examined for different geomagnetic conditions. It was found that these burst events were observed typically on the dawn side during magnetic storms. We discuss the plausible mechanism and this precipitation process.

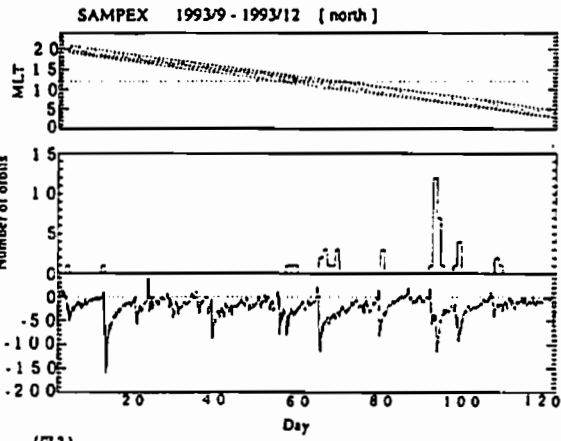
放射線帯の電子フラックスの変動は、地球内部磁気圏構造を解べるうえで重要な手がかりとなる。SAMPEX衛星による観測データを用いて、放射線帯中の1 MeV以上の高エネルギー降下電子フラックスの変動現象の統計的な解析を行なっている。SAMPEX衛星は1日で地球を15周、軌道面は約半年でMLTを一周する。

変動現象の例として1秒以下の変動現象(マイクロバースト)について1993年11月5日にSAMPEX衛星で観測されたものを図1に示す。この図は、横軸がL-value、縦軸が電子フラックスを示している。L=4.5~6.2で見られる電子フラックの変動現象がマイクロバーストである。今回は、バーストの起こる地磁気、MLTの条件を調べた。図2は、横軸に1993年9月から1993年1

2月までのSAMPEX衛星のL=4におけるMLT、各日ごとのマイクロバーストが観測された軌道の放及びDstを示している(北半球の軌道についてのみ)。この図から、マイクロバーストが磁気嵐中の午前側より顕著に観測されることがわかる。本講演では、これらのイベントの解析結果と、そのメカニズムについて議論を行なう。



(図1)



(図2)

2. プラズマ圏・プラズマポーズ変動の形態

一定の期間にわたってDst変動とプラズマ圏及びプラズマポーズの形態学的変動を解明した。その結果、プラズマ圏及びプラズマポーズ変動はDstの時間変動値dDst/dtに大きく依存する。dDst/dt>0(PDC)、dDst/dt<0(NDC)、及び|dDst/dt|≧3nT/H(NRV)とし、プラズマポーズ崩壊(PD)、プラズマポーズの急峻化(PS)、プラズマ圏変動(PM)、そしてすでに報告している、特徴あるDonkey ears現象(DE:donkey ears)、時々現れる激しい擾乱現象(HIDS)を分類した。また打ち上げ後3年間のデータを解析した結果、それらの現象の出現は全くローカルタイム依存性を持たないことが明らかになった。PDC-PD、NDC-DEは最も顕著な現象であるが、これらはDstの変動に対し、数時間の遅れをもって現れてくる。この遅れ時間はdDst/dtの量と直結していて、内部磁気圏とプラズマ圏を直結するプラズマドリフトの存在を認認することができる。

3. 理論

磁気嵐を制御している環電流Iの時間変動を考慮するとき、プラズマ圏に発生する電場Eは

$$E = E_{out} - \frac{\mu_0}{4\pi} \int \frac{\partial I(r_s)/\partial t}{r_{os}} dV_s$$

となる。ここでE<sub>out</sub>はプラズマ圏外部から持ち込まれる電場であり、第2項が環電流の時間変動によってもたらされる電場となる。r<sub>os</sub>は環電流とプラズマ圏中、流出点の間の距離である。そこで電場によって以下のドリフト

$$V_{DB} = -\frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{1}{B_{ob}^2} \int \frac{\partial I(r_s)/\partial t}{r_{os}} dV_s \times B_{ob}$$

が生ずる。観測される地球磁場変動も同じく環電流によるから、地上で観測される磁場変動B<sub>e</sub>に対し、地上と環電流の距離R<sub>se</sub>とすると半径方向の近似されたドリフト速度は

$$V_{DB} = -\left(\frac{R_{se}^2}{r_{os}}\right) \cdot \frac{1}{B_{ob}} \cdot \left(\frac{\partial B_e}{\partial t}\right)$$

となり、dDst/dtに対して流速が求められる。dDst/dt=3nT/H、10nT/H、及び30nT/Hに対し、4Re点でのドリフト速度はそれぞれ118m/s、236m/s、708m/sとなる。1Reを移動する時間は、それぞれ、15時間、7.5時間、及び2.5時間で、観測されている特徴ある現象発生が遅れ、あるいは変動特性時間とConsistentとなっている。

プラズマ圏研究における  
非平衡系パラダイムの実証  
-プラズマ圏及びプラズマポーズの新しい実像

・大家 寛 (東北大学大学院理学研究科)

Verification of Non-Equilibrium System Paradigm for Studies  
on Plasmasphere - Plasmapause Dynamics

Hiroshi Oya

(Department of Astronomy and Geophysics, Tohoku University)

ABSTRACT

New paradigm of studies on the plasmasphere and plasmapause dynamics have been presented being based on the plasmaspheric plasma density observation results provided by PWS on-board the Akebono satellite. That is, the plasmaspheric plasma makes very fast motions across the magnetic field as the ExB drift caused by the induction electric field due to the time variation of ring currents. The estimated drift speed varies between 100 m/sec to 1 km/sec corresponding to the ring current changing rate. Plasmasphere is no more quiet vessel of plasma simply under quasi-equilibrium stage being filled with plasma from the ionosphere and swept out by the inner magnetospheric convection flow.

1. 序

プラズマ圏及びプラズマポーズの理解はすでに一定の概念が出来上がって、研究者の考えも一つのパラダイムに沿って固定している。すなわちプラズマ圏は電圏からのプラズマが軌散平衡によって供給される一方、内部磁気圏のプラズマ対流によって掃き出されていて、一つの準平衡系のプラズマ容器としてとらえられてきた。

STEP期間にその一翼を担って極域からプラズマ圏の観測を続けてきたあけぼの(E-X-O-S-D)衛星搭載のPWSは、しかし、プラズマ圏全域にわたる密度分布を長時間継続的に観測し、プラズマ圏のプラズマ密度変化、及びプラズマポーズダイナミクスの理解を革命的に変える事実を出した。

## A11-03

### 月探査周回衛星からの地球周辺プラズマ撮像

\*中村 正人[1], 山口 真[2], 岡野 康一[2], 江尻 全樹[2], 三宅 互[3]  
川原 琢也[4], 吉川 一朗[1], 滝澤 慶之[1], 野田 寛大[1]  
山崎 敏[1], 齊藤 義文[5]  
[1] 東京大学大学院理学系研究科地球惑星物理学専攻  
[2] 国立極地研究所  
[3] 通信総合研究所  
[4] 信州大学  
[5] 宇宙科学研究所

#### Plasma Imagery around the Earth from the Moon

\*Masato Nakamura[1], Makoto Taguchi[2], Masaki Ejiri[2]  
Wataru Miyake[3], Takuya Kawahara[4], Ichiro Yosikawa[1]  
Yoshiyuki Tagizawa[1], Hiroto Noda[1], Atsushi Yamazaki[1]  
Yoshifumi Saito[5]  
[1] Earth and Planetary Science, University of Tokyo  
[2] National Institute of Polar Research  
[3] Communication Research Laboratory  
[4] Shinshu University  
[5] Institute of Space and Astronautical Science

Upper-atmosphere and Plasmaspheric Imager (UPI) will be onboard the Japan's Lunar orbiter SELENE on 2003. The target of the UPI is the visualization of the plasma environment around the Earth. It will measure i) the visible emission from aurora in southern and northern hemisphere simultaneously and the night glow, ii) ultraviolet emission from 130.4nm Oxygen line from the aurora and the geocorona (121.6nm), and iii) extreme ultraviolet emission from the Helium ions in the plasmasphere.

2003年の打ち上げを目指して月探査周回衛星 (SELENE) の準備が進められている。本衛星は月の科学を行うことが主たる任務であるが、地球から60Reの距離にある月軌道から地球の周辺プラズマ領域を可視化の手法によって研究することは意義深い。我々が準備している撮像系は3つある。まず第一に可視領域の光により南北両極のオーロラを調べ、また地球の夜側で大気光を撮影するTVISと呼ばれる望遠鏡がある。口径160mm、F2.0のシュミットカセグレン望遠鏡に背面照射冷却CCDを組み合わせて0.004'の角度分解能で512×512ピクセルの撮像をとる。

## A11-04 SS-520-1 ロケット搭載用高速中性粒子 (ENA) 計測器の開発

\*浅村 和史<sup>1,2</sup>, 向井 利典<sup>1</sup>, 齋藤 義文<sup>1</sup>, 風間 洋一<sup>1</sup>, 町田 忍<sup>2</sup>  
1. 宇宙研 2. 京大研

### Energetic Neutral Atom Analyzer on board the SS-520-1 Sounding Rocket

\*K. Asamura<sup>1,2</sup>, T. Mukai<sup>1</sup>, Y. Saito<sup>1</sup>, Y. Kazama<sup>1</sup>, and S. Machida<sup>2</sup>  
1. ISAS 2. Kyoto U.

We are developing an instrument for the measurement of energetic neutral atoms (ENAs) on the SS-520-1 sounding rocket which will be launched from Uchinoura in February 1998. The instrument consists of several parts such as an electrostatic ion deflector, an ultra-thin carbon foil, a UV rejection mirror, a time-of-flight (TOF) measurement, etc. The performance of each part has been tested in our laboratory experiment. We will discuss the total performance of the flight model analyzer.

磁気圏撮像は、従来から行われている荷電粒子計測では原理的に極めて困難な磁気圏の大域的な空間変化と時間変化の分離を可能にする。そして、その有力な手段の一つとして高速中性粒子 (ENA: Energetic Neutral Atom) 計測が注目されている。ENA は磁気圏中の高エネルギーイオンと geocorona の中性水素が荷電交換することによって生成される。電磁場の影響を受けずに弾道飛行をするため、ENA は磁気圏撮像観測の候補となる。

しかし、ENA のフラックスは非常に少ないため、高感度の計測器を作る必要がある。また、太陽紫外線や荷電粒子といった ENA よりもずっと多く存在するノイズ源を十分除去しなくてはならない。このため ENA が計測された例は少なく、特に磁気圏プラズマの主成分で

第二に紫外の光により1304Åの酸素が発するオーロラ光を捉える望遠鏡はTUVと呼ばれる。1304Åは太陽光中に輝線を持たない波長であるため、昼間のオーロラを観測することが可能である。光学系はリッチーケチアンを採用し、水素吸収セルを用いてジオコロナ (1216Å) の影響を取り除く。MCPにより角度分解能0.04'、256×256ピクセルの視野を確保する。口径は100mm、F2.0である。吸収セルをON/OFFする事によりジオコロナの観測も可能とする。第三の望遠鏡は極端紫外域に感度をもつTEXである。有効径120mm、F1.0の非球面反射鏡の焦点に低ノイズ型MCPを置き角度分解能0.5'で地球を中心に256×256ピクセルの範囲を観察する。観測波長は304Åであり、地球周辺に広がるヘリウムイオンからの共鳴散乱光に合わせてある。これらの観測器の総体をプラズマイメージャ (Upper-atmosphere and Plasmaspheric Imager: UPI) と呼ぶ。観測は主に遂光の心配がない月の夜側に衛星が入ったとき行う。さらに月の表側に衛星がいる条件を考えると平均してミッション期間の1/4が観測可能な期間となる。

ある1~30keVでは例がない。それはこのエネルギー範囲の粒子を計測することのできる検出器 (MCP: Micro Channel Plate) が紫外線に対して高い感度を持っているからである。

我々は表面を鏡面加工した電極を用いて紫外線を除去する電極配置を新たに考案し、1~30keVのENAを対象とする (MCPを用いた) 計測器を開発している。この計測器はtime-of-flight (TOF) 法を用いて粒子の速度及び質量を分析し、エネルギー掃引を不要にすることで等価的に感度を高めている。そして以下のような開発及び特性把握要素がある。

- 平行平板を用いた荷電粒子除去
- 鏡面加工電極を用いた太陽紫外線除去
- TOF 技術
- 超薄膜カーボンの粒子通過特性 (電離率・角度散乱・エネルギーロス・2次電子放出)
- センサーそのものの粒子通過特性

これらの要素はそれぞれの要素毎に開発を行い、ENAを計測できる性能があると結論づけている。しかしセンサー全体としての性能試験はこれからであり、本講演でその実験結果について発表する。

開発しているENA計測器は1998年2月に内之浦から打ち上げる予定のSS-520-1観測ロケットに搭載される。このロケット実験は従来の衛星ミッションに向けた技術試験であると同時に、赤道域高高度電離圏でのENAの降り込みを世界で初めて定量的に観測し、従来から行われてきたENAシミュレーションを観測面から確認することが期待される。また、ENAの高度profileを得ることで再電離によるENAのロスを求め、赤道域に存在するion beltの成因を探ることができると期待される。

# A11-05

## Magnetotail pressure variations: Comparison of the Geotail and Interball observations

\*A. Petrukovich[1], T. Mukai[1], T. Yamamoto[1], Y. Saito[1], S. Kokubun[2], S. Romanov[3], A. Fedorov[3]  
 [1] ISAS, Yoshinodai 3-1-1, Sagami-hara, Kanagawa 229, Japan  
 [2] STE Laboratory, Nagoya University, Toyokawa, Japan  
 [3] Space Research Institute, Moscow, Russia

Simultaneous magnetotail observations by Geotail and Interball-Tail spacecraft at the distances 10-30 Re downtail provide a unique opportunity for a correlative study of plasma sheet and lobe pressure variations at a variety of temporal (2 min - few hours) and spatial (3-20 Re) scales.

To compare pressure values measured at different distances we used the scaling law introduced by Fairfield and Jones, (JGR, 101, 7783, 1996). From the available 8 months of simultaneous nightside magnetosphere measurements about 200 hours were selected for the analysis when (1) Interball-Tail spacecraft was in the magnetotail lobes, (2) Geotail spacecraft was in the inner magnetotail and (3) application of the scaling algorithm provided a reasonable agreement between two spacecraft over the long time intervals.

The magnetotail pressure variations driven by the large scale changes in the solar wind kinetic pressure were found to be uniform throughout the tail with no detectable dusk-dawn asymmetry. However, the quantitative dependence between the magnetotail pressure and solar wind kinetic pressure can not be described by a single simple expression (e.g., Fairfield and Jones, 1996).

Pressure changes during the growth and expansion phases of the substorms were also found to be quite similar at two observation points. However, during some substorms (probably when Geotail spacecraft was close to the active region in the plasma sheet) the pressure pile-up at the onset and the pressure drop-out during the expansion phase have no counterparts of comparable amplitude in the lobe pressure profile.

Plasma sheet pressure and magnetic field variations at a shorter time scales (approximately less than 15 min) are not correlated with both lobe field variations and that of the neighbour plasma sheet

measurements. Such variations are likely localized phenomena with a size about few Earth radii

# A11-06

## シングルプローブによる太陽風及び

### Bow Shock 周辺領域における電子温度推定

石坂 直希 岡田 敏美 笠野 康正 (富山県立大) 松本 基 (京大 RASC)  
 長野 勇 (金沢大) 鶴田 浩一郎 早川 基 向井 利角 (宇宙研)

### Estimation of the Electron Temperature around the Bow Shock from the Single Probes using the GEOTAIL EFD Systems.

©K. Ishisaka, T. Okada, Y. Kasaba (Toyama Pref. Univ.),  
 H. Matsumoto (RASC, Kyoto Univ.), I. Nagano (Kasazawa Univ.),  
 K. Tsuruta, H. Hayakawa, T. Mukai (ISAS)

The spacecraft potential relative to the ambient plasma is a sensitive indicator of the plasma density and temperature. Therefore it gives information on the dynamic structure of the magnetospheric plasma. In this paper we estimate that the electron temperature is estimated from the single probe data measured by the Electric Field Detector (EFD) onboard the GEOTAIL spacecraft.

### はじめに

磁気圏プラズマ中の衛星電位は衛星表面に流入・流出する電子電流と光電子電流によって決まるので、衛星周辺プラズマの電子密度及び温度に依存している。よって、衛星電位を測定することによりプラズマの密度や温度が低い時間分解能で得られる。

GEOTAIL 衛星はバイアス電流の印加された球プローブと衛星本体の間の電位差を計測している。この測定値をシングルプローブデータという。球プローブの電位は、バイアス電流が 225 nA で固定されているため、必ずしも周囲のプラズマと同一電位になっているとはいえない。よってこれを正しく推定する必要がある。一方、衛星は floating 電位になっている。従って、衛星電位は観測されたシングルプローブデータとバイアス電流の影響を考慮したプローブ電位を用いて算出できる。

本報告では、プローブ電位を考慮した衛星電位の導出と電子温度の推定方法について考察する。また、太陽風及び Bow shock 周辺領域における電子温度の推定結果を詳細に述べる。

### 観測例

図1は 1995年6月6日 8.50 ~ 9.50 (UT) に観測された衛星電位を既述に、PVI のプラズマ波動スペクトルから算出された電子密度を横軸にとりプロットしたものである。この時 GEOTAIL は bow shock 前面の太陽風中を飛行していた。

図中の曲線は衛星電位の理論値であり、電子温度および光電子温度をあらかじめ与え、電子相対を定数として衛星電位を算出しプロットしたものである。観測値から太陽風中の電子温度を推定すると、70 ~ 100 eV となる。

### むすび

プローブの電位を考慮して算出される衛星電位とプラズマ波動スペクトルから得られる電子密度を用いて、電子温度が推定された。今後更に、地球磁気圏のあらゆる領域において衛星電位と電子密度の関係を測いて電子温度を推定し、太陽風と磁気圏の相互作用のダイナミクスや磁気圏内のプラズマ粒子加速の研究に応用する予定である。

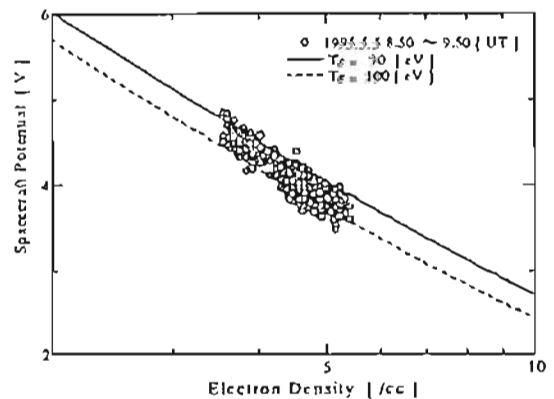


図1 電子温度の推定例 (1995.5.5 8.50 ~ 9.50 [UT])



## A11-07

宇宙プラズマへの応用を目指した、ある磁気流体系の拡張について

・羽田 亨[1]  
[1]九州大学

### An extension of the MHD formulation and its applications to space plasmas

・Tohru Hada[1]  
[1] Kyushu University

It is assumed in the MHD set of equations that a plasma is both isotropic and gyrotropic at any instant of time. However, this cannot be always justified for applications in space plasmas which are essentially collisionless. By introducing two relaxation time scales, one for isotropization and another for gyrotropization, we propose a model which describes evolution of the field and the plasma variables, including all the pressure tensor elements. We show the linear wave dispersion relation of the system, and then attempt to apply the model to various space plasma phenomena.

よく知られているように、磁気流体力学 (MHD) 系では、プラズマが常に等方・軸対象であると仮定されている。これは、プラズマの緩和時間スケールが、考慮する現象の時間スケールに比べて十分短い場合には正当化できるが、無衝突である宇宙プラズマ中ではこの近似が成り立たない (事が本質的である) 現象が数多くある。磁気再結合過程、無衝突衝撃波、非線形MHD波動などである。これらの例では、現象全体の時間・空間的スケールはいわゆるMHD領域に属するものの、その本質を決めている物理過程の中ではMHD近似が成り立っていない。例えば、磁気再結合過程において、プラズマ粒子が散逸領域を通過する時間は圧力の緩和時間比べて必ずしも長くないし、また、衝撃波下流のプラズマが非常に強い非平衡状態にあることも周知である。

一方、MHD系の一つの拡張として、いわゆるCGL系を考えることもできる。この系では、磁力線に対して平行および垂直な圧力を独立な変数として扱うことにより、プラズマが常に等方であるという制約は取り除かれている。実際、プラズマが等方であっても、摂動のオーダーで非等方分布が実現されるため、CGL系中の線形波動の分散関係は、ヴァソフ方程式系から得られるものに近くなる

ことが知られている。しかし、核融合プラズマなどの場合とは異なり、宇宙プラズマは高ベータであるため、プラズマが常に磁化されていることを仮定するCGL系を適用することには本質的に無理がある。そもそも、例えば磁気中性点では、磁力線方向を定義できない。

我々は、いわゆるMHD領域の現象を、ヴァソフ方程式のモーメントである圧力テンソル方程式にまで立ち戻り、プラズマの緩和時間スケールを外部パラメータとして与えることにより定式化することを試みている。具体的には、圧力テンソルに対し、その等方化および軸対象化に対する緩和時間、 $T_i$ および $T_g$ を導入する。 $T_g=0$ の極限がCGL、更に $T_i=0$ としたものがMHDである。CGL系では、いかに微少な磁場でもその方向の変動にプラズマ圧の非等方性の方向が追従することが要求され、このことからPetschek型の再結合過程は存在し得ないことが示される。 $T_g=0$ でPetschek型となり得るのは、もともと非等方性のないMHDの場合のみである。得られた系の性質を内在する波動の分散関係を用いて吟味し、またこれを無衝突衝撃波、磁気再結合過程などの宇宙プラズマ現象に応用する可能性について議論する。

## A11-08

'Partial Ring Current' の時間発展

京森俊彦<sup>(1)</sup>、河野真樹<sup>(1)</sup>、堀恵根<sup>(1)</sup>  
吉村令毅<sup>(2)</sup>、行松彰<sup>(3)</sup>、H. Luehr<sup>(4)</sup>

<sup>(1)</sup>京都大学理学部  
<sup>(2)</sup>京都大学防災研究所  
<sup>(3)</sup>国立極地研究所  
<sup>(4)</sup>地球研究センター

### Temporal evolution of a 'partial ring current' system

T. Iyemori<sup>(1)</sup>, M. Kono<sup>(1)</sup>, H. Yag<sup>(1)</sup>  
R. Yoshimura<sup>(2)</sup>, A. Yakimatsu<sup>(3)</sup>, H. Luehr<sup>(4)</sup>

<sup>(1)</sup>Faculty of Science, Kyoto University  
<sup>(2)</sup>Disaster Prevention Institute, Kyoto University  
<sup>(3)</sup>National Institute of Polar Research  
<sup>(4)</sup>The GeoForschungsZentrum Potsdam

It is not yet clear that how a 'partial ring current' system is formed in a geomagnetic storm. To investigate temporal evolution of the current system, we use one minute resolution geomagnetic data and draw equivalent current system for various phases of storms and substorms. It is found that a part of the current system appears firstly in the afternoon sector and the whole current system is established on the dusk-side in a few hours from the start of a storm main phase. We will compare the equivalent current pattern with the ionospheric electric fields observed by radars and discuss the evolution and closure of three dimensional 'partial ring' current system.

レーダーネットワークや人工衛星からのオーロラ観測等により、極域のグローバルな変動の様子を知ることができるようになってきた。ここでは、世界的に分布する地磁気観測所で取得された地磁気1分値を用いて、いわゆるPartial Ring Currentに対応する等価電流系の時間発展を調べた結果について報告する。図1は、磁気嵐の主相初期と後期における極域等価電流ベクトルの平均的分布をプロットしたものである。初期には、午後の低緯度側のみ、極向き等価電流ベクトルが発達する様子が見取れるが、これはPartial Ring Currentにつながる沿磁力線電流の効果であると考えられる。磁気嵐主相の後期あるいは回復期になって、いわゆる'partial ring current system'の等価電流系が完成する。講演では、このような電流系の時間発展と磁気嵐やサブストームの発達との関連およびレーダーによる電離層電場観測結果との比較について述べる。

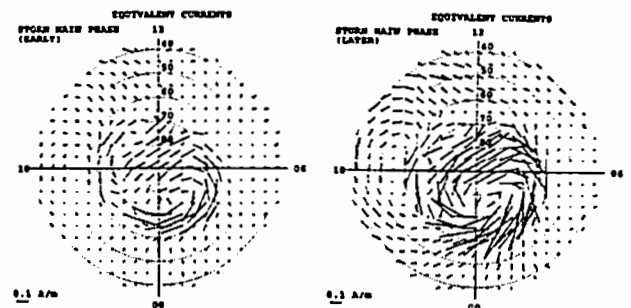


Figure 1. Equivalent current vectors in the early (left) and late (right) stages of storm main phase, respectively.

# A11-P255

無衝突プラズマの温度異方性-プラズマ $\beta$ の逆相関: 統計力学的アプローチ

\*中村 匡[1]  
[1] 宇宙研

## The anisotropy/beta inverse correlation as a result of maximum entropy

\*Tadas K. Nakamura[1]  
[1] ISAS

Magnetosheath observations have shown an inverse correlation between the proton temperature anisotropy and the parallel proton beta. Computer simulations have produced similar correlations and have demonstrated that they are due to particle scattering process by ion cyclotron instabilities. A method of statistical mechanics has been applied to this problem; this anisotropy/beta inverse correlation is explained as a state of maximum entropy.

無衝突プラズマ磁化プラズマに生じた温度非等方性を解消するメカニズムとして、イオンサイクロトロン不安定性はもっとも有力なもののひとつである。非等方性がこの不安定性のしきい値をこえるとこれによって生ずる電磁イオンサイクロトロン波がイオンの沿磁力方向の運動量とそれに垂直方向の運動量を効率的に交換し、非等方性を解消するように働く。しかしながら、この過程は完全にプラズマが等方的になるまでは進行せず、ある程度の非等方性をこの段階で準定常的な状態におちつくことが最近の研究から示唆されている。

衛星観測 (例えば Anderson et al. 1994) によるとマグネトシース中のプラズマの温度非等方性の上限値は沿磁力線方向の温度で定義したプラズマベータと逆相関にある。また、計算機実験 (Gary et al. 1994) の結果では線型不安定条件を満たすような初期値から時間発展をおくと、上述の上限値と同様な値で非等方性解消の過程がとまり、準定常的な状態におちつくことが示されている。興味深いのはここで系が準定常的な段階に達してもなおイオンサイクロトロン波は存在し、しかもその大きさは初期値の非等方性によってことなるにもかかわらず、準定常状態におちついたときの非等方性はほぼ沿磁力線プラズマベータで一意に決まるということである。つまり準定常状態ではイオンサイクロトロン波の存在が非等方性の解消を意味しないとい

うことである。

本研究ではこの非等方性-プラズマベータ間の反相関について統計力学的立場からの説明をこころみる。イオンサイクロトロン波の存在というものはプラズマ粒子の沿磁力線方向とそれに垂直な方向の運動量交換が可能であることを意味するが、それだけではこのメカニズムによって非等方性が解消されることの説明にはならない。波が非等方性を解消する方にはたらくのか、助長する方にはたらくのかの説明できないからである。これが非等方性解消の方向にはたらく理由としては粒子分布の実現確率が、非等方性がない場合の方が高いからであると考えられる。空間的に粒子をランダムにばらまいたときに粒子が1か所に局在化しているよりも、一様に分布しているほうが実現確率が高いと同様である。したがって、準定常状態で実現される粒子分布はあたえられた束縛条件のもとで実現確率を最大にするものであると考えられる。ここでは、この束縛条件を簡略化し、(1)静止系での全粒子エネルギーは保存される; (2)波にのった系では粒子運動は等エネルギー面内に束縛される; というモデルを用いて準定常状態の粒子分布を推定した。結果は非等方性-プラズマベータ間の逆相関をよく再現する。

# A11-P256 地球シンクロトロン放射強度のモデル計算 - 変動特性と検出可能性 -

○三浦 浩昭, 森岡 昭 (東北大理・超高度)

## Model-Studies on Terrestrial Synchrotron Radiation Fluxes - Variability and Possibility of Detection -

\*H. Misawa and A. Morioka

Upper Atmosphere & Space Research Laboratory, Faculty of Science, Tohoku University  
E-mail(FIM): misawa@stpp2.geophys.tohoku.ac.jp

Several kinds of MHz-range terrestrial radio events have been reported by mainly ground-based observations as 'strange' events because the generation mechanism have been still unspecified. One of plausible candidates of the mechanism is synchrotron radiation process of relativistic electrons, however, quantitative flux evaluations have not been well performed so far as to confirm whether the process is suitable for the source of radio events.

We have started model-studies on terrestrial synchrotron radiation (TSR) fluxes to investigate characteristic variations in time and space domain and where and which case of physical conditions the radiation can be detected. We report method of the modeling and preliminary results.

Since characteristic time scale of magnetospheric phenomena is expected to vary of the order of  $[\text{characteristic scale size}]/V_A$ , this study might be interesting in comparison study of planetary radiation belts, for example between the earth and Jupiter.

[序] 地磁気活動に相関を持つ(と考えられる)自然現象の一つに、MHz帯の電波現象がある(ex. Weatherwax, et al.[JGR, 1994], Maeda and Watanabe [Ann. Geophysicae, 1995]). この電波現象の生成源の一つとして高エネルギー電子による地球シンクロトロン放射(TSR)が考えられているが、この放射機構の有効性を確認するには定量的な放射強度の見積りによる検証が必要となっている。

近年のSAMPEX, CRRES, AKEBONO 衛星等の観測により、地磁気活動の変化に伴い放射線帯粒子は、従来言われてきた外帯域だけでなく内帯域でもダイナミックな変動をすることが示されてきた(ex. Baker et al.[GRL, 1994]). TSRの強度計算は主に1960年代に精力的に行われてたが、本研究は近年の放射線帯粒子計測結果を踏まえて、TSRの1)放射線帯粒子の状態による変動特性、2)観測地による受信強度の見積りを試みるものである。

磁気圏活動の特徴的時間スケールが一般に(特徴的空間スケール)/ $V_{Al}/v_{th}$ で表されることを考え合わせると、本研究は、放射線帯を持つ他の惑星(木星等)のシンクロトロン放射現象の特徴を探る上で興味を持たれる。また、観測地によるTSR受信強度の導出は、TSRの地球放射線帯モニターへの適用性を探る上でも興味深い。

[モデル計算] 磁場モデルとして双極子磁場、粒子モデルとして放射線帯粒子の実測値を用いる。粒子のピッチ角分布は現在近似的に  $\sin^n \alpha$  型分布を仮定している。距離  $r$  での周波数  $f$  の TSR flux density  $W(f)$  は次式で得られる。

$$W(f) = \int_E \int_V N_e(E, V) \cdot P(E, f) / A(r) dE dV$$

ここで  $E$  は電子エネルギー、 $V$  は位置情報を持つ体積、 $N_e(E, V)$  は電子密度、 $P(E, f)$  は電子1ヶ当たりの flux density、 $A(r)$  はビーム角の厚みを持つ hollow cone 上に放射される TSR の照射面積を表す。

[計算結果] 図1に、本研究の第1段階として行った月面を受信地と仮定した場合のモデル計算結果を示す。粒子モデルとして太陽活動の静穏期と活動期の平均的な電子密度分布を用いたが、この場合ではTSR flux densityに factor 程度の差が見られる。現在、近年の粒子計測データの導入による flux density の時間変動の導出と受信地を地上においた場合の計算を進めている。

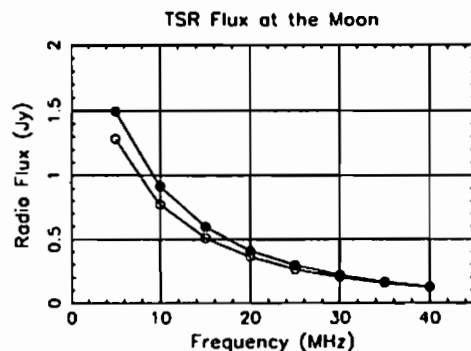


Figure 1. Estimation for TSR flux densities at the moon. Two typical electron flux density data are adopted; i.e. data for solar quiet phase (○) and for active phase (●).

## A11-P257 平行衝撃波近傍イオンの起源

\*杉山 徹[1],寺沢 敏夫[1]  
[1] 東大理

### Origin of Diffuse Ion near the Parallel Shock

\*Tooru Sugiyama[1],Toshio Terasawa[1]  
[1] The Univ. of Tokyo

Large scale one dimensional hybrid simulations of quasi-parallel shocks have been performed in order to study the origin of the upstream energetic ions. Due to the large amplitude upstream wave, (1) these ions are scattered, (2) the local shock angle changes from the quasi-parallel to the quasi-perpendicular regimes. The shock structure and ion acceleration are considered simultaneously.

地球の Bow Shock 上流域に見られる非熱的イオンの起源について  
(1) 入射粒子の衝撃波面近傍での電場による加速、  
(2) 統計加速、(3) 下流域の熱的イオンの逃げ出し、  
などが提唱されている。粒子シミュレーションによる  
1次元平行衝撃波を行い、衝撃波近傍での磁場の形状、  
非熱的イオンの速度、空間分布に注目して解析した結果を報告する。  
上流域に大振幅の磁場波動が存在し、イオンを放乱させている  
ことから(2)による加速が行われていることが見て取れる。  
また、この波動が衝撃波面へ到達することによって、  
衝撃波法線ベクトルと磁場ベクトルの成す角度 ( $\theta_{BN}$ ) は、  
初期値から時間とともに変化していく。  
磁場波動の振幅は0次磁場の大きさにまで達しているため、  
0次磁場で準平行衝撃波の磁場配位であっても、  
準垂直衝撃波に変わっていきその状態を保つ。  
このため、衝撃波面での  $V \times B$  電場が大きくなり、  
(1)による加速効率を上げる。  
1度下流域に入ったイオンが再び衝撃波面を横切って  
上流域に達することもある。  
これらの起源の違うイオンの混在の割合を決定しているものは何か、  
について報告する。

## A11-P258 太陽風中の不連続面がmagnetosheath内へ侵入することで生じる構造の運動論的考察

\*坪内 健[1],寺沢 敏夫[1]  
[1] 東京大学大学院理学系研究科

### Kinetic properties of the magnetosheath structure associated with the discontinuities propagating through the solar wind

\*Ken Tsubouchi[1],Toshio Terasawa[1]  
[1] Department of Earth and Planetary Physics, Univ. of Tokyo

In this study, we have performed one-dimensional numerical simulation using hybrid code for investigating the interaction processes between the Earth's bow shock (BS) and the MHD discontinuities propagating through the solar wind. Properties of the magnetosheath (downstream of BS) are mainly concentrated on in the view of kinetic aspects.

Interaction of MHD discontinuities can be generally drawn in a fluid description. Structure of each discontinuity or shock is maintained by the conservation law of mass, momentum, and energy flux from upstream to downstream. However, once these discontinuities are piled up each other, one discontinuity cannot simply penetrate through the other without generating other MHD structures, such as shock or expansion wave and discontinuities (contact (CD), tangential (TD), rotational (RD)). Each structure is disintegrated due to its different phase speed (fast / intermediate / slow).

Recent MHD simulations show that as a result of RD penetration into the magnetosheath after a collision with BS, subsequent structures are composed of fast expansion wave, new RD, slow shock, CD and new BS. However, these processes must be modified in the plasma kinetic description. For example, CD is unstable to exist because plasmas can easily interchange between up- and downstream along the normal component of the magnetic field so that sufficient mixing takes place.

In the present hybrid model, we find that RD begins to form an anti-correlated structure of plasma density and magnetic field in the downstream of the shock. Without any interaction with other discontinuities, plasma pressure remains anisotropic in the shock downstream region (perpendicular component is much larger than parallel one). Our results show that plasmas become isotropized around the penetrating RD (effective parallel heating occurs). This is because plasmas feel the rotation of the magnetic field where the heated component of the velocity (perpendicular to B) is distributed to parallel direction.

Anisotropic plasmas are known to be the source of many instabilities (ex. mirror instability). Relations between these instabilities and formation mechanism of the structure mentioned above will be discussed. Also, we try to clarify the difference between fluid and kinetic description on this shock-discontinuity interaction system.

# A11-P259 EXOS-D 観測による太陽風 起原熱的/超熱的イオンの分散 Dispersion of Thermal / Suprathermal ion measured by EXOS-D from Solarwind

\*Shigeaki Watanabe, Eiichi Sagawa, and Iwao Iwamoto  
(Communications Research Laboratory)

Brian A. Whalen

(Herzberg Institute of Astrophysics, NRCC)

Andrew W. Yau

(U. Calgary, Alberta, and Herzberg Institute of Astrophysics, NRCC)

Toshihumi Mukai and Hajime Hayakawa

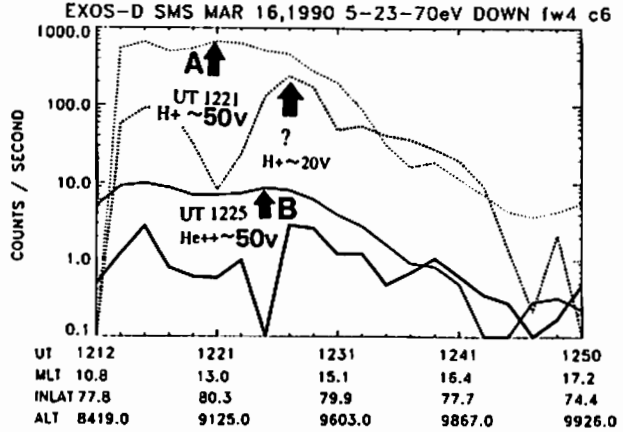
(Institute of Space and Astronautical Science)

## Abstract

Large fluxes of precipitating thermal and suprathermal ( $E < 25$  eV) ions at mass per charge  $M/Q = 2$  ( $\text{He}^{++}$ ) are sometimes observed by the Suprathermal ion Mass Spectrometer (SMS) onboard the EXOS-D spacecraft near the polar cusp when the Interplanetary Magnetic Field (IMF) has a southward component. Thermal / suprathermal  $\text{He}^{++}$  serve as a good tracer of the solar wind plasma [Chappell et al. 1987] in cases where precipitating fluxes of ions of ionospheric origin (i.e.  $\text{He}^+$ ,  $\text{O}^+$ ,  $\text{O}^{++}$ ,  $\text{N}^+$ ) are negligible.

カスプ付近の地球磁場構造は、太陽風磁力線 (Magnetosheath 磁力線) と再結合する地球前面からカスプ、さらに高緯度にもわたる歪な朝顔の花の様な形を取る。高緯度の EXOS-D は花の根本近く、比較的磁力線が鉛直線に近い形で地球に入り込む、カスプ、マントル部からの磁力線を横切って飛び、侵入口からのイオンの動きを熱的/超熱的  $\text{He}^{++}$  をトレーサーとして幾つか

の例に諸考察を行う。1990年3月16日12時から始まる極冠内の EXOS-D のパスは、EFD による電場の測定によれば、進行方向と対流方向が殆ど一致した高緯度に進む好例である。50eV 及び 15eV の  $\text{He}^{++}$  Counts/Second を実線で示した。同じエネルギーの  $\text{H}^+$  を点線で示した。侵入口を正確に EXOS-D が過ぎている訳では無いので、相対的諸量を調べる。Magnetosheath/Magnetopause から侵入した  $\text{H}^+$ 、 $\text{He}^{++}$  はエネルギーが同じでも、質量の差から、衛星への到達時間 (位置) が異なる。A 点は 1221UT に約 50eV の  $\text{H}^+$  のピークが観測され、B 点: 1225UT には約 50eV の  $\text{He}^{++}$  が観測された。1221UT と 1225UT に於ける EXOS-D の磁力線の高度 120km への足の距離の差は約 270 km 程度である。一方、同時に侵入口から出発した  $\text{H}^+$ 、 $\text{He}^{++}$  のエネルギーの差による距離差は実行磁力線長を 15 $R_E$  として 300km 程度である。この点に関しては概略合っていると見える。



# A11-P260

## 夏期極域における AKR の相対的減少現象

\*熊本 鳳志, 大塚 寛, 小野 高争 (東北大理)

### Suppression of AKR Appearance in Summer Polar Region.

\*A. Kumamoto, H. Oya, T. Ono (Tohoku Univ.)

Occurrence characteristics of AKR are investigated in their intensity and occurrence-frequency in summer and winter polar regions based on the data of the six-year observations of PWS (Plasma wave and sounder experiments) onboard the Akebono (EXOS-D) satellite. The results show that occurrence of AKR dominates in winter hemisphere both in the intensity and occurrence-frequency, compared with AKR from the summer hemisphere; the tendency becomes more apparent in the higher frequency range. This result suggests the ionospheric connection of the AKR source formation; we can infer the increase of the plasma supply in the formation region of the double layers. This excess supply of the ionospheric plasma has possibility to hinder the growth of the double layer.

1. はじめに、あけぼの (EXOS-D) 衛星の PWS (Plasma wave and sounder experiments) による AKR (Auroral kilometric radiation) の長期間にわたる観測 data は、AKR の平均強度が夏半球極域の電波源に対し、冬半球極域電波源で著しく増大するという季節に依存する南北非対称性を持つことを明らかにした [1]。この現象は GEOTAIL 衛星の波動観測でも報告されており [2]、最近、明らかになった aurora 粒子の季節変化 (太陽角依存性) とも深く関連していると見られる [3]。統計に表れる平均強度は AKR 出現時の強度と出現頻度の積に相当するが、季節変動の mechanism を考えていく上で、強度の関数として出現頻度特性を明らかにする必要がある。今回、我々はそれらの疑問を明らかにする目的で、長期間にわたる PWS data に対し AKR の強度別出現頻度の解析を行った。

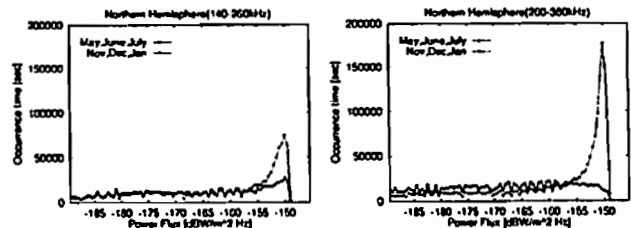
2. 解析結果。1990 年から 1995 年までの 6 年分の波動 data から得られた北半球における 140-260kHz の帯域と 260-380kHz の帯域の AKR の強度別出現頻度分

布をそれぞれ図 1、および図 2 に示す。ただし、AKR をより明確にとらえるため、解析対象領域は磁気緯度  $45^\circ$  以上、MLT  $21 \pm 4.5$ h として、高度は局所電子 cyclotron 周波数  $f_c$  に対し、 $f = f_c$  面上方に限定した。結果は、11,12,1 月期 (冬) の  $-150 \text{ dBW/m}^2 \text{ Hz}$  付近での出現頻度が極値を増すが、5,6,7 月期 (夏) にはこの極大値が低いことが明らかになった。すなわち、冬期には強い AKR が多発する一方、夏期にはこの強度の電波が出現しない事が判明する。この事は、図 2 における 260-380kHz の AKR の強度別出現頻度分布でいっそう顕著となっている。

3. 考察。以上の AKR の強度別分布から、(1) AKR 平均強度の季節に依存する南北非対称性は、冬期極域における AKR が強い成分について著しく増大することによる。すなわち、強度、出現頻度とも夏期より増大することを示す。(2) 夏期に対する冬期の強度の増大と出現頻度の増大は、高い周波数の AKR ほど、言い換えれば、低高度を電波源とする AKR ほど顕著に表れる。この解析結果からは、AKR 電波源となる aurora 加速域の形成が冬期に比して夏期極域で阻害される何らかの mechanism の存在が強く示唆される。夏季の極域電離層では、太陽光によって電離度が増加し、電子密度が上昇するが、電離層からの plasma 供給の増大を要因として加速域高度における double layer 等の加速電場の形成をおさえる傾向に作用している可能性が考えられる。

### 参考文献

- [1] 熊本 他, 第 100 回地球電磁気地球惑星学会講演会予稿集, 1996.
- [2] Kasaba et al., submitted to Geophys. Res. Lett., 1996.
- [3] Newell et al., Nature, 1996



# A11-P261

## 磁気圏界面静止軌道通過の性質

伊藤 克彦<sup>1</sup>、荒木 毅<sup>1</sup>、細川 敬祐<sup>1</sup>、長井 嗣信<sup>1</sup>、小原 隆博<sup>1</sup>

### Characteristics of Geosynchronous Magnetopause Crossing (GMC)

K. Itoh<sup>1</sup>, T. Araki<sup>1</sup>, K. Hosokawa<sup>1</sup>, T. Nagai<sup>1</sup> and T. Obara<sup>1</sup>

- 1. Dept. of Geophysics, Graduate School of Science, Kyoto University
- 2. Dept. of Earth and Planetary Science, Tokyo Institute of Technology
- 3. Hiraiso Solar Terrestrial Research Center, Communications Research Lab.

Geocentric subsolar distance of the magnetopause is normally in 10-12 Re but some times it becomes less than radius 6.6 Re of the geosynchronous orbit. When the magnetopause is detected by geosynchronous satellites, we say that GMC (Geosynchronous Magnetopause Crossing) event occurs. Here we summarize the results of our 2 years analysis on 271 GMC events observed by GOES series satellite for 15 years (1978-82, 1985-94), add a few new results and discuss future problems to be studied.

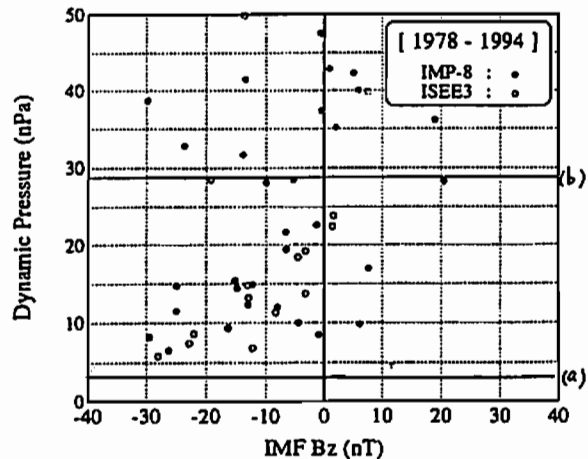
通常、10-12Reの地心距離にある太陽側磁気圏界面が、6.6Reの静止衛星軌道を横切って地球側へ近づくことがある。これは、磁気圏界面静止軌道通過 (Geosynchronous Magnetopause Crossing : GMC) と呼ばれ、1960年代末から多くの人たちによって研究されてきた。ここでは、我々が過去2年間に行ってきた271個のGMC現象 (1978-82、1985-94の15年間にGOESシリーズ静止衛星で観測されたもの) についての解析をまとめ、2,3の新しい結果を追加して今後の問題点を議論する。統計的解析は他にもあるが、扱われた現象の数ははるかに少ない (Rufennach et al. [1989]; 64個, McComas et al. [1993]; 39個)。

今までに、わかったことを下記に列挙する。

- (1) 15年間を平均して、静止衛星のサブソーラーポイントが磁気圏界面の外に出る確率は、約0.3%である (平均して一年間に26-7時間、磁気圏外に出ていることになる)。

<sup>1</sup> Now, at Nippon IBM Company, Tokyo.

- (2) 太陽活動の高いときに多いが、太陽黒点数よりは、磁気嵐出現率とより良く相関している。
- (3) SCの後に多い (必ずしも同時ではない)。
- (4) 太陽風動圧増加 (Pd) と負 IMF-Bz の二つのパラメーターに強く依存する。
- (5) Pd 効果が卓越する compression type と負 IMF-Bz 効果が効く erosion type に分かれる。前者は、地上低緯度地磁気H成分増加を伴うが、後者に対応する地磁気変化ははっきりしない。
- (6) Dst 発達時には、erosion type が多く、出現が朝側で多くなる。図は、GMC の Pd-IMFBz 依存性を示したものである。水平線 (a) は全期間の Pd の平均値 (約 3 nPa)、Pd (ave) を、(b) は subsolar magnetopause distance が、6.6 Re になる動圧、Pd (6.6 Re) を示している。Pd < Pd (6.6 Re) の時は、IMF-Bz < 0 が必要になることがわかる。



# A11-P262 Observations of earthward streaming electrons at the trailing boundary of a plasmoid

\*Masaki Fujimoto[1]  
[1] Dept. Earth Planet. Sci., TITECH

In this paper, we report on highly asymmetric parallel spectrum of electrons observed at the trailing boundary of a plasmoid, or the post-plasmoid plasma sheet (PPPS) boundary. In the spectrum, low to medium energy electrons are seen to flow earthward along field lines into the PPPS counter to energetic components (ions and electrons) leaking from the PPPS. Earthward streaming electrons are generally observed even when the leaking components are undetected, which makes us better characterize this region by tailward flowing field aligned currents. By referring to a hybrid code (ion particles, massless electron fluid) result, we propose that the less energetic earthward electrons sustain the field aligned current away from the X-line, which is a part of a current loop that is built-up in the course of magnetic reconnection by the ion inertia effect.

## A11-P263 プラズモイドにおける磁場およびイオン速度分布関数の時間変化 2

\*Jun-ya Nakabayashi[1], Shinobu Machida[1]  
[1] Dept. of Geophysics, Kyoto Univ.

### Time Evolution of Magnetic Fields and Ion Velocity Distribution functions in plasmoid (2)

\*Jun-ya Nakabayashi[1], Shinobu Machida[1]  
[1] Dept. of Geophysics, Kyoto Univ.

To understand formation mechanism of plasmoids, a 2-1/2 dimensional electromagnetic hybrid simulation was conducted. We realized a spontaneous magnetic reconnection by adding localized anomalous resistivity to the neutral sheet of initially Harris solution, and explored a formation plasmoid. We could find transition of the ion velocity distribution functions in our simulation by placing a spacecraft at a proper location on a simulation plate. We will show a variation of ion velocity distribution functions and discuss their formation mechanism.

GEOTAILを始めとする観測によって、さまざまなプラズマ速度分布関数がプラズモイド中に見出されているが、これらの分布関数は、プラズモイドの生成機構に関する情報を含んでいるものと考えられる。したがって、プラズモイドを理解するためには、プラズモイドの各領域での分布関数の時間発展を知る必要がある。我々はこの目的のために、2-1/2次元電磁ハイブリッドシミュレーションを行ってきた。定常状態のプラズマシートに局在化した異常抵抗を与える事によって、プラズモイドの生成過程を再現した。

前学会では、event studyとして、シミュレーション系内の固定点においた仮想的な衛星の時系列データとGEOTAILの観測データとの比較を行い、良い一致を見た。また、シミュレーション系全体の時間発展と照らし合わせる事によって、分布関数の生成機構について論じた。しかしながら、X点に対する仮想的な衛星の位置によって、電磁場および速度分布関数の時間発展は大きく異なる。これらを分類すると、観測領域における初期のプラズマの $\beta$ 値に対する依存性をもっとも顕著であり、X点からの距離に対しては、定性的にはあまり依存しない事が見出される。

本講演では、これらの依存性を明らかにするとともに、シミュレーション系全体の時間発展と照らし合わせながら、各領域における分布関数の生成過程について統一的な描像について論じる。

## A11-P264 夜側磁気圏における大振幅電場の信頼性について

\*鶴田 浩一郎[1], 早川 基[1], 松岡 彩子[1]  
[1] 宇宙科学研究所

\*Koichiro Tsuruda[1], Hajime Hayakawa[1], Ayako Matsuoka[1]  
[1] The Institute of Space and Astromautical Science

Geotail almost always observes large amplitude electric field during its night time path between 10 and 20 Re. The amplitude sometimes exceeds 30 mV/m and often oscillates with period of a few tens seconds. The spacecraft potential is high when the large electric field is observed indicating that the plasma density is low. Considering that the above condition is not favorable for the double probe measurements especially when high flux of energetic particle is present, we re-evaluated data reduction process and the reliability of the large electric field. We will report the result of the re-evaluation and also discuss geophysical implication of the large electric field.

Geotail衛星が地球から10~20Reにある時、真夜中近くのLocal Timeでしばしば30 mV/mを超える大きな電場を観測する。電場は数10秒の継続時間でパルス的に観測されるか同程度の周期で変動している。この大きな電場が観測されるときには衛星の電位は一般に10ボルト以上になっていることが多い。プラズマ密度は低いことが推定される。しかし、この場所とLocal Timeでプラズマ密度が低いからといって大きな電場が必ず観測されるわけではない。1996年の前半について調べてみると約5.5日で地球を1周する軌道の中に必ずといって良いほど真夜中近くに大きな電場が観測される時間帯が含まれている。Local Timeは真夜中を中心に2時間程度が一番多いようである。この、大きな電場の存在は既に知られており様々な検討が加えられている。しかし、地球物理的な検討とは別に電場計測の信頼性についても再度見直しておくべきであろうと考えられる。この電場が観測される場所が電場計測にとって必ずしも良い条件を満たしていないこと、すなわち、低プラズマ密度、高エネルギープラズマの存在、を考えるとこの種の検討を要する現象であると考えられる。

発表では、真夜中の軌道で観測されるこの大振幅電場について現象論的な整理を行うと同時に観測波形からみた信頼性についての検討を加える。

## A11-P265 ダブルプローブ法による電場観測における $E_x$ 成分のオフセットの評価

\*早川 基[1], 鶴田 浩一郎[1], 松岡 彩子[1]  
[1] 宇宙科学研究所

### Evaluation of $E_x$ offset in electric field measurements with double probe technique

\*Hajime Hayakawa [1], Koichiro Tsuruda[1], Ayako Matsuoka[1]  
[1] Institute of Space and Astronautical Science

It is well known that the GSE-X component of the electric field measured by the double probe technique has a few mV/m offset. It is thought that the spin angle dependence of the photo emission from the probe differs between a pair of probes and this difference between probes causes this offset. However though spin phase dependence of the potential difference between satellite and each probe can be explained by simple probe model calculation,  $E_x$  offset derived from the simple model is not consistent with the actual data. The aim of this paper is to evaluate the  $E_x$  offset by comparing a model calculation with actual GEOTAIL electric field data under various conditions.

ダブルプローブ法を用いた電場計測においては GSE-X 軸方向 (太陽方向) に数 mV/m のオフセットをはくことが良く知られている。このオフセットの原因としては衛星による太陽の影が一方のプローブに落ちる、球プローブ自身の影がアンテナケーブルに落ちる、等の事により、1 対のプローブ間での表面積の変化の仕方に衛星の位相角依存性が発生し、その変化の仕方が 1 対のプローブ間で異なるためにプローブ間での光電子放出量の差に衛星の位相角に応じた変化が生じ、その結果が見せかけの電場として観測されると考えられている。しかしながら、簡単なモデル計算[1]により求めた結果では、各プローブの対衛星電位の衛星の位相角依存性はかなり良く説明できるが、上記の原因によるプローブ間のオフセットと実際の観測での物とはあまり良い一致を見ない。モデルにおいてはプローブ間の面積の違いによる影響が出ると考えられる範囲は、プローブ対が太陽-反太陽方向を向く時からせいぜい  $\pm 45^\circ$  の範囲に収まるが、実際のデータでは  $\pm 60^\circ$  のデータを除いてサインフィットを行った結果においても明らかなオフセットの存在が認められる。

本講演はこれらの違いを説明するために従来よりもより詳細

なモデルを用い、このモデル計算から求められる結果と実際にダブルプローブ法により得られたデータとを種種の条件下 (周辺プラズマの密度・温度、磁場配位等) で比較することにより、 $E_x$  のオフセットの定量的な評価を行う事を目的としている。

[1] 都筑ら、「GEOTAIL におけるシングルプローブの解析」地球惑星科学関連 1993 年合同大会予稿集

## A11-P266

### ブーメラン法における回帰ビームの考察

\*平賀 哲也、早川 基、鶴田 浩一郎、山本 達人  
(宇宙科学研究所)

### Motion of Returned Beam Using the Boomerang Technique

\*T.Hiraga, H.Hayakawa, K.Turuda, T.Yamamoto  
(The Institute of Space and Astronautical Science)

Electric field measurement using boomerang technique, returned beam is not always observed. Return flux is mainly controlled by the strength of the fluctuation and the magnetic field. In condition that fluctuation of the magnetic field is small and the magnitude of magnetic field strength is strong, return beam is frequently observed, but not always. In this paper, we will present key parameter which return flux control.

私たちは地球近傍領域で GEOTAIL 衛星を使ってブーメラン法による電場測定を行っている。ブーメラン法ではプローブ法よりも正確に電場の値を出すことができるが、必ずしも回帰ビームが観測されるわけではない。

回帰ビームは磁場の変動と関連性があり、スピン周期の平均的な変動量が磁場強度の約 2% 以下の時に観測されている。この変動量は

磁力線の方向の変動に換算すると電子ビームの打ち出し幅 (約 1 度) と一致しており、磁場の変動が大きい時にはビーム射出方向が磁場に垂直な方向になっていないことを示唆していると考えられる。ブーメラン法での回帰ビーム量は磁場の 3 乗に逆比例しているため、磁場強度の弱い領域では回帰ビームを検出することは困難だが、磁場強度が強く安定している場合でも、回帰ビーム検出回数は多いが常に回帰ビームを検出できているわけではない。

今学会では、周辺プラズマによるバックグラウンドノイズの影響、射出ビームの向き、電場の強さ、衛星位置等の回帰ビームへの影響を調べ、回帰ビームをコントロールしている要因について発表する予定である。

## ロケット搭載用高エネルギー粒子計測器の開発

°風間 洋一°, 向井 利典°, 平原 聖文\*\*, 齋藤 義文°, 浅村 和史°  
(°: 宇宙科学研究所, \*\* : 立教大学理学部)

## Development of a rocket-borne energetic particle detector

°Y. Kazama°, T. Mukai°, M. Hirahara\*\*, Y. Saito°, and K. Asamura°  
(\* : ISAS, \*\* : Rikkyo Univ.)

We are now developing a rocket-borne energetic particle detector to measure the energetic particles precipitating from the ring current region. These particles were observed by sounding rocket experiments in 1970s. However, the installed detectors could not discriminate between neutrals and charged particles. This ambiguity has not been eliminated yet. Our detector has a permanent magnet to distinguish charged particles from neutrals and can detect simultaneously. Therefore our experiment will provide the new information necessary to understand the dynamics of these particles. An essential point is selection of the dead layer thickness on the solid-state detectors(SSD). Our laboratory experiment shows that a commercial SSD has a thicker dead layer than our request. Now a special SSD having thinner layer for rocket experiment is being developed.

リングカレント領域で作られ地球大気へ降下してくる高速中性粒子の観測を目的として、現在我々は高エネルギー粒子計測器の開発を進めている。

地球外気圏の水素原子とリングカレントを構成する荷電粒子が電荷交換反応をすることにより高速中性粒子が生成され、これがリングカレントの主な消失機構

となっている。この高速中性粒子による衛星からの磁気圏プラズマ撮像観測に近年関心が高まっているが、一方そのような粒子の一部は地球へ降下し、上層大気と相互作用する。たとえば大気との電荷交換反応により再電離されるため、ion belt と呼ばれるエネルギーの高い荷電粒子の存在する領域を形成していると考えられ、観測もなされている。また、磁気圏の際の夜側高層大気での電離源として、そのような高エネルギー粒子の降り込みが重要な役割を果たしているともいわれている。

1970年代には、これらの粒子は、高高度ロケットに搭載された半導体検出器によって観測がなされてきた。しかしながら、中性粒子と荷電粒子を弁別していないため、観測結果の物理的解釈に不確定性が残っている。また、磁気圏プラズマ撮像観測に関連して、近年科学衛星での高速中性粒子検出が幾例か報告されているが、ほとんどのものは荷電粒子計測器での観測であり、中性粒子であると強く断定できない。

今回我々が開発中の高エネルギー粒子計測器は、入射粒子を永久磁石により中性粒子と荷電粒子を弁別し、それぞれを半導体検出器により同時に検出することができることができることが特徴である。高エネルギーを持った中性の粒子と荷電粒子の高度プロファイルを観測することにより、従来からの不確定性を排し、降り込んできた高エネルギー粒子の大気との相互作用の機構を解明することができると期待される。

我々は測定対象とするエネルギーを約 50keV 程度以上としているが、計測器開発において問題となるのが、半導体検出器表面に存在する不感層の厚みである。層厚が厚いと光によるノイズが低減するものの、検出可能最低エネルギーを高めようとする問題がある。我々は、層厚が 1000Å から 1500Å 程度が適切であると考えている。放射線源を用いて市販の半導体検出器の不感層厚を測定した結果、約 3800Å であったため、薄型型のものを現在特別に製作している段階である。

なお、現状では計測器全体の設計はほぼ終了しており、今後は搭載用薄型半導体検出器の特性実験や計測器の校正実験を行う予定である。



## A11-P268 GEOTAIL衛星で観測されるbanded AKRの生成機構

\*橋本 弘毅[1], 工藤 鏡[1], 松本 敏[1]  
[1] 京大・超高層

### Generation mechanism of banded Auroral Kilometric Radiation observed with GEOTAIL

\*Kozo Hashimoto[1], Sen Kudo[1], Hiroshi Matsumoto[1]  
[1] RASC, Kyoto Univ.

Geotail often observes AKR in two bands. A boundary between them occurs at around 100 - 200 kHz. Such banded AKR is found to occur at low geomagnetic latitudes and at local times close to that of the source of AKR. Ray paths for both the R-X and L-O modes at these frequencies have been calculated in order to determine the reachable latitude as a function of frequency. Neither mode of frequencies between these two bands can reach this region. As the latitude difference from the source meridian increases, the frequency gap becomes narrower. Banded AKR can therefore be explained by the different wave propagation paths for the both modes.

Geotailにおいて、しばしば二つのバンドに分かれたAKRが受信されている。低い方のバンドは、数10 kHzから100 kHzを少し超える程度までで、高い方は130-200 kHz程度から通常のAKRの上限周波数までである。このバンドに分かれたAKRは、磁気緯度が低い場合で、AKRの源に近いlocal timeで観測される場合が多い。このような位置にAKRが到達できる条件を計算するために、数10 kHzから250 kHz程度までの周波数でR-X, L-O 両モードでのレイトレイシングを行った。プラズマキャビティ内のR-Xモードのカットオフ周波数の%高い周波数となる場所から、初期wave normal角80-90度でR-X, L-Oの両モードを子午面に対し0-180度方向に放射した。その結果、源に近い程度で、Geotailが観測している距離(例えば、30 Reとした)で、低い緯度に到達できるのは、数10 kHz以下の周波数のR-Xモード(一部L-Oモードを含む)および、約180 kHz以上のL-Oモードであった。その間の周波数では、どちらのモードも到達できなかった。源からの経度が離れるにつれて、周波数のギャップが狭くなっていくことが明らかとなった。このように、バンドに分かれたAKRは、二つモードの伝搬路の違いで、説明できることが明らかとなった。

数100kHzの高い周波数においては、L-Oモードのみが低緯度に到達できる。Geotailは通常このモードを受信しているものと考えられる。100kHz程度の周波数においては、プラズマ圏に妨げられ、低緯度には到達できない。ところが数10kHz程度になると、源の高度が高くなりR-Xモードが低緯度に到達できるようになる。またバンドに分かれたAKRは、低い方のバンドの方が強く受信される場合が多く、これは低い周波数ではR-Xモードが受信されているからと考えられる。二つのバンドに分かれるとまではいかななくても低い周波数で強く受信される場合があるが、これも同様に考えることができる。

## A11-P269 ポーラー衛星で観測された電離圏上部からのイオン流出現象と、オーロラ・粒子降下・プラズマ波動・対流変化との相互関係

\*平原聖文[1], J.L.ホルビッツ[2], T.E.ムーア[3], W.K.ピターソン[4], C.J.ポロック[5], J.S.ピケット[6], N.C.メイナード[7], 長井嗣信[8]

### Relationship of topside ionospheric ion outflows to auroral forms and precipitation, plasma waves, and convection observed by POLAR

M.Hirahara[1], J.L.Horwitz[2], T.E.Moore[3], W.K.Peterson[4], C.J.Pollock[5], J.S.Pickett[6], N.C.Maynard[7], T.Nagai[8], and TIDE, TIMAS, UVI, PWI, EFI, and HYDRA teams

[1] Department of Physics, College of Science, Rikkyo University, Nishi-Ikebukuro, Toshima-ku, Tokyo, Japan.

[2] The Center of Space Plasma, Aeronomy, and Astrophysics Research, The University of Alabama in Huntsville, Huntsville, Alabama.

[3] Interplanetary Physics Branch, NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Maryland.

[4] Lockheed Martin Space Physics Laboratory, Palo Alto, California.

[5] Instrumentation and Space Research Division, SwRI, San Antonio, Texas.

[6] Department of Physics and Astronomy, The University of Iowa, Iowa City, Iowa.

[7] Mission Research Corporation, Nashua, New Hampshire.

[8] Planetary and Earth Sciences, Tokyo Institute of Technology, Ookayama, Meguro-ku, Tokyo, Japan.

The POLAR satellite often observes upflowing ionospheric ions (UFIs) in and near the auroral oval on southern perigee (5000 km altitude) passes. We present the UFI features observed by the thermal ion dynamics experiment (TIDE) and the toroidal imaging mass-angle spectrograph (TIMAS) in the dusk-dawn sector under two different geomagnetic activity conditions in order to elicit their relationships with auroral forms, wave emissions, and convection pattern from additional POLAR instruments.

During the active interval, the ultraviolet imager (UVI) observed a bright discrete aurora on the duskside after the substorm onset and then observed a small isolated aurora form and diffuse auroras on the dawnside during the recovery phase.

The UFIs showed clear conic distributions when the plasma wave instrument (PWI) detected strong broadband wave emissions below 10 kHz, while no significant auroral activities were observed by UVI.

At higher latitudes, the low-energy UFI conics gradually changed to the polar wind component with decreasing intensity of the broadband emissions.

V-shaped auroral kilometric radiation (AKR) signatures observed above 200 kHz by PWI coincided with the region where the discrete aurora and the UFI beams were detected.

The latitude of these features was lower than that of the UFI conics. During the observations of the UFI beams and conics, the lower-frequency perturbations observed by the electric field instrument (EFI) were also enhanced, and the convection directions exhibited large fluctuations.

It is evident that large electrostatic potential drops produced the precipitating electrons and discrete auroras, the UFI beams, and the AKR, which is also supported by the energetic plasma data from HYDRA. Since the intense broadband emissions were simultaneously observed with the UFIs and auroral forms, the ionospheric ions could be energized transversely before or during the parallel acceleration due to the potential drops.

A会場

10月2日(木)

13:00~16:00

# プラズマ波動・ シミュレーション - I

## Plasma Waves · Simulation - I

oral: A12-01~11

poster: A12-P141~P152

座長

小林 香 (富山県立大・工学部)

岡田雅樹 (極地研)

## A12-01

### 上流域波動と Fast Shock の相互作用によって励起される下流域波動

○藤岡 裕士・羽田 亨 (九大工)

#### Downstream Waves Excited by Interaction between Upstream Waves and a Fast Shock

○Y. Fujioka and T. Hada (Kyushu Univ.)

The interaction between incident upstream waves and a shock wave generates downstream perturbations which are composed of several downstream MHD waves. The number of downstream waves is reduced when the upstream incident angle exceeds the critical angle. In view of the number of degrees of freedom, we need to introduce dissipative wave modes in order to match the conditions across the shock. We will show the dependence of the critical angle on the shock parameters and discuss downstream waves excited by the interaction.

太陽風中や惑星磁気圏前面に存在する無衝突衝撃波と上流域MHD波動の相互作用については、今まで多くの研究がなされてきたが、我々は臨界角を考慮した場合の相互作用に注目している。

MHD波動が衝撃波と相互作用すると、下流域にはMHD波動で構成される擾乱が励起される。それら下流域波動の屈折角(衝撃波の垂直方向と波動の伝播方向のなす角)は、Snellの法則によって計算される。しかし、上流域波動の入射角が臨界角を越えると、衝撃波に与えられた情報の担い手である下流域波動の数が少なくなってしまい、系の自由度を補うような別の波動が必要となる。衝撃波のパラメータを変えて臨界角を詳しく計算している論文はあるが、臨界角を越えた場合の相互作用の問題は未解決の研究課題として残されている。前回の講演では、散逸に起因する波動モード(dissipative wave modes)の物理的な特性を報告し、不足した自由度を補ってくれる波動がそのdissipative wave modesであることを示唆した。

我々はまず散逸を含んだMHD方程式を使って、上流域波動としてBackward Alfvén Waveを透らび、この波動とFast Shockの相互作用で励起

される下流域波動を調べた。計算結果の一部を下に示す。図1は、この計算に用いたFast Shockの形状を、図2は入射角が臨界角を越えない場合における、各波動モードの振幅を示している。図2から衝撃波周辺域で散逸波動が励起され、また下流域ではForward Alfvén Waveが励起されていることがわかる。

本講演では、最初にFast Shockにおける臨界角の衝撃波パラメータ依存性について述べ、さらに、上流域波動が臨界角を越えてFast Shockと相互作用した場合に励起される下流域波動について議論する。

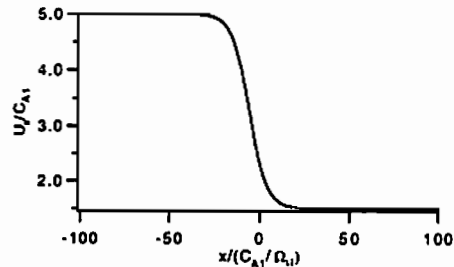


図1 Xの関数として与えたFast Shockの形状。下付きの1は衝撃波上流域での値であることを示している。

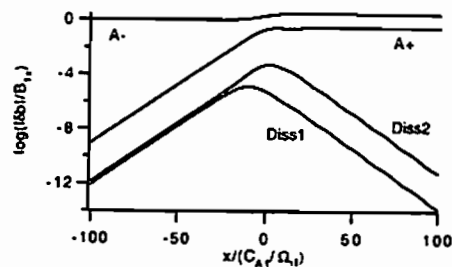


図2 各波動モードの振幅の対数プロット。A+,A-,Diss1,Diss2はそれぞれForward Alfvén Wave, Backward Alfvén Wave, 2つのDissipative Waveを表す。

## A12-02

### GEOTAIL衛星によるバウショック近傍領域で観測される波動特性解析 2

○森川 大輔[1],松本 敏[1],小嶋 浩嗣[1],向井 利典[2]  
○森藤 義文[2],山本 達人[2],Roger R. Anderson[3]  
[1] 京都大学超電圧電波研究センター  
[2] 宇宙科学研究所  
[3] アイオワ大学

#### Plasma Wave Analysis in the Bow Shock Transition Region observed with GEOTAIL spacecraft 2

○Daisuke Morikawa [1],Hiroshi Matsumoto[1],Hirotsugu Kojima [1]  
Toshinori Mukai[2],Yoshihumi Saito[2],Tatsundo Yamamoto[2]  
Roger R. Anderson[3]  
[1] RASC, Kyoto University  
[2] ISAS  
[3] University of Iowa

The characteristics of plasma waves observed by the spectrum receivers and Wave-Form Capture receiver onboard GEOTAIL are summarized. Observed electrostatic waves rapidly change their intensities, frequency ranges and waveforms. The polarizations of electrostatic waves are almost parallel to the ambient magnetic field. The observed waveforms are classified into quasi-monochromatic waveforms, bi-polar isolated waveforms like BEN and wave packet with amplitude modulation. We determine the polarization of electromagnetic waves on and around the bow shock by the minimum variance method using the three mutually orthogonal magnetic wave field data. We will summarize these waveform analyses observed around the bow shock and discuss the generation mechanism of both electrostatic and electromagnetic waves.

GEOTAIL衛星は、その軌道特性上、数多くのバウショックを観測しており、地球の前面および横腹だけでなく、100Reを越える尾部領域の横腹においてもバウショックを観測している。GEOTAIL衛星のスペクトル受信機により観測されたプラズマ波動の特徴は、次のようにまとめられる。遷移領域における静電波動は、数百ヘルツから数千ヘルツまでの広帯域なスペクトルであるのに対して、下流域のそれは、ジャイロ周波数あたりから

数千ヘルツまでの比較的狭帯域なスペクトルである。電磁波動は、上限がジャイロ周波数以下で、バウショック端の近傍で強く観測されるだけでなく、下流域においても頻りに観測される。

さらに、GEOTAIL衛星の波形捕捉受信機(WFC)によって、上述のプラズマ波動の波形を捕らえることに成功した。

静電波動に関しては、前回の講演で発表したように、その強度、周波数、波形が短時間のうちに急激に変化しているが、これらの静電波動の伝播方向はほとんど外部磁場に平行である。また、典型的な静電波形は、(a) NENのような準正弦波状、(b) BENのような孤立したパルス状、および(c) 振幅変調のかかったような波束状であり、特に、(a)、(b)の波形は、マグネトシース領域においても観測される波形である。

さらにバウショックの遷移領域およびその下流域で観測される電磁波動について、直交した磁界3成分の波形からMinimum Variance Methodを用いて、kベクトルを同定した。

本講演では、波形受信機による電磁波動を詳細に解析した結果を述べたうえで、これらの解析結果を踏まえ、静電波動および電磁波動の生成モデルについて検討を行う。

|参考文献|  
[1] 森川等、第101回SGEPSS講演会予稿集

## A12-03 バウショック前後におけるプラズマ波動特性に関する考察

\*松本 祐[1],大村 晋治[1],小嶋 浩嗣[1],森川 大祐[1],荒川 真志[1]  
[1] 京都大学超高層電波研究センター

### A Consideration of Plasma Waves in the Vicinity of the Bow Shock

\*Hiroshi Matsumoto[1],Yoshiharu Omura[1],Hirotugu Kojima[1]  
Daisuke Morikawa[1],Shinji Arakawa[1]  
[1] RASC, Kyoto University

A theoretical consideration on the characteristics, generation and propagation of plasma waves in the vicinity of the Earth's bow shock is given. GEOTAIL has enriched the observational knowledge on plasma waves near the Earth's bow shock on its near Earth orbit. With these rich data set and the findings of previous spacecraft observations, we will first present what is unknown or uncertain, and then discuss what is plausible clue to solve these problems from theoretical point of view.

GEOTAIL衛星のプラズマ波動観測装置によって過去の衛星データに比べて極めて詳細なプラズマ波動ならびにプラズマの情報を得られている。

本講演では、今までの衛星観測によって、何が明らかにされ、何が問題として残っているか、および GEOTAIL/PWIによって何が新たな知見として加わったかを整理した上で、プラズマ波動の特性に関して理論的考察を加える。

特に、ショック上流側にみられる「イオン音波もどき」と呼ばれる波動とショック領域で観測される種々の非線形波動について考察する。

## A12-04 GEOTAIL衛星で観測されるオーロラミリアメータ波の発生機構

\*工藤 鉄[1],橋本 弘蔵[1],松本 祐[1],小嶋 浩嗣[1],笠羽 康正[2]  
長野 勇[3]  
[1] 京大・超高層  
[2] 富山県大  
[3] 金沢大

### Generation mechanism of the Auroral Myriametric Radiation observed by GEOTAIL Spacecraft

\*Sen Kudo[1],Kojo Hashimoto[1],Matsumoto Hiroshi[1]  
Hirotugu Kojima[1],Yasumasa Kasaba[2],Isamu Nagano[3]  
[1] RASC, Kyoto Univ.  
[2] Toyama Prefectural Univ.  
[3] Kanazawa Univ.

As reported in the previous our papers, we showed that analysis of the directly propagating AMR observed by GEOTAIL spacecraft was consistent with the ray tracing result which assumed that AMR was generated at the auroral plasma cavity near  $f_p$  in the polar region. On the other hand, DE 1 observation reports the guided O-mode waves in the cavity. Z-mode waves which should be the source of the O-mode waves are also observed in the same region. These results suggest that AMR is generated in the cavity by the mode conversion from the Z-mode to the O-mode which is similar to the C.R. generated at the plasmapause. To confirm this mechanism, we will discuss the conversion efficiency of the Z-mode to the O-mode in the cavity by using a sharp boundary condition and fullwave analysis.

Continuum Radiation (C.R.) は様々な衛星により頻りに観測されてきたがC.R.のなかで Auroral Kilometric Radiation (AKR) と非常によい相関をもって波動強度が強くなっているものがある。我々はそのような波動を特に Auroral Myriametric Radiation (AMR) と呼んでいる。AMR と C.R. は同じ周波数帯で観測されるという共通点を持つが、AMR は AKR と非常に良い相関を持つという点で C.R. とは異なった性質を持つ。それゆえ AMR は一般にプラズマポーズやマグネットポーズなどで発生すると考えられているC.R.とは異なり、AKR と同じ地球極域で発生していると考えている。

前回の講演において、GEOTAIL 衛星のプラズマ波動観測によって行っ

た AMR の解析結果を報告した。その解析結果は AMR がオーロラプラズマキャビティーにおいてプラズマ周波数近傍から O モードで発生すると仮定して行われた 3D レイトレーシングの結果とよく一致することを示した。一方 DE 1 衛星は funnel 型の Whistler モードの波動が受信されているオーロラプラズマキャビティーにおいて、プラズマ周波数付近の周波数帯の O モードの波動を観測している。この波動はキャビティーによってガイドされた O モードの波動として報告されている。また O モードのもととなるべき Z モードの波動もこの領域で観測されている。

これらの観測結果は AMR が地球極域でプラズマ周波数近傍から発生するという我々の仮定を支持するものである。ゆえに  $f_p/f_g < 1$  という条件こそ C.R. の場合とは異なるものの、我々は AMR の発生機構として地球極域において赤道域のプラズマポーズにおける C.R. の発生とはほぼ同様の機構で Z モードから O モードに変換されると考えている。キャビティー領域では赤道域のプラズマポーズと同様に磁力線とはほぼ直角方向に急峻な密度勾配が存在し O モードの波動の発生条件を満たしているものと考えられる。

本講演ではキャビティーにおいて Z モードから O モードへの変換される時の変換効率を Sharp Boundary 条件 および Full Wave 法を用いて計算し、その計算結果をもとに AMR が実際にオーロラプラズマキャビティーにおいて Z モードから変換された波動であるか検討を行う。

磁気圏尾部 Slow-mode shocks 周辺における  
プラズマ波動

大塚 恒平<sup>1</sup> 小嶋 浩嗣<sup>1</sup> 松本 健<sup>1</sup> 藤原 義文<sup>2</sup> 向井 利典<sup>3</sup>  
山本 達人<sup>3</sup> 西分 征<sup>3</sup>  
1. 京大・超高層 2. 宇宙科学研究所 3. 名大・STE 研究所

Plasma waves observed around slow-mode shocks  
in the geomagnetic tail region

K. Ohtsuka<sup>1</sup> H. Kojima<sup>1</sup> H. Matsumoto<sup>1</sup> Y. Saito<sup>2</sup> T. Mukai<sup>3</sup>  
T. Yamamoto<sup>3</sup> S. Kokubun<sup>3</sup>  
1. RASC, Kyoto Univ. 2. ISAS 3. STE Lab., Nagoya Univ

Plasma waves around the slow-mode shocks in the geomagnetic tail region were initially investigated by ISEE-3. The representative waves around the slow-mode shocks are the Langmuir waves and Low-frequency Electrostatic Noises in the upstream region, and Magnetic Noise Burst (MNB) in the downstream region. It is important to perform correlation studies of plasma wave and plasma measurements in the examination of the energy and momentum transfer around the slow-mode shocks. Since GEOTAIL LEP plasma measurements succeeded to detect the detailed structures around the slow-mode shocks, we have a chance to compare plasma wave natures observed around the slow-mode shocks with electron and ion distributions. In the previous our paper, as shown in the figure, we showed the plasma wave features in the individual characteristic regions around slow-mode shocks. In the present paper, we will mainly introduce the wave forms observed around the slow-mode shocks, and perform detailed analysis such as propagation direction and polarization direction. We will discuss generation mechanisms of such waves based on the correlation studies with plasma measurements.

磁気圏尾部プラズマシート境界層周辺に存在するといわれる Slow-mode shocks 領域周辺でのプラズマ波動の様相を調べることは、プラズマシート周辺におけるエネルギーの流れを解明する上で重要である。ISEE-3 によって調査された際には、Shock 上流領域におけるラングミュア波及び低周波の静電ノイズの存在、及び下流域における強い静電ノイズ及び磁気ノイズバーストの存在などが報告されているが、粒子分布の変化とともにそれらの波動がどのように変化していくのかを調査した例は少ない。

今回、GEOTAIL 衛星では、LEP プラズマ計測装置によって、Slow-mode shocks 周辺における粒子分布の変化が詳細に観測された [Saito et al., 1996]。一方、やはり、

GEOTAIL のプラズマ波動観測器 (PWI) では、プラズマシート周辺におけるラングミュア波、広帯域静電ノイズ、低帯域静電ノイズ、磁気ノイズバーストなどの波動スペクトルを観測しているばかりでなく、初めて、これらの波そのものを観測することにも成功しており、その偏波方向の解析など、非常に詳細な波動解析がなされる状態にある。

今回の講演においては、波動スペクトルの観点から LEP 観による粒子分布特性との比較を行い、下図に示すようにラングミュア波、静電ノイズ、磁気ノイズバーストといった卓越する波動特性が、Slow-mode shocks 周辺の特徴的な領域でどのように変化するかを明らかにした。その結果を踏まえ本講演では、それぞれの領域で卓越する波動の波形成を解析を中心に、偏波方向、伝播方向、伝搬性の有無などの詳細な解析をすすめ、整理し、Slow-mode shocks 領域におけるプラズマ波動の発生メカニズムすなわち、粒子から波動へのエネルギー変換メカニズムについての議論を行う。

参考文献

Saito et al., J. Geophys. Res., 101, 13267-13274, 1996.

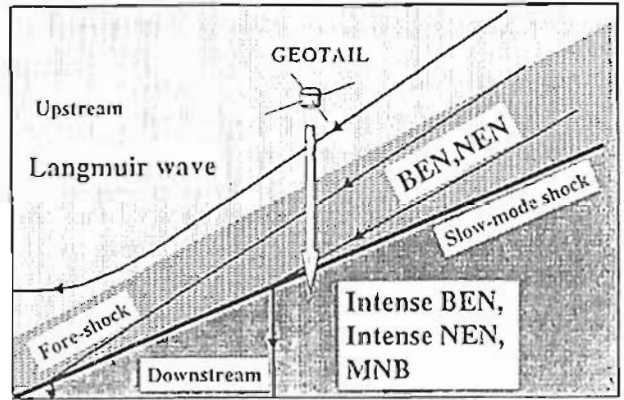


Figure: Schematic drawing of Plasma wave features around slow-mode shocks

プラズマシート境界層領域における二種類の  
静電孤立波と電子速度分布関数との比較

三木 信彦<sup>1</sup> 大村 曾吉<sup>1</sup> 向井 利典<sup>3</sup> 松本 健<sup>1</sup> 小嶋 浩嗣<sup>1</sup>  
Roger R. Anderson<sup>3</sup> 藤原 義文<sup>2</sup> 山本 達人<sup>3</sup> 西分 征<sup>3</sup>  
1. 京大・超高層 2. 宇宙研 3. Iowa Univ. 4. 名大・STE 研

Comparison Between two types of ESW and the Electron  
Distribution Functions in the PSBL

N. Miki<sup>1</sup> Y. Omura<sup>1</sup> T. Mukai<sup>3</sup> H. Matsumoto<sup>1</sup> H. Kojima<sup>1</sup>  
Roger R. Anderson<sup>3</sup> Y. Saito<sup>2</sup> T. Yamamoto<sup>3</sup> S. Kokubun<sup>3</sup>  
1. RASC, Kyoto Univ. 2. ISAS 3. Univ. of Iowa 4. STE Lab., Nagoya Univ

On 21 October, 1995, GEOTAIL/PWI observed two types of electrostatic waves. One is Type A, corresponds to BEN (Broadband Electrostatic Noise) with spectra from the very low frequency to the electron plasma frequency. The other is Type B with the spectra from the ion plasma frequency to the electron plasma frequency. The waveform analysis based on the PWI/WFC has revealed following two characteristics of these waves (Figure. 1). (1) Both types correspond to the ESW (Electrostatic Solitary Waves), which are composed of sequences of impulsive solitary waves. (2) The Type B consists of not only the bi-polar waveforms but also W-type waveforms. The electron distribution functions obtained by LEP, which are the clues to the generation mechanism, have quite different features on these waves (Figure. 2) While the distribution of Type A consists of the thermalized electrons and non-thermal electrons, that of Type B consists of the bi-directional electrons along the ambient magnetic field. The different electron distributions associated with the both types of ESW indicate the possibility of the different generation mechanisms. Based on the computer experiments<sup>1</sup>, we will propose the possible generation mechanisms.

1995年10月21日 GEOTAIL はプラズマシート境界層領域を通過したものと考えられる。その際、低周波から電子プラズマ周波数までのスペクトル幅の静電波 (A) とイオンプラズマ周波数から電子プラズマ周波数までのスペクトル幅の静電波 (B) を観測している。

PWI/WFC により観測されたそれぞれの波形成を比較してみると、つぎのことが分かった (図1)。(1) 両者とも波形成は孤立したバイポーラ型の波形成であり、静電孤立波で

ある。(2)(A) タイプは従来から知られている静電孤立波であるが、(B) タイプはバイポーラ波のみではなく、W型の波形成も多数観測されている。

さらに波動の発生機構を調べるため、それぞれの静電波が観測される際の電子速度分布関数を LEP より得られるデータから比べてみるとつぎのことが分かった (図2)。(A) タイプのときは従来知られているように電子の熱速度が非常に高くなっており、さらに電子のドリフト速度に対して非対称になっている。(B) タイプのときは電子速度分布関数の形状が磁場に対して平行方向に異方性を持つフラットトップになっている。

このように明らかに電子速度分布関数の形状が違うことから、(A)(B) 両タイプ共に同じ領域、かつ同様の波形成をしているにもかかわらず、違う発生機構により発生している可能性があることが分かった。

本講演ではこの二つの静電波がどのような発生機構により発生しているか解明するため、シミュレーションの結果<sup>1</sup>との比較を発表する予定である。

参考文献

1) Y. Omura et al., J. Geophys. Res., vol.101, 1996

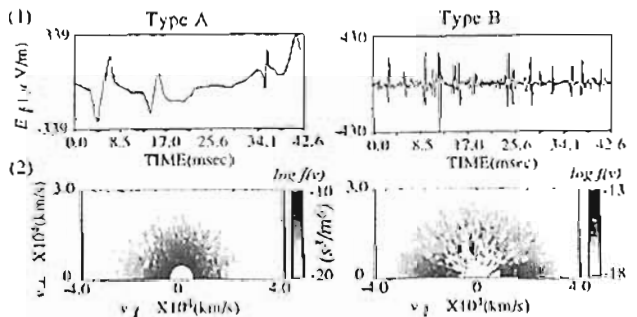


Figure (1) 両タイプの磁場方向の電界成分  
(2) 両タイプが観測される際の電子速度分布関数

## A12-07

### プラズマシート及びプラズマシート境界層における低域混成周波数帯静電的波動の研究

＊ 前田智博、岡田敏美、笠羽康正、石坂圭吾 (富山県立大学)

Study of electrostatic plasma waves in the lower hybrid frequency band in the plasma sheet and plasma sheet boundary layer

＊ T. Maeda, T. Okada, Y. Kasaba, K. Ishisaka (Toyama Pref. Univ.)

In the magnetosphere from the plasma sheet (PS) to the plasma sheet boundary layer (PSBL), plasma waves in the lower hybrid frequency band have been observed by the double probe in the Electric Field Detector (EFD) aboard the GEOTAIL spacecraft. It has been found that these waves are sporadic to occur and to be electrostatic. These waves have energy around the frequency of about  $0.4 \times f_{UH} \sim 0.7 \times f_{UH}$ , where  $f_{UH}$  is the local lower hybrid frequency.

プラズマシート (PS) からプラズマシート境界層 (PSBL) にかけて突発的に発生する静電的な波動について調べた結果を示す。

1994年1月15日 18:37:08~18:37:18 UT に GEOTAIL 衛星は GSM 座標系で (X,Y,Z) = (-95.8, 6.5, -3.1) に位置していた。衛星に搭載されている低エネルギー粒子観測装置 (LEP) 及び磁場観測装置 (MGF) の観測結果によると、この時間帯で電子密度は 0.04/cc から 0.02/cc に減少し、磁場強度の絶対値は 5.8nT ( $f_{UH} = 3.8\text{Hz}$ ) から 10.8nT ( $f_{UH} = 7.1\text{Hz}$ ) に上昇している。これらの値の変化から、衛星は磁気圏尾部の PS から PSBL へと移動していたと考えられる。

このとき、同じく衛星に搭載された電場観測装置 (EFD) のダブルプローブによって、突発的に発生する波動が観測された。この波動から新

星のスピンの影響を取り除いた電界波形を図 1(a) に示す。また、そのスペクトルを図 1(b) に示す。これより、観測された波動の周波数は観測点の低域混成周波数の 0.4~0.7 倍であることがわかった。さらに、この波動についてプラズマ波動観測装置 (PWI) による波動や各種プラズマ特性周波数との比較、及び衛星のスピンの位相角との関連を調べた。その結果、この波動は静電的であることがわかった。

関係 本研究で使用した GEOTAIL 衛星の各観測データを利用して頂いた、京都大学超層電波研究センターの松本 敏教授、宇宙科学研究所の徳田浩一郎教授、向井利典教授、名古屋大学 STB 研究所の園分 征教授に深く感謝致します。

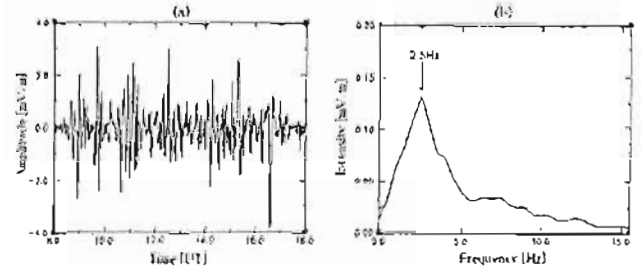


図 1 1994 年 1 月 15 日 18:37:06~18:37:18 UT にプローブアンテナで観測された衛星のスピンの影響を取り除いた (a) 電界波形とその (b) スペクトル

## A12-08

### Pitch Angle Distribution of Energetic Electrons in the Inner Radiation Belt and Equatorial Plasma Wave Turbulence Phenomena

A. Morioka, H. Misawa (Upper Atmosphere and Space Research Lab., Tohoku University, Sendai, 980-77, Japan)  
H. Oya, M. Iizima (Department of Astronomy and Geophysics, Tohoku University, Sendai, 980-77, Japan)  
T. Nagai (Earth and Planetary Sciences, Tokyo Institute of Technology)

The pitch angle distribution of energetic electrons in radiation belts and its relation to local plasma waves are investigated using data from RDM (Radiation Monitor) and PWS (Plasma Waves and Sounder Experiment) onboard the Akebono satellite. It was found that energetic electrons (>1MeV) in the inner radiation belt show the anomalous dumbbell distribution near the magnetic equator. The ratio of flux at 40 deg. pitch angle to that at 90 deg. is about 2.0 in the typical case. It is also found that this feature is commonly observed both in magnetically disturbed and undisturbed conditions.

The enhancement of local UHR waves around the magnetic equator which was discovered by Oya et al.(1990) and termed EPWAT (Equatorial Plasma Wave Turbulence), is always detected at the central region of the above abnormal pitch angle distribution of energetic electrons. The profile of the intensity variation of EPWAT coincides well with the development of the dumbbell distribution of electrons (Figure 1).

These newly found features indicate the possible existence of the strong wave-particle interaction process in the equatorial region of the plasmasphere and inner magnetosphere, and suggest the importance of plasma waves for the acceleration and redistribution of the inner belt electrons.

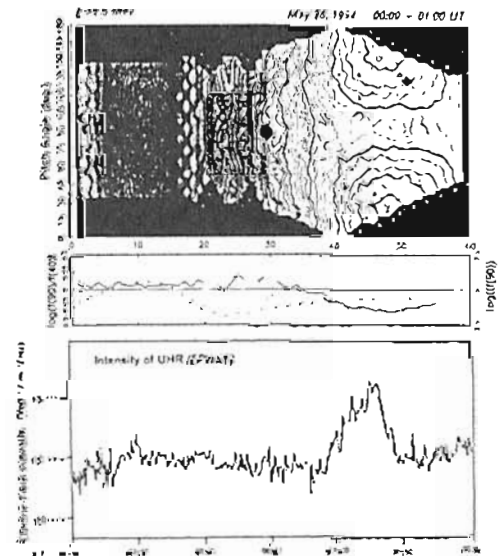


Figure 1. Relation between pitch angle distribution of energetic electrons  $E > 2.5\text{MeV}$  on May 26, 1994. Top: Variation of pitch angle distribution. During the period from 00:40 to 00:50, electrons show the dumbbell type distribution. Middle: Log flux ratio of electrons with 90° pitch angle to those with 40° (solid line). Bottom: Electric field intensity of EPWAT phenomena.

EXOS-D(あけぼの) 搭載 PWS により発見された  
高域ハイブリッド波と能動的動起波の  
非線形波動粒子相互作用現象

小林 香† 大家 寛‡  
茨城県立大学工学部† 東北大学理学部‡  
Nonlinear Wave Particle Interactions  
between Upper-Hybrid Waves and Stimulated Plasma Waves  
Observed by PWS onboard the EXOS-D (Akebono) Satellite  
\* Kaori KOBAYASHI † Hiroshi Oya ‡  
Tohama Prefectural Univ. † Tohoku Univ. ‡

A new type of plasma wave resonance phenomena, which have frequency relation of  $f_{UH} + f_{RS} = f_{UHRS}$ , have been detected through active experiments of the sounder mode operation of PWS onboard the EXOS-D. The occurrence of the phenomena is characterized by conditions i)  $f_{UH} + f_{RS} = 308$  kHz for the frequency range  $100 < f_{UH} < 200$  kHz, ii) the phenomena take place in the region of high latitude ( $> 65^\circ$ ), in 6000-8000 km altitude range, iii) good correlation with trapped warm ( $< 50$  eV) electron. The processes of the formation of the resonance at  $f_{RS}$  ( $f_{RS} = \omega_{UH}/2\pi$ ) can be interpreted by assuming constant emission of plasma waves at 154 kHz ( $= \omega_r/2\pi$ ) which is artificially generated in the satellite together with sounder waves. The nonlinear wave particle interaction processes print the phase information in the precipitating electron near the mirroring point; the electron beams around satellite generates the density perturbation. Within this perturbed density media the succeeding transmitted pulse at  $\omega_r$  makes  $\omega_{UH}$  resonance.

1.序

EXOS-D衛星に搭載されたPWSのサウンダー実験の際、UHR波と特定の周波数関係を示すプラズマ波共振現象があることが見いだされ、人為的に励起された154kHzのプラズマ波と自然現象とのアズマエコー現象を内在させた非線形波動粒子相互作用に関わっていることが判明した。

2. 共振現象と高エネルギー粒子の関係

図1に、一例として1995年8月28日に行われたサウンダー実験により得られた疑似ダイナミックスペクトルを示す。スペクトル中に現れている resonance の中に100 kHz 近傍から始まってUHRの減少と相補的に周波数が増加する共振波動現象(周波数を  $f_{UH}$  とする)が示されている。周波数解析より  $f_{UH}$  の共振波動は、 $f_{UH} + f_{RS} = f_{UHRS}$  なる関係をもっていることが明らかになっている。

現象の観測された軌道を統計的に解析すると、i) 発生高度が6000-8000 km、ii) 磁気緯度  $65^\circ$  より高緯度、iii) MLT=11.02 に比較的高い部分がある、などの特徴が得られた。条件 ii) iii) は現象が発生するのに必要な周波数帯域に  $f_{UH}$  が入るための条件と考えられる。条件 i) は自然現象による現象の制御を示唆している。また、 $k_y = 0$  の時には最高38%の観測頻度であるように、 $k_x$  index が小さい程、対象とする波動共振現象が観測される頻度が高くなることから、地球電磁圏が擾乱の少ない静穏な状態に存在する比較的低エネルギーの電子がこの共振現象に共振しているものと考えられる。そこで、高エネルギー粒子観測装置LEPと同時観測の実施されているパスを検討すると、127例のうち波動共振現象の明確に認識される全てのパスで50eVよりエネルギーの低いピッチ角が  $90^\circ$  に近い成分の電子が観測されていることが判明した。

3.  $f_{RS}$  共振発生の機構

この共振の発生機構の理解にはPWSから常に  $f_{UHRS}/2 = f_r$  (154 kHz) の信号が発射されていることを仮定する必要がある。この  $f_r$  波は衛星近傍のゆっくりとした低下速度をもつ電子に共振し、UHR波動との間で非線形波動粒子共振をする。

$$\omega_r \equiv (\omega_r - \omega_{UHRS}) = (\vec{k}_r - \vec{k}_{UHRS}) \cdot \vec{v}_m \quad (1)$$

として観測的に生じる  $\vec{v}_m$  は

$$\frac{\partial n}{\partial t} = -\text{div}(n \cdot \vec{v}_m) \quad (2)$$

の条件を通じて衛星近傍に  $\omega_r (= 2\pi f_r)$  を持つ密度揺らぎ  $n'$  を生じ、この揺らぎの元で再び  $f_r$  のパルスがアンテナに印加されるとアンテナ周辺で  $a \cos(\omega_r t) \cdot (1 + k \sin(\omega_r t))$  の非線形相互作用が起こり  $\omega_r$ ,  $(\omega_r + \omega_{UH})$ ,  $(\omega_r - \omega_{UH})$  の3周波数の波動を生み出すことになる。  $\omega_r$  の波はビーム電子を通じて記憶されるので、これらの共振波動は十分長時間衛星の近傍に存在することになる。

従って、問題となる波動現象は  $f_r$  近傍のUHR波動、機器から放射される  $f_r$  および自然のエネルギー粒子の降り込みという条件がそろって初めて観測されるものと結論される。

あけぼののサイエンスデータベースから高エネルギー粒子のデータを参照いたしました。関係者各位に感謝致します。

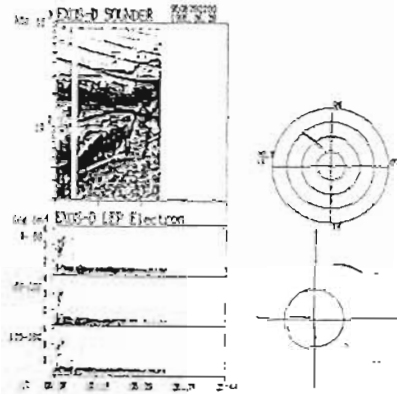


図1

Magnetic Noise Bursts in the Upstream of the Bow Shock: the GEOTAIL Observations

\*Yongliang Zhang [1], Hiroshi Matsumoto [1], Hirotsugu Kojima [1]  
[1] RASC, Kyoto University

Magnetic noise bursts (MNB) are frequently observed by the Geotail satellite in the upstream region of the bow shock. The measurement of the MNB by the Wave Form Capture (WFC) with a very high time and frequency resolution reveals that the MNB actually consist of bursts of narrow-band electromagnetic waves. The frequency of the waves changes quickly with time. These narrow-band electromagnetic waves are found to be right-hand circularly polarized. They are all identified as whistler mode waves. We call the waves as Narrow-Band Whistler waves (NBW).

The upstream region of the bow shock consists of two regions: (1) the electron/ion foreshock region (2) the pure solar wind region which has no connection with the bow shock. The majority of the NBW observed in the electron foreshock region propagate in a downstream direction and nearly parallel to the ambient magnetic field. Their frequencies are about 0.4 times of the electron cyclotron frequency ( $f_{ce}$ ) on the average. Their average amplitude is about 20 pT. These NBW are very likely excited by the electron beams in the electron foreshock region via the cyclotron resonance. A small fraction of the NBWs in the electron foreshock region propagate in an upstream direction. Those NBW might be excited by the Landau resonance between the whistler mode waves and the electron beams. The upstream propagating whistler mode waves from the bow shock may also contribute to the NBW.

The magnetic noise bursts in the pure solar wind

region are also mainly contributed by the NBW. These NBW propagate nearly parallel to the ambient magnetic field. Their average amplitude is of the same order of the NBW in the electron foreshock. However, their frequencies are around 0.2  $f_{ce}$  on the average. Disturbances in the solar wind, such as magnetic clouds and interplanetary shocks, are very likely the source of these MBW. Details of these NBW and their sources will be discussed.

A12-11 磁気圏界面に於けるケルヴィン-ヘルムホルツ不安定：  
渦の合体とスケーリング則

三浦 彰 (東大理)

Kelvin-Helmholtz Instability at the Magnetopause:  
Vortex Pairing and Scaling Law

Akira Miura (Dept. of Earth and Planetary Physics, Univ. of Tokyo)

MHD simulations of the Kelvin-Helmholtz (K-H) instability with vortex pairing in a 2-D plane perpendicular to the magnetic field show that there is a linear relationship between the distance along the magnetopause from the subsolar point and the wavelength of vortices excited by the K-H instability. A linear scaling law can also be obtained between the distance from the subsolar point and the thickness of the velocity boundary layer created by the K-H instability. The Fourier analysis of the growing perturbations shows that the vortex pairing is caused by the growth of subharmonic modes and the growth of the subharmonic modes is responsible for the appearance of those linear scaling laws. The linear scaling laws obtained by the simulations suggest that the K-H instability becomes increasingly important as a process of the momentum transport with an increasing distance along the magnetopause

前号までの報告によって、圧縮性が小さい場合にはK-H不安定によって発生した渦は合体を繰り返して、より大きな渦になっていくことが明らかになりK-H不安定による運動量輸送によって生ずる速度境界層の幅とテイル方向の距離の間には線形関係が成り立つことがわかった。今回は渦の合体と線形のスケーリング則の間の因果関係を明らかにするために成長した波のフーリエ解析を行い分岐波が時間と共にどのように成長するかを調べた。今回のシミュレーションでは前

号までのシミュレーションより更に系の長さを2倍にとり、流れ方向の系の長さを線形で最も成長率の大きなモード (FGM: Fastest Growing Mode) の波長の8倍になるようにし、不安定の初期状態で8個の渦が現れるようにした。シミュレーションによれば、寄り合った渦は時間と共に合体し最終的には一つの大きな渦になる。系内の全運動エネルギーについて、おのおののフーリエ成分の成長を調べると、初期には線形で最も不安定のモード (FGM) が卓越し、次に線形で最も不安定なモードの波長の2倍の波長をもつ分岐波が成長し卓越する。最終的には8倍の波長を持つ分岐波が卓越し支配的となる (図1)。従って渦の合体は分岐波の成長と密接な関係があることがわかった。また異常粘性係数が時間と共に大きくなるのも、分岐波の成長が原因であることがわかった。

今号で報告されている衛星の観測結果によれば、磁気圏界面の振動の周期はテイル方向の距離と共に大きくなる傾向にあるが、この観測結果が今回得られたスケーリング則で説明できるかいなについても報告する予定である。

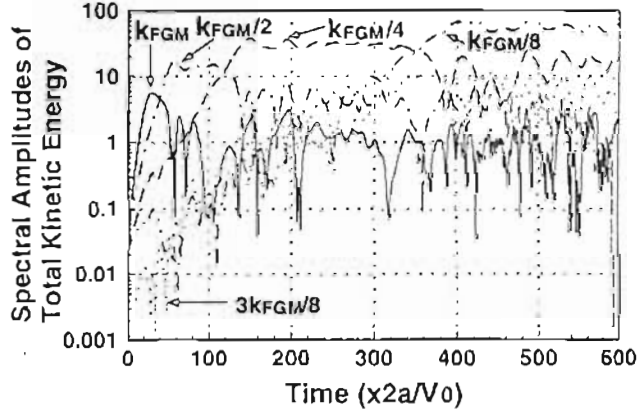


図1. 基本波と分岐波の振幅の時間発展を示す。

A12-P141 電子 foreshock における  
2f<sub>e</sub> 電磁波の生成: 数値実験

\*笠羽 康正<sup>1</sup> 松本 純<sup>2</sup> 大村 善治<sup>2</sup>  
1: 富山県大工 2: 京大超高度

Computer Simulation of 2f<sub>e</sub> Emission  
in the Electron Foreshock

\* Y. Kasaba<sup>1</sup> H. Matsumoto<sup>2</sup> Y. Omura<sup>2</sup>  
1: Toyama Prefectural University 2: RASC, Kyoto Univ.  
[Email]: kasaba@pu-toyama.ac.jp

In the upstream region of the Earth's bow shock, 2f<sub>e</sub> radiation is frequently observed at twice the electron plasma frequency, f<sub>e</sub>. GEOTAIL PVI observations have showed locations and plasma conditions in the 2f<sub>e</sub> radio source at the Earth's electron foreshock. In order to investigate the generation processes of the 2f<sub>e</sub> radiation, we study self-consistent nonlinear evolutions of electron plasma waves excited by beam electrons injected initially. We execute numerical simulations based on the electromagnetic particle code, KEMPO, in 1D and 2D periodic systems.

In 1D periodic systems, electrostatic 2f<sub>e</sub> waves are generated at k ~ 2k<sub>1</sub>, where k<sub>1</sub> is the wave number of beam-excited Langmuir waves. Growth of the electrostatic 2f<sub>e</sub> waves is prominent after the end of initial stage, and correlated with peak amplitude of beam-excited Langmuir waves in ω-k space. Influence on the back-scattered Langmuir waves is negligible. These features support the generation process of electrostatic 2f<sub>e</sub> waves through the wave-wave coupling of two beam-excited Langmuir waves. Typical amplitude ratio of electrostatic 2f<sub>e</sub> waves to beam-excited Langmuir waves is below 40 dB. This value is consistent with observed one at the leading edge of the electron foreshock.

In a 2D periodic system, electrostatic 2f<sub>e</sub> waves are generated at k ~ 2k<sub>1</sub> in the same manner as in 1D systems [Fig. 1(a)]. In addition, electromagnetic 2f<sub>e</sub> waves are also generated at k ~ 2π/c [Fig. 1(b)]. Growth of the electromagnetic 2f<sub>e</sub> waves are independent of the

electrostatic 2f<sub>e</sub> waves, but strongly correlated with that of back-scattered Langmuir waves. These features support the generation process of electromagnetic 2f<sub>e</sub> waves through the wave-wave coupling of beam-excited and back-scattered Langmuir waves. Typical amplitude ratio of electromagnetic 2f<sub>e</sub> waves to Langmuir waves is below -80 dB, which is too weak to detect the local enhancement of electromagnetic 2f<sub>e</sub> waves at the electron foreshock. Typical duration of the growth of electromagnetic 2f<sub>e</sub> waves is 200-400/Ω<sub>pe</sub>. This value does not contradict to the typical thickness of the electron foreshock.

Reference

- Kasaba, Y., H. Matsumoto, and R. R. Anderson, GEOTAIL observation of 2f<sub>e</sub> emission around the terrestrial foreshock region, *Advanced Space Research*, accepted, 1997.
- Kasaba, Y., Study of radio waves in geospace via spacecraft observations and numerical simulations, *Ph. D. thesis*, Kyoto Univ., 1997.

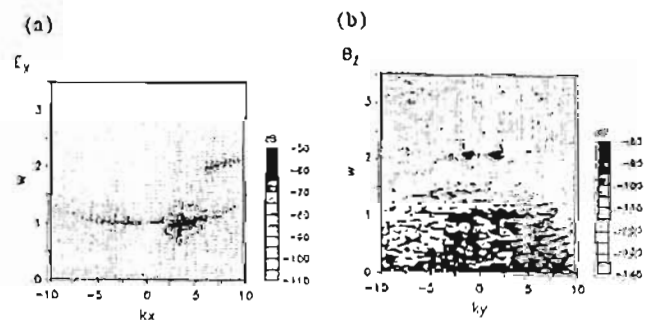


Figure 1 (a) The ω-k diagram of E<sub>y</sub> and (b) The ω-k diagram of B<sub>z</sub> on the 2D system. Electron beams is injected parallel to the X-axis.



# A12-P142

## 3次元電磁粒子コードを用いた プラズマ空間におけるアンテナインピーダンスに 関する計算機実験

山下 史洋 白井 英之 小嶋 浩嗣 大村 曾治 松本 敏  
京都大学 超高度電波研究センター

### Computer Experiments on Antenna Impedance in plasma using 3D full electromagnetic particle code

F. Yamashita H. Usui

H. Kojima Y. Onura H. Matsumoto

Radio Atmospheric Science Center, Kyoto Univ., Uji, Kyoto, 611 Japan

The measurement of antenna impedance in space plasma has been carried out by rocket or spacecraft experiments in order to estimate precise intensities of observed plasma waves[e.g., Tsutsui et al., 1997]. Further, many theoretical attempts for antenna impedance has been made[e.g., Balmain, 1964]. However, since most of theories make use of the cold plasma approximation and assumption of the triangular current distribution on antennas, we still have a gap between the theories and observations. In order to fill this gap, we perform computer experiments on the impedance of antennas embedded in space plasma utilizing 3D full electromagnetic particle code (KEMPO3D).

In the present paper, we introduce the method for establishing an antenna system in KEMPO3D including the boundary condition around an antenna and examine difference between the impedance of short dipole antenna in vacuum and that in space plasma.

プラズマ空間におけるアンテナインピーダンスの計測についてはこれまでロケット実験、衛星観測等を通じて行われてきた [例えば Tsutsui et al., 1997]. 同時に理論についても、種々の検討がされてきた。特に有名なのが、MAXWELL 方程式から導出されたプラズマ空間における電磁界とアンテナの電流の定在波分布から算出された Balmain の理論である [1]. しかし、Balmain の理論がアンテナ電流を仮定している点やコールドプラズマ近似を用いている点などから、適用できるアンテナ及びプラズマ空間が限られてくることも事実である。そこで我々は、近年の計算機能力の向上を背景に当研究室で長年にわたり開発されてきた 3次元電磁粒子コード (KEMPO3D) にアンテナの概念を取り込み、プラズマ空間におけるアンテナシミュレーションを試みた。

まず、アンテナの概念の導入について簡単に述べる。計算機空間でアンテナを実現するとき、大切な点はアンテナの給電点の扱いとアンテナの境界条件である。KEMPO3D は時空間で MAXWELL 方程式を解き進めていることから、アンテナを完全導体とみなし、アンテナ境界部分においてアンテナと平行な電界成分を 0 クリアすることでアンテナ境界条件を満足させた。そして、給電点は電圧源を仮定し、電界を強制励起することで実現した。給電点を流れる電流は給電点近傍の境界成分を用いてアンペールの法則より求めた。

上記のアンテナ概念を用いて真空領域及びプラズマ領域で計算機実験を行った結果得られたアンテナインピーダンスの抵抗成分を図 1 に、リアクタンス成分を図 2 に示す。横軸は各周波数をアンテナ長に相当する波長を有する周波数 ( $\omega_L$ ) で規格化した。また、プラズマ周波数 ( $\omega_p$ ) は  $0.14\omega_L$  に設定した。

まず、真空中のアンテナインピーダンスに注目する。半波長ダイポールアンテナに相当する  $\omega/\omega_L=0.5$  の点で理論インピーダンスとして用いられる  $73.13+j42.55[\Omega]$  とほぼ一致していることがわかる。

また、図 2 より  $\omega/\omega_L=0.14$  近傍でプラズマ空間におけるアンテナインピーダンスのリアクタンス成分が大きく変化していることが理論と一致して観測される。

### 参考文献

- [1] Balmain, K. G., The impedance of short dipole antenna in a magnetoplasma, *IEEE Trans. Antennas Propag.*, AP-21, 605-619, 1964.
- [2] Tsutsui, M. et al., Measurements and Analysis of Antenna Impedance aboard the GEOTAIL Spacecraft, *Radio Science*, 32, 1101-1126, 1997.

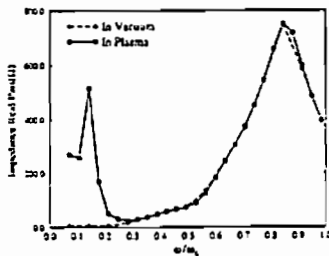


Figure 1. The real part of antenna impedance

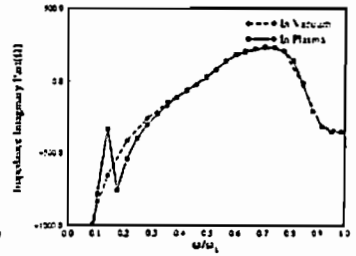


Figure 2. The imaginary part of antenna impedance

# A12-P143

## ホイイスラーモード信号と共鳴する電子の位相振動 とサイドバンド波

池田 慎 (武蔵大)

### Phase oscillation of electrons resonant with a whistler mode signal and sideband waves

M. Ikeda (Musashi Univ.)

The author interprets whistler mode sideband waves as those generated by non-linear resonant interaction between untrapped electrons and a whistler mode carrier signal and explained the generation mechanism using the eigen value analyses of non-linear phase oscillation. The related equations are separated into two portions, namely a pendulum equation system and a perturbation equation one. The pendulum equation system is analytically solved, while the perturbation equation system is directly and exactly solved by the numerical integration. The perturbation phase  $\xi_1(t)$  complicatedly changes with time, and then the author thinks that the frequencies of whistler mode sideband wave corresponds closely to the differential coefficient ( $\dot{\omega}(t)$ ) of  $\xi_1(t)$  with respect to time. Accordingly, electrons moving with pendulum motion and non-linear phase oscillation generate non-linear currents with modulated frequency of  $\omega(t)$ . The peak of Fourier amplitude of  $\omega(t)$  is very similar to the frequencies obtained from observations and the eigen value analyses.

今回までの学会で、地球磁気圏内単色ホイイスラーモード波がサイドバンド波を生成するメカニズムを固有値解析により説明してきた。筆者は、そのサイドバンド波はホイイスラーモード波と共鳴する非線形電子が作る電流の位相振動から生じると考えた。その共鳴電子の非線形方程式系は、次のように因子の方程式に従う部分 ( $\xi_0, U_{10}, U_{11}$ ) と擾乱部分 ( $\xi_1, U_{10}, U_{11}$ ) に分離される。

$$\frac{d\xi_0}{dt} = k U_{10} \quad (1)$$

$$\frac{dU_{10}}{dt} = -U_{10} \omega_1 \sin \xi_0 \quad (2)$$

$$U_{10} = \text{constant} \quad (3)$$

$$\frac{dU_{11}}{dt} = (U_{10} + U_{11} - \frac{\Omega_0}{k}) \omega_1 \sin(\xi_0 + \xi_1) \quad (4)$$

$$\frac{dU_{11}}{dt} = -2U_{10} \omega_1 \sin \frac{\xi_1}{2} \cos(\xi_0 + \frac{\xi_1}{2}) - U_{11} \omega_1 \sin(\xi_0 + \xi_1) \quad (5)$$

$$\frac{d\xi_1}{dt} = k U_{11} + \frac{U_{10} + U_{11} - \frac{\Omega_0}{k}}{U_{10} + U_{11}} \omega_1 \cos(\xi_0 + \xi_1) \quad (6)$$

$k$  はホイイスラーモード波の波数、 $\omega_1, \Omega_0$  はそれぞれホイイスラーモード波の電場と地球磁場に対するサイクロトロン角周波数である。因子の方程式は解析的に解かれる。この解に置いた擾乱電位 ( $\xi_1, U_{11}, U_{11}$ ) を、方程式 (4)、(5)、(6) を逐次数値的に解く事によって得る。初期値  $\xi_0, U_{10}, U_{10}$  もつ電子が作る、因力関に垂直方向の擾乱電流  $J_{\perp}(t)$  は次のように表される。

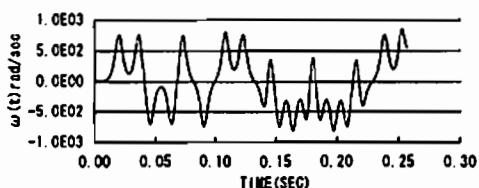
$$J_{\perp}(t) = -n_1 e (U_{10} + U_{11}(t)) \cos \xi_1(t) h(U_{10}, \xi_0, \zeta) \sqrt{\frac{U_{10} \omega_1}{k}} \cdot \frac{\zeta}{\sqrt{\zeta^2 - \sin^2 \frac{\xi_0}{2}}} U_{10} \Delta \zeta \Delta U_{10} \Delta \xi_0 \quad (7)$$

上式において  $n_1, h(U_{10}, \xi_0, \zeta)$  は高エネルギー電子の密度と分布関数、 $\zeta$  は因子の方程式を解いた時に得られる積分関数解の自乗の定数である。ホイイスラーモードのサイドバンド波の擾乱電位に相当する項は、そのパラトリックスのすぐ外側の軌道 ( $\zeta = 1.00001$ ) を持つ共鳴電子の擾乱電位  $\xi_1(t)$  の成分であると考えられる。つまり、

$$\frac{d}{dt} \xi_1(t) = \omega(t) \quad (8)$$

$\omega(t)$  の時系列を下図に示す。  $\omega(t)$  のフーリエ振幅のピーク値は、27.34 Hz にあり、この数値は観測されたサイドバンド波の周波数約 30 Hz、固有値解析によって得られた 29.8 Hz に非常に良く一致している。今学会では、 $J_{\perp}(t), \omega(t)$  のフーリエ解析の結果のいくつかを紹介し、このモデルの妥当性を検討したい。

### Modulated frequency $\omega(t)$



## A12-P144

空間分割法を使った

オーロラ加速域の並列化電磁粒子シミュレーション

岡田 雅樹 国立極地研究所

Computer simulation of aurora acceleration region  
with parallel EM particle code  
using spatial decomposition method

Masaki Okada National Institute of Polar Research

Parallel processors are becoming one of a powerful methods to achieve large scale plasma particle simulations which require large spatial modeling space, such as aurora acceleration region model. Two different schemes are known for parallelization of the plasma particle simulation of the plasma particle simulation scheme. One is the particle decomposition scheme and the other is the spatial decomposition scheme. The author implements spatial decomposition code to model aurora acceleration region. Total performance and the efficiency of the code will be presented in the talk.

並列計算機の発達に伴いプラズマシミュレーションコードは、これまでのベクトル計算機に対応したアルゴリズムから、より大規模高速シミュレーションが可能な並列計算アルゴリズムへと進歩しつつある。なかでも粒子シミュレーションコードはベクトル化により飛躍的な計算速度の向上が可能である一方、非一様プラズマを取り扱うモデルの場合には、その計算速度の向上が非常に困難であることも分かってきた。また、ベクトル化による高速化のためにリストベクトル法に代表されるような、主記憶を多く消費するアルゴリズムを使用するため計算モデルの大規模化には却って障害になる場合もあることが明らかになりつつある。そこで近年の並列計算機はこれらの問題点を解決する方法として注目され始めている。

並列化コードの効率は計算機のアーキテクチャーに大きく依存し、粒子コ

ードの場合、取り扱う粒子数とモデル化する空間スケールの比によって2通りの並列化アルゴリズムが有効であることがわかっている。一方は、粒子分割法による並列化であり、他方は空間分割法による並列化である。1グリッドあたりの粒子数が1PUあたりの粒子数に対して十分に大きいかつ、空間的な規模が小さいモデルを扱う場合には、粒子分割法が有効であると考えられる。対象となるモデルがオーロラ加速域のような場合には、十分大きな空間スケールが必要であるため、空間分割法による並列化が有効である。

本発表では、空間分割法による電磁粒子シミュレーションの性能について詳細を報告するとともに、本コードを用いてオーロラ加速域のシミュレーションを行った結果について報告を行う予定である。

参考文献

第 21 回極域における電離圏磁気圏総合観測シンポジウム、岡田、空間分割法によるプラズマ粒子シミュレーションコードの並列化、1997 年

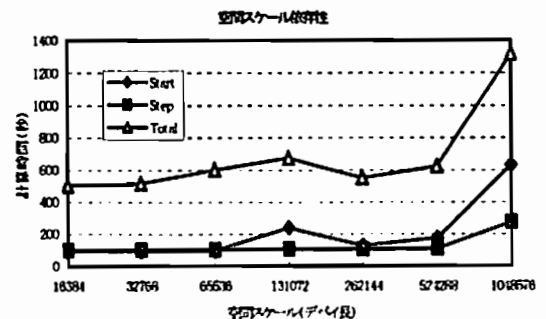


図1: 空間分割法によってモデル化した空間スケールに対する計算時間の変化

## A12-P145

赤道UHR波動急増現象(EPWAT)の出現特性

飯島 雅英、大家 寛 (東北大・理)

Occurrence Characteristics of Equatorial Enhancement of the Plasma Wave Turbulence (EPWAT) Observed by PWS Onboard Akebono Satellite

M. Izima and H. Oya (Tohoku Univ.)

In the region of magnetic equator, remarkable enhancements of UHR mode waves have been discovered by PWS (Plasma Wave and Sounder experiment) onboard the Akebono (EXOS-D) satellite and named Equatorial Enhancement of the Plasma Wave Turbulence (EPWAT) (Oya et al., 1990). The occurrence regions of EPWAT phenomena encircle the magnetic equator forming a disc region in an altitude range from 1000km to 10000km without dependence on local time. The EPWAT phenomena almost always exist even in the calm condition of geomagnetic activity although the EPWAT intensity shows apparent increment in the time of large magnetic storm (Oya et al., 1991). In the present statistical study, a clear dawn-dusk asymmetry of latitudinal shift of occurrence region of EPWAT, in terms of magnetic latitude, near the magnetic equator has been confirmed. The seasonal variation of the latitudinal shift of occurrence regions of EPWAT takes place towards the direction of the ecliptic plane, deviating from the exact geomagnetic equator by 10 deg at the most; suggesting that the occurrence of EPWAT is controlled by the factor existing in the ecliptic plane. Though further investigations are deferred for future studies, this characteristic is attributed to an intrinsic nature of coupling process of plasmasphere with magnetosphere which may be closely related to the possible radial electric field (Oya et al., 1991), together with the electric field component in the ecliptic plane.

座 あげぼの (EXOS-D) 衛星に搭載されたプラズマ波動観測装置 (PWS) は、周波数 20kHz から 5MHz までの周波数のプラズマ波動を最短 2sec で分析、観測する NPW モードをもっている。この観測モードで常に UHR モードの波動が観測されているが、特に磁気赤道域でその強度が増大する現象が見られ EPWAT

(Equatorial Enhancement of the Plasma Wave Turbulence) と命名されている (Oya et al., 1990) (以下 EPWAT と略す)。EPWAT の発生域はプラズマ圏中に磁気赤道を中心として、高度 1000km から 10,000km の領域ですべてのローカルタイムにわたって「土星の輪」状に存在し、その強度は磁気活動度が高い場合、 $\pm Kp$  に依存して変化するが、地磁気活動度によらない成分が存在し、磁気赤道領域プラズマ圏の固有の性質を反映している (Oya et al., 1991)。

**EPWAT 現象の出現特性** 本論では、さらに 1989 年 3 月より 1995 年 1 月までの約 6 年間のデータに対し統計を進め、EPWAT の特性を検討した。EPWAT は解析した全期間にわたりほぼ全ての磁気赤道を横切る軌道で観測されており、上記のようなこれまで報告されている EPWAT の発生に関わる基本的性質は今回のデータ解析においても確認されたが、特に発生域の緯度の磁気赤道からの移動には dawn-dusk asymmetry があり、明確な季節変化を示すことが明らかとなった。春分の時期、EPWAT 発生域は磁気赤道から dawn 側が南へ、dusk 側が北に最大 10 度シフトし、逆に秋分の時期には dawn 側が北へ dusk 側が南へシフトする。またさらに、期間を限定した夏至および冬至の時期の解析は、夏至の時期は noon 側が北へ、midnight 側が南へ、冬至の時期は逆に noon 側が南へ、midnight 側が北へシフトする。この EPWAT の発生域の systematic な季節変化は、その発生域が純磁気赤道から黄道面に向かってシフトしていることを示している。この事実は、EPWAT の発生が磁気赤道に集中する電磁気的な要因とともに、黄道面に存在する要素が発生をコントロールしていることを示唆している。

すでにこの EPWAT の存在理由として地球が宇宙に対して帯電していることに起因する radial 電場によることを推論されている (Oya et al., 1991) が、本研究ではこのことを実証することに近づいている。すなわち radial 電場成分と磁気圏にプラズマ対流電場の合成の結果、ExB ドリフトの位置が黄道面 (太陽風の吹く面) に近づくことになる。

### References

- H Oya et al., J. Geomag. Geoelectr., 42, 411, 1990.
- H Oya et al., Geophys. Res. Lett., 18, 329, 1991.

# A12-P146

## あけぼの衛星搭載のサウンダー装置で新たに観測されたdiffuse resonance

○志岡 明彦, 大塚 寛, 小野 高幸  
(東北大学理学部)

Sequence of Diffuse Resonances  $f_{DR}$  Observed by the Sounder Experiments on board the Akebono Satellite

○A Tadaoka, H.Oya and T.Ono  
(Tohoku University)

After discovery of the sequence of diffuse resonance  $f_{DR}$  (Oya, 1970), the possibility of existence of  $f_{DR}$  is the subject of interest. Though some signature of the existence of  $f_{DR}$  is suggested by the rocket experiment in the auroral particle precipitation region, the artificially stimulated  $f_{DR}$  resonance has first been discovered in the data of PWS sounder experiments on board the Akebono satellite.

サウンダー装置を利用したプラズマの研究は、80年代のAlouetteシリーズから始まり研究が行われてきた。当時発見されたsequence of diffuse resonance  $f_{DR}$  (Oya, 1971)に対し、理論上予測されたプラズマ波共鳴  $f_{DR}$  について、極域ロケット実験で自然に起こされているとみられる結果が得られていた (Mortoka et al., 1988) が、しかしあけぼの衛星に搭載されているサウンダー装置は初めてプラズマ共鳴として検出した。diffuse resonance ( $f_{DR}$ ) は

$n f_{\alpha} < f_{DR} < (n+1) f_{\alpha}$   
により定義されており、今回の波動は  $n=0$  の場合である。ここで  $f_{\alpha}$  は電子サイクロトロン周波数、 $n$  は 0 以上の整数、また

$$\begin{cases} 2\pi f_{\alpha,1} - 2\pi f_{\alpha} - \{k(f_{\alpha,1}) - k(f_{\alpha})\}V - 2f_{\alpha} \\ 2\pi f_{\alpha,1} - 2\pi f_{\alpha,1} - \{k(f_{\alpha,1}) - k(f_{\alpha,1})\}V - f_{\alpha} \end{cases}$$

の関係をもって非線形波動粒子相互作用により発生している。 $f_{\alpha}$  は Warren & Hagg によって発見された Bernstein mode の静電波動、 $k$  は波数ベクトル、 $V$  は電子熱速度を示す。

今回の  $f_{DR}$  の確認により、これまでの理論が正しいことがいっそう裏付けられたことになる。

現在、観測されている  $f_{DR}$  共鳴現象の頻度がかなり低くなっているが、対応する  $f_{DR}$  現象の確認中である。

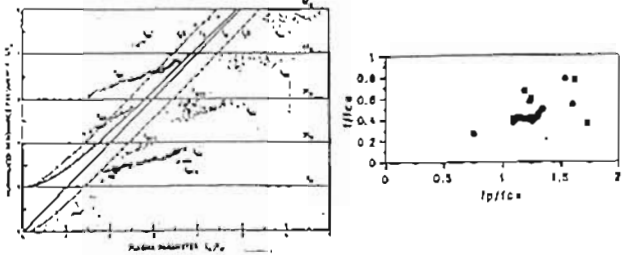


図1 観測された  $f_{DR}$  (左)  
図2 観測された  $f_{DR}$  の拡大図 (右)

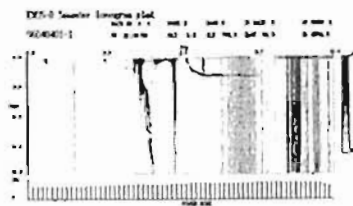


図3 あけぼの衛星から得られるイオノグラム

# A12-P147 GEOTAIL 衛星で観測されたプラズマ波動の絶対強度の評価

○高野 博史<sup>1</sup> 長野 勇<sup>1</sup> 八木谷 聡<sup>1</sup> 松本 健<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>金沢大学工学部 <sup>2</sup>京都大学超高層電波研究センター

Estimation of the absolute intensity observed by GEOTAIL spacecraft

○H.Takano<sup>1</sup> I.Nagano<sup>1</sup> S.Yaegami<sup>1</sup> H.Matsumoto<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Kanazawa Univ. <sup>2</sup>RASC,Kyoto Univ.

It is very important to calibrate the electric field intensity of the plasma waves observed by the wave receiver onboard the spacecraft and obtain the absolute intensity. We analyze the modulated electric field intensities observed by SFA onboard GEOTAIL using the direction finding method.

The intensities of the type III radio burst observed by GEOTAIL are compared with those obtained by WIND and are in fairly good agreement with them.

### 1. はじめに

GEOTAIL 衛星には、地球近傍のプラズマ波動を観測するプラズマ波動観測装置 (PWI) が搭載されており、今もなお貴重なデータを送り続けている。これらの観測データを解析する際には、受信点 (電界アンテナ近傍) での電界強度が必要となるため、正確な校正 (Calibration) を行わなければならない。そのため、校正回路を搭載しており、既知の信号によってアンテナを含めた観測器の校正を行っている。また、校正を行った受信点での電界強度は、衛星の spin により変調を受けており (Spin Modulation) 厳密な解析を行うには、その絶対強度が必要となる。

本研究では、PWI のサブシステムである SFA (周波数掃引受信器:Sweep Frequency Analyzer) の観測データに Direction Finding Method を用いて求めた電界の絶対強度の評価を、WIND 衛星のデータと比較することにより行った。

### 2. 解析方法及び結果

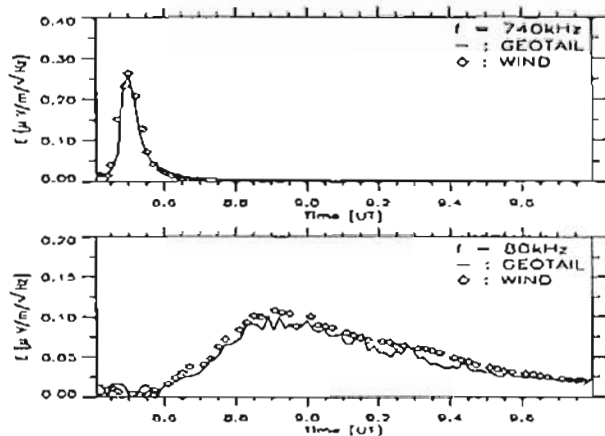
WIND 衛星には、WAVES とよばれるプラズマ波動観測器が搭載されており、そのサブシステムである RAD 1 には、spin modulation の影響を取り除

いた電界強度を求めることができる SUM Mode がある。この RAD 1 の SUM Mode のデータと比較することにより、Direction Finding Method により求められる SFA の電界絶対強度の妥当性を検討する。その際に、GEOTAIL や WIND の観測位置より波源が十分遠いとされている type III を同時に観測したデータを用いる。

Direction Finding Method とは、衛星の spin による変調を利用して、プラズマ波動の絶対強度や到来方向を求める方法である。観測された変調を受けている電界強度を  $E$ 、衛星の spin phase を  $\omega_s t$  とすると、

$$E^2 = E_0^2 [1 - m^2 \cos^2(\omega_s t - \phi)]$$

となる。ここで、 $E_0$  は電界の絶対強度、 $\phi$  は spin plane における方位角、 $m$  は modulation index である。比較の結果を以下に示す。これから、良い一致を示していることが分かり、正確な電界絶対強度が求められているといえる。



GEOTAIL 搭載電界アンテナの実効長の評価

井町 智彦<sup>1</sup> 長野 勇<sup>1</sup> 八木 聡<sup>1</sup> 筒井 俊<sup>2</sup> 岡田 敏美<sup>3</sup> 松本 敏<sup>4</sup>

- 1) 金沢大学工学部 2) 京都産業大学計算機科学研究科 3) 富山県立大学工学部
- 4) 京都大学超高度電流研究センター

Effective lengths of electric antennas on board GEOTAIL spacecraft

T.Imachi,<sup>1</sup> I.Nagano,<sup>1</sup> S.Yagitani,<sup>1</sup> M.Tsutsui,<sup>2</sup> T.Okada,<sup>3</sup> H.Matsumoto<sup>4</sup>  
 1)Kanazawa Univ. 2)Kyoto Sangyo Univ. 3)Toyama Pref. Univ.  
 4)RASC, Kyoto Univ.

GEOTAIL has two sets of electric antennas called WANT (wire antenna) and PANT (probe antenna), which have 100 m length tip to tip. To calculate the absolute intensity of the electric field from the observed data, we must know the accurate effective length of the antenna which has been assumed as 50 m.

However, the actual structure of the spacecraft including the antenna is very complex. In this research, we estimate the actual effective length of the electric antenna in the magnetospheric plasma using the chorus emissions observed by the PWI (Plasma Wave Instruments) WFC (wave form capture).

GEOTAIL 衛星による地球磁気圏尾部の電磁界観測が開始されて5年が経過し、地球近傍の自然プラズマ波動について膨大なデータが蓄積されてきた。これらのデータから電界の大きさや Poynting vector を正確に知るためには、絶対較正が必要となる。現在、電界データの較正は電界アンテナ(全長 100 m)の実効長を、全長の半分の 50 m として行なっている。これは、観測対象である電磁波の周波数が上限で 800 kHz (波長 375 m) であり、波長に比べてアンテナ長が十分短いと考えられるからである。

しかしながら、実際のアンテナの構造は図1に示すように、非常に複雑なものとなっている。2組のアンテナは、それぞれ WANT (Wire Antenna)、PANT (Probe Antenna) と呼ばれ、衛星構体を中心に直交して配置されており、WANT はワイヤ・ダイポールアンテナ、PANT は両端に直径 10 cm のアルミ球を持つ構造をしている。アンテナ自体の構造の複雑さに加え、衛星構体も電磁界に影響を与えらるため、これらを考慮すれば実長長の精度には高まる余地があると思われる。

この様なアンテナの特性を求めるには、性質の分かっている人工的な電磁波を受信、解析する方法が考えられるが、GEOTAIL で観測可能な人工電磁波は存在しないため、同様の解析を自然電磁波を用いて行った。

本研究では、GEOTAIL 搭載の PWI(プラズマ波動観測装置:Plasma Wave Instruments) WFC(波形捕捉受信機:Wave Form Capture) で観測されたコーラス波動を用いて、電界アンテナの実効長 ( $h_{eff}$ ) を評価した。

WFC は、この電界アンテナによる電界 2 方向成分 ( $E_x, E_y$ ) の他に、3 軸サーチコイルより磁界 3 方向成分 ( $B_x, B_y, B_z$ ) の電磁界を同時観測できるので、ここから屈折率  $n$  やベクトルと地球磁場 ( $B_0$ ) のなす角度  $arg k \cdot B_0$  を算出できる。屈折率  $n$  の計算方法として、

- 1) WFC で観測した  $arg k \cdot B_0$  を Appleton-Hastree の式に代入して求めた屈折率理論値  $n_{th} = f(f_p, f_{UH}, arg k \cdot B_0)$
- 2) WFC で観測した電磁界の比より求めた屈折率

観測値  $n_{ob} = g(E_x, E_y, B_z)$

の 2 通りを考える。  $n_{th}$  は  $E_x, E_y$  の強度に関係なく求まるので、これを  $n_{ob}$  と比較することで、  $h_{eff}$  の評価を行うことができる。

1993 年 4 月 30 日午前 0 時 3 分 43 秒 [UT] から 8.7 秒間のデータについて解析した結果を示す。この時の衛星周辺のプラズマ周波数 ( $f_p$ ) は 20 kHz (PWI, EFD による)、サイクロトロン周波数 ( $f_{UH}$ ) は 3.01 kHz (MGF による) であった。

$arg k \cdot B_0$  は WFC の磁界データと MGF の地球磁場データより求め、  $n_{th}$  は WFC の電界データより算出した。アンテナインピーダンスは、同日午前 0 時 12~17 分に測定した値を用いた [1] (表 1)。

周波数が 400 Hz ~ 1 kHz まで変化しているコーラス波動から約 250 個の屈折率が得られたが、その中から  $arg k \cdot B_0$  が  $10^\circ$  以内で、Poynting flux が  $-110 \text{ dBW/m}^2/\text{Hz}$  以上の、S/N が良く比較的安定に伝送しているデータを約 80 個選んで、それを解析の対象とした。

結果を図 2 に示す。横軸は  $n_{th}/n_{ob}$  で、0~3 までを 0.1 毎に刻んで、各領域のデータ点数をヒストグラムで表したものである。  $n_{th}$  は  $h_{eff} = 50$  と仮定したときの値であるので、  $h_{eff} = 50 \times n_{th}/n_{ob}$  が実際の実効長と考えられる。従って、真の  $h_{eff}$  が仮の値通りに 50 m ならば、  $n_{th}/n_{ob} = 1$  をピークとする分布になるはずであるが、結果は全体的に大きい方へシフトして、比の平均値は 1.36 となっている。

この結果から、  $h_{eff}$  は 68 m となった。その場合、真の電界値は現在観測されている値よりも 2.7 dB ほど低いと考えられる。

このずれの原因としては、衛星構体を間に挟んでいることや、アンテナが導体に一部シールドを出していること、WANT と PANT で構造が異なるにも関わらず、実効長を全長の半分に仮定してしまっていることなどが考えられる。

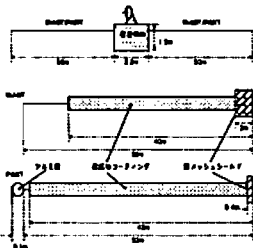


図1 GEOTAIL 搭載電界アンテナ

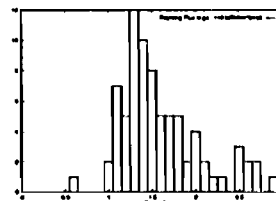


図3 1993年4月30日午前0時3分43秒の  $n_{th}/n_{ob}$

表1 1993年4月30日のアンテナインピーダンス

	R [MΩ]	C [pF]
WANT	25.0	350.0
PANT	11.0	360.0

参考文献

- [1] Tsutsui et al., Radio Sci., 32, 1101-1126, 1997

Kilometric continuum observed with GEOTAIL nonthermal continuum, JGR, 80, 2751, 1975.

Wynne Calvert[1], Koza Hashimoto[2], Hiroshi Matsumoto[2]  
 [1] RASC, Kyoto Univ. and Univ. Massachusetts Lowell  
 [2] RASC, Kyoto Univ.

Continuum radiation extending up to a frequency of 500 to 800 kHz has been detected by the Geotail spacecraft. This emission which is observed at low magnetic latitudes and all local times, appears to be emitted either at the plasmapause or from within the Earth's plasmasphere, independently of the level of geomagnetic activity. Like the escaping continuum [1] which is found to occur at lower frequencies, its spectrum is found to consist of multiple overlapping discrete emission with a nearly constant frequency, often lasting at nearly the same frequency for a few hours or more. If this emission is attributed to radiation at the plasma frequency, its source altitude would be actually have to extend into the equatorial ionosphere, since the expected altitude for a plasma frequency of 500 - 800 kHz in the topside ionosphere is only about 2000 to 3000 km.

Most of kilometric continuum (KC) is received only when geomagnetic latitudes are less than 10 degrees. Although the magnetic local time dependence is similar to that of normal continuum [2], KC is masked by AKR during the nighttime hours when AKR is strong. It has almost no Kp dependence.

The highest frequency of KC is larger than that of the plasma frequency at the plasmapause. The fact that KC is observed only in low latitudes suggests that the most likely source is at low latitudes in the topside equatorial ionosphere.

References

- [1] Kurth, W. S., et al., Escaping Nonthermal Continuum Radiation, JGR, 86, 5519, 1981.
- [2] Gurnett, D. A., The earth as a radio source: The

## A12-P150 マグネトロンに関する計算機実験と理論解析

\*北 京徳[1],大西 隆史[1],松本 祐[1],篠原 真毅[1]  
[1] 京大・超高層

### Computer Experiments and Theoretical Analysis on Magnetrons

\*Akinori Kita[1],Takafumi Onishi[1],Hiroshi Matsumoto[1]  
Naoki Shinohara[1]  
[1] RASC, Kyoto Univ.

Although magnetrons are widely used as microwave sources, magnetron theory has made little progress. Computer experiments are the only way to analyze the phenomena in the interaction region in detail. We have newly developed a two-dimensional electromagnetic particle code. The code includes cylindrical, relativistic, and electromagnetic effect in a fully self-consistent manner. In contrast to past numerical studies of magnetrons [4], it is able to realize the interactions between electrons and resonance cavity surfaces more strictly. Magnetron oscillations occurred self-consistently in our computer experiments on the A6 magnetron. There are frequencies corresponding to  $2\pi$  and  $\pi$  mode, respectively. We will show the results and discuss the parameters to determine oscillating frequencies.

マイクロ波発生装置として知られているマグネトロンは高性能なものが製作されているものの、理論的解析に関しての進展は現在に至るまでほとんどない。これはマグネトロンの動作を決定する回転電子極の構造や、電子と高周波の相互作用に非線形要素が多く含まれており、詳細な解析及び正確な測定が非常に困難なためである。マグネトロンの内部で起きる現象を正確に把握するためには、計算機実験に頼らざるを得ず、これまで既に幾つかの手法で計算機実験が行われてきた[1][2][3]。我々の研究グループでは共振空洞の形状をより厳密に表現するために円筒座標系、キャパシタマトリックス法を導入した静電粒子コードを開発し、有用な結果を得ている[4]。

静電粒子コードを用いたマグネトロンの計算機実験では特定のモードしか観測できないことや、自励発振状態に移行する様子が観測できないといった問題点が残った。そこで新たに2次元円筒座標系

の電磁粒子コードを開発し、導体グリッドで共振空洞を計算機実験空間内に構成することにより、電子と共振空洞の相互作用をより現実のモデルに近づけることを可能にした。マグネトロンのモデルとして比較的簡単な扇状構造を持つA6マグネトロンを対象とし、多分対陽極の隣り合う一組を取り出して計算機実験を試みた。発振が行われるまでの時間発展を観察する目的で陽極電位を0から350[kV]まで直線的に増加させて、隣り合う陽極間の電位差を測定した。

計算機実験空間内に置いた電子は、共振空洞内の電磁界により徐々に集合し、やがて定常的な回転電子極を形成するに至った。また回転電子極の形成に伴って、陽極間電位が自励発振状態に移行していく様子を観測できた。これをフーリエ変換すると  $2\pi$ 、 $\pi$  モードの周波数成分が顕著に現れており、本計算機実験の結果をA6マグネトロンの実験結果と定量的に比較を行った。

今回は新たに開発した2次元円筒座標系の電磁粒子コードを使って、A6マグネトロンをモデルとした計算機実験を行った。その手法と計算機実験結果を報告する。計算機実験により発振周波数を決定するパラメータの特定を試みる予定であり、その結果についても言及する。

### 参考文献

- [1] A. Palevsky et al., J.Appl.Phys., vol.52, no.8, pp.4938-4941, 1981
- [2] J.C. Weatherall, IEEE Trans.Plasma Sci., vol.18, no.3, pp.603-610, 1990
- [3] H.W. Chan et al., J.Appl.Phys., vol.73, no.11, pp.7053-7060, 1993
- [4] 大西等,電子情報通信学会総大会,C-1-12,1997

## A12-P151 FDTD法を用いた送受電アンテナアレイ近接時における動作解析

\*河野 弘樹[1],篠原 真毅[1],松本 祐[1]  
[1] 京都大学超高層電波研究センター

### The FDTD analysis of characteristics of transmitting and receiving antennas in the near-field region

\*Hiroki Kono[1],Naoki Shinohara[1],Hiroshi Matsumoto[1]  
[1] Radio Atmospheric Science Center, Kyoto Univ., Uji, Kyoto, 611 Japan

In the present paper, we consider the situation that the transmitting antenna is very close to the receiving antenna. The antenna elements were assumed to be the half-wavelength dipoles and the EMF(electro motive force) method was used to calculate the impedances. As the result, the impedances of the two antenna arrays are different from those of the single antenna. But the influence of the conductor that is the other part of the transmitter and the receiver is not negligible and antenna structure is more complicated in practical applications. FDTD(finite-differential time-domain) method is used to determine the antenna characteristics. The FDTD analysis of the antennas with grand planes is presented.

電磁波伝搬は従来その遠達性が注目され通信技術として信号の伝達に利用されてきた。近年、電波の新しい応用として電磁波による大電力輸送が積極的に研究されている。特にマイクロ波を用いたエネルギー伝送の研究が多くなされている。マイクロ波エネルギー伝送の多くはその送電距離が非常に長く、例えば宇宙太陽発電所構想では静止衛星軌道から地上への送電が計画されている。しかし、マイクロ波エネルギー伝送は非接触の電力供給を目的として、送電側と受電側が非常に近接して用いられる場合にも応用が可能である。本研究では送受電側が非常に近接した場合のアレイアンテナの動作解析をFDTD (finite differential time domain) 法を用いて行っている。

最初に、送電側と受電側に半波長ダイポールのアレイアンテナを仮定し、起電力法を用いた解析を行った。その結果、送電アンテナ近傍における受電アンテナの有無によってインピーダンスが大きく変化することが確認された。

これは近接間における送電やインピーダンス変化による距離の検知などに応用でき、地上において電気自動車のような高速で移動する物体に送電する場合にも利用可能である。この場合、送電経路を道路と車体下面にとり、インピーダンスの変化を検出することによって送電アンテナを切替え、走行距離を伸ばすことが可能となる。

ただし、実際には送電側や受電側のアンテナ以外の導体部分の影響が無視できず、アンテナとして単純な構造の半波長ダイポールを用いることが最適とは限らない。また、送電アンテナアレイと受電アンテナアレイを数波長程度の距離で用いる場合、送電アンテナからの放射パターンは近傍場となり解析的に受電特性や放射電界を求めることが困難である。こういった問題を解決するためにFDTD法を用いた解析をすることが必要となる。FDTD法では有限形状で複雑な構造をしたアンテナの解析が可能であり、時間差分で解くために過渡現象も視覚化することができるといったメリットがある。今回は送電と受電側のアンテナアレイに反射板を想定した場合の動作解析について述べる予定である。

## A12-P152 Non-linear evolution of Lower-Hybrid-Drift Instability and its relation with Drift Kink Instability

\*Iku Shinohara[1], Masahiro Hoshino[1]  
[1] ISAS

It is believed that the lower-hybrid-drift instability (LHDI) affects the dynamical evolution of the plasma sheet through the excitation of anomalous resistivity. However, in the high beta plasma such as the neutral sheet region, the electron grad B motion absorbs the wave energy and stabilize the LHDI. Therefore, it is thought that the LHDI itself cannot explain the origin of anomalous resistivity at the X-line. Although a number of computer simulations on the LHDI support this difficulty, they also show that at the non-linear stage of the instability lower-hybrid frequency range wave activities permeate into the neutral sheet and produce anomalous resistivity at the neutral sheet. Since the wave growing is much slower than the LHD waves and the polarization of the excited waves at the neutral sheet is electromagnetic, the instability mode of the wave seems to be different from the LHDI. The physical mechanism of the wave excited at the neutral sheet still remains an unresolved problem. Recently, a new instability mode is found associated with the cross-tail current in the Harris type current sheet. This new instability, namely, the Drift Kink Instability (DKI), is a fluid instability and can be derived from the multi-fluid equations. The real frequency of the DKI is almost several times of the ion cyclotron frequency. Since the frequency ranges of the LHDI and the DKI somewhat overlap and the dominant component of the DKI electric field fluctuation is the same with the LHDI (parallel to the cross-tail current), we expect that coupling between the LHDI and the DKI occurs and that the DKI is a candidate process for the electromagnetic wave at the neutral sheet. These two instabilities are also important for the electron heating in the plasma sheet. While these waves mainly heat up the perpendicular electron temperature, parallel electron heating is also possible with the oblique propagating waves. Since the wavelength of

the DKI mode is slightly longer than that of the LHDI, parallel heating due to the DKI is expected to be more effective if the DKI can make the parallel electric field fluctuation. In order to clarify the relation between the LHDI and the DKI, we use 2D and 3D particle-in-cell simulation code in which both ions and electrons are treated as particles. We will present (1) the linear properties of the DKI, and (2) the initial results of the simulation study and discuss the instability mechanisms of the DKI and the relation between the LHDI and the DKI. The efficiency of electron heating by the DKI will be also discussed.

A会場

10月2日(木)

16:15~17:45

# ストーム・サブストーム - I

## Storm · Substorm - I

oral: A12-12~17

poster: A12-P248~P254

座長 塩川和夫 (名大・STE研)

サブストーム発生頻度と太陽活動との関連

和田崇晶, 森森俊彦, 能勢正仁 (京都大学大学院理学研究科)

Relation between occurrence frequency of magnetic substorm and solar activity

T. Wada, T. Iyemori, and M. Nosé  
(Graduate School of Science, Kyoto University)

We examined the relation between the occurrence frequency of magnetic substorms and solar activity. Identification of magnetic substorm is based on H and D component of ASY index, AL index and Pi2 onset at Kakioka. Sunspot number and solar radiation flux are referred to estimate solar activity.

Figure 1-4 show annual variation of the magnetic substorm occurrence identified from H and D components of ASY index (1984-1995), AL index (1978-1987), and sunspot number (1978-1995), respectively. In this period, solar maximum were at December 1979 and July 1989. So they indicate that the occurrence frequency of magnetic substorms has a peak just after solar maximum.

At presentation, not only the occurrence frequency but also its dependence on magnetic substorm magnitude will be discussed.

我々は現在サブストームのカタログを作成しようとしているが、その過程において年間のサブストームの発生頻度と、太陽活動との関連性を調べた。サブストーム発生の判定には、ASY 指数 H/D 成分の消形変化、AL 指数の急減少及び柿岡 Pi2 オンセットを、太陽活動度の指標としては、太陽黒点数及び太陽放射強度を用いている。

図は、それぞれ ASY H 成分、D 成分 (1984-1995)、AL 指数 (1978-1987)

から判定したサブストームの年間発生数と太陽黒点数 (1978-1995) を年ごとにプロットしたものである。この期間の太陽黒点の極大期は、1979 年 12 月、1989 年 7 月 (理科年表 平成 9 年版) であり、いずれの年も、極大期の直後にサブストームの発生頻度の極大がくるとを示している。

講演では、これらの事項のほか、サブストームの強度によって、太陽活動との関連性が変化するか否かについての解析結果等についても述べる予定である。

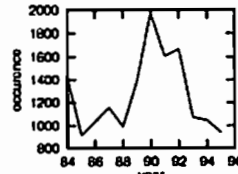


Fig.1 ASY H 成分から判定したサブストーム年間発生回数

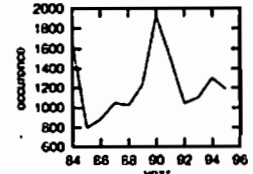


Fig.2 ASY D 成分から判定したサブストーム年間発生回数

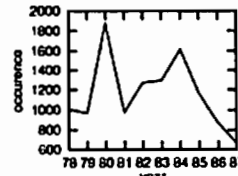


Fig.3 AL 指数から判定したサブストーム年間発生回数

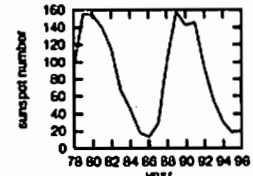


Fig.4 太陽黒点数の年平均値

注: ASY 指数については 1984-1995 年、AL 指数については 1978-1987 年、太陽黒点数については 1978-1995 年についてプロットした。

A12-13 サブストーム開始直前における磁気圏構造の急激な変化

渡辺正和<sup>1</sup>, Mike Pinnock<sup>2</sup>, Alan S. Rodger<sup>2</sup>, 佐藤夏雄<sup>1</sup>, 山岸久雄<sup>1</sup>, 雪祭行松彰<sup>1</sup>, Raymond A. Greenwald<sup>3</sup>, Jean-Paul Villain<sup>4</sup>, Marc R. Hairston<sup>5</sup>

Rapid change of magnetospheric structure just prior to substorm onset

Masakazu Watanabe,<sup>1</sup> Mike Pinnock,<sup>2</sup> Alan S. Rodger,<sup>2</sup> Natsuo Saito,<sup>1</sup> Hisan Yamagishi,<sup>1</sup> A. Sessai Yukimatsu,<sup>1</sup> Raymond A. Greenwald,<sup>3</sup> Jean-Paul Villain,<sup>4</sup> and Marc R. Hairston<sup>5</sup>

- 1: National Institute of Polar Research, Japan (国立極地研究所)
- 2: British Antarctic Survey, Natural Environment Research Council, UK
- 3: Applied Physics Laboratory, The Johns Hopkins University, USA
- 4: Laboratoire de Physique et Chimie de l'Environnement, Centre National de la Recherche Scientifique, France
- 5: William B. Hanson Center for Space Sciences, University of Texas at Dallas, USA

In our previous talk, we have reported ionospheric signatures of distant tail reconnection observed by HF radars during a late substorm growth phase just prior to the expansion phase onset. In that report, we stressed only the morphology itself and did not mention its geophysical aspects, for it was the first ionospheric observation that would be relevant to nightside reconnection. In this paper, we will discuss its morphology from the latter point of view: Precursors to substorm onset. Upon the basis of observational facts determined here, we conclude that the polar cap boundary expands on the nightside much more rapidly during the late growth phase just prior to the onset than during the preceding early and middle growth phases. We infer that this is attributable not to the enhancement of dayside reconnection rate but to the rapid change of magnetospheric structure just prior to the onset.

この約半年間、我々は短波レーダーによって夜側電離圏で観測されるフローバーストについて、磁気圏深部での磁力線再結合であると主張している。この現象はサブストームのグロースフェイズの終焉、エキスパンションフェイズ開始直

前の約10分間に起こる現象である。これまでの講演では、磁力線再結合の現象論のみを議論してきた、というも、このような磁力線再結合の電離圏高度での観測は、夜側では前例がなかったからである。本講演では、サブストームの観測からこの現象の意味するところをとらえ直してみた。

まず、現象論について簡単にまとめておく。我々は夜側 (地磁気地方時21時から22時) において、低緯度側に向かって流れるフローバーストを短波レーダーで観測した。このフローバーストはサブストームのグロースフェイズ終焉、エキスパンション開始約10分前に現われ、エキスパンション開始とほぼ同時に消える。フローバーストの位置は固定しておらず、時間とともに低緯度側へ移動する。その移動速度は500-700m/sである。一方、DMSF衛星によって得られた同時の粒子データは、このフローバーストがプラズマシートの境界層で起こったことを示す。したがって、サブストーム開始直前のこの時、夜側のポーラキャップ境界 (磁力線の閉閉境界) は500-700m/sで低緯度側に動いていることになる。これに対して、フローバースト自身のプラズマ速度は800-900m/sであり、境界の運動速度より十分に速い。すなわち、セバトリックス (閉閉境界面) とともに動く系でみた時に、セバトリックスを横切るプラズマの流れがあることを意味する。換言すると、リコネクションが起こっていることになる。

- 以上の現象論を基にした、本講演における議論の主要点は以下の通りである。
- (1) 磁力線再結合がサブストーム開始前に起こっているといっても、フローで200-300m/s、電場で10-15mV/m、電圧で4kV、のごく弱いものである。サブストーム開始前にすでにエネルギーが漏れ出している、という意味で重要な現象論であるが、エネルギー的にはさほど大きくない。むしろフローバーストを作っている電場の3分の2はセバトリックスの運動によるものである。
  - (2) 磁力線再結合によるフローが200-300m/sであるのに対し、ポーラキャップ境界の運動速度は500-700m/sと極めて速い。このセバトリックスの運動は、一般には次の2つの要因で決まっている: (a)セバトリックスを通過する磁気フラックスの収支、(b)セバトリックスの形状。観測されるセバトリックスの動きは非常に速く、単純なフラックス収支(a)のみでは説明できない。サブストーム開始直前の磁場構造の急激な変化(b)が主たる原因であると思われる。すなわち、サブストーム開始約10分前からクロステイルカレントが急激に増大し、磁気圏尾部の磁場構造が大きく変化すると考えられる。
  - (3) セバトリックスの低緯度側への運動は、サブストーム開始約10分前に突然始まる。この時刻はグロースフェイズの開始から約1時間後であり、この間に太陽風は昼間側のマグネットポーズから磁気圏尾部約180地球半径まです進む。したがって、ディスタントテイルニュートラルラインはこれより地球側にあることが予想される。これは一般的に言われているディスタントテイルニュートラルラインの位置に矛盾しない。観測事実、昼間側で刺がされたフラックスがディスタントテイルニュートラルラインに達した時に、クロステイルカレントも急激に発達することを示唆する。





## A12-16

### 地上での Pi2 と地球近傍の 磁気圏尾部サブストームの関連性について

°坂田 圭司、桜井 亨、利根川 豊、坂田 俊文 (東海大学)  
山本 運人、向井 利典、鶴田 浩一郎 (宇宙研)

#### Relation between Ground Pi2 and near-Earth magnetotail substorm

°Keiji Sakata, Tohru Sakurai, Yutaka Tonegawa, Toshihumi Sakata (Tohoku Univ.)  
Tatsundo Yamamoto, Toshifumi Mukai, Kohichiro Tsuruda (ISAS)

Fluxgate magnetometer has been installed at the Tokai Univ. Space Information Center (TSIC) located at Kumamoto (22.5°N, 199.7°E in geomagnetic coordinates). Magnetic field variations have been measured since May 20, 1996.

Substorm onset relation between ground Pi2 and magnetotail substorm signatures is examined based on the data at TSIC and in the near-Earth magnetotail by GEOTAIL satellite. Followings are results obtained:

- 1) The onset time of Magnetotail substorm fairly corresponds with the onset time of ground Pi2.
- 2) In dusk region, the onset of ground Pi2 tends to occur earlier than magnetotail substorm.

We will discuss on propagation of Pi2's energy from the magnetotail to the ground, and furthermore on the mechanism of the substorm energy storage in the magnetotail in response to the polarity changes of the interplanetary magnetic field (IMF).

東海大学では1996年5月20日から、九州・熊本の東海大学宇宙情報センター(地理座標 32.8°N, 130.9°E、地磁気座標 22.5°N, 199.7°E)において、フラックスゲート磁力計およびプロトン磁力計による地磁気の定点観測を開

始した。現在まで延べ1年間の観測において、Pi2、Pc3,4などの地磁気脈動の観測が可能であることが確認された。

今回は熊本で観測されたデータのうち Pi2に着目し、Pi2の onset 時刻、振幅、周期等と、地球近傍の磁気圏尾部においてジオテイル衛星で観測された磁場、電場、プラズマのデータとの相関について解析を行った。1996年10月6日から12月31日の約3ヶ月間に出現した約200個の Pi2 について関連性を求め、以下のような結果が得られた。

- ・地球に近い磁気圏尾部(20~30Re)でのサブストームと地上での Pi2 の onset 時刻は、かなりの確率で一致する。
- ・午後の領域においては、磁気圏尾部サブストームが Pi2 の onset 時刻より遅い傾向が見られる

現在は、統計的な信頼性を向上させるとともに、WIND衛星のデータを用いて、IMFとの関連を含めた解析を行っている。発表では、これらの結果に基づいて、サブストームに伴うエネルギーの伝播等について論ずる。

## A12-17

### sc/siの南北半球での非対称に於けるDP-field 成分の検証

○北村健太郎、湯元清文 (九州大学)、  
210°地磁気観測グループ

#### An asymmetry of DP-field Component Associated with sc/si between the Northern and Southern Hemisphere

○K. Kitamura, K. Yumoto (Kyushu Univ.)  
and The 210° MM Magnetic Observation Group

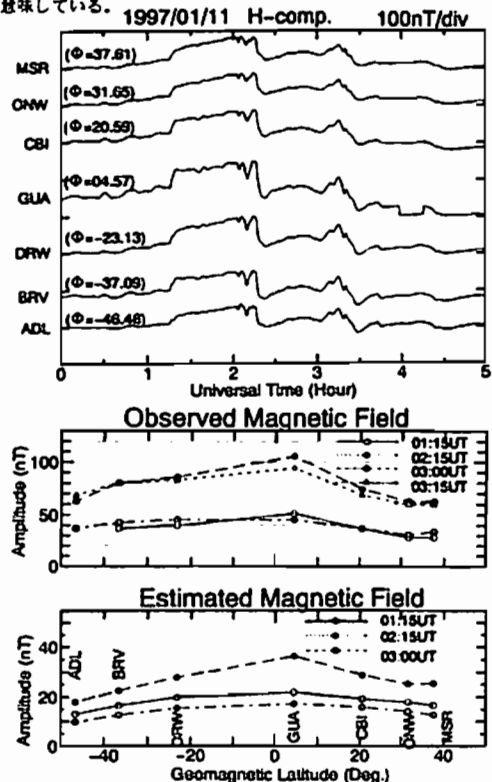
Magnetic field data obtained along the 210° magnetic meridian have been analyzed to investigate the northern/southern asymmetry of sc/si magnetic variations. This asymmetry is considered to be caused by a seasonal variation of the ionospheric conductivity. We tried to separate DL-field component from the total variation of sc/si by using the Tsyganenko Model. As a result, it is found that the asymmetry of DL-field component is a few percent of the total variation. This means that the northern/southern asymmetry (~25%) of sc/si variations is predominantly due to DP-field component.

sc/siの南北半球での非対称は、一般的に電離層の電気伝導度の季節変化によって説明されてきた。また、sc/siの磁場変動は、DL-field, DP-fieldという2つの成分に分解されて解釈されてきた。本研究では、DP-field成分の南北半球での非対称に対する寄与を調べるため、210°磁気子午線上の磁場データ及び人工衛星によって得られた太陽風データに対し解析を行った。

図は、1997年1月11日の例である。01:15UT, 03:00UTにpositiveなsc、及び、02:15UT, 03:15UTにnegative siが発生している。振幅は、赤道が大きく緯度が上がるに従って小さくなっている。これは、全変動の内、DL-fieldが支配的であることを意味している。しかし、南北半球での共役点(MSR, BRV: |φ|=37°)を比較してみると南半球の方が約20nT程度振幅が大きくなっている。このイベントに対し、WIND衛星によって得られた太陽風動圧より、Tsyganenko Modelを用いて磁気圏界面電流による地上での磁場変動を見積

もった。これは近似的にsc/siのDL-field成分を示すと考えた。その結果、見積もられた地上の磁場変動は観測された振幅の約40%程度を示し、南北半球での非対称は数nTとなった。

この結果は、DL-fieldが支配的であるとされている地上中低緯度でのsc/siに対しても、振幅の25%程度の南北非対称がDP-field成分によって引き起こされていることを意味している。



## A12-P248 通信総合研究所における宇宙天気予報 一次期太陽活動極大期に向けて

佐川 永一、石橋 弘光、秋岡 眞樹、長妻 努、小原 隆博、丸山 隆、  
島津 浩哲 (通信総研)

### Space Weather Forecast Project at Communications Research Laboratory - Toward the next Solar Maximum -

E. Sagawa, H. Ishibashi, M. Akioka, T. Obara, T. Nagatsuma, T. Maruyama, and  
H. Shiinazu (Communications Research Laboratory)

#### Abstract

In 1988, the space weather forecast project started at the Communications Research Laboratory (CRL). The purpose of this project is to construct the warning and forecasting system for solar and space environment disturbances. We have been developing an international data exchange network system, solar telescopes for monitoring solar disturbances, and database for space environment and the solar image, while pursuing basic research related to the space weather. These results are adopted in the daily space weather forecast at the Hiraiso Solar Terrestrial Research Center/CRL. We will be operating a prototype space weather forecasting system during the next solar maximum period. Further, we have several plans to study the space weather forecast toward the next solar maximum mainly in the field of solar and magnetospheric physics. Our current activities and future plans for space weather project will be introduced in our talk.

通信総合研究所 (CRL) では 1988 年以来、宇宙天気予報システムの研究開発に取り組んでいる。このプロジェクトは、有人宇宙活動が活発化し、衛星システムが複雑化する将来に向けて、それらに悪影響を及ぼす宇宙環境擾乱や太陽面擾乱を監視する体制を構築する事、及びこれらの擾乱現象の予報可能性を探る事を目的としている。

これまで、基礎研究に加え、国際的なデータ交換ネットワークの構築、太陽陰視観測装置の開発と整備、宇宙環境や太陽画像等のデータベースの構築等を進

めてきた。これらは平塚宇宙環境センター/CRL で行われている予報業務に反映され、予報精度の向上に役立っている (通信総合研究所季報 43 巻第 2 号「宇宙天気予報システムの研究開発」特集号参照)。次期太陽活動極大期には、独自の観測とデータ交換により、太陽地球環境の現況把握やその推移予測を宇宙天気予報システムとして試験運用していく予定である。さらに、次期太陽活動極大期をめざして、CRL では太陽と地球磁気圏を中心に、いくつかの観測 (偏光分光技術による太陽面の精密計測、ACE 衛星による太陽風データリアルタイム受信システムの整備、磁気圏モデリングや物理過程に基づいた予報アルゴリズムの構築等) について研究・開発を進めていく予定である。講演では、CRL における宇宙天気予報の全体的な将来像とともに、今後の課題のうち主なものについてその目的とするところ及び具体的な計画について報告する。

## A12-P249 サブストーム現象発生の予兆 / Himawari による放射線粒子の観測

小原隆博、田光江、長妻努、佐川永一 (平塚宇宙環境センター)  
PRECURSORS TO SUBSTORM ONSET  
- Results of analysis of the trapped radiation particles from the GMS -

T.Obara, M.Den, T.Nagatsuma, and E.Sagawa (HSTRC, CRL)

In order to have a clue to inform a substorm onset, we have performed an investigation on the variation of the trapped radiation particles based on the Himawari observations. Results demonstrates the particle flux decreases very much prior to the substorm onset in advance, which corresponds to the substorm growth phase. At the substorm onset, the flux shows a significant increases in a short time. Gradual decrease as well as a sudden increase of the trapped radiation particle at the geo-stationary orbit will be promising to know the substorm growth phase and the onset. A physical explanation will be presented with a brief review of the Himawari observations.

磁気圏における擾乱現象の代表であるサブストームの発生については、これまで多くの観測および理論研究がなされて来ている。我が国においても、磁気圏尾部観測衛星、極域レーダーなどを用いた本格的な研究が推進されている。宇宙研究の応用としての「宇宙天気予報」においても、サブストームの発生予兆は、重要な課題であり、現在、太陽風のリアルタイムデータを用いた予報スキームに関する研究が活発な状況にある。

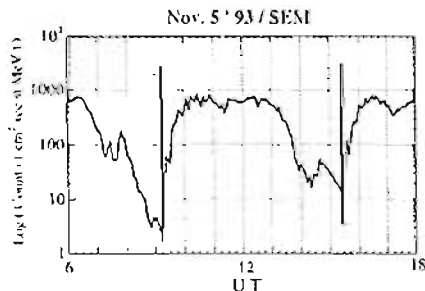


図1

平塚宇宙環境センターでは、気象衛星ひまわりからのデータを受信し、宇宙放射線環境変動をモニターしているが、放射線帯粒子のフラックスが、サブストームのグロースフェーズ (成長期) に減少する事が見いだされた。

1978年から現在までの放射線帯データを解析し、L=6.6 (放射線帯外帯球部に位置する) における放射線帯電子の挙動を以下のように明らかにした。

(1) 放射線帯電子 (> 2 MeV) のフラックスは、サブストームの成長期に於いて減少を続け、オンセットと共に、元のレベルに戻る。図1にその例を示しているが、成長期の開始と共に粒子の減少が起こり、2~3時間程度減少が継続した後、オンセット (観測で示す) と共に急激にレベルが戻っている。

(2) この現象が見られる時間帯は、夜に限られている (図2参照)。

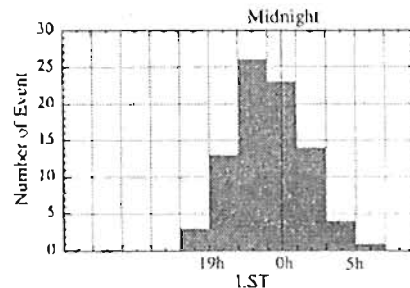


図2

図3は、この現象を説明するモデルであるが、サブストームの成長期、磁力線が復元で引き伸ばされている様子が示されている。磁気赤道から若干離れているひまわり衛星はこのとき、相対的に外側の磁力線に移り、粒子数の低下を経験する事になる。講演では宇宙天気予報へ応用という観点から信頼性 (確実性) についても議論する。

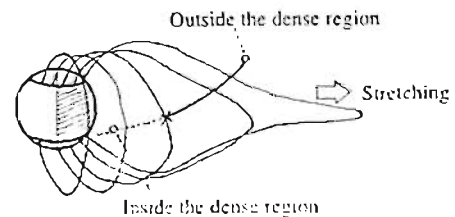


図3

### AMPTE CCE and SCATHA Observations of Energetic Ion Injection During the Current Disruption Event on August 28, 1986

<sup>o</sup>Kazue Takahashi (STEL, Nagoya University)  
 Shin-ich Ohtani and D. G. Sibeck (The Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory)  
 H. E. Spence (Center of Space Physics, Boston University)

Ion injections are a common feature associated with magnetospheric substorms but the general morphology and physics of the injections are not fully understood. To enhance the flux of the particles the electromagnetic field have to either transport the particles from the region of a higher density or accelerate the particles to raise their phase space density at a given energy. In either case, it is important to compare the fields and particle fluxes to get insight into the origin of injections. In this paper we present an analysis of the variations of ion fluxes and their relation to the magnetic field during the well-documented current disruption event on August 28, 1986. For the event the AMPTE CCE and SCATHA satellites were located near midnight at a radial distance of  $\sim 8$  Re, with a separation  $\sim 1$  Re. Both satellites observed magnetic field dipolarization accompanied by large-amplitude oscillations. Notable particle features found in this event are as follows. (1) In the  $\sim 50$ -100 keV ion fluxes the onset of the enhancement was delayed by 1-min from the onset of the magnetic field dipolarization, at each satellite.

(2) High-time-resolution samples available from the CCE satellite indicate that the interval of flux enhancement was associated with high-frequency (period  $< 10$  s) oscillations in the magnetic field. (3) During the enhanced magnetic oscillations the ion fluxes also fluctuated considerably but the fluxes maintained a pancake type pitch angle distribution.

### Substorm influences in the polar magnetosphere

<sup>o</sup>H. Kawano<sup>1</sup>, G. Le<sup>2</sup>, C. T. Russell<sup>2</sup>, S. Kokubun<sup>1</sup>, T. Mukai<sup>3</sup>,  
 T. Yamamoto<sup>3</sup>, Y. Saito<sup>3</sup>, G. Rostoker<sup>4</sup>, H. E. Spence<sup>5</sup>,  
 G. K. Parks<sup>6</sup>, and M. J. Brittner<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University

<sup>2</sup>Institute of Geophysics and Planetary Physics, UCLA, U.S.A.

<sup>3</sup>Institute of Space and Astronautical Science

<sup>4</sup>Department of Physics, University of Alberta, Canada

<sup>5</sup>Department of Astronomy and Center for Space Physics, Boston University, U.S.A.

<sup>6</sup>University of Washington Geophysics Program, U.S.A.

In our initial study of substorm effects on the high altitude polar magnetosphere using the POLAR spacecraft located near its apogee in the northern polar magnetosphere, GEOTAIL in the near-Earth magnetotail, and the CANOPUS network, we have found that the magnetic field strength,  $|B|$ , at POLAR increased during the loading phase of the substorm, then recovered toward the pre-substorm level during the unloading phase of the substorm. We interpreted this feature in terms of the storage of the magnetic flux, which was reconnected at the dayside magnetopause, during the loading phase.

In this paper we study a larger number of substorm cases observed by the same set of satellites and ground stations. We

have found that the increase-then-recovery pattern in  $|B|$  at POLAR is fairly common: We have found no clear decrease in  $|B|$  during the loading phase, although we have found some events in which  $|B|$  did not change much. We compare the timing of this increase-then-recovery pattern with the timing of substorm-associated variations at GEOTAIL, at ground stations, and in ultraviolet auroral images taken from POLAR.

We also look at the tilt angle of the magnetic field at POLAR, roughly reflected in the angle of the magnetic field in GSM XZ plane. For more than half of the substorm events we have looked at, the tilt angle decreased during the loading phase consistent with decreased flaring of the tail field. However this tendency is not as common as the pattern in the  $|B|$  change, implying there are other factors which control the change in the tilt angle of the magnetic field.

We have also found cases in which POLAR temporarily exited from the magnetosphere during the intervals of substorms. The position of the satellite appears to affect the occurrence of the exit events. Other possible factors to cause the exit events, such as the solar wind pressure and the substorm intensity, are also examined.

サブストーム Growth Phase における  
磁気圏構造の変化

○ 浅野芳洋, 向井利典, 齋藤義文, 山本達人 (宇宙研),  
長井嗣信 (東工大理), 国分征 (名大STE研)

Configuration Change of the Magnetotail on the  
Growth Phase of Substorm

Y. Asano, T. Mukai, Y. Saito, T. Yamamoto (ISAS),  
T. Nagai (TIT) and S. Kokubun (STE Lab)

We have found that the pressure increase is seen in the wide area of the plasma sheet on the growth phase of substorm. It is usually due to the density increase. Magnetic field tail-like signature is not always seen in the flank and the near tail plasma sheet ( $X_{GSM} \leq -20R_E$ ), though it is usually seen in the plasma sheet ( $X_{GSM} \geq -20R_E$ ). Using these topics, we will discuss the configuration change of the magnetosphere on the growth phase of substorm, considering the triggering mechanism of the substorm.

サブストーム Growth Phase において IMF が南向きになるのに伴い太陽風のエネルギーが磁気圏に侵入し、その結果ローブ領域の磁気圧が増大することは、以前から知られている。

磁気リコネクションは、 $-20R_E \geq X_{GSM} \geq -30R_E$  で起きることが多く、また  $Y_{GSM}$  方向には真夜中付近に限られた領域で起こることが、最近の研究で分かってきた。

磁気リコネクションの起こった磁力線沿いの領域ではプラズマ高速流が観測されるが、Geotail 衛星のデータによる解析により、この高速流が見られるようなプラズマシート領域では、Growth Phase においてプラズマ密度

の増大により、プラズマ圧が上昇することが示された。

今回更に、サブストームに先立ち IMF の南転が見られるようなイベントのうち、Growth Phase の大部分の間ニュートラルシート近辺に滞在するイベントを選びだし、その時のプラズマ圧を調べたところ、リコネクションの起こる真夜中付近に限らず、プラズマ高速流が観測されないような  $|Y_{GSM}|$  の大きな側面部まで、広い範囲でこのプラズマ圧の上昇が見られることが分かった。

一方で Growth Phase における磁場は、通常  $|B_z|$  が増大し、 $B_x$  が減少するという、Tail-like な形状への変化を示す。このような変化は、 $X_{GSM} \geq -20R_E$  では顕著に見られ、逆に磁気圏側面部や  $X_{GSM} \leq -20R_E$  ではあまり見られない場合もあることが分かった。

これらの結果を用い、本学会では Growth Phase における磁気圏の構造変化の X-Y 方向非一様性について、磁気リコネクションの発生メカニズムなども考慮しながら議論する。

サブストーム時の磁気圏近尾部の圧力変化

○ 宮下 幸長, 町田 忍 (京都大学 理学研究科 地球惑星科学専攻),  
向井利典, 山本達人, 齋藤義文 (宇宙科学研究所),  
国分征 (名古屋大学 STE 研)

Pressure Variations

in the Near-Earth Magnetotail during Substorms

○ Y. Miyashita, S. Machida (Kyoto Univ.),  
T. Mukai, T. Yamamoto, Y. Saito (ISAS),  
and S. Kokubun (STE-Lab., Nagoya Univ.)

A temporal variation of total pressure at various distances in the near-Earth magnetotail ( $X_{GSM} = -7.5R_E \sim -32.5R_E$ ) were investigated using superposed epoch analysis. We selected 84 substorm events and analyzed them statistically. The total pressure, which is normalized by an average value over 120 min. interval, increases before the onset, and decreases a few minutes before/after the onset. It seems that the decrease of the total pressure started first around  $X = -20R_E$ , and then propagated to both sides. It is also found that at the distance of  $X = -25R_E$ , the total pressure decrease started in the lobe first, and then propagated to the PSBL and PS region successively.

本研究では、サブストームのオンセット前後の地球磁気圏近尾部の全圧力変化が時間空間的にどのように変化するかを系統的に調べた。すなわち、サブストームのオンセット前後数十分間の全圧力変化の仕方が時間および X(GSM) の関数としてどう変化するかを調べた。解析は、84 の現象の例を集め、統計的に処理した。

まず、サブストームのオンセットの時刻は、楕円の地上磁場の H 成分に見られる  $P_i 2$  等により決定した。その後、GEOTAIL 観測データ ( $X = -7.5R_E \sim -32.5R_E$ ) からそのオンセット時刻の 60 分前から 60 分後までの全圧力  $P_t = nkT + B^2/2\mu_0$  の 1 分平均値を求めた。ただし、プラズマ圧はイオンの寄与のみで、電子の寄与は考慮していない。全圧力は地磁気活動度

や X 方向の位置などによって、イベントごとに値が大きく異なっているので、各イベントに対してそれぞれの観測値をオンセット前後 120 分間の平均値で規格化した。このようにして求められた全圧力を X 方向に  $5R_E$  ごとのグループに分類し、それぞれの場所における全圧力の平均的ふるまいを求めた (図の真線)。

観測の結果、いずれの場所においても全圧力はサブストームのオンセット前に上昇し、その前後で下降することが見いだされた。しかし、興味深いことに、全圧力変化の量  $\Delta P_t$  は共通して約 0.05 nPa くらいである。また、全圧力解放ははじめ  $X = -20R_E$  付近で起こり、その後、その両側にひろがっていくように見受けられる。

また、各 X においてプラズマベータにより PS、PSBL、ローブに分類したところ、われわれの予想に反して、 $X = -25R_E$  では、全圧力解放はローブから始まり、PSBL、PS と順に起こっているが、その理由は不明で、現在検討を進めている。

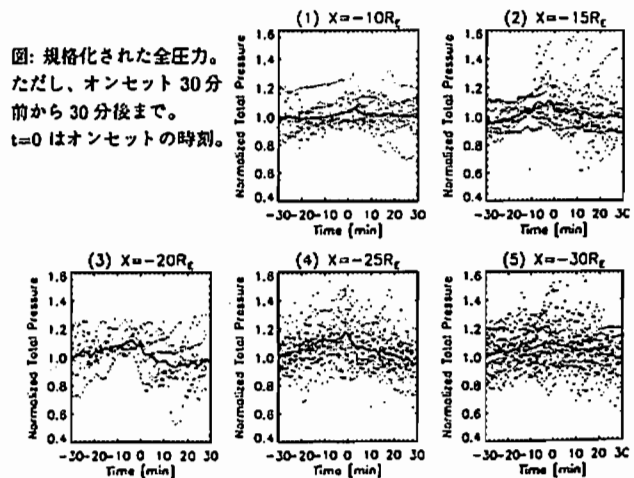


図: 規格化された全圧力。ただし、オンセット 30 分前から 30 分後まで。t=0 はオンセットの時刻。

## 磁気圏 Tail-Like な磁場構造での 磁気リコネクション

○ 阿部修英, 星野真弘, 篠原育, 中村匡, 岡田康司 (宇宙研)

### Reconnection of Tail-Like Magnetic Fields

S.Abe, M.Hoshino, I.Shinohara, T.K.Nakamura, K.Okada (ISAS)

We study time evolution of the plasma sheet with the tail-like magnetic field by using MHD simulations. The effects of the initial magnetic field structure on the evolution of magnetic reconnection and plasmoid will be discussed.

磁気リコネクション過程は、磁気圏における磁場エネルギーを荷電粒子の運動エネルギーに変換する過程として知られており、磁気圏尾部で観測されるサブストーム現象と深く関わっていることがわかっている。しかし、磁気圏尾部のプラズマシートのダイナミックな構造変化では、Tearing instability のみならず交換型不安定として知られる Ballooning instability も重要な役割を果たすと考えられる。特に、磁気圏近尾部で観測される時間変動の速い高速プラズマ流は Ballooning mode も関わっているのではないかとされている。3次元MHD数値シミュレーションを用いて、Tearing mode と Ballooning mode の競合過程およびその非線形発展を調べ、サブストーム現象と深く関わる磁気リコネクション過程を研究する。

これまでに3次元MHDコードの開発を行ったが、今回は2次元MHD数値シミュレーションで Tail-like な磁場構造の磁気リコネクション過程を調べた。これは3次元計算結果と比べる為に重要であり、今回は2次元計算の結果を詳しく解析する。

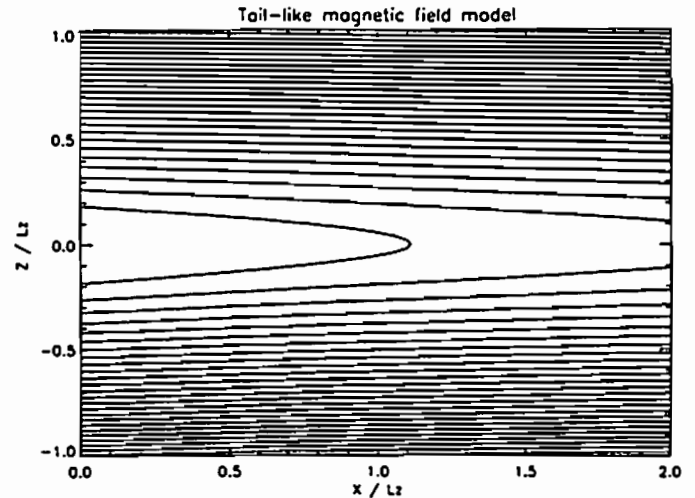
磁気圏尾部の Tail-like な磁場モデルとして、

$$A_y(x, z) = B_0 L_z (\ln \cosh \frac{zF(x)}{L_z} - \ln F(x))$$

$$F(x) = (1 + \alpha \frac{x}{L_z})^{-\beta}$$

を初期条件に選び、 $\alpha$  および  $\beta$  の値に対する磁気リコネクションの時間発展の影響を調べた。 $(\alpha = 0.3, \beta = 0.06$  の場合の Quasi-Parabolic な磁場構造を下図に示す。)

これまでに南北方向の磁場が大きいと磁気リコネクションが安定化されることが示された。講演では初期の磁場構造に対するプラズモイドの時間発展についても議論する。



A会場

10月3日(金)

9:00~12:00

# 磁気圏構造 - II

## Magnetospheric Dynamics - II

oral: A21-01~11

座長

中村るみ (名大・STE研)

斎藤義文 (宇宙研)

## A21-01 北向き IMF における尾部磁気中性面をクロスする磁場成分とプラズマ速度の関係

\*前沢 潤[1],堀 智昭[1],馬場 功[1],向井 利典[2],斎藤 義文[2]  
 山本 達人[2],園分 征[3],西田 篤弘[2]  
 [1]名古屋大学理学部  
 [2]宇宙科学研究所  
 [3]STE研

### Relationship Between the Magnetic Field Component Normal to the Tail Neutral Sheet and the Local Plasma Flow Speed for the Northward IMF

\*K. Maezawa[1],T. Hori[1],J. Baba[1],T. Mukai[2],Y. Saito[2]  
 T. Yamamoto[2],S. Kokubun[3],A. Nishida[2]  
 [1] Faculty of Science, Nagoya University  
 [2] ISAS  
 [3] STE laboratory, Nagoya University

In the previous reports, we have shown that the tilt of the tail neutral sheet resulting from the magnetic tension exerted by IMF By amounts to 30 degrees for the case of the northward IMF for  $x < -150$  Re. It is important to take into account this effect in order to discuss the magnetic field component normal to the neutral sheet. By utilizing the empirical formula for the tilt angle obtained previously, we statistically analyzed the magnetic field component normal to the expected neutral sheet. The results indicate that the reconnection is frequently occurring in the distant plasma sheet even during the period of low Kp values. We propose that the northward IMF field lines which have been reconnected around the cusp are convected into the plasma sheet at the tail flanks and are locally reconnected again.

著者等の今までの研究において、磁気圏中性面は、IMFのBy成分の影響により傾き、その角度は特にIMFが北向きとき大きく、遠尾部では30度にも達することがわかっている。一方、磁気圏尾部の中性面を貫く磁場成分は、磁気圏磁場のトポロジーや、磁場再結合に関する手がかりを得るのに重要な成分である。今回は、中性面の傾きを考慮に入れて、磁気圏中性面を貫く成分の統計解析を行い、特にIMFが北向きで(内部)磁気圏が静かなときに着目してプラズマ速度との関連を調べた。その結果、(1)磁気中性面を横

切る成分は、IMF北向きるとき遠尾部磁気圏で平均的にはゼロである、(2)個々のケースでは中性面を横切る磁場成分の符号とプラズマ速度の間に相関があり、それはKp値の小さい時にも成り立つことがわかった。これは、IMF北向きでKp値の小さいとき(Kp<=1)も、遠部磁気圏で磁気再結合がおり、プラズマシートにエネルギーの供給が起こることを示している。また、個々のケースを調べてみると、Kpが小さい場合にテイルの境界面近くで、マントルプラズマ的分布関数を持つプラズマをのせた磁力線上に、磁気再結合を思わせるイオンビームが重なって見えることが多い。以上のことから、北向きIMFの場合、カusp近くで磁気再結合を起こした磁力線が尾部に運ばれる過程で、その磁力線沿いにシースのプラズマが侵入して北向きIMFのマントルを形成し、さらにその磁力線がプラズマシートに侵入して、局所的に(遠尾部で)磁気再結合を起こすと考えられる。さらに、北向きIMFのときに、近尾部(x>-30Re)のDawnおよびDuskの磁気圏境界面近くにも、磁気再結合に関係していると思われるイオン分布関数が見られるので、それについても解析中である。

## A21-02

### 磁気圏近尾部 neutral sheet の位置の IMF-By 依存性

\*原 聖直、前沢 潤(名古屋大)、向井 利典、斎藤 義文、山本 達人、西田 篤弘(宇宙研)、園分 征(STE研)

#### IMF-By dependence of the position of the neutral sheet in the near-Earth magnetotail

\*K.Hara, K.Maezawa (Nagoya Univ.), T.Mukai, Y.Saito, T.Yamamoto, A.Nishida (ISAS), S.Kokubun (STE lab.)

Fairfield[1980] showed that the dipole tilt angle dependence of the Z coordinate of the magnetotail neutral sheet can be represented by the equation

$$Z = \left[ (H_0 + D) \sqrt{1 - \left( \frac{Y}{Y_0} \right)^2} - D \right] \sin \chi \quad (Y < Y_0), \quad Z = -D \sin \chi \quad (Y \geq Y_0) \quad \dots \textcircled{1}$$

where  $\chi$  is the tilt of dipole, and  $H_0$ ,  $D$ , and  $Y_0$  are constants

In the previous study, we statistically examined the crossing points of the neutral sheet in the near-Earth magnetotail and confirmed that there was an X dependence of the position of the neutral sheet for  $-30 < X < -10$  (Re).

In this study, using GEOTAIL and WIND magnetic field data, we statistically studied the field geometry and confirmed that the IMF-By had an influence on the position of the neutral sheet.

Fairfield[1980]は neutral sheet の位置の Z 座標 (GSM 座標系) が地球の dipole 軸の傾き  $\chi$  に依存するモデルを 1980 年に示した。(式①。ここで、 $H_0$ ,  $D$ ,  $Y_0$  は Fairfield が観測から決めた定数。) 我々は前面の学会で、 $-30 < X < -10$ ,  $0 \leq |Y| < 20$  (Re) の近尾部領域で GEOTAIL 衛

星が観測した磁場データの統計的な分析からこのモデルに X 方向の依存性を考慮に入れる必要があることを示した。(この時  $H_0$ ,  $D$ ,  $Y_0$  は X の変数。)

本研究では、1994 年 11 月から 1997 年 4 月の期間に GEOTAIL が観測した磁気圏のデータと WIND が観測した太陽風のデータを使って統計をとり、neutral sheet の位置が IMF-By の影響を受けて我々が示したモデルから変位することが認められた。(Figure.1) また、他のパラメータについても同様の統計をとると共に、衛星の neutral sheet crossing の時間スケールについての考察も行う。

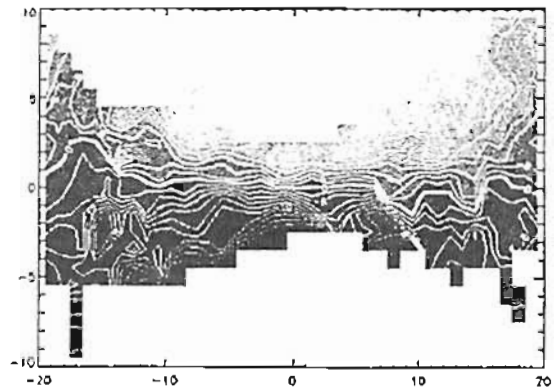


Figure.1 IMF-By<0 の時の  $-30 < X < -10$  (GSM 座標系) の領域における  $B_x$  の contour map. 横軸は Y 軸、縦軸は我々が示したモデルニュートラルシートから測った観測点の Z 座標。neutral sheet の位置についてモデルからの変位がわかる。



## A21-03 惑星空間電場の増加に対する磁気圏尾部 プラズマシート/ローブ電場の応答

中村らみ、国分征, Lee Bargatze (名大 STEL),  
向井利典、山本達人(宇宙研), 長井嗣信 (東工大)

Response of midtail plasma sheet and lobe to the enhanced solar  
wind energy input

R. Nakamura, S. Kokubun, L. Bargatze, (STEL),  
T. Mukai, T. Yamamoto (ISAS), T. Nagai (TiTech)

By using GEOTAIL data at downtail distance between 17 and 30 RE, we examined the relationships between solar wind electric field and magnetospheric plasma and field parameters for enhanced southward IMF period. While the pressure started to increase within about 10 min from the solar wind electric field enhancement, the magnetospheric electric field does not start to increase until the onset of pressure decrease when the substorm takes place. For substorms with spontaneous onset cases, we found that duration of the electric field fluctuations is close to the time scale of the solar wind electric field. It is suggested that the midtail plasma sheet could be also strongly driven by the solar wind.

過去の ISEE1/2 を用いた統計的な研究では、惑星空間パラメータと plasma sheet での flow との相関が低かったために、plasma sheet への惑星空間電場の侵入はほとんどないとされてきた。本研究では、惑星空間電場の変化に対する磁気圏尾部 plasma sheet/ lobe の応答を、GEOTAIL が X= -17 ~ 30 RE に位置していた 95 年 10 月から 96 年 2 月の substorm の例についてイベントごとにタイミング、磁気圏尾部内のエネルギー収支を考慮して解析した。

IMF の南向き成分が増加することに伴って、磁気圏内の圧力の増加が開始されるがこの間磁気圏電場の増加はほとんど観測されない。しかし、expansion phase onset にともなって、圧力が減少する際には dawn-to-dusk の電場が増加する。この電場は衛星が plasma sheet

から lobe に出て、再び plasma sheet に入る間、断続的ではあるが観測される。特に磁気圏内で対流が発達したと考えられる spontaneous onset の場合については、図 1 の 2 例に見られるように、電場の擾乱が起きている時間スケールがよく一致している。このことは、midtail plasma sheet 中でも惑星空間電場に駆動される電場変動があることを示唆している。双方の電場の相関をとっても値が低かったのは、midtail で電場が励起されるタイミングが、太陽風の distant tail 到達時間よりも更に後であること(spontaneous onset の存在)、また電場が transient な変動を伴うためと考えられる。

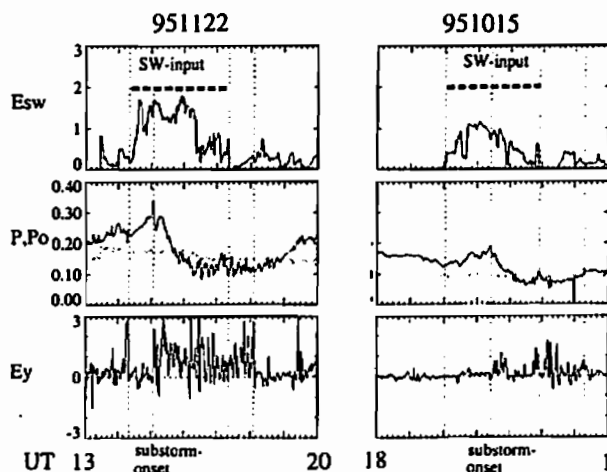


Figure 1. An example of two substorms with spontaneous onset on November 22 and on October 15, 1995. Solar wind electric field (Effect of By is included), total pressure of GEOTAIL and expected average pressure obtained from solar wind pressure, and dawn-to-dusk component of magnetospheric VxB electric field are plotted.

## A21-04 Response of the Earth's Magnetosphere to Variation of the Solar Wind and IMF

Tatsuki Ogino

Solar-Terrestrial Environment Laboratory,  
Nagoya University

When the solar wind and the interplanetary magnetic field (IMF) change in the upstream region, the earth's magnetosphere responds with a complicated manner. The size of magnetosphere can be well determined by the dynamic pressure of the solar wind, however the response time to reach a new steady state depends on the regions of magnetosphere. The dayside magnetosphere usually responds to the variation in 10-20 minutes, on the other hands the plasma sheet in the midnight region does in 40-60 minutes. Moreover, wavy phenomena and fluctuations with large scale are easily excited in various regions of the magnetosphere when the upstream disturbances of the solar wind and IMF pass through the magnetosphere.

Magnetic reconnection in the magnetosphere looks like not occurring in a steady manner as shown in the flux transfer events in the dayside magnetopause. The plasma sheet usually does not reach a static steady state as time elapses

because tail reconnection may occur in intermittent and patchy manner. In particular, high level fluctuations or wavy phenomena can be seen in the plasma sheet and at the magnetopause during southward IMF. Temporal variation of the solar wind and IMF may accelerate the complicated behavior. Therefore, it becomes important to distinguish spontaneous phenomena associated with intermittent and patchy reconnection and transient phenomena associated with upstream disturbances.

We have studied response of the magnetosphere to variation of the solar wind and IMF by using a 3-dimensional global magnetohydrodynamic (MHD) simulation of interaction between the solar wind and the magnetosphere. For the first, the number density of the solar wind was greatly changed to study the 1997 January event, in which a high number density of 180/cc was observed for 1 hour during northward IMF of 18nT by WIND satellite. The simulation result shows a strongly compressed magnetosphere due to the high solar wind dynamic pressure and the inner region of the hot plasma sheet also intrudes inside the geosynchronous orbit. This implies that geosynchronous satellites may be affected by high energy plasma in the plasma sheet. We have also studied behavior of the magnetosphere when the IMF rotates in the y-z plane with many different periods from 8 hours to 10 minutes. As a result, it turns out that the magnetotail is hard to respond to the variation with period shorter than 1 hour and that the magnetosphere does not show a well posed manner anymore.

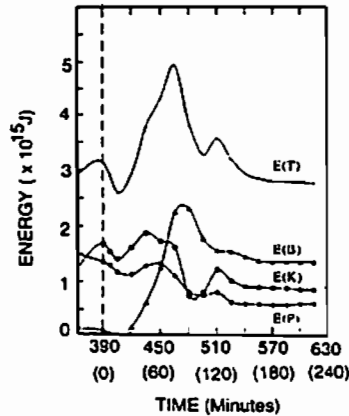
## A21-05 Variation of the Magnetospheric Energy Budget for Different North-South IMF Input Histories

°Lee F. Bargatze and Tatsuki Ogino

Solar-Terrestrial Environment Laboratory  
Nagoya University

Three-dimensional, global magnetohydrodynamic simulations are used to model the response of the Earth's magnetosphere to coupling with the solar wind. A set of nine MHD simulation runs have been compiled in order to track the flow of energy in its various forms through the magnetospheric system. In each of the nine runs, a constant northward IMF was introduced and held fixed for four hours ( $B_z$  equal to +2.5 nT, +5 nT, or +10 nT) in order to allow the system to relax to a quasi-steady state configuration. Then, a southward IMF was input ( $B_z$  equal to -2.5 nT, -5 nT, or -10 nT) again set constant for four hours. Each of the nine simulations were run using a different combination of northward and southward IMF values (i.e. +2.5 nT followed by -2.5 nT, +2.5 nT followed by -5 nT, etc.). These simulation runs have already been used to demonstrate that the length of the substorm growth phase, estimated using the times when southward IMF reaches the dayside magnetopause and when a near-Earth neutral line forms in the tail, is a function of the IMF magnitudes both before and after the southward turning.

Following the lead of Ogino et al. (1996) (see figure below), new results will be shown tracking energy flow and storage in the model magnetosphere in its various forms: kinetic, thermal, and magnetic, through the growth and expansion phases of activity in each of the nine simulation runs. The figure shows variations in the total energy found via integration over the volume of the model system for four hours after a southward turning that occurred at time  $T = 390$ -min. As described in Ogino et al. (1996), growth phase enhanced convection and tail lobe magnetic energy storage as well as expansion phase conversion (at  $T = 480$ -min) of magnetic energy into kinetic flows and thermal heating are all observed. In addition to the nine runs described above, results from a new run incorporating a northward turning will be presented in order to test how such a trigger can change the time history of the energy flow and conversion in the model system.



## A21-06

### 遠尾部磁気圏境界の位置の太陽風、IMF 依存性

°長谷川 洋、前沢 潤 (名古屋大)、  
斎藤 義文、向井 利典、山本 達人 (宇宙研)、  
園分 征 (STE研)

#### Dependence of the Distant Tail Magnetopause Position on the Solar Wind and IMF

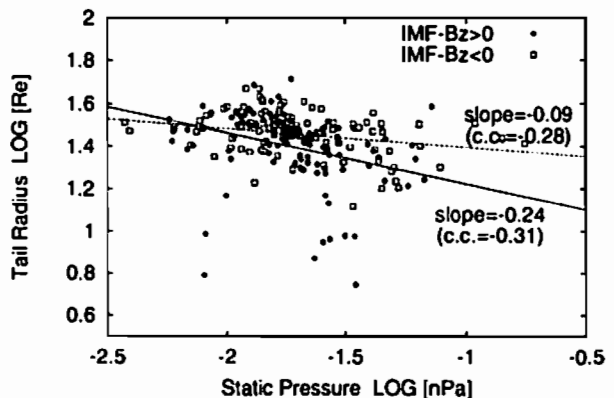
°H. Hasegawa, K. Maezawa (Nagoya Univ.),  
Y. Saito, T. Mukai, T. Yamamoto (ISAS),  
S. Kokubun (STE lab.)

Utilizing the GEOTAIL data obtained in the distant ( $X < -110$  Re) magnetotail and the simultaneous solar wind plasma and IMF data from IMP8, we investigate how the solar wind and IMF affect the location of the distant tail magnetopause. Since it is known that changes in the solar wind flow direction causes the flapping of the tail, we selected only the time intervals during which the solar wind flow direction didn't change so much, and plotted magnetopause positions assuming that the tail axis is aligned with the solar wind.

We found that the distant tail magnetopause responded to the changes in the solar wind static (magnetic and thermal) pressure rather than the dynamic pressure, in contrast with the past near tail observations. This result confirms that in the distant region, the flaring of the magnetotail almost ceases and the solar wind dynamic pressure contributes little to the pressure balance at the magnetopause.

Examining the relationship between the solar wind pressure and the magnetotail radius, it is found that the magnetic flux in the magnetotail

is fairly constant during the northward IMF period, but not during the southward one. Therefore, we conclude that the magnetic flux in the tail is fairly conserved during the northward IMF, while it changes dynamically according to the substorm-related reconnection processes during the southward IMF.



The dependence of the distant tail radius on the solar wind static pressure ( $B^2/2\mu_0 + n k_B T$ ). The solid and dashed lines are fit to the points for  $IMF-B_z > 0$  and  $IMF-B_z < 0$ , respectively. The inclinations of the lines and the correlation coefficients are shown for each IMF direction. Assuming that the magnetic flux in the tail is completely conserved, the inclination is expected to be -0.25

# A21-07 GEOTAIL 衛星で観測された 地球磁気圏尾部における 朝側向き高速プラズマ流の解析

\*上野 安太, 町田 忍 (京大理),

西田 篤弘, 向井 利典, 齋藤 義文, 山本 達人, 穂田 浩一郎,  
早川 基, 松岡 彩子 (宇宙研), 國分 征 (名大 STE 研)

Analysis on the High-Speed Downward Plasma Flow  
in the Near-Earth Magnetotail Observed by GEOTAIL

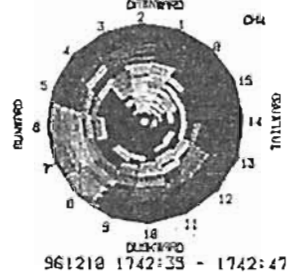
\*G. Ueno, S. Machida (Department of Geophysics, Kyoto Univ.),  
A. Nishida, T. Mukai, Y. Saito, T. Yamamoto, K. Tsuruda,  
H. Hayakawa, A. Matsuoka (ISAS), and S. Kokubun (STE)

We analyze high-speed downward ion flow in the earth's magnetotail observed by Low Energy Particle (LEP), Magnetic Field (MGF), and Electric Field (EFD) data aboard the GEOTAIL spacecraft. Such events were found both in the Plasma Sheet Boundary Layer (PSBL) and the Central Plasma Sheet (CPS), and revealed different shapes in the velocity distribution functions. Our analysis suggests that this downward flow is essentially the  $E \times B$  drift caused by the electric field which directed toward the center of the CPS.

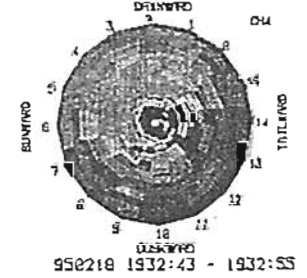
地球磁気圏尾磁気圏におけるイオン流体の運動としては、圧力勾配による反磁気ドリフト, dawn-to-dusk 電場による  $E \times B$  ドリフトが考えられる。この領域で磁気再結合が起こったとすると、古典的な描像では、夕側方向、太陽方向、反太陽方向への運動は説明可能であるが、朝側方向への運動を説明することはできない。しかし、GEOTAIL 衛星による磁気圏尾部のイオンの観測によると、大きいものでは  $\sim 1000$  km/s にも及ぶ朝側向きの成分を持つ高速流が検出されている。本研究では、GEOTAIL 衛星に搭載された低エネルギー粒子観測器 (LEP)、磁場計測器 (MGF)、電場計測器 (EFD) による観測データを用いて、イオンの朝側方向への運動を考察する。

朝側方向の高速流の発生頻度を評価すると、 $-20 \text{ Re} < X_{\text{CSW}} < -30 \text{ Re}$  の領域を通る 80 パスにおいて、朝側向き速度成分  $V_y < -500$  km/s が観測されたサンプリング回数 (1 サンプリング時間 12 秒) は 133 回である。これに対して、夕側向きで  $V_y > +500$  km/s を満たす例は 394 回で発生頻度の比はほぼ 1:3 であった。 $V_y$  の大きさの判定の基準値を 200 km/s とすると同パスで朝側、夕側向きでそれぞれ 4789 回、9730 回となり、その比はほぼ 1:2 であった。

ここでは、朝側方向への高速流が見られる速度分布函数の代表例を図示する。図 1 はプラズマシート境界層 (PSBL), 図 2 はプラズマシート中央部 (CPS) で得られた観測例である。前者では磁場の  $x$  成分が卓越しており、磁力線方向にそった太陽向き方向の流れと同時に朝側向きにドリフトする低温高密度の成分が見える。後者については、磁場の  $y$  成分および電場の  $x$  成分の卓越が見られ、分布函数は朝側に広がっている。これらの観測事実から、磁気再結合の際に CPS 方向を向く電場が生成されて、それによる  $E \times B$  ドリフトが朝側方向となることが推測される。また、この運動はプラズマ圧と磁場圧を加えた全圧の減少を伴う場合が多くあり、サブストームとの関連がうかがえる。講演では、この点に関しても言及する。



961210 1742:35 - 1742:47  
 $X_{\text{CSW}} = -25 \text{ RE}, Y_{\text{CSW}} = -1 \text{ RE}, Z_{\text{CSW}} = -3 \text{ RE}$   
 $B_x = -27.6 \text{ nT}, B_y = -0.0 \text{ nT}, B_z = 1.4 \text{ nT}$   
 $V_x = 16 \text{ km/s}, V_y = -690 \text{ km/s}, V_z = -97 \text{ km/s}$   
 $E_x = 1.3 \text{ mV/m}, E_y = -3.3 \text{ mV/m}$   
 $\log_{10} N = -1.6$



950210 1932:43 - 1932:55  
 $X_{\text{CSW}} = -25 \text{ RE}, Y_{\text{CSW}} = -1 \text{ RE}, Z_{\text{CSW}} = -3 \text{ RE}$   
 $B_x = -7.3 \text{ nT}, B_y = -1.3 \text{ nT}, B_z = 7.6 \text{ nT}$   
 $V_x = 0 \text{ km/s}, V_y = -65 \text{ km/s}, V_z = -255 \text{ km/s}$   
 $E_x = 1.9 \text{ mV/m}, E_y = -1.7 \text{ mV/m}$   
 $\log_{10} N = 0.03$

図 1. PSBL で観測された速度分布函数

図 2. CPS で観測された速度分布函数

# A21-08 A Case Study of Bursty Earthward Flow in the Near Earth Magnetotail Observed by GEOTAIL and Its Implication to Substorm Triggering

\*Shinobu Machida[1], Toshifumi Mukai[2], Yoshifumi Saito[2],  
Tatsundo Yamamoto[2], Atsuhiko Nishida[2], Tsugunobu Nagai[3],  
Masafumi Hirahara[4], Toshio Terasawa[5], Susumu Kokubun[6]  
[1] Department of Geophysics, Kyoto University  
[2] Institute of Space and Astronautical Science  
[3] Department of Earth and Planetary Sci., Tokyo Inst. of Techs.  
[4] Department of Physics, Rikkyo University  
[5] Department of Earth and Planetary Physics, Tokyo University  
[6] Solar-Terrestrial Environment Lab., Nagoya University

There is a recognition that the initial auroral brightening which is one of the notable features of substorm can be mapped to the midnight magnetosphere at the distance of  $X \sim -10 \text{ RE}$ . This fact is favorable to several models of substorms in which certain types of plasma instabilities in this near-Earth region play significant roles. However, recent GEOTAIL observations suggest the existence of the magnetic reconnection, and the location of the near-Earth neutral line lying in the region between  $-20 \text{ RE}$  and  $-30 \text{ RE}$  in the magnetotail. Besides, aforementioned instability models further need to introduce a tailward propagation of some disturbances such as a rarefaction wave, to make the magnetic reconnection in the region of  $-20 \text{ RE} > X > -30 \text{ RE}$  to start.

A bursty earthward flow which observed at 12:17 UT on March 3, 1995 had started a few minutes before the Pi-2 event which started at 12:19 UT at Kakioka station. The earthward flow velocity reached its peak  $\sim 1300$  km/s around 12:18:21 UT. By separating this earthward velocity ( $V_x$ ) into parallel and perpendicular components, we found that the perpendicular velocity took its maximum value of  $\sim 850$  km/s at 21:17:57 UT, while the parallel velocity took its maximum value of  $\sim 1100$  km/s at 21:18:21 UT.

As for the three dimensional plasma velocity distribution functions, they show a common feature of the magnetic reconnection, i.e., a slow earthward flow of plasma sheet

component starting first which followed by an abrupt change of the distribution function in which an earthward beam with the flow velocity  $\sim 1300$  km/s appears simultaneously with the cold dense component at 21:18:21 UT. This two component distribution is a common feature observable in the plasma sheet boundary layer, and regarded to be created by the magnetic reconnection.

Another notable character is a pronounced downward plasma flow together with an earthward flow. This suggests an existence of a large electric field toward the center of the plasma sheet, which cannot be understood by a classic model of magnetic reconnection.

This representative event in which the bursty earthward flow started several minutes before the Pi-2 event implies a possibility of substorm triggering by fast reconnection at the near-Earth neutral line, or at least, it implies a significant contribution of the magnetic reconnection to the substorm onsets so as to make the position of  $X \sim -10 \text{ RE}$  to another critical region where a substorm starts in a very short time.

A. Nishida, M. Hoshino, T. Mukai, and T. Yamamoto  
(Institute of Space and Astronautical Science, Sagamihara 229)

The distant neutral line is the most distant structural element of the magnetosphere beyond which an essentially uniform tail extends for thousands of  $R_E$ . In geomagnetically active intervals the distant neutral line is located at the distance of about 140  $R_E$ . This paper studies the dynamics of the distant tail beyond the distant neutral line by using GEOTAIL observations whose furthest apogee was about 210  $R_E$ . The dynamics should be due to reconnection processes at the near-Earth and the distant neutral lines and may also be due to instabilities of the extended neutral sheet.

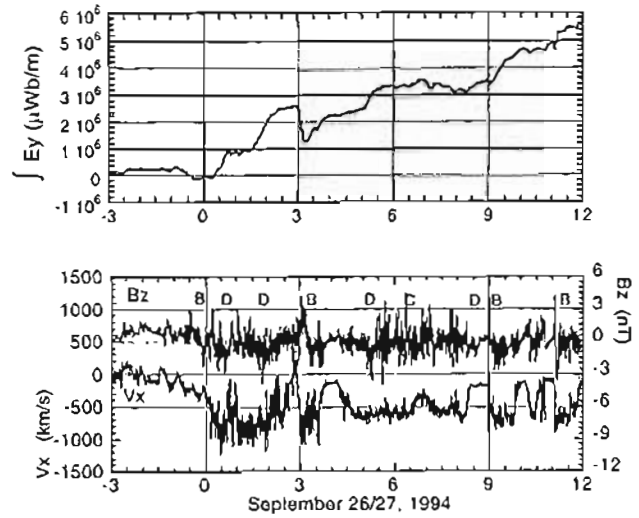
Figure shows the data for a 12-h interval in which GEOTAIL was at  $x = -169 R_E$  in the distant tail and stayed in the plasma sheet or its boundary region for about 80 % of the time. The geomagnetic Kp index was 4-4-3-3+ in the first half of September 27, 1994. (The data from the last part of the previous day when Kp was 2- is attached.) Unfortunately, no IMF data were available for this day.

The upper panel is the time-integral of  $E_y$  which represents the flux of the southward magnetic field lines that are convected tailward. Its stepwise increases were caused by the reconnection. The lower panel shows Bz (top) and Vx (bottom) in the solar magnetospheric coordinates. The flow velocity was tailward except for an interval of about 7 min from 0240.

We can recognize several characteristic patterns in Bz. One of them is the bipolar structures (labeled B), and the other is the packets of large-amplitude oscillations (labeled C). In addition, there are intervals of southward Bz which lasts for about 30 min (when higher frequency oscillations are smoothed) and are not preceded by an interval of northward Bz (labeled D). All of these are accompanied by tailward flows which are between 600 and 900 km/s most of the time.

Comparison of these structures with the time-integral of  $E_y$  suggests; (1) Bipolar structures (B-type) often carry substantial amount of the northward as well as southward magnetic fluxes and do not always make a net tailward

transport of the southward magnetic flux. This means that the reconnection at the near-Earth neutral line sometimes operates only for the closed field lines and does not affect the open field lines. (2) Oscillatory structures (C-type) often do not carry net northward/southward magnetic flux although they flow tailward very fast. This may suggest that the tearing mode operates on the closed field lines that are continuously stretched. Alternatively they may represent waves which are rich in higher frequency components at  $f = 10^{-1}$  Hz (3) Monopolar southward Bz (D-type) is considered to be the product of the reconnection at the distant neutral line. Its sporadic occurrence suggests that the distant neutral line is not continuously operative but is activated from time to time even in the absence of the near-Earth neutral line.



A21-10 Energy Transported by Plasmoids: GEOTAIL Observations

\*A. Ieda, S. Machida (Kyoto Univ.), T. Mukai, Y. Saito, T. Yamamoto (ISAS), and S. Kokubun (STEL)

The energy transported by plasmoids is estimated and its implication to the substorm energetics will be discussed.

Plasmoids are thought to be one of the major constituents of the magnetic substorms. Their roles in the energy transport during substorms must be clarified quantitatively to check the Near-Earth Neutral Line (NENL) model. We identified and studied 824 plasmoids from  $X_{GSM} = -16$  to  $-210 R_E$  in the Earth's magnetotail, using Low Energy Particle (LEP) and Magnetic Field (MGF) data from the GEOTAIL spacecraft.

It was estimated that the mean value of the energy carried by each plasmoid was  $16 \times 10^{13}$  J in the middle tail ( $-50 > X_{GSM}(R_E) \geq -100$ ), half of which was lost from the middle to the distant tail ( $-100 > X_{GSM}(R_E)$ ). It was found that the contribution of the thermal energy flux usually exceeded the bulk energy flux or Poynting flux throughout the geomagnetic tail. The energy released tailward in the course of a substorm was estimated to be roughly  $90 \times 10^{13}$  J.

Figure 1 shows the energy transported by plasmoids through the unit area of  $Y_{GSM} \times Z_{GSM}$ , which is obtained by calculating the product of the average energy flux and the duration of events. In the central region, the transported energy was nearly constant ( $5 \times 10^{11}$  J/ $R_E^2$ ) in the near tail ( $X_{GSM}(R_E) \geq -50$ ) and middle tail. It decreased from the middle tail to the distant tail to  $2 \times 10^{11}$  J/ $R_E^2$  and then it stayed nearly constant in the distant tail. In the flank region, the energy was slightly smaller ( $4 \times 10^{11}$  J/ $R_E^2$ ) in the near and middle tail, but slightly higher ( $2.5 \times 10^{11}$  J/ $R_E^2$ ) in the distant tail, compared to the central region

To discuss the variations of energy carried by plasmoids, the variation of the cross section of plasmoids in the  $Y_{GSM} - Z_{GSM}$  plane must be also considered. The cross sections of plasmoids increase from the near to middle tail because the widths of plasmoids increase, typically from 20  $R_E$  to 40  $R_E$ . Therefore, although the energy transported through the unit area is nearly constant, the net energy transported by plasmoids increases with downtail distance from the near tail to the middle tail, possibly due to the energy supply from the NENL and the slow shock region. The cross section seemed to be nearly constant from the middle tail to the distant tail. Therefore energy transported by plasmoids decreases and approximately a half of it is lost during the passage to the distant tail, possibly due to interactions with the surrounding medium.

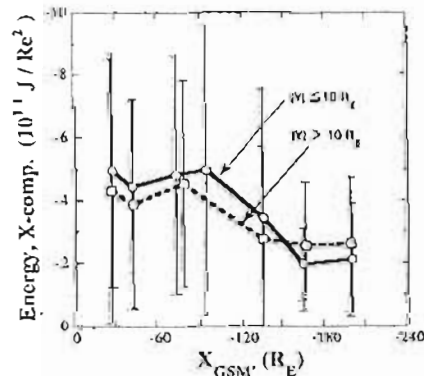


Fig. 1.  $X_{GSM}$  component of the average energy transported by plasmoids through a unit cross section in the bins of every 30  $R_E$  spatial dimension in  $X_{GSM}$ . The solid line represents the  $V_x$  of plasmoid observed in the central region ( $|Y_{GSM}| \leq 10 R_E$ ). The dotted line corresponds to  $V_x$  in the flank region ( $|Y_{GSM}| > 10 R_E$ ). The error bars indicate the standard deviations of data in each bin.



A会場

10月3日(金)

13:00~15:15

# ストーム・サブストーム - II

## Storm · Substorm - II

oral: A22-01~09

座長

小原隆博 (通総研)

中村正人 (東大・理学部)

恩藤 忠典 (宇宙地球環境研究所)

On AE activities during a geomagnetic storm

T. Ondoh (Space Earth Environment Laboratory)

AE activities associated with development of negative Dst are discussed in terms of an interaction of developing ring current with westward cross tail current in the vicinity of the inner edge of the plasma sheet by using AE and Dst data during a geomagnetic storm.

磁気嵐中のAE指数の増大と負のDstの発達との関連について議論した。南向きIMFの発達に伴い、回帰性磁気嵐中にAE指数は西向き太陽風電場V<sub>Bz</sub>の増大と共に増大し、北向きIMFが起こるとAEは500 nT以下に減少する。AEとV<sub>Bz</sub>との良い相関は南向きIMFの極大発生まで続き、その後の両者間の相関は悪くなる。然し、南向きIMFの増大と共に発達した負のDstは、IMFが北向きになって少し小さくなるだけでK<sub>p</sub>は6から5へ減少する位で、AEほどには元に戻らない。DstのIMFへの依存度はAEほど大きくない。このためIMFが再び南向きになるとAEは急激に増大するが、Dstの負値は少し増大するのみでK<sub>p</sub>も少し大きくなるだけである。これらの事実はAEの発生機構がDstの発達過程と何らかの関係があることを示唆している。磁気嵐中の赤道環電流を構成する高温プラズマ粒子の分布はあるL値で極大を示し、これより内側では粒子を拘束している内向きの粒子圧勾配による力の-∇Pは、北向き地球磁場Bと東向き環電流J

とによる外向きのローレンツ力と釣り合い、∇P = J × Bの平衡にある。同様に粒子圧極大の外側では、外向きの-∇Pは西向きの環電流と地球磁場とによる内向きのローレンツ力と釣り合っている。この外側の西向き環電流が負のDstを作る。磁気嵐中の赤道環電流は、尾部の西向き電場によって内向きにドリフトするプラズマシートの高温プラズマ粒子が、双極子磁場の領域に入り磁場勾配ドリフトにより、地球の周りを回ることにより形成される。

磁気嵐初期に双極子磁場の領域へ入った、高温プラズマ粒子群の先頭の狭い領域に東向き環電流が流れる。この東向き電流はアルフベン層の東向き電場と共に、尾部電流シートの内端付近の西向き尾部電流を弱め、プラズマシート内端付近でX型磁場再結合が起こり易い条件を局部的に作る。また磁気嵐主相には赤道環電流は尾部側へも幅広く発達する。このため環電流の外側の尾部側では環電流の反磁性磁場は北向きて、磁気嵐中に内側へ入って来た西向き尾部電流シートの内端を取り巻く、尾部電流の反磁性の南向き磁場を弱め、プラズマシート内端付近にX型磁気再結合が起こり易い状況を作る。このように磁気嵐の発達に伴い、赤道環電流と尾部の西向き電流との相互作用により、地球に相対的に近い尾部領域の赤道面に、X型磁気再結合が起こり易い条件が局部的また過渡的に起こると推測される。この観点から、磁気嵐中のAE活動の増大と、負のDstの発達に関するデータ解析結果について報告する。

A22-02

Outstanding Questions Regarding Geomagnetic Storms: Toward Space Weather Forecasting

Y. Kamide<sup>1</sup>, I. Daglis<sup>2</sup>, M. Grande<sup>3</sup>, B. Tsurutani<sup>4</sup>, R. Nakamura<sup>1</sup>, and N. Yokoyama<sup>1</sup>

- <sup>1</sup>Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University
- <sup>2</sup>National Observatory of Athens, Greece
- <sup>3</sup>Rutherford Appleton Laboratory, UK
- <sup>4</sup>Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, USA

In view of the increasingly wide recognition of the importance of Space Weather research in the scientific community, studies of geomagnetic storms have recently been revived. The main objective of the Space Weather program is to understand the causes of magnetic storms in the solar/interplanetary medium and to trace energy flow associated with storms from the Sun to the Earth's upper atmosphere.

It is important to study the effects of geomagnetic storms on a wide variety of human societal systems, to continue to upgrade prediction schemes, and to understand the basic magnetospheric and ionospheric processes during geomagnetic storms. This paper summarizes our current understanding of the chain of processes occurring from the Sun to the Earth and their association with geomagnetic storms and identifies outstanding questions regarding magnetic storms in terms of interplanetary-magnetosphere-ionosphere-ground processes.

The constituents of the ring current in the magnetosphere as a function of storm time are now observationally identified. In particular, the ionospheric component shows the largest increase at L < 4 during the main phase of magnetic storms, indicating that the frequent occurrence of intense substorms is important; see Figure 1. There seems to be a consensus that of the two processes playing essential roles in enhancing the storm-time ring current, the enhanced electric field driven by southward interplanetary magnetic fields dominates the effects of the induced electric field resulting from substorm expansion onsets. An apparently new controversy regarding the relative importance of the two processes is thus created

By using the Dst index for a number of geomagnetic storms, from weak to intense, spanning over three solar cycles, have statistically been examined. It is found that for more than 50% of intense magnetic storms, the main

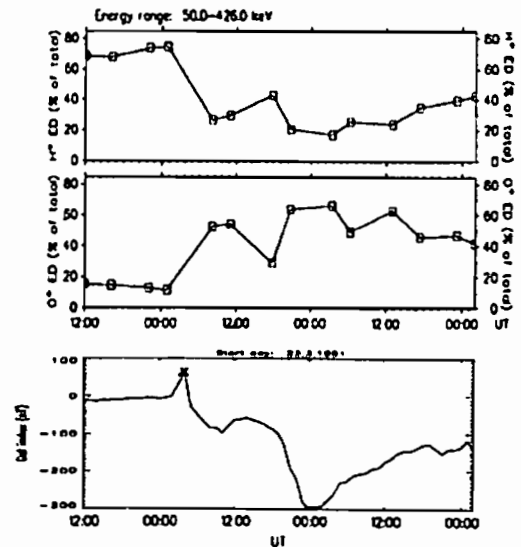


Figure 1. Time profile of the contribution of H<sup>+</sup> and O<sup>+</sup> to the total energy density of energetic ion population in the outer ring current during the great magnetic storm of March 1991 (top two panels), as well as the Dst index (bottom panel). The outstanding feature is the concurrent increase of the Dst magnitude and of the O<sup>+</sup> contribution to the total energy density. At storm maximum, when Dst reached -300 nT, O<sup>+</sup> became the dominant ion species, contributing more than 66% of the total ion energy density in the ring current.

phase undergoes a two-step growth in the ring current field. That is, before the ring current has decayed significantly to the pre-storm level, a new major particle injection occurs, bringing in a further development of the ring current and making Dst grow a second time. Thus intense magnetic storms may often be the result of two closely-spaced moderate storms. The corresponding signature in the interplanetary medium is the arrival of double-structured southward IMF in the magnetosphere.

◎玉越康義, J.-H. Shue, 上出洋介  
(名古屋大学太陽地球環境研究所)

Study of the January 1997 magnetic storm

◎Y. Tanakoshi, J.-H. Shue and Y. Kamide  
(STE Laboratory, Nagoya University)

During January 6-12, 1997, a huge magnetic cloud approached the earth's magnetosphere. The interplanetary magnetic field (IMF) turns strongly southward, remained southward over a period of some 12 hours, and slowly rotates back to northward. A unique geomagnetic storm resulted from this event in the interplanetary medium. The magnitude of this storm was not as great as what is expected from the interplanetary disturbances. In the present study, we use primarily ground-based magnetometer data during the magnetic storm as KRM input, obtaining various ionospheric parameters from the KRM algorithm

1997年1月6-12日、強力な magnetic cloud によって磁気嵐が起き、宇宙天気関係の関心をひいた。WIND衛星は、1月10日0100UTに shock front、0430UTに magnetic cloud を観測した。magnetic cloud が地球付近を通過した時、惑星空間磁場(IMF)は強く南向きを示し、そのあと半日以上かけてゆっくり北向きに変化していった。同様に  $B_z$  成分においても、負の値からゆっくり正の値に変化していき、このことから電離層

電位の IMF、サブストーム依存性は静穏状態の太陽風が引き起こすものに比べて顕著になるとと思われる。

南向き IMF に対応し磁気嵐の主相が始まり、強いサブストーム ( $AL \approx -1500nT$ ) が発生した。しかし、 $Dst$  指数は  $-80nT$  程度にしか発達せず、南向きの IMF 強度が小さくなるにつれて、磁気嵐は急速に減衰を始めた。さらにその後、北向き IMF の期間中、太陽風で magnetic hole、shock が観測され、地上磁場のレスポンスはユニークな振舞いを行っている。本研究では、主として地上磁場を用いて、IMF-電離層パラメータ-磁気圏環流の関係によりこの磁気嵐の特性を調べ、電離層パラメータのパターンはビデオ表示する。図1は、磁気嵐主相時のサブストームに対する電位、電流ベクトルの分布を示している。

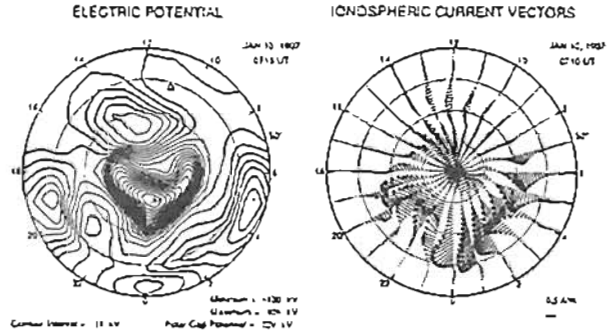


Figure 1. The distribution of the electric potential and ionospheric current vectors for the maximum epoch of an intense substorm during the main phase of the January 1997 magnetic storm

Positive Ionospheric Storms Caused by Traveling Atmospheric Disturbances

◎G. W. Probst<sup>1,2</sup> and Y. Kamide<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University  
<sup>2</sup>Institute für Astrophysik und Extraterrestrische Forschung, Universität Bonn

It is well known that substorm activity is frequently accompanied by considerable increases in the F-region height and ionization density at middle latitudes. One of the possible causes of these so-called positive ionospheric storms are traveling atmospheric disturbances (TADs), which propagate from polar to equatorial latitudes, carrying along equatorward-directed meridional winds. At middle latitudes, these winds cause an increase in the height of the F2 layer which in turn will lead to an enhancement of the ionization density. Using a simple description of a TAD and an ionospheric model, we are able to reproduce the basic properties of such perturbations. For example, the increase in layer height preceding the increase in ionization density, the magnitudes of the height and density increases, the length of the time delay between height and density increases, and the longer duration of the density increase are all well reproduced by the calculation, see Fig. 1

Our study also demonstrates that when it comes to modeling an actually observed storm period, more sophisticated wind models are required. Thus in a real situation different wind perturbations may be superimposed, leading to a rather complex time variation. To account for this variability, the wind velocity is chosen such that the observed height of the F2-layer peak is reproduced by the calculation. With this adjusted wind speed we are able to simulate the large-scale variation of the observed density perturbation quite well.

If details of the observed density changes are also to be reproduced, the altitude dependence of the onset time and of the duration of wind perturbations have to be taken into account. Using this refined TAD model, we are able to simulate the initial drop of the ionization density preceding the actual positive ionospheric storm rather well. It is primarily caused by the positive height gradient of the meridional wind field, which prevails during the initial phase of a TAD passage. Also the subsequent steep increase is now well reproduced by the simulation. It is initiated by the negative height gradient in the wind field which develops during the later phase of a TAD passage

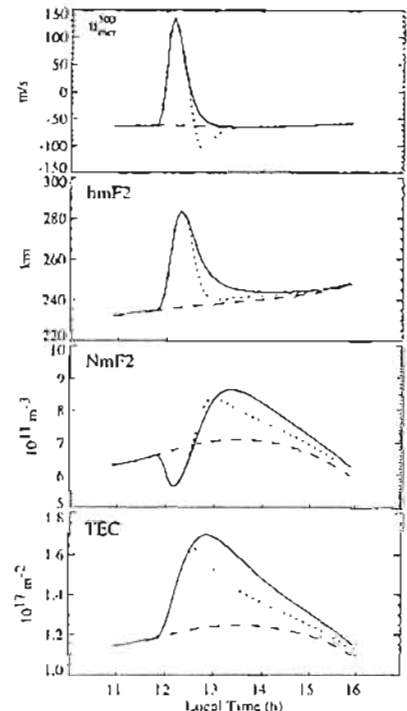


Figure 1. Ionospheric response to a model TAD. The upper panel shows the temporal variation of the meridional wind velocity at 300 km altitude. Two different kinds of wind perturbations are considered (continuous and dotted lines). Using the same kind of line identifications, the middle and lower panels present the ionospheric response to the wind perturbation. As usual,  $hmF2$  and  $NmF2$  denote the height of the maximum electron density of the F2 layer and of the associated peak electron density, and  $TEC$  the total electron content of the ionosphere (90 to 600 km), respectively. The quiet-time reference simulation (dashed lines) refers to winter conditions during weak solar activity.



オーロラベルトの赤道側境界の変化とその磁気嵐依存性

横山信博, 上出洋介 (名大 STE 研), 宮岡宏 (極地研),  
F. J. Rich (AFGL)

The size of the auroral belt during magnetic storms

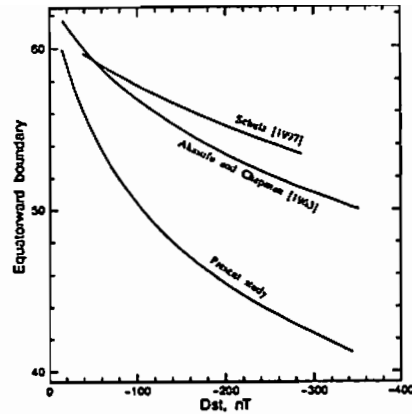
N. Yokoyama, Y. Kamide (STEL), H. Miyaoka (NIPR),  
and F. J. Rich (AFGL)

Using the auroral boundary index derived from DMSP electron precipitation data and the *Dst* index, changes in the size of the auroral belt during magnetic storms are studied. It is found that the equatorward boundary of the belt at midnight expands equatorward, reaching its lowest latitude about one hour before *Dst* peaks. This time lag does not depend very much on the storm intensity. It is also shown that during magnetic storms, the energy of the ring current quantified with *Dst* increases in proportional to  $L_r^{-2}$ , where  $L_r$  is the  $L$ -value corresponding to the equatorward boundary of the auroral belt designated by the auroral boundary index.

DMSPの降下粒子(電子)データより得られる、オーロラベルトの赤道側境界を示す指数を用いて、*Dst* 指数との定量的な関係を 423 個の磁気嵐について求めた。Dessler and Parker [1939] の関係式を用いて、*Dst* 指数より磁気圏環電流のエネルギー ( $E_R$ ) を求め、またオーロラベルトの赤道側境界に対応する  $L$  値 ( $L_r$ ) を計算し、 $E_R$  と  $L_r$  の関係を調べた結果、 $E_R \propto L_r^{-2}$  という経験則が成り立っていることがわかった。

さらに、両者の時間的関係を全磁気嵐について調べ、オーロラベルトの赤道側境界が、磁気嵐のピークすなわち *Dst* の値が最小になる時刻より約 1 時間先立って、最も赤道側へ連ることがわかった。これは、磁気嵐主相での AE 指数と *Dst* 指数の関係に似ており、*Dst* が最小となる時刻と赤道側境界が最も赤道側へ連る時刻のずれは、サブストームの影響を表すものと考えられる。この時刻のずれは磁気嵐の大きさ、すなわち *Dst* 指数の最小値には依存しない。

図は、Schulz [1997] が理論モデルを用いて算出したオーロラベルトの境界値と、Akasofu and Chapman [1963] による全天カメラから得られた境界値を、我々の結果



と比較したものである。Schulz [1997] の結果は極側境界(すなわち極冠境界)を表すものであるが、本研究の赤道側境界と比較するため、10度赤道側へずらしてある。

本研究で得られた DMSP での降下電子の境界は、他の結果と比較して赤道側へ統計的に 2 度から 8 度ずれている。Kamide and Winningham [1977] によれば、サブストーム時に赤道側境界は、静穏時に比べてより赤道側へ移動することが述べられており、我々以外の二つの結果は、サブストームの効果を考慮に入れていないことから、図中の本研究で得られた曲線に見られる赤道側へのずれは、サブストームの効果を表していると考えられる。オーロラベルトの赤道側境界は、長時間のスケールで環電流強度に依存した赤道側への移動を示し、サブストームによる二次的な効果として、先に述べた *Dst* 指数の最小値との時刻のずれや、上記のより赤道側への移動という特徴を持っていると結論づけられる。

さらに、個々の磁気嵐について *Dst* と赤道側境界値の時間的変動を調べ、1. 主相と回復相とは振舞いが異なること、2. 回復相では上記の統計結果と一致しないことがわかった。

参考文献

- Akasofu, S.-I., and S. Chapman, *J. Atm. Terr. Phys.*, 25, 9, 1963.
- Dessler, A. J., and E. N. Parker, *J. Geophys. Res.*, 64, 2239, 1959.
- Kamide, Y., and J. D. Winningham, *J. Geophys. Res.*, 82, 5573, 1977.
- Schulz, M., *J. Geophys. Res.*, 102, 14149, 1997.

磁気嵐時における LF 帯波動の成長率の変化と放射線帯粒子の変動

小林 拓恵, 森岡 昭, 三澤 浩昭, 佐藤 康之 (東北大理),  
長井 嗣信 (東工大理), 行松 彰 (極地研)

Distributions of wave growth rates in the LF range and energetic particles near the plasmapause during the storm time

H. Kobayashi, A. Morioka, H. Misawa, Y. Sato (Tohoku Univ.),  
T. Nagai (Tokyo Institute of Technology) and A. Yukimatsu (NIPR)

The source and loss mechanisms of energetic electrons in radiation belts are not well understood, especially during the storm time. We studied distributions of LF range waves, plasma density and energetic electron flux during the magnetic storms by using data from the AKEBONO (EXOS-D) satellite and calculated wave growth rates from these data. Consequently we could confirm that enhancement of LF range waves results from increases of wave growth rates with changes of anisotropic energetic electrons and plasma density.

放射線帯電子のロス機構はまだよく理解されていない。その機構の一つとしてはホイッスラーモード波によるピッチ角散乱のような波動粒子相互作用が知られている。そこで、波動と粒子の変動や周辺のプラズマの環境を同時観測する事は重要である。

1994年5月28日の磁気嵐前後のあけぼの衛星のデータを解析した結果、磁気嵐後に LF 波動がスロット領域 ( $L=2.5-3.5$ ) とほぼ重なる  $L=2.8-4$  の領域で励起され、高エネルギー粒子の異方向性が増していたことがわかった。また、その LF 波動が励起された場所はプラズマポーズの外側にあった。LF 波動の成長率はその場のプラズマ密度、サイクロトロン周波数、高エネルギー粒子のピッチ角分布か

ら計算したできるが、計算の難しいピッチ角分布を除いて他のパラメーターを用い相対的な成長率をもとめた。図 1 に磁気嵐の前後 (1994年5月28日および29日) の例について周波数 24-34kHz 帯の励起された LF 波動とその時の放射線帯電子フラックス、プラズマ密度、及び成長率を示す。

学会ではさらに高エネルギー粒子のピッチ角分布を取り入れた成長率の計算と上記の現象を統計的に解析した結果についても述べる予定である。

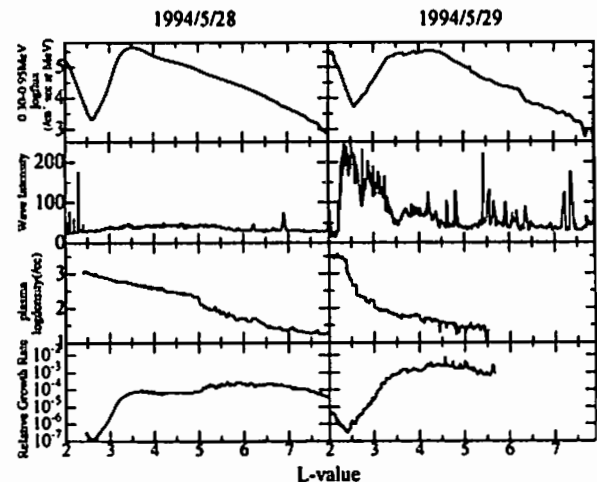


図 1. 横軸が  $L$  値で、上から放射線帯電子フラックス (1 番目)、LF 帯波動 (2 番目)、プラズマ電子密度 (3 番目)、周波数 30kHz の波の成長率 (4 番目) であり、左側が磁気嵐前と右側が磁気嵐後。

Evolution of the differential flux of ring current particles associated with a magnetic storm

Yusuke Ebihara<sup>1</sup>, Masaki Ejiri<sup>2</sup> and Hiroshi Miyaoka<sup>2</sup>

- 1. The Graduate University for Advanced Studies
- 2. National Institute of Polar Research

We have been developing a computer simulation scheme for the energetic particles trapped in the earth's magnetic field during a magnetic storm. Bounce-average particles are traced in the inner magnetosphere under a dipole magnetic field, the time-dependent (Volland-Stern type) convection field, the corotation electric field and an induced electric field due to dipolarization around the substorm onset time. We assume that the particle motion is adiabatic, that is, the first and second invariants are conserved. Our model includes major two loss processes of the energetic ions, (1) charge exchange with the neutral hydrogen and (2) Coulomb collision with the thermal electron in the plasmasphere. The primary output of this model is the absolute directional differential flux of ions and electrons in the whole inner magnetosphere ( $L \leq 8$ ) injected from the near-earth plasmasheet at a substorm onset. We compared the calculated differential flux of the injected particles with Explorer 45 measurements during a substorm event on February 13, 1972 to evaluate the accuracy of this model. We found that an inductive electric field due to dipolarization was required to push the injected ions into the observed point ( $L=5.2$ ,  $MLT=19h$ ) within 37 minutes. The three-dimensional distribution of the plasma pressure and the perpendicular current density can be calculated from the differential flux (Fig.1). Also an H-component magnetic disturbance ( $Dst^*$ ) at the center of the earth induced by the ring current is derived from the azimuthal component of the calculated current density. The magnetic disturbance ( $Dst^*$ ) due to the ring current is regarded as one of contributions to the  $Dst$  index during a magnetic storm. We will discuss the relation of the substorm injection, ring current formation and the variation of the  $Dst^*$  during main and recovery phases in a magnetic storm.

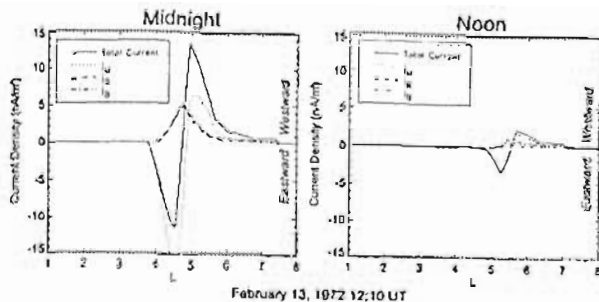


Fig.1: Cross sections of the azimuthal current density on the equatorial plane at midnight (left) and noon (right) after 1 hour from the first substorm onset. The total current (solid line) consists of the magnetization current  $j_M$ , the curvature drift current  $j_R$  and the grad-B drift current  $j_D$ .

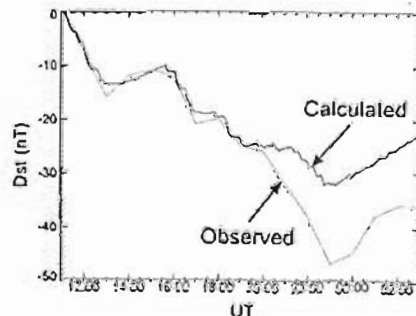


Fig.2: The calculated  $Dst^*$  (solid line) with the observed  $Dst$  (dashed line) during the storm on February 13, 1972. We assume that the major injections are occurred when the  $AL$  index decreases steeply. The distribution function as a source at  $L=8$  is assumed to be isotropic Maxwellian with the number density of  $0.22 \text{ cm}^{-3}$  and the temperatures of 5keV for ions and 1keV for electrons, respectively.

宇宙天気イベント解析 (2)  
1997年1月10-11日の例

<sup>0</sup> 小原隆博、田光江 (平塚宇宙環境センター) T. Onsager (NOAA/SEC)

Space Weather Event Study (Jan.10-11,1997 case)

<sup>0</sup> T. Obara, M. Den (HSTRC,CRL) and T. Onsager (NOAA/SEC)

On Jan.10,1997, a magnetic storm took place due to the encounter of the magnetic cloud produced by the CME. This storm caused a loss of AT&T communication satellite on Jan.11, due to the enhancement of the trapped radiation electrons during the storm recovery phase. The relativistic electrons have been monitored by the Japanese satellite (GMS-4), having the geosynchronous orbit. The arrival of the southward IMF at ~05UT (~14LT) caused a magnetospheric disturbance, producing the sudden decrease of the trapped radiation electrons with the energy more than 2 MeV (see arrow 1 in Figure 1). After the disappearance of the trapped radiation at the GMS position for over 6 hours, an abrupt increase was observed at ~11UT (~20LT). We have measured increases in total 4 times on Jan.10, which are all corresponding to the enhancement of the AE index (provided from WDC at Kyoto Univ.) In the most of storms, we never observe the sporadic enhancement for over 12 hours after the storm onset. This case, therefore, seems peculiar, being due to the northward IMF condition (IMF turned to northward at ~12UT on Jan.10 and lasted till ~06UT on Jan.11).

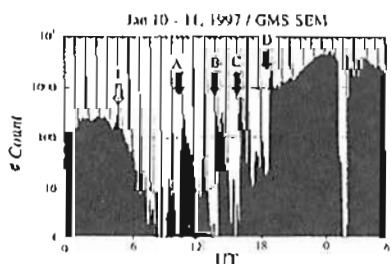


Fig. 1

A large filament with a density more than 150/cc attacked the Earth at ~01 UT (~10LT at GMS) on Jan.11, which briefly drove the magnetopause inside the geosynchronous orbit for about 1 hour, even though the IMF was still directing northward during the passage of the filament structure. This filament has generated lots of interesting phenomena in the polar cap; i.e. sun-aligned arcs, an extreme expansion of the auroral oval to the high latitude in the evening sector, etc. One of the most interesting evidences is seen in the cusp region. By means of DMSP particle data at the noon sector, the cusp width with respect to the magnetic local time has been obtained. Result is demonstrated in Figure 2, where we have only looked at the cusp feature in the northern polar region to avoid north-south asymmetry. The DST index developed very much till ~12UT on Jan.10, but after that time it started to recover, due to the northward turning of the IMF. In association with the recovery of the DST index, the cusp location moved to the higher latitude. The cusp was in the range from 73° to 79° with respect to the magnetic latitude at ~01UT on Jan.11. It should be noticed that the cusp did not change so much, it was in a range from 73° to 78° at ~02:30UT on Jan.11, even though the large filament attacked the Earth.

In the talk, two issues will be discussed; i.e. we will present a possible configuration of the magnetic field lines in the night side sector to explain sporadic enhancements of the trapped radiation electrons at the substorm onset, and will demonstrate a possible configuration of the cusp field during the passage of the large filament structure.

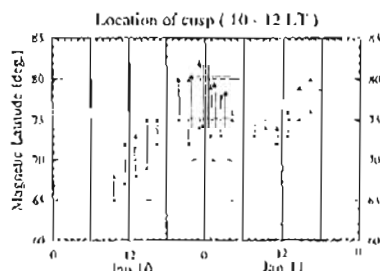


Fig. 2

# A22-09

## 1992年2月に発生した磁気嵐の特性と 惑星間空間衝撃波との関係(1)

○ 津幡 紀昭, 渡辺 堯 (茨城大理), 菊池 崇 (通経研)

### Characteristics of Geomagnetic storms in February 1992 (Part 1)

○ N. Tsubata, T. Watanabe(Ibaraki Univ.) and T. Kikuchi (CRL)

We perform a comparative study of three SCs which were observed in February 1992 (8 Feb., 17 Feb., 24 Feb.) to see how the geomagnetic properties of three storms were controlled by dynamical characteristics of relevant interplanetary shock waves. It is shown that the  $B_z$  component of IMF can be enhanced by an oblique-shock configuration with the northward-pointed shock normal.

急始磁気嵐 (s c) が発生した直後の「初相」における地磁気活動は、通常 DCF 電流系により磁場増加が見られ、その状態が数時間継続するケースが多いが、時々 s c の発生直後に磁場の減少が始まり、一見すると初相がほとんど存在しないことがある。このような差が何によって起こるかを研究することは、惑星間空間衝撃波の特性と、地磁気活動との関係を研究する上で興味深い。ここでは1992年2月に、太陽面の異なった場所で発生したフレアに伴って発生した3例の磁気嵐の特性と、惑星間空間衝撃波との関係を調べることとする。これらの磁気嵐の s c の発生時刻と、関連するフレアの位置を表1に示し、昼間帯における地磁気水平成分の時間変化を図1に示す。これらのうち、2月8日に発生した s c について、初相の継続時間が短い。これらの3例について、IMP-8 による惑星間空間磁場の5分値データから、Coplanary Theorem を用いて Shock Normal の方向を決定し、その位置角 (太陽に向かい黄道面から北に測ってある) を表1に示す。それによると、2月8日の衝撃波は、地球近傍で南向きに傾いており、他の2例では地球軌道面に大体平行 (2月17日) または北向き (2月24日) に傾いている。図2に  $B_z$  成分及び  $B_{total}$  の時間変化を示す。それによると、2月8日の s c を起こした衝撃波の場合、shock normal が北を向いていたため、最初多少南向きであった惑星間磁場が更に南向きに偏向を受け、主相を思わせる

短時間の磁場強度が発生した、と思われる。他の2例についてはこのような強い南向き成分ができないため、通常の初相が見られる。惑星間空間衝撃波面の形状は、衝撃波の発生場所と観測場所との位置関係、太陽風の中の磁気中性面の位置によって異なり、それによって初相の現れ方に差が出ることが示唆される。

Table 1.

	イベント1 (8 Feb.)		イベント2 (17 Feb.)		イベント3 (24 Feb.)	
	s c	Flare	s c	Flare	s c	Flare
イベント 詳細	2/8 14 28	2/6 10 48 2B S13W10	2/17 8 05	2/14 23 10 2B S12E02	2/24 7 03	? filament 噴火
shock normal	+ 0. 2		- 8 4. 1		- 5 0. 2	

shock normal は黄道面からの傾きを示してある。(deg)

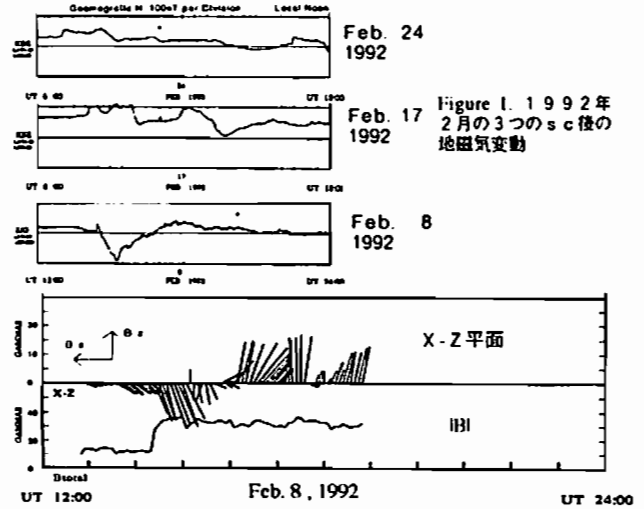


Figure 1. 1992年2月の3つの s c 後の地磁気変動

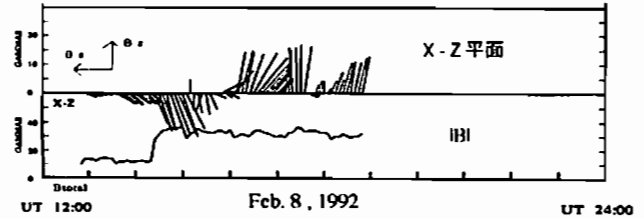


Figure 2. 2月8日の IMF の変動

A会場

10月4日(土)

9:00~12:00

# 磁気圏構造 - III

## Magnetospheric Dynamics - III

oral: A31-01~11

座長

河野英昭 (名大・STE研)

白井仁人 (宇宙研)

## A31-01

磁場 stress 分布と Region 2 電流系: AMPTE CCE 観測

○飯島 健, 吉村 剛 (東京大学大学院理学系)

Distribution of magnetic stresses and its relation to Region 2 current observed by AMPTE CCE

○T. Iijima, G. Yoshimura (Univ. of Tokyo)

Using the vector magnetic field data acquired with the AMPTE CCE, we determined the spatial distributions of electric current components ( $J_{\perp}$  and  $J_{\parallel}$ ) and magnetic force components

( $M = -\nabla \left( \frac{B^2}{2\mu_0} \right)$ ,  $T = \frac{1}{\mu_0} (B \cdot \nabla) B$ ) in the near-equatorial

magnetosphere ( $r < 9 R_E$ ). Based upon these facts, we discuss the generation of Region 2 field-aligned currents in terms of the logic of stress strategy in the magnetospheric plasma.

AMPTE CCE 衛星で得られたベクトル磁場データを活用して、赤道近くの内部磁気圏( $r < 9 R_E$ )領域における電流分布と磁場ストレス分布を求め、物理的意義を考察した。本研究では、ダイポールティルト角が  $12^\circ \sim 24^\circ$  極光帯ジェット電流活動指数が  $|AL| > 100nT$  の場合についての統計結果を示す。従来の研究 (Iijima et al., 1984) とは別の方法を用いて求めた  $J$  を基に、

$J_{\parallel} = J \cdot B/B$ ,  $J_{\perp} = J - J_{\parallel}$  を決定し、さらに、 $J \times B$ ,  $-\nabla \left( \frac{B^2}{2\mu_0} \right)$  および

$\frac{1}{\mu_0} (B \cdot \nabla) B$  を決定した。特徴すべき事柄として次が挙げられる。

- 磁場接線応力に基づく力、 $T = \frac{1}{\mu_0} (B \cdot \nabla) B$  は、22-23 時を境に朝方で westward、夕方 eastward の成分を有す。一方、磁場圧力に基づく力、 $M = -\nabla \left( \frac{B^2}{2\mu_0} \right)$  は、主として地球中心から外向かう。従って午前側では  $(M \times T) \cdot \bar{e}_0 < 0$ 、午後側で  $(M \times T) \cdot \bar{e}_0 > 0$  であることを示す。
- この事実は、 $J_{\parallel}$  の原因として、 $\nabla p$  および慣性力によって生じられる  $J_{\perp}$  がバックグラウンドにある  $\nabla B$  分布の下に発散を生じていることを示している。このようにして、 $M$  と  $T$  の分布からその発生が考えられる  $J_{\parallel}$  は region 2 電流と同じ流れの方向を示す。
- 一方、 $\nabla \times B$  より求めた生の  $J_{\parallel}$  の分布は、正に region 2 電流パターンと一致している。

## A31-02

あけぼの衛星で観測された沿磁力線電流と沿磁力線電場の関係

\*諸岡 倫子[1], 山本 達人[1], 向井 利典[1], 鶴田 浩一郎[1]  
早川 基[1], 福西 浩[2]  
[1] 宇宙科学研究所  
[2] 東北大学理学部

Relationship between field-aligned currents and parallel electric field observed by Akebono

\*Michiko Morooka[1], Tatsundo Yamamoto[1], Toshifumi Mukai[1]  
Koichiro Tsuruda[1], Hajime Hayakawa[1], Hiroshi Fukunishi[2]  
[1] Institute of Space and Astronautical Science  
[2] Tohoku Univ.

The adiabatic plasma theory predicts a linear relationship between field-aligned current density and parallel electric field. But the contribution to the current by particles of ionospheric origin should be considered, when the acceleration region goes down to the ionosphere. The potential difference would have a lower limitation, and the field-aligned current density would have an upper limitation. Using Akebono (EXOS D) magnetometer and particle experiment data, we have investigated the small scale structure of field-aligned current associated with auroral particle precipitation. Some data show the limitation and the support the idea.

ディスプレイートオーロラを発生させる粒子は地球上層大気に降下するまでに磁力線方向に加速を受けるが、その加速メカニズムは沿磁力線電流と関係が深い。断熱的なプラズマ物理の法則より、沿磁力線電流と加速電位差は linear な関係で表されると予想される。また過去の観測から、オーロラ現象が特に強く現れるのは、沿磁力線加速領域が電離層近くにまで及ぶ時であると考えられる。

あけぼの衛星による低エネルギー粒子、磁場の観測データから UFI (Upward Flow Ion) が強く現れているイベントに対して加速領域下の電離層における電位分布と磁力線方向電流量を見積もった。この条件下では磁力線上の全電位差は、衛星高度よりも低高度に存在する電位差に大きく影響され、沿磁力線電流へは低い高度にある電位差によって電離層から上向きに加速される粒子の電流量への寄与が大きいと考えられる。90年2月のデータで、粒子観測から計算

した加速電位差と、磁場観測により出された沿磁力線電流の関係を調べたところ、電流の値には上限があり、また単なる linear な関係では表せない傾向があることがわかった。

[Knight, 1973] は、粒子の供給源を等方的な Maxwellian 関数であるとして運動方程式より電離層での沿磁力線電流と加速電位差の関係式を導き出した。この式で電離層起源粒子による寄与を無視しなければ、加速電圧には下限、沿磁力線電流には上限の境界が存在することが予想される。今回の解析で得られた幾つかのデータはこれと似た傾向を示した。講演では、データを更に詳しく分類することにより、沿磁力線電流と加速電位の一般的な関係を議論する。

Distribution of  $-\nabla\left(\frac{B^2}{2\mu_0}\right)$  and  $\frac{1}{\mu_0}(\vec{B} \cdot \nabla)\vec{B}$  and field-aligned current in the magnetosphere ( $\rho > 10R_E$ )

○G. Yoshimura, T. Iijima (University of Tokyo)

Using the magnetic field and lower energy particle data acquired with GEOTAIL satellite, we have determined distribution of electric current. In this paper, we divide Lorentz force  $\vec{j} \times \vec{B}$  into two parts: the term  $\vec{M} = -\nabla\left(\frac{B^2}{2\mu_0}\right)$ , magnetic pressure-gradient force, and the term  $\vec{T} = \frac{1}{\mu_0}(\vec{B} \cdot \nabla)\vec{B}$  derived from magnetic tangential stress. Principal characteristics determined here include the followings: (1)  $\vec{T} = \frac{1}{\mu_0}(\vec{B} \cdot \nabla)\vec{B}$  is much stronger than  $\vec{M} = -\nabla\left(\frac{B^2}{2\mu_0}\right)$  where Lorentz force is strong. ;(2) The flow direction pattern of observed field-aligned currents is consistent with that expected from the first term of right side of the following relation:

$$B \frac{\partial}{\partial s} \left( \frac{j_{\parallel}}{B} \right) = 2\mu_0 \frac{\vec{B}}{B^2} \cdot (\vec{M} \times \vec{T}) + \frac{\vec{B}}{B^2} \cdot \left( \nabla \times \rho \frac{D}{Dt} \vec{v} \right)$$

GEOTAIL で計測された磁場データを四分任氏より、低エネルギー粒子データを向井利典氏より借用して次の解析を行った。使用したデータ期間は 1995年3月から1996年4月までの13ヵ月間であり、その間の GEOTAIL の軌道は地球から距離が  $10R_E$  から  $30R_E$  であった。この磁場データ  $\vec{B}$  を用いて電流密度  $\vec{j}$  の分布を求めた。

今回は磁場  $\vec{B}$ 、電流密度  $\vec{j}$  から計算されるローレンツ力  $\vec{j} \times \vec{B}$  を磁場圧力に関係する成分  $\vec{M} = -\nabla\left(\frac{B^2}{2\mu_0}\right)$  と磁場張縮応力に関係する成分  $\vec{T} = \frac{1}{\mu_0}(\vec{B} \cdot \nabla)\vec{B}$  に分解してその分布を求めた。また、この  $\vec{M}$  及  $\vec{T}$  の分布から理論的に期待される沿磁力線電流  $j_{\parallel}$  と磁場データから求めた沿磁力線電流密度の分布を比較検討した。得られた結果は次の通りである。

- $\vec{M}$  (磁場圧力に関係する成分)  
ほぼ動径方向外向きを向いており、大きさは  $1.0 \sim 5.0 \times 10^{-17} [N/m^3]$  程度である。昼間側の強いローレンツ力が働いている領域であっても  $5.0 \times 10^{-17} [N/m^3]$  ほどで留まっている。
- $\vec{T}$  (磁場張縮応力に関係する成分)  
ほぼ動径方向内向きを向いており、大きさは  $2.0 \sim 8.0 \times 10^{-17} [N/m^3]$  程度である。昼間側の強いローレンツ力が働いている領域では1桁大きく、 $2.0 \times 10^{-16} [N/m^3]$  を超えることもある。

● 沿磁力線電流の生成

沿磁力線電流の増減を速度電流の発散  $\nabla \cdot \vec{j}_{\perp}$  によって考えると、

$$B \frac{\partial}{\partial s} \left( \frac{j_{\parallel}}{B} \right) = 2\mu_0 \frac{\vec{B}}{B^2} \cdot (\vec{M} \times \vec{T}) + \frac{\vec{B}}{B^2} \cdot \left( \nabla \times \rho \frac{D}{Dt} \vec{v} \right)$$

と表せる。今回はこの右辺第1項に注目した。特に分かりやすい領域を選んだところ、右辺第1項から決まる沿磁力線電流の流れの方向は磁場データから求めた沿磁力線電流と一致した。

Generation of field-aligned currents in the magnetosphere

\*M. Itonaga<sup>1</sup> and A. Yoshikawa<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Computation Center,

<sup>2</sup>Department of Earth and Planetary Sciences, Kyushu University, Fukuoka 812-81

A novel equation is derived to describe the generation of field-aligned current (FAC) in the magnetosphere. This is a wave equation with source terms for the perturbation FAC. When the Alfvén speed is inhomogeneous and/or the magnetic field line is curvilinear, the perturbation inertial current flowing across the field line produces the FAC. The perturbation diamagnetic current across the field line also yields the FAC owing to the magnetic pressure gradient. Further, if the unperturbed diamagnetic current across the field line preexists, slow magnetosonic disturbances will be responsible for the FAC.

沿磁力線電流 (FAC) は磁気圏-電離圏結合の要であり、その解明は磁気圏物理学の重要課題である。MHD の枠内で FAC を記述するものとして、Hasegawa-Sato の式 [Hasegawa and Sato, 1979] がよく知られている。この式は有用であるが、その成立には、いたるところで渦度が磁力線に平行であるというあまり現実的でない仮定を必要とする。さらに、Hasegawa-Sato の式は、磁気圏 MHD 波動の励起・伝播と FAC の生成との関連を議論するのに適した形式でもない。そこで、我々は、線形近似の枠内であるが、MHD 波動の励起・伝播との関連を議論できるような FAC の生成を記述する式を導いた。

$\delta$  の付いた量を摂動量、それ以外を非摂動量とすると、FAC  $\delta j_{\parallel}$  の生成は

$$\begin{aligned} & \frac{1}{V_A^2} \frac{\partial^2 \delta j_{\parallel}}{\partial t^2} - \frac{1}{V_A^2} \frac{\partial}{\partial s} \left[ V_A^2 B \frac{\partial}{\partial s} (B^{-1} \delta j_{\parallel}) \right] \\ & = -\frac{1}{V_A^2} \frac{\partial}{\partial s} (\nabla_{\perp} V_A^2 \cdot \delta j_{\perp}^{(1)}) \\ & \quad - \frac{1}{V_A^2} \frac{\partial}{\partial s} \left( \frac{V_A^2}{p_B} \nabla_{\perp} p_B \cdot \delta j_{\perp}^{(d)} \right) \\ & \quad - \frac{1}{V_A^2} \frac{\partial}{\partial s} \left[ \frac{V_A^2}{T} \nabla_{\perp} (\delta p_B - \delta p) \cdot j_{\perp}^{(d)} \right] \\ & \quad + \frac{1}{V_A^2} \left[ \nabla^2 (V_A^2 \delta j_{\perp}^{(1)}) \right]_{\parallel} \end{aligned}$$

で記述される。ここに、 $s$  は磁力線に沿って測った距離、 $V_A$  は Alfvén 速度、 $p_B$  と  $\delta p_B$  は磁気圧、 $\delta p$  はプラズマ圧、 $T$  は磁力線の張力、 $\delta j_{\perp}^{(1)}$  は慣性電流、 $j_{\perp}^{(d)}$  と  $\delta j_{\perp}^{(d)}$  は反磁性電流である。

上式の右辺第1～3項は媒質の非一様性の効果を表し、第4項は磁力線の曲率の効果を表す。 $V_A$  の勾配と磁力線の曲率が存在するとき、慣性電流  $\delta j_{\perp}^{(1)}$  が流れると、 $\delta j_{\parallel}$  が生成される (第1項と第4項)。磁気圧  $p_B$  の勾配があるとき、反磁性電流  $\delta j_{\perp}^{(d)}$  が流れると、 $\delta j_{\parallel}$  が生成される (第2項)。無摂動状態において反磁性電流  $j_{\perp}^{(d)}$  が流れているとき、速い磁気音波擾乱が発生すると、 $\delta j_{\parallel}$  が生成される (第3項)。特に  $\beta > 1$  のとき、第3項は第2項に比べて卓越する。しかし、速い磁気音波擾乱では、第3項は  $\delta j_{\parallel}$  の生成に寄与しない。

結論では、上式に基づいて、サブストームにおけるカレントウェッジの形成と P2 騒動の発生の機構を考察する。

参考文献

Hasegawa, A., and T. Sato, Generation of field-aligned current during substorm, in *Dynamics of the Magnetosphere*, edited by S.-I. Akasofu, D. Reidel, Hingham, Mass., 1979.

## Field-Aligned Currents in the Plasma Sheet Boundary Layer Observed by GEOTAIL

IV

Matsutoshi MAEDA<sup>1</sup>,Tatsundo YAMAMOTO<sup>1</sup>, Toshifumi MURAI<sup>1</sup>,Yoshifumi SAITO<sup>1</sup> and Susumu KOKUBUN<sup>2</sup><sup>1</sup>. Institute of Space and Astronautical Science<sup>2</sup>. Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University

At 100th SGPSS Fall Meeting we reported:

1) 84% of the signatures of  $\Delta B_y$  showed the triple-layer current system around the PSBL (plasma sheet boundary layer).

2) the current layer is more than or equal to the PSBL.  
3-a) we see the signatures of  $\Delta B_y$  and the high-speed plasma flow ( $v_1 \geq 300$  km/sec) during the same period,  
or,

3-b) we see the first changes (rises or dips) of  $B_y$  which show Region 1 FACs (field-aligned currents) and the high-speed plasma flow at the same time. Theoretically, we should see the changes of  $B_y$  earlier than the high-speed plasma flow, but there is no such event.

We reported only the statistical results and showed the simple figures of the triple-layer current system only from this results at the last meeting. But, we didn't refer to the physical reviews for this results.

At this meeting we will add the physical ideas to this results and show the illustration of the triple-layer current system again.

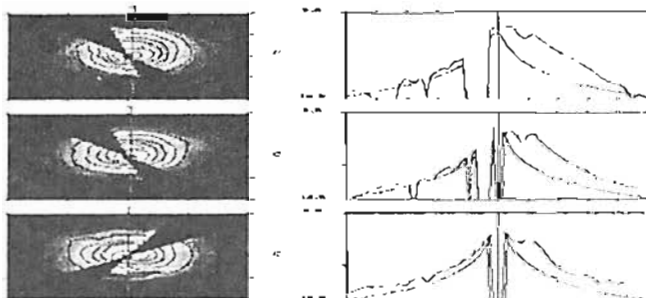
## Heating Ions in the LLBL Observed by the GEOTAIL Spacecraft

Motoharu Nowada<sup>1</sup>, Tohru Sakurai<sup>1</sup>,Yutaka Tonegawa<sup>1</sup>, Tatsundo Yamamoto<sup>2</sup>,Toshifumi Mukai<sup>2</sup>, Kohichiro Tsuruda<sup>2</sup>

(1: Tokai Univ. 2: ISAS)

To confirm that whether the direction of the heating ions in the LLBL and the development of the LLBL depend on the IMF direction or not, now we have examined the ion distribution functions on Nov. 17, 1994, when the GEOTAIL spacecraft have observed the inner and outer LLBL in the dawn side. During the interval from 19:41 UT to 19:55 UT and from 21:31 UT to 21:51 UT, the ion velocity distribution indicates that the comparative magnetosheath-like low energy ions are predominant in the anti-parallel to the magnetic field line. On the other hand the magnetospheric high energy ions are predominant in the parallel to the magnetic field. Afterwards, the sheath-like low energy ions are heated along the magnetic field line and become the high energy. We can also see this phenomenon in the ion distribution function along the magnetic field line very well [data shown in Fig. 1]. The most interesting point to be noted here is that almost of these phenomena took place when the IMF was southward. When the IMF was southward, we can indicate the sheath-like low energy ions distribute in the perpendicular to the magnetic field line and the magnetic reconnection event take place. The similar phenomena are able to be confirmed in the dusk side LLBL in the Nov. 30, 1994 [data shown in Fig. 2]. In these cases, we have found that the heating of the ions along the magnetic field takes place even when the IMF is not southward and the magnetic field line doesn't open by the magnetic reconnection event in the vicinity of the heating region. Thus the ions in the LLBL was not always the simple mixture of low energy ions originated from the nominal magnetosheath ions and the magnetospheric high energy ions

Above the result of these observations, we can do conclude the conditions of the formation and the development of LLBL are not always when the IMF is southward and the magnetic reconnection event takes place. Generally, it is said that when the IMF is northward, the LLBL becomes thick.



[Fig. 1] Above panels show the ion distribution functions of interval of 12s (22:08:27 UT - 22:08:51 UT on Nov. 17, 1994). Left panels are the ion velocity distribution function including B-Axis and C-Axis. Right panels are the ion distribution function along the magnetic field line. During this interval, the IMF was northward. The ions are accelerated along the magnetic field line (right side is the direction of the magnetic field line).



[Fig. 2] Above panels show the ion distribution function on Nov. 30, 1994 05:12:39 UT. During this interval the IMF was southward. The sheath-like low energy ions in the inner LLBL distributed in the perpendicular to the magnetic field. (Left panel)

近尾部プラズマシートの朝夕非対称性

\* 梶 智昭, 前沢 潤(名古屋大),

斎藤 義文, 向井 利典, 山本 達人(宇宙研),  
岡分 征(STE研)

Dawn-dusk asymmetry in the near-Earth plasma sheet

\* T. Hori, K. Maezawa(Nagoya Univ.),

Y. Saito, T. Mukai, T. Yamamoto(ISAS),

S. Kokubun(STE lab.)

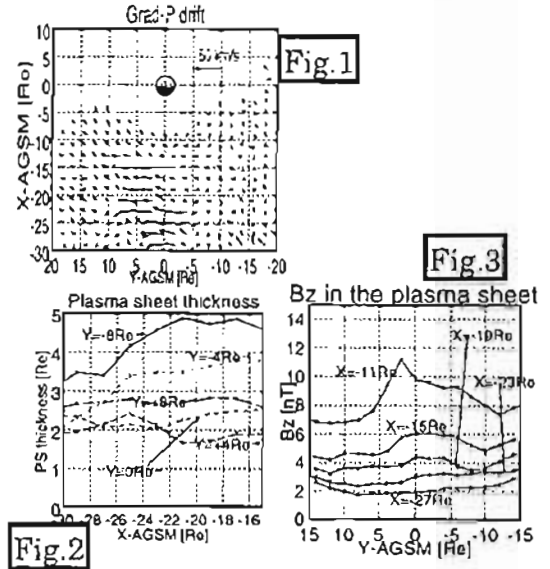
We have found that, in the near-Earth plasma sheet ( $-30R_E < X < -10R_E$ ), the pressure gradient drift is larger on the dusk side than on the dawn side and this difference results from the difference in the thickness of the plasma sheet between the dawn and dusk side. In addition, smaller  $B_z$  values on the dusk side as compared to the dawn side show that more magnetic flux crosses the equatorial plane on the dawn side than on the dusk side. Taking these results into account, it is concluded that the field structure is more dipole-like on the dawn side than on the dusk side.

GEOTAIL 面皮から得られるプラズマ、磁場データを基にして、 $-30R_E < X < -10R_E$  の近地球プラズマシート中のイオンの圧力勾配ドリフトを見積ると、圧力勾配ドリフトの方向は夕方向きで、平均的な大きさは  $70 \text{ km/s}$  である (Fig.1)。しかしその大きさはプラズマシート中で一様ではなく、ほぼ真夜中を境に朝側より夕側の方が大きく、大きさの比は 2-3 倍程度である。この圧力勾配ドリフトはプラズマシート中の電流を形成する成分であるので、この朝夕での大きさの違いは、プラズマシートの磁場構造に非対称性があることを示している。

まず圧力勾配ドリフトを計算する過程で出てくる、圧力勾配の空間スケールについて解析を行った。我々の解析では、圧力勾配ドリフトは、プラズマシートを観測した全てのデータを、その時観測した磁場の elevation angle (ここでは  $\sin(\theta)/|H|$  として定義) が  $30^\circ$  より大きいかどうかと、 $B_x$  成分の符号によってプラズマシートの北側、中心、南側として分別し、この3つのデータセットが得られた平均の圧力の差を、平均の  $B_z$  磁場の値で割って圧力勾配を計算している。この北側と南側の  $B_z$  磁場の差は、磁場がプラズマシートを貫く際の電場の空間スケール (南北方向の長さ) を表している。この値が場所によってどのよ

うに変化しているかについて、Fig.2に示す。磁場が深めなほど、傾斜がX座標であり、各傾斜がそれぞれのY座標に対応している。結果は、 $Y=0$  の朝側では地球に近づくにつれて傾斜にプラズマシートの深さが増しているが、夕側ではプラズマシートの深さが朝側よりも小さい。従って夕側で圧力勾配ドリフトが大きいのは、プラズマシートが朝側より夕側で厚くなっているからであるということがわかる。

さらにこの  $X=-20R_E$  付近でのプラズマシート中の磁場の  $B_x$  成分のY依存性を表したのが Fig.3 である。今度は傾斜がY座標を表しており、各傾斜がそれぞれのX座標に対応している。またここで  $B_z$  は、先程の条件によって定義したプラズマシートの中心のデータのみを平均して示している。今度は傾斜がY座標を表しており、各傾斜がそれぞれのX座標に対応している。これより、プラズマシート中の  $B_x$  成分の大きさは朝側の方が大きく (平均的な差は  $2nT$  程度)、それだけ多くの磁束がプラズマシートを貫いていることになる。従ってプラズマシートの深さの結果を加味すると、朝側は比較的磁場構造が dipole-like になっており、逆に夕側は tail-like になっているということになる。



近地球プラズマシートからのイオンの降り込みに見られるイオン分布の新しい境界

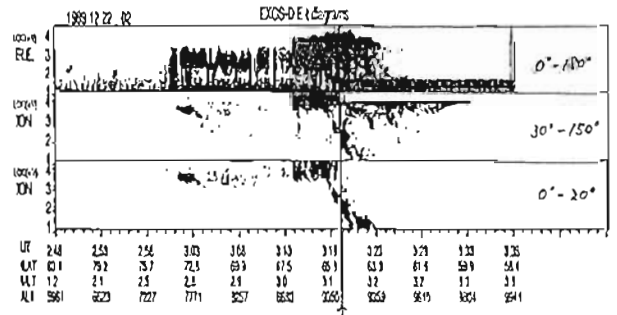
° 白井 仁人 (宇宙研), 前沢 潤 (名古屋大), 向井 利典 (宇宙研), 賀谷 信幸 (神戸大), 浅井 佳子 (名古屋大)

Akebono observations of a new boundary in the ion precipitation from the near-earth plasma sheet

° H. Shirai (ISAS), K. Maezawa (Nagoya Univ.), T. Mukai (ISAS), N. Kaya (Kobe Univ.), K. Asai (Nagoya Univ.)

Auroral ion precipitation patterns give information of ion motions in the plasma sheet, since they are the projections of plasma sheet ions along field lines. For example, Bosqued et al. (1993) examined auroral ion precipitations and concluded that ion motions are chaotic in the region with very weak ion precipitation which is called "Ion Gap". Using the Akebono LEP ( $< 20 \text{ keV}$ ) data, we found recently that ion pitch angle distributions change from isotropic ones to anisotropic ones at a latitude, lower than the latitudes of the Ion Gap. This means that a character of ion motions in the plasma sheet changes suddenly at this latitude. In this study, we discuss the relation between this latitude and ion motions in the plasma sheet. Also, we will discuss the relation with the trapping boundary [Imhof, 1988] and the isotropy boundary [Sergeev et al., 1993], defined for high-energy ( $> 50 \text{ keV}$ ) particles.

オーロライオンの分布は、プラズマシートイオンの分布の磁力線に沿った投影と考えることができる。そこで、低高度衛星を用いたオーロライオンの観測からプラズマシートでのイオン振る舞いがしばしば推測されてきた。例えば、Bosqued et al. [1993] は、オーロライオンの降り込みが非常に弱くなる Ion Gap と呼ばれる領域ではイオンの運動がカオス的になっていると考えた。我々は、あけぼの衛星の LEP ( $< 20 \text{ keV}$ ) データの解析により、Ion Gap より低いある緯度を境にイオンのピッチ角分布が等方的なものから非等方的なものへと変わっていることを見つけた。これはプラズマシート中のイオンの運動の性質がその緯度で急激に変わっていることを示している。本講演では、この境界とプラズマシート中のイオンの運動との関係について議論する。また、これまで高エネルギー ( $> 50 \text{ keV}$ ) 粒子に対し、Trapping boundary [Imhof, 1988] や Isotropy boundary [Sergeev et al., 1993] と呼ばれる境界が見つかっており、それらとの関係についても議論する予定である。





# A31-09

## あけぼの衛星データから明らかにされた イオン加熱・流出過程

○嶋山公人, 渡部 泰十, 福西 浩(東北大学大学院・理学研究科), 佐川 水一(通信総合研究所),  
A.W. Yau(University of Calgary), 向井 利典, 早川 基(宇宙科学研究所),  
笠原 植也(京都大学・工学部)

### Ion heating and outflow processes derived from the akebono satellite

○K. Katsuyama, S. Watanabe, H. Fukunishi  
(Department of Geophysics, Tohoku University),  
E. Sagawa(CRL), A.W. Yau(University of Calgary),  
T. Mukai, H. Hayakawa(ISAS), Y. Kasahara(Kyoto University)

The characteristics of energy distributions of H<sup>+</sup>, He<sup>+</sup> and O<sup>+</sup> observed by the Suprathermal Ion Mass Spectrometer(SMS) and the Low Energy Particle detector(LEP) were investigated to understand ion heating and outflow processes. We compared ion energy distributions with electric field and ELF waves observed by the Electric Field Detector(EFD) and the ELF range receiver(ELF). The results show good correlation between ion heating and ELF waves. We will report the consistency with the idea that ions are heated by waves near ion cyclotron frequency and transported by polar cap convection.

近年の衛星観測により極域電離圏からのイオン流出が確認されている。その中でもイオンコニックは波動粒子相互作用により磁力線と垂直な方向に加熱されたイオンが、磁気モーメントの保存により磁力線方向に加速され生成されると考えられているがそれを観測から定量的に示した例は未だない。イオンコニックはカスプ/クレフト付近において頻繁に観測され、あけぼの衛星のSMSによる最近の観測からカスプの赤道側境界付近で緯度方向に30km以下の領域で加熱が起きていることが明らかになってきた。また、ELFデータに見られる低周波波

動(<80Hz)とも非常に良い相関がある(図1)。分布関数の測定からピッチ角は緯度により変化しており、カスプ/クレフト付近で緯度が低→高、真夜中付近で緯度が高→低の方向にピッチ角が小さくなっている、つまり極域対流により輸送されていることが確かめられた。カスプ/クレフト付近においてSMSやLEPにより観測される分布関数が、ELF波動による加熱と極域対流による輸送で説明できるかどうかを報告する。実際には連続的な加熱や、静電場による磁力線方向の加速等も考えられ、それらも考慮して検討していく予定である。

900128

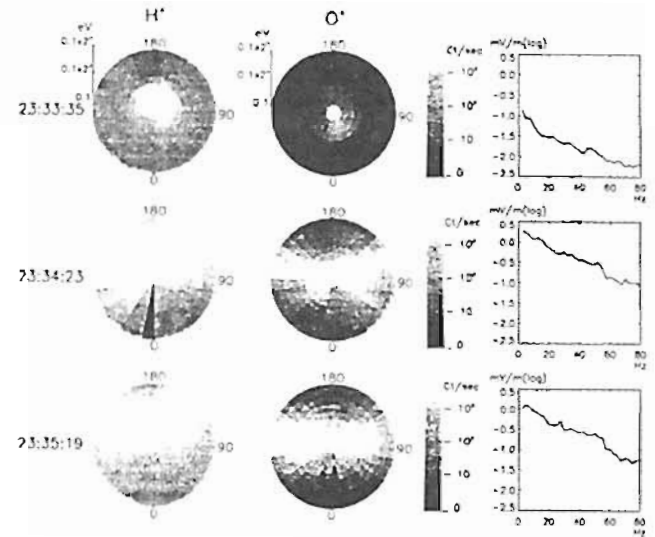


図1.カスプ/クレフト付近のあけぼの衛星による観測例

# A31-10

## Dumbbell distribution of energetic electrons in the inner radiation belt and its relation to plasma wave turbulence

\*Akira Morioka(1)  
[1] Upper Atmosphere and Space Research Lab., Tohoku Univ

The pitch angle distribution of energetic electrons in radiation belts and its relation to local plasma waves are investigated using data from RDM (Radiation Monitor) and PWS (Plasma Waves and Sounder Experiment) onboard the Akebono satellite. It is found that energetic electrons (>1MeV) in the inner radiation belt show the anomalous dumbbell distribution near the magnetic equator. The ratio of flux at 40 deg. pitch angle to that at 90 deg. is about 2.0 in the typical case. It is also found that this feature is commonly observed both in magnetically disturbed and undisturbed conditions.

The enhancement of local UHR waves around the magnetic equator which was discovered by Oya et al.(1990) and termed EPWAT (Equatorial Plasma Wave Turbulence), is always detected at the central region of the above abnormal pitch angle distribution of energetic electrons. The profile of the intensity variation of EPWAT coincides well with the development of the dumbbell distribution of electrons.

These newly found features indicate the possible existence of the strong wave-particle interaction process in the equatorial region of the plasmasphere and inner magnetosphere, and suggest the importance of the plasma waves for the acceleration and distribution of the inner belt electrons.

# A31-11 磁気圏対流とそれに共うエネルギー変換過程の 電離圏による制御

田中高史 (通総研)

Ionospheric control of the magnetospheric convection and  
accompanying energy conversion process

T. Tanaka (CRL)

磁気圏対流がなければ、磁気圏は  $\mathbf{J} \times \mathbf{B} = \nabla P$  に従って磁場とプラズマがバランスした系である。この時は  $\mathbf{J} \cdot \mathbf{E} = 0$  であり、電磁エネルギーと力学エネルギーの間の変換はなく、沿磁力線電流も存在しない。磁気圏対流が存在することは、電場が存在することであり、必然的にエネルギー変換と沿磁力線電流を伴う。磁気圏対流に伴うエネルギー変換の過程を考えるには、磁気圏を (1) 境界層領域 (2) プラズマシート (3) 内部磁気圏に分けると理解しやすい。以下この順で、シミュレーションの結果に基づき議論を進める。

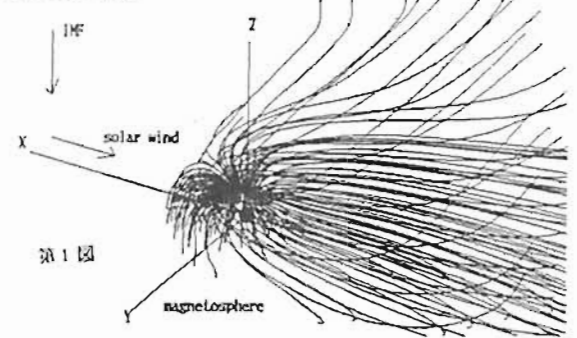
IMF が南の時、昼側境界層で  $\mathbf{J} \cdot \mathbf{E}$  が正 (電磁→力学)、高緯度境界層で  $\mathbf{J} \cdot \mathbf{E}$  が負 (力学→電磁) である。前者は磁場融合に伴うプラズマ加速を示し、ここで太陽風から磁気圏にエネルギーが流入し、磁気圏対流が励起されることに対応する。後者は境界層で反太陽向きプラズマ流が減速され、ダイナモ効果が発生することを示す。ここで電離圏対流が磁気圏対流に追従しなければならぬので、ダイナモの一部は領域1電流系の励起に費やされる。なお IMF が北向き時は、磁場融合点の違いにより高緯度境界層で  $\mathbf{J} \cdot \mathbf{E}$  が正 (電磁→力学)、低緯度境界層で負 (力学→電磁) となり、ダイナモ効果をもたらすプラズマ流減速は低緯度境界層で発生する。

プラズマシートでは  $\mathbf{J} \cdot \mathbf{E}$  が正となる。これはここで対流が太陽向きであり、 $\nabla P$  に逆らっていることによる。通常流れは高圧側から低圧側へ向かうのが自然であるが、逆に流れることはポンプ作用が存在することを意味する。このポンプ作用はプラズマシートの磁場テンションによっており、ポンプのエネルギー源は境界層のダイナモである。ここでダイナモとポンプを結ぶ送電線が2電流系である。プラズマシートのポンプ作用により電磁エネルギーが内部エネルギーに変換され、プラズマシート内側境界は高圧となる。一般的にこの高圧領域が極域擾乱の源となる。

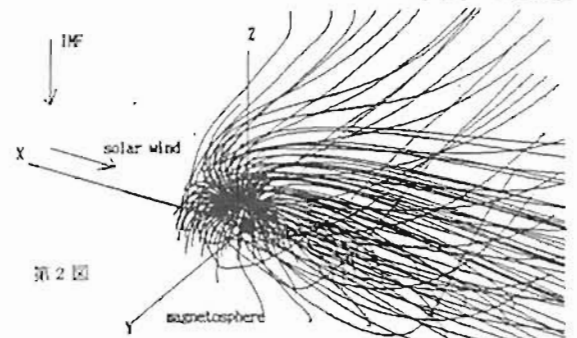
内部磁気圏の対流は、プラズマシート内側境界の高圧域から昼側の低圧域に向い、ここでは  $\mathbf{J} \cdot \mathbf{E}$  は負である。もしも対流に抵抗する力がなければ、高圧域は一瞬にして解消してしまうが、領域2電流系が対流を阻止し、定常状態を保つ。ここでは内部エネルギーが電磁エネルギーに変換され、領域2電流としてオーロラオーバルに伝えられ、消費される。

電離圏が磁気圏対流にどのような影響を与えるかを考えるには、これまで議論した道筋を逆にたどって見れば良い。オーロラオーバルでの電離が

上昇すると、領域2電流系による対流阻止力が強くなる。そのためプラズマシート内側境界の圧力も高くなり、これを支える磁場テンションも強くなる必要がある。これがdipolarizationである。サブストーム成長相ではオーロラオーバルでの電離上昇は顕著でなく、磁場テンションは小さい。このため磁場は反平行になることができ、プラズマシートは薄くなる (第1図)。電離上昇が起こった状態で、遠方のプラズマシートからBzが十分に供給されれば、磁場テンションが大きい状態を維持することができ、convection bayとなる (第2図)。もしもBzが供給できなければ、サブストームとなる。



第1図



第2図

A会場

10月5日(日)

13:00~16:30

# 大気圏

**Atomosphere**

oral: A42-01~13

poster: A42-P214~P236

座長

村山泰啓 (通総研)

高橋幸弘 (東北大・理学部)

# A42-01

## SPRITES '97キャンペーン速報:

### 1. 東北大観測チームの概要

\*高橋幸弘、藤戸 学、渡辺芳明、中嶋隆一、内田亮宏、

佐藤光輝、庄野真司、福西 浩

(東北大学 宇宙地球物理学科)

W. A. Lyons (FMA Res.)

### SPRITES '97 Campaign:

#### 1. Tohoku University Optical Observation System

\* Y. Takahashi, M. Fujito, Y. Watanabe, K. Nakajima, A. Uchida,

M. Sato, A. Shono, H. Fukunishi

(Tohoku Univ.),

W. A. Lyons (FMA Res.)

In order to investigate the lightning-induced optical phenomena (sprites, elves and blue jets) in the region from stratosphere to lower ionosphere, the SPRITES '97 campaign has been carried out in July and August at Yucca Ridge, Colorado. We operated two sets of multi-anode array photometers (MAP) to determine blue/red emission ratio, and four different types of imagers to investigate high-speed motion and fine structures in sprites and elves. A two-axis search coil magnetometer was also employed for measuring ULF waves associated with sprites and elves.

雷放電に伴う成層圏から下部電離圏にかけての発光現象を総合的に調査研究する目的で、1995年より毎年夏に大規模な観測キャンペーン (SPRITES '95, '96, '97) が米国コロラド州ヤッカリッジで実施されており、我々は今回で3回目の参加となる。観測期間は7月3日から8月6日までの約1ヵ月間を予定しているが、今年は気象条件に恵まれず、7月29日現在光学観測データが得られたのは4晩のみで約20例の発光現象をとらえるに止まっている (昨年延8日/約200例)。しかし新しい観測手法を導入したことで、今まで知られていなかった新しい知見が数多く得られている。

昨年まで我々は、高速多チャンネルフォトメータを用いた観測を中心に行ってきたが、今年にはそれに加え4種類のイメージャーを新たに持ち込み、総合的な光学観測を実施している。またsprites/elvesに伴うULF-ELF帯の磁場観測のための水平2成分のサーチコイル磁力計も設置され、順順にデータを取得している (本学会福西他の発表参照)。本年の光学観測目的を以下にあげる。

1. 昨年までの観測で、sprites/elvesの全体的な鉛直方向の動きは明らかになったが、水平方向の伝播や、各領域 (head, hair, tendril) の詳細な時間構造はまだ不明な点が多い。本年は多チャンネルフォトメータ (MAP:16 ch) を2台に増やし水平伝播の観測を目指すとともに、対物レンズに望遠レンズを使用し、各領域の拡大観測を行う。

2. spritesのスペクトルに関しては、スペクトログラフを用いた観測がアラスカ大とカリフォルニア大バークレーの2グループによって実施されてきたが、時間空間変化を扱う観測はまだない。我々はMAPの1台にシャープカットフィルター (>560nm) を取り付け、高度毎のスペクトルの時間変化に関する情報を得る。 (本学会藤戸他、渡辺他の発表を参照)

3. 2種類の超高速カメラ (フレーミングストロークカメラ:FSCおよび高速CCDカメラ:HSC) を使い、分解能1-2msの高速イメージングを行う。我々のグループ以外では、通常のビデオフレームレート (60 Hz) での観測しか報告がない。

4. spritesの観測はこれまでイメージンテンシファイア一付のCCDカメラによるものが主で、空間分解能が十分ではなかった。昨年ユタ大のグループなどによって、spritesのheadおよびtendrilとよばれる領域には微細な構造 (<1km) のあることが明らかにされた。我々は通常夜間大気光の観測に使用している冷却CCDカメラに望遠レンズを装着し、100m以下の微細構造の検出を目指す。

これらの光学観測装置はFSCを除き1つの架台に搭載され、モーター駆動で室内からリモートコントロールされる。発光現象を望遠光学のフォトメータ/イメージャーの狭い視野に導くため、広角レンズを使用したイメージンテンシファイア一付CCDカメラを同架し、広い視野をモニターする。

本発表ではSPRITES '97キャンペーンでの東北大学の光学観測の状況と、初期的な解析の概要を紹介する。

# A42-02

## SPRITES '97 キャンペーン速報

### 2. マルチアノードアレイフォトメータによるスプライトの高速分光観測

\*藤戸 学、高橋幸弘、渡辺芳明、中嶋隆一、福西 浩

(東北大学大学院・理学研究科)

W.A. Lyons (FMA 社)

### SPRITES '97 Campaign

#### 2. Spectral Observations of Sprites with Multi-anode Array Photometers

\* M. Fujito, Y. Takahashi, Y. Watanabe, K. Nakajima, H. Fukunishi (Tohoku Univ.)

W. A. Lyons (FMA Res.)

Using two sets of multi-anode array photometers (MAPs) which have 16 field-of-view arrayed vertically during the SPRITES'97 campaign we observed the optical spectra of sprites to examine the time variation in vertical direction. One set of MAP without filter measures both N<sub>1</sub>1P and N<sub>2</sub>2P (white). The other with a red filter (>560nm) measures N<sub>2</sub>1P only (red). The intensity and white/red ratios of emissions in "head" of typical column-shaped sprites (C-sprites) are shown in Figure 2 and Figure 3, respectively. The most important finding is that the peaks of white/red ratios occur earlier than the time of maximum intensity. This ratio will be used to infer the characteristic energies of electrons which excite N<sub>2</sub> molecules by collision processes.

近年スプライト観測は多種多様な方法で行われており、高感度 CCD カメラによる観測をはじめとして、フォトメータ、TVカメラを用いたスペクトログラフなどがある。また発光メカニズムに関するシミュレーションも行われており、これまでに electro magnetic pulse, quasi-electrostatic field, runaway electron の3種類のモデルが提唱されている。今までのスペクトログラフによる分光観測や各種シミュレーションの結果からスプライトの560nmより長波長側の発光は主に N<sub>2</sub>1P、短波長側では N<sub>2</sub>2P であることがわかっており、従って N<sub>2</sub>1P と N<sub>2</sub>2P の励起エネルギー (7.4eV, 11.1eV) の差から生じる発光の強度比は、分子の励起に関する電子のエネルギー分布を反映していると考えられ、発光メカニズムの同定において重要な情報を与えると期待される。昨年の SPRITES '96 キャンペーンでは2チャンネルのフィルターフォトメータを用いた観測を行い、スプライトの N<sub>2</sub>1P と N<sub>2</sub>2P の比の時間変化を初めて捕らえた。

そこで今回の SPRITES'97 キャンペーンでは、この比の時間空間変化を調べるために Multi-anode Array Photometer (MAP) を2台使い、フィルターなし (white) とシャープカットフィルター付き (red:560nm 以上は透過) の MAP で複数チャンネルによるスペクトル観測を行った。 (97 年春季学会高橋他の発表を参照)

現在、得られたデータのうち、典型的なカラム状 スプライト (C-sprites) について解析を進めている (本学会高橋他の発表を参照)。解析に用いられたスプライトの模式図と MAP の視野を Figure 1 に示した。また Figure 2、Figure 3 には同じイベントの各エレベーションにおける発光強度と N<sub>2</sub>1P と N<sub>2</sub>2P の比の時間変化を載せた。ここから全てのエレベーションにおける発光強度のピークが発光開始を T=0 としたときに T=1.75ms であるのに対して、white/red ratio の最大値は T=1.05ms であり、時間差が生じているのが分かる。さらに、発光初期の head 領域下部では white/red ratio が最も大きくなっているのが分かる。本講演ではこの解析結果の詳細について発表する予定である。

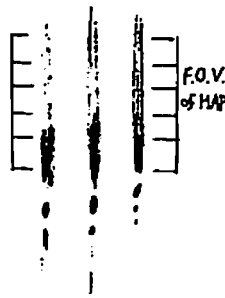


Fig.1 A schematic diagram of C-Sprites and field of view of MAP.

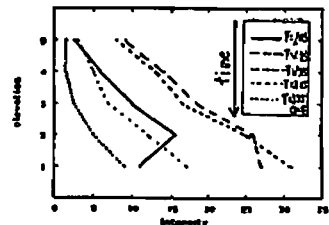


Fig.2 Emission profile in the head portion of C-sprites with time interval of about 700us.

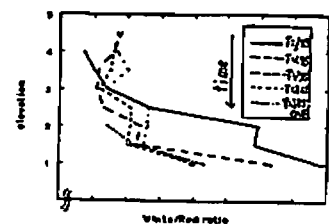


Fig.3 Profile of white/red ratio.

## A42-03

### マイクロロケットを用いたチャフ実験と 山川 MF レーダー・京大 MU レーダーによる 中間圏・下部熱圏風速変動の共同観測

○村山 啓啓<sup>1</sup>、五十嵐喜良<sup>1</sup>、山崎亮三<sup>1</sup>、西牟田一三<sup>1</sup>、小山孝一郎<sup>2</sup>、  
津田敏隆<sup>3</sup>、中村 卓司<sup>3</sup>、深尾昌一郎<sup>3</sup>、  
H.-U. Widdel<sup>4</sup>、K. Schlegel<sup>4</sup>

1. 通総研 2. 宇宙研 3. 京大超高層 4. 独 MPAE

#### Cooperative observation of wind disturbances in the mesosphere and lower thermosphere observed by micro-rockets with foil chaff at Uchinoura, the Yamagawa MF radar and the MU radar

○Y. Murayama<sup>1</sup>, K. Igarashi<sup>1</sup>, R. Yamazaki<sup>1</sup>, I. Nishimuta<sup>1</sup>,  
K.-I. Oyama<sup>2</sup>, T. Tsuda<sup>3</sup>, T. Nakamura<sup>3</sup>, S. Fukao<sup>3</sup>  
H.-U. Widdel<sup>4</sup>, and K. Schlegel<sup>4</sup>

1. CRL 2. ISAS 3. RASC, Kyoto Univ. 4. MPAE, Germany.

A campaign of the improved rocket/chaff experiments (foil chaff technique) was conducted at 12:00UT and 13:15UT on 14 January 1997, to observe mesospheric and lower thermospheric in-situ winds at Uchinoura. Simultaneous observation was conducted with the MU radar (600 km east) and the Yamagawa MF radar (100 km west of released chaff location).

Zonal winds for the two rockets agreed very well with MF radar winds at 80–86 km. For the meridional component, the rocket winds at 12:00UT agreed well with MF radar results, while the rocket data at 13:15 UT showed discrepancy of 20–30 m/s with MF data below 82 km. A sudden change in MF radar meridional winds was found in 8–11 UT at 80–90 km, which was associated with probable vertical wind disturbances of MF radar at the same time. MU radar meteor observation showed a sudden change in meridional winds in 11:30–13:00 UT below 80 km.

中間圏・下部熱圏の高度での現象を精密に観測する手段は大変限定されてきた。本研究では、高度 80–100km 付近の水平風を直接測定できるチャフ（フォイルチャフ；アルミ蒸着軽量プラスチックフィルム片約

6千枚を散布）を用いて、1997年1月14日12:00UT・13:15UTに宇宙研 鹿児島宇宙空間観測所（KSC；鹿児島県内之浦町）で2回のロケット実験を行い、国内で初めて成功した。この際、京大 MU レーダー（滋賀県信楽町；KSCより600km東方）・通総研山川 MF レーダー（鹿児島県山川町；KSCの西方約50km、チャフ観測領域から西方約100km）との同時観測が行われた。

2回のチャフ実験と山川 MF レーダー（MFR）を比較すると、12:00UTのチャフ実験結果は、MFR データのある高度 90km 以下について双方はよく一致していた。また 13:15UT のチャフ実験でも高度 86km 以上では MFR とチャフはよく一致しているが、82km 以下では 20–30m/s 程度の差が見られた。東西成分は 2 回の実験ともチャフと MFR の風速はよく一致していた。

一方、MFR の高度 80–90km の南北風は、8–11UT に約 2 時間程度継続する最大  $-80\text{m/s}$  の強い北風（南向きの「突風」）を示した。この突風は開始時・終了時には急激な加速を伴い、10:30UT 頃には  $84\text{--}88\text{km}$  で最大  $50\text{m/s}/2\text{min}$  の北向き加速を示した。MU レーダーの流星観測（MWR）観測でも 11:30–13:00UT に高度 74–80km で類似した北風の増大（約 1hr 継続）が見られた。両レーダー観測に共通したこの北風の短時間の増大は、出現高度・時間が異なっているものの、どちらも鉛直方向の変動があまりなく鉛直波長がかなり大きいと考えられるため、しばしば観測される大規模重力波やその潮汐波等との単なる重畳とも考えにくい。また、信頼性に議論が残るものの、MFR で得られた鉛直風速は南北風の「突風」と同期して最大  $15\text{m/s}$  の 2 時間の間継続する上昇風を示した。

2 回目のチャフの南北風のみが MFR と 20–30m/s の差を示した原因として当初チャフの測定に由来する可能性を考えたと、この北風・鉛直風増大に関連する可能性も考えられる。たとえば、この現象は水平方向に伝播可能で北西から南東へ（北から西へ計った方位角 52 度）伝播しているとして、伝播方向の水平スケールが  $<50\text{--}100\text{km}$ 、伝播方向に直角な方向のスケールが  $>600\text{km}$  で、南（又は西）が高く（ $\sim 80\text{--}86\text{km}$ ）、北（又は東）が低い（ $\sim 74\text{--}80\text{km}$ ）構造を持つとすると、この構造が水平位相速度  $\sim 4.5\text{m/s}$  をもつときに、今回の観測事実は説明できる。この多くの仮定の妥当性は今後の課題である。

## A42-04

高高度気球による酸素原子・オゾン同時測定：初期結果

○竹川 暢之、岩上 直幹（東京大学）

### ATOMIC OXYGEN AND OZONE MEASUREMENT ON BALLOON : PRELIMINARY REPORT

○Takegawa N, Iwagami N (U Tokyo)

Simultaneous measurement of atomic oxygen and ozone is planned in 1997 on board the high altitude balloon reaching a height of 42km. Atomic oxygen is measured by resonance fluorescence method, and ozone by differential absorption method. Direct measurement of the partition between the O<sub>x</sub> family may give us a key to solve the 'model ozone deficit problem'.

#### 目的

中層大気オゾン化学に重大な盲点があることが 1980 年代半ばに指摘され、未だ解決されていない。それは高度 40–60km においてオゾン密度の測定値がモデル値に比べ 30–50% も大きいことである (model ozone deficit problem)。この高度域におけるオゾンの光化学時定数は輸送時定数に比べてはるかに短く、オゾン密度は殆ど光化学的に決定されてしまう単純な状況であり、しかも比較的用いられている測定値の精度はこの高度域で最も高い。以上の事実はオゾン密度を制御している HO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、ClO<sub>x</sub> 及び酸素原子 O など微量成分の密度が数値モデルで正しく表現されていないのではないかという推測を導く。

一方、高度 40km 以上の中層大気におけるこれら微量成分の測定例は極めて少ない。これは大気球では高度 40km までしか到達できないこと、衛星からの光学的遠隔測定もオゾンなど比較的少量な成分に偏っていることなどの要因による。実際、この高度域においてはオゾンおよび NO<sub>2</sub> に関しては衛星による多くの測定例があり、ClO についても UARS・MLS が測定に成功したが、HO<sub>x</sub> および酸素原子 O については気球高度で試みられた少数例があるのみである。この実験では、高高度気球上において共鳴線ランプ法によって酸素原子を測定し、上記の問題の 1 つの鍵である O<sub>x</sub> 間の分配を検討することを目的としている。

同時に、この共鳴線ランプ法は CI や OH など、他の極微量成分の測定にも応用できるため、この実験はその一段階と位置づけることもできる。

#### 測定装置

共鳴線ランプを大気に照射し、散乱光強度により酸素原子密度を定数するもので、装置の主要部分はランプおよび光電子増倍管よりなる。共鳴線ランプは特定の原子・分子の共鳴線のみを放射するような特殊ランプで、この場合は酸素原子の 130nm の共鳴線を強く放射する。またランプ強度に 128Hz の変調をかけ、背景光成分を分離する。この同期検波を行った後の直流信号をテレメータに出力する。

オゾンは波長 290nm と 450nm の差分吸光により、斜め上方に向けた有効径 13mm の放射計 2 ペアによって定数する。この方法は遠隔測定であり（つまり空間平均であり）、近接測定である酸素原子測定との比較には注意を要するが、市販の電気化学オゾンソンデは 30km 以上ではポンプの効率低下により信頼できないため、この場合には適切な選択と考える。

#### 放球予定

測定は 1997 年 9 月に三陸にて実施する予定である (97 年 8 月 8 日現在)。天候などの条件が整えば、東北大の光学オゾンソンデ、あるいは環境研のミリ波放射計との同時測定も行う予定である。

# A42-05

レーザーヘテロダイン分光計による  
アラスカでの O<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub> 観測

\*村田 功、福岡 孝昭、大塚 雄一郎、福西 浩(東北大・理)、  
神沢 博、中畠 安昭(国立環境研)、柴崎 和夫(国学院大)

The observation of O<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, and CH<sub>4</sub> in Alaska  
with a tunable diode laser heterodyne spectrometer

\*I. Murata, N. Fukuma, Y. Ohtaki, H. Fukunishi (Tohoku Univ.),  
H. Kanzawa, H. Nakane (NIES),  
and K. Shibasaki (Kokugakuin Univ.)

Vertical column densities and vertical profiles of O<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, and CH<sub>4</sub> have been observed with a tunable diode laser heterodyne spectrometer to validate the data of some atmospheric sensors (ILAS, TOMS, and IMG) on board the ADEOS (Advanced Earth Observing Satellite) and to study the effect of the polar vortex on the ozone depletion process. The observation was carried out at Poker Flat, Alaska from February to May and more than 300 solar absorption spectra of O<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, and CH<sub>4</sub> were measured on 32 clear days.

1996年8月に打ち上げられた ADEOS 衛星搭載大気成分観測センサー (ILAS, TOMS, IMG) の検証およびオゾン層破壊における極渦変動の影響の解明を目的として、ILAS 検証実験が 1997年2-3月に、アラスカキャンペーンが4-5月に行われた。我々はこれらのキャンペーンに参加し、アラスカ・フェアバンクスにおいてレーザーヘテロダイン分光計による O<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub> の全量及び高度分布観測を行った。

レーザーヘテロダイン分光計は、太陽光と半導体レーザーから発する赤外光とを組み合わせる成分をとることで、波数分解能と S/N の非常に高いスペクトルを得ることができるのが特徴である。我々の開発した分光計の波数分解能は 0.0013 cm<sup>-1</sup> であり、これにより地上から観測した太陽赤外吸収スペクトルの線幅から O<sub>3</sub> 等の高度分布を、10 分程度の高時間分解能で求めることが出来る。今回の観測ではこの分光計をアラスカ大学フェアバンクス校地球物理研究所ポーカーフラット観測所 (65.1°N, 147.5°W) に設置し、2月16日-3月13日および3月31日-5月12日に観測を行った。観測は太陽光を必要とするため晴天に限られるが、3月に7日、4-5月に25日、計32日分のスペクトルを得た。

観測期間中の ILAS の観測ポイントは 64・70°N であり、必ずしもフェアバンクス上空を観測しているわけではないが、両者の観測点間の距離が 300km 以内と比較的接近した日の観測にも成功している。図に例としてレーザーヘテロダイン分光計および ILAS によって観測された3月6日のオゾン高度分布を示す。レーザーヘテロダイン分光計の結果はこの日に観測した2図のスペクトルから導出した高度

分布の平均値で、エラーバーはその標準偏差を示している。3月の観測結果からは全般的にこのように下部成層圏では ILAS の観測値が大きめに偏る傾向がうかがえるが、この期間には ILAS の観測ポイントはフェアバンクスから 700-1200km 離れており直接の比較は難しい。現在4-5月のデータについても解析を進めており、この期間に両者の距離もより近くなるので、観測では ILAS との距離が近いデータを中心に比較結果を報告する。

また、極渦変動の影響については、気象庁客観解析データから求めたポテンシャル高度解析によれば、アラスカ上空は冬の極渦の外に出ている期間が多かったが、5月上旬の極渦崩壊時には極渦内からの気塊がアラスカ上空にも到達している。観測ではこの期間の O<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub> の観測結果から、極渦境界付近での変動やそれらの相関について報告する。

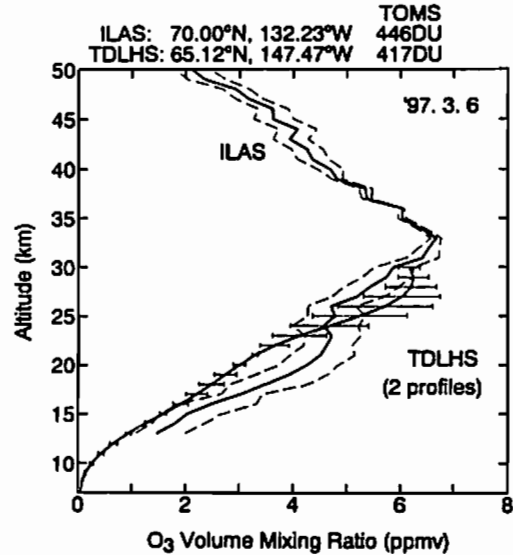


図. レーザーヘテロダイン分光計 (TDLHS) および ILAS によって観測された3月6日のオゾン高度分布

# A42-06

ILAS 検証キャンペーンにおける

キルナ (スウェーデン) での窒素酸化物の気球測定

鈴木孝樹、近藤 豊、小池 真、杉田孝史、入江仁士  
(名古屋大学太陽地球環境研究所)

Measurements of nitrogen oxides at Kiruna  
(Sweden) for ILAS campaign

\*T. Suzuki · Y. Kondo · M. Koike · T. Sugita · H. Irie  
(Nagoya Univ., STEL)

Stratospheric NO, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, and aerosols were measured on board balloons launched from Kiruna (68°N), Sweden on February 10 and 25, 1997 during ILAS (Improved Limb Atmospheric Spectrometer) validation campaign. Potential vorticity (PV) of European Center for Medium-range Weather Forecasts (ECMWF) data showed the measurements were made in the arctic vortex above 20km on February 10 and above 15km on February 25. The minimum temperature north of 40°N on the 475K surface was near -85°C which is the ice saturation temperature.

1.はじめに

1997年1月から2月にかけてスウェーデン、キルナ (北緯 68°N) において、人工衛星 ADEOS (Advanced Earth Observing Satellite) に搭載された ILAS 検証のための気球キャンペーンが行われた。このキャンペーン期間中の 1997年2月10日、2月25日に NO, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, エアロゾル等の濃度が大気球搭載の測定器によって、30km の高度まで測定された。NO, NO<sub>2</sub> は化学蛍光法、オゾンは ECC オゾンゾンデ、エアロゾルは光散乱式粒子測定器によって各々観測された。また、N<sub>2</sub>O の測定は、ドイツの KFA のグループによってグラブサンプリングーガスクロマトグラフ法でなされた。

2.観測結果

ECMWF によるポテンシャル高度の解析結果から判断すると、観測日のキルナ上空では、2月10日は少なくとも 20km 以上、2月25日は少なくとも 15km 以上で北極極渦の内側に位置していた事が示された。2月中旬から下旬にかけて位温 475K における 40°N 以北での最低気温は NAT の生成温度である -77°C 以下であり、氷の霜点温度である -85°C 付近であった。Type II PSC (Polar Stratospheric Cloud) は半径 10 μm 以上に成長すると重力落下する。その際、取り込んだ H<sub>2</sub>O, HNO<sub>3</sub> は粒子と共に失われる事となる。

本講演では、この観測結果から得た NO<sub>y</sub> 濃度と、脱窒の影響を受けていない中緯度での NO<sub>y</sub> と N<sub>2</sub>O の相関から期待される NO<sub>y</sub> 濃度 (NO<sub>y</sub><sup>\*</sup>) との比較した結果を報告する。また、観測された NO<sub>y</sub> 濃度と ILAS によって観測された HNO<sub>3</sub> との比較結果についても報告する。

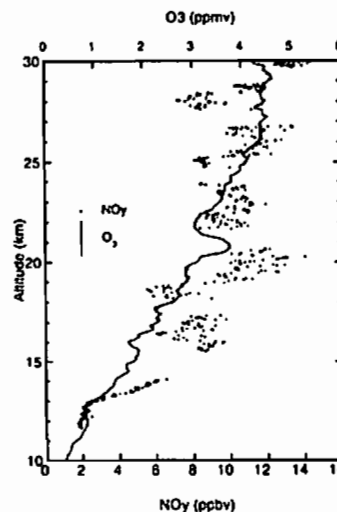


図1. 1997年2月25日スウェーデン、キルナ(68°N)で観測された NO<sub>y</sub> と O<sub>3</sub>

## A42-07

### 中間圏Na層の昼間ライダー観測 (1)

○長澤 親生、名倉 立統、柴田 泰邦、阿保 真 (都立大・工)

#### Daytime lidar observations of mesospheric sodium layers (1)

C. NAGASAWA, T. NAGURA, Y. SHIBATA and M. ABO  
Tokyo Metropolitan University

**Abstract :** Daytime lidar observations of mesospheric sodium layers have been performed by using an ultranarrow bandpass Na vapor dispersive Faraday filter that overlays Na Fraunhofer line. The filter consists of a Na vapor cell between crossed polarizers subject to a magnetic field along the optical path. Several characteristics of daytime mesospheric sodium layers are reported.

我々はNaライダーを用いた夜間の中間圏Na層の観測を1991年より今日まで延べ2500時間以上にわたって行って来た。従来のNaライダー観測は太陽による背景光が大きいため昼間の観測は困難であった。フラウンホーファーラインより狭い透過帯域を持つバンドパスフィルターが実現されれば、この困難は解決可能であるが、最近まで実現されていなかった。Chen et al. (1993) が発表したNa原子蒸気セルと磁石を組み合わせた Na vapor dispersive Faraday filter は超狭帯域、高透過率のバンドパスフィルターで、バンド幅約2nmを実現し太陽背景光を大幅にカットできる。我々は、独自にNa原子ファラデー蒸気フィルターの開発を行った。図1にNa原子ファラデーフィルターの構成図を示す。磁場により共振波長の光のみがNa蒸気セル内でファラデー回転を起こし、直交して置かれた偏光子を通過することができ、狭帯域のバンドパスフィルターが実現されている。

このフィルターを用いた日出後の中間圏Na層の観測例を図2に示す。この日の日出時刻は04:56で、従来のNaライダーでは、日出30分前までしか薄明のため観測ができなかったが、ここでは日出後2時間以上の観測が可能であった。更にフィルターの改良や、受信視野角を決めることにより24時間連続観測が可能になる。更に、温度観測用狭帯域レーザーを用いることにより、中間圏界面の昼夜連続温度観測も可能になる。Naライダーによる中間圏界面付近の昼夜連続観測が実現すると、この高度におけるgravity waveやtidal wave等の、より長い時間周期の波動現象や、昼間のスポラディックNa層と温度との関係など新たな知見が得られることが期待される。

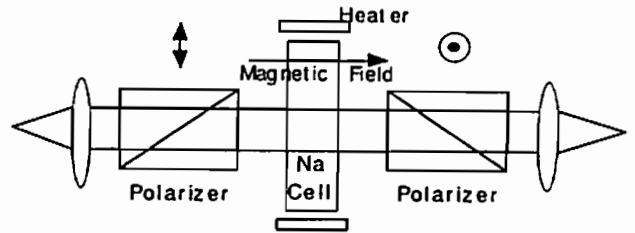


図1 Na原子ファラデーフィルターの構成図

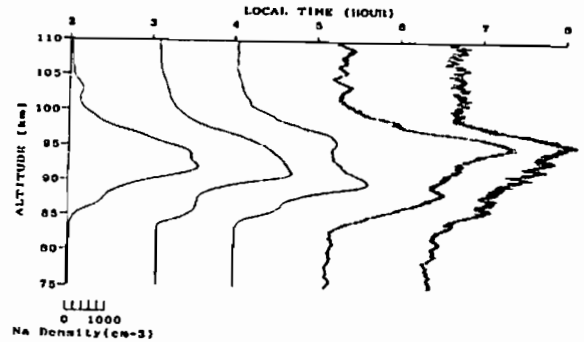


図2 日出後の中間圏Na層の観測例

#### 参考文献

- H.Chen and C.Y.She, Sodium-vapor dispersive Faraday filter, Optics Lett., Vol.18, pp.1019-1021 (1993)  
名倉他、昼間ライダー観測のための狭帯域Na原子ファラデーフィルターの特性、第18回レーザーセンシングシンポジウム、No.C12 (1997)

## A42-08

### MU レーダー・Na ライダーによる Na<sub>s</sub>出現時の背景大気力学場の観測

○宮川博尚<sup>1</sup>・中村卓司<sup>1</sup>・津田雄隆<sup>1</sup>・阿保真<sup>2</sup>・長澤親生<sup>2</sup>  
川原琢也<sup>3</sup>・小林啓二<sup>3</sup>・北原司<sup>3</sup>・野村彰夫<sup>3</sup>

( 1: 京都大・超高度 2: 都立大・工学部 3: 信州大・工学部 )

#### Observation of background atmospheric dynamics of Na<sub>s</sub> by the MU radar and Na lidars

○H. Miyagawa<sup>1</sup>, T. Nakamura<sup>1</sup>, T. Tsuda<sup>1</sup>, M. Abo<sup>2</sup>, C. Nagasawa<sup>2</sup>,  
T. D. Kawahara<sup>3</sup>, K. Kobayashi<sup>3</sup>, T. Kitahara<sup>3</sup>, A. Nomura<sup>3</sup>

- 1: RASC, Kyoto Univ.  
2: Faculty of Eng. Tokyo Metropolitan Univ.  
3: Faculty of Eng. Shinshu Univ.

We've carried out simultaneous observation of mesopause region by the MU radar (meteor mode) and Na lidars since November 1995. The background wind and temperature fields observed by the MU radar are investigated around the time and height regions of sporadic sodium (Na<sub>s</sub>) layers detected by the Na lidars. The results are compared with the proposed generation mechanisms of Na<sub>s</sub>.

**はじめに** 中間圏界面領域 (高度 80~100km) には Na 原子が成層しており、送信光波長を Na 原子の吸収線 (589nm) に同調させた共鳴散乱ライダーにより Na 原子の密度変動が観測される。一方この領域の大気力学場の有用な、夜間も観測可能な手段として流星レーダーがあり、風系、温度変動が観測される。Na 層の現象として、短時間 (数 10 分~数時間) に狭い高度範囲 (数 km) で Na 原子の密度が急増するスポラディック Na (Na<sub>s</sub>) があるが、その発生機構についてはいくつかの説が提案されている。例えば Na<sub>s</sub> を成す Na 原子の起源としては、流星の流入 (Clemsha et al., 1978)、Na 化合物等リザーバーからの Na 原子の解離などが提案されており、Na 原子の集束機構としては古典的な地球磁場と風シヤによる正イオンあるいは帯電したエアロゾルのドリフトによる収束、E<sub>s</sub>層の電子と Na リザーバーとの相互作用 (Beatty et al., 1989)、局所

的な温度上昇による Na 解離反応促進などが提案されている。これらの生成機構では背景大気の流れ、温度などのパラメータが Na 原子層の変化に大きく影響していると考えられている。また Na<sub>s</sub> の発生頻度は緯度や高度への依存性が観測されており、例えば高緯度では Na<sub>s</sub> と E<sub>s</sub> に良い相関が見られる (Kane et al., 1993) など、緯度や高度により発生メカニズムが異なることも考えられる。本研究では特に発生頻度が高いといわれている (Nagasawa et al., 1995) 日本での Na<sub>s</sub> の発生機構の解明を目指す。

**同時観測** 京都大学超高度電波研究センターでは、MU レーダー流星モード、Na ライダーによる中間圏の同時観測を都立大学とは 1992 年 8 月から、さらに信州大学が信楽 MU 観測所に 1995 年にライダーを搬入し、11 月からは 3 者で同時観測を行っている。特に毎年 8 月のペルセウス座流星群、11 月のしし座流星群の活動期には重点的に観測を行っている。三者で同時観測を始めた 1995 年 11 月以降これまで 1995 年 11,12 月、1996 年 4,8,10,11,12 月、1997 年 1 月の MU レーダー流星モード期間中に、天候に恵まれ同時観測出来たのは、3 者全てでは 9 晩、また MU-都立大では 21 晩、MU-信州大では 22 晩である。

各測機の位置は、MU レーダー、信州大 Na ライダーが信楽 (34.9°N, 136.1°E)、都立大 Na ライダーが八王子 (35.6°N, 139.4°E) で、両者間は東西方向に約 300km 離れている。各測機の測定範囲および分解能は、MU レーダーが高度範囲 80~95km 程度、高度分解能 1km、時間分解能 30 分、Na ライダーは高度範囲 80~105km 程度、高度分解能 750m (信州大)、100m (都立大)、時間分解能 10 分程度である。

**観測結果** 上記の観測期間について、ライダーデータから Na<sub>s</sub> 出現時刻および高度を取り出し、この時の背景力学場の変動、拡散係数の変動についてのライダー観測データと比較し、両者の相関を調べた。1996 年 8 月 11 日の観測では、信州大ライダーで高度 100km 付近で 21:28~22:04 にかけて、Na<sub>s</sub> が観測され、同時に MU レーダーでは正イオンの収束が起こる方向の風シヤを観測した。また 1995 年 8 月 13 日の観測では都立大ライダーで高度 93km 付近で翌 14 日 0:20~2:45 にかけて、Na<sub>s</sub> が観測され、MU レーダーでは温度上昇傾向を示す両極性拡散係数の変動を観測した。しかし、この時のシヤの向きは正イオンが収束する方向とは逆であった。これら 2 つの顕著な例の他、多数の例についての結果を報告する予定である。

赤道域中層大気上部の大気潮汐波の  
レーダー多点協同観測

大西 一範<sup>1</sup> 中村 卓司<sup>1</sup> 津田 隆雄<sup>1</sup> R.A.Vincent<sup>2</sup> I.M.Reid<sup>2</sup>  
<sup>1</sup> 京都大学超高周電波研究センター <sup>2</sup> Univ. Adelaide, Australia

Cooperative radar observations of atmospheric tides in the upper middle atmosphere around the equator.

K. Onishi<sup>1</sup> T. Nakamura<sup>1</sup> T. Tsuda<sup>1</sup> R.A.Vincent<sup>2</sup> I.M.Reid<sup>2</sup>  
<sup>1</sup> RASC, Kyoto University <sup>2</sup> Univ. Adelaide, Australia

We have been observing horizontal wind velocities at 80-100km altitude by Jakarta meteor radar(6° S, 107° E), Pontianak MF radar(0.03° N, 109° E), and Christmas Island MF radar(2° N, 158° W). In this paper, we report comparison of atmospheric tides observed by these radars. Similarities with tidal models have been observed for diurnal tides at Jakarta and Pontianak, but remarkable difference exists between Pontianak and Christmas Island. From these results, meridional fluctuation of a tidal node around the equator will be discussed.

京都大学超高周電波研究センターでは1992年11月からインドネシア技術評価応用庁(BPPT)、インドネシア航空宇宙庁(LAPAN)との共同研究として、ジャカルタ郊外(6° S, 107° E)で流星レーダーによる観測を行っており、さらに1995年11月からはアデレイド大学の協力も得て、同じインドネシアのポンティアナ(0.03° N, 109° E)でMFレーダーによる観測を行っている。今回はこれにアデレイド大学のクリスマス島(2° N, 158° W)のMFレーダーによる観測を加え赤道域の高度80km~100kmでの大気潮汐波について解析を行ったので報告する。

解析はジャカルタについては92年11月~97年2月の4年間、ポンティアナについては96年1月~97年2月、クリスマス島については96年1月~96年12月の期間について行い、高度2km毎に1ヶ月平均の1日、半日周期成分をフィッティングで取り出した。得られた月平均プロファイルのバラツキをおさえてモデルと比較するために3ヶ月毎に平均すると、1日周期潮汐波の位相は東西風についてはジャカルタ、ポンティアナとモデルは良く一致したが、クリスマス島はジャカルタ、ポンティアナとの一致はみられなかった。南北風についてはポンティアナの位相は3~8月はクリスマス島と、9~2月はジャカル

タとよく似ている。

図1は高度90kmにおける月平均振幅・位相の季節変化を示すが、振幅についてはジャカルタとポンティアナは東西、南北風ともよく一致するが、クリスマス島とは一致しない。位相は、東西風ではジャカルタの約4年間の変化は3~4月頃に2通りに分かれるほかは毎年同じであり、ポンティアナも類似している。しかしクリスマス島の変化はこれとは異なる。南北風は、ジャカルタでは東西風よりもさらに規則正しく月変動を反復し、クリスマス島はこれと全く異なる変化を示す。ポンティアナは1、2、10~12月はジャカルタ、3~9月はクリスマス島に近い値をとる。これらは大気潮汐波の南北半球の境界線、いわば『潮汐の赤道』が9~2月は赤道と2° Nの間に、3~8月は赤道と6° Sの間にあることを示す。

講演ではさらに半日周期潮汐波の変動についても、3地点間の比較やこれまでのモデルとの比較を行う予定である。

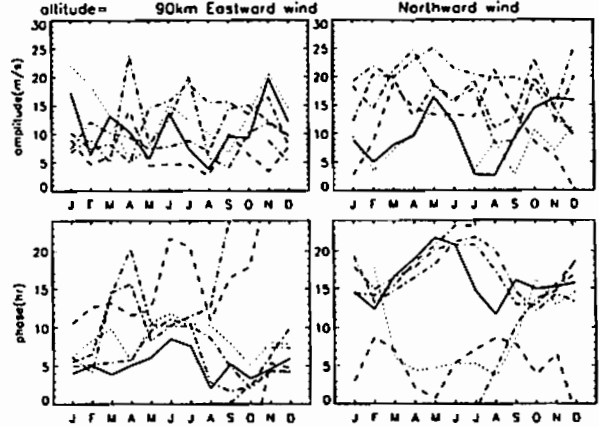


図1 ジャカルタ流星レーダー、ポンティアナMFレーダー、クリスマス島MFレーダーで観測された1日周期大気潮汐波の1ヶ月平均の振幅と位相。左側が東西風、右側が南北風で、実線、点線、破線、1点鎖線はそれぞれジャカルタ(96年)、ポンティアナ(96年)、クリスマス島(96年)、ジャカルタ(92年11月~95年12月)を表す。

Tropospheric Moisture Profiling by Radar-RASS

David J. Low and Toshitaka Tsuda

Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University

Abstract

We introduce a technique for the extraction of specific humidity from wind profiler-RASS echoes. The method is based on integration of the generalised gradient of radio refractive index,  $M^2$ , which is proportional to returned clear-air echo power; temperature and stability parameters are determined from simultaneous RASS soundings.

Discussion

While MST radars can provide wind profiles, and the addition of a RASS capability enables the measurement of temperature profiles, the potential for MST radars to operationally profile moisture remains an open problem. While it is recognised that moisture contributes to radar returns, estimating the degree of such contributions is made difficult by uncertainties, particularly regarding the variation in time and space of the radar scattering mechanism (and hence the relative contributions of turbulent intensity, temperature gradient, moisture gradient, etc.). While it has been shown that wind profiling radars are capable of significantly improving satellite microwave radiometer-based retrievals of moisture content (e.g. Stankov et al. 1996), a technique independent of satellite sensors would prove generally useful.

A combination of radar and RASS for the estimation of water content profiles is proposed, which makes use of the wide variety of information provided by such a combination. Clear-air echo intensity provides a first-guess of moisture content in the lower atmosphere where humidity contributions dominate returns, while the spectral width of radar echoes and a comparison of returned power at different zenith angles gives insight into the temporal and spatial variation of the clear-air scattering mechanism. Finally, the RASS system allows for estimation of the potential temperature ( $\theta$ ) and the Brunt-Väisälä frequency ( $N$ ), to place additional constraints on the contribution to returns from sources other than moisture and moisture gradients.

Our approach is to integrate the generalised radio refractive index equation in a moist atmosphere. The echo intensity of both isotropic turbulence scat-

tering and specular reflection can be related to the square of the generalised gradient of radio refractive index,  $M^2$ , where (for atmospheric pressure  $p$ ):

$$M = -77.6 \times 10^{-6} \frac{p}{T} \left( \frac{\partial \ln \theta}{\partial z} \right) \times \left[ 1 + \frac{15500q}{T} \left( 1 - \frac{1}{2} \frac{\partial \ln q}{\partial r} \right) \right] \quad (1)$$

In a moist atmosphere, the main contributions to  $M$  are from  $dT/dz$  and  $dq/dz$ . Therefore, the expression for  $M$  can be approximated as:

$$M = -77.6 \times 10^{-6} \frac{p}{T} \left( \frac{N^2}{g} + \frac{7800}{T} \frac{dq}{dz} \right) \quad (2)$$

Then:

$$\frac{dq}{dz} = 1.65 \frac{T^2}{p} M + \frac{T}{7800} \left( \frac{dT}{dz} + \Gamma \right) \quad (3)$$

where  $\Gamma = 9.8 \text{ K km}^{-1}$  is the dry adiabatic temperature lapse rate. By integrating this differential equation,  $q$  is given by:

$$q(z) = q(z_{\max}) + 1.65 \int_{z_{\max}}^z \frac{T^2}{p} M dz + \frac{1}{7800} [T + \Gamma z]_{z_{\max}}^z \quad (4)$$

With an appropriate boundary condition, we can solve for  $q$  if  $M$ , including its sign, can be determined from the echo power. However, only  $|M|$  can be inferred from the echo power, and hence the  $M$  profile cannot be uniquely determined. To solve this problem, we use a radiosonde profile to determine an initial guess for  $M$  from the echo power, then track the time variation from subsequent echo power profiles.

Applying this method to the MU radar, we obtain a reasonable agreement between the derived  $q$  profile and a simultaneous radiosonde measurement. While the technique has some advantages at UHF due to the reduced importance of specular/reflection-type echoes in that frequency band, this must be weighed up against the ability to distinguish clear-air returns from other contaminations (such as hydrometeors and insects).

References

Stankov, B. B., E. R. Westwater and E. E. Gossard, 1996: Use of wind profiler estimates of significant moisture gradients to improve humidity profile retrieval. - J. Atmos. Oceanic Tech. 13, 1285-1290.



音源アレイを用いた RASS  
による温度プロファイルの観測

古本 淳一<sup>1</sup> 津田 敏隆<sup>1</sup> 有川 佳宏<sup>1</sup> 中村 卓司<sup>1</sup> 足立 樹彦<sup>2</sup> 増田 悦久<sup>2</sup>  
(<sup>1</sup> 京都大学超高周波電波研究センター <sup>2</sup> 郵政省通信総合研究所)

Observation of temperature profile with RASS  
using acoustic array.

J. Furumoto<sup>1</sup> T. Tsuda<sup>1</sup> Y. Arikawa<sup>1</sup> T. Nakamura<sup>1</sup>  
T. Adachi<sup>2</sup> Y. Masuda<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> RASC, Kyoto University <sup>2</sup> CRL)

We have been developed a Radio Acoustic Sounding System(RASS) with the MU radar since 1985. We organized acoustic phased array system consisted of 20 high power acoustic sources around the MU radar. And RASS observation proved to be able to acquire continuous profile of temperature and three components of wind velocity with a few minute interval.

はじめに RASS(Radio Acoustic Sounding System) はドップラーレーダーを用いて音波の伝播速度を測定し、大気温度を導出するリモートセンシング法である。京都大学超高周波電波研究センターでは、1985 年より郵政省通信総合研究所と共同で MU レーダーを用いた RASS(MU レーダー/RASS) の開発を進めており、1996 年には新音源システムの開発を行い、安定かつ広い高度範囲における温度プロファイルの観測が可能となった。現在は、新システムを有効に使用するための RASS 自動観測ソフトウェアの開発をすすめている。本報告ではこれらの新音源システムについて解説を行い、最新の RASS 観測の結果について考察する。

新音源システム RASS 観測において高い高度の音波面によるエコーが観測されるためには、音波発射装置をレーダーに対して風上側に斜めに設置することが必要である。MU レーダー/RASS では、20 台の音波発射装置をレーダーの周囲に設置し、適宜適切な音波発射装置を選択することにより、今まで困難であった前線通過時などにおける連続した温度プロファイルを取得することが可能となった。また、音源をフェイズドアレイ化することにより複数の音源からの発射された音波が上空で同位相となり強い RASS エコーを取得できるようにした。現在リアルタイムで適切なレーダービーム方向や音源を制御することを可能とする RASS 自動観測ソフトウェアの開発を行っており、その結果前

線などの背景場が急激に変化する状況においても連続した自動観測が可能となり、他の観測との複合観測が可能となることが期待される。

音源アレイによる観測 RASS 観測時に複数の音波発射装置を同時に使用した場合、それぞれが独立にスポット状の RASS エコーをつくり、その間で干渉が生じると考えられる。音源アレイを構成することによりこの干渉により受信エコーが弱め合うことを防ぐことが可能である。図 1 は音波発射装置の組合せを変えて RASS 観測を行った場合の SNR プロファイルである。太実線は 3 台で音源アレイを構成し、細実線はそれぞれの音波発射装置を独立に用いた場合の SNR の和で、位相をランダムにした時の SNR の期待値を示している。高度 1.3km 付近以上では太実線が細実線を上回っており RASS エコーが干渉により強め合っている。

まとめ MU レーダー/RASS 用音源アレイを用いることによって異なる音波発射装置に由来する RASS エコーが相互に強め合う干渉を起こすことに成功した。RASS 自動観測ソフトウェアにより安定した大気温度プロファイルの観測が可能となると期待される。本報告では更に RASS 観測による高時間分解能の温度・風速 3 成分プロファイルから対流圏・下成層圏における大気運動の特性について考察を進める予定である。

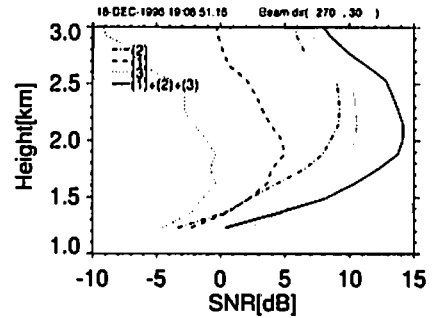


図 1 異なる音波発射装置の組合せを用いた場合の SNR の高度分布。点線、破線、一点破線は異なる 1 台のみを用いた場合であり、細実線はこれら 3 台の SNR の和である。太実線は音源アレイを構成し、上空で音波ビーム方向をレーダービーム方向と一致するようにして 3 台同時に使用した場合である。

A42-12 太陽掩蔽法小型フーリエ  
干渉分光計の概念検討

鈴木 健 (国研研)、久世 敏彦 (NEC)、Andre Villemain (BOMEM)

A feasibility study on solar occultation technique  
with a compact FTS

Makoto Suzuki<sup>1</sup>, Akihiko Kuze<sup>2</sup>, and Andre Villemain<sup>3</sup>

<sup>1</sup> National Institute for Environmental Studies, Tsukuba, Ibaraki, Japan

<sup>2</sup> NEC Corporation, Yokohama, Kanagawa, Japan

<sup>3</sup> Bomem Inc., Quebec, Quebec, Canada

Abstract

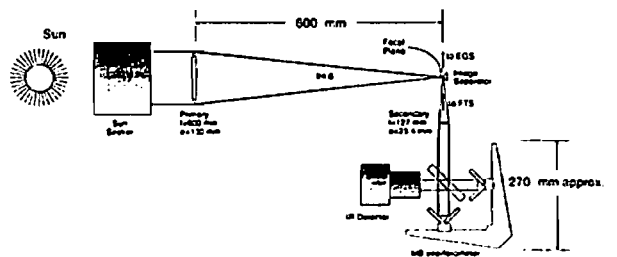
The instrument discussed here is a compact FT spectrometer used to collect solar occultation spectra from a satellite platform. This FTS measures atmospheric constituents vertical profile with 1 cm<sup>-1</sup> (or higher) spectral resolution in 3-12 micron. The sampling frequency required for a few hundreds meters vertical resolution measurements is 10 Hz (or faster). We present its instrumentation, performance simulation and PV-MCT detector test results.

ここでは人工衛星などの飛行体に搭載し、太陽掩蔽法で大気を観測する小型フーリエ干渉分光計の概念検討結果について述べる。一般に広波長範囲のスペクトルを高分光分解能で観測する分光計として、光量利得が大きいマイケルソン・フーリエ干渉分光計(FTS)が優れている。一方、FTSはインターフェログラムを取得するためミラーを機械的に走査する必要があり、人工衛星搭載用には、打ち上げ時の機械環境、軌道上での安定性、信頼性、寿命などを考慮したハードウェア設計が必要となる。さらに、太陽掩蔽法による観測では、高速の観測が要求される。ここで検討したFTSは分光分

解能を 1cm<sup>-1</sup>程度とし、0.1秒毎にインターフェログラムを取得する。FTS 光学系としては、コーナーキューブとフレキシブルピボットを組み合わせたスペースシャトルで実績のあるものを用いる構成で検討を行い、性能と実現性の両面で大きな問題が無いことを確認した。検出器にはダイナミックレンジが広いFTSに適した線形性に優れたフォトダイオード型HgCdTe(PV-MCT)検出器を使用する予定である。

本FTSでは3-12μmの赤外波長域のスペクトル観測が実現できるため、O<sub>3</sub>, HNO<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, H<sub>2</sub>O, CFC11, 12, Cll<sub>4</sub>などの大気微量成分のほか、エアロゾルなどの観測が可能となる。また本FTSで得られる分光分解能より高い性能が要求されるClONO<sub>2</sub>, HClなどの大気成分に関しては、限定された波長域で小型で高い分光分解能を実現できるエシエル回折格子分光計(EGS)が適している。本FTSとエシエル回折格子分光計を組み合わせることにより、さまざまなサイエンス要求に対応した観測が可能となる。

本回折格子分光計のハードウェアを実現するにあたってクリティカルな開発要素はPV-MCTである。本観測ではPV-MCT検出器の試作結果・初期性能評価結果について報告する。また信号ノイズ比(SNR)および分光分解能の指標である装置関数に関するシミュレーション結果についても報告する。



光学系概念図

# A42-13 近赤外の微弱光源を利用した大気吸収測定

久世慎彦、森田隆 (NEC)、鈴木健、野野原弘 (国研研)、若上昌幹 (東大理)

## SWIR absorption spectra measurements with moon and scattered light sources

Akihiko Kuze<sup>1</sup>, Shigetaka Mori<sup>1</sup>, Makoto Suzuki<sup>2</sup>,  
Yasuhiro Sasano<sup>2</sup>, and Naomoto Iwagami<sup>3</sup>

<sup>1</sup>NEC Corporation, Yokohama, Kanagawa, Japan  
<sup>2</sup>National Institute for Environmental Studies, Tsukuba, Ibaraki, Japan  
<sup>3</sup>University of Tokyo, Bunkyo-ku, Tokyo, Japan

### Abstract

The instrument discussed here is a compact FT spectrometer used to collect scattered sky light and moon light spectra with TE-cooled InGaAs and liquid nitrogen cooled InSb detectors. We present its laboratory model test results on the ground. The results show feasibility of limb scattered light measurements for monitoring greenhouse gases (CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O) globally with 10 cm<sup>-1</sup> spectral resolution in 1.5-1.9 micron. The study on retrieval algorithm is also ongoing.

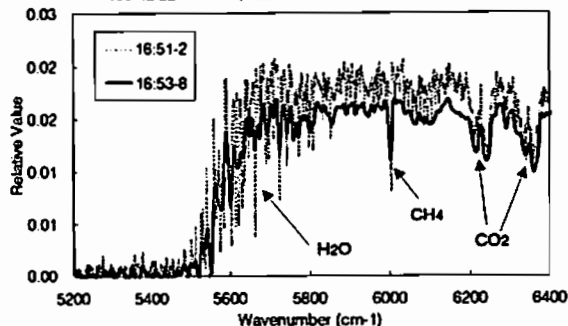
太陽掩蔽法による人工衛星からの大気観測は、十分な光量があり、微量成分の高度分布を正確に測定するのに適した方法であるが、太陽同期軌道の衛星からの観測では、観測機会が極域に限られる。そのため、温室効果気体をグローバルにモニタする場合には最適な観測方法とはいえない。一方、二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)、水蒸気(H<sub>2</sub>O)、メタン(CH<sub>4</sub>)などの主要な温室効果気体の吸収スペクトルが存在する短波長赤外域の太陽散乱光を光源とすれば、観測機会が大幅に増加する。この波長域は紫外波長域と異なり太陽照射光が地表面に到達するため、人工衛星から直下を観測すると地表面からの反射の影響を受ける。そのため大気を横から観測し、地球大気により散乱された成分のみを観測する工夫が必要となる。

短波長赤外域の測定の実現性を確認するため、太陽光の月表面における散乱光および地球大気による散乱光を光源とした温室効果気体の観測を地上において行った。観測には2~8cm<sup>-1</sup>の分光分解能を有する小型フーリエ干渉分光計(MB160)を用いた。フーリエ干渉分光計は、単光電変換素子でありながら多数のスペクトルの取得が可能で、かつ明るい分光計を構成できるという特長を有している。検出器にはペルチェ素子冷却のInGaAsおよび液体窒素冷却のInSbを用いて性能を比較した。

以下に、1997(平成9)年2月に東京大学理学部で測定した短波長赤外域の太陽散乱光スペクトルをフーリエ干渉分光計で測定した結果を示す。主要な温室効果気体である二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)、水蒸気(H<sub>2</sub>O)、メタン(CH<sub>4</sub>)の吸収スペクトルが、1.5~1.9μmという限られた波長域で同時に測定されていることがわかる。

この観測を進展させることで、散乱光を利用した温室効果気体のグローバル観測が可能となると考えられる。現在、人工衛星から観測した場合に、これらの温室効果気体の空間分布を導出するアルゴリズムの開発にとりかかっているところである。

Sunset Spectra LS = Sky Light (East at Sunset) at U. of Tokyo  
1997.2.22 Res = 2.8 cm<sup>-1</sup> InGaAs 128 Scans with MB160



1997年2月22日東京大学で測定された吸収スペクトル

# A42-P214

## SPRITES' 97 キャンペーン速報 :

### 3. マルチアノードアレイフォトメータによる Elves の高速分光観測

渡邊 芳明、高橋 幸弘、藤戸 学、中嶋 謙一、福西 浩  
(東北大学大学院 理学研究科)  
W. A. Lyons (FMA社)

### SPRITES'97 Campaign:

#### 3. Spectral Observations of Elves with Multi-anode Array Photometers

Y. Watanabe, Y. Takahashi, M. Fujito,  
K. Nakajima, H. Fukunishi  
(Iboku Univ.)  
W. A. Lyons (FMA Res.)

During the SPRITES' 97 campaign in July and August 1997 we observed optical spectra of elves using two sets of multi-anode array photometers. Each set had 16 channels vertically and the data was sampled at ~20kHz. One set was used with a sharp cut filter(>560nm), and the other without filter. Preliminarily we estimated white / red ratio which depends on the energy distribution of electrons which excite N<sub>2</sub> molecules by collision processes(Fig.3). Our results suggest that the peak of electron energy is located at lower altitude than the peak of luminous intensity.

エルブスは雷放電に伴う発光現象で、下部電離圏の高度 80-110km で上から下へ伝播し、300km の水平スケールを持つ。継続時間が 1ms 以内と短いため、その観測には高速フォトメータが有効である。そこで、昨年コロラドで行われた観測キャンペーン SPRITES'96 では、鉛直方向に 16 のチャンネルを持つ Multi-anode Array Photometer(MAP)を持ち込み観測を行った。その結果、エルブスの上下伝播を確認し、みかけの伝播速度は 7×10<sup>7</sup>m/s と計算された。また、雷放電による VLF 放射の直後数 100μs 以内に発光を開始し、カラム状スプライト (本学会高橋地の講演を参照) に先行して起きやすいことが明らかになった。エルブスの発光のメカニズムは未解明の部分が多いが、地上と雲の間の雷放電 (C-C

discharge) に伴う electromagnetic pulse により超高層大気が加熱されて発光するというモデルが、スタンフォード大学のシミュレーションの研究によって示されている。

1997年7、8月にコロラド州ヤッカリッジで行われた観測キャンペーン SPRITES'97 では、同一の視野を持つ2台のMAPのうち1台にシャープカットフィルタ (>560nm) をつけ、エルブスのスペクトルを5つの仰角ごとに高速 (サンプリング周波数 20kHz) で観測することに成功した。フィルタ無しで得られた発光強度 (N<sub>2</sub>1P+N<sub>2</sub>2P) と、シャープカットフィルタをつけて得られた発光強度 (N<sub>2</sub>1P) との比 (White/Red 比) を求めることにより、N<sub>2</sub> を励起させる電子のエネルギー分布を推定することができる。Fig.1 は MAP がとらえたエルブスの時間空間構造である。初期的な解析として、この現象について各仰角ごとの White/Red 比と発光強度についてプロットしたものを Fig.2 に示す。White/Red 比が大きくなることはより励起エネルギーの高い N<sub>2</sub>2P が相対的に強いことを意味しており、最も明るく発光した高度よりも低高度で電子エネルギーが高くなっていることを示唆している。本発表では電子のエネルギー分布と発光強度の関係の時間的変化についても述べる予定である。

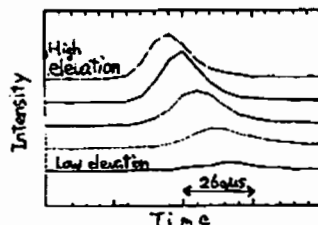


Fig.1 Intensity variations of elves observed by MAP

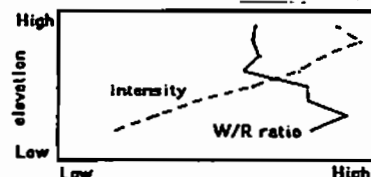


Fig.2 Vertical profiles of intensity and white / red ratio

SPRITES '97キャンペーン速報:

4. 超高速度イメージング観測

高橋幸弘, \*内田亮宏, 藤戸 学, 渡辺芳明, 中嶋健一, 福西 浩  
(東北大学 宇宙地球物理学科)  
W. A. Lyons (FMA Res.)

SPRITES '97 Campaign:

1. Fast Imaging Observations

Y. Takahashi, \*A. Uchida, M. Fujito, Y. Watanabe,  
K. Nakajima, H. Fukunishi  
(Tohoku Univ.),  
W. A. Lyons (FMA Res.)

During the SPRITES'97 campaign we carried out imaging observations of sprites/elves using 4 different types of imagers: 1) Framing-streak camera, 2) High-speed CCD camera, 3) Cooled CCD camera, and 4) Image intensified CCD camera. 1) and 2) were used for measuring high-speed motion of sprites with time intervals of 1 - 2 ms. 3) with a tele-photo lens was operated to detect extremely fine structures in "head" and "tendrils" portions of sprites. 4) monitored optical emissions with wide view angle to find out the sprites and elves and put it into the field of view of other imagers and photometers. Both the image and photometer data obtained in SPRITES'97 and '96 clearly indicate that sprites can be classified into two types that is a) column-like sprites and b) carrot-like sprites.

今回のSprites観測キャンペーン (Sprites'97) では、昨年が多チャンネルフォトメータに加えて4種類の異なるイメージャーをコロラド州ヤッカリッジに持ち込みSpritesおよびElvesの観測を行った。次に各イメージャーの特徴と観測目的を示す。

a) フレーミングストロークカメラ (浜松ホトニクス)  
電子ストローク管を使用したイメージングインテンシファイアー内蔵の超高速度カメラで、1イベントにつき8画像が得られる。1ms間隔 (露光0.5ms) でSpritesの良好な画像が得られ、露光時間が数msという短時間の現象の時間変化を捉える。

b) 高速CCDカメラ (浜松ホトニクス: C4880-82)  
ピクセル毎のデータをビンニングすることで、2ms間隔 (露光2ms) で一度に1000枚までの画像 (解像度15×20) を取得する。露光時間の比較的長い (数10-100 ms) spritesの観測に適している。  
c) 冷却CCDカメラ (浜松ホトニクス: C3366)  
CCDチップを-30℃まで冷却して暗電流を大幅に低減し、イメージングインテンシファイアーを使わずに望遠レンズを利用してSpritesの比較的暗い発光構造を検出することを目的とする。  
d) イメージングインテンシファイアー付CCDカメラ  
イメージングインテンシファイアーを内蔵したビデオフレームレート(60Hz)のCCDカメラで、広視野を持ち、他の観測器の視野にspritesを導入するのに使用する。

以上のイメージングデータと昨年のもイメージおよびフォトメータデータを含ませて検討した結果、Spritesは時間空間構造の違いから以下の2つのタイプに分類されることがはっきりしてきた。模式図をFigure 1に示す。

A) Column状Sprites  
最も明るい領域(Head)は数本から数10本の独立したほぼ平行に並ぶ電柱状となり、最下部にはビーズ状構造をもつ。水平方向には50km程度の広がりがある。比較的明るいelvesが先行することが多く、Sprites内部の発光はHeadの下向き伝播から開始する。  
B) Carrot状Sprites  
全体として逆三角形に近い形をしており、Head内部は非常に細かいチャネル状構造の集合体で、Aに比べ高度が低い。水平方向の大きさは10km位のものが多く、Elvesを伴わないか、あっても暗い場合が多い。発光はHeadの上向き伝播から始まる。

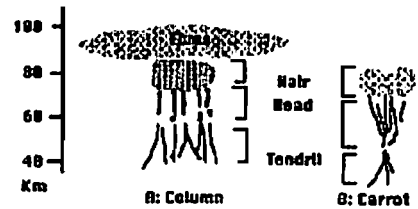


Figure 1. Schematic features of Sprite

脚注 高速CCDカメラ及びフレーミングストロークカメラを用いた観測にあたり、浜松ホトニクス株式会社様から多大な協力を頂いた。ここに感謝申し上げます。

雷放電に伴う大気発光現象  
発生領域の Full wave 計算による導出

宮村 和俊 \*長野 勇 八木谷 聡  
金沢大学工学部

Region estimation of optical emissions in the atmosphere associated with lightning discharge by full wave calculation

K. Miyamura \*I. Nagano S. Yagitani  
Department of Electrical and Computer Engineering,  
Kanazawa University

We have developed a method to calculate the time evolution of ELF/VLF electromagnetic fields in mesosphere and lower ionosphere generated by a cloud-to-ground lightning discharge. The developed calculation method takes account of quasi-electrostatic fields originated from charge movement of the discharge as well as inductive and electromagnetic fields by using full wave technique and Fourier transform in time-frequency domain.

On the other hand, it is reported that optical emissions in the mesosphere and lower ionosphere called "sprites" and "elves" associated with a large cloud-to-ground lightning discharge depends on air breakdown. The air breakdown rapidly increases when the electric field  $E$  reaches to the characteristic air breakdown field  $E_k$ . So we calculate the time evolution of the ratio of electric field  $E$  generated by a cloud-to-ground lightning discharge to the threshold field  $E_k$ . In result, lateral extent, altitudinal range and appearing duration of the region in which the ratio is close to 1 are in good agreement with that of sprites.

これまで雷放電により発生する雷雲上空の中間圏および下部電離層におけるELF/VLF電磁界分布の時間変化を計算する手法が開発されている[1]。この手法はfull wave法および時間-周波数領域におけるフーリエ変換を用いたもので、電磁界の放射界および誘導界成分だけでなく

放電電荷の移動によって生じる準静電界成分も考慮されている。

一方、"sprites"や"elves"と呼ばれる大規模な雷放電に伴う中間圏および下部電離層における発光現象[2],[3]は中性大気の絶縁破壊と関係が深いことが報告されている[4]。この領域における電界強度が絶縁破壊を起こす電界閾値  $E_k$  程度になると急激に中性大気の電離現象が増大して電子の中性分子への衝突による中性分子の励起発光が起こる。

そこで、大気発光が観測される頻度の高い大規模な(放電電流のピーク値  $I_p=300$  kA) 正極性の雷雲-地上間雷放電(放電高度: 5 km, 電流の立ち上がり時間:  $\sim 0.2$  ms, 電流の継続時間:  $\sim 2$  ms)によって発生する高度 50~90 km, 水平 $\pm 100$  km領域における電界強度分布の時間変化を開発した手法で計算し、この電界値の電界閾値に対する比  $E/E_k$  を求めた(図1参照)。その結果、 $E/E_k$ の値が1に近い領域および継続時間が、報告されているspritesの発生領域および継続時間[2]とよく一致した。

本発表では、この解析結果の詳細を示すとともにelvesの発生領域および継続時間についての考察も行う予定である。

参考文献

- [1] 宮村 他, 信学論, J80-B-II (5), 387, 1997.
- [2] D. D. Sentman, et al. *Geophys. Res. Lett.* 22 (10), 1205, 1995.
- [3] H. Fukunishi, et al. *Geophys. Res. Lett.* 23 (16), 2157, 1996.
- [4] V. P. Pasko et al., *Geophys. Res. Lett.* 23 (6), 649, 1996.

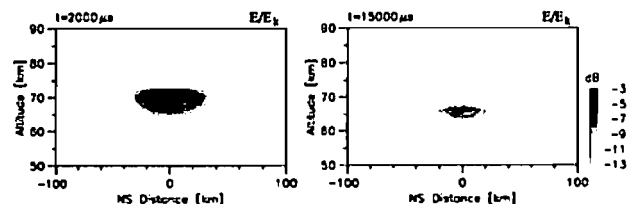


図1: 雷放電発生から2 ms および 15 ms 後における  $E/E_k$  の値の空間分布の計算結果

## A42-P217

### スピッツベルゲンにおける 高高度気球搭載光学オゾンゾンデ観測

#### —Chappuis 帯吸収からのオゾン高度分布導出—

岡林昌宏<sup>1</sup>・岡野章一<sup>2</sup>・H.Gernandt<sup>3</sup>・田口真<sup>2</sup>・村田功<sup>1</sup>・宮内浩志<sup>1</sup>・福西浩<sup>1</sup>  
(<sup>1</sup>東北大・理、<sup>2</sup>極地研、<sup>3</sup>AWIドイツ)

#### Ozone profiles above Spitsbergen derived from Chappuis band absorption of solar radiation observed with balloon-borne optical sensors

<sup>1</sup>M.Okabayashi, S.Okano, H.Gernandt, M.Taguchi, I.Murata, H.Miyasuchi, H.Fukunishi  
<sup>2</sup>Faculty of Science, Tohoku University  
<sup>3</sup>National Institute of Polar Research  
<sup>4</sup>Alfred-Wegener-Institut für Polar und Marine Research

We have developed a balloon-borne optical sensor (BOS), which is a filter radiometer in the Hartley band or Chappuis band, for applying it to thin-film high-altitude balloons which can reach an altitude of over 40 km. The observations have been carried out every year at Sanriku Balloon Center in Japan (39°N, 142°E) and Ny-Ålesund in Spitsbergen (79°N, 12°E). Since 1993, we succeeded to derive ozone vertical distributions from the Hartley band absorption of solar radiation. This time we will establish the method for deriving ozone vertical distributions from the Chappuis band absorption of solar radiation.

成層圏でのオゾン破壊物質によるオゾンの光化学的変動を検出するには、力学的擾乱の小さい上部成層圏におけるオゾンの分布を測定することが必要である。我々は、高度 40 km 以上まで上昇可能な薄型高高度気球に搭載する小型軽量な光学オゾンゾンデ(BOS)を 1993 年に開発し、その後、岩手県三陸町にある宇宙科学研究所三陸大気球観測所 (39°N, 142°E) とノルウェー領スピッツベルゲン島ニーオルスン (79°N, 12°E) において観測を続

続して行っている。BOS は、オゾンの吸収を受けるハートレー帯の波長 300 nm 付近またはシャピュイ帯の波長 600 nm 付近の太陽直達光の強度を測定し、その高度に対する変化からオゾンの高度分布を求める。

600 nm 観測用の BOS は、太陽高度が低いときの観測用に開発された。この場合エアマスが大きくなり 300 nm の太陽紫外線はほぼ吸収され尽くしてしまうが、600 nm の太陽光は十分な強度があるのでオゾンの観測が可能である。600 nm 観測用の BOS による観測はスピッツベルゲンにおいて 1995 年 7 月 30 日、8 月 4 日、1996 年 8 月 24 日、27 日に行った。

これまでに、300 nm 観測用の BOS を使用した観測については、太陽光強度の高度変化の観測データからオゾン高度分布を導出することに成功している。今回は 600 nm の観測データからオゾン高度分布を導出した結果を報告する。図 1 に 600 nm の観測データを示す。太陽高度が 20 度以下の非常に低い時の観測なので、オゾンの吸収による減光を正しく求めるには、エアマスと、レーリー散乱による減光を正確に計算しなければならない。

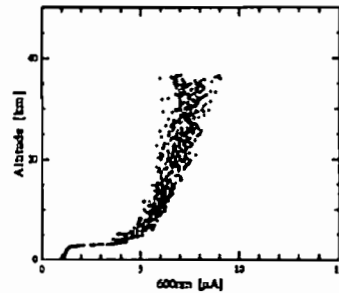


図 1 1995年8月3日にスピッツベルゲンで光学オゾンゾンデによって観測した 600 nm 太陽光強度の高度変化。

## A42-P218 アラスカ、フェアバンクスにおけるオゾン

### ゾンデ観測結果：ADEOS/Alaska Campaign

柴崎和夫 (国学院大)、小川利純 (東大理院)、D. Jaffe(UAF/GI)

#### Ozonesonde measurements at Fairbanks, Alaska : ADEOS/Alaska Campaign

Shibasaki K.(Kokugakuin Univ.), Ogawa T.(Univ. Tokyo), and D. Jaffe (Univ. Alaska/GI)

**Abstract:** We carried out extensive ozonesonde measurements at Fairbanks, Alaska, as a part of ADEOS/Alaska validation campaign. Nearly 20 sondes were launched from Geophysical Institute of University Alaska Fairbanks during April, 1997. During this measurement period Fairbanks was mostly located outside of the polar vortex, which was alive long enough till early May and the record low ozone was observed inside the vortex in March. However, we sometimes observed air masses originated from inside the vortex and complicated profiles showing mixing of air mass from different origins. We discuss in this paper the mixing process during the breakup period of polar vortex.

#### 1. はじめに

1997年4月にADEOS衛星地上検証実験の一環として、アラスカ州フェアバンクスでキャンペーンを実施した。大気球観測を含めて様々な実験を行ったが、ここではオゾンゾンデ観測の結果を報告する。オゾンゾンデは、アラスカ大学フェアバンクス校地球物理研究所 (UAF/GI) から打ち上げ、ほぼ5個/週のペースで実験を行った。

#### 2. 実験および観測結果

今冬の北極圏は、3月以降異例に極渦が発達しなかな崩壊しなかった。3月には、これまでの北極域のオゾン全量最低値を更新す

る結果となり、南極オゾンホールと一見非常によく似た状況が出現した。今回は、ADEOS搭載大気観測装置 (ILAS, TOMS, IMG) の地上検証実験が主目的ではあったが、極渦崩壊時の大気混合・化学過程に興味を持っていた我々には少々もくろみとは異なった気象条件であった。フェアバンクスは、大まかには極渦の外部に位置しているからである。

しかしながら、4月の間には、極渦の外縁や極渦内部 (外縁に近くはあるが) に位置することもあり、観測したオゾン分布は非常に複雑な様相を呈していた (図1)。流跡線解析を行うと、4月14日の週には極渦起源地の気塊がフェアバンクスに流入しており、一方翌週後半の高度 22 km あたりには低緯度側からの大気が侵入している。4月時期のフェアバンクス上空は様々な気塊が入り乱れている状況であり、学会発表時には観測結果を基に大気の混合過程を視野に入れて議論していく。

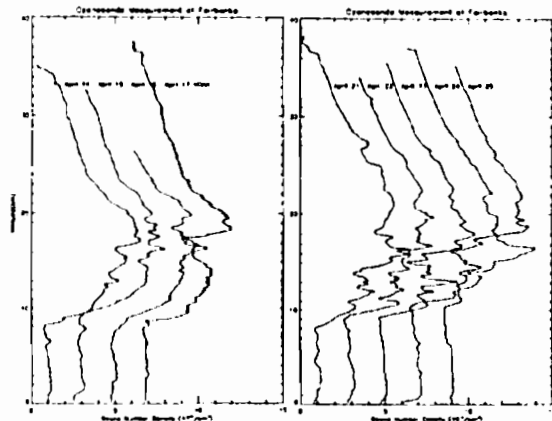


図1 オゾン密度高度分布。4月14日の週 (左) と翌21日の週 (右) の観測結果。

## A42-P219 中緯度成層圏下部におけるオゾン層状構造と傾圧波動

\*平田 康之[1],佐野 琢己[2],須藤 健悟[1],北 和之[1]  
[1] 東京大学理学系研究科地球惑星物理学専攻  
[2] 宇宙開発事業団 地球観測データ解析研究センター

### Relation between Ozone and Baroclinic Wave at Lower Stratosphere in mid-latitude

\*Yasuyuki Hirata[1],Takuki Sano[2],Kengo Sudou[1],Kazuyuki Kita[1]  
[1] Tokyo University, Faculty of Science, Department of Earth Planetary Physics  
[2] NASDA/EORC

It's wellknown that Layered Structures of Ozone exist at Lower Stratosphere. We study the detailed structure of this phenomena. Ozone Sonde profiles are roughly classified into three types; Polar, Tropic, Layered. The Layered type profiles were frequently observed from Dec. to June, and occupied about 30% of profiles in spring. We assumed that the fluctuation of ozone profiles is due to the winded jet stream by baroclinic waves. In result, it's turned out qualitatively there's a good correspondence between spatial and temporal changes of total ozone and meridional winds of low frequency and that the Layertypes are associated with Phase or Amplitude difference of baroclinic waves between 100 and 200hPa.

成層圏下部に於けるオゾンの層状構造は以前から知られており、構造の上層で南から対流圏的な大気が、下層で北から成層圏的な大気が流入する事が成因と考えられており、成層圏・対流圏間のオゾン輸送を考える上で重要なプロセスの一つである。しかし、その詳しい成因等についてはあまり研究されていない。そこで、我々は現象の頻度や風に伴う構造の面から研究を行った。

過去の気象庁によるオゾンゾンデ定常観測をみると、おおまかに、a. 極的なオゾンプロファイル(極型) b. 熱帯的なオゾンプロファイル(熱帯型) c. 200hPa付近で小ピークを、100hPa付近で極小を、持つオゾンプロファイル(レイヤー型)に分類できる。また、レイヤー型は境界面を複数持ち、温度構造からも高度方向に対流圏→成層圏的(小ピーク)→対流圏的(極小)→成層圏という変化が見られる。同時に行われているドブソン分光計全量観測によっても a. c.

b. の順に全量で20-30 Dobson Unit程度の差があり、TOMSでも判別可能な差である。

また時期や頻度では、レイヤー型は12-6月にみられ、TOMS観測での中緯度でオゾン勾配が大きい時期に一致しており、現象が卓越すると考えられる3-5月に約1/3の割合で観測されていた。

我々はオゾンプロファイルの違いやオゾン全量の変動が、傾圧波動に伴うジェットの流れにより引き起こされていると仮定して本問題にアプローチした。結果、定性的に以下の事が分かった。

a. オゾン全量(TOMS)の時間・空間的変動が、100hPaでの南北風の長周期(8日以上)の構造と良い対応を示す。  
b. レイヤー型オゾンプロファイルは、1. 100hPaと200hPaでの傾圧波(短周期8日以下)の位相差 2. 傾圧波が100hPaでは、200hPaに比べ、振幅が小さかったり届いていなかったりする事により解釈可能である。

200hPaにピーク、100hPaに極小といったオゾン分布は定性的に理解出来たので、現在、水平風により、実際のオゾン全量やオゾンプロファイルの変動が定量的にも説明可能かどうか検討を行っている所である。

## A42-P220 スバルバル、ニーオルスンにおける短ミリ波帯によるオゾン層観測

落合 啓、\*入交 芳久、増子 治信  
通信総合研究所

### Observations of ozone layer at Ny-Ålesund, Svalbard with millimeter-wave radiometer

S. Ochiai, \*Y. Irimajiri, and H. Masuko  
Communications Research Laboratory

Millimeter-wave spectroscopic measurements have been conducted from September 1996 to the end of February 1997 at Ny-Ålesund, Svalbard, to observe stratospheric ozone and ClO. We use ozone emission line at 235.7 GHz and ClO line at 204.3 GHz for these observations. Our receiver showed approximately 1,200 K and 600 K of single sideband noise temperature during observation periods of ozone and ClO respectively. Height profiles of ozone concentration are retrieved in the height range between 15 and 60 km with a height resolution of 8 km. The variation of ozone concentration was detected in the range of 20 and 30 km from the data of the measurements in February. We made few number of ClO measurements because of the weather and malfunction of the refrigerator which cools SIS receiver. Increased ClO concentration in the lower stratosphere due to heterogenous chemistry can be guessed from the observation in late February.

オゾンや酸化塩素(ClO)等の成層圏中の微量成分の観測を目的に開発された、短波長ミリ波帯における観測装置を、1996年9月にノルウェー、スバルバル、ニーオルスンに設置し、1997年2月まで観測を行った。

観測には、200 GHz帯超伝導(SIS)受信機を用いた。受信機は単側波帯(SSB)のヘテロダイン受信機として動作することになっていて、200 GHz帯のローカル発振器を調節することで、235.7 GHzのオゾンのラインと、204.3 GHzのClOのラインのどちらかを、観測した。観測時の受信機のSSB雑音温度は235.7 GHzで、約1,200 K、204.3 GHzで、約600 Kであった。これは、SIS受信機単体で測定した雑音温度から推

算されるのより2~3倍悪くなっているが、その原因は装置が日本へ戻ってから調べる予定である。

オゾンの放射スペクトルを得るための観測方法には、2通りあり、ひとつは、受信機内部に持つ低温の黒体(電波吸収体)から室温の黒体からの放射を適当に合わせて、大気の平均的な放射強度と等しくなるようにして、それを参照信号とし、大気の放射から引くことによって、オゾンの放射スペクトル分を求める方法である。もうひとつは、受信機内部の低温黒体からの放射のスペクトル特性がよくないことを避けるために、観測方向より天頂に近い方向からのより低い温度の放射を、低温放射源とする方法である。通信総研の装置では、両方の方法で観測できるようになっているが、後者の方法の観測でより質のよいデータが得られている。後者の方法は装置の構成上、観測方向を自由に選べないなどの制約もあるので、前者も併用して観測を行った。

オゾンの放射スペクトルは、1 GHzの帯域幅で、2 MHz程度以下の分解能で観測した。この観測スペクトルから、高度15~60 km程度の範囲のオゾン濃度を、高さ方向に約8 kmの分解能で求めることができた。2月の観測では、20~30 km付近のオゾン濃度の変動が観測され、下旬には25 km付近のオゾンの体積分率の極大値が4 ppmv程度に減少していることなどが得られた。

アンテナの方向を変えて、狭いスケールで3次元的なオゾン分布を求める観測も行った。観測データは解析中だが、半径100 kmの範囲内の構造があれば見られるかも知れない。

装置(4 K冷凍機)の故障のために、2月末で観測を打ち切りざるを得なかったが、2月の後半も天候のよい日が少なく、ClOを観測したスペクトルのデータは数えるほどしか得られていない。下部成層圏でのClOを含む反応のサイクルはCl<sub>2</sub>O<sub>2</sub>などの光解離が必要なので、夜間は反応が進まずClOも生成されない。したがって昼と夜のスペクトルの差を取れば、下部成層圏のClOが求められる。2月の下旬にはそのような観測でClOらしいデータが得られているようである。

この装置は、今回観測に使えなかった270 GHz帯のSIS受信機などの修理と、観測効率と精度を向上するための改修を今年行い、将来アラスカ、フェアバンクスに設置して観測を行う予定である。

## A42-P221 2地点イメージング観測による OH大気光中の波状構造の高高度測定

久保田 実、巖本 巖、亘 慎一、森 弘隆 (通信総合研究所)、  
木山 喜隆 (新潟大理)

Height measurements of wave structure in OH airglow using  
two all-sky CCD imagers located on distant observatories

M. Kubota<sup>1</sup>, I. Iwamoto<sup>1</sup>, S. Watari<sup>1</sup>, H. Mori<sup>1</sup> and Y. Kiyama<sup>2</sup>  
1: Communications Research Laboratory  
2: Faculty of Science, Niigata University

Simultaneous observations of OH nightglow were carried out with two all-sky CCD imagers located on Norikura Solar observatory and Kiso observatory, Japan. The range between two sites is  $\sim 30$  km. We obtained OH airglow images, which display some distinct wave structure, at both site simultaneously on the night of 2-3 August, 1997. We will report our initial results of data analysis, and discuss about errors in the height estimation.

通信総合研究所では現在アラスカ大学との国際協力研究としてアラスカ・ボーカークフラットにおいて極域における中層大気総合観測のためのプロジェクトを進めており、このプロジェクトにおいて我々はOH大気光イメージングの開発を担当している。この装置は来年度製作を開始する予定で、現在はシステムの設計・検討の段階である。

今回我々は、大気光イメージング観測の目的の1つである大気光

(又はオーロラ)発光高度決定のために必要な装置性能の検討、及び高度導出プログラムの開発を目的として、1997年7月28日から8月31日にかけて国立天文台乗鞍コロナ観測所及び東京大学理学部木曾観測所においてOH大気光の2地点同時観測を実施した。両観測地点間の水平距離は約30km、高度差は約1.7kmである。観測に用いた2台のカメラは、共に背面照射型冷却CCD(1024×1024画素、チップサイズ24mm角)、680nm以上の波長を透過する色フィルター(FUJISC68)、魚眼レンズ(NIKON F2.8)から構成され、60秒露出で180°視野の全天イメージを撮像することができる。但し実際のイメージ取得は、読み出し速度が違うため乗鞍では2分おき、木曾では約3分おきとなった。また乗鞍においては色フィルターを干渉フィルター(中心透過波長558nm、半値幅3.1nm)に交換して01557.7nm大気光イメージの取得も行った。この観測により1997年8月2~3日の晩にOH大気光中の波状構造の2地点同時観測データ、01557.7nm大気光(於乗鞍)中とOH大気光(於木曾)中の波状構造の同時観測データを得ることができた。

本講演ではこれらの同時観測データを用いたOH大気光発光高度導出の初期結果と、01557.7nm大気光、OH大気光中に同時に現れた波状構造についての報告、測定誤差についての検討、そして来年度制作する予定の新型イメージャに必要な性能についての考察等を行う。

謝辞: 観測を行わせて頂いた文部省国立天文台 乗鞍コロナ観測所ならびに東京大学理学部天文学教育研究センター 木曾観測所に感謝します。

## A42-P222 2地点同時イメージング観測によるOH大 気光波状構造の発光高度の決定

土岐順史<sup>1</sup>、中嶋謙一<sup>1</sup>、高橋伸弘<sup>2</sup>、福西浩<sup>3</sup>、中村卓司<sup>3</sup>、津田敏隆<sup>3</sup>、  
M. J. Taylor<sup>4</sup>  
<sup>1</sup>東北大学大学院理学研究科、<sup>2</sup>京都大学超高度電波研究センター、  
<sup>3</sup>ユタ州立大学

Height determination of OH airglow wave structures by  
simultaneous imaging observations at two sites

T. Toki<sup>1</sup>, K. Nakajima<sup>1</sup>, Y. Takahashi<sup>2</sup>, H. Fukunishi<sup>3</sup>,  
T. Nakamura<sup>3</sup>, T. Tsuda<sup>3</sup>, M. J. Taylor<sup>4</sup>  
<sup>1</sup>Tohoku Univ., <sup>2</sup>RASC Kyoto Univ., <sup>3</sup>Utah State Univ.

We carried out simultaneous imaging observations of the OH airglow at two sites during the SEEK(Sporadic-E Experiment Over Kyusyu) campaign in August 1996 and Shigaraki-Muroo campaign in May 1997. Height of airglow structures were determined using triangulation method. Heights derived from both campaign observations will be discussed.

### はじめに

SEEK 期間中の1996年8月19日の晩、及び京都大学・東北大学による共同観測期間中の1997年5月4日、8日の晩に、2台の大気光イメージャで大気光の波状構造の同時観測に成功した。本発表では時期、緯度共に異なる2地点での大気光波状構造の発光高度について発表する予定である。

### SEEK 期間中の内之浦・山川同時観測

SEEK 期間中我々は鹿児島宇宙センターに隣接する内之浦町民運動場でOH大気光の全天イメージング観測を行った。また、同期間中には内之浦の西方約40kmに位置する山川で、ユタ大学による同様な大気光の全天イメージング観測が行われた。期間中の8月19日の晩には重力波によるものと思われる非常にはっきりした波状構造を2台のイメージャで同時観測することに成功した。解析は地理座標上に変換された全天イメージから構造のはっきり確認できる部分を抜き出し(図1上)。そのイメージに2次元FFTをかけ、波動成分を抜き出し、イメージを再構成した(図1下)。この再構成されたイメージの白線部分のプロファイルから求められた大気光の波状構造の発光

高度は95±3kmであった。

### 調査・発光同時観測

1997年5月の新月期間に京都大学と東北大学による大気光の共同観測が行われた。この観測では2台の広角カメラを滋賀県信楽(136°06'E,34°51'N)と奈良県生(136°00'E,34°34'N)に設置して同時観測を行った。5月4日から11日の観測期間中4日及び9日の晩にはっきりした大気光の波状構造が確認された。本発表では同時に撮像された画像の2次元での相互相関から発光高度を求め、時間・空間変動について述べる予定である。

謝辞: 今回の観測は室生観測所の関係者の方々、及びSEEK関係者の方々の多大な協力があって実現されました。ここに謝意を表します。

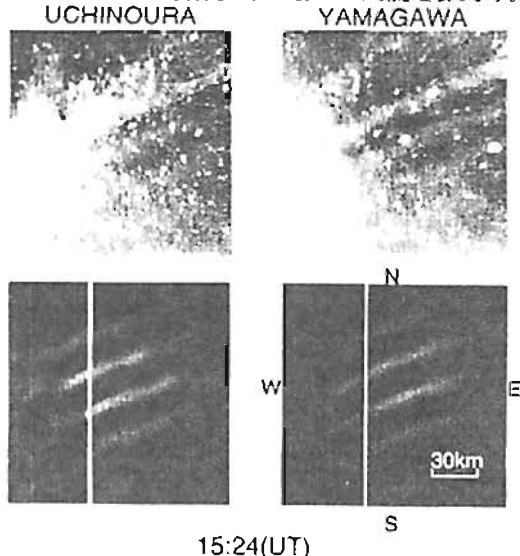


図1: (上段)内之浦、山川で得られた全天画像を地理座標上に変換したものから一辺150kmで切り出した画像。(下段)上段の画像に2次元FFTをかけ、波動成分を抜き出し再構成したもの。

## A42-P223

### OH大気光、Naライダー、MUレーダー同時観測 波動相互作用と大気組成に対する力学的効果の考察

山田 昌典、福西 浩 (東北大学大学院理学研究科)  
中村 卓司、津田 敏隆 (京都大学超高度電波研究センター)  
川原 理也、小林 啓二、野村 彰夫 (信州大学工学部)

### Simultaneous OH airglow, Na lidar, and the MU radar observations at Shigaraki

Y. Yamada, H. Fukunishi  
Department of Geophysics, Tohoku University  
T. Nakamura, T. Tsuda  
Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University  
T. D. Kawahara, K. Kobayashi, and A. Nomura  
Department of Information Engineering, Shinshu University

Simultaneous OH airglow, Na lidar, and the MU radar observations were taken at Shigaraki (34.9°E, 136.1°N) on December 1995, October and November 1996. The instrumentation included the Tohoku university wide-angle CCD camera named MoAI, which observes the OH Meinel band (880-1000 nm) airglow emissions, the Shinshu university Na density lidar, and the MU radar (meteor observation mode). We have analyzed these data and deduced various scale wave parameters, and here we focus on gravity wave - tidal wave and gravity wave - gravity wave interactions. Dynamical contributions of waves to composition changes in the vicinity of the mesopause are also discussed. On 23 December 1995, 10-60 km horizontal wave length, 5-15 minute period waves were observed and a sudden change of wave structures to ripple-like structures was detected at 1852UT in the OH airglow images. Variations with 4-5 hour period were observed in OH airglow intensity at zenith and averaged Na density from 84 to 86 km. The OH intensity and the averaged Na density are almost in phase while the OH intensity and the northward wind velocity (average of 84-86 km altitude range) from the MU radar are almost out of phase. These results imply 4-5 hour period wave propagating through the OH layer peaked around 85 km.

There is a possibility that the generation of ripple-like structures associate with interactions of various scale waves, diurnal or semidiurnal tides, 4-5 hour period waves and small scale waves seen in the OH images. However, both the chemical and dynamical processes are important in the production of the OH emissions. More detailed studies on the correlation between OH intensity and Na density, and the fluctuations of the eddy diffusion coefficient will be performed.

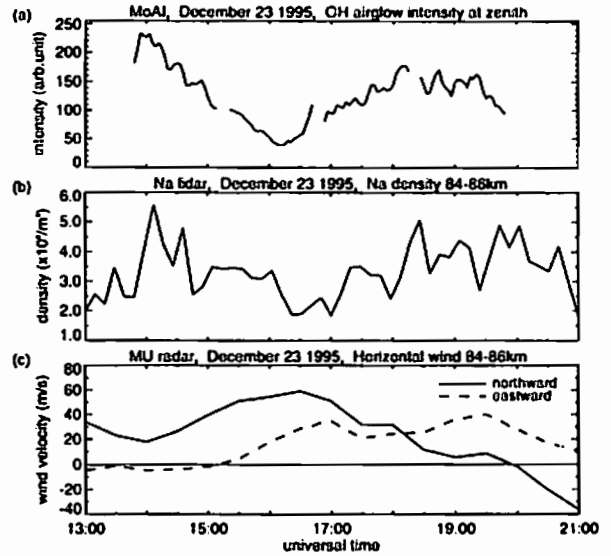


Figure 1. Temporal variation of (a) OH airglow intensity at zenith, (b) Na density averaged from 84 to 86 km and (c) horizontal eastward (dashed) and northward (solid) wind velocity averaged from 84 to 86 km on 23 December 1995.

## A42-P224 信楽MU観測所でのOH大気光イメージ観測

中村 卓司[1], 東川 淳紀[1], 宮川 博尚[1], 津田 敏隆[1]  
[1] 京都大学・超高度電波研究センター

### OH airglow imaging observation at the Shigaraki MU observatory

Takuji Nakamura[1], Atsunori Higashikawa[1], Hirohisa Miyagawa[1]  
Toshitaka Tsuda[1]  
[1] RASC, Kyoto University

The OH airglow observation with an CCD imager has been carried out at Shigaraki MU observatory since November 1996. The system is controlled with a PC connected to the network, and observations are automatically executed. The OH airglow modulations by the gravity waves have frequently been observed, and horizontal propagation directions have changed from westward into eastward according to the seasonal transition from winter to summer.

#### 1. はじめに

大気レーダーによる中層大気力学の観測は、優れた時間・高度分解能をもとに大気重力波や各種波動の観測に応用されてきた。しかしながら、大気波動の水平構造を調べるには一般に複数のレーダーによる協同観測による他は、重力波の分散関係を用いるなど大気波動の理論の助けを借りて間接的に求めることになる。ところで、近年冷却CCDカメラ技術の発達により、中間層界面付近(高度85-100km)の大気光の2次元イメージが取得できるようになり、大気重力波による大気発光層の変調の様子が究明にかつ、高い時間分解能で観測できるようになってきた。京都大学超高度電波研究センターにおいても、従来のMUレーダー観測による大気波動の観測に加え、OH大気光のイメージング観測を定常観測として開始し、時・空間スケールの小さな大気重力波の観測を行っているため報告する。

#### 2. システム

システムは、魚眼レンズ(Nikon-Fisheye-Nikkor 8mm F2.8)にトリアセートの長波長透過フィルター(Fuji SC-68)を付加して680nm~1000nm程度の赤外光を直接冷却CCDカメラ(浜松フォトニクス製のC3640-60)のCCDチップ上に結像させている。東北大学理学部の単色広角イメージャとはほぼ同様のシステム構成である。

。チップサイズの関係から、視野は対角で133度、辺間で94度であり、OH発光層の高さを87kmとすると、対角約400km、辺間約190km、の視野となる。CCDチップは2段ベルチエ素子(空冷式)で-45°C~-30°Cに冷却される。カメラは、観測制御用PC(NEC PC-9801 DA)からインターフェースユニット(Hamamatsu C5050)を通じて制御される。

取得画像データは、同インターフェースユニットで暗電流補正した後、PCを通じてネットワークファイルに転送され、クイックルックおよび8mm磁気テープへの書き込みが行われる。また、観測制御用のデータはネットワーク上のファイルとして与えられるので、インターネット上からリモートで書き換えが可能である。もちろん、クイックルックも(転送速度の問題はあるとはいえ)遠隔地からネットワークで確認ができる。

以上のようなシステムを構築し、基本的には新月付近の2週間前後を自動運転もしくは遠隔操作運転することによってOHイメージのデータを蓄積している。観測は、100~120秒程度の露光を行い約3分毎にデータを取得している。本システムは、1996年11月よりアニュアル運転してきたが、1997年1月29日からはアクリルドームを用いた筐体に収納し、自動(遠隔)観測を行っている。

#### 3. 観測結果

これまでに多数の水平波長10-50km程度の重力波イベントを捕らえているが、冬季には主に西向き(伝播を示す重力波)が卓越し、夏季には東向きと変化することが観測されており、これはMUレーダーによる中間層(65-80km高度)の重力波の伝播方向とよい一致を示しており、興味深い。さらに、MUとの同時観測データによる背景風速をもちいて、重力波のパラメータを詳細に検討する予定である。

## A42-P225 中緯度OI630nm大気光の ドップラーイメージング観測

中嶋 謙一<sup>1</sup>、坂野井 健<sup>1</sup>、坂野井 和代<sup>1</sup>、  
福西 浩<sup>1</sup>、深尾 昌一郎<sup>2</sup>

1:東北大学大学院理学研究科、2:京都大学超高層電波研究センター

### Doppler Imaging Observations of OI630nm Airglow at Mid-latitude

K. Nakajima<sup>1</sup>, T. Sakanoi<sup>1</sup>, K. Sakanoi<sup>1</sup>,  
H. Fukunishi<sup>1</sup>, S. Fukao<sup>2</sup>

1:Faculty of Science, Tohoku University

2:Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University

We have developed a new data acquisition system for the Fabry-Perot Doppler Imaging System (FPDIS) which measures Doppler shift of OI 630nm airglow emission line to obtain two-dimensional distributions. The first observation was carried out on the nights of 1-2 and 2-3, July, 1997 at Zao Observatory (38.09° N, 140.56° E). We will discuss the results by comparing the FPDIS data with ionospheric background parameters derived from the MU radar.

我々は、東北大学蔵王観測所 (38.09° N, 140.56° E) において、ファブリペロドップラーイメージングシステム (FPDIS) を用いて OI557.7nm 大気光 (発光高度約97km) の観測を行い、下部熱圏領域の風速及び温度を求めてきた。しかし、電離圏F領域で発光する OI630.0nm 大気光 (発光高度約250km) は、OI557.7nm 大気光の約1/10という非常に微弱な発光であるために、これまでの積分時間の限られた (最長5分30秒) システムでは、著しい増光が起こる場合にしか解析可能なデータが得られなかった。また、フレームメモリー上で積分して得られた画像をHDに保存するためにこれまでのP

Cを用いたシステムでは約30秒を要し、データの連続性に限界があった。そこで今回、FPDISの画像処理装置をPCベースからWSベースに大幅な変更を行った。その結果、

- 1) 積算できる枚数が飛躍的に増加し、これまで露光時間にして最長5分30秒であったが新システムではこの制限が解消されたため、露光時間を必要とする OI630.0nm 大気光の観測が可能となった。
- 2) フレームメモリーからHDへのデータの書き込み時間が約1秒にまで短縮された。その結果、実質的に時間的ロスのない観測ができるようになった。

新システムを用いた最初の観測は、1997年7月1/2日及び2/3日の2晩に行われた。本発表では、これらの日より得られたデータからF領域の視線風速分布を求め、その結果を発表する予定である。また同期間に京都大学が、中緯度電離圏F層高度のイレギュラリティー現象の観測を行っており、それらのデータとの比較検討の結果も合わせて紹介する予定である。

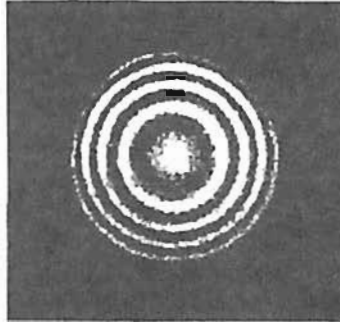


図1、1997年7月1日、12:00~12:12 (JST)に得られたOI630.0nm大気光のフリンジ

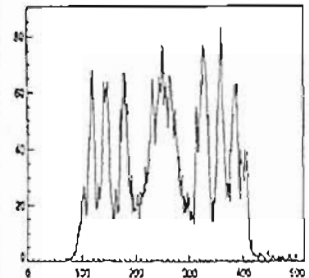


図2、図1のフリンジの中央水平方向断面図

## A42-P226

### 近赤外夜間大気光の地上観測

山本博聖、松尾雄大、関口宏之、  
牧野忠男 (立教大・理・物理)

#### Ground-based measurement of the near infrared nightglow

H. Yamamoto, Y. Matsuo, H. Sekiguchi and T. Makino  
(Dept. of Phys., Rikkyo univ.)

The ground-based airglow measurement have been done every month since May 1997 at Rikkyo university. We have made a new 4-colored filter radiometer to measure the OH and O<sub>2</sub> nightglow in the near infrared region. The filter characteristics are nearly the same as the old 4-colored one made in 1996. It also get the information of the nighttime temperature in the mesopause region. It has now been operated together with the old one since this August. We have a plan to carry out a simultaneous measurement by using these two equipments at Kyoto and Rikkyo univ. in November 1997 and KSC and Kyoto in January 1998.

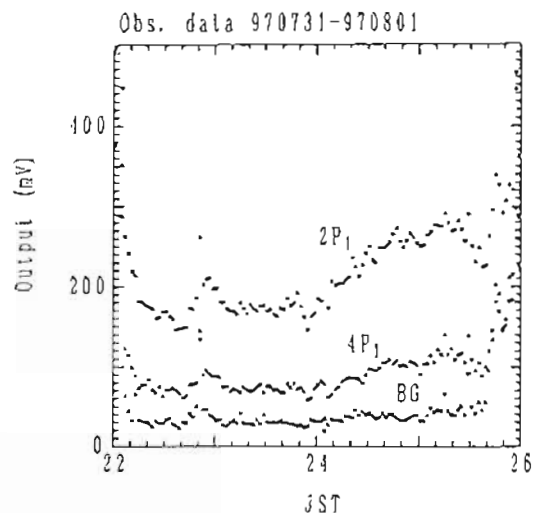
地球上層大気が放射する近赤外夜間大気光の地上観測を立教大学構内において、今年度は5月以降、毎月新月ふきんで1週間程度(天候のため実際にデータが取得できていた日数は1月について3ないし6日)の観測を行ってきている。また従来の2つの観測装置にあわせて新たに4波長放射計を製作し、7月に予備観測を行い8月から3台による同時観測を実施している。

新4波長放射計の測定波長はこれまでの4波長放射計と同一のOH(3-1) 2P<sub>1</sub> 1524nm, 4P<sub>1</sub> 1543nm, O<sub>2</sub>(0-0) 1268nm ならびにバックグラウンド用1245nmであり、光センサーも電子冷却型InGaAs素子 (直径2mm) を用いている。集光レンズは焦点距離、口径とも2.5mmと一まわり小さいため本体重量が大幅に軽量化されている。新装置の発光層での視野サイズは直径7kmと従来装置の5kmより少し広い領域に相当している。

この放射計を用いて今年の11月には京都と立教で、来年の1月には鹿児島と京都において観測を行う計画であるため、2つの4波長放射計で得られる結果が一致するのか、が現時点での最大のテーマである。

前年度は夏期(7月)と冬期(12月)に観測を行い、ともに4日間観測データから(1)メソポーズ領域の平均大気温度は7月ではほぼ160K、12月ではほぼ200K、(2)オゾンコラム密度は7月に比べて12月は70%ほど多い、との結果を得ている。

今年度はここまで(8月)毎月観測を行ってきており、メソポーズ領域の大気温度ならびに昼間の中層圏オゾンコラム密度の月変動についての様相をとらえることができるものと期待している。



新しい放射計での観測例



# A42-P227 CCDカメラによる夜光雲97観測

° 杉山卓也, 湯尾昌一郎, 津田和興, 聖村康昭, 高見友幸,  
G. Witt \*  
(\* 京大西商局, ° シェアール-IL, ° 大阪電通大, ストックホルム大)

Noctilucent Cloud observations in 1997  
with CCD cameras

J. Sugiyama, S. Fukao, K. Tsuda, Y. Okumura,  
J. Takami, G. Witt \*

(\* RASC, Kyoto Univ., ° Simple-M inc., ° Osaka Electro-  
Communication Univ., ° Stockholm Univ.)

We are observing Noctilucent Clouds (NLC) during July 20 to August 10, 1997, in Sweden. Observational periods and sites are similar to those of NLC-91 (Kirkwood et al., JATP, 51, 35-44, 1995). Bright NLCs appeared on 24/5 and 30/5 July, and faint one on 25/6. On other days we observed no NLCs. Non-cooled CCD cameras are enough to record NLCs. Full-automatic recording of NLC images will be useful to see long term variation of NLC occurrence.

### 1. 目的

1997年に行われた NLC-91 総合観測の地上からの夜光雲観測と類似し、同時期同地域で夜光雲観測を行った。目的は、非冷却 CCD カメラによる夜光雲記録のテストと自動運転プログラム; 及び偏光観測の夜光雲認定のテストである。

### 2. 装置

1. シェアールカメラ; Kodak DC-120
2. アニオン電子高感度 CCD カメラ; 3.63771
3. Sony CCD TR3300
4. HITACHI MPE6
5. NIKON F4

1と2については偏光フィルター-回転切替装置を作成し、これを単一-トバソコにて shuttering, コントローラーをへて偏光子の自動切替を行っている。

### 3. 観測と結果

観測仕様と宿泊に付いては、G. Witt 教授の指示に従った。7月26日と27日、8月3日と4日、7月27日と28日、8月9日の7回観測(ストックホルムから1000km)と北北北。8月1日までの結果は以下の通り。

7月 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 8月 1  
NLCs x x x x ⊙ o x x x x ⊙ x x

自他に隣接する地域であり、方位によるレーダー散乱で、北の夜空は夜中では結構明るい。これは付加し、観測が難しい。夜光雲出現時は、上記のレーダー散乱に、未観測によるレーダー散乱が加わる。これは観測機特有の構造=波をもつ。下部の雲は一般には雲-が、比較的上部は白く見え、レーダー散乱に目立つ構造と与える。目標では、この夜光雲を見逃さず、可能性がある。長時間露光の写真では、ヒューズ色がある。色、遅くとも経験的認定法は連続記録画で重要である。

### 4. 偏光観測

高感度で高仰角に NLC が及び、大きな散乱角での偏光特性による夜光雲認定を期待している。

# A42-P228

## MU Radar Observations of Tropopause Variations By Using Clear Air Echo Characteristics

° Eddy Hermawan and Toshitaka Tsuda  
Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University

### Introduction

It is generally recognized that the detailed time variation of tropopause structure is very important for studies of dynamical atmospheric properties, such as non linear wave processes and vertical transport of minor constituents. The tropopause height is operationally determined by a conventional technique, represented by a rawinsonde observation once to four times a day. However, its time resolution is not good enough to estimate fluctuations caused by short-period disturbances, such as atmospheric waves. Therefore, we are interested in developing a new technique of tropopause determination.

### Theoretical Background

Radio scattering mechanisms from clear air are classified into isotropic turbulence scattering and specular reflection, which are mainly obtained by oblique and vertical antenna beams, respectively. Intensities of clear air echoes,  $S_o$  and  $S_v$ , from the oblique and vertical beams are considered to be related to Brunt-Väisälä frequency squared,  $N^2$ , near the tropopause as follows (Röttger, 1980):

$$S_v \propto N^4 \tag{1}$$

$$S_o/S_v \propto N^2 \tag{2}$$

By using these relations, we can estimate time variation of the atmospheric stability from  $S_v$  and  $S_o/S_v$ . We found that a ratio of vertical echo power to oblique echo power at  $10^\circ$  can represent the aspect sensitivity.

### Observations

We extended the data analysis to 4-5 days observations in each of February 1987 and June 1991, 1993 and 1994, for echoes between 6-21 km. Note that

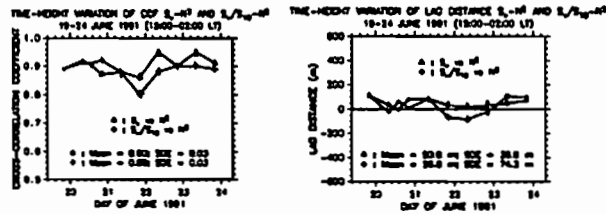


Figure 1: Time variation of CCF and lag distance between  $S_o$  vs  $N^2$  and  $S_o/S_{10}$  vs  $N^2$  for observation on 19-24 June, 1991.

the data were sampled every 300 m and 41 radiosondes were launched during these observations.

### Result and Discussion

We examined the validity of these relations by applying a cross-correlation function (CCF) to height profiles of  $S_o$  and  $S_v/S_o$ , with  $N^2$ . We found that the mean CCF values for four observation campaigns are 0.88 and 0.86 for vertical echo power,  $S_v$ , and the aspect sensitivity,  $S_o/S_{10}$ , at a lag distance of about 67.6 m and 135.2 m, respectively. We found that the sharp increase in  $N^2$  near the tropopause occurred slightly lower than that for  $S_v$  or  $S_o/S_{10}$ . Figure 1 shows one sample of the summarized average maximum CCF values for the observation in June 1991. The mean CCF value was 0.90 and 0.89 for  $S_v$  vs  $N^2$  and  $S_o/S_{10}$  vs  $N^2$ , at a mean lag distance of 50.6 m and 26.6 m, respectively.

### References

Röttger, J., Structure and dynamics of the stratosphere and mesosphere revealed by VHF radar investigations, *Pure and Appl. Geophys.*, 118, 494-527, 1980.



# A42-P231

## 南極観測のためのNa温度ライダーの構築

### 1. 受信システム

○北原 司, 小林史利, 川原琢也, 野村彰夫, 斎藤保典  
信州大・工

### Construction of an Na Temperature Lidar System for the mesospheric observation in Antarctica 1. Receiving System

○T.Kitahara, F.Kobayashi, T.D.Kawahara, A.Nomura and Y.Saito  
Faculty of Engineering, Shinshu University

An Na temperature lidar system is now under construction at Shinshu University for observations of mesospheric temperature in Antarctica. The lidar system to measure the mesospheric temperature is a quite unique and this is the first observation in Antarctica. In this presentation, we show the detail of four receiving system and several preliminary results of observations.

信州大学では1999年から3年間、南極においてNa温度ライダーを用いた中間圏温度の観測を行う。中間圏の温度観測は中緯度でもアメリカ国内の2カ所しか行われておらず、極域での観測は初めてとなる。同時期に昭和基地に設置されるMFレーザーや、他の光学観測器との同時観測から極域中間圏の力学過程を明らかにする。極域の中間圏では、重力波による下層大気からのエネルギーや運動量の輸送の他に、オーロラ粒子の降り込みに伴い超高層大気からエネルギーが流入する。このため中緯度帯に比べ複雑でタイムスケールの短い力学・化学反応過程がおきていると考えられている。極域中間圏へのエネルギー流入の結果生じる擾乱が、大気大循環にどのような影響を与えているのかは、観測的に明らかにされておらず研究の途中である。

Naライダーはレーザーと共に、重力波による中間圏の擾乱を測定する最も有力な観測手法の一つとして用いられてきた。南極で用いる新型Naライダーは、従来のNa密度変動観測による重力波観測の他にNa原子のドップラー幅の測定から温度を求める手法を用いる。高度85-105kmの領域で、測定精度<5K、時間分解能10分以下

で絶対温度が導出可能である。さらに、Faraday filterを受信系にとりつけ、昼間(極域での夏期)観測を可能にし通年観測を行う予定である。Naライダーによる夏期の温度観測とMFレーザーによる風速観測と組み合わせることができれば、それぞれの観測単独では得られない重力波のパラメータの詳細を知ることができる。ライダーの送信系にはインジェクションシーダー型Nd:YAGレーザーを用い、温度測定のための波長狭帯域化と波長シフトの制御を行う。固体素子のみを用いたレーザーなのでメンテナンスが比較的容易で連続観測に適している。送信系の詳細は、川原 他、の発表で行われる。

受信系は口径50cmの望遠鏡と、観測に用いる3波長(1064nm, 532nm, 589nm)毎の光電子増倍管(PMT)から構成される。PMTはすべて微弱光観測用としてフォトンカウンティングモードに設定されているため、近距離からの強いレーザー散乱光はPMTの光電面にダメージを与えたり、after dark pulseの原因になる。そのため、望遠鏡直下に設けたチョッパーを一定周波数で回転させ、近距離(<10km)からの強い散乱光からPMTを遮蔽する様にレーザー照射の同期をとる。また、高度10km-20kmからの比較的強いレーザー散乱光の観測を行うためにPMTの印加電圧にgateをかけ、増倍率を落として観測を行う。現在、受信系の1チャンネル分が完成し、予備観測を通してチョッパーのタイミング調整とPMTのgate幅調整を行っている。本講演では受信システムの開発の現状と予備観測の結果について述べる。

# A42-P232

## 南極観測のためのNa温度ライダーの構築

### 2. 送信システム

○川原琢也, 野村彰夫, 北原 司, 小林史利, 斎藤保典  
信州大・工

### Construction of an Na Temperature Lidar System for the mesospheric observation in Antarctica 2. Transmission System

○T.D.Kawahara, A.Nomura, T.Kitahara, F.Kobayashi and Y.Saito  
Faculty of Engineering, Shinshu University

An Na temperature lidar system is now under construction at Shinshu University for the observations of mesospheric temperature in Antarctica. To observe the temperature with the Na lidar, narrow band 589 laser transmitting system whose spectral width is less than 0.1pm is necessary. The system we start to construct is the all solid state laser system which is simpler than the usual Dye laser base system. In this presentation, we show our transmission system and the temperature observation technique.

Na温度ライダーはColorado州立大学とIllinois大学のグループにより開発され、中間圏の絶対温度を測定する強力なテクニックとして既に観測成果をあげている。彼らは狭帯域( $\Delta\lambda=0.16\text{pm}$ )の589nmレーザーを用いて、Doppler拡がりをもつNa原子の散乱断面積内の2波長に同調し、高度ごとに測定される散乱断面積比から温度を導出している。送信系の589nmレーザーには狭帯域化のために数種類のレーザーと色素レーザーを組み合わせて非常に大がかりで複雑なシステムとなっている。このため、観測場所はそれぞれの大学に限られている状況である。

我々が開発中のNa温度ライダーの送信系はもっとも信頼性の高いNd:YAGレーザーをベースに用い、非線形結晶による589nmの発振を行う(図1)。Nd:YAG結晶からの1064nm,1319nmの2波長の発振レーザーを非線形結晶に入射すると、下記の式により和周波の589nmレーザーが発生する。

$$\frac{1}{1064} + \frac{1}{1319} = \frac{1}{589}$$

波長の狭帯域化には上記2波長のインジェクションシーダーを用い、狭帯域パルスレーザーを発振させる。以上の原理によりシステムが従来よりも簡易、小型化でき南極に持ち込むことが可能になる。また液体色素を用いない全固体素子のシステムであるためメンテナンスが容易で連続観測に適している。中間圏温度測定のための絶対波長のモニターはNa蒸気セルを用い、レーザーの1ショットごとに、OAモジュレータにより基準波長と一定波長だけずれた波長を送信する。それぞれのデータから温度が求められる。送信系の組立は1997年8月からHOYAコンティニュームで始まっている。レーザーとしての基礎特性を確認したのち、ライダー送信系として波長モニター系の構築、OAモジュレータによる波長シフトの実験を行っていく予定である。本発表ではシステムの詳細と開発の途中状況を報告する。

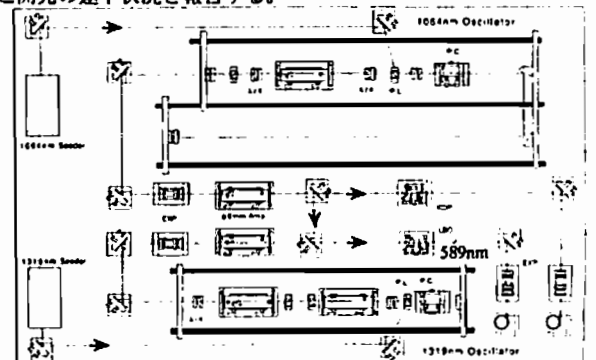


図1 Na温度ライダー送信系。Nd:YAGロッドからの1064nm, 1319nmレーザーを非線形結晶に通すことにより589nmレーザーを発振させる。

## A42-P233 航空機及びバルーン搭載型 成層圏C10計測装置の開発

○榎田佳茂 (名大STE研, 北大院地球環境)  
松見豊, 近藤豊 (名大STE研)

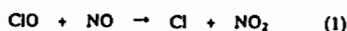
### Development of the aircraft-borne instrument for measurements of ClO in the stratosphere

Kanami Hitsuda (Graduate School of Environmental Science, Hokkaido Univ.),  
Yutaka Matsumi, Yutaka Kondo (STE Lab. Nagoya Univ.)

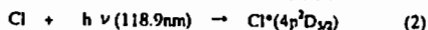
The ClO measurement system has been developed. In this system measurement of ClO is accomplished conversion to chlorine atoms and subsequent detection of Cl by atomic resonance fluorescence at 118.9nm. The sensitivity calibrations are performed by simultaneous measurements of the resonance fluorescence and absorption intensities at 118.9nm. The system has enough sensitivity for measurements of ClO in the stratosphere.

成層圏オゾンの減少過程においてフロンなどのハロゲン化合物に起因する触媒的サイクル反応の役割は重要である。このサイクルで中心的な役割を果たしているのが一酸化塩素 ClO である。そこで ClO 濃度を精度よく測定でき、気球や航空機にも搭載できる軽量な装置を開発中である。

測定方法は、サンプル気体に一酸化塩素を加えて反応(1)によって ClO を塩素原子に変換し、



つぎにこの塩素原子を塩素の共鳴ランプからの 118.9nm の光をあてて励起状態にして、そこからの共鳴蛍光を測定する(2),(3)。

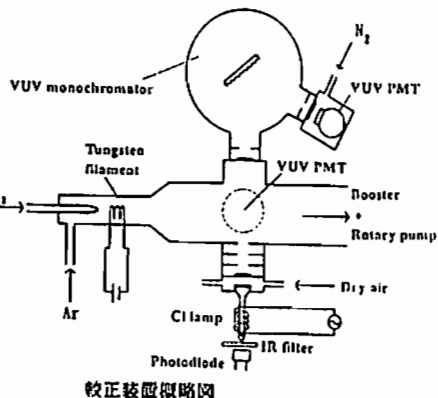


あらかじめ絶対濃度の分かった塩素原子で校正し、感度係数を求めておくと、蛍光強度から ClO 濃度を求めることができる。今回は、プロトタイプ装置を用いて、感度係数を求め、この方法で実測が可能であることを確かめた。

ここで使用した塩素ランプはラジオ波(145MHz)の無電極放電を用いたもので、窓は 118.9nm の光を透過するよう MgF<sub>2</sub> でできており、枝管には PtCl<sub>4</sub> が入っていてこれを加熱することでランプの塩素源としている。118.9nm という波長は O<sub>2</sub> の光吸収の弱いところにあたり、真空紫外域の波長にもかかわらず、実際の大気計測においても酸素の影響をわずかにしか受けずに空気のフィルターによって単離することができる。

今回の装置では塩素分子の熱分解によって塩素原子を発生させ、ランプの光をあてて光電子増倍管で共鳴蛍光の強度を測定し、同時に吸収も測定した。吸収断面積はわかっているので吸収測定から塩素原子の絶対濃度がわかり、蛍光強度と対応させることで感度係数が求められる。感度係数はラジオ波を励起源としたランプを使用したもので  $1 \times 10^{-4}$  (count/s)/(atom/cm<sup>3</sup>) 程度が得られた。この値は成層圏の ClO 濃度の約  $10^8$  molecules/cm<sup>3</sup> でも十分に計測可能な数値である。

現在、実際に ClO を発生させて塩素原子に変換し、それを計測することを試みている。また、気球や航空機に搭載できるように装置を軽量化するための設計にも取り組んでいる。



## A42-P234

### 超高層イメージングシステム (OMTI) の開発

・榎川和夫, 小川忠彦, 江尻省, 品川裕之, 佐藤賢, 加藤泰男  
(名古屋大学太陽地球環境研究所)

### Development of Optical Mesosphere-Thermosphere Imagers (OMTI)

\*K. Shiokawa, T. Ogawa, M. Ejiri, H. Shinagawa, M. Satoh, Y. Katoh  
(Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University)

We are developing the Optical Mesosphere-Thermosphere Imagers (OMTI) at the Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University. OMTI consists of one imaging Fabry-Perot interferometer, three all-sky TV cameras, three tilting photometers, and one Spectral Airglow Temperature Imager (SATI). Two container houses are also included to keep them in. The Fabry-Perot interferometer and the cameras use cooled CCD system as detectors. These instruments measure midlatitude nightglow emissions mainly at three wavelengths of 557.7nm (atomic oxygen at an altitude of 100km), 630.0nm (atomic oxygen at altitudes of 200-300km), and 720.0-910.0nm (OH at an altitude of 90km) simultaneously. Test observations at MU radar site (Shigaraki) will be started from the end of November, 1997.

名古屋大学太陽地球環境研究所は、国内の研究グループの支援・協力を得て、「超高層イメージングシステム: Optical Mesosphere-Thermosphere Imagers (OMTI)」を現在製作中である。本システムは図1に示すように、イメージングファブリ-ペロー分光計1式、全天TVカメラ3台、ティルトリングフォトメータ3台、OH、O<sub>2</sub>の回転速度を計測する分光器(SATI)1台、及びこれらを取扱うコンテナ2式からなる。これらの機器を利用して85-350km高度の超高層大気が発する大気光を複数の波長(主に557.7nm, 630.0nm及びOHのバンド集光)で総合的に観測し、大気光の輝度、風速、温度の2次元分布をいくつかの高度で同時に計測する事ができる。このことにより、中間圏界面及び熱圏における超高層大気の大気光の発生過程を詳しく研究することが可能になる。これらの機器は11月頃から京都大学のMUレーダーサイト(信楽)においてテストを始めた観測を開始する予定である。

謝辞: これらの機器の設計段階において様々なご助言を頂いた東北大学、極地研究所、通信総合研究所、京都大学の方々に感謝いたします。

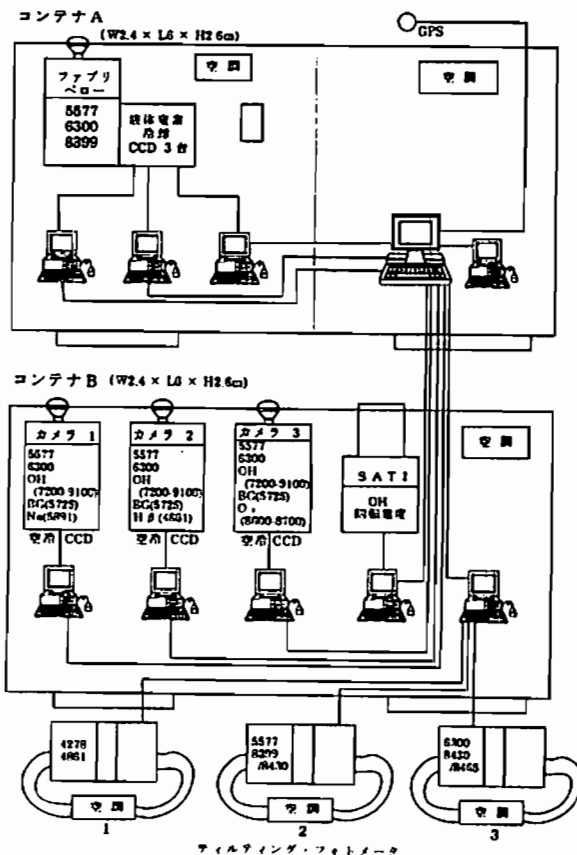


Figure 1. Instruments and measuring wavelengths of OMTI

## A42-P235

### SS-520-1号機搭載用 TOF型中性ガス質量分析器の開発

○藤川 暢子、鶴田 浩一郎、早川 基  
(宇宙科学研究所)

#### Development of the TOF neutral gas mass spectrometer on board SS-520-1 sounding rocket

\*N.Fujikawa, K.Tsuruda, and H.Hayakawa (ISAS)

Time-of-flight (TOF) neutral mass spectrometer has been proposed that enables us in situ measurement of number density and velocity distribution function of neutral species in the upper atmosphere. We are preparing measurement of the distribution function of atomic oxygen at altitude range from 300 km to 500 km at the SS-520-1 sounding rocket experiment planned on February 1998.

熱圏上部および外気圏の中性大気の直接観測のために開発中の飛行体用TOF型中性ガス質量分析器は、1998年2月に打ち上げられる観測ロケットSS-520-1号機に搭載される。我々はこのロケット実験で装置の基本性能の確認と、高度300km~500kmにおける酸素原子の密度分布と速度分布関数の観測を計画している。

上層大気の主成分である酸素原子は化学的に活性が高いため、分析装置の壁面に吸着し入射してきた被測定粒子と反応を起こし、正確な質量分析

を困難にしているという問題が以前から指摘されてきた。TOF型中性ガス質量分析器は質量分析と同時に入射速度を測定し、壁面で反応を起こしたエネルギーの小さい成分を除外する。測定は以下の手順で行う。

- 1) パルス電子ビームにより中性粒子を電離。
- 2) 加速電極の電位を変え、電離された粒子を入射方向に対して垂直に加速する。
- 3) 検出器までの粒子の飛行時間 (Time-of-flight) と到達位置の測定。

TOFから粒子の質量がもとめられ、粒子の入射方向に対し垂直に加速するので入射速度の情報が失われずに検出位置から粒子の入射方向を含む二次元の速度分布を知ることができる。

高度500km以上の外圏では大気粒子の平均自由行程が長くなり、この付近で脱出速度に達した粒子の一部はそれ以上他の粒子との衝突をおこさず地球大気から放逐していくと考えられている。酸素原子の高速な成分はNOやO<sub>2</sub>の解離的再結合などで生成され、さらに周辺の酸素原子と衝突して励起することによって外圏に酸素のコロナを形成している。これらの過程を明らかにするためには、外圏下部の大気の数密度分布関数を知ることが重要であり、その直接観測は今までなされていない。今回のロケット実験での500km高度の酸素原子の密度および速度分布関数の観測は科学的にも意味のあることであると考えられる。

本講演以下に示す開発要素ごとの性能評価、センサー全体としての動作試験の結果について発表する。

- 1) 電離源：タングステンフィラメントを使用した。電流量を数μAから数100μAまで制御する。
- 2) 位置検出：50μmの位置分解能と10μsec程度の検出時間が必要となる。CRチェーンアノードと磁気アノードを組み合わせた二次元位置検出器を用いる。
- 3) 飛行時間計測：10nsecの時間分解能が必要。位置検出と組み合わせでの性能の評価を行う。

## A42-P236 高分解能 熱圏大気大循環モデルの開発

\*上田 裕子[1]、前田 佐和子[2]、藤原 均[2]  
[1] 千葉大学  
[2] 京都造形芸術大学

### Development of a high-resolution thermospheric general circulation model

\*Hiroko O. Ueda[1], Sawako Maeda[2], Hitoshi Fujiwara[2]  
[1] Chiba Univ.  
[2] Kyoto Univ. of Art and Design

Recent radar observations have revealed the existence of some fine structures in both spatial and temporal scales of the thermospheric/ionospheric parameters, e.g., the localized ion density disturbances related to both high-latitude diffuse aurora and polar cap patches, and the vertical wind perturbations associated with particle precipitations. In order to investigate these observational results, we must develop a new high-resolution thermospheric general circulation model (HTGCM). We have just started to develop a HTGCM based on an existing 3D global dynamics model. The new model is expected to be useful for prediction/analysis of high-latitude thermospheric/ionospheric structure and disturbances.

EISCATレーダーや光学観測などによる中層、超高層大気観測の充実に伴い、観測データの空間的、時間的分解能が向上し、大規模構造と微細構造の関係、中性および電離大気の相互作用が明らかになることが期待されている。たとえば極域では磁気圏からの低エネルギー粒子の振込に伴い電離大気に10kmスケールの密度擾乱が生じることが報告されている。また水平風に匹敵する大きさの垂直風が存在することも確認されつつある。極冠域ではジュール加熱やローレンツ力により直接励起される風と重力波の伝播によって生ずる風とが混在し、それらは局所的に極めて複雑な時間的、空間的な振舞いをすると考えられる。

熱圏大気大循環モデルを用いたグローバルシミュレーションは、超高層大気の大規模構造および物理過程を理

解する手法として有用であるが、このようなスケールの現象を解析するには従来のシミュレーションコードの分解能は充分とは言えない。そこで我々は従来の3次元熱圏大気大循環モデルを基に、緯度経度方向分解能2°、高度方向0.1スケールハイト(1km~10数km)以上の高分解能モデルの開発に取り組んでいる。

本講演では、モデルの概要と開発状況について報告する

B会場

10月2日(木)

10:00~12:00

# 惑星圏

## Planet

oral: B11-01~07

poster: B11-P161~P173

座長

松岡彩子 (宇宙研)

三澤浩昭 (東北大・理学部)

## B11-01

### 火星探査機 PLANET-B / LFA によるプラズマ波動の研究

岡田敏夫<sup>1</sup>, 松本 敏<sup>2</sup>, 橋本弘隆<sup>3</sup>, 長野 勇<sup>3</sup>, 八木谷 聡<sup>2</sup>, 岡井 隆<sup>4</sup>,  
笠羽廣正<sup>1</sup>, 鶴田浩一郎<sup>5</sup>, 早川 基<sup>6</sup>, 松岡彰子<sup>5</sup>, 渡邊成昭<sup>6</sup>, 上田裕子<sup>7</sup>,  
木村登良<sup>8</sup>, 笠原慎也<sup>9</sup>, 大村啓治<sup>2</sup>, 石坂圭吾<sup>1</sup>, 井町啓彦<sup>2</sup>, 立野 百英<sup>1</sup>

#### Martian Plasma wave experiments by the Low frequency plasma wave Analyzer (LFA) onboard the PLANET-B spacecraft

<sup>1</sup>Okada, T., H. Matsumoto<sup>2</sup>, K. Hashimoto<sup>3</sup>, I. Nagano<sup>3</sup>, S. Yagitani<sup>3</sup>, M. Tsutsui<sup>4</sup>,  
Y. Kasaba<sup>1</sup>, K. Tsuruda<sup>5</sup>, H. Hayakawa<sup>6</sup>, A. Matsuoka<sup>5</sup>, S. Watanabe<sup>6</sup>, H. Ueda<sup>7</sup>,  
I. Kimura<sup>8</sup>, Y. Kasahara<sup>9</sup>, Y. Ohmura<sup>2</sup>, Ishisaka<sup>1</sup>, T. Imachi<sup>2</sup>, and Y. Tateno<sup>1</sup>

<sup>1</sup>富山県立大学工学部, <sup>2</sup>京都大学RABC, <sup>3</sup>金沢大学工学部, <sup>4</sup>京都産業大学,  
<sup>5</sup>宇宙研, <sup>6</sup>通観研, <sup>7</sup>千葉大学工学部, <sup>8</sup>大阪工業大学情報科学部, <sup>9</sup>京都大学工学部

Spacecraft experiments of naturally occurring plasma waves of Mars are important to examine the electromagnetic activities in the plasma surrounding the Mars, to provide to theoretical studies with new information on the generation and propagation of plasma waves, and to measure the plasma parameters such as the plasma number density and magnetic field intensity by the characteristic frequencies of plasma waves.

The Low Frequency plasma wave analyzer (LFA) on the PLANET-B spacecraft is designed to provide measurements of plasma waves of Mars over the frequency range from DC to 32 kHz. Two orthogonal electric dipole wire antennas in the spacecraft spin plane are used to detect plasma waves, DC electric fields, and spacecraft potential relative to the ambient plasma. Signals

from the antennas are processed by four receiver systems: the onboard frequency analyzer, the memory-mode waveform capture, direct-mode waveform capture, and single probe system. Combining the central processor unit, CPU, and digital signal processor, DSP, the LFA has capability (1) to measure the wave spectrum in the band 10 Hz to 32 kHz with flexibly changeable time- and frequency-resolutions depending on the telemetry bit rate and wave characteristics of interest, (2) to detect automatically the plasma frequency, (3) to capture simultaneously two signal waveforms from the two electric antennas for 13 minutes in the band 10Hz to 1kHz, (4) to capture a signal waveform from one of the antennas with a high sampling rate of 100 k samples/sec for 1s, (5) to capture a signal waveform in the band DC to 40 Hz, and (6) to measure the potential between spacecraft and a current bias-wire antenna.

With the coordinated measurements with other instruments, the LFA will clarify may unsolved problems as follow, (1) Generation and propagation of plasma waves in the various plasma regions surrounding the Mars, (2) Roll of plasma waves in the mass-loading process, (3) Location of the bow shock and other boundaries inherent to Mars, (4) Solar wind effect on the bow shock location and other boundaries, (5) Wave generation around the Phobos-related dust, (6) Impulsive waves emitted from the Martian atmospheric discharges, (7) Interaction of plasma waves with the heavy ion beams in the nightside ionosphere, (8) Structure and convection of Martian plasma in the daytime and nighttime ionosphere, and (9) Comparison of Martian plasma waves with the Venus and terrestrial ones. The elliptical orbit of PLANET-B spacecraft is very suitable for measuring the Martian plasma wave and related problems mentioned above.

## B11-02 Speculation of magnetic field and current profile in the Martian ionosphere

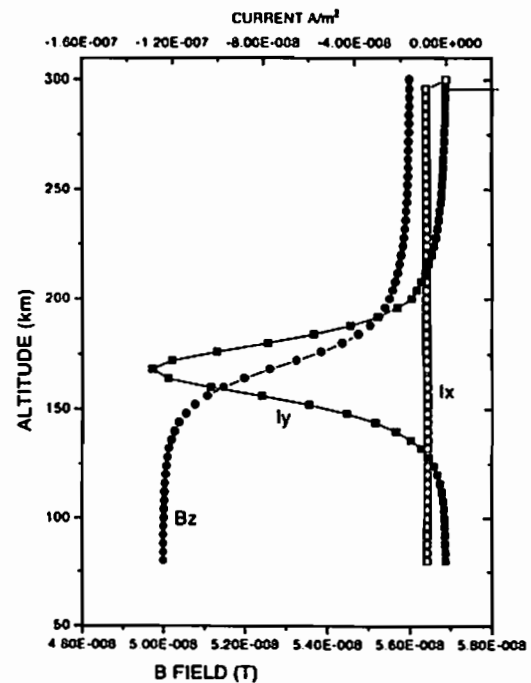
<sup>○</sup>A Matsuoka and T Yamamoto (ISAS)

Although several American and Russian spacecrafts have approached Mars so far, the magnetic field profile around Mars has not been revealed. The most approaching observation of magnetic field was executed by PHOVOS 2 at 850 km altitude which is far from the "obstacle boundary" found by Viking landers. Planet-B will start the observation around the Mars in October 1999 and a three-axial fluxgate magnetometer is onboard it. The periapsis altitude of Planet-B will be about 150 km and certainly in the Martian ionosphere. The orbit design enables the magnetic field observation below the obstacle boundary.

It is said that the plasma pressure at the topside of Martian ionosphere cannot be balance with the dynamic pressure of the solar wind, and there should be magnetic field about 50 nT in the ionosphere. Two possibilities have been suggested, namely, the Martian intrinsic magnetic field or induced magnetic field. We made a 1-dimensional model for the current and magnetic field in the Martian ionosphere, and studied what affects the magnetic field profile.

In our model the vertical plasma velocity profile in the ionosphere and magnitude of the intrinsic magnetic field are given, and we solved the magnetic field profile which is consistent with current profile which satisfies  $div J = 0$ . We examined for various vertical plasma velocity profile in the ionosphere and the intrinsic magnetic field intensity, and found the magnetic field in the ionosphere are controlled by these parameters. On the other hand, the profile has common characteristics independent of these parameters; the horizontal current intensity has a peak at about 160 km altitude where the magnetic field

has a slope. This altitude corresponds to the altitude where the Hall conductivity has a maximum. The figure shows an example of the profile of magnetic field and current, where the intrinsic magnetic field at the Martian surface is 25 nT and the plasma velocity at the topside ionosphere is 10km/s.



# B11-03 Planet-B 搭載プラズマサウンダーによる火星電離圏観測計画

小野高幸、大塚 寛、森岡 和、飯島雅英、三澤浩昭、熊本篤志  
(東北大・環)、丸橋克英、小原隆博 (通総研)  
小林 香 (富山県立大)

## Plasma Waves and Sounder (PWS) Experiment on-board the Planet-B Mars Orbiter

T. Ono, H. Oya, A. Morioka, M. Iizima, H. Misawa, A. Kumamoto  
(Tohoku Univ.), K. Maruyoshi, T. Obara (GRI),  
K. Kobayashi (Toysma Prefec. Univ.)

### ABSTRACT

For the purpose of sounding the Martian ionosphere by using the plasma sounder technique, the Plasma Waves and Sounder (PWS) experiment on-board the Planet-B Mars orbiter has been planned. PWS instrument has been developed through the proto-model (PM) and flight-model (FM) manufacturing and tested for their function and stability in the space environment. The PWS system is facilitated by two sets of long deployed dipole antennas with the length of 52 m tip-to-tip. The high power (400 Watts) transmitter of the sounder power amplifier makes it possible to measure the electron density profiles of the Martian ionosphere within the range from  $10^8$  /cc to  $10^4$  /cc from the topside ionosphere. The PWS plasma sounder instrument is able to carry out the topside sounding from the satellite altitude more than 2000 km with the time resolution of 25  $\mu$ sec which is equivalent to the range resolution of 3.75 km. The PWS instrument makes it possible to obtain natural plasma waves and planetary radio waves in the frequency range from 20 kHz to 5 MHz identifying the polarization characteristics. As the extended function of the PWS plasma sounder instrument, an satellite altitude measurement will be carried out concerning the possibility to obtain the information of the surface structure and materials covering Mars. By using the PWS receiver, it is possible to observe the intense plasma waves caused by the direct interaction of the Martian ionosphere with the solar wind plasma and also possible to observe an weak planetary radio waves due to the wide dynamic range and the high sensitivity characteristics of the receiver.

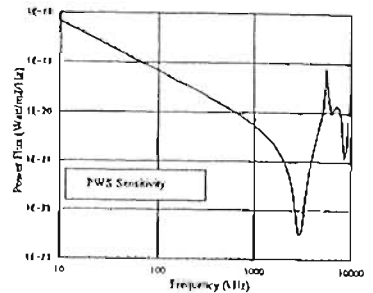
産 1998 年打ち上げ予定の Planet-B は、我が国初の惑星探査体として火星電離圏構造、太陽風・火星大気相互作用等の観測研究を主目的としたミッションである。Planet-B にはプラズマ波動並びにサウンダー観測装置 (PWS) が搭載され火星電離圏構造並びに波動粒子相互作用の観測を実施する。PWS 観測装置は Planet-B の火星衛星軌道投入後に展開される全長 25m のワイヤアンテナ 4 本を用いて、20kHz より 10MHz にいたる広い周波数帯域での火星電離圏のトップサイドサウンディング、自然プラズマ波動の受信観測並びに高度計観測を行う。現在 PWS 観測装置はフライトモデル (FM) の製作、一次組み合わせ試験を終了し、根

拠の基礎データの取得や、野外試験、環境試験を含む最終試験もほぼ終了しつつある。ここでは PWS 観測装置について、FM 試験に基づく機能・性能を述べる。

**観測装置** PWS は全長 52m のダイポールアンテナを用いて、以下の観測モードによる観測を実施する。

- 1) プラズマサウンダー：20kHz・7MHz の周波数レンジにて、パルス幅 100 $\mu$ sec、400Watt の RF パルスを送信し、火星電離圏トップサイドからのエコーを 25 $\mu$ sec (3.75km) の分解能にて観測する。観測のレンジは 480km、1200km、4800km を切り替えられる。
- 2) 自然プラズマ観測並びにインピーダンスプローブ：20kHz・7MHz の周波数レンジを 2 秒にて掃引しつつ、自然プラズマ波動のスペクトル観測並びに偏波観測、及びインピーダンスプローブ観測を行う。
- 3) 高度計：プラズマサウンダーの機能を拡張し、8-10MHz にて火星表面からのエコーを観測することにより、高い分解能による衛星高度情報を得るほか、火星表面地形の観測を行う。

**試験結果** FM 機器はアンテナ、プリアンプ等を含み 7.70kg にて製作されている。機器単体性能として、400 ワットのサウンダーパルス送信機能、高感度のプラズマ波動並びに惑星電波の受信機能などが試験を通じて確認された。第 1 図は PWS システムによって観測可能な自然電波フラックスのしきい値を示す。図に示されるように PWS 観測実施により、火星軌道からの木星ヘクトメーク電波、デカメーク電波等、惑星電波をとらえることが可能である。観測はこれまでに一次組み合わせ試験が行われ、PWS システムについて、ほぼ所期の機能を確認する事ができた。PWS の性能はスペースシャープ試験、野外試験その他の環境試験により確認が進められているが、今後衛星総合試験を経て 1998 年 7 月の打ち上げに備えることになる。



第 1 図 試験結果より予想される PWS 受信機雑音の等価 Power Flux。

# B11-04

## 電離圏トップサイドサウンダ法の

月面ならびに月面下深部への応答について

——地形形状からの反射に関するコンピュータシミュレーション

小林 政生 大塚 寛 小野 高幸 (東北大理)

Application of the topside IF radio wave sounder to the observation of the Lunar surface and Lunar subsurface —— Computer simulation of the electromagnetic waves from complicated land feature

T. Kobayashi H. Oya T. Ono

For investigation of the Lunar surface and the Lunar subsurface by IF electromagnetic waves, the simulation for the reflected waves from non conductive surface is performed developing an algorithm based on Kirchhoff theory for three dimensional land feature. The result can also apply to the IF radar sounding of the Martian surface.

Planet-B の A1 モードリウンダや、SAR/E 計画で予定されている IF レーダによる月面下探査、また、将来では水星面ならびに火星面下探査と、IF レーダは月・惑星探査でその応用の場を広く持つ。この場合、逐次レーダとして、基本的な事柄は理解されているとしても、実際に当たった際の定量的な側面は未知の部分が多い。本研究では定量的データ解析を可能にすべく、IF レーダ観測における電波伝播に関するコンピュータシミュレーションコードを開発し、シミュレーションに着手した。

開発したコードは、与えられた任意の地形および任意の方向・距離から送信される任意波形のレーダパルスに対し、地形表面での反射を波動論的に計算し、任意の方向・距離の受信点で観測される電波を算出することを骨子としている。

地形データはシミュレーション空間の基準平面を任意寸法のメッシュに区切った 3 次元座標データで与える。現在採用しているメッシュ寸法は、送信パルスの波長 (50m (周波数 6MHz)) に対し 10 $\times$  となっている。

地形表面の反射計算は Kirchhoff 理論に基づき各メッシュについて行なう。すなわち各メッシュでは局所的に入射波は平面波であるとして扱いフレネル反射モデルを用いてその入射角および角周波数の局所反射係数を定義する。その局所的反射係数を境界条件として Stratton の式

$$E(r) = \iint_S \{ (\mathbf{n} \cdot \mathbf{E}_i) \nabla G + (\mathbf{n} \cdot \mathbf{E}_i) \cdot \nabla G + \text{rot}(\mathbf{n} \cdot \mathbf{H}_i) G \} N$$

$r$ : 観測点を示す位置ベクトル  $0$ : 反射面表面を示すサフィックス

$E$ : 電場  $H$ : 磁場  $n$ : 反射面法線ベクトル

$\omega$ : 角周波数  $\mu$ : 透磁率  $G$ : グリーン関数  $G = \frac{e^{i\sqrt{\mu}r}}{4\pi|r-r_0|}$

を使って観測される角周波数の集積としての反射係数を計算する。つまり、計算された角周波数を受信点から測ったレンジビン毎に分け、観測した電波パルス波形とレンジビン毎の伝播遅延時間とを考慮して受信波を算出する。

Kirchoff 理論は、波動のランダム表面伝送の研究分野にも広く応用されている際で、送信波の波長を  $\lambda$ 、ランダム面の粗度長  $\lambda_c$  とすると、 $\lambda < \lambda_c$  の範囲で有効であることが知られている。

次に示す図は IF レーダ送信パルス (図 1) と受信波 (図 2) の計算の例である。地形は完全平面で、半径 120m の円形の領域をシミュレーション地形とした。反射面の地形データは生成した岩石を仮定し 3.8 $\times$ 10 $^{22}$  として、方式として直線掃引される FM/F パルスを送信波として長さ 30m のダイポールアンテナ 4MHz から 6MHz まで 200  $\mu$  sec 変化させつつ送信し、送信点はシミュレーション地形の中心点の上空 1000m の点で、受信点も同じ点とした。受信波形は送信波の直下点からの反射エコー (長さ 200  $\mu$  sec) のみが強くなってきていることを示している。計算された受信波を処理して得られた A スコープを図 3 に示す。これももともと基本的な例として平坦な地形を IF レーダで観測する場合であるが、予想通り、直下点までの距離が明確にされること示されている。

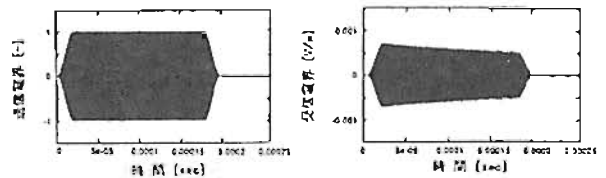


図 1 送信パルス

図 2 受信エコー

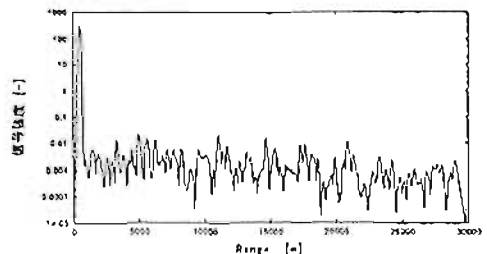


図 3 A スコープ



\*今村剛[1],はしもとじゅーじ[1]  
[1] 東京大・理・地球惑星物理

### Cloud formation in the meridional circulation on Venus

\*Takeshi Imamura[1], George L. Hashimoto[1]  
[1] Department of Earth and Planetary Physics, University of Tokyo

The role of meridional circulation in the cloud formation on Venus is investigated theoretically. The sulfuric acid droplets produced around the cloud top are transported poleward and downward by the meridional circulation to evaporate in the hot lower atmosphere. Around the cloud base at low latitudes, the sulfuric acid vapor is lifted up by the meridional circulation to condense and form the dense lower cloud. The meridional distributions of water vapor and carbon monoxide produced by the cloud chemistry are consistent with observations.

金星の雲の生成維持は専ら鉛直1次元モデルで考察されてきた。これらのモデルでは、硫酸水溶液である雲粒子が雲頂で光化学的に作られ、雲粒子は沈降して高温の下層大気に達すると蒸発・分解する。しかし、実際の金星の雲層においては低緯度で上昇してきて高緯度で下降するような速い子午面循環が存在し、雲頂付近で生成した雲粒子は子午面循環で極向きに運ばれる。このようなわけで、金星の雲の構造は1次元モデルの枠内で説明できるものではなく、子午面循環が大きな役割を果たすはずである。本研究では、硫酸と水の相変化と単純化した化学反応を2次元(緯度高度)の移流拡散モデルに組み入れたものを用いて、雲の生成維持機構と大気組成の分布を考察した。

モデルで混合比を計算する物質は、硫酸、水、一酸化炭素、二酸化炭素、である。化学反応は、Yung and Demore (1982)の光化学モデル計算結果を参考にして、上層と下層での正味の反応のみを適当なparameterizationで与える。雲粒子の沈降速度は、プローブの観測で得られた粒径分布を参考にして、高度のみの関数として前もって与える。渦拡散係数はRadio occultationの結果から与える。子午面循環の場合は、Pioneer Venusの紫外雲画像のトラッキング、Galileoの近赤外雲画像のトラッキング、温度場から推定した鉛直流速、と整合的であるような流線関数で与える。このようなモデルに

よって、雲の鉛直構造、雲粒子中の硫酸混合比、大気組成分布について観測と整合的な結果が得られた。

新しく得られた描像は次のようなものである。雲頂付近で生成した硫酸は水蒸気とともに凝結して雲粒子となるが、この高度では粒径が小さく、特に低緯度では子午面循環による上昇流が速いので、効果的に沈降できない。そのため、雲粒子は子午面循環で極向きに運ばれる。やがて高緯度で下層大気に運ばれた雲粒子は蒸発して硫酸蒸気を生成し、あるものはそのまま赤道向きに運ばれ、あるものはさらに下層に運ばれて熱分解する。硫酸蒸気は子午面循環で低緯度で運ばれてやがて上昇し、雲底付近で再び凝結する。ここで凝結した雲粒子は粒径が大きくなり、しかもこの高度では子午面循環の上昇流が比較的遅いので、効果的に沈降する。その結果、ここで硫酸の子午面循環がせき止められるために硫酸濃度が大きくなり、雲粒子として存在する硫酸も多くなる。このようにして、観測されているような高質量密度のlower cloudが現れる。

雲粒子の生成と沈降は組成の分離を引き起こす。すなわち、雲頂で硫酸生成反応によって水蒸気を失い一酸化炭素を得た気塊が高緯度に流れ、低緯度のlower cloudで沈降した硫酸は下層で消滅する際に一酸化炭素を消費して水蒸気を生成する。このようにして正味では水蒸気は低緯度に一酸化炭素は高緯度に運ばれ、水蒸気混合比は高緯度ほど小さく、一酸化炭素混合比は高緯度ほど大きくなる。このような緯度分布は、前者はプローブによる赤外放射測定によって、後者は近赤外域の遠隔測定によって示唆されている。

\*今井一雅[1]  
[1] 高知高専・電気工学科

### Precise Measurements of Source Locations and Beaming Structures of Jupiter's Decametric Radio Emissions

\*Kazumasa Imai[1]  
[1] Kochi National College of Technology

The modulation lanes in Jupiter's decametric radio spectra were discovered by Riihimaa [1968]. We have developed a model for the mechanism responsible for their production in which the free parameters have been adjusted to provide a very close fit with the observations. Newly calculated results indicate that (1) the Io-B and Io-A radiations are emitted from the northern hemisphere, while that from Io-C comes mainly from the southern hemisphere, (2) the half-angle of the assumed hollow-cone emission beam for Io-B is typically 60 degrees, with a variation of a few degrees, and (3) the equatorial lead angle of the radio-emitting previously excited flux tube ahead of the flux tube through Io at the same instant is more variable, 50 degrees being a typical value for Io-B.

#### 1.はじめに

木星からのデカメートル波領域の自然電波放射は、従来の地上観測では、地球の電離層の影響で、その電波源の位置やビーム構造の精密な測定は非常に困難であった。しかしながら、この木星電波のダイナミックスペクトラム上に現れるモジュレーション・レーンを筆者等の新しいモデルによって解析することにより、その精密な測定が可能になってきた。

#### 2. モジュレーション・レーン

木星デカメートル波のダイナミック・スペクトラム上に現れる斜めの構造構造であるモジュレーション・レーンは、Riihimaa(1968)によって発見された。このモジュレーション・レーンは、発見されて以来、その存在がいくつかの観測グループにより確認されてきたにもかかわらず、観測データを定量的に説明できるモデルは存在していなかった。筆者らは、このモジュレーション・レーンが伝播途中で生じる現象であるという観点からモデルを考え、コンピュータ・シミュレーションを行った結果、観測データと非常に良く一致する

ことを初めて示した(Imai et al., 1992a, 1992b, 1997)。

#### 3. モデルの詳細

筆者らのモデルは、木星電波源から放射された電波が、衛星イオの軌道近くを貫く木星の磁力線に沿ってあたかもスダレのように分布するプラズマのスクリーンにより変調を受ける伝搬現象を基本としている。衛星イオの軌道付近における木星の磁力線の構造は、惑星探査機の観測によりすでにモデル化されていることから、木星電波源の位置をパラメータとして、観測されたモジュレーション・レーンの様々な特性とシミュレーションした結果とを比較することができ、これにより電波源の位置や構造を知ることができる。

木星デカメートル波放射機構を解明するためには、この電波源の位置や構造に関する情報は最も重要なものであるにも関わらず、従来の地上観測では様々な制約があり極めて限られた情報しか得られていなかった。しかし、筆者らのモデルを使うことによって、新しい角度から木星電波源の位置と構造を調べていくことが可能となった。

#### 4. 新しい結果

今回、新たな計算により得られた結果は、次のとおりである。

(1)木星電波源のIo-BとIo-Aは、木星の北磁極側に位置し、Io-Cは、南磁極側に位置する。(2)典型的なIo-Bの電波源は、Cone Half-angleは60度を中心とした数度以内である。(3)Io-Bの電波源に関連する Previously Energized Flux Tube (PEFT)とIo Flux Tube (IFT)の間のリード角は、大きく変化するが、典型的な値は、50度である。(4)Non-Io-Aの電波源のL shellの値は、4から7の範囲内である。

以上の結果の(4)では、衛星Ioに関連しない電波源で、もっとも活動度の高い Non-Io-Aが、従来の考えられたような、オープンフィールドラインのL shellではなく、Io Plasma Torusに関連したものであることが明らかとなってきた。これは、非常に重要な意味を持っており、今後この観点からNon-Io-Aについての研究が進むと考えている。

【参考文献】 K. Imai, L. Wang, and T. D. Carr, Modeling jupiter's decametric modulation lanes, JGR, 102, A4, 7127-7136, 1997

**Shoemaker-Levy 9 彗星の木星衝突現象にかかわるデカメータ帯電波観測**

•青山 隆司[1]  
[1] 宮城職業能力開発短大

**Decametric Observation for the event of Shoemaker-Levy 9 comet/Jupiter impacts**

•Takashi Aoyama[1]  
[1] Miyagi Polytechnic College

Spectral observation results of the Jovian decameter wave emissions in the period of the passages of fragments of Shoemaker-Levy 9 comet (SL-9) through the Jovian magnetosphere, indicated that Jovian decameter wave bursts had taken place after the entering of the comet fragments into Jovian magnetosphere, being surrounded by dust-plasma. Decametric wave bursts corresponding to the impacts of some SL-9 fragments on Jupiter were also observed 20-30 min later than those impacts. After the crashes of the all fragments, decametric bursts were observed after the rise of Jupiter on July 27 indicating that the Jovian magnetosphere had been continuously maintained in active and turbulent conditions even long after the SL-9 impacts.

1. 序論

1994年7月17日から7月22日(JST)にかけて、Shoemaker-Levy 9 彗星(SL-9)が木星本体に衝突した。我々は、SL-9の木星磁気圏との相互作用、および木星本体との衝突による効果を知るため、この衝突期間を含め7/13-7/23の間、集中的なデカメータ帯の木星電波観測を行った。その結果、明らかにSL-9による電波放射であると考えられる電波を受信したのでここに報告する。

2. 衝突前 (7/13-16)

SL-9が木星磁気圏に入った時点で、SL-9のdust plasmaによる電波放射が予想されていた (Oya et al., private communication 1994)。観測の結果7/15、7/16にSL-9によるものと思われるnoise burstが受信された。特に7/16のeventは、木星出(12:54)の直後からburstが受信され始め、少なくとも2時間以上続いた。つまり、木星本体衝突前の7/16の時点で、木星は十分強力な電波星になっていたと考えられる。

3. 衝突中 (7/17-22)

SL-9の衝突が開始した7/17以降、衝突終了の7/22までの木星電波スペクトルについては、すでに東北大学の観測結果が報告されており、木星からの電波であることも確認されている。同一期間の我々(宮城県県庁)のスペクトル観測の結果は、東北大の観測による電波強度のmodulation(地球から木星の南北磁極が見えている期間に良く対応して強度が上昇する)とも良く一致しており、木星起源の電波を受信したものと考えている。

さらに、我々の観測時間帯は、木星出以前から木星入以降までをカバーしており、木星の出入りによる電波強度変化も観測の対象として考えていた。結果は、7/18,20,22の木星出に対応し(20-30分遅れて)、電波強度の上昇が見られた。また、7/20の木星入に対応し、木星からの電波の途絶が観測された。観測前に最も期待されたSL-9と木星本体との衝突による効果も確認されたと考えている。つまり、SL-9の分裂核のうち、D核、K核、R核の衝突後20-30分後に電波強度の上昇が見られた。この3つの核は、いずれも木星の南北磁極の中心に近い経度上に衝突しており、このことが他の核では電波強度の上昇が明確ではない原因かもしれない。

4. 衝突後 (7/23- )

SL-9の衝突の終了後も、木星からの電波放射は通常の木星電波強度を遙かに越えるものであった (Oya et al., private communication 1994)。我々のスペクトル観測では、7/27の木星出の後に電波強度の上昇が見られており、衝突終了後も木星磁気圏はactiveかつturbulentな状態を維持していたことを示している。

B11-P161

**火星探査機 Planet-B 搭載 LFA 用 DSP プログラムの開発**

立川 高英<sup>1</sup> 岡田 実<sup>2</sup> 橋本 隆<sup>2</sup> 野村 明<sup>2</sup> 八木 聡<sup>2</sup> 笠原 雅正<sup>3</sup> 井中 浩彦<sup>3</sup> 佐藤 敏<sup>3</sup>

1. 富山県立大 2. 京大 RASC 3. 金沢大

**Development of LFA/DSP program onboard Planet-B spacecraft**

Y.Tateno<sup>1</sup>, T.Okada<sup>2</sup>, K.Hashimoto<sup>2</sup>, I.Nagano<sup>2</sup>, S.Yagitani<sup>2</sup>,

Y.Kasaba<sup>3</sup>, T.Imachi<sup>3</sup>, H.Matsumoto<sup>3</sup>

1,Toyama Pref. Univ. 2,RASC,Kyoto Univ. 3,Kanazawa Univ.

The DSP program for the Low Frequency plasma wave Analyzer (LFA) onboard Planet-B spacecraft has been developed which enable us to get not only the power spectra in the band from 10Hz to 32kHz, the waveform in the band from DC to 40Hz but also the spacecraft potential and.

1998年7月に打ち上げ予定の火星探査衛星 Planet-B には PWALFA(Plasma Wave Analyzer/Low Frequency plasma wave Analyzer)が搭載されており、直交 2 対のワイヤアンテナで検出される電界信号をオンボードで処理する。小型化や省電力化を図るため、LFA では装置全体を制御する CPU とデジタル信号処理専用の DSP(Digital Signal Processor)を組み合わせて、様々な機能を実現している。

LFA の行う信号処理の内容は次のように分類される。(図 1 参照)

- (1) スペクトルを求める OFA(Onboard Frequency Analyzer)
- (2) 波形を一旦蓄えた後送信する WFC-M(Wave Form Capture - Memory)
- (3) 波形を直接送信する WFC-D(Wave Form Capture - Direct)
- (4) 衛星電位を測定する Single Probe

(1)において DSP は FFT(Fast Fourier Transform)や、時間分解能、周波数分解能それぞれについて重視した平均操作を行う。また電界 2 成分を観

測する時は位相差も同時に求める。(3)(4)ではデータ転送レートに応じてカットオフ周波数が変化するソフトウェア LPF(Low Pass Filter)を用い、エイリアジングを起こさないようにしている。この他にも DSP は多くの処理を行なう。

このように LFA では DSP を用いる事によって小型、省電力でありながら多くの信号処理機能が実現されている。

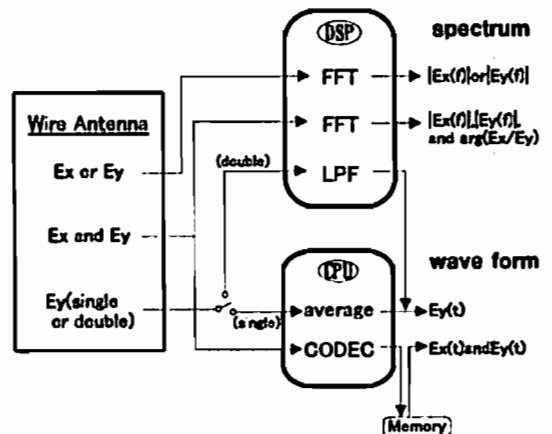


図 1 LFAの信号処理

\*照日 繁[1], 野池 順[1], 道家 忠義[1], 長谷部 信行[2], 前沢 潤[3]  
高島 健[1], 坂口 貴男[1], 井原 亜紀史[1]  
[1] 早稲田大学理工学総合研究センター  
[2] 愛媛大学工学部  
[3] 名古屋大学工学部

### The high energy particle detector EIS and its performance on the PLANET-B mission

\*Shigeru Teruhi[1], Jun Kikuchi[1], Tadayoshi Doke[1]  
Nobuyuki Hasebe[2], Kiyoshi Maezawa[3], Takeshi Takashima[1]  
Takao Sakaguchi[1], Akiyumi Ihara[1]  
[1] Advanced Research Institute for Science and Engineering, Waseda University  
[2] Department of Computer Science, Ehime University  
[3] Department of Physics, Nagoya University

The EIS is designed to measure the composition and heavy ions in the Mars and interplanetary environment from energy 40keV/n to 400keV/n. Our main objective of the EIS measurements is to clarify rather unexplored aspects of the solar-wind interaction occurring in the Martian environment and compare them with our knowledge accumulated on the earth's environment. This system contains two types of energetic particle telescopes. One is a TOF-E telescope that employs time-of-flight/energy analysis to determine the ion mass. Another is  $\Delta E$ -E telescopes based on the well established  $\Delta E$ E method. The TOF-E telescope mainly measures the composition of low energy ions (H, He, C, N, O, Ne, Mg, Si, Fe) and  $\Delta E$ -E telescopes are mainly used to measure ion composition at higher energies and electron composition.

我が国初の惑星探査ミッションであるPLANET-B火星探査計画は、火星上層大気と太陽風との相互作用を探ることを主な目的の一つとしている。金星については、Pioneer Venus衛星による観測及び理論的研究により、かなりの部分が明らかにしたが、火星に関しては、これまでNASAのViking衛星と旧ソ連のPhobos衛星による直接観測だけで、未だ多くが解明されていない。しかし来年打ち上げられるPLANET-Bは高度130Kmまで降下するため、磁気圏境界面、及び電離層境界面の位置を確定することができるものと期待される。我々の研究室が開発したEIS(Electron and Ion Spectrometer)検出器は、40keV~400keVの電子と40keV/n~400keV/nのイオンの観

測を目的に搭載される。これまで、火星ではこの領域のエネルギーの測定はPhobos-2に搭載されたSLED(Solar Low Energy Detector)によって行われ、55keV以上のピックアップイオンが確認されている。しかしSLEDは半導体検出器による $\Delta E$ E法を用いて測定しているため、低エネルギーイオンの測定は出来ていない。

EIS検出器は、2つの測定部から成り立っている。1つはTime of Flightとエネルギーを測定することで粒子の質量を測定するTOF-E測定部、もう1つはExE法を用いた $\Delta E$ -E測定部である。TOF-E測定部の前面には、約 $13 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ のアルミニウムが透過率約91%の焼青銅製メッシュにマウントされている。入射した粒子は、この箔を通過する時たくさんの二次電子を放出し、その二次電子を電場で加速し、90度曲げてスタート用Micro Channel Plate (MCP)に導く。この信号がスタートトリガーとなる。入射粒子は1枚目の半導体検出器に止まり、ここから得られる波高から運動エネルギーを知ることが出来る。半導体検出器の表面から叩き出された二次電子は、電場で加速され、電場の線によって90度曲げられてストップ用MCPに導かれる。この信号がストップトリガーとなって、スタートトリガーとの時間差から、粒子がFlight Path(45mm)を通過するのにかかった時間を導くことができる。こうして得られたエネルギーと時間の情報から質量を測定する事が出来る。一方、 $\Delta E$ -E測定部は電子とプロトン測定することを目的にしており、2つある。その1つ(SiA)は $300 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ のアルミニウム箔で覆われている。この箔は光を遮ると同時に、低エネルギーのイオンの入射を防いでいる。もう一方(SiB)には、箔を張らずこの2つの検出器(SiA/B)のカウントレートにおける違いからプロトンと電子のfluxを測定する。dE-E測定部の1枚目の半導体検出器(S3A/B)は、直径3mm厚さ8 $\mu\text{m}$ 、2枚目以降の半導体検出器はSiA/Bで共有し、直径14mm厚さ480 $\mu\text{m}$ である。3枚目の半導体検出器からの信号を反時計回しとして用いる事で、高速な電子やイオンのカウントを排除する事が出来る。

我々の研究室では、この2年間試作機を元に試験を繰り返し、改良を積み重ねてきた。例えば、SLEDでは数十keVのピックアップイオンが観測されていたことから、なるべく低エネルギーの測定が行えるように努力してきた。TOF-E測定部のエネルギーの下限を決める要素は、検出部の前面に張った二次電子放出用のアルミニウム箔や半導体検出器表面の不感層でのイオンのエネルギー損失と回路でのノイズの3つである。我々は回路の不備を改良すると同時に、箔や検出器の不感層を可能な限り薄くした。こうして40keV/n~400keV/nのイオンの観測を目指す。今回の講演では、フライトモデル作成までのこうした改良点とフライトモデルの性能評価を紹介する。

### MHD拡張版CIP法を用いた火星周辺太陽風環境の 数値実験

#### Estimation of the near-Mars Solar Wind Environment with Extended CIP Algorithm for MHD

\*岡 卓奈子, 寺沢 敏夫 (東大理)

\*K. Seki, T. Terasawa (Univ. of Tokyo)

A magnetohydrodynamic code based on a low diffusion and stable algorithm, the cubic-interpolated pseudo-particle (CIP) is developed. The CIP method [Yabe and Aoki, 1991; Yabe et al., 1991] provides a solver for general hyperbolic equations, and has been applied to many physical problems such as laser-induced evaporation dynamics and EOS (equation of state) effect on the break-up of Comet SL-9 impacted on Jupiter. In the method, a spatial profile within each grid is interpolated with a cubic polynomial, and both a physical quantity and its spatial derivative on the grid are predicted in advance according to the master equation. Since the algorithm enable us to solve different states simultaneously, it has provided a powerful tool especially for hydrodynamic simulations.

In this study, we extend the CIP method for magnetohydrodynamic (MHD) problems. Since the advection term is treated directly by the CIP algorithm, the scheme is different from the codes with the conservative equation form, which have been generally used as the MHD solver. On comparison with one of the previous code, we examine the capacity of the extended CIP algorithm. Then, we applied the code to the estimation of the near Mars space environment via. the solar wind simulation. Beginning with an assumption of the 1-dimensional spherical geometry, we calculate the solar wind parameters at the solar-centric distance from 1 to 6 AU. As the boundary condition at 1AU, we use the data of solar wind observations. At Mars, the ionospheric thermal pressure seems to be insufficient for balancing the incident solar wind pressure, and how to fill up it is still open to speculation. The calculation provides the solar wind conditions near Mars and the results will be compared with the previous observations.

#### References:

- Yabe and Aoki, *Computer Physics Communications*, **66**, 219-232, 1991.
- Yabe et al., *Computer Physics Communications*, **66**, 233-242, 1991.

## B11-P164

### A Two-Dimensional Model of the Solar Wind Interaction With Mars

Hiroyuki Shinagawa

Solar-Terrestrial Environment Laboratory  
Nagoya University

Stephen Bougher

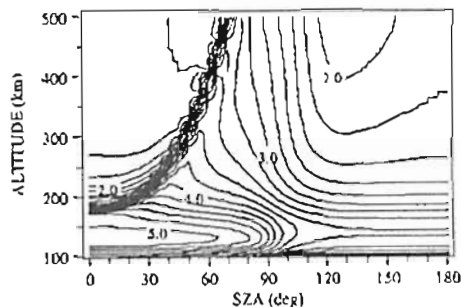
Lunar and Planetary Laboratory  
University of Arizona

The upper atmosphere of Mars is expected to be affected by the solar wind. Although an intrinsic magnetic field at Mars is not likely to be very large, there is a possibility that a weak intrinsic field plays an important role in the solar wind-Mars interaction.

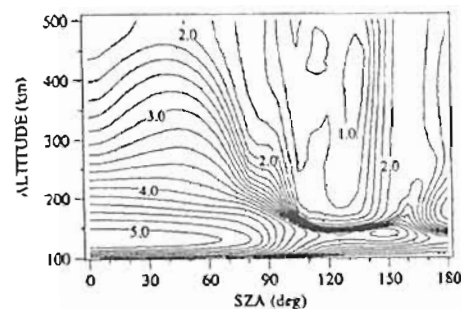
In order to self-consistently study the solar wind interaction with the upper atmosphere of Mars, a two-dimensional MHD model has been developed with an emphasis placed on structure of the ionosphere of Mars. A few calculations are done for cases with and without a weak intrinsic magnetic field.

Preliminary results suggest that nature of the solar wind-Mars interaction is quite different from that of the solar wind-Venus interaction. When Mars does not possess any intrinsic magnetic field, the calculated ionosphere shows significantly lower electron densities than the observed densities above 200 km, requiring some kinds of mechanisms which enhance the electron density at high altitudes.

The calculated electron densities are in better agreement with the observed densities for the ionosphere with a weak intrinsic magnetic field ( $B=30$  nT at the surface). This result is different from the result obtained by the one-dimensional MHD models. Although various scenarios seem still possible, one possibility is that Mars possesses a very weak intrinsic magnetic field, making an important contribution to the solar wind-Mars interaction.



Contour plot of the calculated electron densities ( $\log \text{cm}^{-3}$ ) for no intrinsic magnetic field.



Contour plot of the calculated electron densities ( $\log \text{cm}^{-3}$ ) for an intrinsic magnetic field of 30 nT at the surface in cubic centimeters in logarithmic scale.

## B11-P165

### 太陽風と非磁化惑星との相互作用の3次元ハイブリッドシミュレーション

\*島津 浩哲[1]  
[1] 通信総合研究所

### Three-Dimensional Hybrid Simulations of Solar Wind Interaction with Unmagnetized Planets

\*Hironori Shimazu[1]  
[1] Communications Research Laboratory

Computer simulations of interaction of the solar wind with an unmagnetized planet are carried out. We develop a three-dimensional hybrid code (kinetic ions and massless fluid electrons) for this simulation. The asymmetry of ion acceleration, piled-up magnetic fields, and draping magnetic fields is observed in the direction of the solar wind convection electric field. This asymmetry originates in the difference in ion acceleration on both sides of the planet in the directions of the convection electric field. Three processes for ion acceleration (convection electric field,  $\mathbf{j} \times \mathbf{B}$  force, and pressure gradient) are proposed. The accelerated ions are considered to correspond to observational features such as pickup ions and escape ions to the magnetotail.

太陽風と非磁化惑星との相互作用の3次元ハイブリッドコードによる計算機シミュレーションをおこなった。シミュレーションでは尾部も含めている。電離層と重力の効果は取り入れている。太陽風のイオンは惑星の表面で反射されると仮定した。MHDではみられない現象として、太陽風の対流電場の方向に、イオンの加速や、パイルアップした磁場、尾部に引き伸ばされた磁場の非対称性がみられた。この非対称性は対流電場の方向の両側でイオンの加速の仕方が異なっていることから生じる。非対称なイオンの加速として、対流電場、ローレンツ力、圧力勾配の3つの要因を考えた。シミュレーションにおいて加速されたイオンは、観測におけるピックアップイオンや尾部への流出イオンに相当する考えられる。惑星の大きさが陽子のラーモア半径程度になると、衝撃波の一部が対流電場の向いている側で、反射イオンによって壊されている様子がみられた。

・今村 剛[1]  
[1] 東京大・理・地球惑星物理

Heat transport in the deep Venus atmosphere

・ Takeshi Imamura[1]  
[1] Department of Earth and Planetary Physics, University of Tokyo

The intensity of the surface Hadley cell, whose existence is indicated by the aeolian features observed by Magellan, is inferred from the radiative energy balance at each latitude and the static stability observed. The typical advection time scale is calculated to be much longer than the planetary rotation period, being consistent with the axially symmetric circulation. The net upward heat transport by the cell is estimated to be up to 7 W m<sup>-2</sup>. The vertical viscosity coefficient is also estimated from the angular momentum balance between upward transport by the Hadley cell and the downward transport by eddy viscosity.

金星下層大気の循環はハドレーセル型の子午面循環であることがマゼラン探査機が観測した地表面の風の痕跡から示唆されている。すると、放射熱収支の極赤道間のコントラストは、上層で温位の高い気塊が極向きに流れて下層で温位の低い気塊が赤道向きに流れるような循環によって埋め合わされているはずである。このような循環による極向き熱輸送量は、上層と下層の温位差つまり大気安定度と、循環流速とから決まる。本研究では、緯度ごとの放射輸送の熱収支と観測で示唆されている大気安定度から循環流速を見積もった。

大気安定度はプローブによる直接測定やリモートセンシングの結果から 0.5-1 K km<sup>-1</sup> である。太陽放射フラックスはプローブによる観測から評価できる。熱放射フラックスは評価が難しい。Pioneer Venus プローブによると高度約 15 km 以上では正味の向上向き熱放射が高緯度ほど強く、これは高緯度ほど吸収係数が小さい(水蒸気量が少ない)ことを意味するが、高度 15 km 以下での緯度依存性はわからない。ここでは2とおりの方で評価する。Case I では吸収係数を高度のみの関数として、全球平均した大気状態について放射平衡を仮定して吸収係数を求める。Case II では観測と整合的になるように吸収係数に緯度依存性を持たせる。

このようにして子午面循環の平均的流速を見積もると Case I では 1-2 cm s<sup>-1</sup>、Case II では 2-4 cm s<sup>-1</sup> となる。循環の時定数は Case I では 10-20 年、Case II では 5-10 年であり、自転周期の 243 日よりずっと長い。このことは、自転周期が長いにもかかわらず夜昼間循環ではなく軸対称循環が卓越していることと整合的である。

鉛直流速は Case I では 0.02-0.04 mm s<sup>-1</sup>、Case II では 0.04-0.08 mm s<sup>-1</sup> である。Venera プローブによる気温の緯度依存性は高度 10 km 以下では極めて小さいが、一方 Pioneer Venus プローブによると高度 12 km 以上で 5 K 程度の緯度依存性が示唆されている。仮に 5 K 程度の緯度依存性があるとすると、循環による正味の鉛直熱輸送は 2-4 W m<sup>-2</sup> (Case I) または 4-7 W m<sup>-2</sup> (Case II) である(全球平均放射フラックスは 20-30 W m<sup>-2</sup> 程度)。観測される安定成層は、このような(小さいが無視できない程度の)力学的熱輸送によって実現されている可能性がある。

下層大気の循環がハドレーセル型であるとすると、スーパーローテーションを維持する機構として Gierasch (1975) の説がもっともらしい。すなわち、子午面循環と水平粘性によって角運動量が正味では向上向きに運ばれる。そこで、Gierasch に従って循環による向上向き角運動量輸送と鉛直粘性による下向き角運動量輸送がバランスした状態を考察し、金星下層大気の粘性係数として 0.1-0.3 m<sup>2</sup> s<sup>-1</sup> という値を得た。これは下層の粘性係数の初めての見積もりである。

IMP8 により観測された木星起源高エネルギー電子

・土屋 史紀, 森岡 昭, 三澤 浩昭(東北大理), 長井 嗣信(東工大理)  
Relativistic Jovian electrons observed by IMP8

・F. Tsuchiya, A. Morioka, H. Misawa  
Upper Atmosphere and Space Research Laboratory, Tohoku University  
T. Nagai  
Earth and Planetary Science, Tokyo Institute of Technology

The Jovian magnetosphere is an intense source of relativistic electrons in the heliosphere. We investigated Jovian electron variations using the IMP8 data. We extracted the Jovian components from the IMP8 electron data and found the evidence that Jovian electrons are penetrated within the terrestrial magnetosphere. We also compared the Jovian components with the geosynchronous electrons from GMS-4. The intensity variations at the geosynchronous orbit do not coincide with the Jovian components, which suggest that Jovian electrons are not a main source of the geosynchronous electrons.

木星磁気圏は太陽系内の主要な高エネルギー電子源の一つである。そのフラックスは地球軌道付近においても観測されており (e.g. Teegarden et al., 1974)、地球磁気圏内の高エネルギー電子源となる可能性も指摘されている (Baker et al., 1979)。我々は National Space Science Data Center から公開されている IMP8 の高エネルギー電子データより木星成分を抽出し、その変動成分の解析を行った。図 1(a) に 2.0-12MeV 電子データより抽出した spectrum index  $\gamma \sim 1$  の電子の強度変動を示す。地球と木星の会合周期である 13ヶ月の周期変動は、抽出された成分が木星起源であることを示している。図 1(b) に IMP8 が地球磁気圏内で観測したデータのみを示すが、同様な周期変動が確認され、木星起源の高エネルギー電子が確かに地球磁気圏内に侵入している事が示される。図 2 に IMP8 及び GMS-4 のデータの比較を示す。GMS-4 における高エネルギー電子の変動は木星起源特有の長期変動を示さない。講演ではこれらの詳細な比較、及び、惑星間空間での電子変動量が木星磁気圏での情報を持つという結果 (Morioka and Tsuchiya, 1996) に基づき、木星成分の変動の要因についての考察を行う。

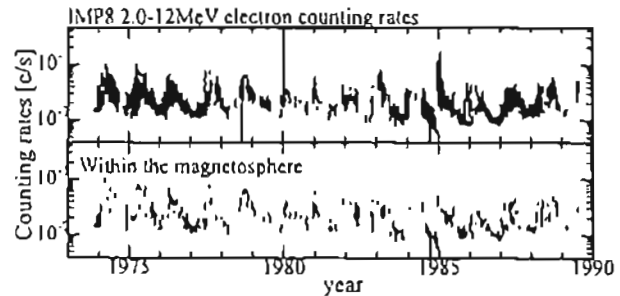


Figure 1. (a) 2.0-12MeV electrons observed by IMP8. Only the harder spectrum data ( $\gamma \sim 1.0$ ) were selected to be plotted. (b) The same as the panel (a), but shows the restrict data when IMP8 was in the magnetosphere.

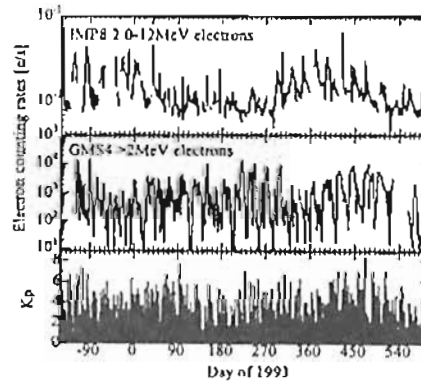


Figure 2. (a) Jovian components of 2.0-12MeV electrons by IMP8, (b) > 2MeV electrons observed by the geosynchronous satellite GMS-4, and (c) Kp index during the period from Sep. 1992 to Aug. 1994.

# B11-P168

## イオ起源ナトリウム雲の分布 - 光学観測とモデルとの比較 -

高橋 慎<sup>1</sup>, 森岡 昭<sup>1</sup>, 三澤 浩昭<sup>1</sup>, 野澤 宏大<sup>1</sup>, 岡野 京一<sup>2</sup>

<sup>1</sup>東北大学理学部附属基礎層物理科学研究施設

<sup>2</sup>国立極地研究所

Distribution of sodium cloud originated from Io: comparison of observation with modeling.

©S. Takahashi, A. Morioka, H. Misawa, H. Nozawa

Upper Atmosphere and Space Research Laboratory, Tohoku University and S. Okano

National Institute of Polar Research

E-mail(ST): shin@stpp2.geophys.tohoku.ac.jp

Jovian magnetosphere is influenced by volcanic activity of Io as primary plasma source. We report distribution of sodium cloud, which is one of the species of volcanic gas, by comparing 2 dimensional observation results with modeling results.

活発な火山活動を行っている木星衛星イオは、木星磁気圏内に多量の火山性ガスを放出し、重要なプラズマ源となっている。イオによるプラズマ源としての寄与は、太陽風や木星電離圏からの供給に比べて著しく大きく、全体の9割以上を占めているものと推定されている。また、その後のイオ火山観測により、イオの火山活動は時間変動が激しいということがわかってきている。従って、木星の電磁環境はイオによって大きく変動を受けることが示唆され、イオから放出される火山性ガスの量やその変動を観測することは、木星磁気圏の電磁現象を解明する上で重要であると言える。本講演では、火山性ガスの一成分である中性ナトリウム原子分布のモデル計算と2次元イメージ観測結果との比較について述べる。

ナトリウム分布の観測結果から放出機構及びその量を推定するためには、ある放出状態を仮定し、その後のナトリウム原子の運動を計算することによって空間分布を導出し、観測結果と比較するという方法が考えられる。ナトリウム原子は木星及びイオに比べて質量が著しく小さいため、木星及びイオ重力下での運動方程式を解くことによって(制限3体問題)その軌道が導かれる。これを多粒子について行い、さらに木星磁気圏電子との衝突によってイオン化し失われる過程を考慮することにより、ある放出条件におけるナトリウム原子の分布を計算することができる。この計算結果が実際の観測結果に合うように放出条件を変化させることで、実際にどのような物理条件でナトリウム原子が放出されているかを知ることができる。下図はその計算結果の一例である。

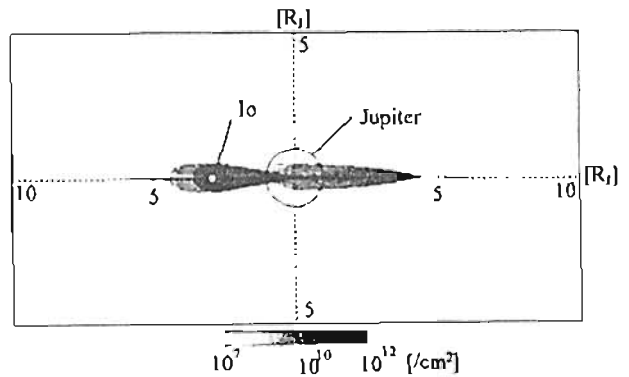


図1: モデル計算の一例。毎秒 $10^{26}$ /secのナトリウム原子をイオexobase(高度790km)から一様に初速2.6km/sで放出させた場合の分布を、地球から観測した場合のcolumn densityに変換した図。

# B11-P169

## Ray tracing を用いた 木星ヘクトメートル電波の放射源推定

中川 史丸, 森岡 昭, 三澤 浩昭 (東北大理学部)

Expectation of Jovian hectometric radiation source, using ray tracing technique.

©F. Nakagawa, A. Morioka, and H. Misawa

Upper Atmosphere and Space Research Laboratory, Tohoku University

E-mail(FN): nakagawa@stpp2.geophys.tohoku.ac.jp

Jovian hectometric radio emission(HOM) is emitted from Jovian polar region. But emission latitude is not exactly decided yet. Using ray tracing technique, we have investigated the source region of HOM. In this study, we separate solar wind HOM(sw HOM) from non solar wind(nsw HOM) and perform the ray tracing independently. We will report the preliminary results.

木星ヘクトメートル電波(以下HOM)の出現特性はこれまでのVoyagerやUlysses探査機などの観測によりほぼ明らかになりつつある。しかしながらその放射源が木星極域のどこにあるのかはまだ確定していない。放射源位置の推定はHOMのエネルギー源や放射メカニズムの推定のみならず、他の惑星電波と比較において重要な意味を持つものである。そこで、今回の我々の解析ではUlysses探査機によって観測されたHOMの出現特性をもとにray tracingを行いHOMの放射源位置の同定を行った。我々のこれまでの解析で、HOMには、木星1自転周期の間にピークが2回現われ太陽風に依存する成分(solar wind HOM、以下sw HOM)と木星1自転周期の間にピークが4回現われ太陽風に依存しない成分(non solar wind HOM、以下nsw HOM)の2種類あることが明らかになっている。これまでのHOMのray tracingではこの2種類のHOMを区別せずに計算されていたが今回の計算ではこれらを区別し各々の放射源位置を同定した。計算では、Pioneer11、Voyager1号の観測から導出された磁場モデル[Connerney,1993]、Io plasma torusを含んだ plasma

モデル[Divine and Garrett,1983]を用い、放射源のし値、高度、hollow cone angleをパラメータとして計算を行った。non sw HOMでの例を図1に示す。これは横軸にsystem III 経度をとったもので、実線が観測によって得られたnsw HOMの出現特性、点線がray tracingによって得られた出現特性を表わしている。本発表ではnsw HOMとsw HOMの放射源位置の違い、Io plasma torusの密度変動によるHOMの出現特性の変化等についての初期結果について発表する。

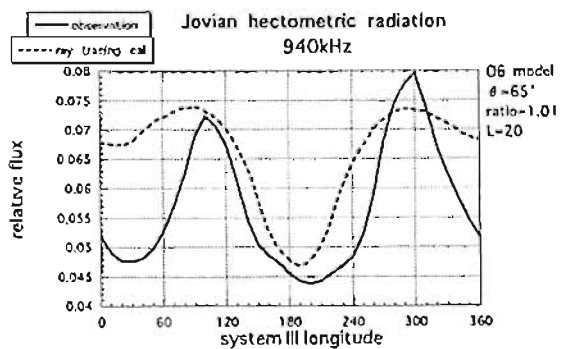


図1: 木星HOMの940kHzでのsystem III 経度出現特性。実線はUlysses探査機によって観測されたもの、点線はray tracingによって得られたものである(L = 20、 $f_{HOM} \approx f_{ec}$ 、 $\theta_c = 65^\circ$ のとき)。

### 参考文献

Connerney, M. L., *J. Geophys. Res.*, 98, 18659, 1993.

Divine, N. and H. B. Garrett., *J. Geophys. Res.*, 88, 6889, 1983.

木星シンクロトロン放射のモデル計算

三好 由純, 三澤 浩昭, 森岡 昭(東北大理超高層)  
近藤 哲朗, 小山 泰弘, 中島 潤一(通総研鹿島)

Modeling of Jovian synchrotron radiation

Y. Miyoshi, H. Misawa, A. Morioka

Upper Atmosphere and Space Research Laboratory, Tohoku University

T. Kondo, Y. Koyama, and J. Nakajima

Kashima Space Research Center, Communications Research Laboratory

E-mail(YM): miyoshi@stpp2.geophys.tohoku.ac.jp

Jovian synchrotron radiations(JSR) are emitted from relativistic electrons trapped in the Jupiter's radiation belt. We have started modeling of JSR using particle distributions adapted from in-situ spacecraft data[Divine and Garrett,JGR,1983] and  $D_4$  dipole magnetic field model[Smith et al.,1976] to evaluate the dependence of particle parameters(total electron number density, pitch angle, energy spectrum, etc.) for JSR total flux. We report preliminary results of the model calculations.

[序] 木星放射線帯に存在する高エネルギー電子は時間的にきわめて安定な存在であると考えられてきた。しかし、本研究グループの観測によりこの高エネルギー電子の放射するシンクロトロン放射(JSR)に数日の時間スケールで強度変動が存在することが明らかになった(第101回SGEPSS講演会 J22-P22 参照)。このことは、木星放射線帯高エネルギー電子が決して安定な存在ではなく、この時間スケールで何らかの変動をしていることを示している。一方、JSRは木星放射線帯高エネルギー電子の様々なパラメータ(総電子量、空間分布、エネルギースペクトル等)の積分効果であり、実際にどのパラメータの変化によって、JSRの強度変動が引き起こされたかは、強度観測から一意に決めることはできない。

そこで、本研究グループでは、JSR強度の高エネルギー電子の各パラメータに対する依存性を評価することを目的として、過去の飛行体観測から得られた高エネルギー電子分布モデルをもとにJSR放射モデルの開発を始めた。本講演では、その初期結果について報告する。

[モデル]

- 磁場 ...  $D_4$  magnetic dipole field model.  
(Based on the Pioneer11 observation. ただし、現段階では dipole の offset ならびに tilt の効果は含めていない。)
- 磁気赤道面高エネルギー電子分布 ... Divine and Garrett model.  
(Based on the Pioneer10 and 11 observations)
- ピッチ角分布 ...  $\sin^m \alpha$ 型分布

[初期結果]  $\sin^4 \alpha$ 型のピッチ角分布を用いて計算した周波数250MHz から5GHzまでのJSRのスペクトルを図1に示す。縦軸は arbitrary scale であるが、過去の観測によるJSRのスペクトル特性とよく一致している。講演時には、ピッチ角分布等の変化によるJSR flux強度への影響について議論する予定である。

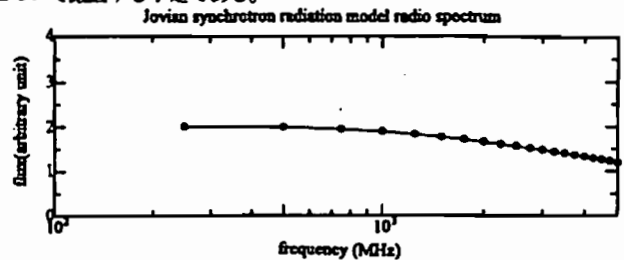


Figure 1. Calculated spectrum of Jovian synchrotron radiation from 250MHz to 5000MHz using  $D_4$  magnetic field model and particle distributions adapted from in-situ spacecraft data with  $\sin^4 \alpha$  pitch angle distribution.

広帯域高時間分解能偏波観測による木星デカメータ電波Sバーストの観測

大矢 克, 大谷 寛  
(東北大学理学部)

Observation of Jovian Decametric S-bursts with the Wide band and High time resolution Polarimeter

M.Oya, H.Oya  
(Tohoku University)

A new system of wide band high time resolution polarimeter for the observations of the Jovian decametric S-bursts emissions have been developed by Jovian decametric observations group in Tohoku University. The polarimeter has function to measure right-hand(RH) and left-hand(LH) polarized signals alternately switching with period of 2msec, for the swept frequency range of 2MHz. For the phenomena with fast frequency drift in such the case of S-bursts, them, the precise polarization characteristic can be verified. Presently, the polarimeter observations are focussed on the interacting phenomena of the S-burst emission frequency with narrow band steady emissions of Jovian decametric radiations.

[正] 東北大学では、1974年から木星デカメータ電波(DAM)を干渉計および広帯域観測装置による観測をおこなっている。そのなかでも、高時間分解能、広帯域観測はSバーストの観測を目的に観測帯域2MHzに対して、時間分解能2msecで解析をおこなってきた。今回、このシステムを、より高時間分解能で偏波観測が可能となる新システムを開発した。これにより、Sバーストと狭帯域放射の相互作用、もしくは、Sバーストの形状の標相を、偏波の面でもより詳しく解析が可能となった。放射機構のより詳しい解明につながると考えられる。このシステムは、'97年5月より観測を行っている。

観測装置

図1に観測装置概念図を示す。log-periodic dipole antennas からの出力を hybrid circuitによって右回り偏波(RH)、左回り偏波(LH)に分解した後、RH、LHを交互に切り替えて受信、そしてA/Dを行う。従来では、解析前後でV.T.Rを使用していた、RH/LHの切替はV.T.R内の信号に依存し、1/60secであった。

新システムでは、V.T.Rを介さず、64KHzでの高サンプリングレート、ダイレクトA/Dを可能にしたことで、RH/LHの切替は自由に設定できるようになった。現在のシステムは、観測帯域2MHz、spectrum analyzerの掃引時間2msec、そしてRH/LHのは、spectrum analyzerの掃引ごとの切替となっており、2msecとなっている。さらに、切替間の情報を線形補間するに充分な短時間であるため、RH/LHの同時観測に近い状況を実現した。

観測結果

図2に、'97/5/27 0:42:40に観測したSバーストの例を示す。観測周波数は、24MHz~26MHzとなっている。右から、強度をグレースケールで表記したもの、中央に同様に軸比を、そして左は、各周波数ごとの平均値の軸比の変化を示している。軸比の観測結果が示すように、Faraday Rotationによる、軸比の周波数変化が、非常に短時間で周波数ドリフトする個々のSバーストでも観測可能となっている。

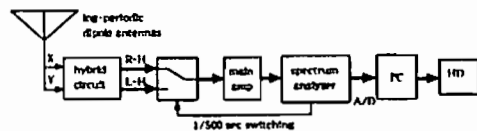


図1 システムブロック図

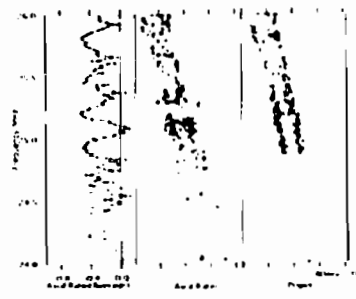


図2 観測されたSバーストの強度・偏波軸比

木星デカメータ電波の周波数・強度分布と木星周辺の磁場環境の関連

＊ 田部 真, 大家 寛  
東北大学 理学部

The maximum frequency and the intensity mapping of DAM inferred from the Jovian magnetic field model and comparison with the Jovian magnetic environment

＊ M. Hattori, and H. Oya  
Faculty of Science, Tohoku Univ.

Based on the long term ground based observations of Jovian Decametric Radiation (DAM) and statistical study, there have been found the clear dependence of DAM frequency and intensity on the CML and lo phase of Jupiter. To understand these relationships, we carried out the model calculation of observed maximum frequency and intensity of DAM by using the ofmodel applied on the Jovian inner magnetosphere.

For the model calculation, DAM would be radiated by cyclotron maser instability and at electron cyclotron frequency. The emitted direction makes "hollow cones" from local magnetic field of sources. Based on this assumption, we can estimate distributions of the Jovian decametric radiation for its CML, frequency.

The major results of model calculation are mapped for the Jovian decametric radiation, on CML-frequency, and on CML-lo phase diagrams. Though CML and lo phase dependence of the maximum frequency based on the model is well coincide with the observation results, CML-lo phase dependence of the intensity has shown no similarity with observation. Improvement of the model is required based on the actual emission mechanism.

1 はじめに

木星から放射されるデカメータ電波(DAM)が、CML、lo phase に対して示す強度、あるいは周波数の分布は、木星周辺の磁場環境と強い関連をもつ。本研究では、DAM が過去に仮定されてきた hollow cone をもつとして、電子サイクロトロン周波数の極近傍で放射されるという 2 つの条件を検討した。

2 モデル計算

本研究のモデルでは、

$$f_c = \frac{eB}{2\pi m_e}$$

において電波放射をすると仮定する。また、放射される電波の放射方向は、電波

源の磁力線と垂直に近い角度を持つ hollow cone を仮定し、ofmodel による木星周辺の磁場ベクトル分布に対して、放射される DAM の方向と周波数を推測する。電波源を木星の aurora 帯付近におき、hollow cone 角度は磁力線に対し 80±5° として、地球から観測される DAM の強度を CML-周波数、CML-lo phase 平面上に mapping し、観測事実と比較する。

3 結果

DAM は R-X モード放射として、右旋偏波が卓越している観測事実を考え、電波源を北半球のみに置いてモデル計算した結果は、図1に示されるように、CML 90°、270° 付近に周波数と強度の peak があらわれ、観測事実と一致する。しかし、CML と lo phase に対する DAM の強度分布のモデル計算は、北半球、南半球いずれに電波源をおいた場合においても、観測事実と異なる結果となることが判明した。特に、lo-A, B, C 電波源に対して事実との対応が悪く、モデルは木星周辺の環境か、あるいは放射機構を正しく表現していないと考えられる。

DAM 分布をより正確に再現するためには、木星周辺の磁場環境をより正確に再現したモデルを作ることが要求される。一方この研究は、木星周辺のプラズマ分布を表すモデルを作り、cyclotron maser instability 以外の電波放射機構を用いて電波放射の周波数と強度分布を調べること、電波源や hollow cone の分布など、電波放射の具体メカニズムを決定する鍵となる。

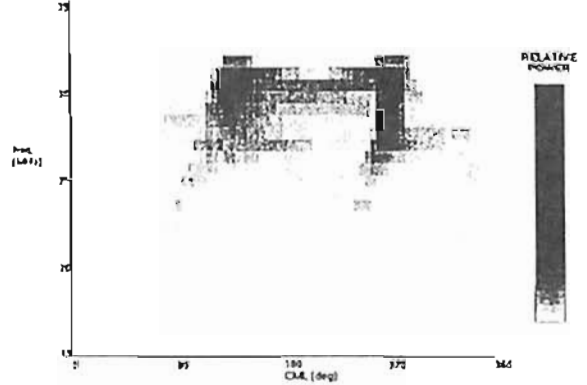


図1 観測される木星デカメータ電波強度の CML-周波数分布 (モデル計算)

GPS 時間/周波数標準基準レシーバの

VLBI 周波数標準としての適用可能性評価

○近藤 哲朗 (通産研広島)、 冨谷 純 (通産研本所)

Evaluation of a GPS Time and Frequency Reference Receiver as a VLBI Frequency Standard Instrument

T. Kondo and J. Arizagai  
(Communications Research Laboratory)

A GPS time and frequency reference receiver shows remarkable progress in performance and becomes widely used nowadays as an instrument supplying highly stable signals (1×10<sup>-12</sup>/day) with a reasonable price. We have evaluated the performance of GPS receivers to utilize it as a VLBI observation.

1. はじめに

GPS 信号を利用した時間/周波数基準装置の性能の進歩が著しく、安価 (<100 万円) で高安定度 (2×10<sup>-12</sup>/日) の標準信号を得るための手段として普及しつつある。ヒューレット・パッカード社の GPS 時間/周波数基準レシーバ (HP58503A) もこうした装置の一つである。HP58503A から 10MHz の信号が標準信号として出力されている。技術仕様によれば、アラン標準偏差 (Root Allan 分散) の性能値が 10 秒程度で 1×10<sup>-12</sup> である。この値は VLBI 観測に通常用いられる水素メーザー周波数標準の安定度と比べるとほぼ同等のものである。しかしながら、安価な周波数標準で VLBI ができるようにするために限られた研究機関だけでなく、どこでも誰でも手軽に VLBI の観測が可能となる。こうしたことを考えて、GPS 時間/周波数標準レシーバを VLBI 周波数標準とした場合の性能評価を行った。

2. データ収集

図1に示されるように2台の独立した HP58503A を用いて両者から出力される 10 MHz を位相差検出器 (TTP K94-50991A) に入力する。位相差検出器からは位相差 φ ~ 360° に応じて φ ~ 1 V の電圧が出力される。この出力を GPS 制御台とペンレコーダ (LR1110 - 機測電機) にも入力する。

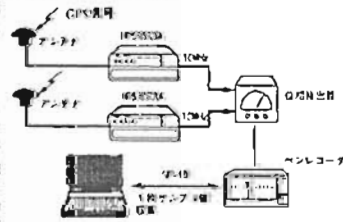


図1 性能評価のためのブロック図

データはこのペンレコーダから GP-IB 経由でノートパソコンに取り込む。サンプリング間隔は 1 秒とした。データ解析は電圧データを位相データに変換し、アラン分散、コヒーレンス損失等を計算する。2 つの GPS アンテナは 7 m ほどの間隔を空けて設置した。実際のデータ収集は GPS レシーバ設置から 1 週間以上 (仕業によるエージング期間) 経ってから開始した。データ収集は 1997 年 6 月 29 日に開始し 6 日間のデータを収集した。

3. 結果

10MHz の位相差データからアラン標準偏差 (アラン分散の平方根) を計算した。図2に 6 時間スパン×24 セット 時間スパンのデータを 1 セットとして計算したアラン標準偏差を 24 セット分を積み重ねて平均している。1600 秒以下では概ね 10<sup>-12</sup> より良い安定度が得られている。10 秒以下では測定系のシステムノイズの方が大きく、本来の安定度が測定できていないが、社製のパフォーマンス代表値程度の安定度 (~2×10<sup>-12</sup>) が得られていると思われる。さらに 10MHz の位相差データから 8.8GHz の観測周波数に換化したコヒーレンスの低下を評価した (図3)。10 秒積分でもコヒーレンスは 0.3 程度まで落ちてしまう。しかしながら、積分過程において 3 次までの位相変動を補償 (キャンセル) しつつ積分すると、図4に示されるように 8.8GHz でも 100 秒近く積分であることが分かる。1GHz 以下の観測周波数で 10 秒分を

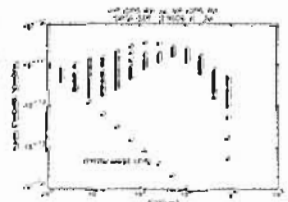


図2 10MHz アラン標準偏差評価結果 (アラン分散の平方根) を計算した。図2に 6 時間スパン×24 セット

4. 終わりに

GPS 時間/周波数標準レシーバ (HP58503A) を VLBI の周波数標準とした場合の性能評価を行った。その結果、3 次の位相変動成分まで補償することにより、8.8GHz 帯においても 100 秒程度の積分が可能となることが示された。ここでは示さなかったが 3GHz 以下では 3 次まで補償するだけで 100 秒以上の積分が可能となる。したがって、アンテナ帯帯デカメータ電波帯の VLBI 用周波数標準として十分な性能を有している。今後、実際の VLBI 観測を通じた性能評価を行いたい。

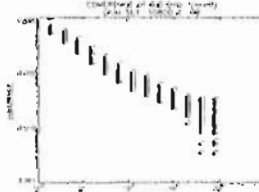


図3 8.80Hz でのコヒーレンス低下

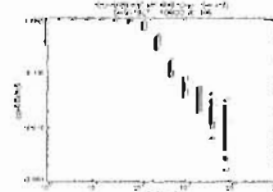


図4 3次位相変動補償後のコヒーレンス低下



B会場

10月2日(木)

13:00~18:00

# 電離圏 - I

## Ionosphere - I

oral: B12-01~18

poster: B12-P121~P130

座長

阿部琢美 (青山学院大・工学部)

斎藤昭則 (京大・超高層)

# B12-01

## The SEEK (Sporadic-E Experiment over Kyushu) Campaign

Shoichiro Fukao<sup>1</sup>, Mamoru Yamamoto<sup>1</sup>,  
Roland T. Tsunoda<sup>2</sup>, and Hajime Hayakawa<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University, Uji, Kyoto, Japan

<sup>2</sup> SRI International, Menlo Park, CA, U.S.A.

<sup>3</sup> Institute of Space and Astronautical Science, Sgamihara, Kanagawa, Japan

The SEEK (Sporadic-E Experiment over Kyushu) campaign was conducted in the south of Kyushu, Japan, to investigate the mechanism for the generation of quasi-periodic (QP) radar backscatter from nighttime sporadic-E (*Es*) layers. SEEK was designed to measure in-situ small-scale electrodynamic properties with two sounding rockets and to sense remotely large-scale dynamics and electrodynamic with a movable radar and other radio and optical instruments deployed near the rocket range. The sounding rockets were launched into the *Es* layers from which the movable radar detected typical intense QP echoes. Outline and highlights of the the SEEK campaign will be presented.

# B12-02

## SEEK: ロケット/レーダー同時観測から推察される QPエコー発生時のスプラディックE電離層構造

○山本 真行, 小野 高幸, 大塚 寛  
東北大学 理学部

Structure of sporadic-E ionosphere inferred by using the simultaneous observation of two sounding rockets and ground-based radar during the SEEK campaign.

○M.Yamamoto, T.Ono, and H.Oya  
Faculty of Science, Tohoku Univ.

The SFEK campaign was carried out using two sounding rockets (S310-25,26) launched from KSC(Kagoshima Space Center) accompanied by the comprehensive ground based observations including radar and optical instruments in August 1996. We observed electron density profiles in the sporadic-E ionosphere by using the impedance probe (NEI) on-board the both sounding rockets. The back-ground neutral wind was measured by the method of optical observation of TMA trail released from the S310-26 rocket. The results showed that the formation of sporadic-E was well explained by the wind shear theory. In this paper we compare the simultaneous observation of sporadic-E structures measured by using the FAR radar and the impedance probe. The general feature of the electron density profile detected by FAR radar can trace the results of in-situ measurement but we can conclude that the quasi-periodic distribution of HF radar echoes is not caused by electron density distribution but caused by the quasi-periodic distribution of the field aligned irregularity.

### 1.はじめに:

QPエコー発生時における電離層の総合観測を目的としたSEEKロケット観測キャンペーンで、1996年8月に、鹿児島宇宙センターより発射された2機の観測ロケット(S310-25,-26)による電離層直接観測、ロケット放出TMAトレーサーの地上観測、ならびに地上レーダー観測などが行われた。両ロケットにはインピーダンスプローブ(NEI)が搭載され、QPエコー発生時の電子密度高度プロファイルの直接観測を行った。これまでにTMAトレーサーを用いた背景中性風の同時観測との比較によって、QPエコー発生時のスプラディックE層の形成は緩む wind shear theory で説明されることが示されてきた<sup>1</sup>。ここでは、地上レーダー観測との比較によって推察されるQPエコー発生時の電離層構造について、電子密

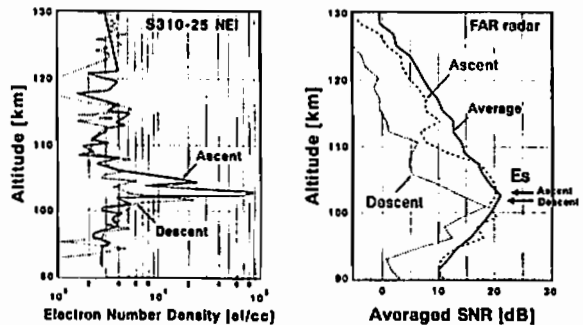
度観測の立場から報告する。

### 2.解析:

SEEKキャンペーン観測の期間中、種子島に設置されたFAR(Frequency Agile Radar)により24.515MHzのレーダーエコー観測が継続的に実施されたが、ここではスプラディックE層構造のロケットによる直接観測とFARレーダーによる観測との比較を行う。比較は、2機のロケットの上昇時、下降時に得られた計4例のスプラディックE層プロファイルについて行った。

### 3.結果:

第1図(左)はS310-25号ロケットNEIによって得られた電子密度プロファイル(ロケット上昇時、下降時)についてそれぞれ示すが、エコー強度平均プロファイルのピーク高度は電子密度のピーク高度と良い一致を示している。基本的にレーダーのデータからはプローブで得られる微細な電子密度分布を求められていない。一方レーダーエコーが示す準周期的な微細構造ははたしてレーダーエコーに特有の電子密度擾乱の分布を示すと結論される。



第1図: S310-26NEIによるスプラディックE層電子密度プロファイル(左) および同ロケット飛行時におけるFARレーダーによるエコー強度観測結果(右)。実線が10分間の平均プロファイル、破線はロケットがスプラディックE層を抜ける時間帯の1.5分間の平均プロファイル(上昇時、下降時)。右側の矢印は、ロケットによって直接観測された電子密度ピークの高度を示す。

参考文献: \*1 山本勉, 1997年地物合同学会 講演予稿集

# B12-03

## A mechanism for the generation of striation patterns on $E_S$ backscatter echo map

°Takashi Maruyama  
 Communications Research Laboratory  
 Shoichiro Fukao and Mamoru Yamamoto  
 Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University

### 1. Introduction

Field-aligned irregularities in the  $E_S$  layer are observed by the MU radar at Shigaraki. A range-time-intensity (RTI) map of backscatter echo strengths exhibits many striation patterns extending  $\sim 30$  km in altitude around the  $E_S$  layer with quasi-periodicity of several minutes. A height modulation model of thin  $E_S$  layer has been proposed to explain these features.

Besides radar techniques, transionospheric radio waves transmitted from satellites have often been used in studying ionospheric structure and dynamics. The field strength of the radio waves sometimes fluctuates in a systematic way in amplitude and pitch caused by an isolated plasma density enhancement in  $E_S$ .

### 2. Morphological resemblance

The MU radar and the radio scintillations detect a structure with different scale lengths of the irregularities. Nevertheless many common features between both phenomena have been observed. They are summarized as: (1) the close connection with  $E_S$  activity; (2) local time preference of the high activity; (3) apparent drift direction and velocity; (4) anisotropic feature of the origin with an elongation in the east-west direction; (5) and the existence of characteristic spacing of  $\sim 10$  km.

### 3. Mechanism for generation of striations

A new model is proposed to explain the height extension of the echo striation patterns. The model consists of two horizontal layers; the  $E_S$  layer and the ambient normal nighttime  $E$  layer (Figure 1). The plasma cloud is a linear shape with a transverse dimension of 1 km and is aligned in the east-west direction in the  $E_S$  layer.

We will consider an east-west component of the ambient electric field, which drives a horizontal Hall current in the direction perpendicular to the cloud. In the high density cloud region the Hall current is large but at the edge of the cloud this large current cannot continue to flow. As a result, charge accumulates at the edge of the cloud and polarization electric field,  $E'$ , is generated. In the coupled two-layer system, to maintain the continuity of the current, a field aligned current flows between the two layers as illustrated in Figure 2.

In layer 2, the Pedersen currents driven by the polarization field accumulate ions around the magnetic field lines which are connected with the southward edge of the plasma cloud in layer 1 by the magnetic field line, and the charges are neutralized by the field-aligned electron flow from layer 1. As a consequence plasma density increases around these magnetic field lines. Similarly density decreases around the

magnetic field lines connected with the northward edge of the plasma cloud in layer 1. Thus images of the plasma cloud are formed in layer 2, which have a field aligned structure extended to the mapping distance of the polarization electric field. The gradient drift instability immerses secondary irregularities along the sheet-like image structure, which are responsible for the radar backscatters observed by the MU radar.

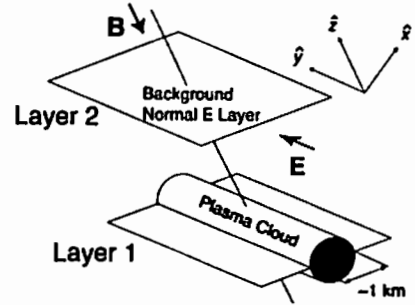


Fig. 1 Two layer model of nighttime  $E$  region containing an  $E_S$  plasma cloud.

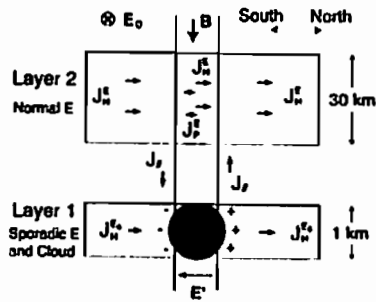


Fig. 2 Formation mechanism of images of the  $E_S$  plasma cloud.

# B12-04

## 1997年6月・7月におけるMUレーダーによるF領域FAIの観測

°斉藤 昭則, 山本 衛, 王木 諭, 大塚 雄一, 深尾 昌一郎

京都大学 超高周波電波研究センター  
 saito@kurasc.kyoto-u.ac.jp

## A campaign observation of the $F$ -region FAI with the MU radar in June and July 1997

°A. Saito, M. Yamamoto, S. Tamaki, Y. Otsuka, and S. Fukao

Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University

A campaign observation of the  $F$ -region field-aligned irregularities (FAI) was conducted with the MU radar on twenty nine nights in June and July 1997. We used 16 or 32 beams to detect the spatial structures of the FAI. The spatial resolution of the observations is about 30 km in east-west direction, and 5 km in north-south direction. The large scale (a few hundreds km) structures of the FAI classified in two types. One type forms band-like structure which is elongated from northwest to southeast, and travels in more than 100 m/s velocity. There are small scale (10km  $\sim$  30km) structures inside the large scale structures. Their wave front is elongated along east-west. This small scale structures moves in almost the  $E \times B$  drift velocity which is inferred from the Doppler velocity.

MUレーダーによってF領域(高度200km-500km)で観測されるfield-aligned irregularity(FAI)は、solar minimum期のJune solstice周辺には毎日のように出現するが、それ以外の期間にはほとんど観測されていない。この現象は、いくつかの特徴的な性質を持つが、その機構は解明されていない所が多い。本研究では、1997年6

月、7月に行われたキャンペーン観測の結果を報告し、F領域FAIの特徴、特にFAI領域内に見られる10km $\sim$ 30kmスケールの構造の特徴を明らかにする。

今回の solar minimum 期では、1994年から1997年にかけてF領域FAIの出現が観測されているが、1997年は1996年に比べて出現頻度は減少してきていた。FAIのレーダーエコーのスペクトル形状から gradient drift instabilityがレーダービームを反射する3 mスケールの電子密度の構造を作っていると考えられており、いくつかの例では、約8mV/mの電場に相当する200m/sを超えるDoppler速度が観測されている。本年行った東西方向に16本もしくは32本のビームを並べて行った多ビーム観測などより、F領域FAIについていくつかの性質が明らかになった。

FAIは数百kmスケールの構造を形成しているが、その構造は大きく2つのタイプに分けられる。1つは北西から南東に伸びる帯状の構造を持つもので、南西に100m/s以上の速度で伝播する。周期的に2、3本連続することも多く見られた。もう1つのタイプは特定方向に伸びるといった帯状構造を形成しないもので、このタイプはさらに、活発に移動するものと、ほとんど移動せず留まっているものとに分けられる。

また、これらの構造の中に10km $\sim$ 30kmスケールの細構造が観測された。この構造は、帯状構造の中でも、非帯状構造の中でも見られ、磁力線に垂直な面内において、ほぼ東西に伸びた波面を持つ。そしてこの細構造は、ほぼDoppler速度から予想される  $E \times B$  ドリフト速度で、高度200kmから500kmまでの間を移動していくことが分かった。

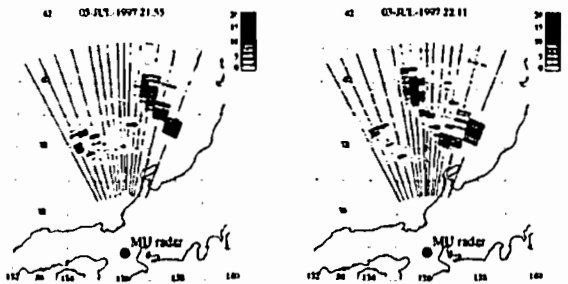


Figure 1: Intensity of the radar echo from the FAI. A band-like structure elongated from northwest to southeast moves toward southwest.

## B12-05 潮汐波による電離中間層の形成

今川島高弘(東大理) 小山孝一郎(宇宙研) 野本啓久(横国大教育) 若土直幹(東大理) R.Raghavaro (インド・物理研)

### A tidal wave theory of the ionospheric intermediate layer

T. Kawashima, K.I. Oyama, K. Suzuki, N. Iwagami, R.Raghavaro

The number density and rotational temperature were measured in the intermediate layer which happened to appear during the flight of S-310-24, 100-160 km over Uchinoura, Kagoshima, Japan, at 20:00 JST on February 11, 1996. One-dimensional numerical simulation executed by assuming that the phenomenon is due to atmospheric tidal wave, may explain the wavy structure of neutral temperature as well as the production of the intermediate layer.

高度 110-160km の領域は E 層と F 層の谷間に当たり、通常、夜間の電子密度は  $10^3 \text{ cm}^{-3}$  以下である。しかし、この電離中間層 (intermediate layer) と呼ばれる異常電子密度より約 10 倍ほど高く狭やかなピークを持った層が F 層下部より降り下して高度 120km 付近で消える現象が観測されている。電離中間層はマドモワールの潮汐波  $S_1$  モードによる風のシアによってイオン及び電子が収束することにより形成されると考えられる [Osterman, Heelis and Bally 1994]。1996 年 2 月 11 日に打ち上げられた S-310-24 号機によって窒素分子の数密度、回転温度同時観測がなされ、潮汐波などによると思われる大きな温度の起伏構造が見つかった [Kawashima et al. 1997]。以下の熱力学方程式を用いて数値計算を行った。

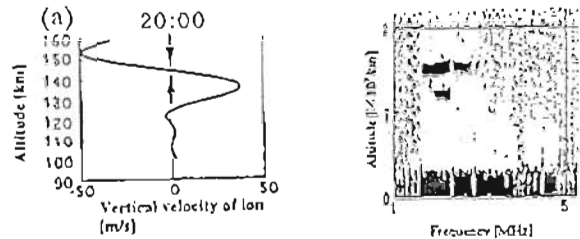
$$\frac{\partial T}{\partial t} = -W \left( \frac{\partial}{\partial z} + \frac{\partial T}{\partial z} \right) \quad \left\{ W = 10 \sin \left( 2\pi \frac{z - 130}{40} \right) \right\}$$

第一項が断熱圧縮(膨張)による温度変化、第二項が対流風による上下層からの熱移流である。W は鉛直風速で振幅は 10m/s、鉛直波長 40km と考えた。MSIS86 の温度分布を初期値として 10 分毎に、観測された温度分布に近い温度分布が得られた。また、このフライトの間に電離中間層が発生していたことが山田で取得されたアイオノグラムにより確認された。19 時 45 分頃に高度 153km に電離中間層と思われる E<sub>s</sub> がアイオノグラムに現れ始めた。この層は下向き 20 時 45 分頃高度 120km で消滅した。これは電離中間層が傾斜区により形成され、傾斜方向の下方伝播とともに下方に移動するためと考えら

れている。イオンの鉛直ドリフト速度は両極性電位の仮定をおくと以下のようになる。 [Chimona 1973]

$$w_i = \frac{-B_z Q_i V + B_x B_z Q_i^2 U + (1 + Z^2 Q_i^2) W}{1 + Q_i^2} \quad \left( Q_i = \frac{eB}{m_i v_i} \right)$$

$\vec{U} = (U, V, W)$ ,  $\vec{B} = (B_x, 0, B_z)$  はそれぞれ中性風、地球磁場の南北、東西、鉛直の 3 成分である。0 はサイクロトロン周波数と衝突周波数の比でイオンに関しては 120km で 1 となるよう仮定した。7 分おきにおいては上式および連続の式を用いて潮汐波による上下からのイオンの収束による電離中間層の形成、発達を議論する予定である。



1996 年 2 月 11 日 20:00 のアイオノグラム(左)とモデル計算によるイオン鉛直ドリフト速度(右)

矢印で示された領域にイオンが収束する。

<引用文献>

- Chimona, G. Wind component exchange and the rapid vertical movement of a sporadic E layer. *J. Geophys. Res.*, 78, 23, 6636-6639, 1973.
- Kawashima T., K.I. Oyama, K. Suzuki, S. Tel, N. Iwagami, A Measurement of vibrational, rotational temperature of N<sub>2</sub> and the number density in the lower thermosphere - Instrumentation and preliminary results. *Adv. Space Res.*, 19, 653-666, 1997.
- Osterman, G. B., R. A. Heelis and G. J. Bally, Modeling the formation of intermediate layers at Arceibo latitudes. *J. Geophys. Res.*, 99, A6, 11,357-11,365, 1994.

## B12-06 大規模大気重力波による中・低緯度電離圏温度構造の応答

丸山奈緒美<sup>1</sup>、渡部順十<sup>1</sup>、藤原均<sup>2</sup>、福西浩<sup>1</sup>  
1: 東北大学 2: 京都造形芸術大学

### The response of the thermal structure of the middle-and low-latitude ionosphere to large-scale atmospheric gravity waves

N. Maruyama<sup>1</sup>, S. Watanabe<sup>1</sup>, H. Fujiwara<sup>2</sup>, H. Fukunishi<sup>1</sup>

1: Graduate school of Science, Tohoku University  
2: Kyoto University of Art and Design

Electron and ion temperatures in the F-region of the ionosphere are determined by various competing processes of heating, cooling and energy flow, and the temperatures vary with altitude, latitude, local time, season, solar cycle and magnetic condition [Schunk and Nagy, 1978].

The energy and momentum input from the magnetosphere into the auroral latitudes during magnetically disturbed periods is considered to be redistributed to the lower latitudes through such energy transfer processes as a meridional circulation and/or large-scale atmospheric gravity waves (AGWs) generated at high latitudes in the upper atmosphere [Fujiwara et al., 1996].

Due to the complex interaction between the ionized and neutral atmosphere, the ionosphere responds to the change in the thermosphere caused by the propagation of the AGWs. We have investigated the response of the ionosphere using a three-dimensional model of the middle- and low-latitude ionosphere. Figure 1 shows an example of the simulation results. It is inferred

(that electron and ion temperatures tend to increase at the locations in which electron density decreases.

In this paper, we will focus on the change of the thermal structure of electrons and ions in the F-region at middle- and low-latitudes, and consider how their energy balances are affected in response to the disturbances in the ionosphere and thermosphere.

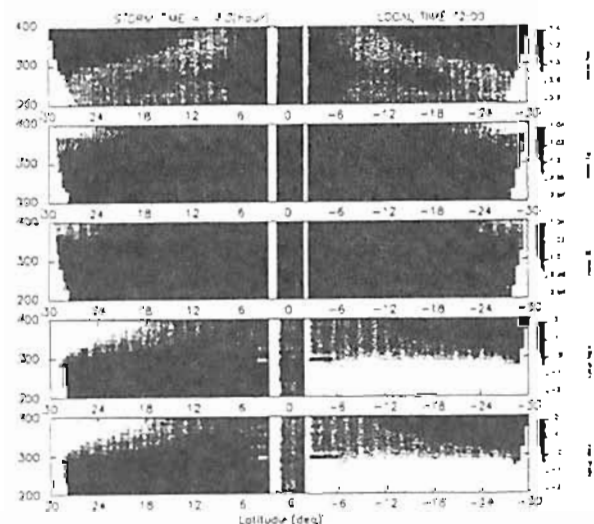


Figure 1. The ratio of various atmospheric parameters to those in the quiet condition at local noon. The electron density (Ne), temperature of electron (Te) and ion (Ti), velocities of atomic oxygen ion (VO<sup>+</sup>) and atomic hydrogen ion (VH<sup>+</sup>) along magnetic field lines.

## 電離層電子温度の長期変化 - 太陽活動度依存性 -

°阿部 琢美 (青山学院大学理工学部)  
小山 孝一郎 (宇宙科学研究所)

Long-term variations of electron temperature  
in the upper ionosphere  
- Solar activity dependence -

°Takumi Abe (Aoyama Gakuin University)  
Koh-ichiro Oyama (The Inst. of Space & Astronaut. Science)

### Abstract

Thermal electron energy distribution (TED) instrument onboard Akebono satellite has been observing electron temperature in the upper ionosphere and in the plasmasphere for eight years since the satellite launch in February 1989. The electron temperature data have been accumulated and used to study its long-term variation and dependence in terms of various parameters.

We present in particular the solar activity dependence of the electron temperature in the period from February 1989 to June 1997. This period extends over the maximum and the declining phase of the solar cycle. In the low-altitude ( $\leq 1500$  km) dayside (MLT 09~15) region, the electron temperature shows a negative correlation with the solar activity; the average temperature increased by about 1500 K from 1989 to 1996. On the other hand, the average temperature in the high-altitude (4500~6000 km) dayside region significantly decreased by 1500 K in the same period.

1989年2月に打ち上げられた「あけぼの」衛星は8年半あまりを経過した現在も順調に観測を続けている。搭載機器のなかでTED(熱的電子エネルギー分布測定器)の観測においてはプローブ電流の傾きから電子温度を算出することが出来る。長期にわたって得られた温度データは様々なパラメータを用いて分類が行われ、条件に関係した依存性が研究されている。本発表においてはこれらのうち特に太陽活動度に依存していると思われる電子温度の長期変動について報告を行う。

太陽活動は周知の通り、11年を周期として変化するが1989年から

1990年にかけては活動が最も活発な時期で、その後徐々に静穏期へと向かっている。例えば太陽黒点数の平均値では極大期には140~150であったが1994年には20前後にまで減少している。すなわちあけぼの衛星が観測を始めた時期には太陽は活動が極大期にあり、現在はほぼ極小期であると考えられ、太陽活動度に対応した温度の変化を研究するためにあけぼの衛星は格好のデータを提供していると考えられる。

あけぼの衛星は近地点275km、遠地点約10,000km、軌道傾斜角75°の楕円軌道上を運動しているが、軌道による温度変化の影響を避けるため、TEDが観測した温度データは高度、磁気緯度、ローカルタイムに適切な範囲を与え、また時間に関しては1年を一つの単位と考え、それぞれの条件下での平均値を求め、代表値とした。こうしてそれぞれの条件における電子温度の平均値の変化を調べた。解析結果をまとめると次のようになる。

1. 低中緯度領域( $0^\circ \sim 40^\circ$ )、昼側(MLT 09~15)においては太陽活動度と電子温度は良い相関を示す。低高度( $\leq 1500$  km)においては太陽活動が活発な状態では電子温度が2500Kであるのに対し、静穏期には4000Kに増加する。
2. 同条件の中高度(4500~6000 km)においては太陽活動度が静穏に向かうにつれ、電子温度8500Kから7000Kに減少する。
3. 夕方側(MLT 15~21)においても、1および2と同様の傾向が見られる。特に中高度における両者の相関はより明瞭である。
4. 夜側(MLT 21~03)においては電子温度の太陽活動度に対する相関は小さい。特に低中緯度においては両者に相関はほとんど見られないのに対し、高緯度領域( $\geq 60^\circ$ )においては多少の相関が見られる。

## Archive of HINOTORI data and installation of the data in the International Reference Ionosphere

by °K.-I. Oyama<sup>1</sup>, F. Isoda<sup>2</sup>, S. Fukao<sup>3</sup>, S. Watanabe<sup>4</sup>, and Y. Ohtsuka<sup>3</sup>

<sup>1</sup>. Institute of Space & Astronautical Science, 3-1-1, Yoshinodai, Sagami-hara, Japan; <sup>2</sup>. Association of Radio Industries and Businesses, Chiyoda-ku, Tokyo; <sup>3</sup>. Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University, Uji, Kyoto; <sup>4</sup>. Faculty of Science, Tohoku University, Aoba, Aramaki, Sendai, Japan

Current IRI model for electron temperature is based on the satellite data which were obtained at the heights of 300 km, 400 km, 600 km and 1400 km. The data at 300 km and 400 km are modelled by Brace and Theis (1981) by using AE-C data, where sunspot number  $R_{12}$  are 10-20 and 20-50 respectively. The data at 600 km is based on the AEROS data.  $R_{12}$  during the AEROS mission was 70. Model at the height of 1400 and 3000 km are again based on Brace and Theis. However the current model values at the height of 600 km is far from the electron temperatures which we observed. Our observation shows clear seasonal dependence and local time variation (Oyama et al., 1996). Whilst the model shows neither *morning overshoot* nor *afternoon overshoot* in all latitudes as well as no clear seasonal variation. We have constructed  $T_e$  model of the equatorial ionosphere at the height of ~600 km for comparatively high solar activity period by using data obtained with a Japanese HINOTORI satellite which was in a equatorial orbit from February 1981 to June 1982. Satellite data which were not influenced by magnetic storm were selected and averaged for 30 minutes at each local time and for geomagnetic latitude of 5 degrees from -30 to +30 degrees. The longitudinal variation of  $T_e$  was not taken into account this time, but it is easy to be included. Data were grouped into two solar

activity ranges ( $F10.7 \geq 200$  and  $F10.7 < 200$ ). 8 data sets (4 seasons for 2 solar activities) are replaced for the 600 km data in the current IRI model. The IRI model thus newly developed was examined by using data obtained by DE-2 which was in the polar orbit during HINOTORI mission for several months. It was found that deviation of  $T_e$  from the newly developed model is smaller than that from previous model. We also tried to compare the model with the data which were obtained with MU radar. Although the scattering of the MU radar data is quite big, the data appear to follow the model value. The model thus constructed can be used for various purposes such as a reference to the computer simulation (Su et al., 1995). It can also be used to study the storm time behavior by investigating the deviation of the data from the model value. Individual element data which were used to construct the model are also in the disk with simple readout programs which can be used for the joint study with American Satellite DE-2 and Bulgarian satellite ICB-1300 which were in the orbit during HINOTORI mission. Scientists are well come to access data through anonymous ftp account at bo-chan.ted.isas.ac.jp (or 133.74.25.14) with login name; anonymous. For further information contact oyama @ bochan .ted.isas.ac.jp

### REFERENCES

Oyama, K.-I., S. Watanabe, Y. Su, T. Takahashi, and K. Hirao, Season, local time, and longitude variations of electron temperature at the height of ~600 km in the low latitude region, *Adv. Space Res.*, 18, 6, 269-278, 1996.

Su, Y. Z., K.-I. Oyama, G. J. Bailey, T. Takahashi, and S. Watanabe, Comparison of the satellite electron density and temperature measurements with plasma sphere-ionosphere model, *J. Geophys. Res.*, 100, 14591-14604, 1995.

MU レーダー観測に基づく  
電子・イオン温度の統計的研究

\*大塚 雄一<sup>1</sup>, 川村 誠治<sup>1</sup>, N. Balan<sup>2,3</sup>, 高見 友幸<sup>4</sup>, 深尾 昌一郎<sup>1</sup>  
<sup>1</sup> 京大超高空, <sup>2</sup> 名大 STE 研, <sup>3</sup> Univ. of Kerala, India, <sup>4</sup> 大阪電通大

Statistical Study of Electron/Ion Temperature  
in the F region observed by the MU radar

\*Y. Otsuka<sup>1</sup>, S. Kawamura<sup>1</sup>, N. Balan<sup>2,3</sup>, T. Takami<sup>4</sup>, and S. Fukao<sup>1</sup>  
<sup>1</sup> RASC Kyoto Univ., <sup>2</sup> STE Lab. Nagoya Univ.,  
<sup>3</sup> Univ. of Kerala, India, <sup>4</sup> Osaka Electro-Commun. Univ.

We have analyzed the electron and ion temperature observed by the MU radar and investigated the dependence of the daily variation of the electron and ion temperature on season, solar activity. Enhancements of electron temperature in the morning and evening occur in the equinox condition at the altitude above 250km for low solar activity and at the altitude above 350km for high solar activity.

MU レーダーによる電子・イオン温度観測は、1986 年 9 月からほぼ毎月 24 時間行われている。観測にはサブパルス幅 96 $\mu$ s の 4 パルス法を用い、取得した自己相関関数をイオン温度と電子・イオン温度比の 2 パラメータについて理論値とフィッティングすることによって電子・イオン温度の推定を行っている。夜間は、熱源がないとして電子・イオン温度を 1 と仮定している。

本研究では、1986 年 9 月から 1995 年 12 月までのデータを基に統計解析を行い、電子・イオン温度の平均日変化、高度変化、季節及び太陽活動依存性を調べた。

MU レーダーで得られた、地磁気静穏時における高度 200~550km の低太陽活動期と高太陽活動期の電子温度の平均日変化をそれぞれ図に示す。低太陽活動期では高度 250km 以上、高太陽活動期では高度 350km 以上で明け方および夕方に電子温度の上昇がみられる。明け方の電子温度の上昇は、太陽放射によって生成された光電子による加熱のためである。夕方の電子温度の上昇は、高度 600km において「ひのとり」衛星の観測により報告されている<sup>1)</sup>。本研究では、MU レーダー観測で得られた電子密度データの統計解析を行い、電子温度の平均日変化と電子密度の平均日変化との対応を調べた。電子密度は、正午付近に極大値をとり、夕方、電子温度が上昇する時刻では減少しており、電子密度と電子温度の逆相関が見られる。本講演では、高度 200~550km の範囲の電子密度と電子温度との関係について理論モデル (SUPIM) の計算結果と比較し、電子温度上昇の原因について考察する。

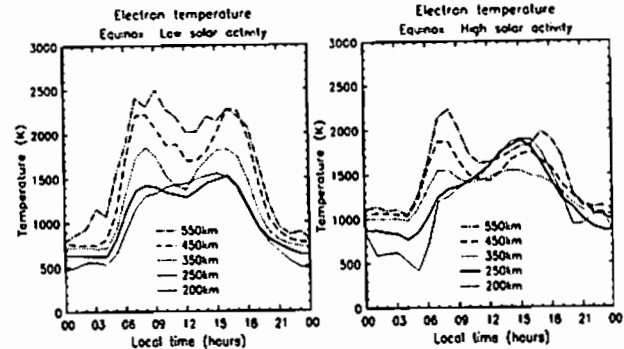


図. MU レーダーで観測された分点時における高度 200~550km の F 領域電子温度。(左) 低太陽活動期の平均日変化、(右) 高太陽活動期の平均日変化。

参考文献

1. S. Watanabe and K.-I. Oyama, Effects of neutral wind on the electron temperature at a height of 600 km, *Ann. Geophys.*, 1996.

EISCAT IS レーダ 観測で得られた地磁気静穏時の  
昼間対流圏下部中性気体の風系と温度分布

\* 野田 佐和子<sup>1</sup>・藤原 均<sup>1</sup>・野澤 昭雄<sup>2</sup>・行松 彰<sup>3</sup>  
<sup>1</sup> 京都造形芸術大学, <sup>2</sup> 名大 STE 研, <sup>3</sup> 福地研

Dayside thermospheric wind profiles and horizontal temperature gradients during geomagnetically quiet periods derived by the EISCAT IS radar data

\* S. Maeda<sup>1</sup>, H. Fujiwara<sup>1</sup>, S. Nozawa<sup>2</sup>, A. Yukimatsu<sup>3</sup>  
<sup>1</sup> Kyoto Univ. of Art and Design, <sup>2</sup> STE Lab., Nagoya Univ., <sup>3</sup> NIPR

Dayside E-region neutral winds during geomagnetically quiet periods are derived by using the EISCAT CP2 data. The horizontal velocity components are compared with the spatial gradients of neutral temperature, which enables to examine a balance between the pressure gradient and the Coriolis force. The meridional and zonal gradients of neutral temperature are deduced from the differences of ion temperature measured by the three beams (vertical, south, south-east) of the CP2 mode. It is found that the basic wind structure below 124 km height is well described in terms of the geostrophic balance.

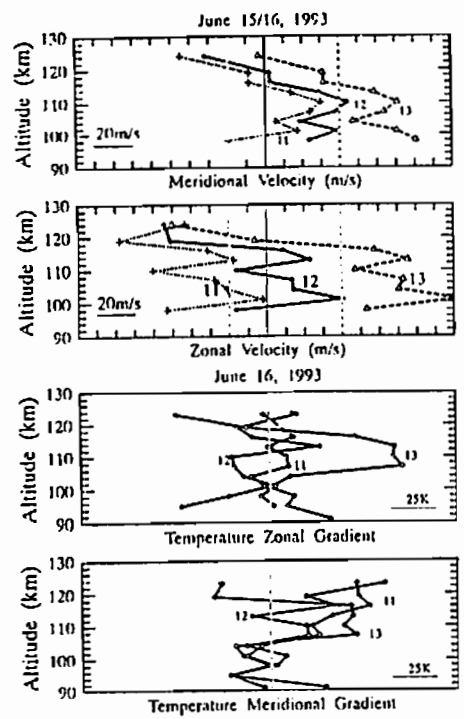
対流圏下部領域の風系は、一般的には、気圧傾度力とコリオリ力が釣り合う地衡風バランスで近似できる。しかし、高緯度では、磁気圏電流の対流電場や降下粒子フラックスの変動によるイオンドラッグの変化が、地衡風バランスからのずれを生じさせる。従って、地衡風近似がどの高度領域まで成立するかは、地方時や地磁気活動度に応じて変化すると考えられる。

本講演では、EISCAT IS レーダの CP2 モード観測で得られたデータを用いて、地磁気静穏時昼間対流圏下部の中性風高度分布を求め、同時に観測されたイオン温度の高度分布と比較した。中性風に対しては、最少二乗フィッティングで周波数解析を行い、直流成分、24 時間成分、12 時間成分を合成して高周波成分を除去した。高度 124 km 以下で、イオン温度は中性気体温度に等しいと仮定し、近似的な気圧傾度の方向を求め、中性風の水平速度成分の方向と比較した。CP2 モードの鉛直ビームと南向きビームで測定された温度の差、南向きビームと南東ビームの温度の差が、それぞれ、温度の南北傾度と東西傾度を近似的に表すものと仮定した。温度傾度は、密度を介して気圧傾度につながる。

右図は、3 つの UT における経度風 (東向きが正) と緯度風 (北

向きが正)、及び、温度傾度 (南向き、西向きが正) の高度分布である。経度風は、107km 以下では東向き、それ以上では西向きである。温度傾度は、105km までが北向き、それ以上で南向きとなっている。緯度風は、115 km 以下で北向き、それ以上で南向きの分布である。温度傾度は、120 km 以下で東向き、それ以上で南向きである。

以上の結果から、この高度領域では、中性気体の運動が地衡風バランスで記述できることが明らかとなった。講演では、地衡風バランスからのずれについても検討する。さらに、SuperDARN のデータを用いて、中性風とイオン対流との関連についても議論する。



**Non-linear effects on the relaxation of the air motion in the thermosphere**

◦ H. Fujiwara,<sup>1</sup> S. Maeda,<sup>1</sup> H. Fukunishi<sup>2</sup>

- 1) Kyoto University of Art and Design
- 2) Department of Astrophysics and Geophysics, Tohoku University

The winds in the thermosphere are accelerated by forcings due to pressure gradient, ion-drag, Coriolis effect, advection, and viscosity. These forcings have their own time scales for the relaxation of the air motion. The thermospheric response to various external forcings and relaxation of the air motion depend on the time scales of dominant forcing/acceleration processes. Especially, the effects of non-linear terms of advection and viscosity are important during a period of strong winds blowing in the thermosphere.

If the external forcings are constant, the relaxation of the air motion depends on Coriolis and centrifugal forces, viscosity, and advection in the atmosphere. In such a case, the behaviors of these forcings/accelerations represent the characteristics of the upper atmosphere as a rotating fluid. In order to investigate how the relaxation of

the air motion depends on the Coriolis and centrifugal forces, viscosity, and advection, we solved non-linear momentum equations describing a three-dimensional model in the thermosphere. Starting from the wind fields derived by HWM 93 empirical model (Figure1), we calculated time-dependent wind fields with no external forcing. The model has high resolutions of 2.5 degree in horizontal and 0.5 scale height in vertical. In this study, we will discuss the relaxation time of winds caused by the two non-linear terms of viscosity and advection.

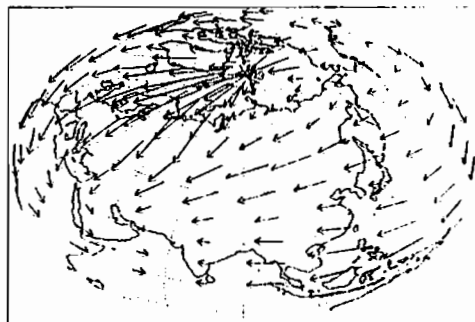


Figure 1. An example of the initial wind field at about 300km altitude. In this case, solar minimum (F10.7=70) and geomagnetically quiet (Ap=4) condition is assumed. The width of 10 degrees in the latitude and longitude corresponds to the arrow of 100m/s.

**PREASA-2 期間の沖縄における  
プラズマドリフト観測**

磯田 純子<sup>○</sup> (社団法人電波産業会/通信総合研究所)  
五十嵐 尊良 (通信総合研究所)

**THE RESULT OF OKINAWA DRIFT OBSERVATION  
During PREASA-2 PROGRAM**

Fusako Isoda(ARIB/CRL)<sup>○</sup>, Kiyoshi Igarashi(CRL)

PREASA(The Pacific Region Equatorial Anomaly Studies in Asia) program is designed to investigate the dynamics and coupling of the middle altitude atmosphere, the high and middle latitude ionosphere to the Ionospheric regions controlled by the equatorial anomaly phenomena. The PREASA program supports a community which consists of a wide variety of scientists from institution in Russia, China, Japan, Taiwan, Korea, Thailand, Indonesia, Australia, Papua New Guinea and USA.

The PREASA-2 program during 22 February to 14 March 1997 offers communication and analysis procedures to meet the needs of the atmospheric community in the Pacific/Asian region.

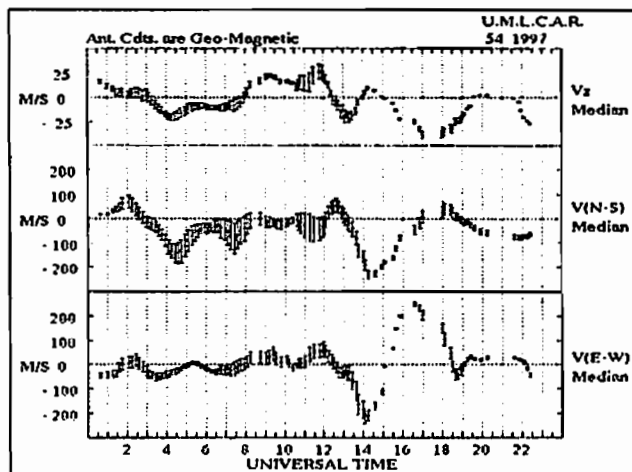
During the campaign, the plasma drift velocity was observed by the drift mode of the Digisonde Portable Sounding(DPS) at Okinawa. This portable instrument can observe the apparent drift velocity. The DPS transmits HF radio waves illuminating a large ionospheric area of several hundred kilometers diameter over the sounder. An array of crossed-loop antennas receives the signals reflected back from the ionosphere and separates these signal into O and X polarization. The time series received at each antenna is Fourier transformed in real time resulting in four complex spectra for each 5- or 10-s measurement. Each ionospheric reflection point is considered a separate source for a radio wave with propagation vector *k*. The returned wave is

considered a plane wave with the same *k* at all antennas, for a wave characterized by a vector wave number *k*, the phase difference between two antennas *i* and *j* located at *r<sub>i</sub>* and *r<sub>j</sub>* is

$$\Phi_i = \Phi_j - \Phi_j = k[r_i - r_j]$$

Given at least 3 spaced receiving antennas, the direction of *k* can be determined.

In this study, the certainty of the DPS drift data will be shown. Some features of the plasma drift will be investigated as a first step of the PREASA-2 analysis.



The UT variation of ionospheric plasma drift at the height of 200~300km observed at OKINAWA. Upper, middle and lower panels show the vertical velocity, the N-S velocity, the E-W velocity. From 13UT to 18UT the variation of shapes of these velocities seems to correspond to the geomagnetic variation.

## B12-13

### 熱圏-電離圏結合モデル (7) — 鉛直風

品川裕之 (名大・STE 研)

#### Thermosphere-ionosphere coupling model (7) — Vertical wind

H. Shinagawa (STEL, Nagoya University)

The thermosphere is approximately in hydrostatic balance, and vertical wind is usually significantly smaller than horizontal wind (~1%). In fact, most global models of the thermosphere employ the hydrostatic approximation. However, recent optical and radar observations have shown that very large vertical velocities comparable to horizontal velocities are sometimes driven in the polar, auroral, and equatorial regions. This fact indicates that the ratio of the horizontal scale to the vertical scale can vary considerably, and that the assumption of hydrostatic balance needs to be reexamined. We are currently making an attempt to include a vertical momentum equation in our global thermosphere-ionosphere model without the assumption of the hydrostatic balance in order to quantitatively examine the vertical wind in the thermosphere.

従来は、熱圏大気は近似的に静水圧平衡にあると考えられ、鉛直風は水平風に比べ十分に小さい(1%程度)とされてきた。実際、ほとんどのグローバルモデルでは、鉛直方向に静水圧平衡を仮定している。近年、光学観測やレーダ観測の技術が進み、鉛直風の測定が可能になってきた。その結果、局所的には水平風に匹敵する大きさの鉛直風が存在する場合があることが楢冠域、楢光

帯、赤道域等で確認されている。すなわち、鉛直風は水平風に比べ、変動の幅がはるかに大きいと考えられる。

これまでに開発された熱圏-電離圏グローバルモデルでは、水平風に関しては、ある程度観測データを再現することが可能になってきているが、鉛直風に関しては、依然、計算値と観測値の間に非常に大きな食い違いがある。その原因として、(1)空間的にかなり粗い格子間隔を用いているための数値誤差、(2)観測のインプットが正確でないための誤差、(3)静水圧平衡の仮定そのものが妥当でないような現象、などが考えられる。これらの内で、特に、静水圧平衡の仮定の妥当性を検討する必要性が最近示唆されている。

我々は、これまでに開発したグローバル熱圏電離圏モデルに、鉛直方向の運動量方程式も含めた非静水圧平衡モデルを開発しており、鉛直風の定量的解析を目指している。

本発表では、これまでのグローバル熱圏電離圏モデルによる鉛直風の計算の問題点を明らかにするとともに、我々のモデルによる初期の結果を報告する。

## B12-14

### An investigation of the ionospheric F1-ledge

\*Shunrong Zhang<sup>1,\*</sup> and Shoichiro Fukao<sup>2</sup>

1) Wuhan Ionospheric Observatory, Wuhan Institute of Physics and Mathematics, the Chinese Academy of Sciences, P. O. Box 71010, Wuhan 430071, P. R. China

2) Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University, Kyoto 611, Japan

The temporal evolution of the electron density profile in the F1-region and the time of appearance of the F1-ledge, as well as the quantitative description of the electron density profile have been important problems in current endeavors to model the bottomside ionospheric electron density structure, moreover, a better understanding of the relevant mechanism for the ledge formation and evolution seems particularly necessary, in terms of our recent aeronomic knowledge from both observational and theoretical aspects. This paper discusses the structure and the variation of the ionospheric F1-ledge with the help of a theoretical model, constructed for the study of the middle ionospheric morphology and mechanism at mid-latitudes. MU radar data for the ion compositions/plasma temperatures within the lower F2 region heights are also taken into account concerning the mutual incorporation between the experiment and the theory.

The electron density profile variability around the F1-ledge as a function of the solar-geophysical conditions, namely, solar activity, season, local time, and geomagnetic activity as represented by the Ap index, is numerically modelled, and the main features of the F1-ledge changes are reasonably reproduced by our model.

Relevant physical and chemical processes as well as some characteristic variables that could be serious for the ledge evolution are analyzed also. It is found that in order to explain the ledge morphology, one should look into the parameters as the neutral atom/molecule ( $[O]/[M]$ ) ratio (or the transition height of prevailing neutrals from molecule to atom), the atmospheric and plasma temperatures and solar irradiation intensity. A smaller  $[O]/[M]$  ratio could be favourable for a well defined F1-ledge, while lower temperatures at the heights may usually lead to smaller electron density, and the F1-ledge could become more prominent in corresponding to the low irradiation intensity.

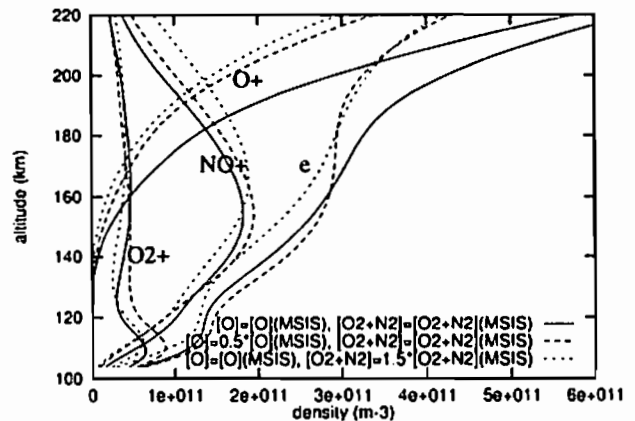


Figure 1: Effects of atomic and molecular compositions on the F1-ledge shape.  $[O]=[O](MSIS)$  means the oxygen concentration is from MSIS86, while  $[O]=0.5*[O](MSIS)$  indicates a 50% decrease of  $[O]$  from its MSIS86 values.  $[O2+N2]$  is for molecular concentration.

\* Present address: RASC, Kyoto University, Kyoto 611, Japan



# B12-15 Diagram Method for Description of M-I-A-S Coupled System

○A.Yoshikawa<sup>(1)</sup>, M. Itonaga<sup>(2)</sup>, M. Shinohara<sup>(1)</sup> and K.Yumoto<sup>(1)</sup>  
<sup>(1)</sup>Department of Earth and Planetary Sciences, Kyushu University  
<sup>(2)</sup>Computation Center, Kyushu University

A diagram method for intuitive describing the magnetosphere, ionosphere, atmosphere with the solid earth electromagnetic coupling (M-I-A-S coupling) is proposed. By using the wave conductivity of the shear Alfvén ( $\Sigma_A$ ) and fast magnetosonic ( $\Sigma_F$ ) and poloidal magnetic waves with perfect conducting earth ( $\Sigma_{em} \coth(k_1 d)$ ) and height-integrated ionospheric Hall ( $\Sigma_{11}$ ) and Pedersen ( $\Sigma_p$ ) conductivities, the process of redistribution of the wave momentum from source field to the secondary one under the Lenz's law is written down. We can easily obtain the general reflection coefficient of shear Alfvén and fast magnetosonic waves and mode conversion ratio between these two MHD waves without solving the complicated boundary conditions with the differential equations of shear Alfvén, fast magnetosonic, and poloidal magnetic waves.

教育的効果を主眼に置き、「電磁誘導と電流保存の法則に基づいた波動運動量の再分配過程」を直感的に記述する図形的方法を開発した。この方法を用いて電離層 Hall 効果の反作用を含んだ Shear Alfvén wave や fast magnetosonic wave の反射、放射係数、あるいはモード変換率などが詳細な計算にとらわれずに本質的に導出できる。電流源の発散、回転成分を励起するための波動伝導度を一旦、分散関係から導出することにより、多層異媒質間の接続問題に簡単に応用できる。

Alfvén wave の一般的な入射過程 (Fig.1) とそれを簡便化したダイアグラム (Fig.2)。モード変換効率、反射係数は Fig.2 の一部より計算できる。source current により生じた過剰な磁束を打ち消すように周囲の媒質が反応し、波 (電流) を励起する。

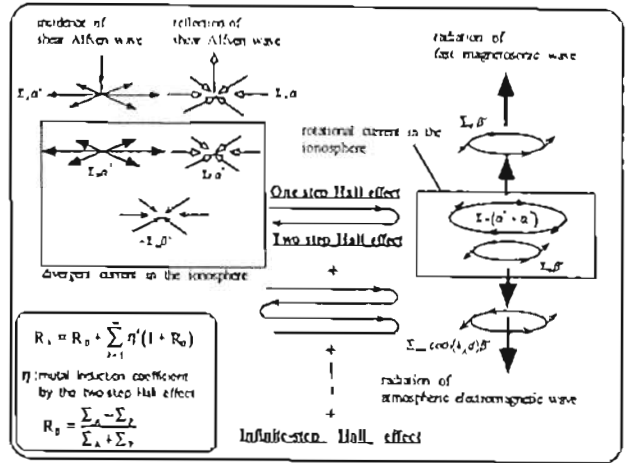


Figure.1

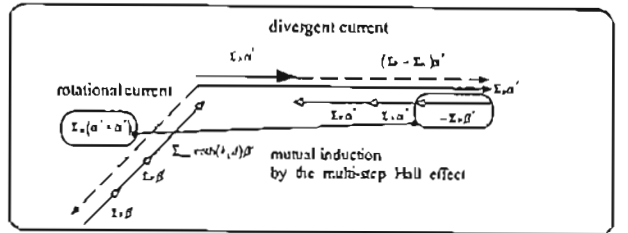


Figure.2

$\alpha'$ : primary source divergent electric field  
 $\alpha', \beta'$ : secondary excited divergent and rotational electric field

# B12-16 VLF 波動の電離層透過域同定における MUSIC 法の有用性

酒井 智彦、 島谷 信 (千葉大学)

## Usefulness of MUSIC method on the estimation of the ionospheric exit region of VLF radio waves

Tomoya Sakai and Shin Shinokura (Dept. of Electrical Eng., Chiba Univ.)

The WDF method is used for the ground-based direction finding of ELF/VLF waves. The solution, however, depends upon the wave polarizations. In order to remove the dependence on inversion model (polarization), we apply the multiple signal classification (MUSIC) method to the estimation of the wave polarizations and arrival directions by means of computer experiment. The MUSIC method is applicable to the model of the multiply reflected waves in the Earth-ionosphere waveguide, if six field components can be observed. Fig.2. shows an example. A combination of the MUSIC and the WDF method will extract further information concerning transmission mechanism.

地上の 1 地点で観測された VLF 波動は、一般にエネルギー分布関数 (WDF) 推定法を用いて解析が行われている。この推定法では、偏波が到来方位によらない定数として取り扱われているため、これが原因と考えられる問題が生じている。例えば、大地-電離層間の伝播する多重反射波は、等角的に偏波の異なる複数波源が存在していることになるが、WDF 法による解が観測点天頂付近に集まってしまう、または解が求まらないなどの結果を得てしまう。

この問題を解消するため、複数波源を識別する MUSIC 法 (multiple signal classification) と WDF 法の複合的な解析手法の構築を検討している。MUSIC 法では波動の到来方位と共に偏波を同定することが可能である。1 地点電離層 3 成分では、偏波を未知とすると 2 つ以上の波源を同定できないので、乾土面反射を考慮した電離層 6 成分の観測を仮定した。Fig.1 は、異なる偏波をも

つ 2 つの波源の VLF 波動到来方位推定に MUSIC 法を応用した計算機実験結果である。また、大地-電離層間の多重反射波の識別についても Fig.2 のような結果が得られている。Fig.1, Fig.2 共に、複数波源の識別に成功している。電離層 6 成分観測は実用的ではないが、多地点観測によって情報量を加えれば同様の解析が可能である。MUSIC 法による波源の識別後に WDF 法を適用する手法などを新たに構築できると考察される。

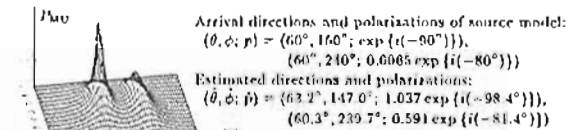


Fig. 1: Estimation of arrival directions and polarizations in two source model.

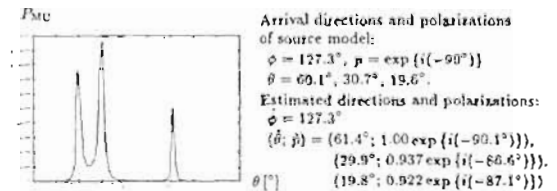


Fig. 2: Estimation of arrival directions and polarizations in multiply reflected wave model. The wave with the incident angle  $\theta = 60.1^\circ$  is the direct wave. The figure represents an one-dimensional plot of  $P_{WDF}$  at the azimuthal angle  $\phi = 127.3^\circ$ .

Optimum Mean Ionospheric Height  
in the Determination of Total Electron Content

Yoshihisa OHTA<sup>1</sup>, Takashi MARUYAMA<sup>2</sup>, Takashi OKUZAWA<sup>1</sup>,  
Kazuhiro OHTAKA<sup>2</sup>, Akira MORIOKA<sup>3</sup> and Hirofumi KATO<sup>4</sup>  
<sup>1</sup>Univ. Electro-Comm., <sup>2</sup>Comm. Res. Lab., <sup>3</sup>Tohoku Univ., <sup>4</sup>RIIT

An unknown integral constant must be determined for calculating relative TEC (Total Electron Content) from the differential Doppler frequency measurements at the ground by receiving two coherent signals (149.988 MHz and 399.968 MHz) transmitted from NNSS (Navy Navigation Satellite System) satellites. When we use "two-station method" which matches the equivalent vertical TECs (TEC<sub>v</sub>'s) from two stations by least squares minimization, the integral constant to be determined depends greatly on the assumed mean ionospheric height.

We advocate in this paper that if we apply this method to the data set from four stations, Wakkanni, Kokubunji, Sendai, Ebetsu, and Wakkanni, the optimum mean ionospheric height can be reasonably determined as follows: By examining first the rms sum of the calculated difference of TEC<sub>v</sub>'s from a coupled neighboring stations among the four (provisionally called "composite difference") for a number of assumed mean ionospheric heights, we obtain a suitable mean ionospheric height at which the composite difference takes a single minimum. We repeat the same procedure for another couple of stations. Then, we determine the latitudinal dependence of the mean ionospheric height by least-squares fit to a straight line for these locally deduced values. The mean ionospheric height vs latitude thus derived should be optimal to the present issue. A brief discussion for justifying the present proposal is also given.

As an example, we present two panels showing below that the remarkable gap between two paired curves of TEC, in Fig. 1 disappeared drastically in Fig. 2 as a result of application of our novel method.

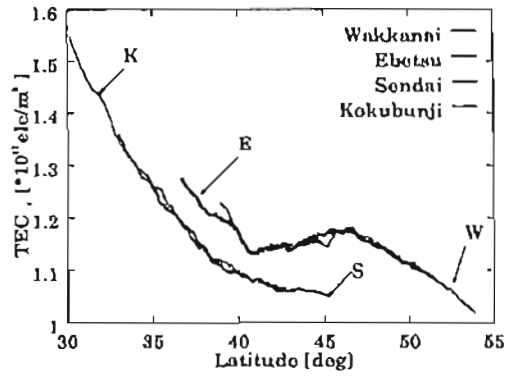


Figure 1:

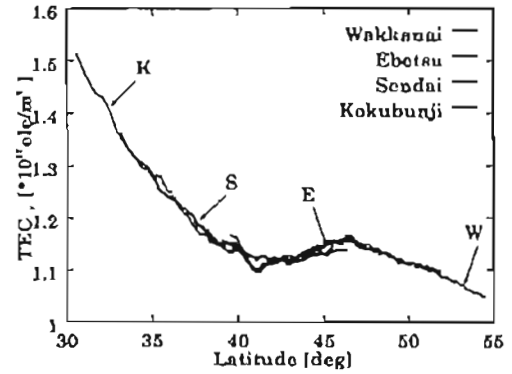


Figure 2:

ビームを含んだプラズマ中でインピーダンス  
プローブが観測した特異な周波数特性の検討  
渡辺 勇三 (宇宙研)

4 Unusual Phenomena observed by the Impedance Probe in the  
Plasma with Electron Beam emitted from the S-310-24 Rocket  
Yuzo WATANABE (ISAS)

Second UHR resonances, continuous UHR hollows, peaks with C<sub>0</sub> and Short-circuit features with the highest capacitance detected on the spectra of the impedance probe are explained to be due to the electron beam emitted from the rocket. Above four phenomena will be discussed by using the equivalent electronic circuits.

はじめに

S-310-24号機に搭載されたインピーダンスプローブは此のロケットの主目的である大気物理実験のための電子ビーム流が近傍に飛来時に後述のような四つのスピニング周期を持つ特異なプローブ特性を顕現した。イオンソース、プラズマ、電子ビームを含むプローブ周辺の空間を電気的な等価回路で表して四つのプローブ特性を説明することを試みる。

I 観測された四つの特異な周波数特性

- ① 印加しているHFの電気力線の及ぶ領域にビーム流が来ると局所的な電子密度を反映して急峻な凹みや大きな凹みがスペクトル中に現れる。
- ② 高電子密度の電子流がスピニング周期で接近してその時に掃引している周波数で定まる電子密度に相当して第二のUHRと呼ばれる急峻な凹みが観測されスピニングと掃引のビート周期で直接的に時間変化をする。
- ③ 電子密度が空間的・時間的に勾配分布を持つ場合にはUHR共振が連続して生じたような大きな凹みがスピニング周期で観測される。
- ④ 電子流がプローブ表面を直撃して負に帯電させるとイオンソース領域が増加して等価容量値がほぼ真空中の値を示すようなバイアス現象が現れる。オーロラ電子による帯電現象と同質のものと考えられる。
- ⑤ 低高度では電子流が中性大気に衝突して電離現象が急速に増大して等価容量値が飽和するような短絡現象が生じる。

II 考察

電子ビームは時間的に変化する、 $\alpha \cdot \exp^{-\beta(t-t_0)}$  で表されて1掃引の間何処かでプローブに出会うとする。単純な並行平板空間を考えプラズ

マとビーム領域が並列、或は、直列になる場合の周波数特性を調べる。

ソース(CS)プラズマ(CP)ビーム(CB)の各容量値は次式で表される。Lはプローブの長さ、Rは半径、Sはソースの厚さを表す。

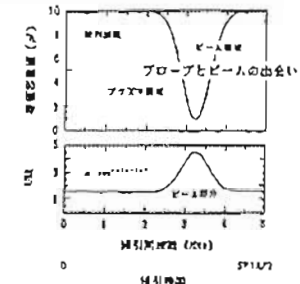
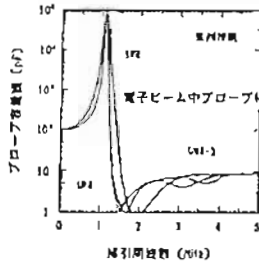
$$CS = 2\pi \cdot \epsilon_0 \cdot L \cdot \ln(1 + S/R) \dots \dots \dots \textcircled{1}$$

$$CP = C_0 \cdot (f^2 - f_{UHR}^2) \div (f^2 - f_H^2) \dots \dots \dots \textcircled{2}$$

$$CB = C_0 \cdot (f^2 - f_{U-B}^2) \div (f^2 - f_H^2) \dots \dots \dots \textcircled{3}$$

II-1 並列接続の場合 (II-2 直列接続の場合は記述を省略)

C<sub>p</sub>とC<sub>b</sub>の合計は真空中容量値(C<sub>p0</sub>)に等しい。ビームがUHRの付近に来ると少し増え、さらに後で通過するとf<sub>UHR</sub>の共振が連続したような大きな凹みが現れ、もっと高域で出会えばf<sub>UHR-2</sub>の凹みが現れる。



終りに

電子ビームの影響を受けてプローブ周波数特性に現れる四つの現象をプローブの周辺空間を等価的に表す電気回路を用いて議論した。

謝辞: 実験主任、P1総括、機器を設計した坂明晃電気に感謝致します。

文献: 渡辺、第99~101回SGEPSS講演会予稿、1996~7年

MU レーダーを用いた F 領域 FAI の  
周期的構造の多ビームドップラー観測

玉木 諭、齊藤 昭明、山本 衛、深尾 昌一郎  
(京都大学 超電層電波研究センター)

Multi-beam Doppler Observation  
of periodic structures of the F-Region FAI  
with the MU Radar

S. Tamaki, A. Saito, M. Yamamoto, and S. Fukao  
(Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University)

With the MU radar, we conducted multi-beam Doppler observations of field-aligned irregularities (FAI) in the ionospheric F-regions every summer from 1994. It was found that the F-region FAI became active again since the last solar-minimum period of 1986/1987. The F-region FAI of periodic structure showed westward propagation, northwestward Doppler velocity, and bandlike structure.

F 領域における沿磁力線イレギュラリティ (Field-Aligned Irregularity, 以下 FAI) については、1986 年、87 年に MU レーダーによって行われた観測に基づいて、スペクトル形状やエコー強度等についての研究が行われ (Fukao et al., J. Geophys. Res., 96, 3725, 1991)、中緯度 F 領域における FAI が Perkins 不安定により生成されることが示唆されている (Kelley and Fukao, J. Geophys. Res., 96, 3717, 1991)。しかし、FAI の出現と太陽活動との間には負の相関が存在するため、その後太陽活動が活発になるに従い F 領域 FAI の MU レーダーによる観測は不可能となった。

近年の太陽活動度の低下に伴い FAI からのエコーが再び頻繁に受信されるようになり、1994 年以降レーダーシステムの向上により可能となった新しい手法を用いて前太陽活動極小期には不可能であった多ビームドップラー観測や IS 観測との同時観測などが FAI の成因を調べるべく行われた。

本研究ではこれらの観測結果にしばしば現れる周期的構造に着目し、エコー領域の時間変化及びビーム間の位相差からこの空間的構造を調べている。

周期的構造を持つ FAI エコーは共通して、エコー領域の 100m/s 前後の速度での東から西への伝搬、北東向きの電界に対応する北西向きのドップラー速度、北北西から南南東へ続く帯状の空間構造が観測されており、これらの特徴と Perkins 不安定との関連等について議論する。

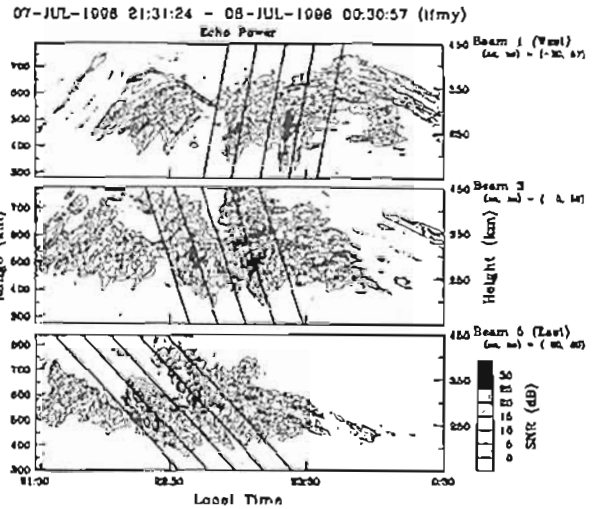


図 1: 1998 年 7 月 7 日深夜に MU レーダーで観測された周期的構造をもつ F 領域 FAI。実線は磁力線断面内を地理的南から西方向に 13 度傾いた波数ベクトルを持つ帯状の領域が位相速度 80 m/s、周期 12.5 分 (約 70 km に相当) で伝搬するときのレーダー観測面上での挙動を示したもので、観測されたエコーのパターンと一致する。

中緯度 E 領域イレギュラリティからのレーダーエコーの性質

山本 衛、岩本 豪、深尾 昌一郎 (京大超電層)、小川 忠彦 (名大 STE 研)

Characteristics of Radar Echoes  
from Mid-Latitude E-Region Irregularities

M. Yamamoto, T. Kishimoto, and S. Fukao (RASC, Kyoto Univ.)  
T. Ogawa (STE Lab., Nagoya Univ.)

We have been using the MU radar to observe the E-region irregularities. The radar echoes showed large variation in their time-bright distribution and as well as in their spectra. In the time-height distribution we found that echoes show two different types, which are classified into quasi-periodic (QP) and continuous echoes. For QP echoes the observation campaign SEEK (Sporadic-E Experiment over Kyushu) was conducted in August 1996, which clearly showed that the QP echoes were associated with E<sub>s</sub> layers and intense electric fields. For the continuous echoes, however, it is found that they are not well associated with E<sub>s</sub> layers observed by ionosondes. Recently several cases were found that FAI echoes showed very large (~ 300 m s<sup>-1</sup>) Doppler velocities, which resembled equatorial "type I" echoes. We discuss characteristics of radar echoes from mid-latitude E-region irregularities.

これまで我々は、主に MU レーダーを用いて中緯度 E 領域高度の沿磁力線イレギュラリティ (field-aligned irregularity: FAI) の研究を続けてきた。FAI エコーの時間・高度分布上の特徴から、これらは高度 100~130 km の範囲を周期 5~10 分の変動を伴って下方へ伝搬する「準周期的エコー」と、高度が 90~100 km であって長時間持続的に存在する「連続エコー」に分類されてきた。

FAI エコーとアイオノゾンデ等によるスプラウド E (E<sub>s</sub>) 層との比較研究によって、準周期的エコーの出現頻度が E<sub>s</sub> 層のそれと非常に良い相関を持つことが分かっている。またエコースペクトルの平均ドップラー速度がおおよそ ±100 m s<sup>-1</sup> の範囲に分布し、スペクトル幅が非常に広いという特徴を持っていることから、これらは赤道域 FAI に見られる "Type I" エコーに相当し、E<sub>s</sub> 層の強い電子密度勾配と電界によって生じるグッドフェント・ドリフト不安定に起因すると考えられている。1996 年 8 月に観測キャンペーン SEEK (Sporadic-E Experiment over Kyushu) で実施されたロケットとレーダーの同時観測では、FAI エコー領域と電子密度の極大の高度がよく一致し、さらに 10 mV/m を越える電界が観測されており、この考えが確かめられた。一方、連続エコーに関しては、FAI エコーの出現頻度や高度がアイオノゾンデ等で観測される E<sub>s</sub> 層と一致しない。エコーの基本的性質が準周期的エコーに比較的近いにもかかわらず、E<sub>s</sub> 層との相関が悪い点については、今後の研究が待たれる。

SEEK 期間中の種子島における 24.515 MHz のレーダー観測や、ごく最近の MU レーダー観測において、非常に大きなドップラー速度を持つエコーが発見されている。Figure 1 に 1997 年 5 月 27 日 22:29 JST に MU レーダーで観測された E 領域 FAI エコーのドップラースペクトルを示す。高度 109 km を中心として、SNR が 30 dB を越え、ドップラー速度が約 300 m s<sup>-1</sup> に達するエコーが観測された。(図の -300 m s<sup>-1</sup> の位置に見られるスペクトル分布は、A/D 変換のアンプによるゴーストである。) 赤道域の Two-stream 型不安定による "Type I" エコーに近い同様のエコーは、中緯度域においてはクダタ島の 50 MHz 帯の観測で報告されているのみである。調査では、E 領域 FAI に見られるさまざまなエコーの性質についてまとめ、それぞれの成因について議論する。

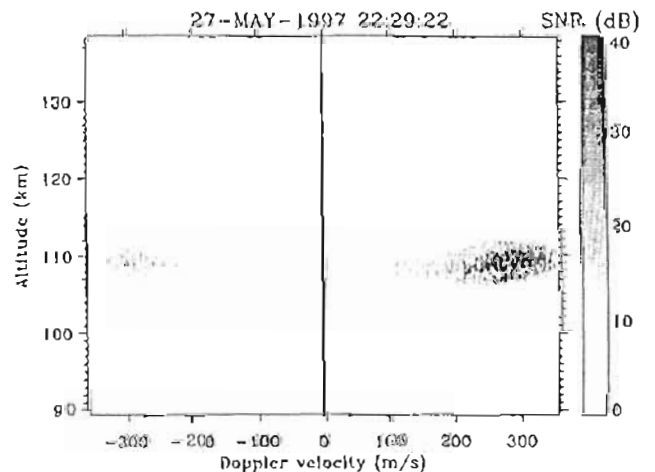


Figure 1: Doppler spectra observed with the MU radar at 22:29 JST (= UT + 9 hours) on May 27, 1997. Positive velocity denotes away motion from the radar. Intense echoes with positive Doppler velocities of ~ 300 m s<sup>-1</sup> were found.

MU レーダーによる F 領域 H<sup>+</sup> 密度の推定 (II)

川村 誠治<sup>1</sup>, 大塚 雄一<sup>1</sup>, W. L. Oliver<sup>2</sup>, 高見 友幸<sup>1</sup>,  
N. Balan<sup>4,5</sup>, 深尾 昌一郎<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 京大超高周, <sup>2</sup> Boston Univ., <sup>3</sup> 大阪電通大,  
<sup>4</sup> 名大 STE 研, <sup>5</sup> Univ. of Kerala, India

Average F-region H<sup>+</sup> density observed  
by the MU Radar (II)

S. Kawamura<sup>1</sup>, Y. Otsuka<sup>1</sup>, W. L. Oliver<sup>2</sup>, T. Takami<sup>3</sup>,  
N. Balan<sup>4,5</sup>, and S. Fukao<sup>1</sup>

<sup>1</sup> RASC Kyoto Univ., <sup>2</sup> Boston Univ., <sup>3</sup> Osaka Electro-Comm. Univ.,  
<sup>4</sup> STE Lab. Nagoya Univ., <sup>5</sup> Univ. of Kerala, India

We report the detection of H<sup>+</sup> ions in the topside ionosphere above the MU radar. Owing to the very limited signal-to-noise ratios of ~1% achievable in the topside ionosphere with this radar, long integration times of 45 minutes and statistical analysis of 10 years of data are employed to yield useful results. We compare two theoretical estimates to our results. One is the charge-exchange-equilibrium value, the other is the simulation results of a theoretical model (SUPIM).

前回の講演では、MU レーダーによる F 領域電子・イオン温度観測 (パルス幅 96μs; 4 パルス観測) データから F 層上部 (300~600km) における夜間の H<sup>+</sup> 密度を推定出来ることを示した。個々の観測 (時間分解能 1 時間) では十分な精度の推定は出来ないが、これまでの MU レーダー観測データを平均することにより、H<sup>+</sup> 密度の太陽活動度、季節依存性を検討することが出来る。我々は、H<sup>+</sup> 密度の推定精度を高めるために、推定方法に関して前回講演から以下の 2 つの改良を行った。(1) 推定される値 ([H<sup>+</sup>]/n<sub>e</sub>) は数 % であり、個々の観測から推定される誤差 (10%程度) よりも小さい。(2) [H<sup>+</sup>]/n<sub>e</sub> が正の値しかとらなければ、平均値は正のバイアスをもってしまふ。そこで、ACF の理論値に [H<sup>+</sup>] が負の場合を含めて推定を行った。(2) 観測により得られる

ACF の第一ラグは、サブパルスの形が完全な矩形ではないために本来の値よりも 1~2% 大きな値をとる。これにより、[H<sup>+</sup>]/n<sub>e</sub> は大きめに推定される。本研究では、第一ラグによる [H<sup>+</sup>]/n<sub>e</sub> の推定値のバイアスの大きさを見積もり、[H<sup>+</sup>]/n<sub>e</sub> の推定値を補正した。

1986 年 9 月から 1995 年 12 月までの MU レーダー 4 パルス観測データを太陽活動度 (高太陽活動期、低太陽活動期) と季節 (夏、冬、分点時) とによって分類し、各々の水素イオン密度比の平均高度分布を求めた。図中の ○ は、MU レーダー観測で得られた低太陽活動期・分点時における水素イオン密度比の平均高度分布を示す。化学平衡状態では

$$\frac{[H^+]}{[O^+]} = \frac{9[H]}{8[O]}$$

が成り立つ。化学平衡状態の水素イオン密度比を図中の点線で示す。ここで、[H]、[O] は MSIS モデルの値を用いている。また、理論モデル (SUPIM) によって計算された水素イオン密度比 (図中に破線で示す) は、化学平衡を仮定した時よりも大きな値を示す。

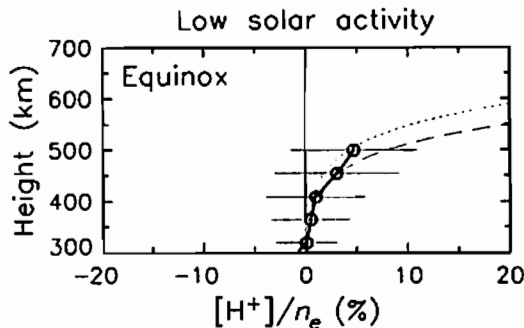


図: 低太陽活動期・分点時における水素イオン密度比の高度分布。○ は、MU レーダー観測によって得られた平均値。エラーバーは、データの標準偏差を示す。点線は化学平衡を仮定したとき、破線は理論モデル (SUPIM) で計算したときの水素イオン密度比を示す。

Spread-F in the Western Pacific sector

皆越 尚紀 (郵政省 通信総研)

Hisamitsu Minakoshi

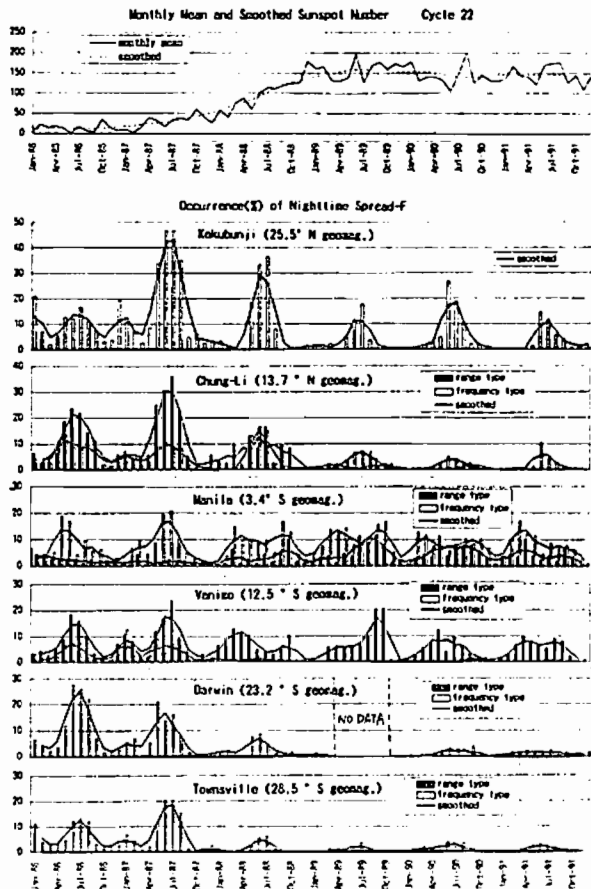
(Communications Research Laboratory)

It is generally believed that spread-F occurs most frequently in equatorial and auroral latitudes, less frequently in temperate and polar region. However, the details of the latitudinal variations of spread-F is yet uncertain. The purpose of the present study is to clarify the seasonal and solar-cycle variations of spread-F in the region from the equator to mid-latitudes in the Western Pacific sector and to infer the latitudinal variations of F-region irregularities.

The analysis is based on the monthly ionospheric data bulletins for solar cycle 21-22. Spread-F phenomenon has been identified by the descriptive letters, 'Q' and 'F' attached to foF2 and h'F data and has been classified into two types, range spreading and frequency spreading according to a peculiar criterion.

The figure shows the variations of monthly sunspot numbers and spread-F percentage occurrence integrated from 1800 to 0545 LT, at the six stations arranged in order of latitude, for the period 1986 to 1991. The statistical analysis has shown that F-region irregularities can be divided into two components that depends on geomagnetic latitude, type of spread-F, seasonal and solar-cycle variations. The characteristics are summarized as follows:

Component	Equatorial one	Pan-latitudinal one
Type of spread-F	Essentially range	Essentially frequency
Solar-cycle variation	Positive	Negative
Seasonal variation	Max. in Jun-solstice for low solar activity Max. in equinox for high solar activity	Peaks in solstices Max. in Dec-solstice at Wakkanai Max. in Jun-solstice at other stations



極域下部F層領域のイオン組成モデル

○ 帆足 純一・柴田 喬 (電気通信大学)

Ion Composition in the Auroral Lower-F Region

○ J. Hoashi and T. Shibata (Denki-tsushin Univ.)

Ion composition in the auroral lower-F region has been obtained by correcting the EISCAT composition model with the ratio between the measured and modeled ion temperatures. The result reveals that the transition altitude between molecular and oxygen ions increases with increasing the magnetic activity. The relationship between the ion composition and the magnetic activity will be discussed in the light of a theoretical self-consistent modeling of ion profiles basing on the chemical reactions.

イオン組成モデルの導出とその特性

EISCAT レーダーで観測されるイオン温度  $T_i$  の高度プロファイルでは、F層下部においてシステマティックで非現実的な構造が、磁氣的に静穏な時でも現れることが以前から指摘されている。この原因は EISCAT で用いられているイオン組成モデルの不当性にあるという立場から新しいモデルを求めた。なお、イオン組成モデルは、全イオンの存在量に対する  $O^+$  イオンの存在割合で定義している。

新しいイオン組成モデルは、磁氣的静穏日のデータに基づき、観測したイオン温度と理論から求めた正当と思われる温度との残差から、現在用いられているイオン組成モデルを補正する手法で求める。ここで、観測した温度とは、その高度プロファイルから高周波振動成分を平均操作で取り除いた後に3時間平均したイオン背景温度  $T_i^{EIS}$  である。正当なイオン温度とは、電界効果の少ない状況では中性大気温度とほぼ等しいとする仮定のもとに、CIRA の中性大気温度モデル  $\tan^{-1}$  関数式から導出している。また、イオン組成を補正する際には、Waldteufel[1] によるイオン温度とイオン組成の関係式を用いている。

1987年から1994年までの期間で解析条件に叶う151セットの  $T_i^{EIS}$  からデータ量の多い春夏秋冬で統計処理を行なった結果、 $[O^+]$  の存在比が50%となる中間遷移高度 Z50 は昼夜で約20kmの差があること、春の方が夏より高度が高いなどといった、現在の EISCAT モデルでは無視されている日変化、季節変化がみられた。ところで磁氣的に静穏な時のデータを母集団として選ん

だとは言っても、利用したデータは  $K_p$  値にして  $0^+$  から  $5^-$  までばらついており、電界の値においても最大  $29mV/m$  のケースを含んでいる。そこで、Z50 値についてその平均日変化曲線と個々の値との差  $\Delta Z50$  を求め  $K_p$  値との相関を調べた。図1に夏期の場合における結果を示す。相関係数は  $0.698$  とかなり高く、ここで求められた新しいイオン組成モデルに於いても地磁気活動の影響をかなり含んでいることが分る。ちなみに、イオン組成を求めた各データセットにおける電界値についても、図2の様に同程度の  $K_p$  依存性が認められる。

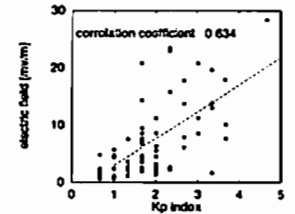
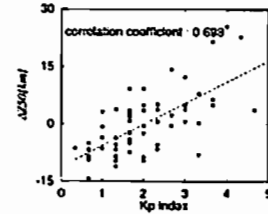


図1:  $\Delta Z50$  と  $K_p$  値との相関性

図2: 電界と  $K_p$  値との相関性

化学平衡式からイオン存在量を求める

上記の結果をふまえ、地磁気活動の変化が種々のイオンの存在量にどの程度影響を及ぼすか、酸素系列のイオンの化学平衡式に基づいて検討する。

Mikhailov and Schlegel[2] は、極域 E 層及び F 層におけるイオン化学反応式を解いて昼間の電子密度分布を検討する試みを行っている。我々も、同様の反応式を用いてイオン組成の検討を行う計画である。酸素系列イオンの反応速度は、イオン温度  $T_i$  や電子温度  $T_e$ 、電界  $E$  など地磁気活動と関係深いパラメータに依存している。そこで、それらパラメータに EISCAT 観測による実測値を用い、また中性粒子密度分布は MSIS モデルから、電子密度分布は EISCAT 観測値から与えることで、現実の状況に即したイオン組成を求めることができる。その結果を踏まえて、新しいイオン組成モデルの妥当性を検討する予定である。

なお、本研究で使用したデータは名古屋大学太陽地球環境研究所の EISCAT データベースから供給されたものである。

参考文献

- [1] WALDTEUFEL, P.; *J. Geophys. Res.*, 76, 6995-6999, 1971.
- [2] MIKHAILOV, A., and K. SCHLEGEL; *Ann. Geophysicae*, 15, 314-326, 1997.

移動性電離層擾乱の相対位相

○ 紅谷 みぎわ・柴田 喬 (電気通信大学)

Relative Phases of Traveling Ionospheric Disturbance

○ M. Beniya and T. Shibata (Denki-tsushin Univ.)

Atmospheric gravity waves (AGWs) produce wavelike perturbations, so-called traveling ionospheric disturbances (TIDs), in the ionospheric electron density, ion drift velocity, electron and ion temperatures. The purpose of this investigation is to clarify the mechanism of ionospheric response to AGWs by comparing the observational results with the theory about the relative phases in the TID plasma perturbations.

大気重力波 (AGW) は電離層プラズマと相互作用を起こして移動性電離層擾乱 (TID) を引き起こす。IS レーダー観測ではこの TID を、電子密度 ( $N_e$ )、電子温度 ( $T_e$ )、イオン温度 ( $T_i$ )、イオンのドリフト速度 ( $V_i$ ) といったプラズマパラメータの変動として、時間と高度の2次元で捉えることができる。我々のグループは、EISCAT 観測データに基づいて  $N_e$ -TID、 $T_e$ -TID、 $T_i$ -TID、さらに  $V_i$ -TID を検出し、相互の位相関係を調査することによって電離層プラズマの AGW 応答機構解明を目指している。本報告は、それら観測結果に物理的解釈を与えるために行っている理論解析に関する初期的結果である。

AGW に対する電離層大気の応答を表す基礎方程式は、Shibata[1] によるものを使用している。このシステムは、中性大気の変換式、運動方程式、エネルギー関係式と、電子密度に関する連続式から成っており、カップリングは、主にイオン-中性粒子間衝突を介して作用している。基礎方程式から導かれる電子密度変動とイオン速度変動の間の関係は

$$\left(\frac{N_e'}{N_{e0}}\right)_{V_i'} = \frac{-[(k_x^2 \cos l + k_y^2 \sin l) + j \sin l (k_z^2 - G - \frac{1}{N_{e0}} \frac{dN_{e0}}{dz})]}{\omega + (k_x^2 \cos l + k_y^2 \sin l) V_{i0} + j \sin l (k_z^2 - G - \frac{1}{N_{e0}} \frac{dN_{e0}}{dz}) V_{i0} - \frac{dV_{i0}}{dz}} \quad (1)$$

となる。ここで、上付き  $'$  は変動量を、下付き  $0$  は背景量を表し、 $\omega$  は AGW の周波数、 $k_x^2$ 、 $k_y^2$  はその水平方向波数と鉛直方向波数、 $k_z^2$  は鉛直方向減衰率である。また、 $V_{i0}$  はイオンの拡散速度、 $G = 1/2H(H:スケールハイト)$  は背景大気が成層構造となっていることに由来する AGW 振幅の鉛直方向増幅率であり、 $l$  は磁気傾角である。

さらに、温度変動と中性大気速度変動との間には

$$\frac{T_i'}{T_{i0}} = \frac{(\gamma-1)k_z^2 V_i'}{R\omega} + \frac{1}{\omega} \left\{ \frac{(\gamma-1)k_z^2}{R} + j \left[ \frac{(\gamma-1)(k_z^2 - G)}{R} + \frac{1}{T_{i0}} \frac{dT_{i0}}{dz} - \frac{(\gamma-1)(R + \gamma-1)}{R} \frac{1}{\rho_0} \frac{d\rho_0}{dz} \right] \right\} V_i' \quad (2)$$

の関係があり、ここで中性大気速度  $V$  とイオン速度  $V_i$  の関係式

$$V_i = (V \cdot \mathbf{1}_s) \mathbf{1}_s + V_d \quad (3)$$

を考慮すれば、式(2)より温度変動  $T_i'/T_{i0}$  とイオン速度変動  $V_i'$  の関係を求めることができる。式(2)中で、 $\gamma$  は大気の比熱比、 $R$  は気体定数である。

上記理論モデルから、電子密度や温度の背景量 ( $N_{e0}$ ,  $T_{i0}$ ) には EISCAT 観測で得られた実測値を、中性大気密度に関する背景量には観測環境下での MSIS モデルをそれぞれ利用して、相対位相を計算することができる。大気重力波の周波数  $\omega$  と鉛直波数  $k_z^2$ 、鉛直方向減衰率  $k_z^2$  については、EISCAT データの時間-高度フレーム上の波動構造解析と波動パワーの高度変化解析から求めている。水平波数  $k_x^2$  は、大気重力波の分散関係式に  $\omega$ 、 $k_z^2$  を適用して導出している。

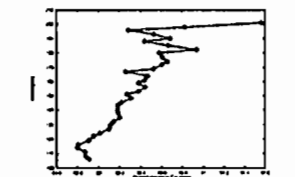
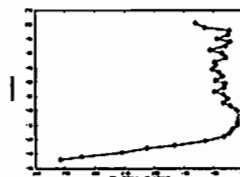


図1: 1989年9月5日 1500UT に於ける  $N_e'$ 、 $V_i'$  の位相関係 図2: 1989年9月5日 1500UT に於ける  $T_e'$ 、 $T_i'$  の位相関係

図1は計算結果の1例で、1989年9月5日の事例に即して求めた  $N_e'$  と  $V_i'$  の位相差の高度変化を表している。位相差はほぼ  $-180^\circ$  となっている。同様に、 $T_e'$  と  $T_i'$  の位相差を求めたものが図2である。位相差は約  $90^\circ$  となっている。さらに、図1、2の結果から  $N_e'$ 、 $T_e'$  の位相差の理論値が求まり、それは約  $90^\circ$  である。解析を行った18事例に関して、理論計算による相対位相の値はほぼ同じ値を示している。実測による結果は日によって若干違う傾向にあり、統計的には  $\Delta T_e$ 、 $\Delta V_i$  位相差は  $-90^\circ$ 、 $-180^\circ$  の分布が多く、今回求めた理論値と一部一致しているといえるが、 $\Delta N_e$ 、 $\Delta T_i$  は  $\pm 180^\circ$  が多く理論値とはかなり一致していない。誤差では、実測値と理論値の適合/不適合についての考察を議論する予定である。

[1] Shibata, T.; *J. Atmos. Terr. Phys.*, 45, 797-809, 1983.

スプライン関数法による電離圏電子密度分布のCT像再生における情報量規準 AIC の導入

福永裕也, 奥澤隆志 (電気通信大学)

Introduction of AIC to the Spline Function Method of CT Algorithm in the Image Reconstruction of Ionospheric Electron Density Profile

H.Fukunaga and T.Okuzawa (Denki-tsushin Univ.(UEC))

By introducing a well known information criterion, AIC (Akaike Information Criterion), to the spline function method of computerized radiotomography, we have succeeded in estimating optimum number of knots of normalized B-spline used as a basis function in the image reconstruction of ionospheric electron density profile in our simulation study.

人工衛星からのビーコン電波を利用して電離圏全電子数 (TEC) を測定し、これから鉛直面内 2 次元電子密度分布像を再生する計算機トモグラフィ (CT) のアルゴリズムの一種である「スプライン関数法」(SFM) には、TEC を定義する積分の離散化代数方程式系を大幅に局所化できる利点がある。

SFM では、再生領域内の極座標  $r$  と  $\theta$  それぞれに関する 1 次元 B-スプラインの積の線形結合として与えられる 2 次元スプライン関数で電子密度分布を近似し、当初の離散化方程式に代入する。その中の誤差項の平均自乗値を最小化する過程で導かれる「正規方程式」を解けば結合係数が求められ、その結果として最終的に電子密度分布像が再生される。前回の学会では「打ち切り特異値分解」(Truncated Singular Value Decomposition: TSVD) の手法 [1] を上記の「正規方程式」に適用してその解法に成功した旨報告した [2]。今回は、その際に懸案となっていた B-スプラインの最適な内部節点数を決める客観的な方法として、情報源の真の分布とモデル分布との距離を Kullback-Leibler 情報量で測った場合、最も近いモデルが良いとする仮定の元に漸近不偏推定量として導出される情報量規準である AIC (Akaike Information Criterion) [3]:

$$AIC = -2 \times (\text{モデルの対数尤度}) + 2 \times (\text{モデルの自由パラメータ数})$$

を導入して、ある程度良い結果を得たので報告する。

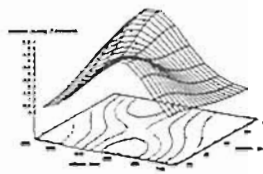


図1 電離圏モデル

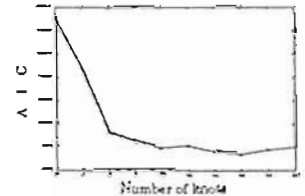


図2 AIC 対  $\theta$  方向節点数

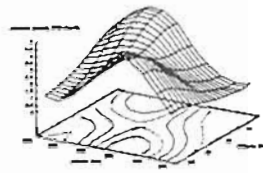


図3 再生像

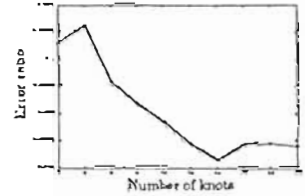


図4 平均誤差対  $\theta$  方向節点数

シミュレーション条件は電離圏モデルを含めてこれまでとは同じであり、高度 1000km を示す NNS 衛星と緯度 30, 40, 50 度の 3 地点に置く受信局、高度 100-600km に縦横  $10 \times 20 = 200$  個の格子からなる再生領域を仮定している。一例として、図 1 の電離圏電子密度分布モデルに対する打ち切り特異値 116 個、規格化 B-スプラインの位数 4 (次数 3)、 $r$  方向の内部節点数 2 のときの  $\theta$  方向の内部節点数に対する AIC の変化を示しているのが図 2 である。この図より明らかに内部節点数 16 で AIC は最小値をとることが分かる。これは、このとき再生の平均誤差 (図 4) が最小となる内部節点数 14 と極めて近い。このときの再生像を図 3 に示す。

[1] Hansen, P.C., BIT, Vol. 27, 534, 1987.

[2] 福永, 奥澤, 地球惑星科学関連学会 1997 年合同大会予稿集, p.709.

[3] 坂本, 石黒, 北川, 「情報量統計学」, 共立出版, 1983.

GPS 連続観測網による電離圏モニターの試み

宮崎真一, 畑中雄樹 (国土地理院)

A Trial to monitor the regional ionospheric condition by using Continuous GPS Array

S. Miyazaki and Y. Hatanaka (Geographical Survey Institute)

Abstract

Dual frequency GPS receiver enables us to monitor the state of ionosphere. For surveying purpose, ionosphere is one of the major error source, so ionosphere-free linear combination is used to eliminate ionospheric effects. On the other hand, the difference of these two frequencies contains only ionospheric refraction effects.

Bernese ver.4.0 software was used for the processing. In this software, the ionosphere TEC is modeled with a single-layer model, and the vertical TEC is developed into a series of spherical harmonics. GSI operates a nationwide GPS array which consists of 837 sites. By analyzing data of these sites, we can continuously monitor the ionosphere around Japan.

1. はじめに

GPS 連続観測網には様々な応用が考えられる。特に、国土地理院による全国 GPS 連続観測網は、その稠密な観測点分布から、電離圏や対流圏などの信頼性質の研究を進める上で大きな力となるだろう。通常、電離圏は GPS 測位においては誤差源であるため、その周波数依存性を利用して電離圏による効果を除去しているが、逆に電離圏の効果抽出するような周波数の線形結合を用いることも可能である。このようにして、GPS を用いて電離圏の状態をモニターすることが可能である。

2. データ

データとしては、GPS 観測で得られた 2 周波数搬送波から、電離圏遅延線形結合 (4) と呼ばれる量を得る。これは観測点位置、衛星位置、大気遅延の項を含み、電離圏による影響と、GPS に特有な位置バイアス項だけが成る量である。

$$L_1 - L_2 (s_1 \lambda_1 - s_2 \lambda_2) = 40.3 (1/f_1^2 - 1/f_2^2) \text{TEC}$$

3. 電離圏の時間変化

位相バイアス項を Ennis and Ruster (1995) の方法で推定することで、

$L_1 - L_2$  が求められる。図 1 は、兵庫県御津町のデータから計算された  $L_1 - L_2$  の値を 1995 年 1 月 1 日から 20 日までの期間、5 分ごとに分けて、ある衛星に対してプロットした例である。日々の変動は数 10cm から 1m のオーダーで、時刻によっても変動の大きさが異なるようである。

4. 電離圏慢波の空間分解能

電離圏遅延のプロットに視られる擾乱の中には、複数の観測点で観測されているものもあるが、その変化のタイミングは観測点によって多少異なる。これは、衛星と観測点とを結ぶ経路がその擾乱域を通過する時刻が異なるためと考えられる。このことは、データに擾乱域の空間分布を求めるための分解能があることを示唆する。

5. 電離圏モニターに向けて

ベルン大学で開発された Bernese software ver. 4.0 は、電離圏の総電子数 (TEC) を一層のモデル層にマッピング関数  $1/\cos^2$  をつけたものとしてモデル化して扱っている。そして、VTEC (Vertical TEC) を球面調和関数展開して、その展開係数を最小二乗法で推定できる。現在、このソフトを用いて国内観測点を用いた解析を行っており、初期的な成果が得られつつある。また、このソフトを用いると、電離圏を種々論的に扱うことで短い時間スケールでの電離圏の変動も検出できる。このような結果を蓄積していけば、日本上空の電離圏の状態を、高価な観測機器を用いることなくモニターすることが可能となるだろう。

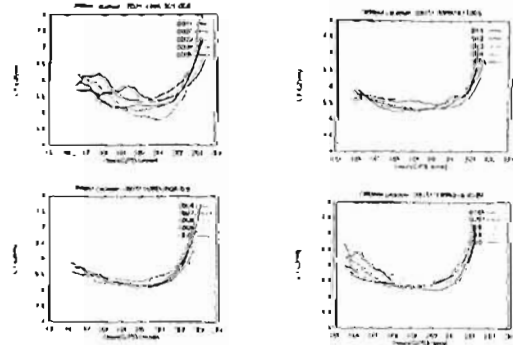


図1

竹田雅彦 (京大・理)

Geomagnetic Sq Field in 1964 and 1980  
M. Takeda (Faculty of Science, Kyoto University)

Equivalent Sq current system at each UT on every day in 1964 (solar minimum) and 1980 (solar maximum) was estimated by spherical harmonics expansion of the geomagnetic data of 57-72 observatories at each UT of every day. Terms of both symmetric and antisymmetric with the equator are taken into consideration. The coefficients were averaged for each and UT and month restricting days when maximum Kp does not exceed 2+, and UT and seasonal variation was studied.

赤道に関して非対称な場合に拡張した球関数解析を用いて、太陽活動度極小期の1964年と極大期の1980年それぞれ1年間について、新たに利用可能になった観測所を含め計57-72ヶ所の観測所のデータを用いてUT1時間毎にSq等価電流系を求めた。Takeda (1984)と同様に、基準値は夜間平均で、Dstインデックスを用いた補正を行っている。各UT、各日について得られた係数から、まず季節変化を調べるために、各月ごとに最大Kp-Indexが2+以下の日を選び、各UTについて平均場を求めてその季節変化を調べた。図1(1964年)及び図2(1980年)は、UT02時からUT06時までの北半球(実線)及び南半球(点線)のSq外部等価電流渦中心の地方時(上)、緯度(中)、及び渦電流強度(下)の季節変化を示す。渦電流強度は極大期(1980年)には極小期(1964年)の2倍程度になるだけでなく、季節変化の大きさが夏冬の強度比で2倍程度で、極小期の3-4倍に比べて小さくなるという特徴がある。この他、逐日変化や地球内部誘導場の特徴については学会時に述べる予定である。

Reference

Takeda, M., J. Geomag. Geoelectr., 36, 215-228, 1984.

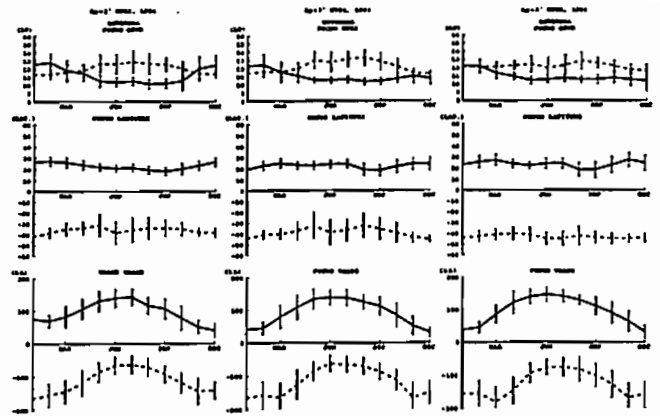


Fig. 1 Seasonal variation of the external equivalent Sq current system in 1964.

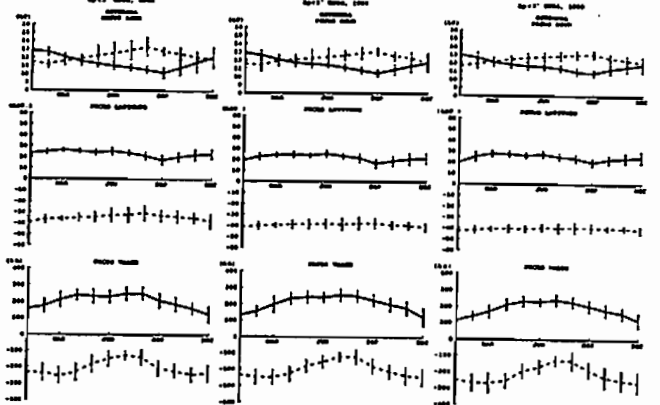


Fig. 2 Same as in Fig. 1, but in 1980.

Ionosphere Modeling in the Asian Longitude Region

\*David J. Crain[1], Kiyoshi Igarashi[1]  
[1] Communications Research Laboratory

Regional Ionosphere Models are important to provide improved predictive capability of ionospheric parameters within the specific region and better analysis and interpretation of regional observations. In general, there are two basic approaches to constructing a regional model of the ionosphere; Empirical and Theoretical. The Empirical approach uses actual observations of ionospheric parameters to produce a model of either the observed parameter or a derived parameter. An example of this would be observations of Total Electron Content (TEC) which are then used to construct a model of TEC. An alternative approach is use a theoretical model to produce a 3-D, time-dependant distribution of the electron density and then derive the desired parameter, such as TEC, from the modeled electron distribution. Both approaches may be combined somewhat in a Semi-Empirical model. In this presentation, we will look at our present efforts to construct a regional ionosphere model of Asian Longitudes with a general description of the models and techniques used and how these models compare to actual data from the Region.

B会場

10月3日(金)

9:00~12:00

# プラズマ波動・ シミュレーション - II

## Plasma Waves · Simulation - II

oral: B21-01~11

座長

中村 匡 (宇宙研)

村田健史 (愛媛大・工学部)



## B21-01

### 線形ブラソフ方程式の新解法とそのドリフト共鳴への応用

\*中村 匡[1]  
[1] 宇宙科学研究所

#### An alternative method for linearized plasma kinetics and its application to drift resonances

\*Tadas K. Nakamura[1]  
[1] Institute of Space and Astronautical Science

A method different from the conventional method of characteristics (integration over orbits) is proposed to solve linearized Vlasov equations. This method can solve problems to which the conventional method is not applicable. Also it can give much simpler calculation for problems that can be solved by the conventional method. The effectiveness of this method is demonstrated with its application to drift resonances.

粒子の無摂動軌道が位相空間内で直線でない場合には線型化したブラソフ方程式を直接にフーリエ・ラプラス変換で解くのは非常に困難である。この場合、磁化プラズマの分散関係などでスタミナを消耗する計算として有名ないわゆる電磁場の「無摂動軌道上積分」という手法が一般的に使われる。本研究ではこれとは別の線型ブラソフ方程式の解法を案出した。この方法では始めに無摂動粒子分布とは独立に粒子の摂動軌道を計算し、そのうちこれを無摂動粒子分布とくみあわせることによって線型ブラソフ方程式を解く。独立に粒子摂動軌道を計算するのは、無摂動軌道積分法で粒子分布と電磁場を両方含む時間積分を行うのよりも一般的に容易であり、今まで解けなかった問題を解くことができる。また、無摂動軌道積分で解くことが可能であった問題についてもこの方法は少ない計算労力で同じ結果をあたえる。従来の解法が適用可能な場合、本研究での解法は同じ解を結果をあたえることが数学的に保証されている。

ここではこの方法の有効性の例として低域混合ドリフト不安定性におけるドリフト波と電子の共鳴問題の応用をしめす。高ベータプラズマでは磁場の非一様性による電子のドリフトが低域混合波と共鳴を起こし、不安定成長率を下げる事が知られている (Huba and Drake 1981, 1982)。この電子のドリフトはグラディエントBドリフトでも磁場湾曲ドリフトでも共鳴メカニズムになりうるが、無摂動

軌道積分法では磁場湾曲ドリフトを含む計算が著しく困難であった。本研究で案出した方法をつかうとこれは簡単に計算でき、またグラディエントBドリフトと湾曲ドリフトが混在する場合でも計算可能である。

参考文献  
Huba & Drake, Phys. Fluids, Vol 24, p1650 (1981)  
Huba & Drake, Phys. Fluids, Vol 25, p1027 (1982)

## B21-02

### 電子ビーム-プラズマ相互作用における Landau 共鳴と cyclotron 共鳴の競合

\*松清 修一、羽田 亨 (九大)  
南部 充宏 (東京都立科学技術大工)  
坂井 純一 (富山大工)

T. Neubert (Danish Meteorological Institute)

#### Competition between the Landau and Cyclotron resonances in the electron beam-plasma interactions

S. Matsukiyo, T. Hada (Kyushu Univ.)  
M. Nambu (Tokyo Metropolitan Inst. of Technol.)  
J.-I. Sakai (Toyama Univ.)

T. Neubert (Danish Meteorological Institute)

We study excitation of electrostatic waves in a plasma with a field-aligned electron beam. Both Landau and doppler-shifted cyclotron resonances contribute to the generation of the waves. We evaluate the linear growth rates for both interactions for a wide range of parameters, including the beam to background density ratio, beam velocity, the ratio of the plasma to the electron cyclotron frequencies, and temperature of each plasma species. While an addition of finite temperature to the background electrons tend to suppress the wave growth via the cyclotron resonance, in a relatively cool plasma, both the Landau and the cyclotron interactions generate the waves. The result may have implications on nonlinear wave-wave interactions and the generation of harmonic waves in a cool plasma.

プラズマ中で磁場方向に自由エネルギーを持つ電子ビーム ( $\partial f_e / \partial v_{\parallel} > 0$ ) が静電波を励起することはよく知られている。オーロラ帯においては、粒子落下領域で沿磁力線方向に加速された電子がビームを形成しており、これによって励起された静電 (電子) 波に関する観測結果が多く報告されている。こうした沿磁力線電子ビームによる静電波励起のメカニズムとしてランダウ共鳴がこれまで盛んに議論されてきた。しかし実際には、サイクロトロン共鳴による励起も考えられ、これを含めた包括的な静電

波励起 (競合) メカニズムの理解を目指して研究を行った。

沿磁力線電子ビームによって励起される静電 (電子) 波としては2つの branch

upper branch  $\max(\omega_p, \Omega_e) < \omega < \omega_{uh}$   
lower branch  $0 < \omega < \min(\omega_p, \Omega_e)$

が考えられ ( $\omega_p, \Omega_e$  および  $\omega_{uh}$  はそれぞれプラズマ、サイクロトロンおよび高域混成周波数)、波の成長率やモードは次のパラメーターに依存する。

$\Omega_e / \omega_p$  サイクロトロン周波数とプラズマ周波数の比  
 $n_b / n_p$  ビーム電子と背景電子の密度比  
 $v_d$  ビーム電子のドリフト速度  
 $\theta$  波数ベクトルと外磁場のなす角  
 $v_{th}$  ビーム電子の熱速度  
 $v_{th}$  背景電子の熱速度

主に  $\Omega_e / \omega_p$  は励起される波の branch を決定し、 $n_b / n_p$  と  $v_d$  は系全体の成長率に、 $\theta$  は波の branch とそれがランダウ型とサイクロトロン型のどちらのメカニズムで励起されるかに寄与する。また、 $v_{th}$  および  $v_{th}$  は波の成長を抑制し、 $v_{th}$  は共鳴粒子の数に関係するに過ぎないので系全体の成長率を一律に低下させるだけであるが、成長率の  $v_{th}$  依存性は branch や相互作用のタイプによって異なる。これらのパラメーターの様々な組み合わせによって競合特性が決定されることになる。

一般に無衝突プラズマ中の波動・粒子相互作用を考慮するにあたっては、ブラソフ方程式を速度空間において積分する。これに静電近似を施して得られる誘電率  $\epsilon$  は、プラズマ温度が大きくない場合には、

$$\epsilon = \epsilon_c + i\epsilon_K$$

の形に書くことができる。ここに、 $\epsilon_c$  は冷たいプラズマの分散関係に対応する項、また  $\epsilon_K$  はそれに対する温度補正項である。磁気圏プラズマへの応用上は、波動の分散特性は  $\epsilon_c$  によって記述されたものに、 $\epsilon_K$  による成長率の補正を与えることでほぼ十分に記述できる。本講演では、線形分散関係式  $\epsilon = 0$  を数値的に解き、波動励起競合過程の上述のパラメーターに対する依存性を検討した結果を報告する。特に、有限温度プラズマにおいてはランダウ共鳴だけが支配的に静電波を励起するようになることが示された。あまり温度の高くないプラズマ中における非線形波動現象の考察においては、サイクロトロン共鳴による波動モードを通じての波動間相互作用のチャンネルをも考慮する必要がある。

## B21-03

### Radiation belt 内の高エネルギー荷電粒子の加速機構 に関する数値実験

・油江宏明、家森俊彦  
京大理

### Simulation about the acceleration system of the high energy charged particles in the radiation belt

H.Yugo and T.Iyemori  
Faculty of Science, Kyoto Univ.

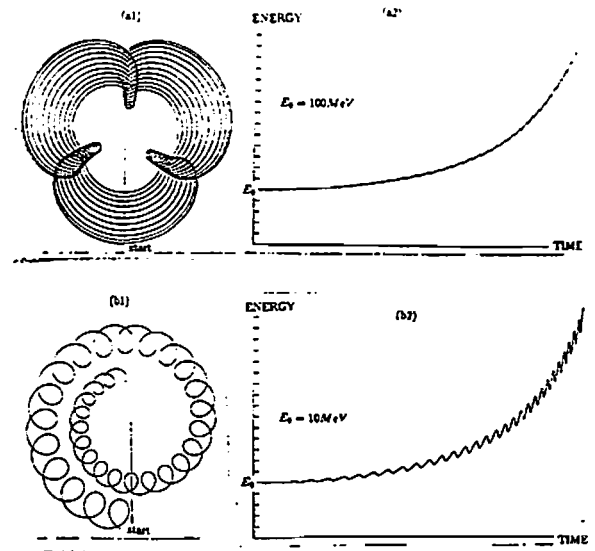
Several hundred MeV electrons or ions are observed in the radiation belt. To consider the acceleration system of these particles, we trace single particle in the temporal varying electro-magnetic fields, and report how circumstances are effective for acceleration.

Radiation belt においては、数百 MeV の電子やイオンが観測されている。このような高エネルギー粒子は、平均自由行程が非常に長いので、単一粒子のトレーシングが、十分効果的であると思われる。そこで、様々な、時間的に変化する電磁場内でのトレーシングを行い、どのような状況化で効果的な加速がおこるか報告する。

以下、一例を示す。

ダイポール主磁場がベクトルポテンシャル  $A_0$  であらわされるとする。リングカレントの強度の変化による影響を調べるため、そのつくる磁場をダイポールで近似し、 $\alpha(t)A_0$  とし、全体の磁場  $A = A_0 + \alpha(t)A_0$  と、電場  $E = -\partial A/\partial t$  の中でトレーシングを

行った。 $\alpha(t)$  が  $t$  の二次関数で減少するとき、100MeV のピッチ角  $90^\circ$  のプロトンを  $10R_E$  から、実時間およそ 280 秒にわたってトレイスしたときの軌道を (a1) に、そのときのエネルギーの変化を (a2) に示す。これより、トラップされた粒子のエネルギーがしだいに増加し、軌道が内側のシェルにうつっていくことがわかる。同様の条件下で 10MeV のプロトンをトレイスした結果を (b1)、(b2) に示す。



## B21-04

### 電離層起源 Cold Electron を考慮した Auroral Weak Double Layer 形成に関する 計算機シミュレーション

・矢島 彰、町田 忍

京都大学大学院理学研究科

A Simulation Study of an Auroral Weak Double Layer Formation  
with an Inclusion of Ionospheric Cold Electrons

・A.Yajima and S.Machida

Graduate School of Science, Kyoto University

A formation of the electrostatic potential drop in the auroral particle acceleration region is studied with an aperiodic one-dimensional electrostatic particle code. The field-aligned current causes the nonlinear development of the ion-acoustic wave instability and subsequent double layer formation.

In earlier studies, we excited ion-acoustic waves under the initial condition only including stationary cold ion and electron beam which forms a field-aligned current. However, in a real case, cold electrons originated from the ionosphere exist in the auroral particle acceleration region as well. If we add this component to two components assumed earlier, the growth rate of ion-acoustic wave becomes negative. This suggests that, initially, a weak double layer can be formed in the region where a fraction of cold electrons is small enough to excite ion-acoustic waves. The cold electrons are moved to downward by the electrostatic coupling with the electron beam, and the density of cold electrons decreases consequently. Weak double layers are formed in that low density region resulting in an expansion of the auroral particle acceleration region toward the ionosphere.

極域オーロラ粒子加速領域での沿磁力線電場形成に関する計算機シミュレ

ーションはこれまでも数多く行われてきた。ディスクリフトアーク型のオーロラ発生に伴って極域電離層上空高度およそ 2000km から 12000km での沿磁力線の上の数 keV にわたる静電ポテンシャルドロップは、多数のウィークダブルレイヤーと呼ばれる静電ポテンシャル構造の存在によるものであるという説が有力である。

ウィークダブルレイヤーは、イオン音波不安定性の非線形発展の結果である。これまでのわれわれのモデルでは、沿磁力線電流を担う磁力線下向き electron beam と electron に比べて cold な stationary ion の 2 種の粒子によってイオン音波が励起されるとしてきた。しかしながら、実際には、オーロラ粒子加速領域には、電離層起源の cold electron も存在する。この cold electron を含めた線形的な波動分散解析を行うと、イオン音波の成長率は負となり、イオン音波不安定性の成長によるダブルレイヤーの形成は行われなくなる。

これまでのわれわれのモデルでは、オーロラ領域の磁力線の上のあらゆる高度でウィークダブルレイヤーが形成される可能性があったが、cold electron の寄与を考慮すると、オーロラ粒子加速領域形成機構は以下のように修正される。即ち、ウィークダブルレイヤーは、cold electron の密度が、イオン音波を励起出来るほどに小さくなっている高度でまず形成される。次に、electron beam によって cold electron は静電的な力を及ぼされて、電離層側へ移動する。これによって低密度な cold electron の存在する領域が磁力線方向電離層側へ拡大する。本領域こそがウィークダブルレイヤーの存在可能な領域であり、ウィークダブルレイヤーが形成・消滅を繰り返すことにより、沿磁力線方向の静電ポテンシャル構造が維持される。

今回は、cold electron を静電粒子シミュレーションに取り入れることにより、ウィークダブルレイヤーの形成条件を調べた。また cold electron をパラメーターとしたオーロラ粒子加速領域の磁力線方向の大きさについて調べたが、それらの結果について報告する。

2次元ハイブリッドコードと

2次元MHDコードによる

リコネクション現象の比較(2)

村田健史<sup>1</sup> 高橋誠治<sup>1</sup> 大村善治<sup>2</sup>  
松本敏<sup>2</sup> 鶴岡正行<sup>1</sup> 長谷部信行<sup>1</sup> 岡田雅樹<sup>3</sup>

1. 愛媛大学工学部情報工学科
2. 京都大学超高層電波研究センター
3. 国立極地研究所

Two-dimensional hybrid code and MHD code simulations at the tail reconnection region(2)

Seiji Takahashi<sup>1</sup> Takeshi Murata<sup>1</sup> Yoshiharu Omura<sup>2</sup>

Hiroshi Matsumoto<sup>2</sup> Masayuki Ugai<sup>1</sup> Nobuyuki Hasebe<sup>1</sup> Masaki Okada<sup>3</sup>

1. Faculty of Engineering, Ehime University
2. Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University
3. National Institute of Polar Research

In order to investigate the magnetotail dynamics, MHD simulations have been performed. These large-scale simulations have brought us basic pictures and concepts of the time-dependent magnetotail configurations. However, recent particle simulations and test-particle simulations show us a break-down of the assumption in the MHD codes the assumption that the shapes of the velocity distribution in the velocity phase space does not change in the course of the simulations. Non-Maxwell velocity distributions, stochastic motions, and anisotropic temperatures in the vicinity of the X-point are observed in the particle

simulations. These non-Maxwell distributions would change the reconnection processes which are reproduced in the MHD code simulations.

We have performed a two-dimensional hybrid code simulation to study ion dynamics around the X-point. In the present simulation, the initial conditions are set to be similar to an MHD simulation by Ugai (1992). We carefully examine the ion velocity distributions and discuss the feedback of the non-Maxwell distributions to the reconnection process.

リコネクション現象を研究する手法として、大きな領域の計算を行えることからMHDシミュレーションが多く用いられてきた[例えば1]。MHDシミュレーションとGEOTAILのデータの比較なども行われている。

一方、粒子シミュレーションやテスト粒子シミュレーションによりリコネクション領域近傍の粒子の振る舞いについても研究が行われている。その結果、リコネクション時にX点近傍のイオン粒子の粒子散乱や stochasticity、温度異方性などのマクスウエル分布からのイオン粒子の速度分布の乱れが得られてきた[2, 3]。これらのイオンの速度分布はMHDシミュレーションの仮定を崩すのみならず、波動励起の自由エネルギーとなりうる。これらの非マクスウエル分布やそれによる波動現象がリコネクションの過程にどのように影響するかは興味深い。

本研究ではハイブリッドコードによりMHDシミュレーションと入力パラメータを合わせたシミュレーションを行う。特にリコネクション過程で、イオン粒子の速度分布の変化が過程そのものにどのようにフィードバックするか注目する。さらに、イオンの温度異方性による波動励起等についても調べる。

参考文献

- [1] Ugai, Phys. Fluids, 1992
- [2] 村田 他, 第94回SCEPSS, 講演予稿集
- [3] 村田 他, 第95回SCEPSS, 講演予稿集

三次元プラズモイドのMHDシミュレーションとGEOTAILのデータの比較

汪緯波<sup>1</sup> 村田健史<sup>1</sup> 鶴岡正行<sup>1</sup>  
愛媛大学工学部情報工学科

Examination of the 3-D structures of plasmoids observed with GEOTAIL using the 3-D MHD simulation

Wang Weiho Takeshi Murata Masayuki Ugai  
Faculty of Engineering, Ehime University

Recent satellite observations by GEOTAIL, have indicated that there are large-scale plasmoids which develop and propagate on the night-side of the Earth. It has been discussed that the magnetic reconnection should play a crucial role on the generation of the plasmoids.

On the other hand, Ugai and Wang recently examined the 3-D plasmoid dynamics using spontaneous fast reconnection model; as the fast reconnection spontaneously develops, a large-scale plasmoid evolves and propagates through a long current sheet system, and there appears a large-scale eddy plasma flow around the plasmoid.

It is of importance to apply the results of the MHD simulations to the plasmoid observations. We assume that a satellite passes through the plasmoids in the 3-D MHD simulation, then compare these physical values with the observations. Though our comparison of both data, we discuss the mechanism and process of the plasmoid generation and evolution in the magnetotail.

宇宙プラズマの爆発的な現象の一つであるリコネクションのメカニズムに関しては、これまで多くの研究が行われてきた。例えば最近UgaiとWangにより、三次元プラズモイドのMHDシミュレーションを実行した結果、磁気再結合によって、三次元構造をもつ大規模なプラズモイドが成長し、磁力線方向に伝播することが実証されている。充分成長した三次元プラズモイド内部や、プラズモイド境界領域の構造が詳しく調べられた。[1]

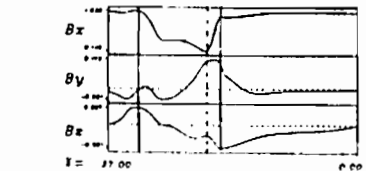
一方、科学衛星GEOTAILが搭載する観測機器により、多くの詳細な

観測データから、地球磁気圏尾部でサブストームの発生とともに大規模なプラズモイドが発生し、地球と反対方向に伝播することが有効な観測結果として明らかになっている[2]。しかしながら、プラズモイドの発生メカニズムと同様に、プラズモイドの内部構造については、衛星観測が時間的・空間的に制約されていることによって、多くの観測データがまだ解明していない。

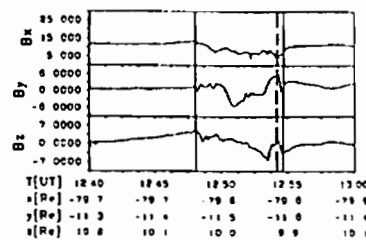
本研究では三次元シミュレーションで形成されたプラズモイドにおいて、衛星の観測座標を仮定して、プラズモイド内部の構造を抽出する。さらにこれらを実際の観測データと比較する。両者の各物理量の時間(空間)変化のパターンを比べることによって、MHDシミュレーションの結果を実際の人工衛星による観測結果に適用する。

参考文献

- [1] Ugai and Wang, JGR, 1997
- [2] Murata et al., GRL, 1995



シミュレーション磁場成分



GEOTAILの磁場観測

\*三宅 壯聡[1], 大村 尊治[1], 松本 紘[1], 小嶋 浩嗣[1]  
[1] 京都大学超高度電波研究センター

**Effects of Ambient Magnetic Field on Generation Mechanism of Electrostatic Solitary Waves : 2D Electrostatic Particle Simulation**

\*Taketoshi Miyake[1], Yoshiharu Omura[1], Hiroshi Matsumoto[1], Hirotugu Kojima[1]  
[1] Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University

We performed one- and two-dimensional computer experiments with the two-dimensional electrostatic particle code (kuES2), to study the generation mechanism of ESW(Electrostatic Solitary Waves), then clarified that the electron bump-on-tail instability can lead to ESW formations[1]. In the two-dimensional simulations, we confirmed that the spatial profile of ESW potentials is uniform in the perpendicular direction to the ambient magnetic field[2]. On the formation process of such uniform potentials, the magnitude of the ambient magnetic field has very important effects[3]. Potentials are apt to be coherent with a weaker magnetic field during the coalescence phase, while after the coalescence phase, they are apt to be coherent with a stronger magnetic field. We will analyze the effects of the ambient magnetic field on the striation process of ESW potentials.

超高度電波研究センターでは静電粒子コードを用いた1次元・2次元計算機実験によって静電孤立波(ESW)が bump-on-tail instability と呼ばれる弱電子ビーム不安定の非線形発展によって形成されるBGKポテンシャルであることを明らかにした[1]。特に2次元計算機実験において再現された静電孤立波を形成する溝状ポテンシャルは、観測から予測される形状と一致しており、このモデルを裏付けている[2]。

この溝状ポテンシャル構造の形成過程において、線形段階でランダムに励起された静電ポテンシャルが非線形発展の段階で磁場に垂直方向に一様な構造を形成する現象が見られる。2次元空間で1次元的な溝状構造が形成されるこのメカニズムは、静電孤立波形成の核となるもので

ある。現在、このメカニズムに外部磁場強度、特に電子サイクロトロン運動が深く関わっていることを確認している[3]。今回の発表では、溝状ポテンシャル構造形成メカニズムにおいて外部磁場の果たす役割について考察を行う。静電ポテンシャルが合体を繰り返して成長する非線形発展段階では、外部磁場強度がある程度弱い方が電子Larmor半径の効果により磁場に垂直方向に一様なポテンシャル構造の形成が容易である。一方、ポテンシャルの成長が安定してからはポテンシャルに補足された電子の運動との関係により、外部磁場強度が弱すぎる場合溝状ポテンシャルの形成を妨害する傾向がある。これらを定量的に評価することで、静電孤立波形成に必要な外部磁場強度の条件の推定を試みる。

参考文献

- [1] Y. Omura et al., J. Geophys. Res., vol.101, 1996.
- [2] 三宅 等, 第101回SGEPSS講演会予稿集
- [3] T. Miyake et al., Two-dimensional Computer Simulations of Electrostatic Solitary Waves Observed by GEOTAIL Spacecraft, submitted to J. Geophys. Res.

伊藤浩正、萩野竜樹 (名大, STE研)

**Global MHD Simulation of Interaction between the Solar Wind and the Quadrupole Magnetosphere**

Hiromasa Ito and Tatsuki Ogino  
(STELab, Nagoya University)

(Abstract) We have studied interaction between the solar wind and the quadrupole magnetosphere by using 3-dimensional magnetohydrodynamic simulation, where each of the quadrupole components is independently used to clearly demonstrate the effect on the magnetospheric configuration. The quadrupole magnetosphere has quite different features in the plasma sheet and magnetotail in comparison with the usual dipole magnetosphere.

地球の固有磁場は双極子成分が1桁程度卓越しているが、その他の多重極子成分も少なからず存在する。ところが、1990年版のIGRFモデルによると地球磁場の主成分である双極子成分は年毎減少する傾向にあり、現在の割合で減少し続けると仮定すると、約1600年後には双極子成分が極端に小さくなり、四重極子成分が主磁場になると予想される。この傾向は地球磁場の永年変化の1つである磁場逆転が起こりかけていると見なすことができる。永年変化は、数千年以上のタイムスケールで変化するため、現在では古地磁気学からのみ知ることができる。それによると、地球磁場の双極子成分は過去に何回も逆転していることが示されており、その磁場逆転時には、四重極子成分が主磁場となることが分かる。従って、地球磁場が四重極子成分を主磁場として持つ

時、どのような磁気圏が形成されるか、また、それによってオーロラ帯がどのように変化するかは興味ある問題となる。

私達は、その太陽風と四重極子を主成分として持つ磁気圏との相互作用を3次元グローバル電磁流体力学的(MHD)シミュレーションから調べた。特に、磁気圏構造に対する四重極子の効果を明瞭に見るために、四重極子のそれぞれの成分を1個づつ与えて相互作用のシミュレーションを行った。解くべき基礎方程式には有限抵抗を持つMHD方程式とMaxwell方程式を用い、初期条件と境界条件を与えて時間発展を解いた。計算手法には、高精度計算法の1つであるModified Leap-Frog法を用いた。

双極子磁場の強度が地球中心からの距離の3乗に反比例して減少するのに対し、四重極子磁場の強度は距離の4乗に反比例して減少するので、太陽風の動圧と地球磁場の磁気圧の釣り合いから決まるマグネトポーズの位置は相対的に地球に近づく。昼側磁気圏、磁気圏尾部及びプラズマシートの形成、閉じた磁力線領域と開いた磁力線領域の形成が見られるが、その磁気圏の構造は当然のことながら双極子磁場の場合と大きく異なる。

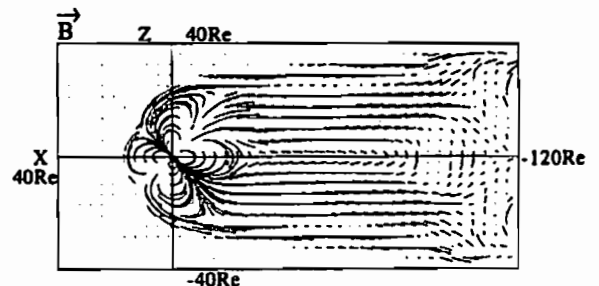


Figure 1. Simulated quadrupole magnetosphere in the noon-midnight meridian when a quadrupole component of  $g_{21}$  only exists.

## B21-09

### プラズモイド3次元MHDモデルに基づくプラズマ波動伝搬解析

\*大村 善治[1],石川 拓規[1],グリーン ジャームズ[2],松本 祐[1]  
鶴岡 正行[3],アンダーソン ロジャー[4]  
[1] 京大・超高層  
[2] NASA/GSFC  
[3] 愛媛大学  
[4] アイオワ大学

#### A Study of Plasma Wave Propagation Based on 3-D MHD Plasmoid Model

\*Yoshiharu Omura[1],Takunori Ishikawa[1],James L. Green[2]  
Hiroshi Matsumoto[1],Masayuki Ugai[3],Roger R. Anderson[4]  
[1] RASC/Kyoto Univ.  
[2] NASA/GSFC  
[3] Ehime Univ.  
[4] Univ. of Iowa

We study propagation characteristics of the plasma waves in and around the plasmoid, assuming that the waves are generated near the X point reconnection region in the Earth's magnetotail. We used a magnetic field and plasma density model of the plasmoid obtained by a three-dimensional MHD simulation [Ugai, 1995]. Based on this model, we performed three-dimensional ray tracing calculations for whistler mode waves and L-O mode waves.

The whistler mode waves are basically guided along the magnetic field, but some waves deviate from the magnetic field and propagates obliquely. We computed ray density [Omura et al., 1993], and we found caustic surfaces due to concentration of the plasma waves. When the frequency is less than the half of the electron gyrofrequency, the whistler wave propagates nearly parallel to the magnetic field. When the wave frequency is higher, the whistler wave tends to propagate in such a way as trapped within a certain angle with respect to the magnetic field.

The L-O mode waves propagate from the source point in a radial pattern including the Y direction in contrast to the propagation characteristics of the whistler mode waves. In the propagation of L-O mode waves, we can find the Spitzer reflection which is a reflection of the waves at sharp angles. The formation of caustic surfaces and the Spitzer reflection give rise to specific enhancement of the ray densities.

By generating the ray densities at different frequencies and assuming a path of spacecraft, we can obtain dynamic frequency spectra that could be observed by GEOTAIL spacecraft. We also performed many ray tracings on different source points, and combined some of them in various combination. We constructed different ray distributions for the combined source models in an attempt to identify the shape of source region through comparison with the wave spectra observation by GEOTAIL.

(1) M. Ugai, Computer Studies on Plasmoid Dynamics Associated with the Spontaneous Fast Reconnection Mechanism, Phys. Plasmas, 2, No.9 (1995).

(2) Y. Omura, J. L. Green, Plasma Wave Signatures in the Magnetotail Reconnection Region: MHD Simulation and Ray Tracing, J. Geophys. Res., 98, 9189 (1993).

## B21-10

A three-dimensional hybrid simulation of magnetotail reconnection

○ M. S. Nakamura<sup>1)</sup> and M. Fujimoto<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University, <sup>2)</sup>Earth and Planetary Sciences, Tokyo Institute of Technology

We study magnetic reconnection using a three dimensional hybrid simulation (ion particle, charge neutralizing massless electron fluid). For the initial state, we use a periodic Harris-type current sheet model where current sheets separate the lobe regions with antiparallel magnetic field components in the x direction (Sun-Earth direction). The normal of the current sheet is along the z direction (north-south direction). In order to obtain fast magnetic reconnection, a three-dimensionally localized Joule-type anomalous resistivity fixed in a current sheet is included in the code. In the course of the magnetic reconnection, the plasma flow pattern and the field geometry show highly asymmetric features in the y direction (dawn-dusk direction). The reconnection jets away from the

diffusion region curve to the +y direction (duskward). There are more magnetic field lines sucked into the diffusion region from the -y region than from the +y region. These features are due to the fact the ions flowing into the diffusion region and reconnection jet regions are accelerated by the reconnection electric field in the +y direction and execute gyromotion about Bz. These ion motions break the initial cross-tail current system supported by the ion drift in the current sheet and induce electron flow drawing into the diffusion region together with field line from the -y region yielding the asymmetric field geometry.

\*Masahiro Hoshino[1], Iku Shinohara[1]  
[1] ISAS

It is known that the plasma sheet is unstable to the lower-hybrid drift (LHD) instability in the cross-tail current direction and also to the magnetic reconnection mode in the sun-earth direction. The LHD waves grow much faster than the reconnection mode, and the LHD wave activity is believed to be important to the dynamical evolution of the plasma sheet through the excitation of an anomalous resistivity, electron plasma heating and acceleration. However, the coupling of the LHD waves with their small scale wavelengths to a large scale magnetic reconnection mode is not yet understood. In order to study this nonlinear plasma process, we use a three-dimensional particle-in-cell simulation code in which both ions and electrons are treated as particles. We study the time evolution of a thin current sheet (where ion Larmor radius is comparable to the thickness of the current sheet) described by the Harris equilibrium. Our simulation results show that the LHD waves enhance the plasma sheet electric current in the early evolution of the plasma sheet by reducing the neutral sheet plasma density, which in turn initiates the onset of the magnetic reconnection. Associated with the growth of the LHD waves, the strong electron heating can be observed. The activity of the LHD waves, however, diminish as the reconnection grows especially near the X-type region. The results indicate that the magnetic energy dissipation around the X-type region is provided by the collisionless reconnection process. Although our simulation results is different from the standard picture such that the anomalous resistivity excited by the LHD turbulence initiates the magnetic reconnection, the LHD waves is still important for the triggering of the magnetic reconnection in the linear growth phase as well as the electron heating.

B会場

10月3日(金)

13:00~15:30

# 電磁圏 - I

## Ionosphere-Magnetosphere Coupling - I

oral: B22-01~09

poster: B22-P238~P247

座長

西谷 望 (名大・STE研)

田口 聡 (電通大)

## 中緯度の沿磁力線電流の 定量的評価

中島良一(1)、家森俊彦(1)、杉浦正久(2)、J. A. Slavin(3)

### Quantitative estimation of the Mid-latitude field-aligned currents

R. Nakashima(1), T. Iyomori(1), M. Sugiura(2), J. A. Slavin(3)

- (1) Geophysical Institute, Faculty of science,  
Kyoto University  
(2) Research Institute of Science and Technology,  
Tokai University  
(3) Goddard Space Flight Center

From DE-2 satellite observations it has been suggested that the mid-latitude field-aligned currents centered at (magnetic local time, invariant latitude) = (4 MLT, 40° N), (4MLT, 40° S) flow upward, and those at (20MLT, 40° N), (20MLT, 40° S) downward.

In this paper, we analyze the currents quantitatively. Using the magnetic field data from DE-2, we have calculated the current density as follows:

1. Calculation of the deviation from the main field by subtracting the model field from the observed field
2. Sorting the data into four sets: (AE<100nT, northern winter), (AE<100nT, northern winter), (AE<100nT, northern summer), and (AE<100nT, northern summer) to examine the correlation between the currents and geomagnetic activity and the seasonal variation of the currents.
3. Calculation of the average in each of the 3° x 3° meshes over the earth.

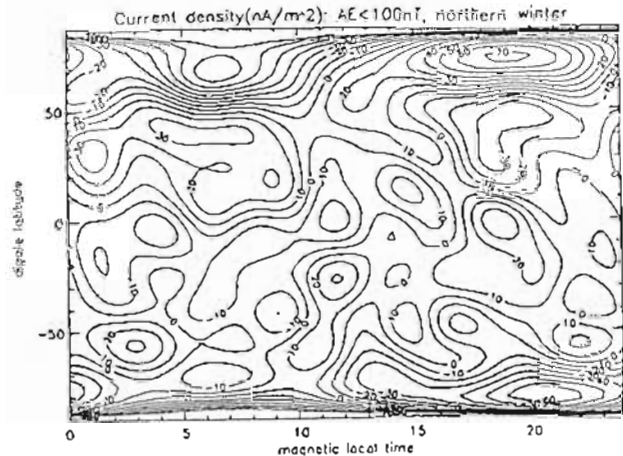
4. Expansion of the averaged field by spherical harmonic functions.

$$B(\theta, \phi) = \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=-n}^n [a_n^m P_n^m(\cos \theta) \cos m\phi - b_n^m P_n^m(\cos \theta) \sin m\phi]$$

5. Taking the curl of each term of the series and summing the results to calculate the current density.

As the results, the density of the mid-latitude field-aligned currents is about 30 nA/m<sup>2</sup>, and the region of the current spreads over a few thousand km range so that the total current is 10<sup>7</sup> - 10<sup>8</sup> A, which is as intense as the eastward current observed by DE-1 in the dayside inner magnetosphere [Nakabe et al., 1997]. It may be construed as being evidence that the mid-latitude field-aligned currents is connected with the eastward current in the inner magnetosphere.

We will also discuss the generation mechanism of the mid-latitude field-aligned currents. One of the possibilities for driving force is the neutral wind in the ionosphere.



## Modeling of the polar ionospheric convection for northward interplanetary magnetic field

\*Satoshi Taguchi(1), Masahide Warashina(1)  
(1) Dept. of Electronic Engineering, The Univ. of Electro-Communications

Recent studies have shown that the polar ionospheric convection for northward IMF has various configurations. The convection can show a reverse pattern, i.e., sunward flow at the highest latitudes and anti-sunward flow on both sides of the sunward flow region, a standard two-cell pattern similar to the one for southward IMF, or an irregular pattern which has multiple sunward and anti-sunward flow regions. The polar cap potential associated with the first two convection patterns becomes strong as the magnitude of IMF is large, and the potential can reach about 100 kV.

The purpose of this study is to develop a quantitative potential distribution model that represents the above two convection patterns and also the transition between them. Using the potential data obtained by the DE 2 satellite, we produce an empirical model that can be represented as a function of solar wind parameters and dipole tilt angle, and therefore the produced model will be used for forecasting the polar cap convection distribution and ground geomagnetic disturbances when the quasi-real time solar wind data are available.

The potential data from the 176 dawn-dusk passes of DE 2 have been used. These passes were selected by requiring the IMF hourly value  $B_z > 1$  nT for the preceding 2-hr interval and the satellite crossing of latitudes higher than 80 invariant latitude.

We first identify the locations of the potential peak and zero potential occurring each satellite pass, and determine control parameters for these locations. Then we reproduce these locations by linear multiple regression models with the control parameters. When the reverse

convection pattern appears in the daytime sector, positive and negative potential peaks occur on the duskside and dawnside, respectively. Our analysis shows that the dawn-dusk shift of the location of these potential peaks, for example, is well modeled by a function consisting of the IMF clock (Y/Z) angle and the dipole tilt angle. Next, how potential values are distributed on the model locations is determined. Using these determined potential values, potential distribution in the two-dimensional polar region is interpolated, and a quantitative model is obtained. The obtained model will be compared with the observation.



Dynamics of the ionospheric convection flow associated with a sudden southward turning of the IMF Bz

N. Nishitani and T. Ogawa (STEL, Nagoya Univ.)  
 N. Sato and H. Yamagishi (NIPR)  
 M. Pinnock (BAS), SuperDARN PI's

Study of the ionospheric plasma flow dynamics following the sudden changes in the IMF Bz component is important for the understanding of the dynamics of the magnetosphere, such as the reconfiguration of the magnetosphere associated with the changes in external conditions, and triggering mechanisms of substorms. There have been few studies on two-dimensional dynamics of the ionosphere, however, mainly because most of the previous studies have been based on one-point observations, with which it was difficult to separate spatial and temporal changes.

Recently the SuperDARN has been highlighted as a powerful tool to separate both spatial and temporal changes in the ionospheric flow pattern (Greenwald et al., 1995). Hanuise et al. (1993) studied the ionospheric flow dynamics associated with the northward turning of the IMF Bz by using one set of bistatic HF radar system. Since the SuperDARN network has been established only recently, the statistical analysis on this subject is yet to be completed.

In this paper we study one example of the ionospheric flow dynamics associated with the sudden southward turning of the IMF Bz component. On September 5, 1995, the IMP-8 satellite observed a southward turning of the IMF Bz from +6 nT to -19 nT at 1716 UT, after being northward for about 2 hours. After that the IMF remained constant for about 30 minutes (see Figure 1). The Syowa South radar, located in the dusk sector, observed a sudden change in the flow direction at 1732 UT from poleward to equatorward, about 16 minutes later than the change at the satellite. At 1760 UT, 18 minutes later, there was another sudden change in the flow pattern in the field of view of Syowa South radar, with the equatorward flow more enhanced. These signatures might suggest that there are two steps of the response of the ionosphere to the IMF Bz change,

with delay times of 16 and 34 minutes respectively. The more detailed analysis will be presented.

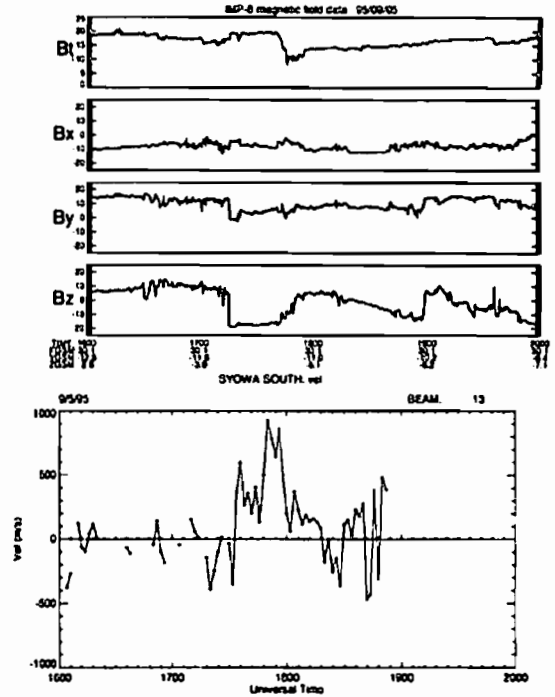


Figure 1. (top) IMP-8 IMF for 1600-2000 UT, September 5, 1995. (bottom) Line-of-sight velocity of the ionospheric plasma at Beam 13, Range 10 of the Syowa South radar (below). The bottom panel has been displaced 14 minutes relative to the IMF.

磁気圏電離圏結合系におけるトロイダルモードに対する電離層ホール伝導度の重要性

°藤田茂(気象大) 糸長雅弘(九大中央計数施設)  
 中田裕之(京大理) 吉川新正(九大理)

Importance of the Hall Conductivity Effect on the Behavior of the Toroidal Mode Oscillations in the Magnetosphere-Ionosphere System

°S.Fujita<sup>1</sup>, M.Itonaga<sup>2</sup>, H.Nakata<sup>3</sup>, and A.Yoshikawa<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Meteorological College, <sup>2</sup> Computation Center, Kyushu Univ.  
<sup>3</sup> Faculty of Science, Kyoto Univ., <sup>4</sup> Faculty of Science, Kyushu Univ.

The ionosphere effects on the MHD oscillations are considered in a numerical method by using the complete set of the ionosphere boundary conditions presented by Itonaga, et al. (1995). Since the poloidal mode (or the global mode, the fast magnetosonic mode) is not effectively affected by the ionosphere, the toroidal mode (or the field-line resonance mode, the Alfvén mode) is mainly studied. We concern here the two topics; the Hall conductivity effect and the effect of the inclined magnetic field lines to the ionosphere.

The Hall conductivity effect has been neglected in the MHD oscillation theory because this effect seems to be negligible. On the other hand, Yoshikawa, et al. (1995) demonstrated the Hall conductivity effect; the eigenfrequency of the toroidal mode oscillation is controlled by the Hall conductivity in the case of no Pedersen conductivity. We evaluate quantitatively the Hall conductivity effect here under the condition where both Pedersen conductivity and Hall conductivity have the same order of magnitudes. As a result, the behavior of the toroidal

mode oscillations in the magnetosphere is mainly controlled by the Pedersen conductivity when the ionosphere conductivity (the Pedersen conductivity and the Hall conductivity) is larger than the Alfvén conductance. While, the ionosphere Hall conductivity modifies the behavior when the ionosphere conductivity becomes smaller. These results are consistent with Yoshikawa and Itonaga (1996). On the other hand, it is obtained that the Hall conductivity effect is essential to the ground magnetic signatures for any values of the ionosphere conductivity. Our numerical results indicate that, to evaluate the ground magnetic signatures, we must solve self-consistently the MHD equations and the ionosphere boundary conditions. The damping factor of the toroidal mode oscillation is also significantly modified by the Hall conductivity even if the ionosphere conductivity is much larger than the Alfvén conductance.

The effect of the inclination of the magnetic field lines to the ionosphere is equivalent with decrease in the Pedersen conductivity by factor of  $\sin I$  where  $I$  is the inclination angle and also decrease in the Hall conductivity by  $\sqrt{\sin I}$ .

We shall refer to the asymmetry in the ground magnetic intensity at the conjugate points based on our numerical calculations.

Reference

Itonaga, et al. *J. Geomag. Geoelectr.*, 47, 459, 1995.  
 Yoshikawa, *Proc. NIPR Symp. Upper Atmos. Phys.*, 8, 49, 1995.  
 Yoshikawa and Itonaga, *Geophys. Res. Lett.*, 23, 101, 1996.

## B22-05

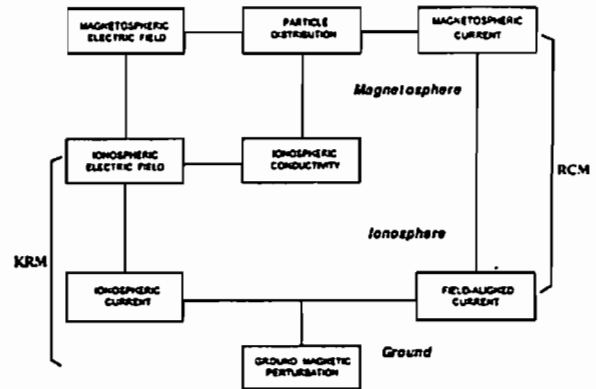
### Combining the KRM Algorithm and Rice Convection Model

J.-H. Shue<sup>1</sup> and \*Y. Kamide<sup>1</sup>, J. Freeman<sup>2</sup>, B. Hausman<sup>2</sup>, R. Wolf<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University  
<sup>2</sup>Rice University, Houston, Texas, USA

The KRM algorithm is a technique of inverting ground-based magnetometer data to electric fields and the current system in the polar ionosphere. Since the KRM algorithm proceeds without assuming any statistical patterns, its output is more realistic than that of assimilative mapping of ionospheric electrodynamics (AMIE) procedure. Also, the output of the KRM can be generated on a real time basis, as long as information on the ionospheric conductivities is given.

The rice convection model (RCM), on the other hand, is a theoretical model that traces plasma on the equatorial plane of the magnetosphere, enabling us to calculate particle pressure and electric fields in the inner and middle magnetosphere, that are coupled with those in the polar ionosphere. However, the RCM requires the input of the electric potential in the ionosphere, as one of the boundary conditions. In the past, the RCM has usually adopted statistical patterns of the electric potential, e.g., Heppner and Maynard patterns, or very simple mathematical representations. As we are aware, the statistical patterns cannot well represent real-time changes in the ionosphere, particularly during substorms.

In this study, we try to combine the KRM algorithm and RCM. The output of the KRM is used as the input of the RCM. To demonstrate this effort, we show a flow chart in Figure 1. This flow chart also shows the coupled relationship between the magnetosphere and ionosphere.



This combination is useful for space weather nowcast and forecast. It is now possible to estimate changes of the magnetospheric parameters on the basis primarily of the ground-based magnetometer observations.

## B22-06

### 衛星、地上多点観測網で観測された DP2 電流系について

<sup>0</sup>立原裕司, <sup>1</sup>堀元博文, <sup>2</sup>藤井良一  
<sup>1</sup>九大・理, <sup>2</sup>名大 STE 研

Global Characteristics of DP2 type Disturbances and Currents Observed in Space and on the Ground

<sup>0</sup>H. Tachihara, <sup>1</sup>K. Yumoto, <sup>2</sup>R. Fujii  
<sup>1</sup>Kyushu Univ., <sup>2</sup>STE Lab, Nagoya Univ.

We investigated the penetration process of electric field from the polar magnetosphere into geomagnetic equator by using the data in the solar wind, auroral ionosphere and from globally separated geomagnetic stations. We will present the example of DP2-type penetration of disturbance from the polar magnetosphere into the equator and the ionospheric current system caused by that disturbance.

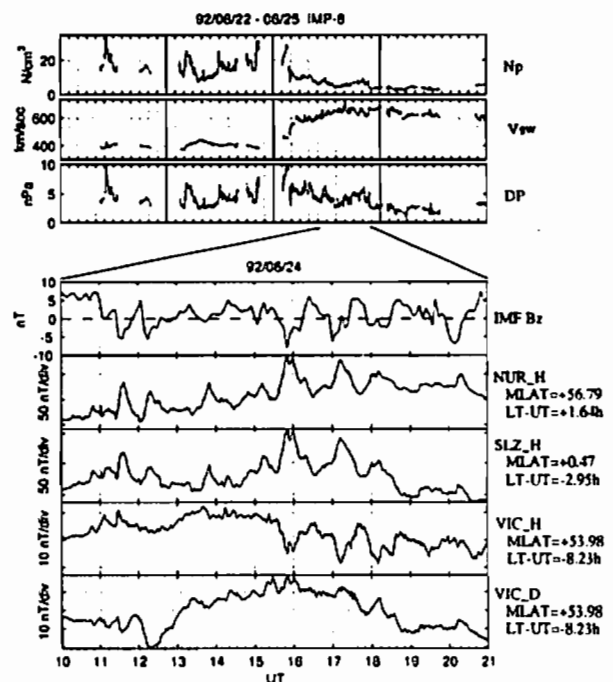
惑星間空間電場の大きさとその磁気圏、電離圏への侵入には、太陽風速度と IMF の南向き成分が大きな役割を果たす。今回、太陽風、高緯度電離圏、及びグローバルな地上磁場データを解析して得られた、DP2 的な変動電場の侵入とその電離圏電流系について報告する。

図中、6/24 に太陽風イオン密度 ( $N_p$ ) は平常にもどったものの、太陽風速度 ( $V_{sw}$ ) は増加し、太陽風擾乱が電離圏に侵入しやすい状態であったと思われる。この日、10-21 UT にかけて IMF Bz の変動とスカンジナビアの NUR、昼側磁気赤道の SLZ の磁場 H 成分の DP2 型変動がよく呼応し、太陽風変動電場が極域経路で昼側磁気赤道まで侵入していることがわかる。また、15-20 UT にかけて、カナダ VIC の磁場 H、D 成分変動の様子から、朝側の DP2 電流渦の発達もうかがえる。

講演では、EISCAT による高緯度電離圏のデータも交えて議論を行なう。

**Acknowledgment.** We are indebted to the Director and staff of EISCAT for operating the facility and supplying the data. EISCAT is an international Association supported by

Finland (SA), France (CNRS), the Federal Republic of Germany (MPG), Japan (NIPR), Norway (NFR), Sweden (NFR) and the United Kingdom (PPARC).



## B22-07

イメージングリオメータで観測された経度方向に伝播するインパルスのCNA変動

\*加藤 賢一[1], 山岸 久雄[2], 佐藤 夏雄[2]  
[1] 通信総合研究所  
[2] 国立極地研究所

### Impulsive CNA variations with longitudinal propagation observed by IRIS

\*Ken-ichi Kato[1], Hisao Yamagishi[2], Natsuo Sato[2]  
[1] Communications Research Laboratory  
[2] National Institute of Polar Research

The impulsive CNA variations with quasi-periodic pulsations is observed by Imaging Riometer (IRIS) at Tjornes, Iceland. The impulsive CNA variation propagates on longitude. On 1991 Nov. 9, The CNA variations show about 117sec period and eastward propagation of about 15km/s on 90km altitude. We discuss how electron precipitations with longitudinal propagation occur in magnetosphere, as clarifying the characteristics of the CNA variations from IRIS data and the associated phenomena.

周期性を持ったCNA変動は、これまで磁気圏内における圧縮性の電磁流体波によるホイッスラー波の変調に伴う電子降下の変動であると考えられてきた。本研究では、準周期性を持つインパルスのCNA変動もその様な発生機構で説明できるか、アイスランドのチオルネス(Tjornes: InvLat, 66.9°)に設置されたイメージングリオメータ(IRIS)で観測されたデータ及び同時観測されたELF/VLF電波強度から明らかにする。

1991年11月9日1035~1055UTに観測された準周期性を持つインパルスのCNA変動の場合、そのCNA変動の周期はおよそ117秒程度であった。IRIS視野内では、この周期のCNA変動は経度方向に位相変化を示さないが、経度方向では東方向の伝播を示し、その速度は高度90kmで約15km/s、磁気圏に投影すると約300km/sである。一方、CNA変動の振幅には顕著な空間変化は見られなかった。また、このCNA変動に伴って同周期のELF/VLF変動及びIRIS近傍に共役点のある静止衛星1987-097で同周期の30~100keVの高エネルギーの電子フラックス変動も観測された。

同時にELF/VLF変動が観測されている事から、準周期性を持つインパルスのCNA変動はホイッスラー波の変調に伴う電子降下の変動である。

る。しかし、この時磁気圏内では圧縮性の電磁流体波が存在していなかったと次の理由から予想される。1) 地上で観測された地磁気変化は電磁層起源である。2) IRIS視野内(約200km四方)で顕著なCNA変動の位相変化がないので電磁層で遮蔽されている様な波動は磁気圏にはない。3) 磁気圏の収縮を示すような磁場変化が低緯度で観測されていない。4) 磁気圏内におけるCNA変動の伝播速度はFast modeの電磁流体波の速度(6.6Reで約1000~2000km/s)よりも非常に小さい。したがって、磁気圏内でのホイッスラー波の変調は圧縮性の電磁流体波ではなく、同周期の変動が現われていた30~100keVの高エネルギーの電子密度の変化が関係すると考えられる。磁気圏内における30~100keVの高エネルギー電子のドリフト速度(数10km/s程度)を考慮すると、この電子密度の変化は1波長に相当する空間変化が約1000~2000km程度である高エネルギー電子の構造が東方向に伝播することによってできたものであると予想される。

## B22-08

オーロラ/大気光分光計測のための新しい絶対校正システムの構築

○竹下 秀(東海大・総合科学技術研究所)  
岡野章一, 田口 真(国立極地研究所)

A new absolute optical calibration system for spectral radiometric measurement of aurora and airglow

Os. Takeshita<sup>1</sup>, S. Okano<sup>2</sup> and M. Taguchi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Research Institute of Science and Technology, Tokai University

<sup>2</sup>National Institute of Polar Research

An absolute calibration system using an integrating sphere for spectral radiometric measurement of aurora and airglow has been constructed at the National Institute of Polar Research. The calibration system is composed of a 1.9m diameter integrating sphere, a 150W halogen tungsten lamp and a controller. Outline of the system and preliminary results will be presented.

はじめに

現在、様々な手法を用いて、オーロラや大気光の計測が行われている。これらの光学計測に物理的な意味を持たせるには、装置感度の高感度の絶対校正が不可欠である。これまでは狭視野のPhotometer観測が幅広く行われてきたが、近年、電子技術の発展に伴って全天空を観測するImagerや広視野のPhotometerが使用されつつある。Imagerの校正には立体角 $2\pi$ で均一な放射輝度特性を示す面光源が必要である。内径1.9mの積分球をメインとする絶対校正システムを国立極地研究所に導入した。本報では、システムの概要と初期実験結果について報告する。

校正システムの概要

積分球絶対校正システムは、積分球の内面の放射輝度分布は均一である事を利用し、積分球内壁を校正面としてImagerを校正する装置である。積分球、光源、コントローラー、630nm分光放射輝度モニターの4つの部分から構成される。積分球は内径1.9m、内面はOptron2(OpTronic)でコーティングされている。光源は積分球外部に取り付けてあり、150W リフレクタ付きハロゲンタングステン電球1灯で積分球内壁を照明する。積分球内壁の分光放射輝度は高感度干渉フィルター付きモニターシリコンフォトダイオードで測定する。内壁の放射輝度は光源部に取り付けられているスリットによって調整可能である。長時間的な変動を押さえるために、モニターシリコンフォトダイオードの出力をフィードバックし、スリット幅を自動的に調整するシステムを採用している。

この積分球の校正はNational Institute of Standards and Technology, USAトレーサブルの積分球光源(OL455, OpTronic)を光源として校正された分光放射輝度計(OL750, OpTronic)によって校正されている。積分球の使用可能波長域は300 - 1000nm, 630nmの分光放射輝度は $4R/nm - 120kR/nm$ の範囲で調整可能である。また、内壁の均整度は立体角 $2\pi$ の範囲内で $\pm 5\%$ 以内である。

現在、予備実験を行いつつシステムの調整をすすめている。全国の関係者に利用して頂くことを希望しているので、本システムに対するご意見、ご要望などいただくと幸いです。

## B22-09

### あけぼの衛星で観測された 電子降下・波動現象と昭和基地における オーロラの同時比較

・瀧澤博和、森岡 昭、三澤浩昭、高橋幸弘（東北大理）、  
宮岡 宏、佐藤夏雄（極地研）、向井利典（宇宙研）

Simultaneous Observation between Electron Precipitation/  
Plasma Waves by AKEBONO Satellite and Auroral  
Dynamics at Syowa Station

°H. Takizawa, A. Morioka, H. Misawa, Y. Takahashi  
(Tohoku Univ.),  
Miyaoka, N. Sato (NIPR) and T. Mukai (ISAS)

AKEBONO (EXOS-D) satellite was located above Syowa Station in Antarctica with the distance about 45 km at 0:14:00 UT, Sep. 18, 1992. The electron precipitation and plasma waves associated with auroral structure were observed by AKEBONO satellite at the altitude of 8000 km around 0:12:00 UT. Auroral image data were obtained simultaneously by SIT TV camera at Syowa Station. We examine the relationship between the electron precipitation/plasma waves at the satellite altitude and auroral structure.

本研究では、あけぼの衛星で観測された電子降下・波動現象と南極昭和基地で観測されたオーロラとを高い時間・空間分解能で比較し、オーロラと降下粒子・波動との対応を明らかにしていく。

1992年9月18日0時14分（世界標準時）のサブストームの回復期にあけぼの衛星が高度約8000kmで、昭和基地からfoot-printの距離で約45kmという極めて近い場所を低緯度側から高緯度側へと通過した。

## B22-P238

### あけぼの衛星で観測されたUF1の IMFとの関係

・三宅 互・向井利典・賀谷信幸  
(通信総研・宇宙研・神戸大工)

Relationship of UFIs Observed by Akebono Satellite  
to IMF

W.Miyake, T.Mukai, and N.Kaya  
(CRL, ISAS, Kobe Univ.)

Ion conics are frequently observed above the cusp/left regions. The conics in the region are supposed to be energized by a energy input from the dayside magnetospheric boundary region. Thus, it is expected that the energization of the ions are under some influence of IMF. We present the relationship of dayside UFIs observed by Akebono satellite to IMF.

イオンコニクスが、夜側のオーロラオーバル上空よりも昼側のカスプ/クレフト帯でより頻りに観測されることは、よく知られている。その理由ははまだ明らかではないが、このカスプ/クレフト帯のイオンコニクスは、昼間磁気圏境界領域からの直接のエネルギー流入の結果として、磁力線垂直加速/加熱を受けているものと思われる。仮にそうであれば、カスプ域での対流や電流系に直接的な影響を持つIMFにたいして、イオンコニクスもなんらかの関数を持っていることが期待される。この研究では、あけぼの衛星搭載低エネルギー粒子計測器(LEP)で3年間に観測されたUF1:イオンコニクスとイオンビームについ

地上からは昭和基地(0:30 MLT)でのSITカメラを用いた全天オーロラ高密度TV観測により、昭和基地の低緯度側にオメガバンドが観測され、オメガ構造のすぐそばにあるディフューズオーロラの領域をあけぼの衛星が通過した。このときのSITカメラデータから0.8秒毎のあけぼの衛星のfoot-printに沿った時々刻々のオーロラ発光強度を求めた(Fig.1)。あけぼの衛星では、波動・粒子・磁場データが得られているが、このオーロラを通過する際に、LEPによる低エネルギー粒子観測によって、逆V字型の降下電子とその高緯度側に引き続くプラズマシート起源の降下電子が観測されている。またPWSによるプラズマ波動観測によると、オーロラの明るい部分に対応してLF帯の静電的ホイッスラー波と考えられる波動の強度も増大している。

講演では、これらあけぼの衛星と地上との同時観測データを用いて、衛星高度におけるオーロラの構造と対応した降下電子の同定を試み、in-situの粒子フラックス増大域とオーロラ発光域との対応について詳細に議論する。

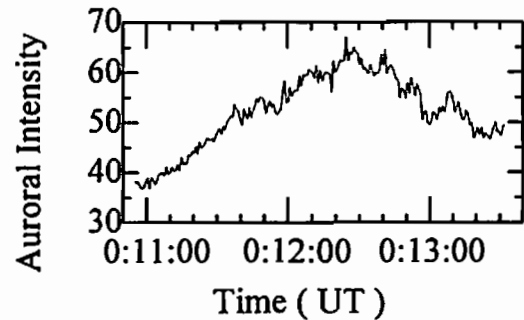


Figure 1. Auroral intensity along the Akebono footprint observed by SIT TV camera at Syowa Station in Antarctica.

て、IMFのIMFデータとの比較をおこなってみた。イオンビームはコニクスとの対比という意味で、解析に含めている。UF1は16秒間の積分データについて、1つ1つ検出/非検出が判定され、IMFは5分値を用いた。検出されたUF1は52934例で、そのうち18330例に対応するIMFデータがあった。IMFのBzの符号に対するイオンコニクスとイオンビームの発生頻度の関係を、UF1のエネルギーが100eV以下か以上かで分けて示したのが表1である。高度と緯度については積分してある。このMLT帯では、イオンビームの発生頻度は総じて低く、Bzの符号について、ほとんど差がない。しかし、イオンコニクスは、発生頻度がBzマイナスで大きく、特にエネルギーの高いものがより増大しており、IMFの影響が大きいことがわかる。

表1. IMFのBzの符号に対するUF1の発生頻度の変化

MLT(hour)	9-12	12-15
Energy(eV)	Ei<100 : Ei>100	Ei<100 : Ei>100
Occurrence(%)		
Ion Conics		
Bz<0	13.1 : 2.5	9.0 : 1.7
Bz>0	6.5 : 0.9	5.8 : 0.6
Ion Beams		
Bz<0	1.3 : 0.9	1.3 : 1.5
Bz>0	1.9 : 1.1	1.1 : 1.6

## B22-P239

### 「あけぼの」LEP観測によるカスプイオンの 降込みと太陽風プラズマおよび磁場との関係

\*浅井 佳子[1], 前沢 潤[1], 向井 利典[2], 賀谷 信幸[3], 早川 基[2]  
[1] 名古屋大理学部  
[2] 宇宙科学研究所  
[3] 神戸大工学部

#### Correlations Between Cusp Ion Precipitation and Solar Wind / IMF Conditions

\*Keiko Asai[1], Kiyoshi Maezawa[1], Toshifumi Mukai[2],  
Nobuyuki Kaya[3], Hajime Hayakawa[2]  
[1] Department of Physics, Nagoya University  
[2] ISAS  
[3] Kobe University

We have investigated the solar wind and IMF dependence of the low-altitude cusp properties utilizing the data from the Akebono satellite. We selected about three hundred cusp events for which both the LEP (low energy particle detector) instrument on Akebono and solar wind / IMF data are available. We defined the starting point of cusp ion precipitation as the point where the cusp ions had the highest energy in the energy dispersion along the satellite path.

From the convection flow directions derived from the electric field observations, we have confirmed the following relations between the convection flow around the cusp and the IMF directions. 1: The convection flows during the cusp ion precipitation events are directed almost in the longitudinal direction rather than in the latitudinal direction. 2: These flows are directed downward or duskward according to the sign of IMF By. 3: The latitude of the cusp precipitation starting points linearly correlates with the IMF Bz regardless of the Bz sign.

In addition, we investigated the solar wind pressure dependence of the location of the cusp precipitation starting points. The result indicates that the solar wind

pressure has a good effect on the cusp latitude only during the southward IMF not during the northward IMF. The cusp precipitation starting points are located at particularly low latitudes while the IMF is directed southward. But for northward IMF such a correlation can not be seen.

It is not obvious why the solar wind effect is present only when the IMF is directed southward. It is suggested that the compression of the magnetosphere may enhance the magnetic reconnection rate occurring at low latitudes, though other pieces of evidence are needed to confirm this point.

## B22-P240 イメージングリオメータで 観測された CNA ドリフトの共役性

藤田裕一(1) 山岸久雄(2) 佐藤夏雄(2)  
(1)総合研究大学院大学 (2)国立極地研究所

#### Conjugacy of CNA drift events observed by imaging riometers

Y. FUJITA(1) H. YAMAGISHI (2) N. SATO (2)  
(1)Grad.Univ. Advanced Studies  
(2)National Institute of Polar Research

CNA drift events were observed by an imaging riometer pair at Syowa Station, Antarctica and at Tjornes in Iceland.

Their spatial extent varies from a few tens of kilometers to more than the field of view of the imaging riometer that is 200 km. They most frequently occur around 9 MLT. Their drift speed varies from a few tens to more than 1000 m/s at an absorption layer altitude of 90 km. Diurnal variation of the drift direction is eastward in the morning and westward in the afternoon (Fig).

The drift speed and direction of the events are very similar to the pattern of magnetospheric plasma convection. Therefore the mechanism seems to be controlled by the cold plasma motion in the magnetosphere.

To confirm this, cold plasma density obtained by the geosynchronous satellite was compared with CNA and VLF emissions observed by the ground station near the foot of the field line.

昭和-アイスランド共役イメージングリオメータで、磁気圏対流の電離層への投影ではないかと思われるCNAの流れが観測された。この現象は、9MLT頃に発生するピークをもち、午前側で東向き、午後側で西向きの速度成分をもつ(Fig)。流れの速度は、電離層(D層)高度で数10m/sから数km/sである。

これらの点から、この現象は Hargreaves(1970, 1976)が共役な5ビームリオメータで、Kikuchi(1988, 1990)が片半球の掃天リオメータで扱ったのと同じ種類のものであると思われる。これまでの研究では、2次元的な観測装置が使われていなかったため、この現象の空間分布が画像として捉えられたことはなかった。この現象の源は、今までの地上観測で明らかにされたドリフトパターン等から、ExBドリフトによって移動するコールドプラズマパッチで散乱された高エネルギー降下粒子であると考えられている。しかしこれまで、磁気圏での粒子の観測例は示されてこなかった。

本研究では、共役イメージングリオメータ対でCNAドリフトを観測し、赤道面の共役点付近に位置する静止衛星の高エネルギー電子フラックスおよび低エネルギーイオン密度の観測との比較を行う。また、磁気圏での波動粒子相互作用によって高エネルギー電子のピッチ角散乱が起きていることを示すため、地上のVLF観測とも比較する。

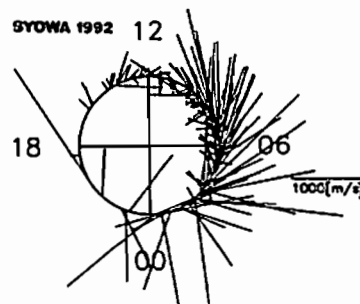


Fig  
Clock diagram of flow vectors determined by CNA drift events observed at Syowa in 1992

## B22-P241 イメージングリオメータによる

### ポーラキャップ共役点観測の初期結果

西野正徳<sup>\*</sup>(名大STE研) 佐納康治(朝日大)  
佐藤夏雄、山岸久雄(極地研) 賀籠松、胡紅麟、劉昭源  
(中国極地研)、P. Stauning(DMI)

#### Initial Results of Conjugate Imaging Riometer Observations in the Polar Cap

M. Nishino(STEL,Nagoya Univ.), Y. Sanoo(Asahi Univ.),  
N. Sato, H. Yamagishi(NIPR), He. Longson, Hu Hongquan,  
Ruiyuan. Liu(PRI, China), P. Stauning(DMI)

An imaging riometer(operating frequency, 38.2 MHz) was newly installed at Zhongshan Station, Antarctica(L=13.9) in January 1997, along with a magnetometer, an all-sky TV and a photometer. Imaging riometer which measures two-dimensionally ionospheric radio wave absorption is a powerful tool for conjugate observation of auroral particle precipitation in the polar-cap. We present initial results of absorption events observed during about two weeks in January-February 1997, comparing with simultaneous observation results in Ny-Alesund and Longyearbyen, Svalbard which are nearly located at geomagnetic conjugate point in the arctic region.

極地研究所と中国極地研究所との外国共同研究として、1996年12月から1997年3月までの約50日間、著者の2人(西野、佐納)が中国中山基地を訪問し、イメージングリオメータ、及び磁力計の新設と、オールスカイTV、及びフォトメータを再建した。中山基地及び地磁気共役点に近いNy-Alesundの位置等を表に示す。両観測点は、昼間側では、

カスプ、夜側では極冠域に位置するが、オーロラ粒子降下や電離層擾乱による電離層電波吸収を測定するイメージングリオメータは共役点観測には光学観測器に比べ、大層有用である。

中山基地でのイメージングリオメータは、観測周波数38.2 MHz、8x8のダイポールアンテナの2次元アレーで構成され、各ダイポールの間隔を1/2波長にしたことにより、視野は電離層高(90km)で200km x 200kmと広がる。また、グレーティングローブによる視野境界付近での位置決定の不確実性がなくなる利点がある。

1997年1月27日から2月10日の約2週間のCNAデータを解析し、特に1月30日1730 UTから始まった顕著なCNA現象を紹介する。中山基地では、夕方(18hMLT)で強くて急峻な地磁気負変化(~800nT)に伴って、2-3分の短時間のCNAが観測され、ピークの吸収量が8dBにも及ぶ。この吸収は極方向にドリフトする東西に延びたアーチの中の局所領域で現れる。一方、北半球のNy-Alesundでは、この強い吸収に対応した吸収が視野の低緯度側の西側境界付近に現れる。この後、1-2dBの弱い吸収が約10分間南北両地点で同時に視野内で観測された。このような共役性は、最近のT96-01 magnetic field model(Tsyganenko)で計算される共役点と良く一致する。しかし、南北で吸収量が著しく異なる観測結果は磁気圏内サブストームの発生機構に関係するかどうかは興味深い。

	Geogra. lat./lon.		Corrected G.M.		MLT Midnight	IGRF M.G.
Ny-Alesund	78.92	11.92	76.08	112.42	20:47	53,944 nT
Zhongshan	-69.40	-76.40	-74.52	96.00	22:15	53,723 nT

## B22-P242

### 準Realtime・Dst指数及びAE指数の公開 <sup>\*</sup> 亀井登水、荒木徹(京大理)、杉浦正久(東海大)

#### Service of Near Realtime Dst and AE Indices

T. Kamei, T. Araki(Kyoto Univ.) and M. Sugiura (Tokai Univ.)

Responding to the growing demands for quicker availability of the Equatorial Dst index (Dst index, hereafter), and the Auroral Electrojet index (AE index) we started derivation of near realtime indices. A Near Realtime Dst index was made available in October 1996 and a Near Realtime AE index in January 1997, for the first time, as part of the WWW services of the WDC-C2 for Geomagnetism.

For many years in the past, each of the Dst Index and the AE index has been made available in two steps. The first of these steps is the Provisional Index, which is derived as soon as the necessary (provisional) data are received from the contributing observatories, and which is disseminated by post or by other means. The Provisional Index is meant only for uses for diagnostic purposes. The second step is the final Index, which is derived and distributed on an annual basis with good enough quality for scientific analysis. We have now added one more step for quick-look monitoring purposes.

The problem in the derivation of the AE index lies mainly in the quality of data. The problem with the provisional AE index is the difficulties in obtaining data from the stations. Especially data from the Russian observatories present the most difficult problems. To reduce these problems, we started cooperative work with Russian institutions such as AARI, IZMIRAN, WDC-B and IKFIA for digitization and transmission of data in conjunction with STEP, WDC Panel and INTERMAGNET projects.

For derivation of a Near Realtime AE index, we are making further effort to collect data by various communication methods through cooperative works such as INTERMAGNET, SCOSTEP and WDC projects, in order not to

reduce the number of contributing stations. Because of the nature of the calculation method, AE index is very sensitive to missing stations.

Of the 12 AE stations, we are now able to receive data almost on realtime (every hour) from one station (Abisko), on a daily basis from 7 stations (College, Tixi, Yellevnife, Fort Churchill, Poste-de-la-Baleine, and Narsarsuaq). There still remain serious problems in obtaining data from the Russian stations, but we have some good indication of possibility of rapid data collection, so that we hope to be able to increase the number of stations for the Near Realtime AE index.

We have experienced difficulty in data acquisition in a timely manner because of frequent network problems. Therefore we are seeking improvements by installation of backup telephone lines at some of the stations.

The Near Realtime AE and Dst indices are also called quick-look (QL) AE index and quick-look Dst index, respectively. Users are strongly advised to use them only for diagnostic purposes, because of possible errors in the data and spurious variations caused by incomplete data coverage.

The QL values of AE and Dst indices are updated frequently as missing data are filled, so these QL indices are subject to change. QL AE index is plotted in colors which show the number of stations used at each minute to give an indication of reliability of data (4 out of the 12 stations being not available even in the best cases). We receive requests to provide the values of QL indices for prediction purposes. Investigations are underway to find how we can provide QL values as input of the prediction workers without possible confusion.

Both the quick-look Dst index and quick-look AE index are given daily on our WWW with a 12 hours delay at present, and are updated daily. To make the QL AE and QL Dst indices more reliable than they are now, data from more stations are needed and improved reliability of data at each station is urgently required.

## B22-P243

A case study of a substorm  
observed with AKEBONO UV imager and Halley HF radar

\*A. Kadokura, M. Ejiri (NIPR), E. Kaneida, T. Yamamoto (ISAS),  
T. Oguti and Mike Pinnock (BAS)

A substorm event occurred on 7 June, 1989 was analyzed. For the event, both the AKEBONO UV Auroral TV camera (ATV-UV) data and the HF radar data from Halley Bay Station were available. The former (the latter) data could provide the temporal and spatial variation of the auroral emission intensity (electric field) distribution during the course of the substorm. Figure 1 is a so-called range-time plot of the HF radar data for the central beam 8. The abscissa is the time from 23:00 UT on 6 June until 01:00 UT on 7 June in 1989, and the ordinate is the invariant latitude (ILAT) of the scatter location at 120 km altitude along the beam direction. The small black circles in Fig.1 indicate the scatter location and the thin lines drawn from the circles do the plasma flow velocity and direction. After the SC occurred at 23:13 UT, HF scatter region shifted equatorward. From around 00:00 UT on 7 June, the scatter region gradually moved equatorward, and the low latitude edge of the region reached the foot of the FOV of the beam at 00:26 UT, so the average moving speed was about 0.3 km/sec. Around 00:13 UT, a longitudinally elongated scatter region appeared at around 75 deg ILAT, and it moved equatorward with a higher speed of about 1.4 km/sec. From around 00:26 UT, the flow pattern changed such that very weak flow region appeared at 63-64.5 ILAT, and westward directed flow is enhanced at 64.5-66.0 ILAT. At 65.0-67.0 ILAT, the radial flow direction gradually changed from equatorward to poleward, and eventually, at around 00:40 UT, a clockwise flow pattern became evident. Its vortex center located around 66.8 ILAT. In the next scan during 00:41:40-00:43:16 UT, the vortex pattern became slightly weak. In the ATV-UV data, a bright auroral region appeared near Halley Bay

at 00:42:24 UT, and its central location was at 22.8 MLT and 63.5 ILAT, much lower than the clockwise flow vortex center. After that time, the bright region expanded westward, eastward, and poleward. Magnetometer data from ground stations showed that the magnetic substorm expansion phase onset should occur at 00:42:20 UT, and before the onset, a clockwise current vortex pattern should appear around the location of Syowa and Asuka Stations (65-67 ILAT, 23.5-1.5 MLT) from around 00:27 UT. There were other observations showing various growth phase signatures: 1. Increase of the CNA observed with riometers at Halley and Sanae Stations; 2. Equatorward movement of the diffuse auroral emission region observed with scanning photometers at Syowa and Asuka Stations. All these signatures became evident or enhanced from around 00:30 UT, about 12 minutes before the onset. In our presentation, we will discuss in detail about this event focusing especially on the growth phase and early expansion phase signature.

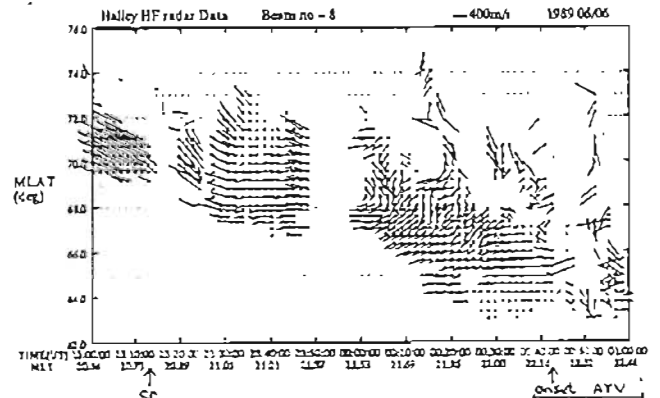


Fig.1 A range-time plot of the plasma flow observed with the Halley HF radar data for the beam 8. ATV-UV observation period is indicated by the horizontal bar.

## B22-P244

### 昭和基地 SuperDARN HF Radarの 高時間分解能観測で捉えた 昼間側カスプ域近傍の振舞い

行松 彰, 渡辺正和, 山岸久典, 佐藤夏雄 (極地研究所) 他,  
昭和基地HFレーダー研究グループ

#### Dayside Cusp Observed by High Time Resolution Syowa SuperDARN Radars

A. Sessa, Yukimaru, M. Watanabe, H. Yamagishi, N. Sato (NIPR)  
HF Radar Research Group in Japan

High time resolution observations have been carried out using Syowa East SuperDARN HF radar in order to collaborate with the ground based observations at Zhongshan Station in Antarctica. 8-second time resolution data were obtained from the special beam over the Zhongshan Station as well as global scan mode data with a normal time resolution of 2 minutes. Various interesting phenomena were found in the dayside polar cusp region using this fine time resolution data.

南極昭和基地ではHFレーダーの2基運用が本年2月より開始され、SuperDARN国際ネットワーク観測の一翼を担っている。

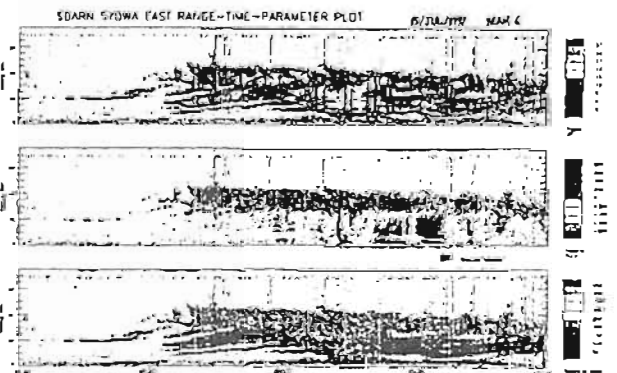
SuperDARNの観測モードは3種類あり、ひとつはSuperDARNの主たる目的のひとつである極域の広域電離層対流パターンの導出を念頭に、いわゆるCommonモード観測で、毎月半分以上の割合で実施している。それ以外の期間は、SuperDARN全体で特定の目的をもって観測を行うSpecialモード観測を実施したり、各PIがそれぞれ自由なまた独自の目的をもって観測を行うDiscretionaryモードを実施したりしている。

Commonモードは全レーダーをGPSで同期させながら、各ビーム7秒の積分時間で、16ビーム(即ち1スキャン)を2分間で観測する。このモードの時間分解能はどのビームも2分である。広域的な電離層対流パターンや比較的ゆっくりとした変化は十分に捉えられるが、

地磁気変動に伴う現象やカスプ域近傍特有の早い動きを捉えるには必ずしも十分ではない。

1997年から新たに稼働したSyowaEastレーダーの観測視野下に中国中山基地がある。日中共同観測により、この基地には磁力計、全天TVカメラ、イメージングリオメーター、掃天フォトメーター、デジゾンテ等が設置され観測を実施している。この地上観測とHFレーダーとの同時観測を行うべく、HFレーダーのレーダー制御プログラムとして最近極地で新たに開発された、一般化されたレーダー制御プログラム、“Nasu”を用いた。7月の観測では、各ビームの観測積分時間を高速の4秒とし、中山基地上空を視野に含む1ビームを8秒の高時間分解能で観測しながら、2分の時間分解能で広域の対流をも捉えるモードで実施した。この時の高速ビーム観測で得られた例を図に示した。8月には、3本の隣接するビームで3秒毎に中山基地上空の3x3の電離層イメージを取り乍ら、中心のビームは16秒の時間分解能で観測し、且つ広域の電離層パターンを2分毎に得るモードに“Nasu”を進化させて観測を行う。

これらの観測により、特に昼間側カスプ域近傍における興味深い電離層のはやい動きを連続的に捉えることができた。可能であれば、中山基地での観測結果や地磁気共役点であるスバルバル近傍のレーダー他との比較解析結果も報告する予定である。



## B22-P245

HFレーダによる長周期磁気脈動のスペクトル特性 - 序詞

\* 堀岡史久、奥澤隆志 (電通大)、佐藤夏哉、山岸久彦、行松彰 (極地研)

A Preliminary Result of Spectrum Analyses of Long-Period Magnetic Pulsations Observed by HF Radars

\* F. Morooka, T. Okuzawa (UEC), N. Sato, H. Yamagishi, and A. Yukimatsu (NIPR)

We present a preliminary result of the MEM spectrum analyses of the drift velocity of irregularities in the F region from one of SuperDARN stations, Stokkseyri, showing the evidence of several dominant spectrum peaks in the frequency range of 0.2 to a few mHz, which are not only distributed generally with smaller frequencies at higher magnetic latitudes, but also continually shifted toward lower frequencies in dynamical sense.

地上設置や衛星搭載の磁力計に加えて、近年はHFレーダやHFドップラ法による磁気脈動の観測も行われるようになってきている。とくに、高精度地帯で観測される 1 mHz 台およびそれ以下の超低周波成分については、磁気圏境界や bow shock が関与する waveguide mode 起源の field line resonance とする理論的予測もある [1],[2]。

本研究は、手始めに SuperDARN の主要メンバーをなすアイスランド西部の Stokkseyri 基地 (磁気的座標: 65.02°N, 68.57°E) における 1995年8月18日 0000-0600UT の F 領域不規則帯輝ドリフト速度 V のデータを、目視で東西方向ドリフトの向きの周期的反転が顕著なことに注目して取り上げ、パワースペクトル解析してみた結果について報告する。用いた MEM 解析器の諸元は、データサンプリング長 = 120s、データ窓長 = 3 hr、フィルター長 = 20% である。

図1は磁気緯度をパラメータとする V の変動波形、図2はそのパワースペクトルである。一般的に傾向として、高精度 (図の上方) になるほど低周波帯に顕著なスペクトルピークが出現していることが分かる。また、約 0.3mHz には精度に依らず共通にピークが認められる。また、ダイナミクススペクトル

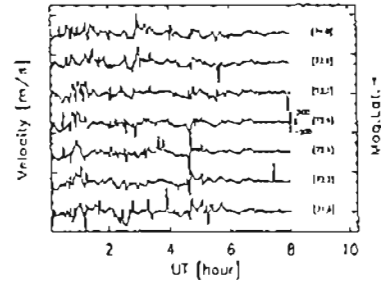


図1 ドリフト速度の変動波形例

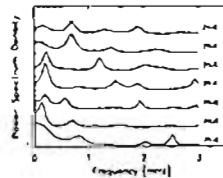


図2 パワースペクトルの例

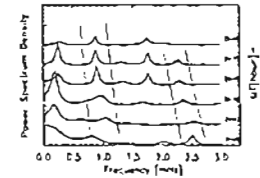


図3 ダイナミクススペクトルの例

(図3)には、地方時 (約 UT - 3hr) の夜中から明け方 (図の下方から上方) に向かうにつれて低周波帯側に連続的にシフトするピーク群も認められる。

[1] Harrold, B.G. and J.C. Samson, Geophys. Res. Lett., 19, 1511, 1992

[2] 源澤、奥澤、地球惑星科学関連学会 1996 年合同大会、A41-P15, 1996

## B22-P246

上方伝搬するオーロラヒスの特性と伝搬ベクトル解析

\* 松尾 敏郎<sup>1</sup>、西山俊宏<sup>2</sup>、木村 幹規<sup>3</sup>

<sup>1</sup>京都大学工学部、<sup>2</sup>富士通、<sup>3</sup>大阪工大情報科学部

Funnel-shaped auroral hiss and its propagation vector analysis

\* T. Matsuo<sup>1</sup>, T. Nishiyama<sup>2</sup>, I. Kimura<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Kyoto Univ., <sup>2</sup> Fujitsu, <sup>3</sup> Osaka Institute of Technology

In the night side auroral region, an auroral hiss having a sharp upper cut-off frequency is observed by the Akebono satellite above an altitude of 8,000 km. This auroral hiss is confirmed to propagate upward directions by WDF (Wave Distribution Function) method. By using a ray tracing, we confirmed that a sharp upper cut-off frequency coincide with a local electron plasma frequency. We will report about a characteristics of funnel-shaped auroral hiss and its propagation vector analysis.

DE-1 衛星 (2R ~ 5R) 以外では初めての funnel (漏斗) 型オーロラヒスがあげほの衛星で観測された。これは上方伝搬するヒスで地上では観測されない。図1に91年11月27日に観測されたスペクトrogramを示す。特徴は upper cut-off を有し、夜側でしか観測されなかった。

オーロラヒスは下方伝搬し低高度衛星で観測される V 型オーロラヒスと上方伝搬し高々度衛星で観測される funnel (漏斗) 型オーロラヒスとがある。Funnel 型ヒスからはプラズマ周波数がわかる事から<sup>(1)</sup>、オーロラプラズマキャビティ内の電子密度構造を推定することが可能である。

あげほの軌道は DE-1 と比べて低く電子密度が高い事が予想され、ヒスのカットオフ周波数は高くなる。高くなるのに、あげほの VLF 受信機の上限周波数は MCA で 17.8kHz、ワイドバンドでは約 10kHz と低く電子密度が約  $1 \text{ cm}^{-3}$  以上の領域は推定できない。このため、電子密度が低い夜側で、衛星の高度が 8,000km 以上の領域を重点的に探したところ、きれいな upper cut-off 周波数を持ったヒスのワイドバンドのスペクトrogram が 3 例見つかった。図1にそのスペクトrogram を示す。このヒスが漏斗型ヒスであるかどうかを判定するには、伝搬ベクトル方

向が上向きである事とプラズマ周波数とカットオフ周波数が一致する事を明らかにする必要があるが、プラズマ周波数が 20kHz 以下の電子密度はあげほの衛星では測定していないので確認できない。そこで、このヒスが upper cut-off 周波数をもちうるかどうかを簡単なオーロラプラズマキャビティのモデルを作りレイトリングで調べたところ、オーロラヒスのカットオフ周波数は電子プラズマ周波数に一致するときに伝搬しなくなることが分り、上方伝搬するヒスはプラズマ周波数に一致した地点でカットオフを受けることが確かめられた。また、あげほの衛星で観測されたヒスの伝搬方向を WDF 法で伝搬ベクトルを推定した結果、上方伝搬するヒスであることが確かめられた。

図1からキャビティの磁気緯度幅は少なくとも 0.9 度以上の大きさで、電子密度が  $0.45 \sim 1.5 \text{ cm}^{-3}$  にわたって変動し、その構造は単純な「壁」ではない事を示している。講演ではヒスの特性や伝搬ベクトル解析の結果を詳しく報告する。

### 参考文献

(1) Persoon A.M. et al. J. Geophys. Res., 93, 1871-1883, 1988

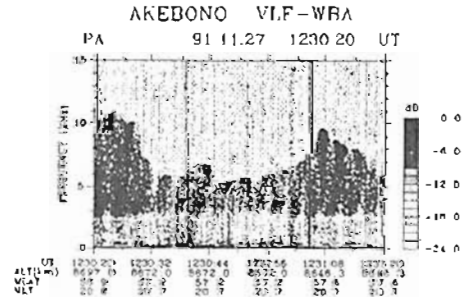


Fig.1: Funnel-shaped auroral hiss observed by the Akebono satellite.



# B22-P247

## 昭和基地における光学観測用データ収録システム

菊池雅行・行松彰・岡田雅樹  
山岸久雄・佐藤夏雄・岡野聡一  
国立極地研究所

### Multiple channel sampling system for optical measurement at SYOWA Station

M.Kikuchi, A.Sessai, Yukimatu, M.Okada, H.Yamagishi, N.Sato  
and S. Okano  
National Institute of Polar Research

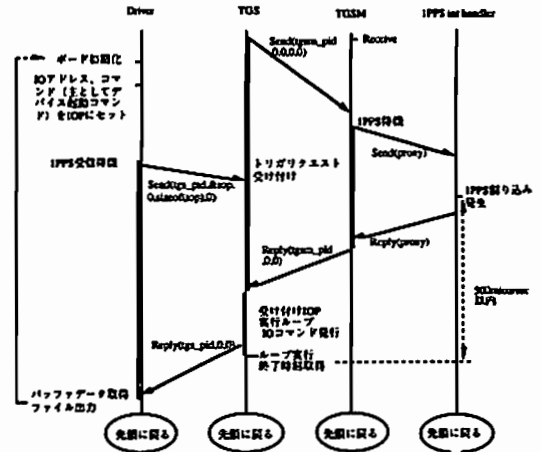
Since Feb. 15th 1997, new monitoring data storage system on PC UNIX (QNX) has been working at Syowa Station. This system was extended for Multiple anode photometer system. The feature of this system are as follows; 1) The system can get data continuously at the rate of 100Hz x 128ch or 1kHz x 128ch for snapshot. 2) AD and DIO board are controlled by 1PPS from GPS: the accuracy of 1 sec trigger for AD is less than 1 msec. 3) Data are stored on hard disk controlled by QNX, and we can access easily through the network using TCP/IP services. 4) Because the quick look system uses the recorded data on the disk, we can check recording condition itself. 5) Quick look programs are written by Xlib, so we can monitor the data and operate the system from remote site.

1997年2月15日より、昭和基地におけるデータ収録システムはファクトリー仕様のAT互換機上で動作するシステムに移行され、現在旧記録系との平行運転が行われている。39次南極観測隊のマルチアノードフォトメーター用にこのシステムを拡張した物が用いられる。このシステムは以下の特徴を持つ。1)市販のボードを用いたシステムで100Hz/128chの連続又は1kHz/128chのスナップショットサンプリングが可能。2)サンプリングトリガは内蔵GPSボードから供給され、ボードに対するトリガ時刻精度はソフトウェア経由で1msec以内。3)データが直接QNX管理のディスクに書かれるため、TCP/IP経由でネットワークからの読み出しが随時可能。4)クイックルックはディスク上に書かれたデータを読み出すのみ、記録されたデータの確認がリアルタイムで可能。5)ディスプレイはXlibで記述されているため、ネットワーク上のリモートコンピュータに表示可能。39次隊ではこのリモートコントロール機能を用いて器機の制御を行う。

通常のマルチタスクOSの場合、プロセスの切り替わり時間は数10msecから数100msecの範囲で起こる。サンプリング周波数100Hzのオーダーが必要となる超高層観測の場合、特に数カ所の同時観測を行う場合、絶対時刻精度として5msec程度が必要である。また、サンプリング終了後のレジスタリセット動作の際にハードウェアに対する直接操作は動作要求後5msec以内に終了させる必要がある。通常のマルチタスクOSの場合、プロセスの切り替わり時間は数10msecから数100msecの範囲で起こる。この様な時間スケールのリアルタイム性が要求される用途にはLinux, BSD386, Windows等通常のマルチタスク

OSは専用ボードを用いない限り適さない。また、1PPSを複数のボード間で使用する際、ハードウェア的に同期をとる場合は各ボードに対して外部に1PPS用の結線を行わなければならない。システムの保守性、拡張性を妨げる。ソフトウェア的にタイミングを配信する場合、通常のマルチタスクOSでは実行までの時間がプロセスによって異なること、またその時間が数10msec程度かかることから、この方法も使用することが出来ない。

プリアンティブマルチタスクOSは、プロセスの切り替えが時間により強制的に行われる。この為、タスク間の優先順位をうまく設定する事で1msec以下のタイミング配信がソフトウェア上で可能となる。図にタイミング配信シーケンスを示す。外部トリガは割り込みハンドラーによって成るプロセス(TGSM)を経由し優先順位の高いトリガ・サーバ(TGS)プロセスに渡る。その後TGSは各ボードからのクリティカルなIO処理要求を代行した後、制御権をドライバに戻す。ドライバはその後時間制約の緩いバッファ読み出し、データ収集等の仕事を行い、IO制御マネージャに制御権を渡す。この仕組みにより、本システムはクリティカルなIO処理を可能にしている。拡張されたシステムでは、1kHz、5秒間スナップショットサンプリング時には複数枚数のADボード間での同期を100micro sec以下の精度でとる必要がある。このためボード間の同期は内部結線ハードウェア的により、ボード群に対するトリガはソフトウェアで行っている。



B会場

10月4日(土)

9:00~12:00

# 電離圏 - II

## Ionosphere - II

oral: B31-01~11

poster: B31-P237

座長

石井 守 (通総研)

長妻 努 (通総研)

## B31-01

### Ti / Te enhancement associated with strong Electric field in the polar ionospheric E-region using EISCAT CP data

\*S. Saito[1], S. Nozawa[1], S. C. Buchert[1], R. Fujii[1]  
N. Matsuura[1], A. Brekke[2]  
[1] STEL, Nagoya University, Japan  
[2] Auroral Observatory, University of Tromsø, Norway

The aim of this study is to elucidate quantitatively energy coupling between the ionosphere and thermosphere. Relations between plasma temperatures and other electromagnetic parameters such as  $J$  (ionospheric current) and  $E$  (electric field) are investigated for several cases using EISCAT Common Program (CP) data. Directly measured quantities we have used here are the  $T_i$  (ion temperature),  $T_e$  (electron temperature),  $V_i$  (ion drift velocity) and  $N_e$  (electron density). Another quantities such as  $E$  are derived from the EISCAT data, that is,  $E = -V_i(278 \text{ km}) \times B$  with assuming  $V_i = V_e$  (electron drift velocity),  $J = N_e e (V_i - V_e)$  and  $V_n$  (neutral wind velocity) from  $J = N_e e (V_i - V_e) = s (E + V_n \times B)$ , where  $s$  is the conductivity tensor.

We showed at the last SGEPPSS meeting that ion temperature enhancements are mainly resulted from the ion frictional heating while electron temperature enhancements are from the Farley-Bunemann instability. In this study, we will compare these results derived from the EISCAT data analysis with theoretical predictions. The heating rate of ions is evaluated from the energy equation, where neutral atmospheric parameters such as the neutral atmospheric temperature, the mean molecular mass and the collision frequency between ions and neutrals are adopted from empirical models.

Regarding the enhancement of the electron temperature, we have shown the Farley-Bunemann instability criterion is not a sufficient condition but a necessary condition. The heating rate of electrons is quantitatively calculated using the nonlinear theory proposed by T. B. Robinson (1982) and is compared with the observed electron temperature enhancements. In addition, the effect of neutral atmosphere

will also be discussed.

#### Acknowledgment.

We are indebted to the Director and staff of EISCAT for operating the facility and supplying the data. EISCAT is an International Association supported by Finland (SA), France (CNRS), the Federal Republic of Germany (MPG), Japan (NIPR), Norway (NFR), Sweden (NFR) and the United Kingdom (PPARC). The data archives and processing have been made at STEL, Nagoya university.

## B31-02

### Studies of the auroral E-region neutral wind through a solar cycle: (1) Quiet days.

\*S. Nozawa (STE Laboratory, Nagoya University), and  
A. Brekke (The Auroral Observatory, University of Tromsø)

This paper will report characteristics of the auroral E-region neutral wind measured under geomagnetic quiet conditions by the European Incoherent Scatter (EISCAT) radar in the northern Scandinavia over a solar cycle.

The altitude region between 90 km and 150 km represents one of the most pronounced transition regions in terms of the thermal structure of the global atmosphere. From the lowest part of this region, just above mesopause which is thermally dominated by radiative cooling and harbor the coldest region of the atmosphere, there is a marked increase in the temperature with altitude into the lower thermosphere which is heated by *in-situ* solar irradiation. The global structure of this region is besides of being dominated by radiative heating and cooling and also controlled by an interplay of forces and effects like global circulation, tidal forces, gravity waves, advection and turbulence. This region also forms the lower part of the ionosphere where collision with the neutral particles dominates the ions in their motion below ~100 km is gradually overtaken by electromagnetic forces as the most important driving mechanism for the ions. In the dynamic interaction between the magnetosphere and the auroral ionosphere the motion of the E-region gas plays an important role due to superior number density of the neutral species compared to the number of ionized particles. In order to understand the full effects of the E-region plasma motion to the upper global atmosphere it is clear that the dynamic coupling through collisions between the E-region neutral gas and ionized species is of crucial importance.

Based on the EISCAT CP database we have addressed the characteristics of the neutral wind in the auroral E-region under geomagnetic quiet conditions over a solar cycle in terms of variations in season and due to solar activity effect. We analyzed 56 day data sets obtained by CP-1 and CP-2 from November 1986 to October 1996. In Table we summarize the number

of data sets used in terms of season and solar activity.

Zonal mean wind shows a seasonal variation as found by Brekke *et al.* (JGR, 99, 8801, 1994), and moreover seasonal variation of meridional mean wind is also clearly found. Peaks of zonal mean wind go upward from solstice to equinox: peaks in solstice seasons are located below 100 km, while peak in equinox is located at 109 km. Zonal mean wind amplitudes below 108 km under lower solar activity conditions are reduced about 10 m s<sup>-1</sup> compared to those under higher solar activity conditions. Meridional mean wind under lower solar activity conditions always blows southward between 96 km and 120 km, while that under higher solar activity conditions changes its direction from south to north around 105 km and keep blowing northward up to 120 km.

Concerning tidal amplitudes solar activity dependence as well as seasonal variation are found. Meridional diurnal amplitudes become larger from winter to summer, and also are enhanced under high solar activity conditions. Zonal diurnal amplitudes, on the other hand, are less sensitive to seasonal and solar cycle effects. Semidiurnal tidal amplitudes are clearly enhanced during high solar activity period, and show complex seasonal variations with heights. Differences of corresponding diurnal and semidiurnal components are only about 2 hrs in different season and solar activity.

Table The number of days in each season and solar activity level.

Activity	All	Equinox	Summer	Winter
All	56	19	20	17
High	33	12	13	8
Low	23	7	7	9

*Acknowledgment.* We are indebted to the Director and staff of EISCAT for operating the facility and supplying the data. EISCAT is an International Association supported by Finland (SA), France (CNRS), the Federal Republic of Germany (MPG), Japan (NIPR), Norway (NFR), Sweden (NFR) and the United Kingdom (PPARC). The data archives and processing have been made at STEL, Nagoya University.

## B31-03

### Ionospheric response to electromagnetic energy transfer from the magnetosphere as seen by EISCAT

\*R Fujii<sup>1</sup>, S Nozawa<sup>1</sup>, S C Buchert<sup>1</sup>, A Brekke<sup>2</sup>

<sup>1</sup>STE Lab., Nagoya Univ., Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya 464-01

<sup>2</sup>Auroral Observatory, University of Tromsø, N-9037, Norway

Energy coupling between the thermosphere, ionosphere and magnetosphere is studied quantitatively through an analysis based on EISCAT Common Program (CP) 1 data obtained from the tri-static Kiruna-Sodankylä-Tromsø (KST) EISCAT UHF radar system. The electromagnetic energy flux  $JE$ , which is related to the Poynting flux, is transferred either from the magnetosphere to the ionosphere ( $JE > 0$ ) or from the ionosphere to the magnetosphere ( $JE < 0$ ). It is generally related both to the Joule heating rate  $JE'$ , where  $E' = E + U \times B$  and  $U$  is the neutral wind velocity, and the mechanical energy transfer rate  $J(U \times B)$ , that is,  $JE = JE' + J(U \times B)$ . Previous workers have shown that the ionospheric current  $J$  and the neutral wind velocity  $U$  are highly variable in terms of their amplitudes and directions within the E-region, which suggests that measurements of those parameters at several altitudes in the E-region be essential to understand the energy coupling. The tri-static KST EISCAT radar has an incomparable advantage to estimate those energy fluxes, since it is capable of measuring the electric field in the F-region and the ionospheric currents at a few altitudes in the E-region. It is therefore possible from the KST EISCAT measurements to determine directly the electromagnetic energy flux  $JE$  at these altitudes with much less assumptions than that determined from any other means and to derive the neutral wind velocity using modeled ion-neutral collision frequencies. We focus on the altitudinal distribution of the electromagnetic energy flux using the whole CP 1 datasets. Usually  $JE$  is positive, but occasionally we find the atmosphere acting as a generator. Possible causes are flywheel effect, the dynamo driving the Sq current system and gravity waves.

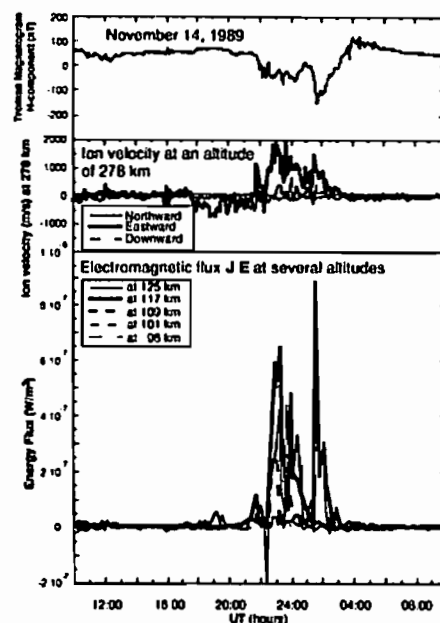


Figure: An example of a height profile of  $JE$  as a function of UT with the electric field measured at an altitude of 278 km.

*Acknowledgment.* We are indebted to the Director and staff of EISCAT for operating the facility and supplying the data. EISCAT is an international Association supported by Finland (SA), France (CNRS), the Federal Republic of Germany (MPG), Japan (NIPR), Norway (NFR), Sweden (NFR) and the United Kingdom (PPARC). The data archives and processing have been made at STEL, Nagoya University.

## B31-04

### Study on the electrodynamics in the polar ionosphere based on simultaneous observations from Akebono and EISCAT ---Part II---

• K. Suzuki, S. Nozawa, S. C. Buchert, R. Fujii (STE Lab., Nagoya Univ.)  
K. Tsuruda, T. Mukai, H. Hayakawa, A. Matsuoka (ISAS)  
T. Obara, T. Nagatsuma (CRL), H. Fukunishi (Tohoku Univ.)  
Akebono-EISCAT Conjunction Study Group

#### 1. The aim of the study

Observations obtained from the polar orbiting satellite such as the Akebono satellite provide a combination of spatial and temporal variations of several physical quantities. These two kinds of variations, in principle, can not be distinguished by single satellite's observations. On the other hand, observations from the IS radar such as EISCAT provide temporal variations rather than spatial ones. The aim of this paper is to distinguish between spatial and temporal variations of electromagnetic parameters such as the electric field and particle precipitation with comparing simultaneous Akebono and EISCAT data and to understand characteristics of the electrodynamics in the polar ionosphere.

#### 2. The EISCAT-Akebono simultaneous observations

The EISCAT data we have used here are tri-static Kiruna-Sodankylä-Tromsø (KST) radar data (see <http://farm.stelab.nagoya-u.ac.jp/EISCAT/>) for further information on EISCAT facilities). We have selected four conjunction passes as listed below, two of which were conjunctions around the perigee of Akebono and the other two were conjunctions around the apogee.

Considering the electric field provided by EISCAT is derived from the ion velocity at an altitude of 278 km, the conjunctions around the perigee provides a unique opportunity to directly compare the electric field from these two different instruments. On the other hand, the conjunctions around the apogee allows us to compare mainly temporal variations of the electric field measured from the two instruments.

Table: The list of the Akebono-EISCAT conjunction used in this study

Date	Conjunction time (UT)	Akebono Altitude (km)	EISCAT Obs. Mode
March 20, 1990	15 : 48	9000	CP2
June 12, 1990	22 : 27	9500	CP1
February 13, 1991	00 : 09	300	CP1
November 10, 1993	00 : 52	340	CP7 / CP3

*Acknowledgment.* We are indebted to the Director and staff of EISCAT for operating the facility and supplying the data. EISCAT is an international Association supported by Finland (SA), France (CNRS), the Federal Republic of Germany (MPG), Japan (NIPR), Norway (NFR), Sweden (NFR) and the United Kingdom (PPARC). The data archives and processing have been made at STEL, Nagoya University.

## B31-05

1997年1月～2月におけるFPI-EISCATレーダー同時観測  
～鉛直風方向におけるイオン速度と中性風の比較～

○大山和一郎<sup>1</sup>、野澤信雄<sup>1</sup>、ブハート・ステファン<sup>1</sup>、藤井良一<sup>1</sup>  
石井守<sup>2</sup>、FPI-EISCAT同時観測グループ  
<sup>1</sup>名古屋大学太陽地球環境研究所、<sup>2</sup>通信総合研究所

The simultaneous observations of FPI-EISCAT radars in January and February, 1997  
～Comparison of velocity component along the geomagnetic field line～

OS. Oyama, S. Nozawa, S. C. Buchert, R. Fujii (STEL, Nagoya University)  
M. Ishii (CRL), FPI-EISCAT radars simultaneous observation Group

We present comparison of the velocity component along the magnetic field line of the neutral wind and ion motion based on the data obtained by the FPI-EISCAT simultaneous observation conducted in Tromsø for 11 nights from January 11 to February 13, 1997: the neutral wind velocity was observed by a scanning Fabry-Perot Interferometer (FPI), while the ion velocity by the European Incoherent Scatter (EISCAT) radar.

1997年1月から2月にかけてFPI-EISCATレーダー同時観測をトロムソ(ノルウェー)で実施した。両手法から導出される中性風には様々な仮定が含まれており、この種の研究はE層域中性風の理解のために非常に有益であると言える。前回の講演においてはEISCATから導出した中性風の水平成分と、全天型FPI(5577Å)から観測されたE層域中性風の水平成分の比較を報告した。今回は、EISCATから得られた鉛直風方向のイオン速度(Vi)と、同じく鉛直風方向を観測した掃天型FPIより得られた中性風(Vn)の比較に焦点を当てる。

E層域においてイオン運動は、衝突を通して中性大気から大きな影響を受ける。地域においては、イオンの鉛直風方向の運動は、通常中性大気の運動を反映していると考えられる。一方、地域特有の現象である降り込み粒子に起因する5577Å(OI)の発光線のピーク高度は、110km～120kmと見積もられている。そこで今回は、比較の第一段階として、EISCATと掃天型FPIによって観測された鉛直風方向のViとVnの比較・検討を行った。

同時観測を計11夜4回、4度の好天に恵まれた。その一例として、1997年2月8日における磁場方向のViとVnの時間変動を図に示した。図(a)は掃天型FPIによるVnであり、(b)～(d)はそれぞれ高度118km、115km、112kmで観測されたViである。磁場方向に沿って上向きが正である。1930UT付近に着目すると、(a)においてVnがトーンと時間

変動していることがわかる。同じような時間変動は112km(d)においては認められないが、115km(c)、118km(b)では確認できる。

EISCATにより得られた電子密度の高度プロファイルから、降り込み粒子のエネルギーベクトルを求め、それを用いて、5577Åのemission rateの高度プロファイルを設定することができる。講演では、それぞれの手法における観測精度の限界を踏まえ、このemission rateを基にしたViとVnの比較についても報告する予定である。

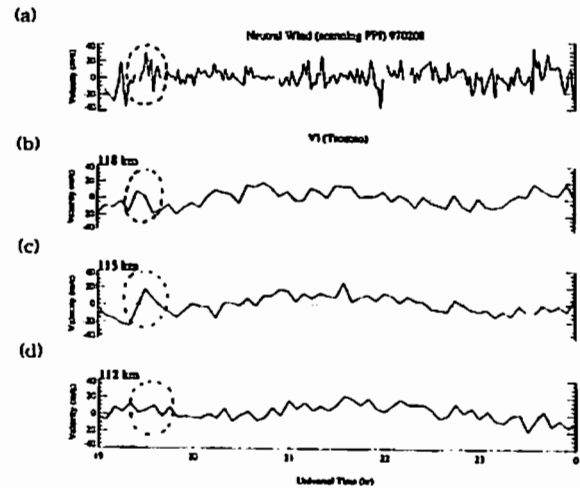


図 (a) : 970208に掃天型FPIで観測された磁場方向の中性風、(b)～(d) : 970208にトロムソ(EISCAT)で観測された磁場方向のイオン速度(118km, 115km, 112km)

**Acknowledgment.** We are indebted to the Director and staff of EISCAT for operating the facility and supplying the data. EISCAT is an international Association supported by Finland (SA), France (CNRS), the Federal Republic of Germany (MPG), Japan (NIPR), Norway (NFR), Sweden (NFR) and the United Kingdom (PPARC). The data archives and processing have been made at STEL, Nagoya University.

## B31-06

EISCAT-FPIキャンペーンにおける  
大気光2波長同時観測による極域熱圏ダイナミクスの推定

石井 守 (通信総合研究所)

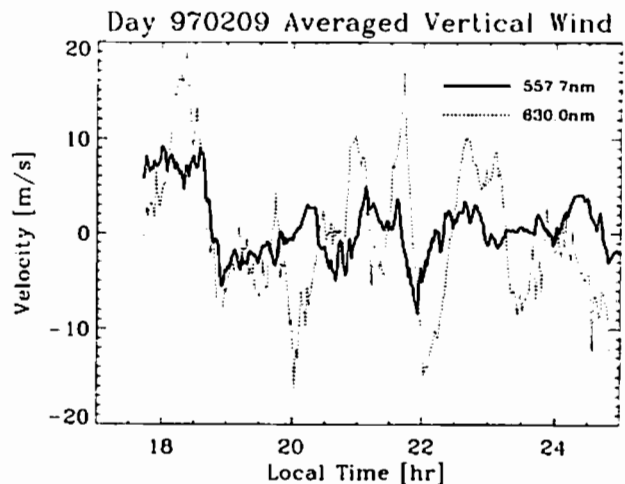
Deducing dynamics in the thermosphere from two different wavelength simultaneous observations with Fabry-Perot Interferometers

M. Ishii (Communications Research Laboratory, MPT)

EISCAT-FPI campaign was conducted on Ramfjordmoen, Norway on January-February, 1997. In this campaign, Doppler Imaging and Scanning Fabry-Perot Interferometers (FPI) are deployed and succeeded to observe the auroral emission with good quality for 15 nights. Each instrument can obtain two different wavelength auroral emissions simultaneously, so the dynamics in E and F layer can be estimated with high temporal resolution. Horizontal distributions of winds can be estimated from Doppler Imaging FPI, in addition, vertical winds can be estimated from the observation with scanning FPI. From both of these results, a relationship between E and F layer wind system can be deduced. The figure shows the temporal variations of averaged vertical wind velocity obtained with Scanning FPI on Feb. 9th. In the whole tendency there are good correlations between the temporal variations of winds estimated from 557.7nm (E layer) and from 630.0nm emissions (F layer). The magnitudes of the wind velocity in F layer is generally larger than that in E layer. In some parts, there are significant phase lags between wind variations in the different layers (e.g., 21:30-22:30 LT). In this period, significant divergence of wind distributions can be found in the results obtained with Doppler Imaging FPI.

1997年1～2月にNorway, RamfjordmoenにてEISCAT-FPIファブリペロ干涉計(以下FPI)の同時観測による熱圏ダイナミクスの推定が行われた。この期間に、通信総合研究所の掃天型および全天型FPIが現地に設置され計15日間(うち、EISCATとの同時観測は5日間)のデータ取得に成功した。掃天型、全天型FPIはそれぞれ異なる2波長の大气発光を同時に観測することができる。これによって、E、F層の風速変動を高い時間分解能で観測することが可能である。また、全天型FPIで半標100～200kmの範囲の風系分布を観測すると同時に掃天型FPIで鉛直風を測定することで、3次元的な風系を推定できることが期待される。

図は、2月9日に掃天型FPIを用いて観測された鉛直風の時間変化である。観測の時間分解能はほぼ1分だが、それぞれのデータのノイズを除去するために10分の時間平均をかけてある。557.7nmの観測結果がE層(約110km)、630.0nmの観測結果がF層(約250km)の風速変動を示していると考えられる。両者の時間変動はほぼ良い一致を示しつつ、例えば22時付近の変動ではF層の変動の方がE層に比べて数分程度の遅れがあることが明らかにわかる。また、20時付近にはF層に下向きの鉛直風が観測されているが、同時観測された全天型FPIの結果にも風向が沈み込んでいく様子が顕著に現れていることが確認されている。



## B31-07

### First observations of field-aligned ion outflow events from the ionosphere above Svalbard

\*S. C. Buchert[1], S. Watanabe[2]

[1] STEL, Nagoya University, Japan

[2] Department of Geophysics, Tohoku University, Japan

In July 1997 the first special campaign using EISCAT's new incoherent scatter facility on Svalbard was conducted, with Japanese participation. During high geomagnetic activity already a preliminary analysis revealed two types of short lived ion outflow events. One type is connected with strong ion heating up to about 5000 K, the other type with electron heating and asymmetrically enhanced shoulders of the ion line. The flow velocities at around 500 km altitude reach values of the order of 600 m/s. These characteristics are quite similar to events which have been observed with the EISCAT VHF and UHF radars at lower latitudes. During lower geomagnetic activity no outflow events were seen in the preliminary analysis.

## B31-08

### EISCATレーダー (CP-7) による極域イオン流出の観測

\* 遠藤 実、藤井 良一、野澤 信徳 (名大STE研)  
渡部 重十、吉田 直文、勝山 公人 (東北大学理学部)

#### EISCAT Radar Observation (CP-7) of the Polar Wind and Ion Outflow

\* M.Endo, R.Fujii, S.Noizawa (STE Lab., Nagoya University)  
S.Watanabe, N.Yoshida, and K.Katsuyama (Tohoku University)

We have determined the spatial distribution of the field-aligned ion flows and their temporal developments by using Common Program (CP) 7 data obtained from the EISCAT VHF radar. We have found predominantly upward ion flow over all MLTs but occasionally downward flows. Those field-aligned ion flows do not occur constantly but do sporadically with some time scale.

近年、あけぼの (EXOS-D) 衛星に搭載された低エネルギーイオン質量分析器 (SMS) により、極域電離圏から  $H^+$ ,  $He^+$ ,  $O^+$  等のイオンが磁気圏に流出していることが確認された [Watanabe et al., 1992, Abe et al., 1993]。しかし、衛星観測ではこれらのイオンが流出し始める F 領域での直接観測は困難である。

本研究の目的は、ノルウェーのトロムソ (磁気経度  $117.6^\circ E$ , 磁気緯度  $66.8^\circ N$ ) にある EISCAT VHF レーダーの CP-7 モードデータを用いて、F 領域における電離圏イオン流出の物理過程を定量的に研究することである。具体的には、極域イオンの磁力線方向の運動 (上向き < 図 1 >, 下向き < 図 2 >) の空間時間分布 (MLT 依存性)、流出現象の時間発展について報告する。使用した CP-7 モードは鉛直方

向にビームを照射し、高度 285-1654 km の領域で、電子密度、イオン視線方向速度、イオン温度、電子温度を高度分解能約 65 km で測定するモードである。

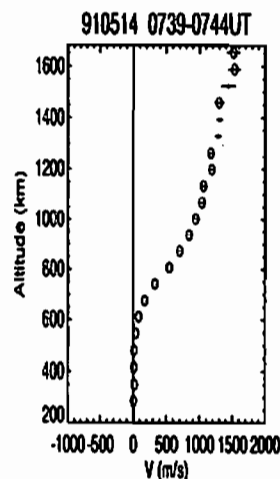


図 1 イオンの流出

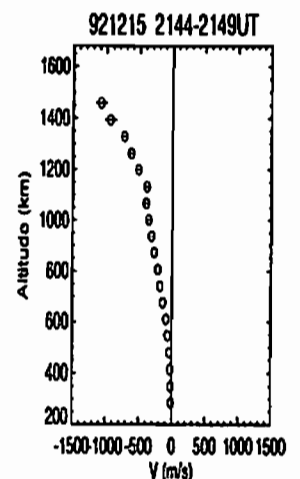


図 2 イオンの流入

*Acknowledgment.* We are indebted to the Director and staff of EISCAT for operating the facility and supplying the data. EISCAT is an International Association supported by Finland (SA), France (CNRS), the Federal Republic of Germany (MPG), Japan (NIPR), Norway (NFR), Sweden (NFR) and the United Kingdom (PPARC). The data archives and processing have been made at STEL, Nagoya University.

### EXOS-D/SMS-EISCATによる極域電離圏 イオン加熱と流出の観測

渡部重十, 吉田直文, 勝山公人, 福西浩 (東北大学大学院理学研究科)  
阿部琢典 (青山学院大学・理工学部), 佐川永一 (通信総合研究所)  
藤井良一, 遠藤実, S.C.Buchert (名古屋大学・STE研)  
あけぼの-EISCAT共同研究グループ

#### EXOS-D/SMS-EISCAT Observations of Thermal Ion Heating and Outflow in the Polar Ionospheric Region

S. Watanabe, N. Yoshida, K. Katsuyama, H. Fukunishi (Department of Geophysics,  
Tohoku University), T. Abe (Aoyama Gakuin University), E. Sagawa (CRL), R. Fujii, M.  
Endo, S.C. Buchert (Nagoya University), Akebono-EISCAT Group

EXOS-D/SMS-EISCAT observations were carried out to investigate the mechanism and the dynamics of thermal ion heating and outflow occurred in the region of topside polar ionosphere. We observed the ion heating and outflow at the same time but at the different altitudes along the same magnetic field line with the EXOS-D/SMS-EISCAT. On February 16, 1993, Akebono satellite was approaching about 14 km at a footpoint of magnetic field line to the Tromsø station. From the simultaneous observations, the EISCAT radar showed the ion temperature increase of ~3000 K and the flow velocity of ~800 m/s to the magnetosphere at ~1000 km altitude. The EXOS-D/SMS measured the ion heating up to ~10000 K and the velocities of ~14 km/s for H<sup>+</sup>, ~7 km/s for He<sup>+</sup> and ~5 km/s for O<sup>+</sup> at ~7000 km altitude. The observations indicate that the ion heating and outflow occur approximately at the same time along the same magnetic field line but the heating occurs sporadically and its region is restricted in latitude < 1 degree and in longitude of a few degrees.

あけぼの衛星とEISCATレーダーによる同時観測を1996年10月から実施し、電離圏イオン加熱と流出の時間的・空間的3次元構造を捕えると同時にその加速機構を調査している。

あけぼの衛星とEISCATレーダーによる同時観測を、あけぼの衛星とEISCATレーダーが同一磁力線上付近(緯度・経度5°以内)に存在したとき集中的に観測するモードと同一磁力線上ではないがあけぼの衛星が極域全体を観測している期間中にEISCATレーダーが長時間観測しているモードで実施した。これらの観測データは、EISCATレーダーが観測できる高度数1000 kmからあけぼの衛星高

度(<10000 km)までのイオン密度、イオン温度、電子温度、イオン速度等の高度方向の物理量とその変化、極域全体の様相、さらにカスプ領域、オーロラ領域、ポーラーキャップ境界域で観測されるイオン加熱と流出を示していた。

同時観測は、EISCATレーダーステーションがオーロラ領域から極域へとしばしば入り込んでいることを示していた。さらに、これらの領域でイオンの加熱と流出を観測している。同時観測データの比較からイオン加熱領域は磁力線に沿ってほぼ同時に発生しているが、空間的には小さな領域でスポラディックに発生していることが明らかとなった。イオン加熱領域の空間構造は緯度方向に1度以内、経度方向に数度の大きさである。また、時間的に数分から数十分継続しているらしい。イオン加熱領域の運動を考慮すると継続時間はこれよりも長いと考えられる。

あけぼの衛星から熱的イオンのエネルギー分布だけでなく、高エネルギーイオン・電子分布、電磁場、沿磁力線電流、電子温度、ELF・VLF波動等も観測している。EISCATレーダーデータと直接比較することにより、イオンの加熱機構とイオンの運動について明らかにすることができるとともに、イオン流出量の時間的・空間的変動とその正確な流出量を見積もることができる。これらの結果を理論及びコンピュータシミュレーションと比較・検討することによりイオン加熱と流出のメカニズムの全体像を明らかにすることができると考えている。あけぼの衛星-EISCAT同時観測によりイオン加熱の発生領域を詳細に観測し、極域電離圏上部での電離圏イオン加熱と磁気圏への流出分布、さらに、その時間的・空間的変動を明らかにすることは地球大気の大規模な歴史を考察する上でも重要な情報となる。

*Acknowledgment:* This work has been carried out by the use of Akebono SDB released from the Institute of Space and Astronautical Science (ISAS), the sponsoring agency of the Akebono mission, with the important support from the National Institute of Polar Research (NIPR) and the Canadian Space Agency (CSA). We are indebted to the Director and staff of EISCAT for operating the facility and supplying the data. EISCAT is an International Association supported by Finland (SA), France (CNRS), the Federal Republic of Germany (MPG), Japan (NIPR), Norway (NFR), Sweden (NFR) and the United Kingdom (PPARC).

### B31-10 Studies of the Ionosphere over EISCAT 'N. Balan<sup>1</sup>, R. Fujii<sup>1</sup>, F. Abe<sup>1</sup>, and G. J. Bailey<sup>2</sup>

<sup>1</sup>STEL, Nagoya University, Nagoya 464-01, Japan

<sup>2</sup>Applied Mathematics, University of Sheffield, England

The ionosphere over EISCAT is studied using experimental observations and a theoretical model (Sheffield University plasmasphere-ionosphere model, SUPIM). The observations carried out by EISCAT in the CP-1 mode give electron density (Ne), electron temperature (Te), and mean ion temperature (Ti) in the 90-600 km altitude range. The theoretical model provides the densities and temperatures of the electrons and ions (O<sup>+</sup>, H<sup>+</sup>, He<sup>+</sup>, N<sub>2</sub><sup>+</sup>, O<sub>2</sub><sup>+</sup>, and NO<sup>+</sup>), separately. Field-aligned plasma fluxes are also obtained from both the observations and theory.

The observations are being analysed to obtain the mean altitude profiles of Ne, Te, and Ti for different local times in different seasons. Comparison of the (preliminary) observed profiles with the corresponding theoretical profiles indicates that a suitable combination of a high altitude heat source (that might arise from ring current) and photoelectron trapping is needed to account for the observed temperatures; the heat sources increase the electron temperature at all altitudes, starting from the bottomside ionosphere; however, they increase the ion temperatures only in the topside ionosphere and the lighter ions are heated slightly more than the heavier ions. The heat sources have no significant effect on ion densities.

The effect of large but short lived increases in the zonal ExB plasma drift (of magnetospheric origin), which causes ion frictional heating, is also studied. It is found that the frictional heating causes large increases in both

the ion and electron temperatures, with the increase being larger for the ions and at lower altitudes. As shown in Figure 1, the frictional heating heats the heavier ions more strongly than the lighter ions, which is opposite to the effect of the high altitude heat source and photoelectron trapping. The frictional heating is also followed by large decreases in plasma density and changes in ion composition.

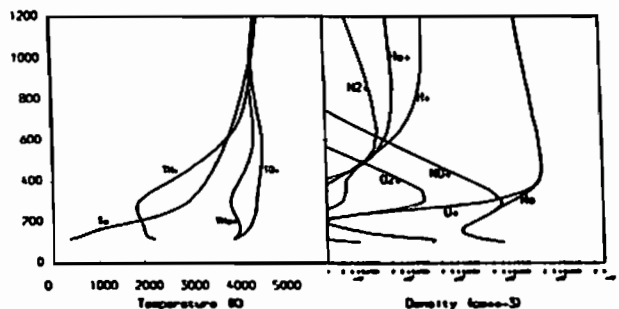


Figure 1. Theoretical altitude profiles of temperatures (left) and densities (right) during daytime ion-frictional heating over EISCAT.

*Acknowledgments:* We are indebted to the Director and staff of EISCAT for operating the facility and supplying the data. EISCAT is an International Association supported by Finland (SA), France (CNRS), the Federal Republic of Germany (MPG), Japan (NIPR), Norway (NFR), Sweden (NFR) and the United Kingdom (PPARC). The data archives and processing have been made at STEL, Nagoya University. N. Balan would like to thank STEL, Nagoya University for providing a visiting fellowship.

## The Electrodynamics in the Polar Cap Boundary Region Based on the Coordinated Observations Between Akebono and EISCAT Radar - Initial Results -

\* T. Nagatsuma<sup>1</sup>, S. Nozawa<sup>2</sup>, S. C. Buchert<sup>2</sup>, S. Saito<sup>3</sup>, R. Fujii<sup>2</sup>  
Akebono-EISCAT Conjunction Study Group

<sup>1</sup>Hiraiso Solar Terrestrial Research Center, CRL

<sup>2</sup>Solar Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya Univ.

We have studied the electrodynamics in the polar cap boundary region especially in the midnight sector using Akebono satellite data. It was found that the nightside field-aligned current system consists of the latitudinally narrow ( $\sim 1$ deg.) current system, located at the poleward boundary of the auroral oval. The suprathermal electron burst and ion conics are seen corresponding to this region. Further, the large amplitude wave-like fluctuations frequently occur at this region. From the previous results of our data analysis, these fluctuations are caused by superposition of incident and reflected Alfvén waves (Nagatsuma *et al.*, *JGR*, 1996). Furthermore, to understand the M-I coupling related to our results in detail, it is needed to study the three dimensional electrodynamics in this region.

To study the three dimensional electrodynamics in the polar cap boundary region, we proposed the coordinated observations between Akebono and EISCAT radar. Both UHF and VHF radars in Tromsø are used in our experiments. The UHF radar pointed toward the ionospheric footpoint of the satellite trajectory to measure the electric field vector using tristatic method. The VHF radar look at a low elevation far to the north (Az. = 0 deg.) and west (Az. = -15 deg.) simultaneously. This is a modified CP-4 experiment for observing the wide range of the polar cap boundary region. It is expected that the combination between

satellite and radar clarify the three dimensional electrodynamics in the polar cap boundary region.

In July 1997 we have operated several SP(Special Program) experiments. Our proposal "the electrodynamics in the polar cap boundary region" is one of these experiments. We have 4 coordinated observations between Akebono and EISCAT(KST) radar at this period as follows:

Date	Conjunction period(UT)
97/07/02	0008-0014 UT 0621-0627 UT
97/07/04	0014-0020 UT 0627-0632 UT

This paper presents initial results from these coordinated observations. Further, the past coordinated observations between akebono and EISCAT CP-4 experiments will be presented.

**Acknowledgment.** This work has been carried out by the use of Akebono SDB released from the Institute of Space and Astronautical Science (ISAS), the sponsoring agency of the Akebono mission, with the important support from the National Institute of Polar Research (NIPR) and the Canadian Space Agency (CSA). We are indebted to the Director and staff of EISCAT for operating the facility and supplying the data. EISCAT is an international association supported by Finland(SA), France(CNRS), the Federal Republic of Germany(MPG), Japan(NIPR), Norway(NFR), Sweden(NFR), and the United Kingdom (PPARC). The data archives and processing have been made at STEL, Nagoya University.

## B31-P237

### EISCAT で観測した電離圏プラズマの Frictional Heating

° 松屋 英夫, 柴田 喬 (電気通信大学)

### Frictional Heating of the Ionospheric Plasma Observed with EISCAT

° H. Matsuya and T. Shibata (Denki-tesushin Univ.)

The EISCAT UHF system has supplied geophysical parameters of good quality including the structure (electron density), energetics (electron and ion temperatures) and dynamics (line-of-sight ion drift velocity) in the E- and F-region of the auroral and subauroral ionosphere. The purpose of this paper is to present and discuss the frictional heating event quantitatively by making use of the data from the EISCAT CP1 experiments.

EISCAT CP1 モードでは, Tromsø (69.59°N, 19.23°E) からの沿磁力線ビームによる IS 後方散乱波を利用して, 電子密度 ( $N_e$ ), 電子温度 ( $T_e$ ), イオン温度 ( $T_i$ ), イオンの視線方向ドリフト速度 ( $V_{i||}$ ) といった電離圏プラズマパラメータを, 高度約 3km, 時間 5 分の分解能で測定している. また EISCAT は, Kiruna (67.86°N, 20.44°E) および Sodankylä (67.36°N, 26.63°E) に配置した受信専用局を併せて用いて散乱波の tristatic 観測を行い, E および F 層領域の数箇所においてベクトルイオン速度  $V_i$  を求めることもできる. とくに F 領域における  $V_i$  値からは, 電離圏に浸透している磁力線直交電界  $E_{\perp}$  を推定することが可能である.

極域電離圏の structure, dynamics, energetics に関連する EISCAT 観測結果の良質な一例として, 1992 年 7 月 31 日に観測された磁力線直交電界  $E_{\perp}$  の時間変化を成分に分けて図 1 に示す. 実線が南北成分 (北向き: +), 破線が東西成分 (東向き: +) である. この日の電界変化は, 1700UT 頃までのほぼ 10mV/m 以下という低レベルの状態とそれ以降の最高 60mV/m に達する不規則な強度変動に特徴づけられる. 1700UT 以降のような大きな電界が電離圏に浸透すると, それは電離圏中の荷電粒子に運動を促すこととなり, この事例の場合, 1800UT 頃の強い北向き電界による  $E \times B$  効果によって西向きのイ

オンドリフトが起こり, それによる frictional heating によってイオン温度  $T_i$  が背景値より 200K 程度上昇しているのが観測されている.

一方, 電子温度  $T_e$  にはそれほど明確な変化は現れておらず, このことは, E, F 層領域では電子ガスにおける frictional heating 効果はイオンガスに対する程には有効ではないという予測に良く合致するとともに, 加熱されたイオンガスから電子ガスへの熱輸送もこの程度の時間スケールの現象ではほとんど働いていないことを示している.

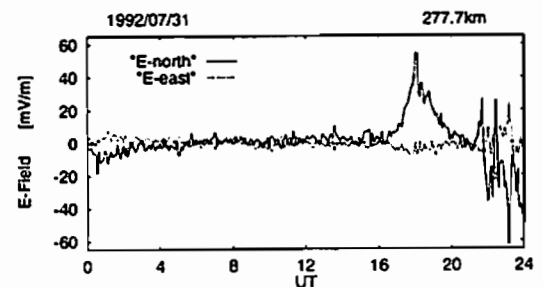


図 1: 1992 年 7 月 31 日の電界変化

この事例では 2100UT 以降にも南北方向の電界がかなりの強度で方向も含め変動しており frictional heating の効果が予想されるが, この場合には先のものとは状況が異なり, イオン温度  $T_i$  と電子温度  $T_e$  両方とも上昇が観測されている. そして, それらに全く同期して電子密度  $N_e$  にも増加が認められ, その密度は, 顕著なところでは 120km 高度で背景値の約 12 倍 (約  $3.5 \times 10^{11} \text{m}^{-3}$ ) にも達している. このことから, 2100UT 以降には断続的に荷電粒子の降り込みが有り, 少なくとも下部 F 領域, E 領域を付加的に電離させ, 併せてプラズマ温度の上昇を引き起こしているものと考えられる.

このように, EISCAT 観測データは電離圏における dynamics や energetics に関する様々な情報を与えてくれる. 講演では他の事例も含めより定量的議論を行う予定である.

なお, 本研究で使用したデータは名古屋大学太陽地球環境研究所の EISCAT データベースから供給されたものである.



B会場

10月5日(日)

13:00~16:15

# 電磁圏 - II

## Ionosphere-Magnetosphere Coupling - II

oral: B42-01~12

座長

門倉 昭 (極地研)

坂野井健 (東北大・理学部)

## B42-01 南極昭和基地で観測されたオーロラ活動に伴う

熱圏中性大気の鉛直風変動

坂野井 健、福西 浩 (東北大理)、岡野 章一 (極地研)

Vertical Winds in the Thermosphere

Observed at Syowa Station, Antarctica

† T. Sakanoi, H. Fukunishi (Faculty of Science, Tohoku Univ.),

S. Okano (National Institute of Polar Research)

In order to investigate the dynamics of thermospheric winds and temperatures associated with auroral activity, the Fabry-Perot Doppler Imaging System (FPDIS) observations were carried out at Syowa station, Antarctica for 98 nights from April to October in 1996. Vertical wind velocities in the lower- and upper-thermosphere are estimated from the measurements of OI 557.7nm and OI 630nm emissions of aurora, respectively, with a FOV of 7° around the zenith. It is found that both of vertical winds in the lower- and upper-thermosphere changed from upward to downward direction when an auroral break up occurred. Intense downward winds of 150–200m/s were observed after ~1hr of the break up. The origin of the intense downward winds, including instrumental errors, will be discussed.

高高度の熱圏中性大気と電離圏プラズマの相互作用は観測と理論の両面から研究が進められているが、従来熱圏大気の直接観測が困難だったことから不明な点が多い。特に近年、オーロラ活動に伴って~100m/sにも達する中性大気鉛直風の観測が報告され、大きな注目を集めている。

オーロラ活動に伴う熱圏大気のダイナミクスを明らかにする目的で、我々は南極昭和基地において1996年4月–10月の期間にファブリーペロードップラーイメージングシステム (FPDIS) を用いたオーロラ光観測を98晩行った。FPDISはオーロラ発光酸素原子の輝線 OI557.7nm と OI630nm の光を高分解分光してそのドップラーシフトとドップラー幅を検出し、発光高度における熱圏大気の視線方向風速と温度の分布を導出する。今回は、視野7°で天頂付近を観測して得られた中性大気の鉛直風の変動について報告する。

この鉛直風観測は合計98晩中に37晩で行われた。8月14日晩の630nm

光と557.7nm光観測から、それぞれ求められた上部および下部熱圏中性大気の鉛直風変動を図1に示す。この日は2317UT付近にオーロラブレイクアップが発生したが、同時刻の地磁気H成分変動にスパイク状の変動 ( $\Delta H \sim 200$ nT,  $\Delta t \sim 10$ min) が存在することからサージが通過したと見られる。鉛直風の変動に注目すると、上部・下部熱圏風ともに同様の変化を示しており、ブレイクアップ以前 (16–23UT) は上昇流が観測され、ブレイクアップと良く対応して上昇流から下降流へと転じた。もっとも強い下降流が観測されたのは0020UT付近で、上部熱圏で150–200m/s、下部熱圏で~200m/sに達した。この時刻の全天オーロラカメラデータには、ブレイクアップ時のアクティブなオーロラではなく、ディフューズなバルセーティングオーロラが全天を覆い、 $\Omega$  band-likeな構造も見られた。

観測された下降流の最大値は、特に下部熱圏風で過去の観測より数倍大きく、観測器側の原因を十分に検討する必要がある。講演ではより多くの例について報告する。

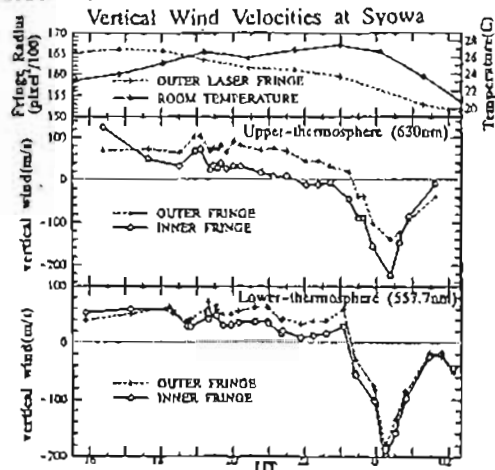


図1. 1996年8月14日–15日の南極昭和基地で観測された鉛直風変動。上からエタロンドリフトと観測室内温度の変化、上部熱圏鉛直風変動、および下部熱圏鉛直風変動。鉛直風変動は、内側フリンジと外側フリンジの2つについてそれぞれ全周平均を求めてプロットした。

## B42-02

### Initial results obtained by the all sky imager at Amundsen-Scott South Pole Station

† Masaki Ejiri, Masaki Okada, Masaki Tsutsumi and Shoichi Okano  
(National Institute of Polar Research)

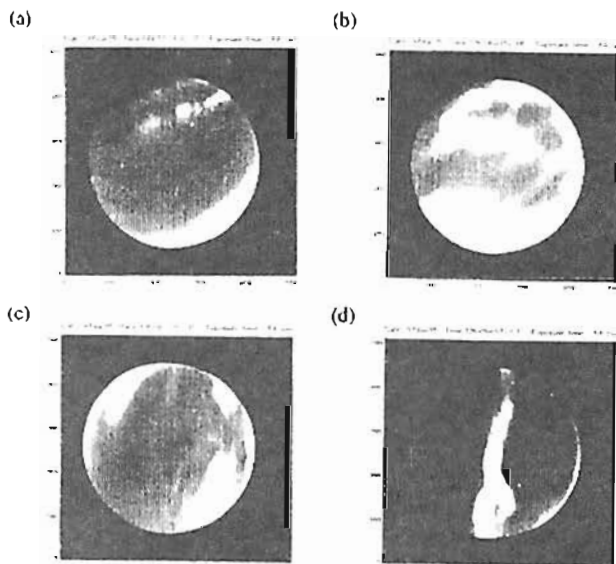
We have developed an all sky optical imager (ASI) for aurora and airglow observations at the Amundsen-Scott South Pole Station (SP), Antarctica. ASI is a high sensitive (monochromatic and panchromatic) optical imager with high spatial and time resolutions. In addition to that ASI is a digital CCD imager, that means the digital image data can be stored and easily archived in the computer, through the network of which all users can access the data, the instrument of ASI at SP itself being monitored and controlled by NIPR computer, Japan, via the satellite internet with a modern state of the art of telescope technique.

The South Pole is a unique place to make an auroral observation during an austral winter season. We can observe through the continuous 24 hours observation a day, (1) the dayside polar cusp / cleft aurora directly connected to the entry region of the solar wind, (2) afternoon aurora closely associated with the night side magnetospheric storm / substorm activities and (3) the polar cap aurora related to the polarity of the interplanetary magnetic field. The ASI is equipped with interference filters for auroral emissions of  $\lambda$ : 427.8nm, OI 557.7nm, and OI 630nm. (OH (730nm) filter is also installed.) An objective lens is a Fish-eye Nikkor with F1.4 and F=6mm. The image sensor is a back-illuminated air-cooled CCD camera with 512 × 512 pixels. In January, 1995, M.E. visited the South Pole and started the feasibility study of ASI at SP. Then, the Office of Polar Program (OPP), National Science Foundation (NSF) has approved our proposal to replace the old film all sky camera by the ASI at SP (Approved event number S-117). In the last November, 1996, S.O. and M.O. brought the instrument to SP and has established the whole system.

Prior to the installation at SP, the field test of ASI was carried out at

the Zao Observatory of Tohoku University on the night of Oct. 10, 1996. The OI 557.7nm airglow emissions were imaged, which clearly showed the moving wave structure on the OI 557.7nm images having a wavelength of as small as 2–4 km, in addition to large scale structures with a wavelength of a few tens of kilometer (see SGEPS 1997 Spring Meeting, Tsutsumi, et al. J31-10).

From the beginning of April, 1997, we have started the system test and the test observations. In June to August we have performed the conjugate observations with Super DARN HF radar South. Following are one example (4 images out of 24 hours observation on 25 June, 1997): typical different magnetic local times of (a) 02 MLT (b) 09 MLT (c) 13 MLT and (d) 20 MLT. The detailed analyses and results will be presented (see also WWW: <http://nicsun.nipr.ac.jp/~asi-dp>).



## B42-03 オーロラの南北半球非対称性 夏冬非対称性とIMF-By効果

山岸久雄, 藤田裕一, 佐藤夏雄 (極地研)

### Assymetricity of auroras between northern and southern hemispheres - winter-summer assymetry and IMF By effect

Hisao Yamagishi, Yuuichi Fujita, Natsuo Sato (NIPR)

#### Abstract

Conjucy of auroras in the both hemispheres has been studied by aeroplane and ground-based observations at the geomagnetic conjugate points. Recently, new view points are introduced in this study; one is the effect of IMF-By which drives interhemispherical field-aligned currents, resulting in the assymetricity of field-aligned acceleration between both hemispheres, and the other is the effect of sunlit ionosphere upon the assymmetric formation of field-aligned acceleration voltage, i.e., less acceleration of auroral electrons in the sunlit hemisphere. These two effects are experimentally studied by geomagnetic conjugate observation of imaging riometers at Syowa Station and Iceland. The latter effect can be confirmed, while the former cannot by our observations.

オーロラが南北半球の地磁気共役点で対称的に発生しているかを調べるため、過去アラスカ大学の航空機観測、極地研究所の昭和-アイスランド観測などが行われてきている。オーロラ現象の開始時刻、

発達過程は共役点ではほぼ対称的であるが、オーロラ発光強度やオーロラの位置(緯度, 経度), 微細構造(Ray構造, Curl)については大きな非対称性が見出される例が多い。最近Stenbaek-Nielsen等(1997)により、磁気圏夜側に輸送されたIMF-By成分が一方の半球から他半球へ流れる沿磁力線電流を駆動し、これが、南北半球夜側電離圏に流入するRegion 1沿磁力線電流に非対称性を生じさせる。沿磁力線加速電圧の原因となるプラズマ不安定性は沿磁力線電流の大きさに支配されることから、IMF-By成分により両半球に降り込むオーロラ電子エネルギーに非対称が生じうるという仮説が提案された。

また、Newell等(1996)はDMSP衛星粒子観測により、沿磁力線加速を受けた降下電子現象(Inverted-Vなど)は著しい夏冬非対称性を持ち、日照下の半球では暗夜の半球に比べ、著しく少ないことを報告し、電離層の導電率が沿磁力線加速を支配する可能性を述べている。白夜の下ではオーロラは見えないだけではなく、本当に発生していない場合が多いということである。

これらを地上からの光学観測で実証することは、片半球が日照下にあつたり、曇天であつたりするため、観測の機会が非常に制限されてしまい困難である。われわれは1992年より昭和基地とアイスランドでイメージングリオメータの同時観測を行っており、両半球でのオーロラの発生位置、強度などを電波吸収の姿として比較してきた。今回、IMF-By、日照効果がオーロラの南北半球非対称性をどの程度生じさせるものか、イメージングリオメータの同時観測により調べた結果を報告する。

IMF-By効果は有意と認め難く、一方、日照効果は有った。但し、電波吸収が日照半球で大きくなる原因は降下粒子フラックスだけではなく、D層の大気密度の効果もあり、その割合を検討する。

#### References

- Stenbaek-Nielsen et al., Conjugate auroras and the interplanetary magnetic field, JGR, 102, 2223-2232, 1997.  
P. T. Newell et al., Suppression of discrete aurorae by sunlight Nature, 381-27, 766-767, 1996.

## B42-04 Small-scale folded auroral structures at conjugate stations observed by the auroral TV and the imaging riometer

\*Kumiko Hashimoto[1], Takashi Kikuchi[2], Natsuo Sato[3]  
[1] Kyushu University  
[2] Communications Research Laboratory  
[3] National Institute of Polar Research

Excellent auroral image data were obtained simultaneously at geomagnetic conjugate observatories, Syowa Station in Antarctica and Husafell in Iceland on 11 September 1994 using SIT all-sky TV cameras. During the growth phase of a substorm, east-west elongated discrete auroral arcs were observed at both observatories in the pre-midnight (2207~2215UT). We found that the luminosity of the discrete auroral arc increased simultaneously at the conjugate stations and that small-scale folded structures (about 100 km) were formed and deformed on the conjugate arc. In particular, the formation and deformation of individual folded structure on the conjugate arc were quite similar and occurred simultaneously within a resolution of 5 seconds in both hemisphere.

Cosmic noise absorption (CNA) was associated with the conjugated discrete auroral arc as observed by the imaging riometer at conjugate observatories, Syowa and Tjornes. It is found that the folded auroral structures was accompanied by an intense CNA at both stations. This implies that the field aligned acceleration of auroral particles occurs strongly along the field lines conjugate to the folded structures almost at the same time in the northern and southern hemisphere.

Such a small-scale folded structure has been regarded as a local phenomenon in each hemisphere. However, the excellent similarity we obtained at conjugate stations suggests that the small-scale folded auroral structure on a discrete arc originated from an instability in the equatorial plane of the magnetosphere, e.g. Kelvin Helmholtz instability with a flow shear in the plasma sheet or in the boundary layer. In order to investigate the source region of the small-scale folded auroral structure, we will compare the observational

result with some models of the formation of the small-scale folded auroral structure.

極冠域オーロラの2次元微細構造とダイナミクス

宮岡 宏、海老原拓輔、江尻全機 (極地研)

Polar cap arcs: micro-scale structures and dynamics

H. Miyaoka, Y. Ebihara and M. Ejiri (NIPR)

We present several characteristic features derived from the high-resolution imaging observation of polar cap auroral arcs in the magnetic zenith direction at Sondrestrom, Greenland, using a high sensitive ICCD-TV camera with an extremely narrow field-of-view (4.8km x 3.4km) and a small spatial resolution (~10m) equivalent to the gyro-radius of precipitating auroral electrons. In this paper, micro-scale (<1km) structures, fast drift motions and fluctuations of polar cap arcs are described and discussed in detail, comparing to the current theoretical models of polar cap arcs.

極冠域オーロラの生成機構として、マクロ/メソスケールの電離圏磁気圏フィードバック結合系に基づく時間発展モデルが提案されている (Zhu et al., 1993など)。こうした理論モデルを検証するためには、極冠域オーロラを構成するディスクレットアークのエレメント (厚さのスケール~100m) の時空間変動を分離しうるミクロスケールの高解像度観測が有効である。こうした視点から、1995年ならびに1996年12月、グリーンランドのSondrestrom (Inv=74.5) において、最小解像度10m (約10keVのオーロラ電子ジャイロ半径に相当) の非常に狭い視野角を持つ高感度オーロラカメラを用いて磁気天頂方向に現れたディスクレットアークの高解像度観測を実施した。狭い視野フレーム内ではオーロラの相対運動が大きくなるため、画像ぼけを生じないよう時間分解能も大きくする必要がある。したがって発光時定数が短いN<sub>2</sub><sup>+</sup> First Negative Bandの光で撮像するため、500nm以上をカットする光学フィルターを用い、30Frames/secの時間分解能で画像記録を行った。

Sondrestromはオーロラオーバルの高緯度側に位置しているが、オーロラブレイクアップとともに高緯度伝搬してくるオーロラサージが磁気天頂視野内に入ってくる事が多く、また静穏時には、夕方や午前側を中心にsun-aligned arcsやコロナ状オーロラが頻りに磁気天頂付近に出現するため、予想以上に多くの観測例を得ることができた。また、部分的にIS Radarとの同時観測も実現した。

このような狭視野磁気天頂撮像により、オーロラアークの厚さを直接精度よく

求めることができる。実際に今回の観測から、アークを構成するエレメントとして100~200m程度の厚さのものが存在することが明らかとなった。こうした事実は、オーロラ磁気圏上に粒子加速域を仮定するモデル、波動伝播に伴うトランジエントな粒子加速を主因とするモデル以外の磁気圏電離圏結合モデル (Gruenewald Mechanism in Botovsky, 1993) ではオーロラアークの微細構造 (<1km) を説明できないことを示す。本講演では、画像解析の結果に基づき、こうした極冠域オーロラの微細的な空間構造とその時間発展について議論する。

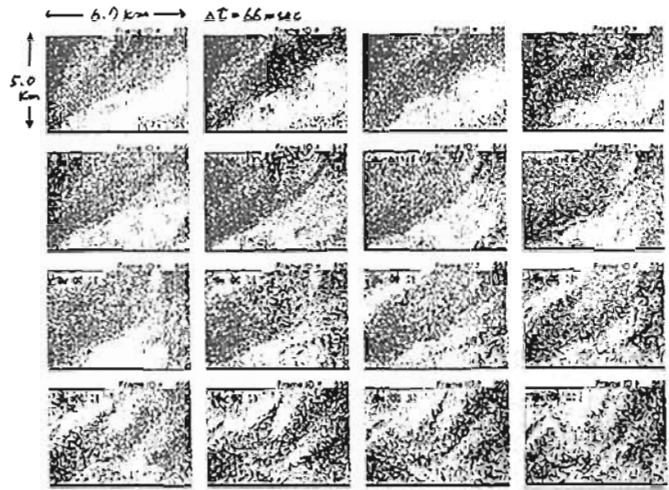


図1 オーロラアーク微細構造の時間発展の例 (画角: 3.8 x 2.8°, 中心: 磁気天頂、波長: <500nm、全体で1秒間)

Cusp帯 (Longyearbyen, 1996-1997) でのオーロラ観測—特に夕方側Sun-aligned arcsに

\*熊谷 玲美[1], 林 幹治[1], J. Moen[2]

[1] 東京大学理学系研究科  
[2] The University Courses on Svalbard

Observations of Auroras in Cusp region (Longyearbyen, 1996-1997) with an interest in Eveningside Sun-aligned arcs

\*R. Kumagai[1], K. Hayashi[1], J. Moen[2]  
[1] Graduate school of science, University of Tokyo  
[2] courses on Svalbard

Observations of aurora with All Sky TV camera were carried out at Longyearbyen, Norway (MLAT=74°, MLON=130°) from Nov. 1996 to Feb. 1997. Auroral activity of this duration was relatively quiet. With new camera system, the quality of aurora images we got over total light range has been improved. Longyearbyen is located in cusp region, and we can find eveningside sun-aligned arcs as well as other auroras typical in high latitude region. Using Wind satellite IMF data, we found the arcs were observed when IMF Bz component pointed Northward. Several sun-aligned arcs shifted equatorward, we found no dependence of the motion on IMF component though. We will also discuss about the relation between Sun-aligned arc and Auroral oval.

1996年11月から1997年2月、ノルウェーのLongyearbyen (磁気緯度74°、磁気経度130°) において全天テレビカメラによるオーロラ観測を行った。満月の前後の期間を除いた、計34日間観測は行われ、期間全体を通してオーロラ活動は比較的静かであった。

この観測の特徴は、画像の質が向上したことにあり、得られた画像に積分処理を行うことによって、比較的暗いオーロラを識別することができた。撮影は全波長域において行われたが、カメラの光学系およびimage intensifierの特性から主に500~700nmの範囲でのオーロラが観測されている。

観測を行ったLongyearbyenはカusp領域に位置しており、より低緯度のオーバル帯に位置する観測サイトとは異なった特徴を持つオーロラ現象を観測することができる。昼間観ではカusp領域のdayside

auroraが観測され、また真夜中付近ではサブストームの発生に伴って、低緯度からオーロラオーバルの明るいオーロラが拡大してくる様子が、間欠的に観測された。これらの現象と同時に、夕方側の磁気地方時19時前後に、sun-alignedが観測された。他の時間帯では、たとえ真夜中付近のSubstormによるオーロラのない時間帯では、比較的オーロラ活動が静かで、sun-aligned arcが観測されることはなかった。また、朝靄では、全天にわたってオーロラが分布し、はっきりとしたsun-aligned arcを見つけることは困難であった。

今回観測された夕方側のsun-aligned arcは、一般にsun-aligned arcについて知られているとおり、IMFのBz成分が正(北向き)の時に形成されていることが、Wind衛星のIMFデータとの比較からわかった。これらのsun-aligned arcは、オーバルのオーロラなどに比べてかなり暗いものの、1時間程度継続して観測された。また、いくつかのsun-aligned arcは低緯度方向へシフトしていく様子が見られた。この運動の発生のIMFの方向、特にBy成分への依存性を調べたが、両者の間に明確な関係は見出せなかった。

夕方側Sun-aligned arcが観測されなくなった後、ほとんどの場合は1時間ほど経ってからsubstormが発生して、明るいオーロラが低緯度からシフトしてくる。しかし、今回観測したなかには、sun-aligned arcが見えなくなった直後にsubstormが発生した例もあった。その際、低緯度側でsun-aligned arcが湾曲しており、この領域がオーバルとsun-aligned arcがつながる付近と推測される。このような例は、sun-aligned arcとその外側のオーロラオーバルの空間的な関係、さらにはsubstorm現象との時間的なつながりを知る、重要な手がかりなるであろう。

今年の冬には、同じLongyearbyenにおいて観測を行い、視野内に月がある時の観測も行って、さらにデータを蓄積することを目指している。その結果で、夕方側sun-aligned arcについて議論を進めて行けるものと期待している。

# B42-07 多点オーロラトモグラフィ観測と再構成解析 - その3 -

森生武彦<sup>\*</sup>、立辰全俊<sup>\*</sup>、浦島智<sup>\*\*</sup>

Ake Steen<sup>\*\*\*</sup>, Urban Brändström<sup>\*\*\*</sup>, Björn Gustavsson<sup>\*\*\*</sup>  
(<sup>\*</sup>国立極地研究所, <sup>\*\*</sup>京都大学工学部, <sup>\*\*\*</sup>スウェーデン宇宙物理研究所)

## Multi-point auroral tomographic observation and inversion analysis -3-

Takeliko Aso<sup>\*</sup>, Masaki Ejiri<sup>\*</sup>, Akira Urashima<sup>\*\*</sup>  
Ake Steen<sup>\*\*\*</sup>, Urban Brändström<sup>\*\*\*</sup>, Björn Gustavsson<sup>\*\*\*</sup>  
<sup>\*</sup>National Institute of Polar Research, Tokyo 173, Japan  
<sup>\*\*</sup>Dept. Electrical Eng., Kyoto University, Kyoto 606-01, Japan  
<sup>\*\*\*</sup>Swedish Institute of Space Physics, S-081 28, Kiruna, Sweden

The 3rd tomographic observation of aurora has been carried out in January to March, 1997 using upgraded ALIS (Auroral Large Imaging System) imaging network of the Swedish Institute of Space Physics. The system has at the moment 6 observing sites linked together by the computer networking via telephone lines. In this campaign, collaborations with FAST (Fast Auroral Snapshot Small Explorer) satellite and EISCAT radar have been undertaken, though close conjunction was really an interesting but quite a difficult task. Also, the first tomographic images of 427.8 nm bluish-violet aurora were taken, together with triangulation images at 630 nm red spectral band. Tomographic inversion using the SIRT iterative algorithm with the constraint of identical field-aligned profile in the proximity has given 3D luminous structure of aurora. Numerical tests are requisite to check the validity and feasibility of reconstruction for varieties of auroral form and position, and numbers of observing sites.

### はじめに

1995年3月、12月<sup>[1]</sup>に引き続き3回目のALISトモグラフィ観測が1997年1月から3月にかけてスウェーデンのキルナで行われた。今回から、6点に整備されたALISシステムのみによる完全な自動観測が行われ、単色フィルタの自動切り替えにより557.7nm以外の427.8nmでのトモグラフィ画像、630nmでの三角測高が可能な画像種が初めて得られた。さらに、このキャンペーンではオーロラ生成の定量的解明に資するデータを得ることを目的として、FAST衛星によるオーロラ粒子計測およびEISCATレーダによるプラズマ観定の同時観測が企画された。オーロラをこれらのコンジャンクションに同期してトモグラフィ解析に好適な位置に捉えることは困難であったが、2月7日の20:48~20:50UTにはコンジャンクション時にオーロラ画像の取得も1,2の点でなされた。

### トモグラフィ解析例

図に1997年2月9日18:31:30UTにおける(a)427.8nmでの4点トモグラフィ画像(左)とSIRT法による3次元復元構造からの各点での再構成画像および(b)そのビジュアライゼーションを示す。解析に用いられたボクセル数(サイズ)は南北50(2km)×東西40(4km)×高度70(2km)で、一様な初期値からスタートし、オーロラの沿磁場位置が近傍で同一であるという制約を用いて解析している。(a)では、共通視野領域については概一致した画像の復元がなされており、また(b)では高度110km以上に極大をもつ2層をなした3次元の復元構造が仰角120度で南西の方位から見上げられている。

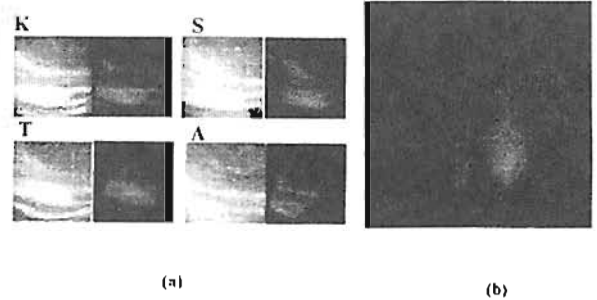


図 2月9日18時31分30秒UTに撮像された波長427.8nmでのオーロラの(a)多点観測画像と再構成画像の比較および(b)南西の方向から見上げた3次元発光構造

### おわりに

解析と並行して、シミュレーションによる検討は解の一貫性をチェックする上で不可欠であるが、これによると更に今後建設を予定されている南側の Kiruna, Nytorp および最北の Pihetsvi 3点を加えた計9点の観測網に、オーロラの広範囲に亘る出現位置での可復元性ととも、復元精度の向上を暗示している。今後は、EISCATやFAST観測データとの総合解析を進めるとともに、ALISネットワークの拡大やロケットなどの高々度撮像プラットフォームの利用によるトモグラフィ技法の向上、PSCや大気光トモグラフィへの展開などを視野に入れている。

謝辞 本誌発行に、出版委員会(日本地球惑星科学連合会)および宇宙科学研究会(基礎研究(C)(2))、平成9年度宇宙科学費(国際宇宙研究、代表者国立極地研究所森生武彦)ならびに名古屋大学太陽地球惑星研究所の助成(担当藤井真一教授)による助成を得た。

参考文献 [1] 森生、浦島、藤田、多点オーロラトモグラフィ観測と再構成解析、科学2、第101回地球惑星科学国際会議論文要録、1997年3月。[2] T. Aso, A. Urashima, M. Ejiri et al., First results of auroral tomography from ALIS-Japan multi-station observations in March, 1995, Submitted to J. Geophys. Geoelectr., 1997.  
(第102回地球惑星科学・地球惑星学会(1997年10月2-5日)東京開催 平成9年8月6日)

# B42-08

## Long Periodic Pulsations of Auroral Luminosity

H Yang<sup>1,2</sup>, T. Kamei<sup>1</sup>, T. Aoki<sup>1</sup>

T. Iyemori<sup>1</sup>, N. Sato<sup>3</sup>, A. Kodokura<sup>3</sup>, H. Minatoya<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Faculty of Science, Kyoto Univ

<sup>2</sup> Polar Research Institute of China

<sup>3</sup> National Institute of Polar Research

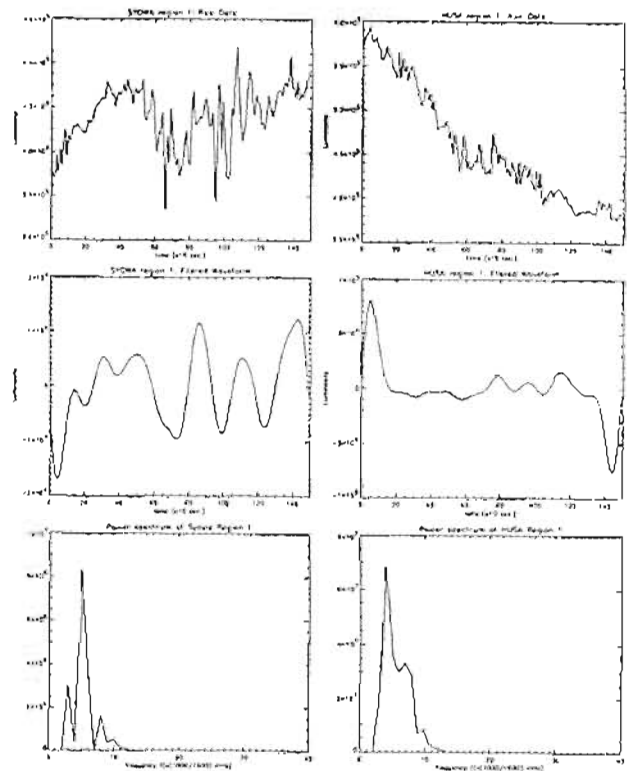
<sup>4</sup> University of Electro-Communications

### Abstract

Auroral luminosity pulsations observed on the ground may be divided into two types. The first occurs within pulsating patches with period of 2-20sec, of which the characteristics were well documented (A.D. Johnstone, 1983). It is believed to be caused by a modulation on precipitating electron beam through interactions with ELF waves. The second falls in long period range, it was associated with magnetic Pc4, 5, or giant pulsation (Burger [1963], Taylor et al [1989], XU et al [1993], and Yamamoto et al [1988]). Because of its great diversity and insufficient cases found so far, neither its morphology nor its mechanism is well defined.

To investigate long periodic auroral pulsations, a system is developed to extract time series of auroral luminosity from a video sequence of all-sky images, whose sampling rate may be set within a range from 0.1 to 30 fps (frames per second). The top two panels of the right figure are integral luminosity variations from 005140UT to 011640UT, Sept. 10, 1994, over a quadrangle region of MLat [66.0, 67.0] x MLon [68.6, 71.4] observed by all-sky TV cameras at Syowa, Antarctica, and at Husafell, Iceland. The middle panels are their long periodic pulsation waveforms passed a 5<sup>th</sup> Butterworth band-pass filter with cutoff frequencies at 1.33mHz to 6.67mHz, and the bottom panels are their power spectra respectively. With this method we may even extract long periodic auroral pulsations submerged in pulsating auroras.

The property of long periodic auroral pulsation itself will be studied in this presentation. An all-sky image is divided into several regions, coherence between different regions is then calculated to clarify whether it arises from temporal variation of precipitating flux or from spatial propagation of irregularities. The data at the conjugate pair of Syowa and Husafell will be analyzed meanwhile to make comparisons.



## B42-09

### オーロラのバターンダイナミクス-静止軌道 プラズマ観測との対比

\*林 幹治<sup>1</sup>, D. McComas<sup>1</sup>, STEP 極域観測グループ (1)  
[1] 東京大学大学院理学系研究科

#### Interpretation of auroral pattern dynamics--Comparative study with plasma dynamics observed at the geostationary orbit

\*Kanji Hayashi<sup>1</sup>, D. McComas<sup>1</sup>  
[1] The University of Tokyo, Graduate School of Science

All-sky TV camera data observed at Dome2 campaign site near by Dowson City, YK, are analyzed and are focused on dynamic patterns before mid-night which starts with braching form from a auroral arclocating in high latitudes and rapidly intrudes toward the south with a few km/s forming a semi-rectangular region with enhanced luminosity (~100km in E-W width and ~400 km in N-S length). The developments of auroral pattern are compared with the plasma measurements on board the LANL1989-42 satellite in which plasmameters both low and high energy range are available and are mapped or related to the ionosphere at about 300km in the west of Dawson City. Fast inward velocity is found in energetic proton(30-4500 eV) at the time of fast intrusion of auroral branch.

(序) STEP極域多点観測の一環として、冬季オーロラ観測を1993年以來実施して来た。観測キャンペーンと連携した期間は2週間を単位に、1ないし、2回、観測地点の数は、5~9箇所(極冠・カスプ帯5、オーロラ帯4)であった。比較的オーロラ活動が活発であったSTEP期間の前半に印象的なオーロラ現象が多発した。極域でのオーロラ観測には観測地点の選択について光学観測な最適条件を満たすことは多くの場合困難である。Dawson City 郊外の Dome2の観測地点は、標高1070mにあり、数10km四方の内の卓越丘陵の頂にある。市街光の影響が殆ど無い点もさることながら、低地に発生する浮遊水晶の影響が殆ど無い点は特筆に値する。Dawson City Dome2地点の特徴として、地磁気緯度が、66.3度とオーロラ帯の中心にあること、300km西方に、Los Alamos National Laboratoryの静止軌道衛星"1989-42"のfoot printがあり、全天TVカメラの視野中に捕らえることができることなどがある。

[真夜中付近の低緯度方向へのオーロラ貫入]

R.Nakamura等が目撃し、サブストームに伴う局所的プラズマインジェクションを具現するものとして、研究されたものである。Dowson City Dome2の観測では、典型的はこの様な現象が多数観測され、高緯度の視界限界近くの現象が貫入を繰り返して、オーロラの領域を低緯度側に広げて来る様子を広い緯度帯に渡って見ることが出来る。前回の学会で、例を見せた、1994年、1月14日の10時20分~30分の貫入現象は、電離層レベルで最高3km/sの見かけ上の速度で南下し、南緯付近で減速するものであった。この様なオーロラ発光域の見かけの運動は、簡単には電場によるプラズマ輸送と対応付けがなされるのが普通であるが、運動の意味とその実体を明らかにする必要がある。

[LANL1989-42,Magnetospheric Plasma Analyzer]  
LANLの静止軌道衛星群は、広いエネルギー域のプラズマ観測に特化した衛星である。Key parameterとして、擬観できるプラズマ物理量の中に、1-130eV/eと0.13-45keV/eのイオンの3次元速度モーメントが与えられている。その詳細な解釈については検討を要する点があるが、上記のオーロラ貫入が見られた時間に対応して、100km/sの地球方向の早い流れが0.13-45keVに継続時間5分程度で観測されている。対応する流れは1-130eV/eの成分には見られない。オーロラ発光に關係する電子(0.03-45keV)密度の減少が見られる。

[講演では]  
他の例について言及し、オーロラ輝度の時間変動と対比すべきプラズマパラメータを見つけ、出来れば、衛星foot-printの決定を試みる。

## B42-10

### GEOTAIL と SuperDARN 同時観測による 磁気圏-電離圏変動

\*青木真一<sup>1</sup>, 梶根川登<sup>1</sup>, 櫻井亨<sup>1</sup>, 佐藤夏雄<sup>2</sup>, 山澤久雄<sup>2</sup>, 行松彰<sup>2</sup>,  
山本達人<sup>3</sup>, SuperDARN PI (1<sup>1</sup>東海大, 2<sup>2</sup>極地研, 3<sup>3</sup>宇宙研)

#### Dynamics of the Dayside Magnetopause and the Ionosphere in the Polar Region Observed by GEOTAIL and SuperDARN

\*S.Aoki<sup>1</sup>, Y.Tonegawa<sup>1</sup>, T.Sakurai<sup>1</sup>, N.Sato<sup>2</sup>, H.Yamagishi<sup>2</sup>, A.Yukimatsu<sup>2</sup>,  
T.Yamamoto<sup>3</sup>, SuperDARN PI (1<sup>1</sup>Tokai Univ., 2<sup>2</sup>NIPR, 3<sup>3</sup>ISAS)

We have detected multiple magnetopause crossings at the GEOTAIL satellite while skimming the dayside magnetopause. Occasionally, the crossings occur quasi periodically with a period of several minutes. A quasi periodic crossing event was observed in the morning side low latitude boundary layer on December 28, 1995. During the event, Pc5 waves were observed at Syowa - Iceland conjugate stations near L=6. Furthermore, GEOTAIL encountered an active multiple crossing event around local noon, and high speed flow in the polar ionosphere was simultaneously observed by SuperDARN. We try to study these dynamic behaviors of the magnetopause and its relation to ionospheric disturbances in the polar region by using data obtained from GEOTAIL, SuperDARN and the ground observation at Syowa.

GEOTAILの主要な目的は地球から8Re~210Reの範囲をカバーする磁気圏尾領域の調査であるが、近地点において磁気圏境界面をかすめるような軌道をとるので境界面の研究にも利用できる。

1995年12月28日にGEOTAILは磁気圏境界面付近の軌道を通った(図1)。8:00UTまではMagnetosheathにあり、10:00UT以降はMagnetosphereに入った。8:00UTから10:00UTにおいて境界面の多重通過現象が観測され(図2)。GEOTAILとはほぼ同じ緯度上の昭和基地ではPc5変動が観測された。また、16:00UT頃でGEOTAILがMagnetosheathに抜入り、このときSuperDARNでは電離層での高速粒子流が観測されている。

衛星、地上、SuperDARNでの同時観測に太陽風のデータも加え、太陽風-磁気圏境界面-極域電離層のそれぞれの変動とそれらの相互關係をばる。

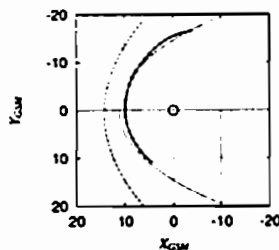


図1:1995年12月28日の軌道

#### GEOTAIL Magnetic field & Electric field (GSM) Data Plot December 28, 1995 00:00 - December 28, 1995 24:00

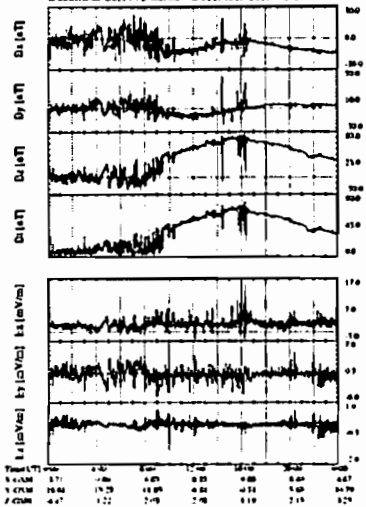


図2:1995年12月28日にGEOTAILで観測された電磁場変動

M. Pinnock, A.S. Rodger (British Antarctic Survey, Cambridge, UK),  
 K.B. Baker (JHUAPL, Maryland, USA),  
 G. Lu (NCAR, Colorado, USA),  
 M. Hairston (UTD, Texas, USA)  
 H. Yamagishi (NIPR, Tokyo, Japan)

Using the method developed by Baker et al. (1997) the HF radars at Goose Bay, Labrador and Halley, Antarctica are used to measure the day side reconnection voltage during a GEM Campaign period (21 July 1992).

High resolution data (50 second) is used to explore both the reconnection voltage and the open/closed field line boundary motion. The AMIE model runs for the period have been used to compare the reconnection voltages measured with the total cross polar cap potential.

The major findings are:

The large scale convection patterns display the hemispherical asymmetries expected for a finite IMF  $B_y$ ;

The magnetic local time location of the high speed flow in to the polar cap (throat flow) is controlled by the sense of IMF  $B_y$  and is asymmetric between the hemispheres;

The open/closed field line boundary data shows a general equatorward trend during the study period, superimposed on which are rapid poleward and equatorward fluctuations;

There is no evidence for large equatorward leaps of the open/closed field line boundary as predicted by some models of FTE signatures;

The Goose Bay radar observes the largest reconnection voltage in the throat flow region, which are typically 50% of the total cross polar cap potential and very bursty in nature. In the afternoon convection cell the reconnection voltage drops to 10kV or lower, perhaps indicative of a viscous drive process;

The Halley radar observes a similar pattern except that a large, bursty reconnection voltage continues to be observed in the afternoon cell.

The results are compared with previous observations and theoretical predictions.

## B42-12

### 南極HFレーダーで観測された北向きIMF時のPolar Patch

小川 忠彦<sup>1</sup>, 西谷 望<sup>2</sup>, M. Pinnock<sup>3</sup>, 佐藤夏雄<sup>4</sup>, 山岸久雄<sup>5</sup>, 行松 彰<sup>6</sup>  
 (<sup>1</sup>名大STE研, <sup>2</sup>BASUK, <sup>3</sup>極地研)

HF Radar Observations of Polar Patches under Northward IMF Conditions

T. Ogawa<sup>1</sup>, N. Nishitani<sup>1</sup>, M. Pinnock<sup>2</sup>, N. Sato<sup>3</sup>, H. Yamagishi<sup>4</sup>,  
 and A. S. Yukimatu<sup>5</sup> (<sup>1</sup>STE Lab., Nagoya Univ., <sup>2</sup>BASUK, <sup>3</sup>NIPR)

Enhanced-electron density structures, called "polar patches" in the polar cap and "auroral blobs" at auroral latitudes, with scale sizes of 100-1000 km are usually accompanied by decameter-scale irregularities that are produced through some plasma instabilities. Since these irregularities are responsible for a coherent scattering of HF waves, we can study the dynamics of patches and blobs by using HF radars. We have reported the radar echoes associated with polar patches and auroral blobs that were detected from 0000 to 2400 UT on July 14, 1995 with two Antarctic HF radars at Syowa Station and Halley Bay. By analyzing full-beam echo power and Doppler velocity data from both radars, we have found the following: (1) polar cap irregularities appear intermittently only for the period of 1730-0530 UT whose hours are consistent with those expected from a polar cap patch formation model; (2) their occurrences are mainly controlled by IMF  $B_z$  rather than  $B_y$ ; (3)  $E \times B$  drifts of the irregularities are nearly consistent with the Heppner and Maynard (1987) model convection; and (4) apparent toward-the-radar movement of the echo regions observed at Halley between 1600 and 2400 UT can support previous simulation.

This paper describes the polar patch-associated irregularities for the period 0130-0530 UT when IMF  $B_y$  was between 0 and +5 nT and  $B_z$  was weakly positive between 0 and +3 nT. The observed  $E \times B$  drifts of the irregularities are well consistent with the Heppner and Maynard BC model convection for weakly positive  $B_z$  (Fig. 1). If our patches

were produced near the cusp, a two-cell convection pattern must have been set up to transport the patches into the polar cap under positive  $B_z$ . The Geotail IMF data supports that this process is possible. Particle precipitation causing polar cap arcs under positive  $B_z$  may also produce enhanced electron density structures in the polar cap. The DMSP particle observations suggest that although bursty low-energy electron precipitations took place in the polar cap, their energy fluxes were insufficient to produce electron density enhancements detectable by the HF radars.

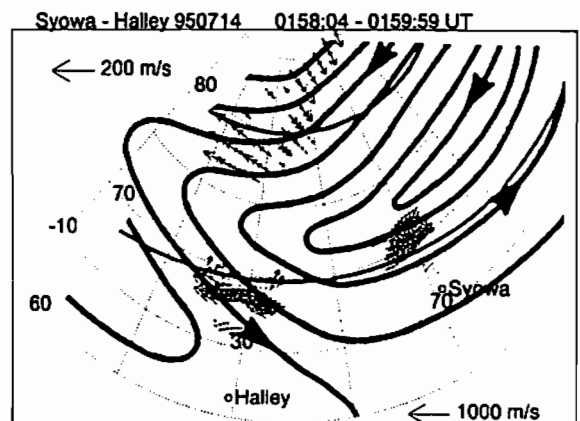


Fig. 1. Irregularity velocity map around 0159 UT on July 14, 1995 ( $B_y=+1$  nT,  $B_z=+1$  nT). Polar patch-associated irregularities appear at MLAT higher than 76 deg. Thick curves represent the BC model convection of Heppner and Maynard (1987).

C会場

10月2日(木)

9:45~12:00

# ULF 波動

## ULF Waves

oral: C11-01~08

poster: C11-P131~P140

座長

篠原 学 (九大・理学部)

松岡 均 (通総研)



GROUND BASED MAGNETOMETER NETWORK OBSERVATIONS AS DIAGNOSTICS OF MAGNETOSPHERIC PROCESS

Kiyohumi Yumoto<sup>1</sup> and the CPMN Group  
<sup>1</sup>Dept. Earth & Planetary Sci., Kyushu Univ., Fukuoka, Japan

Imaging the Earth's magnetosphere by using ground-based magnetometer arrays is still one of the major techniques for investigating the dynamical features of solar wind-magnetosphere interactions. The organized ground network data of magnetic fields make it possible (1) to study the magnetospheric processes by distinguishing between temporal changes and spatial variations in the phenomena, (2) to clarify the global latitudinal structures and propagation characteristics of magnetic variations from high to equatorial latitudes along the magnetic meridian (MM), and (3) to understand the global generation mechanism of magnetospheric phenomena.

Some phenomena observed at the 210° MM and the magnetic equator magnetometer networks of the Circum-pan Pacific Magnetometer Network (CPMN) project show global magnetospheric processes: (1) a high correlation of DP2 variation at high latitude, which appears at the southward IMF turning, with amplified signature at the dayside dip equator, (2) global wave characteristics of Pc 3 pulsations, and (3) a peculiar characteristic of dayside equatorial Pi 2.

DP2 and Pc 5 variations are found to have a higher coherence between high latitude and the dayside dip equator. The amplitude profile of DP2 is found to be very similar to that of ionospheric conductivity in the equatorial and low-latitude region and the decay of electric source field at high latitude, while Pc 5 shows a wave structure. The dayside equatorial ground-based data must be very useful in detecting at the southward IMF turning.

In order to clarify global wave characteristics of Pc 3 pulsations, we compared the horizontal H and D components at latitudinally separated 210° MM stations

with the H component at Guam near the magnetic equator. It is newly found that during the prenoon sector of 0900-1200 LT the D component Pc 3's show a coherent, in-phase oscillation in the world-wide region from low to high latitudes, and have a high correlation to the H component Pc 3's near the magnetic equator. The H-component Pc 3's at mid-latitude and near the magnetic equator can be explained by invoking a local field-line resonance oscillation and direct incident of compressional Pc 3 source waves from the outer magnetosphere, respectively. While, the D-component Pc 3's observed at the world-widely separated stations at L=1.2-5.5 in the prenoon sector must be a global coherent oscillation closely related to the upstream source waves, because the dominant frequency of the D-component Pc 3's at low latitude (L=1.6) statistically correlated with the magnetic field intensity in the upstream solar wind region.

Peculiarities of daytime and nighttime Pi 2 pulsations at the dip equator are also examined by using multipoint measurements from the CPM network. We found that during daytime the H-component amplitude of Pi 2 pulsations at the dip equator is enhanced, and the phase lags 34 degree behind those at low-latitude stations. On the other hand, during nighttime the H-component amplitude of Pi 2 pulsations at the dip equator is depressed, and the phase lags 18 degree behind those at the lower latitudes. Because the zonal ionospheric conductivity at the dip equator is much higher than that at the off-dip equator region, Pi 2 signals are expected to be distorted more effectively at the dip equator. The observations imply that the daytime and nighttime Pi 2 pulsations in the equatorial and low-latitude regions can be explained by invoking an instantaneous penetration of electric field variations from the nightside polar ionosphere to the dayside equatorial ionosphere, and a direct incidence of compressional oscillations from the nightside inner magnetosphere, respectively.

It is concluded that ground-based magnetometer network data, especially around the dayside dip equator are very useful in detecting changes in the solar wind and the nightside magnetosphere, and exiting the solar wind plasma and magnetospheric substorms.

正午前に観測される Pc 3 の波動特性

田中良昌, 藤原学, 湯元清文 (九州大学理学部), S.I.Solovyev (IKFIA), E.F.Vershinin (IKIR), 210° 地磁気観測グループ

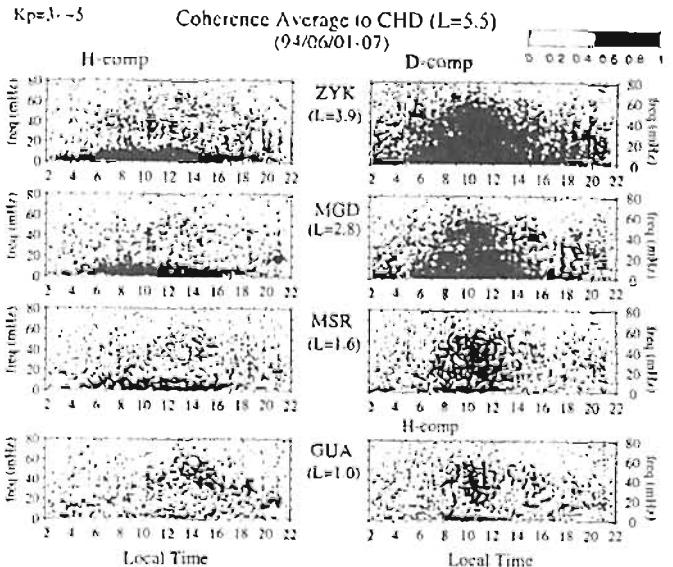
Wave Characteristics of Pc 3 Pulsations in the Prenoon Sector

Y.M.Tanaka, M.Shinohara, K.Yumoto (Kyushu Univ.), S.I.Solovyev (IKFIA), E.F.Vershinin (IKIR), and The 210° MM Magnetic Observation Group

We examined the coherence of Pc 3 pulsations observed at the 210° MM network stations during the magnetic disturbed period (Kp=3~5). The D-component Pc 3 pulsations in the prenoon sector of 9~12 LT were found to show high coherence and in-phase relation among the latitudinally separated stations. We also performed the same analysis for data during the magnetic quiet period (Kp=0+~3-), and found coherent D-component Pc 3's similar to that during the magnetic disturbed period. This result indicates that the coherent D-component Pc 3 pulsations in the prenoon sector appear independently of the magnetic activity.

地上で観測される昼間 Pc 3 波動の磁場変動のH(南北)成分とD(東西)成分は全く異なった性質を示す。例えば、H成分は緯度固有の波動が観測されるのに対して、D成分には高緯度から低緯度まで非常に相関の良い波形が観測される。右図は、210° 磁気子午線上のオーロラ帯にある観測点 CHD (L=5.5) の磁場変動と他の低緯度の観測点の磁場変動とのコヒーレンスを成分ごとに統計的に示したものである。(但し、赤道付近の観測点 GUA (L=1.0) の右側はCHDのD成分とGUAのH成分のコヒーレンス)。これを見ると、Pc 3 周波帯の波動が低緯度まで相関良く観測されるのはH成分の正午前だけであることが分かる。しかも位相もほとんど同位相であった。これは、ローカルタイムで正午前に電離層に Pc 3 の周期で振動する南北方向の電流が流れていることと等価である。

しかし、この結果は磁気圏が乱れた状態 (Kp=3~5) で得られたものであり、原因を特定する事は困難である。そこで今回地磁気活動度の低い期間 (Kp=0+~3-) を選んで解析を行ってみたところ、Pc 3 の発生率は小さかったが、地磁気活動度の高い期間とほとんど同じ結果が得られた。このことから、この現象は地磁気活動度にあまり依存しない Pc 3 の発生、伝播に関わる本質であると考えられる。



**Wave characteristics of Pi 2 pulsations in the morning sector**

°M. SHINOHARA<sup>1</sup>, Y.-M. TANAKA<sup>1</sup>, K. YUMOTO<sup>1</sup>, O. SAKA<sup>2</sup>,  
S. I. SOLOVYEV<sup>3</sup>, E. F. VERSHININ<sup>4</sup>,  
AND THE 210° MM MAGNETIC OBSERVATION GROUP  
<sup>1</sup>Department of Earth and Planetary Sciences, Kyushu University  
<sup>2</sup>Department of General Educations for Physics, Kurume National Institute of  
Technology  
<sup>3</sup>Institute of Cosmophysical Research & Aeronomy (IKFIA), Yakutsk, Russia  
<sup>4</sup>Institute of Cosmophysical Research & Radiowaves Propagation (IKIR),  
Kamchatka, Russia

By using of magnetic data from the 210° MM network and the dip equator station POH, we examined wave characteristics of Pi 2 pulsations observed in the morning sector (0600-1100 LT). A fairly coherent Pi 2 pulsation is observed in the D-component from low- to high-latitude (geomagnetic latitude  $\Phi \leq 70^\circ$ ) stations and in the H-component at the dip equator. A similar peculiarity of global wave characteristics of Pc 3 pulsations was recently found by Tanaka et al. (in this issue). It seems that propagation mechanisms of D-component Pi 2 and Pc 3 pulsations in the morning sector are similar.

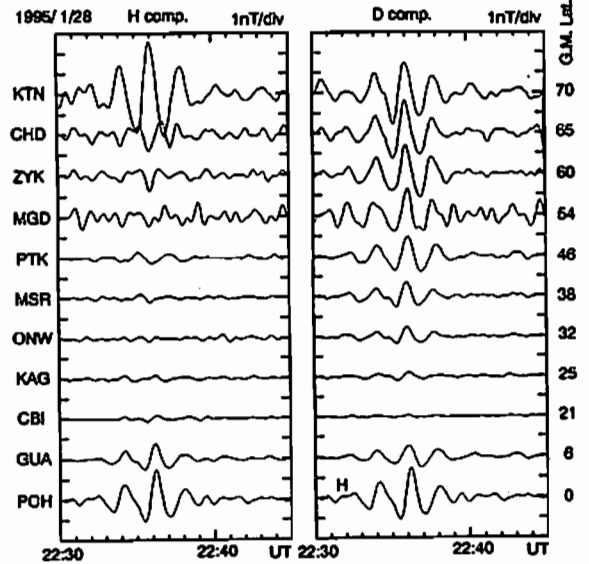
210°地磁観測ネットワークおよび磁気赤道 Pohnpei のデータを用いて、朝側の Pi 2 について中高緯度と赤道の関連を詳しく調べた。一般的に昼側では、磁気緯度 50°以上の中高緯度では、赤道と相関の良い脈動はあまり観測されない。しかし、朝側 (11 LT 頃まで) では、中高緯度の D 成分に赤道の H 成分と類似した振動が観測される。しかも、磁気緯度 70°から 25°にかけて、広い緯度域ではほぼ同位相の波形が観測される。

図は 1995 年 1 月 28 日 22:35UT (08:35LT) の Pi 2 の例である。左は H 成分、右は D 成分を示し、データは 40-150 秒のバンドパス処理を行っている。一番下の POH は磁気赤道の観測点で、基準として左右共に H 成分を表示し

ている。低-高緯度の観測点で D 成分に赤道と非常に相関の良い脈動が観測されている。一方、H 成分は最も高緯度の KTN を除いて、POH の Pi 2 に対応する振動はほとんど見られない。

この特性は、01 UT (11 LT) 頃まで観測され、それ以降、D 成分の Pi 2 は観測されなくなる。

昼側の午前側で D 成分の振動が見られるのは Pc 3 の脈動の特性と類似している (本予稿集 Tanaka et al. 参照)。励起源が異なると考えられる Pi 2、Pc 3 であるが、伝播機構に共通する部分があると考えられ興味深い。ただし、この現象が観測される地方時は、Pi 2 の方が 2 時間ほど早い様である。



**ULF 波による磁気圏の  
リモートセンシング ;  
キャビティモード波の検出?**

° D. オーア (1), D. ハルクロウ (1), C. ウォルターズ (2),  
家森俊彦 (3), 荒木 徹 (4)

**REMOTE SENSING OF THE MAGNETOSPHERE  
BY ULF WAVE ;  
THE DETECTION OF CAVITY MODE WAVES?**

David Orr (1), Debra Halcrow (1), Colin Waters (2),  
Toshihiko Iyemori (3), Tohru Araki (4)

- (1) Physics Department, University of York, UK.
- (2) Physics Department, Newcastle NSW, Australia
- (3) Data Analysis Center for Geomagnetism and Space Magnetism, Faculty of Science, Kyoto University
- (4) Department of Geophysics, Graduate School of Science, Kyoto University

A range of signal processing techniques; complex demodulation, cross-phase and state vector analysis were used on an event detected on the IMAGE and SAMNET magnetometer arrays on 31 August 1990. Field line resonances were identified at particular latitudes; this allowed estimates to be made of the plasma density in the equatorial plane. From these estimates it is then possible to model the periods of the compressional

mode hydromagnetic waves (cavity modes) that can be excited within the magnetosphere. The results are consistent with the signals detected on the ground.

## C11-05 Characteristics of Impulsive ULF Waves Excited by Strong Lightning Discharges Producing Elves and Sprites

°H. Fukunishi, M. Sato, and A. Shono

Department of Geophysics, Tohoku University, Sendai 980-77, Japan

Optical and search coil magnetometer data obtained from the SPRITES'96 campaign carried out at Yucca Ridge Field Station, Colorado in July 1996 have presented clear evidence for the excitation of impulsive ULF waves with their dominant power at 1-2 Hz by strong lightning discharges producing elves and sprites. The most striking feature is that the excited ULF waves exhibit different wave forms in the case of sprites without preceding elves and the case of sprites with preceding elves. The wave forms and power spectra in the case of sprites without preceding elves are quite similar to those computed theoretically by Sukhorukov and Stubbe [1997]. That is, the wave forms show the impulsive onset of damped oscillations and the spectra show a fundamental peak at ~ 1 Hz and higher harmonics above it. Sukhorukov and Stubbe [1997] have proposed a mechanism for the nonlinear excitation of the ionospheric Alfvén resonator formed in the F-region by elves- or/and sprites- produced lightning discharge. The source of the time-varying nonlinear current, located at altitudes below 95 km, is due to the large impulsive electron heating and breakdown of the atmosphere by strong lightning discharge. They estimated that the magnitudes and durations of Alfvén transients in the upper ionosphere are in the range of 0.1-30 mV/m and 3-10 s, respectively. The electric fields of 0.1-30 mV/m

correspond to the magnetic field perturbations of 0.025-7.5 nT in the upper ionosphere. These magnitudes and durations are comparable with the observed magnitudes of 0.1-1.0 nT and durations of 3-5 s. Therefore, it is suggested that the ULF transients beginning at the onset of sprites are due to the excitation of the ionospheric Alfvén resonator by strong lightning discharge.

On the other hand, in the case of sprites with preceding elves quasi-sinusoidal wavelets with a duration of ~ 3 s and a dominant period of ~ 0.5-1.0 s wave observed. Further, it was found that both elves and sprites occurred within ULF wavelets. These features may suggest that the excitation of ULF wavelets is due to successive lightning discharges including the most intense positive discharges producing elves and sprites.

Dynamic spectral analysis has demonstrated that the impulsive ULF waves excited intermittently produced a banded structure in the 1-5 Hz range. The center frequencies of these bands increased gradually from late evening toward early morning.

Sukhorukov, A.I., and P. Stubbe, Excitation of the ionospheric Alfvén resonator by strong lightning discharges, *Geophys. Res. Lett.*, 24, 829-832, 1997.

## C11-06 The Transfer Characteristics of Pi 2 Magnetic Energy

° T.Uozumi (1), K.Yumoto (1),  
S.I.Solov'yev(2) and E.F.Vershinin(3)  
(1)Kyushu Univ., (2)IKFIA, (3)IKIR)

We examined transfer characteristics of Pi2 magnetic energy by using the 210° MM network data. In this paper, we define the magnetic transfer energy of Pi 2 waves. The main results of analysis are as follows: 1. Near plasmopause latitude (Zyryanka:  $L = 3.91$ ), the time of maximum of the magnetic transfer energy delay about 50 sec. to those at the equatorial and low latitudes ( $L < 2$ ) stations. 2. Pi 2, on Jan. 20 1995 event, is explained using an analogy of primary and secondary wave of earthquakes.

Pi 2 の数周期分の振動を一まとめにして一つの『波束』として捉えると、今まで複雑な位相関係をもつために比較対応が困難であった高緯度領域と低緯度領域の現象を直接対応付けて議論できる可能性がでてきた。この波束という観点から Pi 2 を見た場合、エネルギーの伝播経路に関する多くの情報が磁場のデータから得られる可能性があることが伺われる。

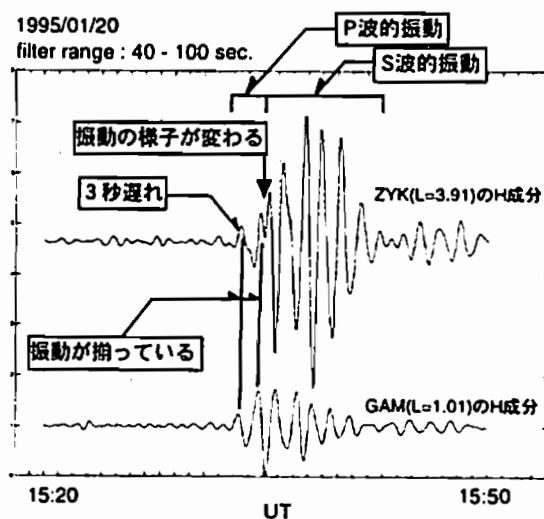
この観点から Pi 2 を捉え直してデータ解析を行ったところ、タイムキーピングが正しいと仮定した場合、プラズマポーズ付近を通る磁力線の足に当たる Zyryanka (ZYK:  $L = 3.91$ ) では Pi 2 の磁気的エネルギーの変動のピークの時刻が赤道や低緯度と比較して平均的に 50秒遅れることが明らかになった。本学会ではこの現象とその原因についてのモデルを紹介する。

さらに解析を通して見つかった面白い現象として、ZYK で地震波の P 波/S 波に似た Pi 2 の振舞いが観測されたのでこれについても紹介する。

下図は中緯度のZYKおよび赤道のGAMで1995年1月20日に観測されたPi 2を示したものである。

これを見ると、初めの1周期半では振動が揃っていてその後は振動がずれていることが読み取れる。そのずれている後半の振動もZYKのデータを前のほうに36秒ずらすと振動がGAMと良く合う。

Pi 2 の前半部はP波としての圧縮波がZYKとGAMで同時に観測されているものと考えられる。一方、ZYKの後半の部分は振幅の大きなS波的振動が磁力線沿いに遅れて到着し、これがP波を凌駕しているために振動の様子が変わったのであろうと結論される。



南極無人観測所 (AGO) 網で観測された  
Magnetic Impulse Event とそれに伴う  
Pc1 burst 現象

佐藤 光輝、 福西 浩 (東北大学大学院理学研究科)  
L. J. Lanzerotti (ベル研究所, ルーセントテクノロジー)

Magnetic Impulse Events and Associated Pc1 Bursts  
Observed by the AGO Network in Antarctica

M. Sato, H. Fukunishi (Graduate School of Science, Tohoku University)  
L. J. Lanzerotti (Bell Laboratories, Lucent Technologies)

Using the magnetic data obtained by fluxgate and search coil magnetometers installed at four Automatic Geophysical Observatories (AGOs), South Pole, McMurdo and Iqaluit stations we have studied the relationship of Pc1 bursts to magnetic impulse events (MIEs), the spatial scale size of MIEs and the origins of high latitude Pc1 bursts in the magnetosphere. During the period from February 20, 1995 to March 12, 1995 four large MIE events were observed. Simultaneously, Pc1 bursts were observed at AGOs without exception. The contour plots of MIE amplitudes revealed the scale size of MIEs. The phase relation of Pc1 bursts between AGO stations and the solar wind parameters obtained by WIND satellite provide a possible occurrence mechanism of MIEs and MIE-related Pc1 bursts.

経緯の高緯度極域の地磁気観測から、Magnetic Impulse Event (MIE) に伴い Pc1 burst が同時に発生することが近年明らかになった。本研究はMIEの地上での空間スケールと、それに伴う Pc1 burst の磁気圏での発生領域およびメカニズムを明らかにすることが目的である。そのために、1995年2月20日から1995年3月12日の期間の、南極のカスプ・極冠域に展開する4つの無人観測所 (AGO) PENGUIN (計4) のサーチコイル磁気計とフラックスゲート磁気計データ、South Pole, McMurdo, Iqaluit (South Pole の磁気共役点) ステーションのフラックスゲート磁気計データを用いてMIEを4イベント見出し、解析を行った。

MIEが観測された時刻における各々のステーションの振幅を表示したコンタープロットを作成した結果、MIEの空間スケールは磁気緯度方向に5°-7°、磁気経度方向に40°-60°であることが分かった。さらにフラックスゲート磁気計と

D成分のデータから、MIEが観測されているときの電離圏プラズマのドリフト方向を求めた。それにより、MIEを引き起こす電離圏ホール電流ループは経緯の磁気緯度70°-80°で形成され、夜側へ移動していくことが明らかになった。

またMIEと同時に全てのイベントにおいて Pc1 burst が AGO ステーションで観測された。1995年3月10日 14:35 UT の MIE と同時に観測された Pc1 burst を図1に示す。MIEに伴う Pc1 burst は、高緯度側のAGO P1, P4 ステーションと低緯度側のP2, P3 ステーションの双方で同時に周波数がほぼ等しく観測されていることが分かった。しかしそれぞれの Pc1 burst の細かなスペクトル構造は全く異なり、しかもスペクトル強度は低緯度側で常に強い。また、Pc1 burst の AGO ステーション間の位相関係を計算した結果、コヒーレンスが低いイベントが多いことが分かった。これらの事実は Pc1 burst の発生源は磁気圏内部にあり、しかも経度方向に広がりをもつことを示唆する。講演では、WIND 衛星によって得られた太陽風磁場・速度・密度データとの比較を含め、全ての AGO ステーションでデータが得られている1995年2月から4月にかけてのデータをさらに解析した結果について報告する予定である。

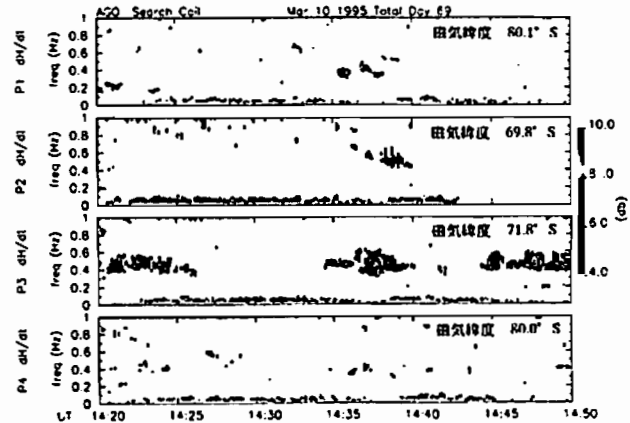


図1 1995年3月10日 14:35 UTにAGOステーションのサーチコイル磁気計で観測されたMIEに伴うPc1 burst. 図は磁気圏北成分のダイナミックスペクトル。

A longitudinal extent of particle injection region associated with a ground Pi 2 onset as observed at the dip-equator

O.Saka<sup>1</sup>, T. Iijima<sup>2</sup>, D.N. Baker<sup>3</sup>, G. D. Reeves<sup>4</sup>, and R.D. Belian<sup>4</sup>

1. Department of Physics, Kurume National College of Technology, Kurume, Japan
2. Department of Earth and Planetary Physics, University of Tokyo, Tokyo, Japan
3. Laboratory for Atmospheric and Space Physics, University of Colorado, Boulder
4. Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, New Mexico

**Abstract.** An onset of Pi 2 pulsations was detected at 0402 UT on August 26, 1986 in the midnight sector by the fluxgate magnetometer at the dip-equator (Huancayo, Peru; 1.44N, 355.9 in geomagnetic coordinates; 12.1S, 75.2W in geographic coordinates; L=1.00). At the same time in the midnight magnetosphere, GOES 6, GOES 5, 1982-019 and AMPTE/CCE were monitoring the magnetic fields and flux of low energy particles (electrons; 30-200 keV, protons; 63-230 keV). It was found that changing magnetic fields as observed by magnetometers on board GOES 6 (L=6.6, 2128 LT), GOES 5 (L=6.6, 2306 LT), and AMPTE/CCE (L=7.1, 0206 LT) occurred simultaneously with the onset of the Pi 2 pulsations. Likewise, the electron flux measured by lower energy channels of 1982-019 (L=6.6, 0133 LT), and the proton flux measured by AMPTE/CCE in the postmidnight sector were all found to increase simultaneously with the onset of Pi 2 pulsation. We argue that plasma cloud may entrain in the geosynchronous orbit right at the Pi 2 onset for a midnight sector spanning at least 4.5 hours of local time, to which an initial change of the background field lines can be attributed.

真夜中磁気圏、L~7で経度方向4.5時間の幅に配置された4つの衛星 (GOES 6, GOES 5, 1982-019 and AMPTE/CCE) と地上磁気赤道に位置したHuancayoの5点の磁場および低エネルギー粒子データを利用し、Pi2脈動の開始1分間に起こりえる磁気圏現象の時間・空間スケールについて調べた。

我々の過去の研究成果

1. Ground-satellite correlation of low-latitude Pi 2 pulsations: A quasi-periodic field line oscillation in the magnetosphere, J.G.R. 101, 15433, 1996.
2. A possible driving source for transient field line oscillations in the postmidnight sector at geosynchronous altitudes, J.G.R. 101, 24719, 1996.
3. Pi 2-associated particle flux and magnetic field modulations in geosynchronous altitudes, J.G.R. 102, 11363, 1977.

と合わせ考えると、Pi 2脈動の開始には比較的静止軌道に近い夜側磁気圏で経度方向には決して狭くない広がりを持った、高圧プラズマの侵入があると思える。

MHD的釣合からしてこのプラズマは当然Dusk-to-dawn電流 (例えば Diamagnetic current) を持っていないとおかしい。しかし、重要な点はこれがすぐさまsubstorm current wedgeの一部にはならない事である。

磁気圏夜側でのこの高圧プラズマの生成がその後起こる現象の理解にとって重要であろう事は疑えない。

**Acknowledgments.** The magnetometer observation at Huancayo was carried out as a part of the Global Aurora Dynamics Campaign [see Oguti et al., 1988]. We thank M. Ishitsuka and O. Veliz of Instituto Geofisico der Peru for their efforts in acquiring the magnetometer data at Huancayo. We are grateful to K. Takahashi of Nagoya University for providing the AMPTE/CCE proton data. GOES magnetometer data are supplied by National Geophysical Data Center, NOAA.

# C11-P131 磁気圏 ULF 波動のモデリング - VI

ダイポール磁場での ULF 波動の電離層電気伝導度依存性

中田裕之(京大) 藤田茂(気象大)  
糸長雅弘(九大中央計数施設) 吉川顕正(九大)

Modeling of the magnetospheric ULF oscillations - VI ;  
Dependence of ULF waves on ionospheric conductivities  
in dipole magnetid field model

H.Nakata<sup>1</sup>, S.Fujita<sup>2</sup>, M.Itonaga<sup>3</sup> and A.Yoshikawa<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Science, Kyoto Univ. <sup>2</sup>Meteorological College  
<sup>3</sup>Computation Center, Kyushu Univ. <sup>4</sup>Faculty of Science, Kyushu Univ.

A numerical calculation of the eigenmode MHD oscillation in the earth's magnetosphere was made by using the finite difference scheme. The dipole magnetic field, thin shell ionosphere with anisotropic conductivities, perfectly conducting earth and vacuum layer between the ionosphere and the earth are taken into the model used in this calculation. The magnetic field is assumed to be normal to the ionosphere. We discuss characteristics of the oscillations derived by the calculation emphasizing effects of the ionospheric conductivities.

これまでの ULF 波動の数値計算においては、磁力線が直線となる Box model がまず用いられた。さらに磁力線をダイポールとした dipole model を使ってその後の計算がなされたが、そこでは電離層電気伝導度の効果が考慮されていなかった。我々はこれまでも有限要素法を用いて電離層電気伝導度を考慮した dipole model で計算を行ってきたが、今回、差分法を用いて電離層電気伝導度の効果を含めた dipole model における ULF 波動の計算を行ったので報告する。

今回用いたモデルは磁力線をダイポールとして、電離層、中性大気、導体地球を考慮したものであり、電離層は磁力線に対して垂直に交わっている。電離層が完全な球体にはなっていないが、磁力線と電離層がほとんど直角に交わっている高緯度領域を主に考えるならば、このモデルは良い近似となる。また電離層電気伝導度は、薄層近似の場合、2次のテンソルとなり、各成分は磁力線傾角に依存する。特に低緯度ではテンソルが非対称になるが、このモデルでは対称になるものとして計算を行っている。これらに関しても高緯度領域を主に考慮していることを意味している。

今回特に注目している点として、Fujita, et al.[1997] が指摘している Hall conductivity が磁力線振動に及ぼす影響や、地上磁場と電離層直上の磁場の関係等があげられる。いずれも電離層電気伝導度の効果を無視できないものである。

## Reference

Fujita, et al. 本予稿集, 1997.

# C11-P132 IMF Bz 成分に依存した

カスプ・極冠域 Pc3 地磁気脈動現象

庄野 篤司、 堀西 浩 (東北大学大学院理学研究科)

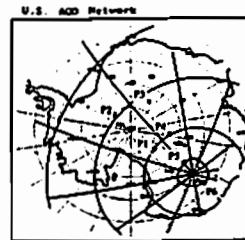
Cusp/Polar Cap Pc3 magnetic pulsation  
associated with IMF Bz component

A.Shono, H.Fukunishi (Graduate School of Science, TOHOKU Univ.)

Pc3 magnetic pulsations associated with IMF Bz component were observed on January 29, 1995 and February 27, 1995 by search coil magnetometers installed in four Automatic Geophysical Observatories (AGOs) located in the cusp and polar cap region in Antarctica. This Pc3 magnetic pulsations are very interesting, since Pc3 magnetic pulsations was controlled by the IMF Bz component. This result suggests that the generation of propagation processes of cusp/polar cap Pc3 pulsations are closely related to the dayside reconnection processes.

1995年1月29日、2月27日の昼間で、南極のカスプ及び極冠域に展開する無人観測所網 (AGO network) に設置されたサーチコイル磁力計で、IMF Bz 成分に強く依存した Pc3 が観測された。この Pc3 は IMF Bz が南向きの時に出現する特徴を持つが、今までこのように IMF Bz に依存した Pc3 は報告されておらず、非常に興味深い現象であると考えられる。解析には上記 AGO network の4ステーションに設置されたサーチコイル磁力計で得られた地磁気データ、また、WIND衛星の太陽風及び IMF のデータを用いた。

低・中・高緯度のいずれで観測される Pc3 も、Bow shock 上流の ion foreshock を発生領域とするいわゆる上流波が大半であると考えられているが、この IMF Bz に依存した Pc3 の発生領域及びメカニズムの特定には至っていない。ただ、IMF Bz に強く依存することからその発生または伝播機構に磁気圏前面部でのリネクションがなんらかの寄与をしているのではないかと考えられる。講演では可能ならばその発生領域及びメカニズムについても議論する。



磁気正午  
P1 15:30  
P3 14:00  
P4 13:50

図1 AGO network は上図に示すように南極大陸に広く展開する無人観測所網である。P1~P6のステーションが設置されており、現在すべてのステーションが稼働中である。

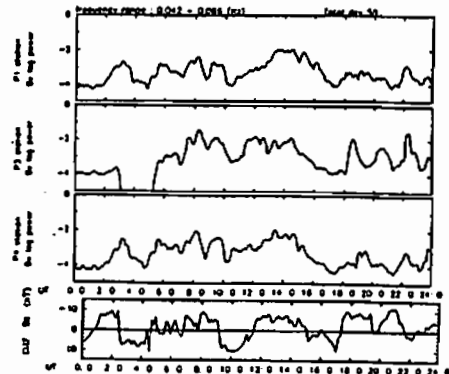


図2 1995年2月27日のAGOの3つのステーションの地磁気データとWIND衛星のIMF Bz成分の比較。上から順にP1,P3,P4ステーション、IMF Bz成分(注:通常の表示と逆に上向きを南向きに表示) 地磁気データは0.042-0.066 (Hz)の周波数帯のパワーを平均したものをプロットした。また、IMFがWIND衛星から地球に到達するまでの時間を考慮してIMFのプロットをずらしてある。

C11-P133 あけぼので観測された Pi 2 脈動の  $E_r, b_r$  成分間の位相差について

○大崎裕生<sup>1</sup>, 高橋主衛<sup>1</sup>, 堀西浩<sup>2</sup>, 長妻芳<sup>3</sup>, 早川基<sup>4</sup>, 松岡彩子<sup>4</sup>  
 (1) 名大 STE 研, (2) 東北大理学部, (3) 通信総合研究所, (4) 宇宙科学研究所)

Phase Relation of  $b_r$  and  $E_r$  Components of Pi 2 Pulsations Observed by the Akebono Satellite at  $L=2-4$

○H. Osaki<sup>1</sup>, K. Takahashi<sup>1</sup>, H. Fukunishi<sup>2</sup>, T. Nagatsuma<sup>3</sup>, H. Hayakawa<sup>4</sup>, and A. Matsuoka<sup>4</sup>  
 (1) STE Lab., Nagoya Univ., (2) Tohoku Univ., (3) CRL, (4) ISAS)

Pi 2 pulsation is a geomagnetic perturbation which is usually associated with substorm onset and has a period of 40-150 s. Near the magnetic equator the  $b_r$  (compressional) is the dominant component of Pi 2. Off the equator (dipole latitude > 20 degrees), on the other hand, the  $b_r$  (radial) and  $b_\theta$  (azimuthal) components dominate suggesting that the pulsation propagates as an Alfvén wave. When one has electric field measurements in addition to magnetic field measurements, one can determine whether the wave is propagating or standing by examining the phase relationship between the two fields. For a propagating wave the phase delay between  $b_r$  and  $E_r$  is 0 or 180 degrees, whereas for a standing wave the delay is 90 degrees. From the Akebono science data base we have found 9 Pi 2 events and for these events we have analyzed the phase between  $E_r$  and  $b_r$ . The result is summarized as follows.

(1) In the northern magnetosphere  $E_r$  leads  $b_r$  by -45 degrees (7 events).  
 (2) In the southern magnetosphere  $E_r$  leads  $b_r$  by 135 degrees (2 events).  
 This result is not consistent with either a purely standing wave or a purely propagating wave. We will discuss the possible explanation for the observed phase delay.

$L < 4$  の磁気圏で観測される Pi 2 地磁気脈動は、磁気赤道付近では圧縮性磁気音波が卓越しているが、磁気緯度が約 20° を越えると、圧縮性ではない Alfvén 波が卓越してくる。この Alfvén 波が伝搬性のものか、それとも定在波的なものなのかは、これまでの所観測に基づいた報告がされてい

ない。 $L < 4$  の磁気圏で観測される Alfvén 波が伝搬性のものであるのか、定在性のものであるのかを調べるため、あけぼのに搭載された磁力計 (MGF) と電場プローブ (EFD) で観測された Pi 2 9 例について、 $E_r$  (電場の radial 方向)、 $b_r$  (磁場の azimuthal 方向) の位相関係を調べた。Alfvén 波が伝搬性のものであれば、この位相関係は 90° になることが期待されるし、もし Alfvén 波が定在性のものであれば、0° か 180° になることが期待される。

観測データから得られた結果は以下のようにまとめられる。  
 ・北半球で観測された 7 イベントでは、 $E_r$  は  $b_r$  より約 45° 位相が遅れる。  
 ・南半球で観測された 2 イベントでは、 $E_r$  は  $b_r$  に約 135° 位相が先行する。  
 この観測結果は、観測された Alfvén 波が圧縮性または定在性の Alfvén 波のモデルとは一致しないことを示している。講演では、この 135° ないし 45° の位相差が現われる要因について、地上観測のデータ等を加えて検討する。

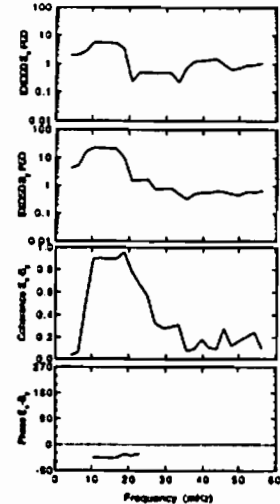


図1. 観測された Pi 2 の  $E_r, b_r$  のスペクトル及び coherence, phase の例。

C11-P134

プラズマポーズ付近の Pc3-4 波動の位相変化

○松岡 均 (通研)、高橋 主衛、岡分 征 (名大STE研)  
 湯元 清文 (九大理)、山本 進人 (宇宙研)、S. I. Solov'ev (IKFIA)  
 E. F. Vershinin (IKIR)、長井 嗣信 (東大理理)  
 福田 敏幸、五家 勉夫、松本 晴久 (NASDA)

Phase variations of Pc3-4 waves across the plasmopause

Hitoshi Matsuoka (CRL), K. Takahashi, S. Kokubun (STEL), K. Yumoto (Kyushu Univ.), T. Yamamoto (ISAS), S. I. Solov'ev (IKFIA), E. F. Vershinin (IKIR), T. Nagai (Tokyo Institute of Technology), T. Fukuda, T. Goka, H. Matsumoto (NASDA)

We investigated the propagation mechanisms of Pc 3-4 magnetic pulsations by using data from the 210 MM chain, ETS-VI, and GEOTAIL. We find that cross phase of the west-east component Pc 3-4 observed at five stations (KTN,  $L=8.5$ ; CHD,  $L=5.46$ ; ZYK,  $L=3.91$ ; MGD,  $L=2.83$ ; MSR,  $L=1.59$ ) exhibit very interesting latitudinal phase variations: (1) Pc3-4 at KTN and at CHD oscillates in phase, (2) Pc3-4 between ZYK and CHD (or MGD) presents systematic cross phase variations with frequency, (3) the systematic cross phase variations between CHD and ZYK show opposite sense to those between ZYK and MGD, and (4) Pc3-4 at CHD and at MGD oscillates in phase. We discuss the observations in terms of propagating MHD waves and surface waves on the plasmopause.

昇陽の磁気圏で観測される Pc3-4 周波数帯の ULF 波動は、太陽風起源であることがわかっている。しかし、磁気圏内での伝播過程については不明な点が多く残されている。それは、磁気圏内の媒質の非一様性のため波動の伝播過程が非常に複雑になっているからだと思う。そこでこの研究では、GEOTAIL、ETS-VI、地上の観測網のデータを用いることによって、太陽風中で発生した波が、どのように磁気圏内を伝播するのかを明らかにする。特に、プラズマポーズが波の伝播に与える影響について新しい観測結果を示すと同時に、その意味を考える。

図1は、解析した期間の衛星の位置と地上の観測網のローカルタ

イムを示している。ここでは、太陽風中の変動を調べるために GEOTAIL、磁気圏内での波動モードを特定するために ETS-VI、緯度方向の位相変化を調べるために 210MM ネットワークの磁場データを用いている。衛星観測から、太陽風起源の圧縮性波動が磁気圏内で発生している期間を選んだ。その間の地上観測から非常に興味深い結果が得られた。D 成分の Pc3-4 波動の位相変化は、(1) KTN ( $L=8.5$ ) と CHD ( $L=5.46$ ) では同位相で振動する。(2) CHD と ZYK ( $L=3.91$ ) では位相差が周波数によって周期的に変化する。(3) ZYK と MGD ( $L=2.83$ ) でも周波数によって位相差が変化するが、そのセンスは逆になっている。(4) MGD と MSR ( $L=1.59$ ) では同位相で振動する。これらの観測結果は、プラズマポーズが Pc3-4 の伝播に大きな影響を持つことを示唆しているが、単純なモデルでは説明できない。講演では、観測結果を基にして、その伝播メカニズムについて考察する。

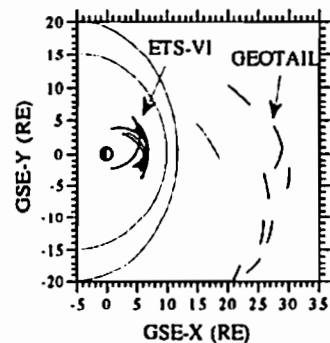


図1. 解析に用いた期間の衛星の位置。地上の観測点は、ETS-VI とほぼ同じローカルタイムに位置している。

## 磁気圏－電離圏結合系における ULF 波動伝播の計算機実験 1

°糸長雅弘 (九大中央計数施設), 利光一郎 (九大理)  
吉川顯正 (九大理), 藤田 茂 (気象大)  
中田裕之 (京大理), 湯元清文 (九大理)

Computer simulation of ULF wave propagation  
in the magnetosphere-ionosphere system. 1

°M. Itonaga<sup>1</sup>, I. Toshimitsu<sup>2</sup>, A. Yoshikawa<sup>2</sup>,  
S. Fujita<sup>3</sup>, H. Nakata<sup>4</sup>, and K. Yumoto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Computation Center, Kyushu University

<sup>2</sup>Faculty of Science, Kyushu University

<sup>3</sup>Meteorological College

<sup>4</sup>Faculty of Science, Kyoto University

We investigate the transient propagation of ULF waves caused by a compressional stimulus at the magnetopause in a cuboidal magnetospheric cavity. The interaction of ULF waves with the northern and southern ionospheres is taken into account. It is first assumed that the ionospheric electric field is irrotational. A transient oscillation appears at each point in the magnetosphere with the passing of the stimulus. This transient may be due to the cavity resonance.

Allan et al. [1985, 1986] は、磁気圏界面に加えられたインパルスにより励起される磁気圏空洞－磁力線結合振動の時間発展を調べ、インパルスが系をほぼ1往復すると、結合振動が顕著に現れることを示した。しかしながら、彼らの結果は、電離層による Jule 損失の効果パラメー

タ化し、波数により特徴付けられる磁力線方向の定在波構造を仮定したことに起因すると思われる。

我々の計算機実験では、波数により特徴付けられる磁力線方向の定在波構造を仮定することなしに、計算が行われる。その結果、Allan et al. [1985, 1986] のものとは異なる結果が得られる。本講演では、電離層における電場の非同軸性、即ち、

$$(\nabla \times \delta \mathbf{E}_\perp)_\parallel = 0$$

を仮定して得られた結果を報告する。

### 参考文献

Allan, W., S. P. White, and E. M. Poulter, Magnetospheric coupling of hydromagnetic waves — Initial results, *Geophys. Res. Lett.*, **12**, 287-290, 1985.

Allan, W., S. P. White, and E. M. Poulter, Impulse-excited hydro-magnetic cavity and field-line resonances in the magnetosphere, *Planet. Space Sci.*, **34**, 371-385, 1986.

## C11-P136

### 昼間側磁気圏において1Hz以下で観測される 広帯域波動

°松井洋[1], 林幹治[1], 向井利典[2], 岡分 証[3], 山本 達人[2]  
松本 祐[4], 鶴田 浩一郎[2]  
[1] 東京大学大学院理学系研究科地球惑星物理学専攻  
[2] 宇宙科学研究所  
[3] 名古屋大学太陽地球環境研究所  
[4] 京都大学超高層電波研究センター

### Broad-band electromagnetic waves below 1 Hz in the day-side magnetosphere

°Hiroshi Matsui[1], Kanji Hayashi[1], Toshifumi Mukai[2]  
Susumu Kokubun[3], Tatsundo Yamamoto[2], Hiroshi Matsumoto[4]  
Koichiro Tsuruda[2]  
[1] Department of Earth and Planetary Physics, University of Tokyo  
[2] Institute of Space and Astronautical Science  
[3] Solar-Terrestrial Environment Laboratory  
[4] Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University

Broad-band electromagnetic waves below 1 Hz are reported in the previous meeting. The characteristics of the shear waves are as follows: 1. The waves are mainly observed in the afternoon. 2. Phase velocity is close to the Alfvén velocity. 3. The direction of Poynting flux is downward into the ionosphere. We continue the analysis especially on particle signatures when the waves are observed. Both of enhancements of number density which have presumably their origin in the plasmasphere and bi-directional electron flows around 60 eV are particle signatures. Based on the above results, we try to interpret generation mechanisms of the waves.

GEOTAIL衛星で観測された1Hz以下の波動のうち、広帯域でなおかつシア成分が卓越して観測される波動を前回の学会で報告した。その主な内容としては、1. 午後側で観測される、2. 位相速度はアルフベン速度に近い、3. Poynting Fluxは磁気赤道面から電離層に入る向きである、の3点が挙げられる。本報告では、上記の研究を更に進めた結果を発表する。

新たに波動データの他粒子データも導入して、波動粒子間の関連を細かく調べた結果、広帯域波動は、プラズマ圏起源と思われる粒

子、及び60eV程度のエネルギーを持つbi-directionalな電子、の双方を伴って観測されやすいことが明らかになった。粒子がプラズマ圏起源であるということは、高周波波動データでcontinuum radiationのcut-off周波数を設けて決定した密度と低エネルギープラズマデータより決定した密度の差が1個/cc以上あることから推測される。プラズマデータより決定した密度が多の場合、1個/cc以下である点を考慮すると、この密度差は無視できない大きさであることがわかる。低エネルギープラズマデータより決定した密度は21eV以上のイオンのみで求められているため、その差は数eV以下の温度を持つコールドなイオンの密度を表している。一方、60eVのエネルギーをもつbi-directionalな電子は、過去の低高度衛星観測結果を引用することにより、もともと電離層起源で沿磁力線電場で加速されたものと推測される。

これらの粒子分布を前提条件として波動現象が成長する原因を考察する。特に現状では電子の水平方向の温度が垂直方向の温度と比べて卓越している場合に生じる不安定性を考えている。その際、電子の $\beta$ 値は磁気圏前面部では大きくはならないという条件を考慮して問題を設定することが重要となる。発表の際には、上記波動について考えられる発生機構をいくつか取り上げて、それぞれの可能性の有無を検討する。

昼側磁気圏境界における ULF 波動

○北川 拓也<sup>1</sup> 櫻井 亨<sup>1</sup> 利根川 豊<sup>1</sup>  
向井 利典<sup>2</sup> 山本 達人<sup>2</sup> 梶田 浩一郎<sup>2</sup>  
1) 東海大 2) 宇宙研

ULF Waves observed near the Dayside Magnetopause

○T.Kitagawa<sup>1</sup> T.Sakurai<sup>1</sup> Y.Tonegawa<sup>1</sup>  
T.Mukai<sup>2</sup> T.Yamamoto<sup>2</sup> K.Tsuruda<sup>2</sup>  
1) Tokai Univ. 2) ISAS

ULF wave activities observed near the magnetopause are studied based on the data of the magnetic and electric fields observed by the GEOTAIL satellite when the satellite traversed along the magnetopause. The magnetopause moves inward and outward in response to the polarity change of the interplanetary magnetic field (IMF), Bz. Therefore, the satellite observes different characteristics of ULF waves propagated in and out of the magnetopause. In this report our attention is focused on clarifying the ULF wave characteristics observed near the magnetopause. Distinct spectra are observed in two typical frequency ranges of Pc 2/3 and Pc 5. Spectral power exceeds in the magnetosheath about 10 times larger than in the inside of the magnetopause. However, the spectral structure of the Pc 2/3 is clearly admitted in the inside rather than the outside of the magnetopause. On the other hand, Pc 5 spectra appear clearly and strongly in the inside of the magnetosphere. In the outside Pc 5 spectra becomes very weak and occasionally disappear. This fact suggests that the Pc 5 oscillation generates near the magnetopause and is excited with a resonant oscillation of the magnetic field line in the inside of the magnetopause.

GEOTAIL 衛星が磁気圏前面の境界に近づく飛行している時の磁場及び電場のデータを使用して、磁気圏境界の内側と外側のダイナミックスペクトルを調べた。

磁気圏境界の構造は IMF の Bz の極性の変化に極めて敏感であり、WIND 衛星で観測された IMF が南向きに変化し、磁気圏に到達すると共にそれまで、磁気圏境界の内側にいたはずの GEOTAIL 衛星が、磁気圏境界の外に出る。また、IMF が北向きに変

化する時もこの逆の過程が起きる。しかも、シースへ出ているときの B<sub>h</sub>(VDH) は IMF を見ていると思われる。このようなことから、磁気圏境界の動きによって GEOTAIL 衛星で観測された ULF 波動のスペクトル構造がどのように変化するか、また磁気圏内で観測される共振構造はどのように変化するかなどを IMF の Bz を指標にして今回は調べた。

現在までの解析で特徴的なスペクトルは大きく分けて2つある。1つは昼側で観測される Pc 2/3 のスペクトルであり、

- シースでの Pc 2/3 のスペクトルパワーは磁気圏内に比べて約 10 倍のパワーを持っている。
- シースでのスペクトルの構造としては broad なスペクトルを示す。
- 磁気圏内での圧縮性波動の性質を示すスペクトル成分 B<sub>h</sub> が横波的波動の性質を示すスペクトル成分 B<sub>d</sub> よりはるかに強いパワーを持っており、その比は 10 倍である。

もう1つは、午後側で観測される Pc 5 のスペクトルであり、

- シースでははっきりとしたスペクトルは見られないが、境界のすぐ内側では強く見られるようになる。この事は Pc 5 の波動がシースから伝播するのではなく境界で B<sub>h</sub> のスペクトルパワーが強くなるのでそこで励起され、内側では B<sub>d</sub> のスペクトルパワーが強くなるので、磁気圏共振を起こしているものと考えられる。
- 共振構造は磁場および電場成分のいずれでも見られるが周波数は異なっている。これは共振モードの違いを示すものと考えられる。

C11-P138

AMPTE CCE (L = 2-3)で観測された ULF 波の統計解析

○金 寛 赫<sup>1</sup> 高橋 主衛<sup>1</sup>, B. J. Anderson<sup>2</sup>  
(<sup>1</sup> 名大 STE 研, <sup>2</sup> The Johns Hopkins Univ., APL)

Statistical analysis of ULF waves observed by AMPTE CCE at L = 2-3

○K-H Kim<sup>1</sup>, K. Takahashi<sup>1</sup>, and B. J. Anderson<sup>2</sup>,  
(<sup>1</sup> STE Lab., Nagoya Univ., <sup>2</sup> The Johns Hopkins Univ., APL)

There are few reported spacecraft observations of ULF waves at L < 3. In order to fill this lack of spacecraft observations, we have examined AMPTE CCE magnetic field data acquired at L = 2-3. In this radial distance range magnetic pulsations usually exhibit a frequency in the Pc 3-4 band and a perturbation in the poloidal (b<sub>r</sub>, radial and b<sub>z</sub>, compressional) components. The pulsations are observed primarily when CCE is on the morning side and are often accompanied by a magnetic pulsation at Kakioka (L = 1.23) which exhibits a nearly identical wave form. In order to understand the spatial structure of the pulsations, we have studied the relationship between the poloidal components at CCE and the horizontal (H) component at Kakioka using spectral analysis. We find high ground-satellite coherence for many events and for these events we can determine the ground-satellite cross phase as a function of frequency. The analysis suggests that some of events could be a standing global oscillation because their ground-satellite cross phase is either 0° or 180°. However, there are also events which exhibit a cross phase consistent with a propagating wave.

現在までの衛星観測から、L < 3 の内部磁気圏での ULF 波について報告された例はほとんどない。そこで本研究では、ULF 波のこの

領域でのより詳しい性質を明らかにするために AMPTE CCE で観測された L = 2-3 におけるデータの解析を行った。CCE で観測された ULF 波は Pc 3-4 周波数帯域で poloidal (B<sub>r</sub>, radial と B<sub>z</sub>, compressional) 成分を持っており、それらは主に朝側で観測されている。CCE で観測された ULF 波の空間構造を調べるために、その poloidal 成分と柿岡 (L = 1.23) で同時観測された H 成分との相関をとった。その結果、衛星と地上で観測された相関の良い ULF 波は、位相の相互関係が空洞共振振動で説明できる場合と、磁気音波の伝播で説明できる場合とにわけられることが分かった。

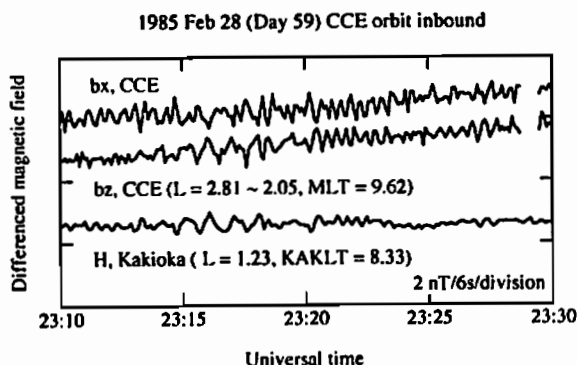


Figure: Time series plots of a magnetic pulsation observed when CCE was on the morning side, at a dipole latitude of -10.9° to -6.7°, and from L = 2.81 (2310 UT) to L = 2.05 (2330 UT). b<sub>r</sub>, b<sub>z</sub>, and H denote oscillations in the radial and compressional components at CCE and the horizontal component at Kakioka, respectively. b<sub>z</sub> oscillates out of phase with b<sub>r</sub> and H (2315-2325 UT), whereas b<sub>r</sub> oscillates in phase with H.



## C11-P139

地球磁気圏近尾部で観測される Pc5 帯磁場・プラズマ振動の性質

\* 廣藤義文 (宇宙研) 向井利典 (宇宙研) 西田篤弘 (宇宙研)  
寺沢敏夫 (東大理) 町田忍 (京大理)  
山本達人 (宇宙研) 岡分征 (名大 STE 研)

### Characteristics of the Pc5 Range Magnetic Field and Plasma Oscillations Observed in the near Earth Magnetotail

Y. Saito (ISAS) T. Mukai (ISAS) A. Nishida (ISAS)  
T. Terasawa (Univ. of Tokyo) S. Machida (Kyoto Univ.)  
T. Yamamoto (ISAS) and S. Kokubun (STE Lab.)

In the dawn and dusk side near-tail plasmashet ( $X_{GSE} > -15R_E$ ), large amplitude Pc5 range periodic oscillations of the magnetic field and plasmas are often observed. These oscillations can be categorized into two types: Type A' and Type B'. The L dependencies of the dynamic spectrum of Type A oscillations satisfy the relation "Frequency  $\times L^4 = \text{constant}$ " in the region  $L < 13.5$  while the L dependencies of the dynamic spectrum of Type B oscillations satisfy this relation anywhere in the plasmashet. The relation "Frequency  $\times L^4 = \text{constant}$ " is explained as a field line oscillation when the dipole geomagnetic field is assumed.

地球磁気圏近尾部 ( $X_{GSE} > -15R_E$ ) プラズマシートの dawn側、dusk側マグネトポーズ付近から磁気圏内部にかけての領域で周期約8分から10数分の周期的かつ大振幅の磁場、プラズマの振動がしばしば観測されることを前回、前々回の学会で報告した (斎藤他: 100th, 101th SGPSS Meeting)。これまでにこれらの振動は大きくタイプA、タイプBの2種類に分類できることがわかっており、タイプAの振動は、mirror modeの波動、タイプBの振動は field line resonanceで説明できることが明らかとなった。これらの地球磁気圏尾部で観測される磁場、プラズマの振動が地上で観測されるPc5帯の磁気振動とどのような関係があるかは非常に興味のあるところである。この点を明らかにするため、地球磁気圏尾部で観測される振動の周波数が、L

値に対してどのような依存性をもっているのかを調べた。図1はこの結果である。タイプAの振動は主に磁場強度、タイプBの振動は主にプラズマのバルク速度に明確に観測されるため、各々の例について磁場、プラズマバルク速度のダイナミックスペクトルをL値に対して示した。図1中に示した白い曲線は (周波数  $\times L^4 = \text{一定}$ ) の関係を表わす曲線であるがタイプAの振動についてはLが約13.5より小さいところで周波数スペクトルがこの曲線上にのっている。一方タイプBの振動についてはマグネトポーズ付近から周波数スペクトルはこの直線上にのっていることがわかる。地球磁場が双極子磁場であると仮定するとその磁力線の振動は最も単純には (周波数  $\times L^4 = \text{一定}$ ) の関係を満たすことがわかっていて、このことからタイプAの振動はLが約13.5より大きいところで mirror modeの波動として励起され、 $L < 13.5$ の領域に field line oscillationのかたちで伝播しているものと考えられる。一方タイプBの振動はマグネトポーズ付近で K-H不安定などによって励起され、field line oscillationとして伝播するものと考えられる。

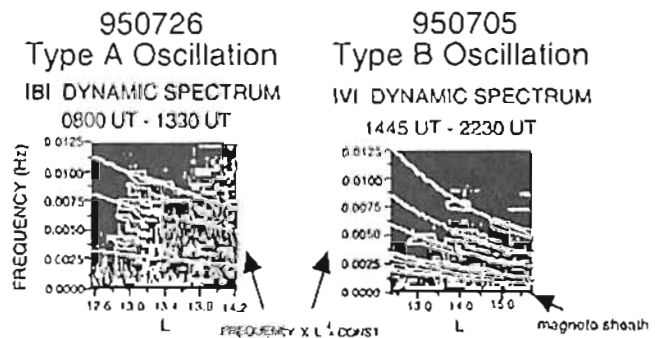


図1

## C11-P140

### Impulsive oscillations in the Low Latitude Boundary Layer Observed by the Geotail Satellite

○Sakurai, T<sup>1</sup>, Y. Tonegawa<sup>1</sup>, T. Yamamoto<sup>2</sup>, T. Mukai<sup>2</sup> and K. Tsuruda<sup>2</sup>  
1: Tokai Univ., 2: ISAS

#### Abstract

Magnetic and electric field variations observed in the dayside magnetopause low latitude boundary layer (LLBL) are examined on the basis of the observed data by the Geotail satellite when the satellite skimmed the dayside magnetopause. Very distinct feature is an appearance of impulsive oscillations observed when the satellite crossed the LLBL. The impulses occur either periodically or quasi-periodically with a period from 5 to 15 minutes, which belongs to Pc 5 period range. They are basically modulated with long-period oscillations permeated in the LLBL and accompany similar temporal variations of the other plasma parameters such as velocity, temperature and density. The variations of the plasma temperature and density are in anti-phase relation. However, this out of phase relation is a

mere appearance, and is actually due to the fact that the satellite encounters different characteristic plasmas in and out of the LLBL alternatively. Wave mode analysis shows that the associated plasma and field variations belong to fast wave mode, although they behave in anti-phase relation. Occurrence of these impulses becomes frequent with the steep amplitude when the satellite approaches the outer LLBL, suggesting that they are caused by magnetic field reconnection between the intrinsically magnetospheric field and the magnetosheath field. Therefore we can conclude that the impulsive plasma and field variations observed in the LLBL have an important role on energy intrusion from the magnetosheath into the magnetosphere.

C会場

10月2日(木)

13:00~17:15

# 太陽圏・宇宙線

## Heliosphere・Cosmic Ray

oral: C12-01~16

poster: C12-P153~P160

座長

徳丸宗利 (名大・STE研)

中川朋子 (東北工大)

ガウス関数を用いた宇宙線恒星時日周変動の南北非対称性の解析

D.L. Hall, 宗像一起, 安江新一, 森 覚, 加藤千尋, 小山守一, 赤羽重信 (信州大理), 藤井善次郎, 藤本和彦 (名大STE研), J.E. Humble, A.G. Fenton, K.B. Fenton (タスマニア大), M.L. Duldig (オーストラリア南極局)

North-south asymmetry in the Gaussian analysis of the sidereal variations observed by the two-hemisphere network of underground cosmic ray muon telescopes

D.L. Hall<sup>1</sup>, K. Munakata<sup>1</sup>, S. Yasue<sup>1</sup>, S. Mori<sup>1</sup>, C. Kato<sup>1</sup>, M. Koyama<sup>1</sup>, S. Akahane<sup>1</sup>, Z. Fujii<sup>1</sup>, K. Fujimoto<sup>2</sup>, J.E. Humble<sup>3</sup>, A.G. Fenton<sup>4</sup>, K.B. Fenton<sup>4</sup> and M.L. Duldig<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Department of Physics, Shinshu University, Matsumoto 390, Japan.

<sup>2</sup>Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University, Nagoya 464, Japan.

<sup>3</sup>Physics Department, University of Tasmania, Tasmania, 7001, Australia.

<sup>4</sup>Australian Antarctic Division, Tasmania, 7050, Australia.

Munakata et al. (1995) and Mori et al. (1995) showed that there exists a definite asymmetry in the latitude distribution of the amplitude of the first harmonic of the sidereal diurnal variation observed in the intensity of cosmic rays with energies greater than 500GeV. This is called the North-South (N-S) asymmetry of the sidereal diurnal variation. Recently, one possible explanation of the N-S asymmetry in the sidereal diurnal variation has been proposed, based on the Tail-in and Loss-cone Anisotropy model (Nagashima et al. 1995). We have examined the average sidereal daily variations in the count rates of 47 components of the two-hemisphere network of underground muon telescopes. The telescopes respond to primary cosmic rays with rigidities between approximately 130GV and 1400GV and view almost the entire celestial sphere. We have modelled the data with gaussian functions and we have related the gaussian parameters to the parameters of the model of Nagashima et al.

We have shown that the Tail-in anisotropy of cosmic rays with rigidities greater than 300GV may be asymmetric about its reference axis and is located predominantly at Southern celestial latitudes. We used the average widths and the latitude distributions of the gaussian positions and amplitudes found from the analysis of all data with rigidities greater than 300GV to plot

contours of the modelled anisotropic cosmic ray intensities normalised to 500GV in celestial coordinates (Figure 1). We have Fourier analysed these modelled count rates. The results suggest that the asymmetry in the Tail-in anisotropy and its Southern maximum, in combination with the Loss-cone anisotropy, produce a larger first harmonic in high energy cosmic ray data observed in the Southern hemisphere (compared to Northern hemisphere data) which are analysed by Fourier techniques and may naturally explain the observed N-S asymmetry in the sidereal diurnal variation.

We find that the analysis applied to observations at median rigidities less than 300GV results in less latitude dependence of the RA of the Tail-in anisotropy and a maximum intensity closer to the equator. This results in a smaller N-S asymmetry of the modelled first harmonic which we find to be in good agreement with the Fourier analysis of count rates of instruments with median rigidities below 300GV.

References

Mori, S., Yasue, S., Munakata, K. et al., Observation of the North-South asymmetry of sidereal anisotropy of cosmic rays at Matsushiro underground, *J. Geomag. Geoelec.*, 47, 1097, 1995.

Munakata, K., Yasue, S., Mori, S. et al., Two hemisphere observations of the North-South sidereal asymmetry at  $\approx 1$  TeV, *J. Geomag. Geoelec.*, 47, 1103, 1995.

Nagashima K, Fujimoto, K., and Jacklyn, R. M., Cosmic ray sidereal daily variation, showing of the coexistence of the galactic and heliomagnetotail-in anisotropies, *Proc. 24th ICRC*, 4, 652, 1995.

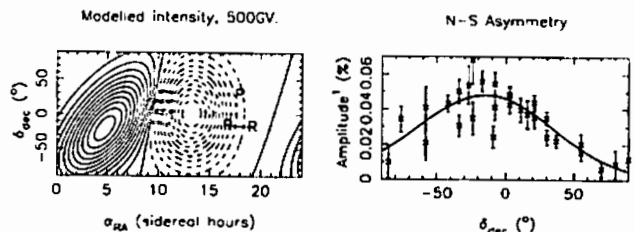


Figure 1. The modelled anisotropic intensity from all the telescopes with median rigidities greater than 300GV and the N-S asymmetry in the amplitude of the first harmonic of Matsushiro and Liapootah data, normalised to 500GV. The line in the right panel is the latitude distribution of the first harmonic of the modelled intensity.

日変化を含む宇宙線時系列のフラクタル次元の正確な算定について

安江新一, 宗像一起, 尾木峻, 堀澤敏 (信州大理)

Evaluation of the Valid Fractal Dimension of Cosmic Ray Time Series Including Marked Periodic Variations.

S. Yasue, K. Munakata, A. Ogi, T. Shiozawa (Dept. Phys. Shinshu Univ.)

The influence of the marked periodic variations on the determination of the GP correlation dimension ( $d_{GP}$ ) of the cosmic ray time series has been examined by a numerical experiment. It is found that the  $s_m(r)$  vs.  $\log(r)$  plot which is necessary for the estimation of  $d_{GP}$  shows a wavy structure due to the daily variations, making it difficult to obtain a valid  $d_{GP}$  value. It is shown that the daily variations can be removed from the time series by means of a recursive digital filter. Applying the method of digital filters to the Misato underground muon data, the values of  $d_{GP}$  for each year of 1993 and 1994 are obtained.

宇宙線時系列がフラクタル曲線の特徴を示すことが明らかになり、そのフラクタル次元が様々な方法で計算されている。GP相関次元もその一つで、Burlaga and Klein の方法、関口の方法とともに良く使われている。

一方、宇宙線時系列には宇宙線異方性に起因する日変化、半日変化などの顕著な周期的変動が存在することが知られている。私たちは、そのような周期的変動がGP相関次元を計算する際、どのような悪影響を及ぼすかについて調べた。

その結果、GP相関次元を計算する際必要となる  $s_m(r)$  vs.  $\log(r)$  プロットに波打つ現象が現われることが明らかになった(図参照)。このことは正確なGP相関次元を求める際に障害となる。

総じて、そのような周期的変動を時系列から取り除くための再帰型数値フィルターを設計する方法について報告する。

最後に、三郷地下宇宙線観測所 (34 m.w.e.) のデータ (1993年, 1994年) にこの方法を用いて、日変化および半日変化を除去することによって得られたGP相関次元について報告する。

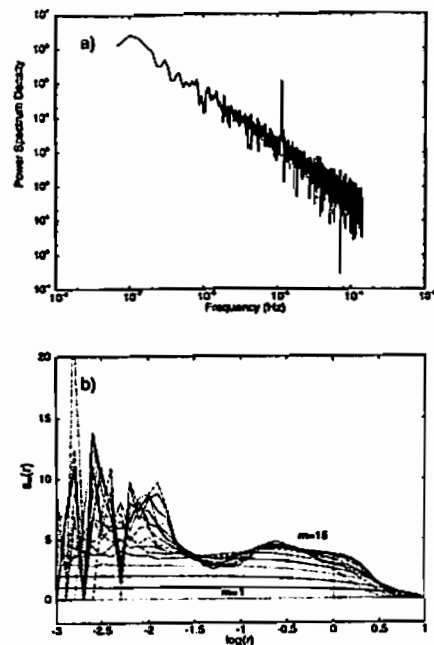


Fig. 1. (a) The power spectrum of the random data which contains the periodic daily variation. (b) The  $s_m(r)$  vs.  $\log(r)$  plot of the above data. A wavy structure of  $s_m(r)$  appears for  $m \geq 7$ .

## C12-03

The radial intensity gradients of the galactic and anomalous cosmic rays

藤井善次郎 (名大STE研)  
F. B. McDonald (メリーランド大)

The radial intensity gradients of the galactic and anomalous cosmic rays

°Z. Fujii<sup>1</sup>, and F.B. McDonald<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University

<sup>2</sup>Institute for Physical Science and Technology, University of Maryland

The radial intensity gradients provide insight into the physical processes in the cosmic ray modulation, and many authors have reported measurements of the radial gradient and its time variation based on direct observations since the launch of Pioneer 10 in 1972.

Cosmic ray data now available from the Pioneers 10 and 11, and Voyager 1 and 2 Deep Space missions and IMPs 6, 7 and 8 at 1 AU, span a period of some 23 years and extend to heliocentric distances beyond 63 AU (Fig.1). With this data, we have measured the radial intensity gradients of two species for particular energy bins, 130-230 MeV H<sup>+</sup> and 180-450 MeV/n He<sup>++</sup>, and showed that these gradients display complex temporal and spatial changes which vary with period of the 11-year solar cycle and the heliomagnetic cycle.

The anomalous cosmic rays discovered early 1970s with their high rigidity and low velocity are especially sensitive to change in the modulation parameters. Cummings et al.(1995) studied in

detail the radial gradients for the anomalous cosmic rays oxygen and helium. They showed that the observed gradients are qualitatively consistent with that expected from the drift model for the long-term modulation of cosmic rays by Jokipii et al. In the present report we extended our previous analysis to cover the period up to the end of 1996 and examined also the radial gradients for the anomalous helium of 2 energy bins, 10-20 and 30-57 MeV/n to study the gradients for the galactic and anomalous cosmic rays comparatively, focusing our interest in the spatial change of the gradients and its long-term variations.

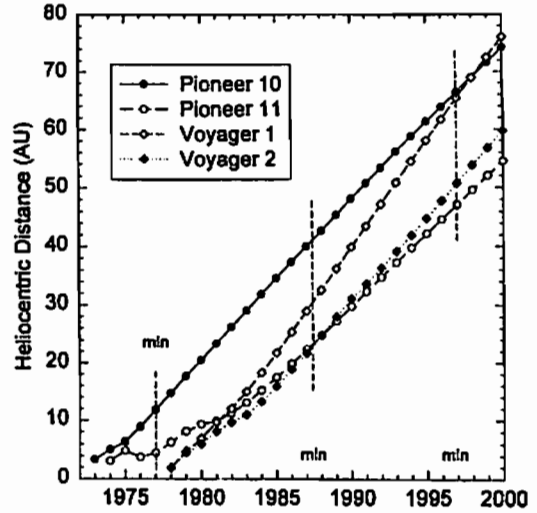


Fig.1 Plot of heliocentric distance for the Pioneer and Voyager spacecrafts

## C12-04

Mean free path of cosmic rays  
in the disturbance region behind IMF-shock,  
causing Forbush decrease at September 9, 1992

°藤本和彦<sup>1</sup>, 藤井善次郎<sup>1</sup>, 宗像一超<sup>2</sup>, 安江新一<sup>2</sup>, 森下伊三男<sup>3</sup>

J. E. Humble<sup>4</sup>, A. G. Fenton<sup>4</sup>, K. G. Fenton<sup>4</sup>, M.L.Duldig<sup>5</sup>

<sup>1</sup>名大STE研, <sup>2</sup>信大大理, <sup>3</sup>朝日大情報

<sup>4</sup>タスマニア大, <sup>5</sup>オーストラリア南極局

Mean free path of cosmic rays in the disturbance  
region behind IMF-shock, causing Forbush decrease  
at September 9, 1992

K. Fujimoto<sup>1</sup>, Z. Fujii<sup>1</sup>, K. Munakata<sup>2</sup>, S. Yasue<sup>2</sup>, I. Morishita<sup>3</sup>,

J. E. Humble<sup>4</sup>, A. G. Fenton<sup>4</sup>, K. B. Fenton<sup>4</sup> and M. I. Duldig<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University

<sup>2</sup>Department of Physics, Faculty of Science, Shinshu University

<sup>3</sup>Department of Information Management, Asahi University

<sup>4</sup>Physics Department, University of Tasmania

<sup>5</sup>Australian Antarctic Division

The existence of a precursory decrease of cosmic rays in front of the shock wave of the interplanetary field (IMF) was pointed out by Nagashima et al.. This has been interpreted being due to the IMF-collimated outward flow across the shock from the inside of the Forbush decrease. The existence of a precursory decrease is possible to infer the mean free path of cosmic rays in the disturbance region behind IMF-shock. We found that the mean free path of cosmic rays at 10GV in the disturbance region was about five times smaller than that in the interplanetary space.

## C12-05

日平均値および年平均値でみた宇宙線太陽  
時日変化異方性の長周期変動

A.A. Darwish, I. Sabbah, A.A. Bishara (アレキサンドリア大学)、  
宗像一紀 (信州大理)

### Long-Term Modulation of Solar Diurnal Anisotropy Based on Daily and Yearly Examination

A.A. Darwish<sup>1)</sup>, I. Sabbah<sup>2)</sup>, A.A. Bishara<sup>1)</sup> and K. Munakata<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Physics Department, Faculty of Science, Alexandria University, Egypt

<sup>2)</sup>Physics Department, Faculty of Science, Shinshu University, Japan

Neutron monitors data from a worldwide network over two solar cycles had been used with the best-fitting technique to study the long-term modulation of solar diurnal anisotropy. This study had been done by using both of the daily and yearly vectors of the solar diurnal variations. The comparison between the obtained results for both daily and yearly examination gave us an interesting result. It is concluded that our new result in this work which is the method of "daily average" certifies the conclusion of our previous work which is: (1) The phase of the diurnal anisotropy has a tendency to change from 18hr LT to 16hr LT and then 18hr LT again with an approximate period of 22-year. (2) The amplitude of the diurnal anisotropy correlates positively with solar activity. (3) The exponent of the power spectrum changes with values oscillating around zero. Further, the effect of the magnetic polarity of the Sun had

also been discussed.

We also examine the deviation of the solar diurnal anisotropy vector from the 18 h LT direction during the positive state of solar cycle by assuming two anisotropies in free space. We use neutron monitor station located at Deep River together with underground muon telescope located at Socorro in this analysis. The median primary rigidity of response ( $R_m$ ) of these detectors are 16 GV and 299 GV respectively. Amplitude, direction, spectrum exponent, and the upper cut-off rigidity of each anisotropy have been calculated using the least squares method over the time interval 1968-1988. This period cover a complete solar magnetic cycle. Only one anisotropy is more dominant during each magnetic state of the solar cycle. The dominant anisotropy has the following features: It vanishes above 200 GV in general. The average value of it's amplitude is 0.37% during the negative state of the solar cycle and 0.39% during the positive state. The direction of the dominant anisotropy vector points toward the 18 h LT direction during the negative state of the solar cycle and toward earlier hours than 18 h LT during the positive state.

## C12-06

太陽共回転相互作用領域と宇宙線強度の長期減少の関係

\*近藤 光志[1],長谷部 健行[1],道家 忠義[2],菊池 頌[2]  
高島 健[2],小林 正規[2],竹花 直弘[2],白井 秀和[2]  
[1] 愛媛大学工学部情報工学科  
[2] 早稲田大学理工学部

### The Relation of Long-term Decrease in Galactic Cosmic Ray Intensity with Corotating Interaction Region

\*Koji Kondoh[1], Nobuyuki Hasebe[1], Tadayoshi Doke[2]  
Jun Kikuchi[2], Takeshi Takashima[2], Masanori Kobayashi[2]  
Naohiro Takehana[2], Hidekazu Shirai[2]  
[1] Department of Computer Science, Ehime University  
[2] Adv. Res. Center for Science and Engineering, Waseda Univ.

The variations of low energy ion intensities observed by GEOTAIL and IMP-8 satellites and of galactic cosmic ray (GCR) intensities observed by neutron monitor during the period from 1973 to 1994 have been investigated using the solar wind plasma and magnetic field data from IMP-8 spacecraft. The long-term (over a half year) decreases in GCR intensity are found to be closely related with remarkable enhancements of low energy ion (>1 MeV proton, and >4 MeV/n Helium) intensities caused by the recurrent formation of CIRs in the interplanetary space. We found three distinct decreases of GCR intensity in 1973, 1974 and 1994 caused by the recurrent CIRs. In these recurrent CIRs, maximum velocity of fast-speed solar wind was higher than 700 km/s and minimum one of slow-speed solar winds was slower than 350 km/s in hourly average. In addition to this large difference of solar wind speed, we have observed more than ten recurrent enhancements of low energy ion intensity in CIR ion events at 1 AU. The long-term decrease in GCR intensity have good correlation with the increase of He ion intensity and solar wind velocity. The changes are clearly related to the large-scale variations in the interplanetary magnetic field strength and plasma conditions for several solar rotations, implying that corotating merged interaction regions

(CMIR) are formed in the outer heliosphere by the coalescence of two or more CIRs. It can be concluded that CMIR could produce a long-term decrease in GCR intensity, though the large-scale changes in GCR intensity have been generally considered to be related with global merged interaction region (GMIR) and not to be from CMIR so far.

1992年11月5日に発生した  
短寿命のコロナ・ホールに伴う磁気雲  
渡辺 亮, 齊沢幸太, 中川義通 (茨城大理)  
小島正宜 (名大STE研)

Coronal and Interplanetary Disturbances Associated with the Formation of a Transient Coronal Hole

T. Watanabe, K. Ashizawa, Y. Nakagawa (Department of Environmental Sciences, Ibaraki University) and M. Kojima (Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University)

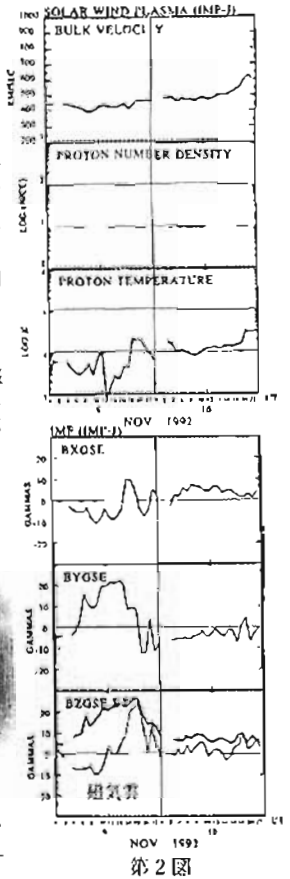
The formation of a short-lived (24 hours) coronal hole was observed by Yohkoh Soft X-ray Telescope (SXT) near the solar disk center at about 00 UT on 5 November 1992. An interplanetary disturbance with the plasma speed of about 400 km/sec was detected by IPS observations. A "magnetic cloud" was observed near the Earth on 9 November 1992. The proton temperature of the solar wind showed a transient decrease to the level of 1000 K at the center of the magnetic cloud.

1992年11月5日から6日にかけて、太陽面中心付近の広い範囲において活発なコロナ擾乱が発生した。先ず5日の2時から6時にかけて、N 30 W 20に中心を持つダークフィラメントの消滅が起こったが、このフィラメントは再び太陽面に向かって落下したことが示されており、惑星間空間擾乱を引き起こしたとは考えにくい (McAllister et al., Solar Phys. 123, 169)。この現象と並行して、5日の0時から6時にかけて、N 30 W 05に中心を持つ中緯度コロナ・ホールが南に向かって拡大する形で、太陽面中央付近に単寿命のコロナ・ホールが発生し、6日の0時には消滅した。それに伴ってこのコロナ・ホールの周辺で大規模なアーケード構造の形成が見られた (第1図)。これらの一連の太陽コロナ活動に伴ってどのような惑星間空間擾乱や地磁気活動が観測されたかが、興味あるところである。

まず太陽風シンチレーション観測によると、Sun-Earth Line から西48度、太陽から0.66AUの位置では (3C273)、7日からシンチレーションのレベルが上昇するとともに、約420km/secの太陽風が観測されている。この観測から存在が予想される高密度の太陽風は、9日にIMP-Jによって観測された (第2図)。この擾乱で特徴的なことは、非常に幅の狭い、低温 (1000K) の磁気雲の存在であ

る。IMP-Jによると10日の2時から22時にかけてIMFが-から+へと急速に変化し、密度、温度の低下が見られる。また、磁気雲の前後で密度が大きく上昇している特徴を示す。

この磁気雲の発生をもたらした太陽現象については、もしこの擾乱が一定速度で伝播したとすると、擾乱が発生した日は5日になり上述の単寿命のコロナ・ホールが形成された時期と一致する。このコロナ・ホールが形成された領域の磁場構造を見ると、南向きIMFが形成されやすい配置となっており、コロナ・ホールの発生に伴って惑星間空間擾乱が形成されたことが示唆され、太陽コロナの大規模磁場構造が数時間のオーダーで変化して、それが惑星間空間擾乱の原因になり得ることが示唆される。



第1図 1992/11/05 11:29UT  
○は短寿命のコロナ・ホールを表す

第2図



コロナ平面磁場「 $\phi-\theta$ 」図の三次元表示

袴田 和幸 (中郡大・工), 中川 朋子 (東北工大)

The 3-D ' $\phi-\theta$ ' Diagram of The PMS

K. Hakamada<sup>1</sup> and T. Nakagawa<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Chubu University, Kasugai, Aichi 487

<sup>2</sup>Tohoku Institute of Technology, Taihaku-ku, Sendai, 982

Relations between  $\phi$  and  $\theta$  of the IMF in the interplanetary PMS (Planar Magnetic Structure) have been shown by a diagram like Figure 1. It is difficult to estimate the real geometry of the magnetic field in interplanetary space from this figure, especially near poles ( $\theta = \pm 90^\circ$ ) where the point moves rapidly in longitude in the diagram even when the real angular change is small. In order to show real angular changes of the IMF, we draw a 3-D  $\phi-\theta$  diagram as shown in Figure 2. We easily obtain the real angular change of datum from the displacement of the points on the sphere. We found that the data points show the back and forth angular movements on the 3-D diagram even in the vicinity of the pole.

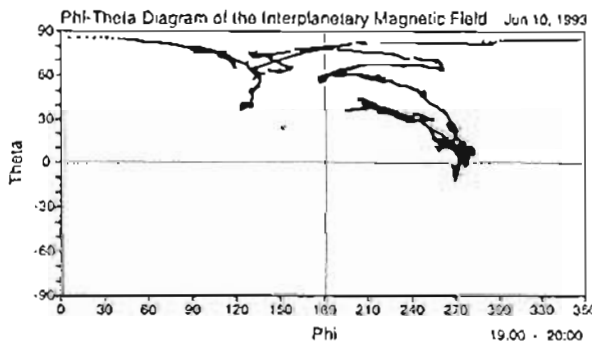


図1. コロナ平面磁場「 $\phi-\theta$ 」図。(The  $\phi-\theta$  Diagram of the PMS.)

3-D Phi-Theta Diagram  
Longitude= 240.0 degs Jun 10, 1993  
Latitude= 45.0 degs 19:00 ~ 20:00

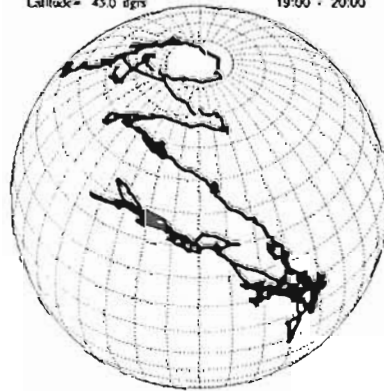


図2. コロナ平面磁場「 $\phi-\theta$ 」図の三次元表示。(3-D  $\phi-\theta$  Diagram.)  $\phi = 240^\circ$ ,  $\theta = 45^\circ$  の方向から見た図。図の北極は  $\theta = 90^\circ$  の点を表す。緯度、経度の点線の円はそれぞれ  $10^\circ$  毎に描いてある。始め経度  $\phi = 270^\circ$ 、緯度  $\theta = 0^\circ$  付近に現れたデータ点が、3回ほど振動しながら、しだいに北極 ( $\theta = 90^\circ$ ) 側へ移動して行くのが分かる。この様な振動は観測期間を通して常に現れる。

図1は1993年6月10日18:30~23:00の間に「さきかけ」により観測された惑星間平面磁場構造 (Interplanetary PMS) 内の磁場の方位角 ( $\phi$ ) と緯度角 ( $\theta$ ) との関係を示す所謂「 $\phi-\theta$ 図」である。この図では19:00から20:00までの1時間のデータのみを用いた。この図から、始め経度  $\phi = 270^\circ$ 、緯度  $\theta = 0^\circ$  付近に現れたデータ点が、 $\phi$ の減少に伴ってしだいに北極 ( $\theta = 90^\circ$ ) 側へ移動して行くのが分かる。このとき、( $\phi, \theta$ ) は何回か増減を繰り返し、振動しながら移動して行く。この( $\phi, \theta$ )の振動という特徴はこの時間に限らず、平面磁場構造の観測されている間常に現れるのが興味深い点である。このように平面上に展開した「 $\phi-\theta$ 図」では極付近のデータ点の実際の角度の変化が分かりにくいので、図2のように球面上の点の集まりとして「 $\phi-\theta$ 図」を表した。この図では極の周りでもデータ点が低緯度と同じ様な振動をしている事が分かる。

○ 徳丸宗利、大見智亮、阿部新助、横辺寛史、石田善雄、小島正立  
(名古屋大学・太陽地球環境研究所)

Solar Wind Scintillation Index Measurements  
with Kiso UHF Radiotelescope

M. Tokumaru, T. Ohsai, S. Abe, A. Yokobe, Y. Ishida, and M. Kojima  
(STE Lab., Nagoya Univ.)

We have developed the observation system, which enables to measure the scintillation index (so-called  $m$  index) of IPS (Interplanetary Scintillation) at 327MHz. The  $m$  index can be related to density fluctuations in the solar wind, and this data is useful to study the density structure in the heliosphere. The  $m$ -index measurements with this system have been carried out since Jun. 1997 at Kiso observatory on the routine basis. The radial decrease ( $R^{-1}$ ) of  $m$  indices and the anti-correlation with the solar wind velocity are revealed from Kiso observations.

1. はじめに

シンチレーション指数 ( $m$ 指数) は電波シンチレーションの強さを表す無次元量であり、

$$m = \langle \text{電波強度のゆらぎ幅} \rangle / \langle \text{電波強度} \rangle \dots (1)$$

で与えられる。この  $m$  指数は、惑星間空間シンチレーション (IPS) において擾乱が弱い場合には、太陽風のプラズマ密度のゆらぎ  $\Delta Ne$  と次式によって関係付けられる[1]。

$$m^2 \sim \int [\Delta Ne]^2 ds \dots (2)$$

ここで、 $\int ds$  は視線に沿った積分である。この関係を用いれば、地上からの  $m$  指数観測によって太陽風中の密度ゆらぎの分布を明らかにでき、太陽圏の大規模な密度構造を研究する上で重要な手がかりが得られる。

これまで、STE研では  $m$  指数の定常観測に向けていくつかの試験研究を行ってきた(例:[2])。その成果をふまえて、我々は昨年より  $m$  指数測定システムの開発を行ってきた。本講演では、我々が開発した  $m$  指数測定システムの概要と、木曾観測所において今年の6月から開始した本格的な  $m$  指数観測の初期結果について報告する。

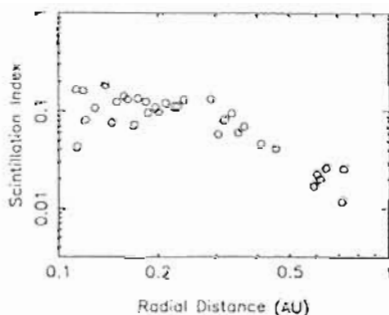
2. 測定システムの概要

$m$  指数測定システムは、木曾観測所の既存のIPS観測システムに、電波源の強度(1)式の分母)を測定する機能を付加することで実現した。即ち、電波強度のゆらぎ値(1)式の分子)は、太陽風速度測定のために記録している受信レベル変動の高周波成分のデータから求めることにした。強度ゆらぎ値の計算には、パワースペクトルから求める方法をとった。一方、電波源強度を求めるためには、観測時間の前後にそれぞれ1分間東西へビームを振るOff-Source観測を入れることにした。取得した電波源強度のデータは、豊川へ電送回線(ppp)を介して自動で伝送(tp)され、そこで速度測定処理で得られる強度ゆらぎデータと照合しながら  $m$  指数の計算が行われる。

3. 観測結果

本システムを用いた  $m$  指数の定常観測は、今年6月から始まった(但し、今年3~5月に開発途中のシステムを用いて Hale-Bopp 彗星特別観測を実施している[3])。図は、これまでの観測(97/6/3-8/1、電波源3C190)から得られた  $m$  指数の距離依存性を示す。この図から、 $R \approx 0.2 \text{ AU}$  では  $m \sim R^{-1}$  に近い変化をしていることが判るが、このことは(2)式より  $\Delta Ne \sim R^{-1}$  を示唆するものである。一方、 $m$  指数と速度の関係をみると、逆相関が見られ、従来の観測事実と一致している。今後、より多くのデータを蓄積して、低太陽活動期の太陽圏の密度構造について詳細な解析を行ってゆく予定である。

3C190 - 1997



参考文献

- [1] Salpeter, E.E., *Astrophys. J.*, 147, 433, 1967.  
[2] 浅井外, 日本天文学会講演予稿集, M10a, 1995 秋季.  
[3] 阿部外, SGEPS 本講演会, 1997.

Observations of radio source scintillation  
through cometary plasma tail of  
Comet Hale-Bopp (C/1995O1)

○ S. Abe<sup>1</sup>, M. Kojima<sup>1</sup>, M. Tokumaru<sup>1</sup>, Y. Kozuka<sup>1</sup>,  
K. Tsuruawa<sup>2</sup>, and T. Soyano<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University

<sup>2</sup> Kiso Observatory, Institute of Astronomy, The University of Tokyo

Enhancement of radio signal scintillation attributed to electron density irregularities,  $\delta Ne$ , in cometary plasma tail has been reported by several researchers. However the question of whether cometary plasma tail can cause radio scintillation has been in controversy. The purpose of this study is to detect possible enhancements caused by the plasma tail of Comet Hale-Bopp.

Extensive radio and optical coordinated observations were carried out from March to May 1997 as a Hale-Bopp campaign program. Radio observations were carried out with the cylindrical parabolic reflector antenna (70m x 27m) operating at 327 MHz at the Kiso station of the STEL. In order to examine the plasma density and geometrical relations between occulting sources and the plasma tail, optical observations with B-band plates were carried out using the 105-cm Schmidt telescope at the Kiso observatory, Institute of Astronomy, the University of Tokyo.

Enhanced scintillation indices are found around 20 April when the plasma tail of Comet Hale-Bopp passed in front of the quasar 3C119. We discuss a possible cause of these enhanced scintillation. Many optical images with high quality were obtained from our observations with the Schmidt telescope. Relationship between electron density fluctuations and plasma density in the tail will be discussed using these data.

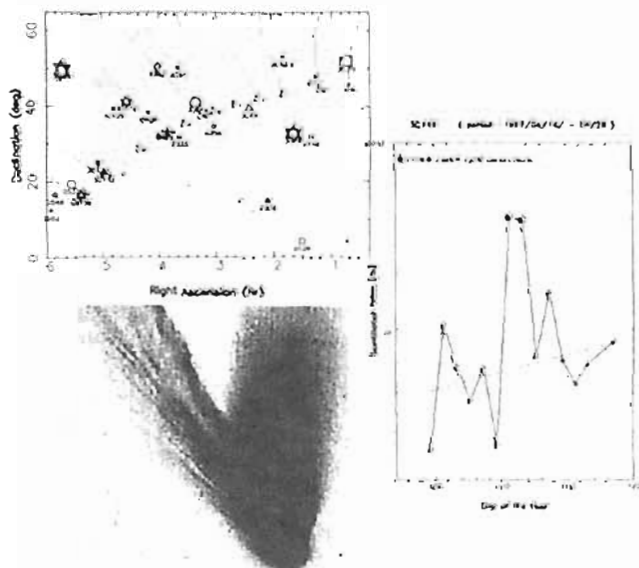


Figure: The upper left panel shows geometrical relations between occulting radio sources and the plasma tail of Comet Hale-Bopp in the equatorial coordinate. The comet nucleus at various days is indicated by dots, and lines indicate approximate directions of the plasma tail whose axis is assumed to have a length of 1.5 AU. The direction of the plasma tail was calculated theoretically by assuming that the surrounding plasma speed is 400 km/sec. The lower left panel shows the B-band Schmidt class of Comet Hale-Bopp on 10 April measured by PDS wide-field camera calibrated by HAF. The right panel shows scintillation indices of 3C119 during 14 to 28 April 1997. The dashed line is obtained by a least-squares method using these scintillation index data in this period. It is clearly seen that scintillation indices enhanced on 20 April (DOY 110) and 21 April (DOY 111). These enhanced points are approximately 1.6 to 1.7 times as much as the dashed line.

## C12-11

### 1997年4月7日のCMEに伴う惑星間擾乱のIPS観測

渡辺 裕、小島正宜、徳丸宗利、阿部新助、小塚幸央 (名大STE研)

#### IPS Observation of Interplanetary Disturbance Associated with Coronal Mass Ejection on April 7, 1997

°H. Watanabe, M. Kojima, M. Tokumaru, S. Abe, and Y. Kozuka (STE Lab., Nagoya Univ.)

An interplanetary disturbance associated with a coronal mass ejection on April 7, 1997 is detected by interplanetary scintillation (IPS) observation at Kiso station of STEL, Nagoya University. The spatial distributions of scintillation index around the disturbance region are obtained. In our analysis the data of 14 radio sources are used in order to investigate the structure and the propagation property of the shock wave. It is suggested that the disturbance widely extends more than 90 degrees in longitude.

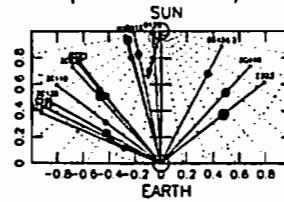
1997年4月7日15時UT、太陽面経緯度(S27,E18)付近にあった活動領域NOAA8027がCMEを引き起こした。この状況はSOHO/LASCO等によって観測され、これに関連するフレアやTypeIIバーストがSOHO/EIT、GOES、YOHKOHや地上の電波望遠鏡等によって報告された。スカイに投影された白色像の変化から求められたCMEの初速度は700km/sec以上であった。その後1AU付近でWIND/SPOFはこのCMEに関連すると思われるshock sheath及びejecta materialの到来を観測した。これによると両者の到来時刻はそれぞれ4月10日18時UT、4月11日0時UTであると推定される。ejecta materialの1AUでの速度は450km/secであり、CMEの発生時刻と1AU到達時刻の差から求められる平均速度は510km/secであった。

当研究所の太陽風観測用IPSアンテナのうち、木曾アンテナはこの期間中ヘル・ポップ彗星のためのキャンペーン観測を行っており(阿

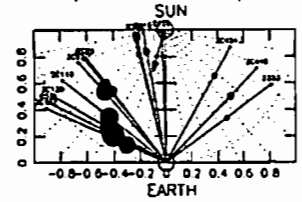
部他、本セッション講演)、シンチレーションインデックスの観測が行なわれた(徳丸他、本セッション講演)。今回のイベントは当研究所のシステムでシンチレーションインデックスの準定常的な観測が可能になってはじめて捉えられた大きな惑星間擾乱現象である。

計14点の電波源の観測から、シンチレーションインデックスのエンハンスメントが受かった場所と時刻をプロットし、惑星間擾乱の経緯度方向への広がりや伝播速度について議論する。(1)W45度、E45度のIPS電波源でエンハンスメントが観測されていることから、惑星間擾乱の経緯度広がりや90度以上あると思われる。また、CMEは太陽面南半球27度で発生しているにも拘らずN50度のIPS電波源でエンハンスメントが観測された。(2)エンハンスメントの期間は北半球側で1~2日であるのに対して、南半球側では3~4日ある。このことはショックノーマルにより近い南半球側で、ショック波の領域が厚くなっている可能性を示唆している。(3)惑星間擾乱の伝播速度は、距離とともに減速している。この結果は惑星間飛翔体による観測(ex. Cane et al., 1986)と矛盾しない。(4)高緯度ほど伝播速度が遅くなるという描像は特に得られていない。

Ecliptic Plane : 4/9



Ecliptic Plane : 4/11



図：黄道面上に投影したシンチレーションインデックスの分布。地球を中心とした実線は各電波源のline of sightを表し、●印の位置はP点を示す。●印の直径がシンチレーションインデックスの大きさを表す。太陽からの矢印はCMEの放出方向を示している。

## C12-12

### Solar cycle evolution of solar wind speed structure observed by interplanetary scintillation

— From tomography analysis —

°A. Yokobe<sup>1</sup>, M. Kojima<sup>1</sup>, M. Tokumaru<sup>1</sup>, K. Asai<sup>2</sup>, B. V. Jackson<sup>3</sup>, and P. L. Hick<sup>3</sup>

- 1). Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University
- 2). National Institute of Multimedia Education
- 3). Center for Astrophysics and Space Science, UCSD, USA

We have examined the solar cycle evolution of the three-dimensional solar wind structure obtained by interplanetary scintillation (IPS) observations carried out at Solar-Terrestrial Environment Laboratory (STEL), Nagoya University. Although IPS is a useful means to investigate the global distribution of the solar wind speed by making a synoptic map, it involves a line-of-sight integration, which relates contributions from all locations along the line of sight to an actual observation. To remove this line-of-sight integration bias from IPS observations, we have produced a new analysis method using a computerized tomography technique. With global IPS observations covering many elongation angles, both solar rotation and solar wind outward motion give perspective views of three-dimensional solar wind structure. These conditions make it possible to use the tomography technique for our IPS analysis. In the analysis program, we consider the contributions along each line of sight through the three-dimensional structure of the solar wind as a weighting function and optimize the three-dimensional model to fit the observations.

We dealt with the data that closest points to the Sun on the line of sight are in the range of heliocentric distances from 0.3 to 1.0 AU. Since the IPS at 327 MHz (used in STEL system) saturates at ~ 0.15 AU, it is safe to assume that the IPS at > 0.3 AU is in the weak scattering regime. Thus, we can employ the IPS theory which mathematically represented using the Born approximation in condition of weak scattering. For our analysis, both solar wind speed  $V$  and electron density fluctuation  $\delta N$ , are needed because these parameters are coupled in the IPS observation. But regular observation in

STEL is only done for speed estimation, and measurement of scintillation index, which is directly related to  $\delta N$ , has recently been started. So, we make an assumption about the relation of  $\delta N$  and  $V$  which followed by  $\delta N \propto H^{-2}V^{-\gamma}$ . Here,  $H$  is a heliocentric distance and we adopt a power-law index  $\gamma = 0.5$  for our analysis. Validity of this relation is confirmed by early our analysis (presented at last two meetings of SCGPSS). Since the amount of data for one solar rotation is not sufficient for our analysis, data for three consecutive Carrington rotations are used to make the three-dimensional model of solar wind structure.

Firstly, we analyzed IPS speed data during Carrington rotations 1894-1896 (From April to June in the year 1995), which matched the rapid latitudinal passage of the Ulysses spacecraft from the southern to the northern hemisphere of the Sun (This time is close to the minimum phase of solar cycle). As the result, we find that high-speed regions with a speed of about 800 km/s are separated from an equatorial low-speed region with a sharp velocity gradient around heliographic latitudes of 15° to 20° in the both hemispheres. We simulated Ulysses observations in the above obtained model solar wind for the period of fast latitude scan (from 13 Sep., '94 to 1 Jul., '95). Comparing the simulated observations with the real observations, we find these two are in good agreement. Thus, we confirm that the result obtained by new analysis program can recover the actual solar wind structure very well.

Then, we have analyzed the IPS data for years from 1990 to 1994. This term includes the maximum (1990 and 1991) and the descending (1992-1994) phases of the solar activity cycle No. 22. The width of low speed area is wider in the descending phase than that in the minimum phase, but we find that boundary between polar high speed region and low speed area (located around  $\pm 40^\circ$ ) is as sharp as in the minimum phase. In the maximum phase, the structure covered with low speed solar wind almostly all over the Sun's surface is obtained. However, polar high speed regions (~ 800 km/s) are survived in the both hemispheres during the active phase and some small high speed regions appear at the area of mid-latitude which would probably coincide the coronal holes as observed by Yohkoh SXT in the year 1991. It is suggested that dipole component of the Sun's magnetic field is dominant for all over solar cycle.



国内 VLBI を用いた太陽風の観測

\*清水 義行, 桜井 隆行, 小島 正宜, 徳丸 宗利  
(名古屋大学太陽地球環境研究所)

Observations of Solar wind using VLBI (JNET)

\*Y. Shimizu, T. Sakurai, M. Kojima, and M. Tokumaru  
(STE Laboratory, Nagoya University)

The phase of radio waves which propagate through solar wind is disturbed due to density fluctuations. These perturbed radio waves give us interesting information about the acceleration of solar wind. We observed the angular broadening of water vapor masers which emit 22GHz radio waves using VLBI (JNET) on Dec. 20, and 23, 1996. Here we present the results of observations and simulations with the theoretical model.

1. はじめに

太陽風を伝搬する電波は、電子密度のゆらぎから生じる屈折率のゆらぎで位相が乱される。そのような電波を地球上で観測すると、逆に太陽風の電子密度のゆらぎの情報を得ることができる。

今回、我々は国内 VLBI を用いて 22GHz の電波を出す水メーザ源の angular broadening の観測をおこなった。VLBI を用いて angular broadening の観測を行うと、太陽風の電子密度のパワースペクトルやゆらぎの二次元構造を容易に調べることができるという利点がある。また、22GHz という高周波の電波であれば太陽の近傍 (5 太陽半径) でも観測が可能であり、現在でも謎である太陽風加速機構を解き明かすための太陽近傍でのプラズマパラメータを得ることができると期待される。

2. Angular broadening とは

太陽風によって位相に乱れが生じた電波を VLBI で観測すると、visibility  $V_m(\vec{s})$  は

$$V_m(\vec{s}) = V_0(\vec{s}) \exp\left(-\frac{1}{2}D_\phi(\vec{s})\right) \quad (1)$$

となる。ここで  $\vec{v}$  は基礎ベクトル、 $V_0(\vec{s})$  は太陽風が無い場合の visibility、 $D_\phi(\vec{s})$  は  $D_\phi(\vec{s}) = \langle (\phi(\vec{r}) - \phi(\vec{r} + \vec{s}))^2 \rangle$  で与えられる phase structure function である。また、 $D_\phi(\vec{s})$  は太陽風の電子密度のゆらぎのパワースペクトル  $P_{\delta n_e}$  を用いて

$$D_\phi(\vec{s}) = 4\pi^2 \lambda^2 \int_0^L dz \iint d\vec{q} (1 - \cos(\vec{q} \cdot \vec{r})) P_{\delta n_e}(\vec{q}; z) \quad (2)$$

のようにも表せる。太陽風は Kolmogorov 則に従うことが知られており、この様なとき  $D_\phi(\vec{s})$  は基礎長とともに増大するので、(1) 式から基礎長とともに visibility は減少する。すなわち、視直径が広がるのである (angular broadening 現象)。

3. 観測結果

今回の観測は、対象とする水メーザ源が太陽風の影響を受ける場合と受けない場合とを比較するため、1996年12月20日と1996年12月23日の2日間をかけて行われた (図1参照)。今回は観測およびシミュレーションの結果を示す予定である。

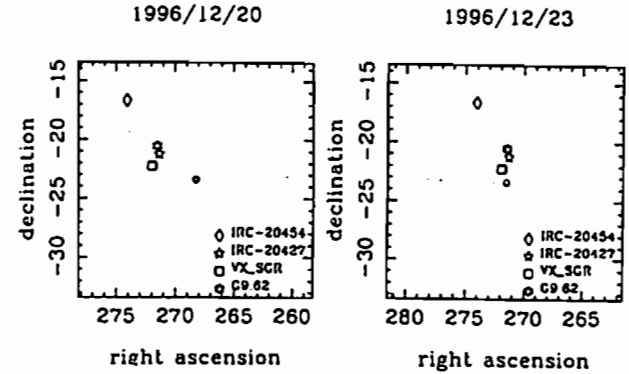


図1 太陽と水メーザ源との位置関係

1 AUにおける太陽風データの1年周期性について

\*馬場 功[1], 前沢 潤[1], 向井 利典[2], 斎藤 義文[2], 山本 達人[2]  
国分 証[3]  
[1] 名古屋大学理学部 1 研  
[2] 宇宙科学研  
[3] 名大 S T E 研

The statistical study of solar wind parameters at 1AU

\*Isao Baba[1], Kiyoshi Maezawa[1], T. Mukai[2], Y. Saito[2]  
T. Yamamoto[2], S. Kokubun[3]  
[1] Faculty of Science, Nagoya Univ.  
[2] ISAS  
[3] STE Laboratory, Nagoya Univ.

We have analyzed the long-term variations in the solar wind and IMF parameters using hourly-averaged data obtained by IMP8 from 1988 to 1995, and by Geotail spacecraft from 1994 to 1996. We find that latitudinal direction of solar wind flow has a periodicity of about one year. The amplitude of the annual variation is about 0.8 degrees. The solar wind flow has a most northward orientation in April and a most southward orientation in October. We interpret that this variation is due to the annual variation in the heliolatitudinal position of the earth. Our results indicate that the solar wind has a tendency to be directed toward the heliographic equator at 1AU. This tendency is opposite to the one observed by Voyager 2 spacecraft at  $r > 20AU$ . We also made calibration statistics of solar wind and IMF parameters observed by Geotail and IMP-8 spacecraft. The result indicates that a systematic difference exists between the long-term averages of the z component of the IMF.

本研究では IMP 8 衛星、GEOTAIL 衛星のデータを使用して太陽風の各種パラメーターの長期にわたる統計を行った。

IMP 8 衛星によって観測された1988年から1995年までの太陽風の流れの緯度方向の角度 ( $\theta$ ) の平均を SEQ 座標系 (太陽赤道座標系) で計算することによって  $\theta$  が5月に最大、10月に最小となり振幅が約0.8度であるような1年周期を持つことが分かった。太陽面から見ると地球は3月5日に最も南にあり、10月5日には最も北にあるので、上記の結果から太陽の南半球にいる時には北向きの

flow、北半球にいるときには南向きのflowになっていることが分かる。つまり1AU付近では太陽風は太陽から見て高緯度側から低緯度側へと流れていることになる。一方Voyager 2の観測によると20AU以上では赤道から高緯度側へ向かう流れが観測されているので、内部太陽圏と外部太陽圏では緯度方向の流れの向きが逆転していることが分かる。この点や他のパラメーターとの相関についても現在研究の途中である。

さらに、本研究において将来的にIMP8衛星とGEOTAIL衛星を重ねあわせて使用できるようにデータの校正を行うために同時期に存在するデータについて統計を行った。GEOTAIL衛星での太陽風磁場のZ成分の長期間平均が正になるが、IMP8のデータでは、そのようなことはなく、この違いは観測器のキャリブレーションの違いによるものと思われる。以下はIMFのBz成分について行った、GEOTAIL衛星による観測値に対するIMP8衛星による観測値データの平均である。約0.3nTゼロ点がずれていることがわかる。

GEOTAIL	IMP8 [nT]
-5.00	-5.08
-4.00	-3.92
-3.00	-2.99
-2.00	-2.11
-1.00	-1.18
0.00	-0.32
1.00	0.57
2.00	1.42
3.00	2.39
4.00	3.51
5.00	4.40

1995年5月13日に観測された  
太陽風の構造と Bow Shock の運動

\*竹内 哲彦<sup>1</sup>、元木 健<sup>1</sup>、向井 利典<sup>2</sup>、斎藤 義文<sup>3</sup>、国分 正<sup>3</sup>、  
山本 達人<sup>3</sup>、松本 健<sup>4</sup>、小嶋 裕嗣<sup>4</sup>、長井 嗣信<sup>5</sup>、R.P.Lepping<sup>6</sup>

1) 京大観 2) 宇宙研 3) 名大STE研 4) 京大超高層 5) 東工大理 6) NASA/GSFC

A Solar Wind Structure and Corresponding  
Bow Shock Movement observed on May 13, 1995

\*T Takeuchi<sup>1</sup>, T.Araki<sup>1</sup>, T.Mukai<sup>2</sup>, Y.Saito<sup>3</sup>, S.Kokubun<sup>3</sup>, T.Yamamoto<sup>3</sup>,  
H.Matsumoto<sup>4</sup>, M.Kojima<sup>4</sup>, T.Nagai<sup>5</sup>, R.P.Lepping<sup>6</sup>

1) Dept. of Geophys., Kyoto Univ. 2) ISAS 3) STE Lab.  
4) Rasc, Kyoto Univ. 5) Tokyo Inst. Tech. 6) NASA/GSFC

A sudden increase of magnetic field and decrease of density were observed by WIND spacecraft located 244 Re upstream of the earth on May 13, 1995. The duration was about 5.5 hours. About 90 min later, it was detected by IMP-8 and GEOTAIL satellite in front of the earth's bow shock. GEOTAIL observed sunward movement of the bow shock 8 min after the passage of the front. The earthward movement of the bow shock was also observed about 3 hours later. This structure seems to lie in the head of a 'magnetic cloud' which lasted about one day. Results of the analysis using data from the 3 satellites (WIND, IMP8, GEOTAIL) are shown on this solar wind structure and movement of the earth's bow shock.

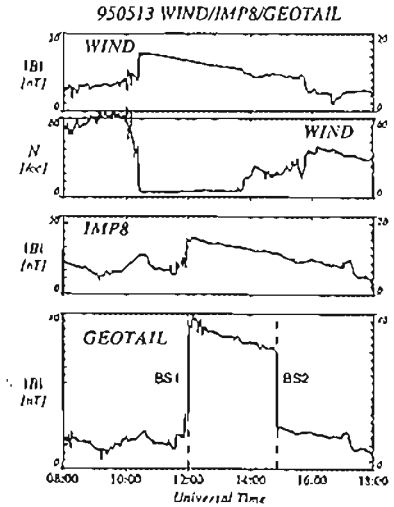
太陽風動圧は地球磁気圏の形状と密接な関係をもっており、その急激な変化は Magnetopause や bow shock の急変化を伴う。

図は 1995 年 5 月 13 日における 3 つの衛星 (WIND, IMP8, GEOTAIL) による太陽風磁場強度と WIND による密度の観測を示す。WIND (X:244 Re) では UT10:30 頃、磁場が急増し密度が急減している。強い磁場と低い密度の観測は約 5.5 時間続く。WIND にこの構造が到来した約 90 分後、IMP8 (X:10.5, Y:-31.8, Z:14.6 Re) と GEOTAIL (X:14.7, Y:-10.2, Z:-0.9 Re) で同じ構造が観測されはじめる。その後 GEOTAIL は太陽方向と地球方向への bow shock の動きを 2 回検出している。

数密度は ~60 個/cc (GEOTAIL は saturation をおこしている。) から ~1 個/cc に急減している。これによる太陽風動圧の急減は地球の magnetopause と bow shock を急激に膨張させるはずである。GEOTAIL が 1 回目の bow shock crossing (BS1) を観測するのは、この太陽風構造の先端の境界面が GEOTAIL を通過し動圧が急減してから約 8 分後であり、ちょうど急激に広がりがつつある bow shock を観測していると考えられる。その後動圧がまた増加し、bow shock が元にもどりつつある UT14:50 頃、2 回目の bow shock crossing (BS2) を観測したと考えられる。

この磁場、低密度の構造は磁気雲 (magnetic cloud) と呼ばれる 1 日位のタイムスケールの大規模太陽風構造の中に存在している。磁気雲は磁場が強く回転し、密度が低いという特徴を持っており、この場合 WIND 衛星では 5 月 13 日 UT10:30 頃から 5 月 14 日 UT7:00 頃まで続いているのが観測されている。

今回の発表では、まず 3 つの衛星のデータを使い比較解析した太陽風の構造について、特にその境界面の性質と巨徴について述べ、その後、主に GEOTAIL のデータを用いて bow shock の動きについて言及する。



ADEOS 衛星による重イオン観測結果

理研、信州大<sup>1</sup>、宇宙開発事業団<sup>2</sup>  
\*河野 毅、宮坂浩正、山極 巖、  
加藤千尋<sup>1</sup>、五家建夫<sup>2</sup>、松本晴久<sup>2</sup>

Heavy Ion Observation with ADEOS Satellite

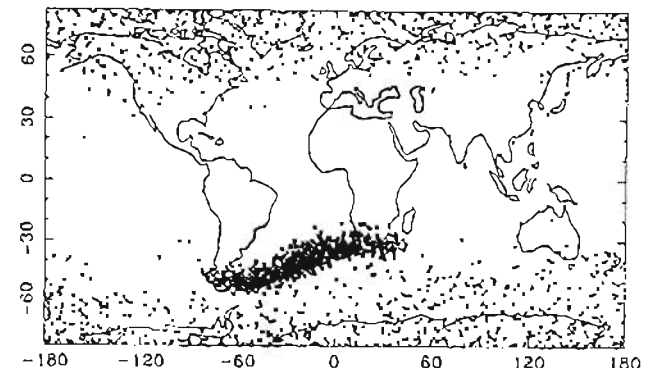
RIKEN, Shinshu Univ.<sup>1</sup>, NASDA<sup>2</sup>  
T.Kohno, H.Miyasaka, I.Yamagiwa,  
C.Kato<sup>1</sup>, T.Goka<sup>2</sup>, H.Matsumoto<sup>2</sup>

A cosmic ray Heavy Ion Telescope (HIT) was onboard the ADvanced Earth Observation Satellite (ADEOS, MIDORI in Japanese name). The HIT could observe cosmic ray ions from October 1996 to the end of June 1997 at the failure of the solar cell. ADEOS is on the circular sun synchronous orbit with inclination of 98° and altitude of 800 km. The geographical distribution of observed oxygen with energy range of 20 - 50 MeV/nuc is shown in Fig.1. This distribution is quite similar to the results observed with SAMPEX. The L distribution of oxygen is shows sharp peak at L=2. The concentration at the long belt from the south end of South America to the south end of the Africa in Fig.1 correspond to this sharp peak at L=2 in L distribution. It is clear that these oxygen are trapped anomalous cosmic rays (ACR) in interplanetary space.

昨年打ち上げられた地球観測衛星「みどり」(ADvanced Earth Observation Satellite: ADEOS)には重粒子観測装置が搭載されている。この測定器は 6 月末の太陽電池出力の異常に

よる衛星全体の機能停止までは正常に動作し、約 9 か月間のデータが取得されている。衛星の軌道は、傾斜角 98 度、高度 800km の円軌道で、太陽同期軌道と呼ばれるものである。測定器は 2 次元位置検出器 2 枚を含むシリコン半導体検出器のテレスコープで、幾何学的要素は 25cm<sup>2</sup>.sr、測定エネルギー範囲は酸素で 20-50 MeV/nuc である。2 枚の位置検出器により、粒子の入射角度がわかるので、ΔE-E 法による ΔE の経路長に起因するばらつきがなくなり、分解能を上げることができる。

下の図に、観測された酸素の地理的分布を示す。惑星間空間につながる高緯度帯の他に、いわゆる南大西洋異常 (SAA) の南方に細長く広がった分布域が見える。これは SAMPEX が初めて観測した結果と全く同じである。この領域は L=2 に集中しており、明らかに捕捉されたもので、惑星間空間の異常宇宙線 (ACR) がその起源と見られる。窒素も似た分布を示すが、SAMPEX ではほとんどなかった炭素がわずかに観測されている。



## C12-P153

### 1991年11月9日のCMEと惑星間空間での観測

・亘 慎一(通信総合研究所)、小島正宜(名大STE研)、  
渡辺 克(茨城大)

#### A coronal mass ejection on 9 November 1991 and its interplanetary consequence

S. Watari (Communications Research Laboratory)  
and  
M. Kojima (STE Lab., Nagoya University)  
and  
T. Watanabe (Ibaraki University)

The *Yohkoh* soft X-ray telescope observed a spectacular change in the lower corona on the southwest limb on 9 November 1991. A large intensity decrease was observed in the soft X-ray images associated with a CME by the Mark III K-coronameter (MK3) at the HAO/Mauna Loa Solar Observatory. Both the MK3 and soft X-ray observations showed that one leg of this CME was located above the flare site. An interplanetary shock associated with this event was observed by the several spacecraft and the IPS. Good interplanetary data coverage together with the solar observations helps to understand the evolution of the disturbance from the Sun to interplanetary space.

Coronal Mass Ejections (CMEs) は、コロナグラフによる観測で、主に太陽の縁で観測されることが多い。しかし、太陽の縁で起った現象については、惑星間空間で、直接、観測できる機会が少ないという問題点がある。1991年の11月には、International Cometary Explorer (ICE), Pioneer Venus Orbiter (PVO), Interplanetary Monitoring Platform-8 (IMP-8), ULYSSES の4機の衛星が、図に示したように配置していた。

この時期には、地上からのコロナグラフ観測に加えて、太陽観測衛星「陽光」が軟X線望遠鏡で太陽観測を行っており、太陽の西の縁で起った現象の惑星間空間への影響を複数の衛星の観測データを使って調べる事ができる。

1991年11月9日に太陽の南西の縁でX1.1/1Bフレアが起きた後、フレアを起こした活動領域の両側で軟X線強度の減少が観測された。この現象と関連して、地上のコロナグラフ観測によりCMEが観測されている。フレアを起こした活動領域は、このCMEの尾元付近に位置しているように見える。このCMEは、地球には、ほとんど影響を与えなかったが、地球の西側に位置していたPVOとICEにより、大きな速度のジャンプが観測された。名大STE研の惑星間空間シンチレーション(IPS)観測でも同じような速度の変化が観測されており、衛星による観測と良い一致を示している。このイベントについて、太陽観測及び複数の衛星とIPSによる惑星間空間での観測について報告する。

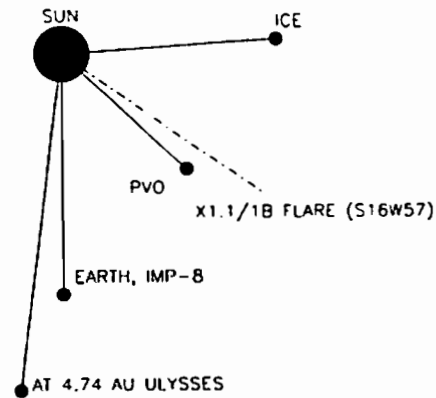


図. 太陽、地球、ICE、PVO、IMP-8、ULYSSES の位置関係

## C12-P154

### 惑星間空間衝撃波による電子の加速機構—インジェクションと散乱過程—

・島田 延枝[1]、寺沢 敏夫[1]、松井 洋[1]、向井 利典[2]、山本 達人[2]  
西分 征[3]、町田 忍[4]  
[1] 東京大学理学部  
[2] 宇宙科学研究所  
[3] 名古屋大学太陽地球環境研究所  
[4] 京都大学理学部

#### Electron acceleration around the interplanetary shock— injection and scattering process —

・Nobue Shimada[1]、Toshio Terasawa[1]、Hiroshi Matsui[1]  
Toshinori Mukai[2]、Tatsundo Yamamoto[2]、Susumu Kokubun[3]  
Shinobu Machida[4]  
[1] U.of Tokyo  
[2] ISAS  
[3] STE lab. U.of Nagoya  
[4] U.of Kyoto

On Feb. 21, 1994, Geotail observed a strong acceleration phenomena for both ions and electrons with the passage of an interplanetary shock. Topics we are interested in here are the whole picture of the electron acceleration mechanism including the injection problem and wave-particle interactions (scattering processes). We expect that cross-shock potential ( $\sim 250$  eV in our case) will contribute injection process because of its preferable acceleration of low energy (thermal) electrons. Based on the wave mode identification which we have made previously, we are trying to get quantitative evaluation on the scattering efficiency with each of wave modes.

94年2月21日に観測された、惑星間空間衝撃波に伴う被加速粒子については、イオンのみならず、電子においても衝撃波フェルミ加速起源であることを強く示唆する観測結果が得られた。この話題については、昨年春のSGEPSSで発表済みであるが、電子の散乱体、フェルミ過程へのインジェクションの問題については、決め手に欠け未解決のままであった。今回はこの問題について考えていきたい。

まず、衝撃波周辺で観測された波動のモード、伝播角と

その方向、推測される起源についてまとめる。具体的には、上流では、2~3Hzに強度ピークをもち、衝撃波上流へ伝播する斜め伝播( $\sim 20^\circ$ )のホイッスラ波が、衝撃波通過の2時間以上前から断続的にみられる。およそ0.5Hz以下では、衝撃波から遠ざかる方向と衝撃波に向かう方向の両方のアルフベン波が観測されている。これらの波動は、高エネルギーイオンによって励起されている。又、衝撃波通過20分ほど前から、全周波数で、観測される波動の性質が変化し、伝播角は大きく( $\sim 60^\circ$ )圧縮性が強くなる。この領域では、高エネルギーイオンと電子の相対ドリフトが自由エネルギーとなりkinetic cross-field streaming instabilityを生じているのだから。

これらの波動が上流電子を散乱して、衝撃波面に戻す役割を果たしており、電子は主に衝撃波面で加速される。エネルギー別にみると、数百keV以上の電子はホイッスラ波によって、数十keV以上の電子になると、イオンサイクロトロン周波数程度の波動によって散乱される。又、衝撃波直前の伝播角の大きな波動も、その電場によって色々なエネルギーの電子のピッチ角散乱を引き起こすと思われる。

ホイッスラ波については、衝撃波から遠ざかる向きに伝播する波の為、上流へ逃げる電子の散乱にはほとんど効かない、と考えていたが、ローカルな上流磁場が、衝撃波面に対して平行な成分を持てば、上流に逃げる電子についても、その拡散係数は衝撃波に向かう電子と変わらない値を持つことが分かってきた。

以上に考えられる散乱体について、衝撃波加速にどの程度寄与するのかを定量的に見積もる為モンテカルロ法を用いたシミュレーションを行い、その結果を報告する。

また、下流側における電子の散乱特性、インジェクションにかかわる衝撃波静電ポテンシャルによる加速機構についても論ずる予定である。

# C12-P155

## 太陽風の非スパイラル磁場の構造と重畳する磁場擾乱の周波数特性

\*中川 朋子[1]  
[1] 東北工大

### Structure of non-spiral magnetic field in the solar wind and spectra of small scale magnetic fluctuations

\*Tomoko Nakagawa[1]  
[1] Tohoku Institute of Technology

Spectra of magnetic fluctuations on non-spiral, large-scale magnetic structures in the solar wind are investigated by using SAKIGAKE IMF data obtained at around 1AU. An inter-twined fluxrope model for an interplanetary planar magnetic structure is examined to see if it conflicts with an inverse cascade of magnetic helicity to small wavenumbers suggested by Frisch et al.(1975).

太陽風の平均的な磁場方向は、地球近傍の位置では太陽に対して約45度傾いたアルキメデススパイラルに平行となるが、日々観測される磁場は、この方向から外れることも少なくない。このような非スパイラル磁場は、その放出源である太陽の非一様性・非定常性を示すものであり、太陽風がどのように惑星間空間へ出てゆくのかを知る上での鍵となりうる。もしこの異常な方向の太陽風磁場が、太陽面上の構造をそのまま持ち出してきたものであるなら、惑星間空間の観測から直接太陽面上の磁場構造を知ることができる。その一方、異常磁場が惑星間空間で形成された可能性もある。

太陽風中の非スパイラル磁場のひとつである「平面状磁場構造」は、ある平面に平行で、かつ非常に激しく変化する磁場の集まりとして観測される。局所的には平面的な構造であるが、大きなスケールで見た場合どのような構造となっているかは未解明である。Crooker et al.(1993)は互いに絡まりあい圧縮されたたくさんのフラックスロープで「平面状磁場構造」のモデル化を試みた。しかしフラックスロープのようなhelicityのある磁場構造がたくさん集まっている場合、磁気helicity (磁場とそのベクトルポテンシャルの内積をその磁束管について体積積分したもの) のスペクトルは波数の小さい方へと移行し、より大きな構造のフラックスロープを形成してゆくと考えられる(Frisch et al,1975; Zhu et al.,1997)。それを端的に示すのがmagnetic cloudであろう。ところが「平面状

磁場構造」の磁場変化の特徴はmagnetic cloudとはかなり異なり、ゆるやかな磁場変化は見られず波数の大きい擾乱が多いのである。本研究では、「さきかけ」等で観測された太陽風磁場を用いて、異なる磁場構造について波数に対する磁場擾乱の特性を調べ、特に「平面状磁場構造」を3次元的なフラックスロープでモデル化することの是非を検討する。

# C12-P156

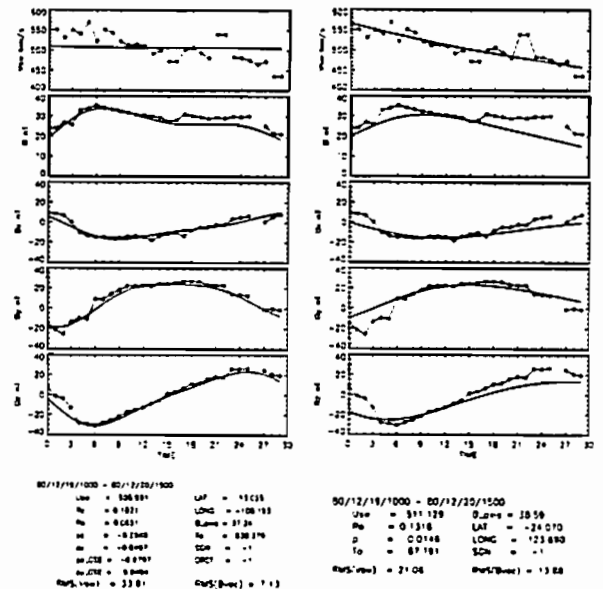
## 太陽風磁気ロープ：円筒型対トーラス型 丸橋 克英 (通信総合研究所)

### Interplanetary Magnetic Flux Ropes Cylinder Model vs. Torus Model

K. Marubashi (Communications Research Laboratory)

In search of interplanetary magnetic flux ropes which fit a torus-shaped model, it was found that some of the flux ropes can be fitted both to a cylinder model and to a torus model. The most important point in such cases is in the scale size of the structures fitted to the observations. The figures present results of model fitting for December 19, 1980 flux rope, one by a cylinder model and the other by a torus model. The radius of cross-section is 0.065 AU in the torus model, and 0.13 AU in the cylinder model. This result suggests a possibility that the scale sizes of interplanetary flux ropes had been overestimated by neglecting the curvature of such structures.

トーラス型の磁気ロープで説明される太陽風磁場構造を探して解析を進めた結果、円筒型の磁気ロープモデルにあてはまる物のうちで、トーラス型の磁気ロープモデルでもうまく説明できる磁気ロープが見つかった。二つのモデルへのあてはめから求められるパラメーターは、特に断面の円の半径が大きく異なることが分かった。添付の図は、1980年12月19日の磁気ロープに対する、二つのモデルへのあてはめの結果を示している。トーラス型モデルでは半径が0.065 AUであるのに対して、円筒型モデルでは半径が0.13 AUと得られる。この結果は、これまでの解析では磁気ロープ構造の湾曲を無視したために、サイズを不当に大きく評価していた可能性を暗示している。



## Heliospheric Current Sheet Inclinations at the Venus and the Earth

°G. Ma and K. Marubashi  
Communications Research Laboratory

### Introduction

It has been generally accepted that a current sheet is characterized by an usually rapid change in magnetic field direction by  $180 \pm 60$  Degs. such that the field goes from one relatively stable direction (over several days) to another after the change. Sometimes this transition occurs after a large (and odd) number of such field polarity changes which may represent multiple current sheets. By applying the minimum-variance technique (Sonnerup and Cahill, 1967) to IMF observations, the orientation of the current sheet may be determined, though there are not yet a uniform definition of the current sheet and the selection of the time interval over which to perform minimum-variance analysis.

This paper is an attempt to determine the current sheet inclinations at the Venus and the Earth, and make discussions of the minimum-variance analysis method mainly about the selection of an appropriate time interval.

### Inclination Determination

Interplanetary magnetic field data taken at 0.72 AU and 1 AU from Dec. 1978 to May 1982 by PVO and the Earth are hourly averaged data. In order to get the same heliospheric current sheets which are crossed by both the PVO and the Earth, 1-hour average IMF data in GSE coordinate system were surveyed by marking the IMF polarities in successive Carrington rotations. Then 16 current sheet pairs are selected. In applying the minimum-variance technique, our criteria is as follows: 1. Decide the start time and the end time of a sector boundary region which include all discontinuities. If the current sheet crossing takes more than three days we define it as an irregular structure. 2.

Calculate the maximum, medium and minimum variance directions of the IMF of selected interval. Theoretically the maximum variance direction lies along the spiral direction, the medium variance direction shows the current flow, and the minimum variance direction is the normal of the current sheet. Then we examine if the projections of the medium and the minimum variance directions onto the XY plane tend to lie in the same line. If not, we add two data points and make the calculation again until we find a best result. For the 32 current sheets there is only one case that the difference between the medium's and the minimum's projection onto the XY plane is 40 Degs. Usually the difference is within 20 Degs. From solar wind speed data observed by the Earth, we calculated the streaming angle and compared it with corresponding maximum variance direction. The agreement is very well. With the above method, we determined the current sheet inclinations and normals at the Venus and the Earth.

### Discussion

As the latitudes of the Venus and the Earth are a little different, we didn't expect the current sheet pairs have the identical orientation. But the result from minimum-variance analysis the current sheets at the Venus and the Earth tend to have the similar inclinations and normals. Rough comparisons were also made between the minimum-variance analysis and the source surface model result (Hoeksema et al, 1983), and good agreements were attained. From the above discussion we can further infer that: the solar wind dynamics and the heliospheric latitude around the solar equator has little effect on the orientation of the current sheet.

### References

- Sonnerup, B U.O. and Cahill, L.J.Jr., *JGR* 72, 171-183, 1967.  
Hoeksema, J.T., Wilcox, J.M., Scherrer, P.H., *JGR* 88, 9910-9918, 1983.

## Solar wind condition inferred from large-scale structure of plasma tail of Comet Hale-Bopp

°Y. Kozuka<sup>1</sup>, S. Abe<sup>1</sup>, M. Kojima<sup>1</sup>, H. Watanabe<sup>1</sup>,  
K. Tarusawa<sup>2</sup>, and T. Soyano<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University

<sup>2</sup>Kiso Observatory, Institute of Astronomy, The University of Tokyo

The study of disturbances of cometary plasma tail provides us valuable information on the solar wind and the heliosphere. Various structures in the plasma tail reflect the solar wind condition in the vicinity of the comet. Therefore the study of the plasma tail is also important for the study of the solar wind. Comet Hale-Bopp (1995O1), which is one of the largest comets in this century, approached the sun on April 1997. The plasma tail extending about  $30^\circ$  on the celestial sphere was observed near the perihelion. Since the inclination angle of this comet is  $89.4^\circ$ , the comet moved in the high-heliographic latitudinal region from February to March 1997. We observed Comet Hale-Bopp using the 105-cm Schmidt telescope at the Kiso Observatory of the University of Tokyo from March to April 1997. In this study we investigate the large-scale structures and changes of the plasma tail of Comet Hale-Bopp associated with the solar wind condition.

In our observation optical B-band plates were used. More than 50 images were obtained in the observation period. We measured optical densities of the plates using a microdensitometer at the Kiso Observatory. The image of the comet on the plate is projected on the celestial sphere. By assuming that the tail extended in the orbital plane, the image on the plate can be transformed into a spatial configuration of

the tail in the orbital plane. The large-scale structures of the tail are discussed on the basis of these modified image data.

During the observation period several characteristic structures, including many rays and wavy structures, were seen in the plasma tail while no remarkable disturbance occurred. Very long ray structures more than  $10^7$  km were frequently observed from March to April. These structures may be the result of the uniform solar wind from the sun's polar region. Figure 1 shows a modified image of Comet Hale-Bopp on April 10, 1997. The horizontal line indicates the sun-comet line, and the tilted line indicates the inferred direction of the main tail. An orientation angle of the tail was about  $10.3^\circ$ . At that period the orbital motion of the comet was nearly upper direction in the figure. The windsock model has been proposed by Brandt and Rothe (1976) for the orientation angle of the plasma tail from the anti-sunward direction. The solar wind speed obtained using this model is about 240 km/s. This speed is smaller than the normal solar wind. This suggests that the solar wind which passed near the comet was influenced by the cometary plasma over a wide range.

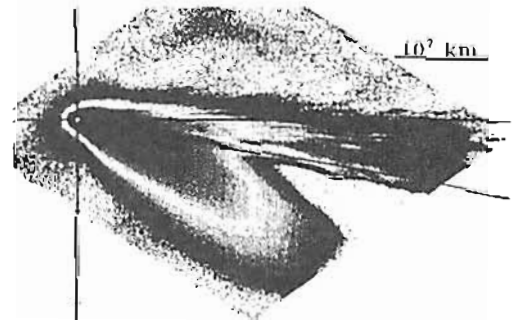


Figure 1. Modified image of Comet Hale-Bopp on April 10, 1997.

## C12-P159

### GEOTAIL 衛星搭載 LD 検出器による CIR 関連粒子の観測

○長谷 方道<sup>1</sup>, 桜町 扇樹<sup>1</sup>, 中里 博紀<sup>1</sup>, 原田 少典<sup>1</sup>  
長谷部 慎行<sup>2</sup>, 小林 正規<sup>3</sup>  
(<sup>1</sup>立教大学理学部, <sup>2</sup>愛媛大工学部, <sup>3</sup>早大理工総研)

#### Observation of Energetic Particles associated with CIR Event Particles with the LD detector onboard the GEOTAIL

○M. Nagatani<sup>1</sup>, T. Yanagimachi<sup>1</sup>, H. Nakazato<sup>1</sup>, A. Harada<sup>1</sup>, N. Hasebe<sup>1</sup>, M. Kobayashi<sup>1</sup>  
(<sup>1</sup>Rakkyo Univ., <sup>2</sup>Ehimo Univ., <sup>3</sup>Wasoda Univ.)

GEOTAIL HEP system is composed of five spectrometers observing High Energy Particles(HEP) with an energy range between 30 keV and 100 MeV for proton. This time, we use data of particles detected with the LD spectrometer, using the time-of-flight method in combination with Si detectors, which covers the lowest range from 30 keV to 1500 keV.

We have obtained the energy spectrum of HEP associated with 12 CIR events. Then they showed the tendency to transit from hard to soft spectrum. This work we discuss the acceleration mechanism and propagation of the CIR event particles.

注 GEOTAIL 衛星には高エネルギー粒子(HEP)を観測するための観測機器群が搭載されており、それらは観測可能なエネルギーレンジがそれぞれ異なっている。今回我々は、30keV~1500keV の HEP を観測可能な LD 検出器による観測データを解析した。LD 検出器は、Time of Flight と SSD によるエネルギー検出を組み合わせた TOP-Energy 法により、元素及びエネルギーの決定を行う。

#### 解析

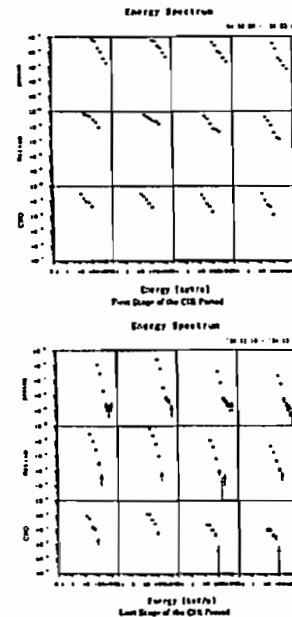
我々は 12 例の CIR イベント関連の粒子について解析を行い、そのエネルギースペクトルを求めた。それによると、スペクトルは初期から後期にかけて、

ハードからソフトへと変化する傾向を見せていた。

そこで今回我々は、CIR イベント関連粒子の加速機構・伝播に関する考察を行う。

#### 参考文献

Barnes, C. W. and J. A. Simpson, *Astrophys. J.* (1970) 210, L91.  
Richardson, I. G., and Zwickl, R. D., *Planet. Space. Sci.*, (1984) 32, 1179



## C12-P160

### 異方的ホールMHDにおいて定常回転不連続面は 存在するか?

\*寺沢 敏夫[1], Scholer M.[2], Jamitzky F.[2], Chanteur G.[3]  
[1] 東京大学地球惑星物理学教室  
[2] マックスプランク宇宙空間物理学研究所, ドイツ  
[3] 環境物理学研究所CNET, フランス

#### Do Steady Rotational Discontinuities exist in Anisotropic Hall MHD systems?

\*Toshio Terasawa[1], M. Scholer[2], F. Jamitzky[2], G. Chanteur[3]  
[1] Dept. Earth and Planetary Phys., U. of Tokyo  
[2] MPE Germany  
[3] CRPE CNET France

How to describe the internal structure of rotational discontinuities(RD) has been a target of extensive studies. In this paper, we treat the problem with the usual setup in one-dimensional steady anisotropic Hall MHD (namely, two-fluid MHD with massless electron approximation). We also take into account of the finite Larmor radius (FLR) effects of ions. We have obtained the following results: (1) there is no steady solution for RDs if the background plasma is isotropic. (2) For an anisotropic plasma, usual EOSs (equations of state) for plasmas are not consistent with the existence of steady RDs.

基本的な1次元MHD(電磁流体力学)においては回転不連続面(RD)は厚さ零の純然たる不連続面である。しかし、イオンの慣性長のスケールまで記述するホールMHDによればその内部構造が記述できるとの期待のもとで、多くの理論的考察(解析的、シミュレーション)がなされてきた。しかし得られた結果はばらついており、そもそも定常解が存在するのか、存在するとしてもその定常解は安定なのか、といった基本的な点で合意が得られていない。我々は基礎方程式に立ち戻り、RDの存在について再検討を行った。その結果、まず、(1)背景となるプラズマが等方的な場合には、イオンの有限ラーモア半径(FLR)効果を入れても定常RDは存在できないことを示した。次に、(2)異方性(電子、イオンとも)の存在を許して解析を拡張したが、通常知られているプラズマの状態方程式(EOS)によっては定常RDを組み立てることが出来ない、との結果を得た。(2)の結果は数学的にはまだ完全な存在の反証にはなっていないが、物理的に通常考えられる場合に

つについては定常RDの存在を否定するものになっている。現在、この結果と以前の他の結果との比較・検討を行っている最中であるが、例えば、RDが波束に分解するというシミュレーション結果はRDに伴う非線形不安定性の存在を示すのではなく、単に定常解の非存在を反映したものである可能性がある。

#### 参考文献:

Su and Sonnerup, PF 11, 851, 1968;  
Hudson, PSS 18, 1611, 1970; PSS 19, 1693, 1971;  
PSS 21, 475, 1973;  
Lee and Kan, JGR 87, 139, 1982;  
Swift and Lee, JGR 88, 111, 1983;  
Wang and Sonnerup, PF 27, 1640 and 2828, 1984;  
Richter and Scholer GRL 16, 1257, 1989;  
Goodrich and Cargill, GRL 18, 65, 1991;  
Wu and Hada, JGR 96, 3755, 1991;  
Hau and Sonnerup, JGR 96, 15767, 1991;  
Omid, GRL 19, 1335, 1992;  
Vasquez and Cargill, JGR 98, 1277, 1993;  
Krauss-Varban, JGR 98, 3907, 1993;  
Krauss-Varban, Karimabadi, and Omid, JGR 100, 11981, 1995;  
Karimabadi, Krauss-Varban, and Omid, GRL 22, 2989, 1995;

C会場

10月3日(金)

9:00~9:45

# 主磁場ダイナモ

**Dynamo**

oral: C21-01~03

座長 松島政貴 (東工大・理学部)

## C21-01 地球核内乱流の非等方性について

°松島政費 (東工大理)  
中島崇裕・P. H. Roberts (IGPP・UCLA)

### On the Anisotropy of Turbulence in the Earth's Core

°M. Matsushima<sup>1</sup>, T. Nakajima<sup>2</sup>, and P. H. Roberts<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dept. Earth & Planet. Sci., Tokyo Institute of Technology

<sup>2</sup>Inst. Geophys. Planet. Phys., UCLA

It is difficult to simulate an MHD dynamo in a rotating spherical shell, since the viscosity of fluid core is very small. The eddy viscosity is then employed for such numerical simulation. However, it is generally anisotropic; the influence of the Earth's rotation and of the magnetic field generated by the geodynamo makes turbulent motion highly anisotropic, and its influence on an MHD dynamo is unknown. We here examine the anisotropy of turbulence in the Earth's core.

#### 1. はじめに

地磁気成因を解明するために、回転球殻内の MHD ダイナモ数値計算が行われている。外核の粘性は非常に小さいので、非常に小さな Ekman 数、非常に大きな Reynolds 数に対する計算をしなければならない。そのような計算は困難なので、数値計算に使用されている格子では表現できないような小規模な流れの影響として渦粘性を取り入れて、大きな Ekman 数を用いた計算が行われている。しかしながら、一般に渦粘性は非等方的であり、MHD ダイナモの数値計算を行うときのその影響は全くわかっていない。本講演では、非等方性についての直接計算の結果の第一段階を報告する。

#### 2. 数値計算

強い磁場及び速い回転のもとでの非等方性を調べる。核内の小さな領域において、局所的デカルト座標系として  $z$  軸を回転軸方向に、そ

して  $y$  軸を与える磁場方向に取る。速度場  $V$ 、磁場  $B$ 、そして温度  $\theta$  を平均部分と小規模部分とに  $V = \bar{V} + v$  のように分離する。流体運動は、一様な平均温度勾配によって駆動されていると仮定する。また、境界条件は周期的なものとする。解くべき方程式を無次元化すると次のようになる。

$$\epsilon_\eta \frac{Dv}{Dt} = -\nabla\omega + \Lambda[(\hat{y} + b) \cdot \nabla]b - \hat{z} \times v + Ra\theta\hat{r} + \epsilon_\nu \nabla^2 v,$$

$$\frac{\partial b}{\partial t} = (\hat{y} \cdot \nabla)v + \nabla \times (v \times b) + \nabla^2 b,$$

$$\frac{D\theta}{Dt} = v_r + Pq\nabla^2\theta, \quad \nabla \cdot v = \nabla \cdot b = 0$$

ここで、 $\epsilon_\eta$  は磁気 Ekman 数、 $\Lambda$  は Elsasser 数、 $\epsilon_\nu$  は Ekman 数、 $Ra$  は Rayleigh 数、そして  $Pq$  は Roberts 数である。重力の方向は  $-\hat{r}$  であり、ここでは  $\hat{r} = \hat{z}$  と  $\hat{r} = \hat{x}$  の場合を調べた。

#### 3. 結果

予備計算として  $\epsilon_\eta = 10^{-2}$ 、 $\Lambda = 10$ 、 $\epsilon_\nu = 10^{-3}$ 、 $Ra = 2.5 Ra_{cr}$ 、 $Pq = 0.1$  を与えた。乱流的輸送として  $\theta v$  の空間平均  $\overline{\theta v}$  を調べる。 $\hat{r} = \hat{z}$  の場合の  $\overline{\theta v}$  の各成分の時間変化を Fig. 1 に示す。間欠的な変化を除けば、どの成分も同程度の大きさである。 $\hat{r} = \hat{x}$  の場合は  $\overline{\theta v_x}$  及び  $\overline{\theta v_y}$  が卓越する。

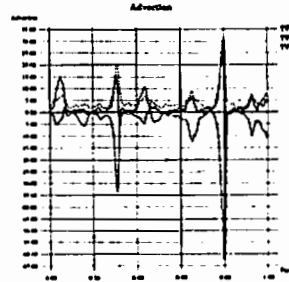


Fig. 1. Time evolution of  $\overline{\theta v}$ .

## C21-02

### 内核がダイナモに及ぼす影響について

°桜庭中・河野長 (東大・理・地球惑星物理)

### On the effect of the inner core to dynamo process

°Ataru Sakuraba and Masaru Kono

(Department of Earth and Planetary Physics, University of Tokyo)

We propose a simple model of dynamo driven by both secular cooling of the system and the heating on the inner core surface. This model accounts for the Earth's core in which the secular cooling of the core is a primary energy source in addition to the compositional buoyancy or the latent heat released from the inner core boundary. We report the results of numerical simulation and discuss the effect of the inner core to the geomagnetic field.

地球ダイナモは、数億年以上の長いタイムスケールでの地球の冷却の過程で生ずる、コア内の熱対流が駆動していると考えられるのが基本である。それに付け加えて、コアの冷却の過程で個々の内核ができ、その際、軽元素が外核に分配されることで内核の密度が大きくなり、その結果重力エネルギーが解放されること (Braginsky, 1963)、あるいは鉄が精品化する時に潜熱が解放されること (Verhoogen, 1961)、などの効果もある。

こうしたことを整理すれば、結局地球ダイナモを駆動するエネルギー源としては、一つはコア全体が冷却することによる寄与、も

う一つは内核表面で集中的に発生するエネルギーの寄与の二つがあると考えてよい。もっと単純化し熱源の分布と考えれば、一つはコア全体に一様な熱源が存在することからくる寄与、もう一つは内核表面にのみ熱源が存在することからくる寄与がある、といえる。

地球の内核が成長すると、この二つの熱源のうちどちらが主たる熱源であるのか、またどちらが効果的にダイナモを駆動するのか、という比率が変化するであろう。例えば内核がないときは、当然ながら一様に分布した熱源のみによってダイナモは駆動されるであろう。そして内核が十分な大きさになると、こんどは内核表面に分布した熱源が徐々に効果を発揮しだすであろう。

我々は以上のような状況を簡単にモデル化し、数値シミュレーションすることで、内核の成長が地球の磁場にどのような影響を及ぼすかを探ろうとしている。

現在我々は、三次元/球殻ダイナモのフルモデルを構築し、一つの例として、すべて一様に分布した熱源が対流を駆動する場合で球と球殻とを比較する計算を行い、その結果いくつかの興味深いことが明らかになりつつある。例えば以下のようなことである：

- 核-マントル境界からの総熱流量が同じであるにも関わらず、球殻ダイナモの方が、球のダイナモよりも強い磁場を生成した。
- 磁場の増幅は、エクマン境界層の中の強いシアーによっておもになされる。
- 球でそれほど強い磁場が維持されなかったのは、球は底の境界がなく、安定的に磁場が増幅されないためではないかと考えられる。

議論ではまずこの結果について報告する。また内核表面に集中的に分布する熱源を考えた場合の効果についても議論する。



行武 毅

### Growth rate of the Earth's Inner Core

Takesi Yukutake

It is widely believed that the core begins to solidify at the center of the Earth when the core, whose temperature is kept adiabatic by vigorous fluid convection, cools down to its melting temperature. Since the gradient is less steep of the adiabat than of the melting temperature, solidification starts from the center.

The melting temperature in the core have been estimated by extrapolating the data on iron acquired by high pressure experiments, and compared with the adiabatic temperature. It has been obtained that the melting gradient is steeper than the adiabat, but the difference is small. When the adiabatic temperature is taken equal to the melting one at the center of the Earth, the difference is only 42 K at the radial distance of the present-size inner core. This implies that the substantial part of the inner core can be formed immediately after initiation of its solidification.

Based on a parameterized convection model, the energy extracted through the core-mantle boundary by the mantle convection has been estimated to be as high as  $10^{13}$ W. In order for the core to supply this energy from the interior, the inner core is required to begin its solidification about 1.5 billion years ago. Initiation of the inner core solidification seems to be a rather recent event.

内核がどの程度の速度で成長してきたかはダイナモを駆動するエネルギーを議論する上で中心的課題である。しかし内核の固化がいつから始まったかについてはまだ多くの議論がある。

内核の固化は、核の冷却が進みその温度が融点まで低下したところで始まるとされている。液体核の内部では活発な対流運動のために断熱温度分布になっていると考えられるから、内核の成長を議論するにあたっては、断熱温度勾配と融点温度勾配とが基本的に重要な量となる。通常断熱温度勾配の方が融点温度勾配より緩やかであるため、断熱温度分布で冷却する液体核が最初に融点に達するのは地球中心部となり、内核の固化は中心から始まるとされている。

最近の高圧実験のデータをもとに地球中心部の融点を見積もり断熱温度分布と比較した。融点勾配の方が断熱勾配よりわずかに急であるが、その差は極めて小さい。地球中心で断熱温度と融点とを等しくすると、現在の内核半径の位置では両者の差は42Kと見積もられる。このことから現実の地球を考えると、内核の固化が始まって極めて短時間の間に現在の内核の大部分が固化したのではないかと想像される。

一方で、核からマントルへの熱輸送量がわかると内核の成長速度を推定することができる。パラメータマントル対流論によってマントル対流が核から奪う熱量を見積もると、 $10^{13}$ W という値が得られる。これだけの熱を核が供給するためには、内核が約15億年前に固化を始め急速に成長しているとすればよい。内核の固化の開始時期は比較的新しい可能性が高い。

C会場

10月3日(金)

9:45~12:00

# 電気伝導度

## Electric Conductivity

oral: C21-04~11

poster: C21-P101~P114

座長 高倉伸一 (地質調)



**C21-06** 北東太平洋北緯 25 度, 西経 138 度付近における MT 解析

○ 馬場聖至<sup>1</sup>, 島伸和<sup>1</sup>, Alan D. Chave<sup>2</sup>, Jean H. Filloux<sup>3</sup>  
 1. 千葉大学大学院自然科学研究科  
 2. Woods Hole 海洋研究所  
 3. Scripps 海洋研究所

**MT analysis in Northeast Pacific 25°N, 138°W**

○ Kiyosli Baba<sup>1</sup>, Nobukazu Senma<sup>1</sup>, Alan D. Chave<sup>2</sup>, Jean H. Filloux<sup>3</sup>  
 1. Graduate School of Science & Technology, Chiba University  
 2. Woods Hole Oceanographic Institution  
 3. Scripps Institution of Oceanography

We analyzed five MT data sets from the Northeast Pacific obtained from an Ocean Bottom Electrometer and Ocean Bottom Magnetometer array in 1980. It was found that the effects of galvanic distortion are small. The MT impedances from the southern part of the array seem to be affected by the Molokai fracture zone. The results of rho plus 1D inversion do not indicate 1D structure in this area.

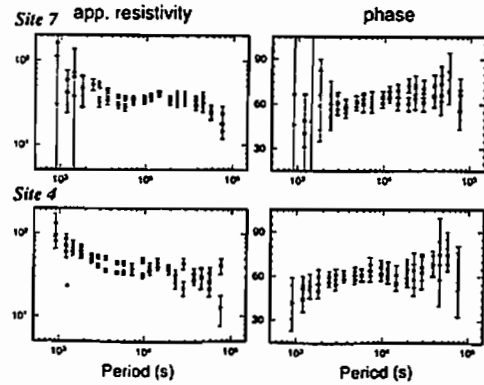
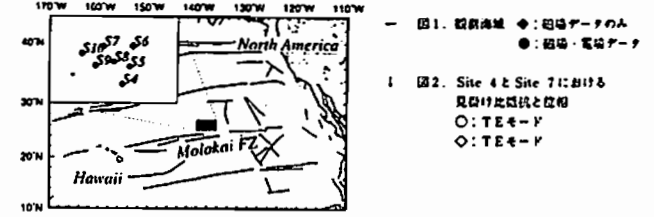
1980 年の 7 月から約半年間、北東太平洋北緯 25 度、西経 138 度付近において、海底磁力計・海底電位差計を用いた電磁場観測が行われた。この観測域は米国本土とハワイとの間に位置する年代 42 ~ 45Ma の太平洋プレート上で、Molokai fracture zone の北数十 ~ 百数十 km の範囲である (図 1)。合計 7 つの観測点が 50 ~ 100km 程度の間隔で 2 次元的なアレイを構成している。この内電場・磁場の水平成分のデータがそろって得られた 5 つの観測点について MT 解析を行った。

MT インバージョンは robust remote reference 法 (Chave et al.1987) を用いて求め、更に galvanic distortion decomposition を行った。その結果、distor-

tion の影響は小さく、resional azimuth は N20°W を示した。これは Molokai fracture zone の走向にはほぼ直交している。同時に計算された TE・TMモードの見掛け比抵抗と位相の例を図 2 に示す。fracture zone に近い観測点ほど、TE・TMモードの差が顕著になっている。

1次元の ρ + インバージョン (Parker and Booker.1996) を行った結果は、どの観測点においても一次元構造では説明不可能であることを示している。

現在は海底地形の影響をより詳細に検討するため、薄層モデルを用いた解析を行っているので、本講演ではその結果についても報告する予定である。



**C21-07** Induction Arrow を求めるための新しい方法: 適当な現象を如何に選ぶか

○ 渡辺 富也, 瀬戸 正弘(東北工大・通信), 湯元 清文(九大・理・地球惑星) 及び 210° 線地磁気観測グループ

A New Approach for Induction Arrow:  
How to Select Suitable Events

Tomiya WATANABE and Masahiro SETO (Communication Engineering Dept., Tohoku Inst. of Technology, Yagiyamakasumicho, Taihaku-ku, Sendai 982, Japan), Kiyofumi YUMOTO (Dept. of Earth and Planetary Sciences, Kyushu University, Hakozaki, Higashi-ku, Fukuoka, 812, Japan) and 210° Magnetic Meridian Network

EM induction is frequency dependent. Thus, the first step of our approach is to pick up a particular Fourier component from each of the three geomagnetic components:

$$H_x = a_x \cdot \cos(\omega t) + b_x \cdot \sin(\omega t) \quad (1.1)$$

$$H_y = a_y \cdot \cos(\omega t) + b_y \cdot \sin(\omega t) \quad (1.2)$$

$$H_z = a_z \cdot \cos(\omega t) + b_z \cdot \sin(\omega t) \quad (1.3)$$

Eliminating the cosine and sine functions from these equations, we have an equation of the following form,

$$H_z = A \cdot H_x + B \cdot H_y \quad (2)$$

The coefficients A and B, which are functions of  $a_x, b_x$  and so forth, enable us to draw an arrow, although it may or may not be an induction arrow. The problem is whether or not the above-mentioned approach reproduces a consistent result when applied to a number of events.

Fig.1 shows the outcome of our procedure applied to forty sets of data acquired at Adelaide, Australia. The time span of each data set is 1024 s, and the 32 s period components were picked up by Fourier analysis. The arrows run randomly in direction, although there is a certain degree of regularity with respect to shorter arrows. Now, the degree of regularity seems to depend on the following quantity:

$$\Delta = a_x \cdot b_y - a_y \cdot b_x \quad (3)$$

Fig. 2 displays the arrows under the condition that the above-mentioned quantity is 60% or more of the power of the horizontal components ( $H_x$  and  $H_y$ ). Also, a mathematical analysis shows that the arrows tend to be longer and random in direction if the quantity (3) is smaller.

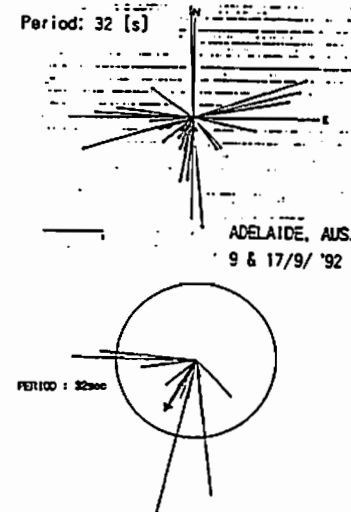


Fig.1. For all values of Δ. The arrows, especially longer ones, run in all directions.

Fig.2. Δ is at least 60% of the power of horizontal field,  $H_x$  and  $H_y$ . The arrows are confined in a limited cone angle. The thick arrow represents the average. The radius of the circle represents the unit length of the arrows.

地磁気変換関数を用いた galvanic distortion の補正法について  
 宗包 浩志・秋田 久司・磯山 恒彦  
 (東大地震研)

On the decomposition of galvanic distortion tensor using the magnetic transfer functions  
 Hiroshi Munekane, Hisashi Ueda, Tsunomi Kagiyama  
 (Earthq. Res. Inst., Univ. of Tokyo)

We have invented a new method to decompose galvanic distortion tensor using the magnetic transfer function.

The Groom and Bailey's decomposition method has been used on such purpose but it has a deficiency that we should assume background structure as 1D or 2D.

Our idea is to relate impedance tensors and magnetic transfer functions. Assuming the magnetic transfer functions are not distorted by galvanic effect, we can determine distortion tensor components to fit transfer functions estimated from impedance tensors to which are estimated directly from magnetic data.

地磁気地電流法(MT法)によって地下の比抵抗構造を推定する際に大きな障害になっているのが、表層付近の不均質によって電場がゆがめられその結果インピーダンステンソルが歪んでしまう、いわゆる galvanic distortion とよばれる現象である。

galvanic distortion を補正する手法として良く用いられるのが Groom and Bailey(1989)による decomposition 法であるが、この手法は background の比抵抗構造を1次元ないしは2次元であると仮定してしまう欠点がある。そこで今回はそのような仮定をおかずに galvanic distortion を補正する方法として、地磁気変換関数を用いた新しい手法を考案した。

background の滑らかな比抵抗構造に対するインピーダンステンソル Z に関して、これを Maxwell equation に代入することで以下の式を得る。

$$H_x = \frac{-1}{i\omega\mu} \left( \frac{\partial Z_{yz}}{\partial x} - \frac{\partial Z_{xz}}{\partial y} \right) H_y + \frac{-1}{i\omega\mu} \left( \frac{\partial Z_{yz}}{\partial x} - \frac{\partial Z_{yz}}{\partial y} \right) H_z \quad (1)$$

但し、磁場の水平成分の空間微分の項はおとしてある。  
 地磁気変換関数は、

$$H_z = AH_x + BH_y \quad (2)$$

で定義される。従って、地磁気変換関数とインピーダンステンソルとの間には次のような関係が成立している。

$$\frac{-1}{i\omega\mu} \left( \frac{\partial Z_{yz}}{\partial x} - \frac{\partial Z_{xz}}{\partial y} \right) = A \quad (3)$$

$$\frac{-1}{i\omega\mu} \left( \frac{\partial Z_{yz}}{\partial x} - \frac{\partial Z_{yz}}{\partial y} \right) = B \quad (4)$$

実際に観測されるインピーダンステンソルは、

$$Z_{distorted} = CZ \quad (Cは実数成分の2階のテンソル) \quad (5)$$

のように Galvanic distortion の影響を受けている。地磁気変換関数は Galvanic distortion の影響を受けにくいと考えられるので、実際の観測から得られたインピーダンステンソルが(3)、(4)を満たすように各観測点ごとに C の成分を決めることが出来る。

南九州における、MTアレー観測のデータについて周期 83 秒における地磁気変換関数と、インピーダンステンソルから計算した値との差の絶対値を計算したものが図1である。

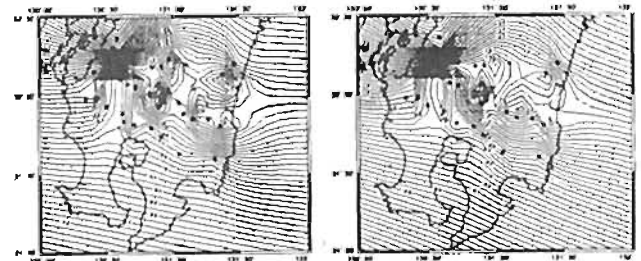


図1 磁場から求められた地磁気変換関数とインピーダンステンソルから求められたものとの差 (右:Hx,左:Hy)

広帯域MT法を用いた 深部地殻比抵抗構造の研究 -北海道東部地域について-

佐藤 秀幸・谷元 健剛・前田 寛浩・西田 泰典 (北大・理)・  
 高田 真秀・田村 慎 (北大・地震予知センター)・  
 小川 康雄 (地測)・長尾 年哉 (東海大・地震予知センター)

Study on deep crustal resistivity structure using wideband magnetotellurics -In the case of eastern part of Hokkaido region-

H Satoh, K Tamimoto, T Maeda, Y Nishida (Grad School of Science, Hokkaido Univ.),  
 M Takada, M Tamura (RCETP, Hokkaido Univ.), Y Ogawa (GSJ),  
 T Nagao (Univ. of Tokai)

We collected wideband(100Hz-0.001Hz) magnetotelluric data in the eastern part of Hokkaido. The MT stations were aligned in the NNW-SSE direction, which were almost perpendicular to the Kurile island arc. The impedance data were decomposed using Groom-Bailey method and were analyzed by 2-D inversion (Ogawa and Uchida, 1996). The main model features are: (1) a conductive layer distributes widely and thickly in shallow surveyed area, (2) conductive block is situated at lower crust beneath the backarc side. The former is interpreted as a Quaternary and Neogene tertiary sediments. The latter implied trapped free water and/or trapped sedimentary rocks with former tectonic movements.

深部地殻構造調査を目的として、北海道東部域において広帯域MT観測を行った。測線は千島弧をほぼ南北に取断する3測線と東西方向2測線であり(図1)、観測点数は48点である。このうち紅判測線(NJB-Line)での結果は、序報として西田ほか(1997)で報告した。その主な特徴は次のとおりであった。

(1) 調査地域全体にわたり浅部に低比抵抗層(数10Ω・m)が存在し、特に Site4,10(図2)ではもっとも厚い(層厚5~6km)。この低比抵抗層は新第三紀および第四紀の堆積層の分布域に対応している。(2) 測線南半分の上部から中部地殻には高比抵抗層(10000-1000Ω・m)が見られ、その上面深度は南から北に向かって深くなっている。この高比抵抗層は厚岸付近で露出している白亜紀の凝灰岩および火山岩類に対比できる。測線・厚岸付近の正の重力異常帯と高比抵

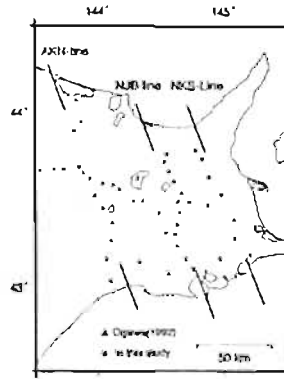


Fig 1 Location map of MT stations in the eastern part of Hokkaido region.

阻層とは同一物質に起因しているものと推定できる。(3) 下部地殻は上部地殻の比抵抗と比較すると全体的に低比抵抗を示し、特にこの傾向は火山フロントより内側では顕著である(40-50Ω・m)。

しかし、(3)については背弧側のデータのオリエンティが低く、低比抵抗層の存在は強く主張できなかった。そこで今回、背弧側のデータの再測定および観測点を追加するとともに再びモデリングを試みた(図2)。その結果、火山フロントより北側の下部地殻(深さ20~30km)には、はっきりとした低比抵抗層の存在を支持することができた。さらに、島弧の走向方向に対する東北も議論するために、本調査では阿寒測線(AKN-Line)と中標津測線(NKS-Line)の結果を報告する。

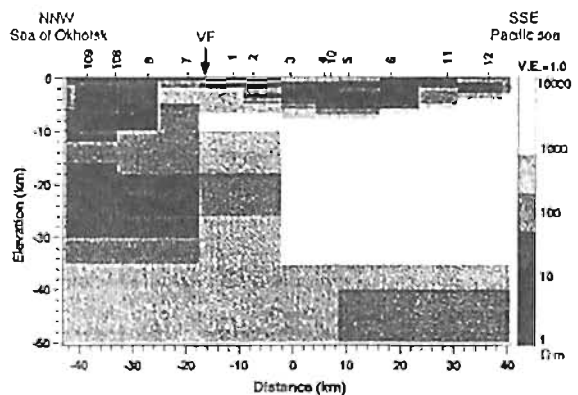


Fig 2 The 2-D resistivity model along the NJB-line. VF indicates the volcanic front.

## C21-10 アレイ式MT法から推定される上越地域の精密比抵抗構造

○高倉伸一<sup>1)</sup>・松尾公一<sup>2)</sup>

1)地質調査所, 2)石油公団

### Precise resistivity structure of the Joetsu area, Niigata, inferred from array magnetotelluric method

\*Shinichi Takakura<sup>1)</sup> and Koichi Matsuo<sup>2)</sup>

1) Geological Survey of Japan

2) Japan National Oil Corporation

It is necessary to investigate a deep detailed geologic structure for earthquake and volcanic eruption as well as hydrocarbon exploration. For this purpose we designed the array magnetotelluric (MT) method which arranges many measurement sites continuously along a survey line like the seismic method. An experiment of the array MT method was conducted in the Joetsu area, Niigata prefecture, where the geologic structure is complex due to faults, folds and active volcanoes. This paper describes the interpretation of the resistivity structure of this area and the effectiveness of the array MT method in the basis of the experiment result.

MT法は深部構造を定量的に把握する数少ない物理探査法であり、我が国には反射法地震探査の適用が難しい難地域が多いため、石油公団石油開発技術センターでは石油探査に適用するMT法の研究開発が実施されている。MT法の問題点として、反射法地震探査より精度や分解能が格段に劣るといことがあげられる。そこで、我々はMT法の高精度・高分解能化を目指し、測点を反射法のように測線に沿って

連続に配置するアレイ式MT法の研究を進め、その実証試験を新潟県上越地域で実施した(高倉ほか,1995)。その結果、アレイ式MT法の特長は高密度・多点・同時測定にあり、分解能や精度が従来のMT法より優れていることが確認された。

ところで、地震活動や火山噴火のメカニズムを解明するためには精密な深部地下構造を把握することが重要であるので、地震予知や火山噴火予知などの防災分野でもアレイ式MT法の適用が有効と考えられる。たとえば、Unsworth et al.(1997)はサンアンドレアス断層でアレイ式MT法のようなMT法測定を実施し、断層周辺の地質構造の様子を詳細に推定し、地震活動のメカニズムについて議論している。しかし、我が国の防災分野でアレイ式MT法測定が適用された例はほとんど見当たらない。この一因として、アレイ式MT法に関する知識や経験が不十分であることがあげられる。

我々がアレイ式MT法の実験を実施した上越地域は、断層、褶曲、火山活動の影響を受けている場所であることから、いろいろな地質構造に対するアレイ式MT法の能力の評価に適したフィールドであった。その評価については高倉ほか(1995)で実施したが、議論の対象が新第三系の堆積層に偏っていることは否めない。そこで、今回、上越地域のアレイ式MT法データの見直しを行い、様々な地質構造に関するデータに基づき当該地域の比抵抗構造に新たな解釈を加えらるとともに、精密な深部比抵抗構造の把握に対するアレイ式MT法の再評価を行った。本発表では、その結果について報告する。

#### 参考文献

高倉伸一・松尾公一・岸本宗丸(1995): 物理探査, 48, 356-371.  
Unsworth, M.J. et al.(1997): Geology, 25, 359-362.

## C21-11 三宅島の地下比抵抗構造

関口航(地震研), 笹井洋一(地震研), J.ZLOTNICKI(LGO)

### Conductivity Structure beneath Miyake-jima Island W.SEKIGUCHI(ERI), Y.SASAI(ERI), J.ZLOTNICKI(LGO)

The conductivity structure of the deeper part in Miyake-jima Island is estimated by 3-D thin sheet modeling. In this analysis, the results of 1-D inversion for the shallow part by AMT observations at 70 points are also taken into consideration.

三宅島深部の地下比抵抗構造を3次元薄層モデリングにより推定する。その際に、今年の5月から島内の約70箇所において行われたAMT観測による、三宅島浅部の比抵抗構造の1次元インバージョンの解析結果も参照する。

三宅島における地磁気連続観測は1995年10月から始まり、現在はプロトン磁力計8台とMT観測器一台、自然電位計2台により行われている。前回までの解析では柿岡、八丈島両地磁気観測所で行われている地磁気観測データの水平成分を用いて三宅島における伝達関数とインダクションベクトルを計算した。その結果、周期8分以下の地磁気変化に顕著な離島効果が見られた。

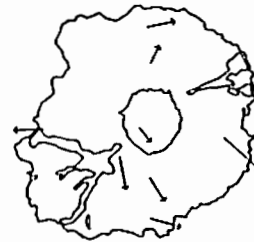
今回はAMT観測により明らかになりつつある、三宅島の海水面付近の比抵抗構造の空間的不均質が離島効果にどの程度の影響を与えているのかも、薄層モデルにより比較的短周期の領域を計算することにより同時に

推定する。

下図: 三宅島各観測点でのプロトン磁力計のデータと柿岡地磁気観測所で観測された地磁気水平成分を用いて計算したインダクションベクトル。

4min

8min



16min

64min



# MHDダイナモシミュレーション における磁場エネルギーの時間変動

○ 松井 宏晃・大冢 寛  
(東北大学大学院 理学研究科)

## Oscillation of Magnetic Energy in Numerical simulation of MHD Dynamo

○ Hiroaki Matsui and Hiroshi Oya  
(Graduate school of Science, Tohoku University)

A Numerical simulation of the dynamo processes in the MHD regime has been made for the rotating spherical shell model with thermal convection. The result of the simulation shows that time evolution of magnetic energy in the shell indicate clear periodicity. To clarify whether the oscillation are caused by the numerical mechanism or the result of the real physics of interaction between magnetic field and velocity field, dynamic spectra of kinetic and magnetic energy are obtained in the shell. In the dynamic spectra of poloidal magnetic energy of axial dipole component, the peak which shows the oscillation of the energy varies with the time. The results then still suggest no clear physics back ground, it is then required to pursue the perturbation analyses to corresponding nonlinear stages to clarify the origin of the pure oscillation.

### 1.はじめに

地球の磁場成因の基本過程であるダイナモ作用を解明するため、地球の外核を3次元の回転球殻としてモデル化し、熱対流の条件下でMHDシミュレーションを実施した。その結果、球殻内の磁場のエネルギーの時間変化に周期的な強度変化が見られた(図下段)。この強度変化が、数値シミュレーションによるものか、磁場と速度場の構造によって物理的に現れる現象であるかを、確認するために、速度場及び磁場のエネルギーの時系列の変動周期の解析を行った。

### 2.解析方法

シミュレーションによって得られた球殻内の磁場及び速度場のエネルギーの時系列に対し、球面調和関数のモードごとに、熱拡散時間によって規格化した時間で0.5毎に2.048の長さをとってFFTを行い、その時間におけるエネルギーの時間変動のダイナミクスベクトルを得る。

### 3.結果

ホロイダル磁場の $Y_1^0$ のモードのエネルギーの解析結果(図)では、エネルギーの正弦波状の振動を示すピークがダイナミクスベクトル上に明確に見られる。また、このピークは時間とともに変化していることが見られた。これらの周期と、対流構造の精度方向への移動に伴う周期とを比較した場合、両者の周期は一致していない事が明らかとなった。この原因が数値シミュレーションによる数値不安定によるか否かは、各時点で摂動法によって系の安定性を検討する必要がある。

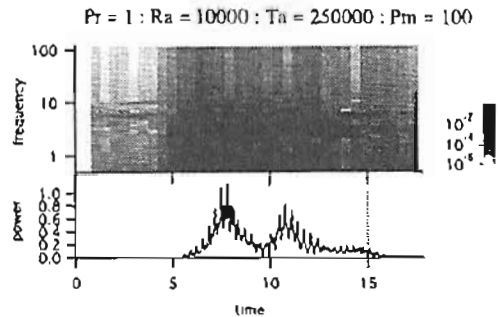


図 球殻内のポロイダル磁場の $Y_1^0$ 成分のエネルギーの変動  
上: ダイナミクスベクトル  
下: 時間変化

# 1 時間値を用いた 1991 年の Geomagnetic Jerk 現象の解析

○ 長尾大道<sup>1</sup> 家森俊彦<sup>2</sup>

- 1 京都大学理学研究科
- 2 京都大学理学部附属 地磁気世界資料解析センター

## An Analysis of the Geomagnetic Jerk in 1991 by Using the Hourly Values

H. Nagao<sup>1</sup> T. Iyemori<sup>2</sup>

- 1 Department of Geophysics, Kyoto University
- 2 World Data Center C2 for Geomagnetism, Kyoto University

It is well-known that the geomagnetic jerks, which are sudden changes of the geomagnetic field occurred around Europe and North America in 1969 and 1978, and recently Macmillan [1996] reported a new jerk occurred in 1991 around Europe.

Here we present the results of our analysis and the global distribution of the jerk of 1991 obtained by using the hourly values of quiet days.

地磁気永年変化の加速度の急激な変化である geomagnetic jerk 現象は、IGY 以降では 1969 年および 1978 年に、ヨーロッパおよび北アメリカを中心に行っていることがよく知られているが、最近 Macmillan [1996] により、1991 年にも新しい jerk 現象がやはりヨーロッパで起きていることが報告された。jerk 現象については、その分布 (global or local) および起源 (internal or external) については、未解決のままである。

jerk 現象を解析する際のデータとしては、これまで主に年平均値あるいはせいぜい月平均値が用いられてきたが、これらのデータで解析すると太陽活動の 11 年周期の影響が谷まれ、これは静穏時の夜中の 1 時間値をデータに

用いることにより除去できることを前回の学会で示した。今回は最新の磁場データを追加し、1991 年の jerk 現象について解析した結果を報告する。

Figure 1 は、ドイツの Niemeck 観測所および日本の柿岡観測所における地磁気永年変化 (東向き成分) の 1 階微分値である。Niemeck では 1969 年、1978 年、および 1991 年に jerk 現象が起きていることがはっきりと見られるのに対し、柿岡では 1969 年および 1978 年には弱い jerk 現象が見られるものの、1991 年についてはほとんど見られないことが分かる。

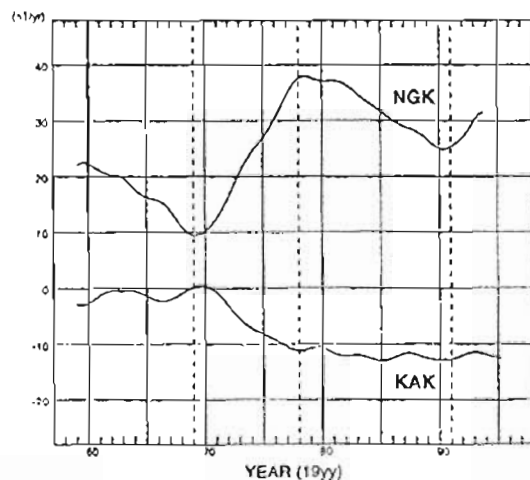


Figure 1 Niemeck (ドイツ) および柿岡における地磁気月平均値の時系列データ (東向き成分) の 1 階微分値。破線はヨーロッパで jerk 現象が起こったとされる年 (1969 年、1978 年、および 1991 年) を示している。

惑星探査を目的とした  
3D-Induction simulator の開発大志万直人<sup>○</sup> (京都大学防災研究所)Development of 3D Induction simulator for modeling of  
conductivity distribution inside planets

N.Oshiman

Disaster Prevention Research Institute, Kyoto Univ.

We started to develop an 3D Induction simulator aiming at numerical experiments for planet explore on the basis of a vector potential of a magnetic field. In the case of  $\sigma(r) \neq \text{const.}$ , Coulomb gauge is used. We, however, develop a simulator based on BEM and Lorentz gauge which is defined inside individual conductive region of  $\sigma = \text{const.}$ .

1980年代に入り、AB効果の実験的検証が行なわれ、ベクトルポテンシャルの実在性が確認された。時を同じくし、電磁気モデルの数値シミュレータとして、ベクトルポテンシャルを用いた解法についての研究が活発化して来ている(例えば、Pillsbury(1983)など)。地球電磁気学の分野でも、例えば、Everett and Shultz(1996)のように、ベクトルポテンシャルを用いたインダクション数値シミュレータの開発が行なわれつつある。

ベクトルポテンシャルの解法には、大きく分けて2つの道筋がある。それは、良く知られているように、Lorentz gauge を用いるものと、Coulomb gauge を用いるものである。一般的に言えば、電気伝導度が領域内で一定であるような問題に対しては、Lorentz gauge が、また、内部で電気伝導度に変化しているような問題に対しては、Coulomb gauge が用いられる。地球電磁気学が対象にする問題では、 $\sigma = \text{const.}$  でなく  $\sigma(r)$  であることから、Coulomb gauge を用いることになる。例えば、Everett and Shultz(1996)でもCoulomb gauge が用いられている。た

だし、彼らは、軸対称の問題を扱ったので、最終的には、方程式系は、Lorentz gauge 的な形になっている。

しかし考えてみれば、我々が扱うモデルの多くは、 $\sigma(r) = \text{const.}$  でよい場合がほとんどである。つまり、多くの分割され、その内部では、 $\sigma(r) = \text{const.}$  であるブロックの集合体から成るモデルを扱うことがほとんどである。このような場合のみを考えるなら、細分化された  $\sigma(r) = \text{const.}$  の内部では、Lorentz gauge を採用したほうが、方程式系を単純化できる。

そこで、ここでは、発想の逆転という事で、Lorentz gauge と境界要素法を用いた、シミュレータの開発を行なう。開発の目的は、直接的には、惑星探査により、電気伝導度構造を求めるためのミッション計画作成の基とするためである。しかし一方で、Everett and Shultz(1996)でも述べられているように、3Dシミュレータ開発の困難さは、そのシミュレータが正しい解を出しているかどうかのチェックである。これは、もちろん、彼らも行なっているように、解析解などの別の解法で求められた解との比較により行なわれることになるが、独立に開発された数値シミュレータ同士での解の比較でも、ある程度解のチェックを行なうと信じられる。その意味でも、独立に数値シミュレータを開発する意義はあるものと考えられる。

## MT法から求めた有珠火山の深部比抵抗構造

\*小川 稔<sup>[1]</sup>, 松島 喜雄<sup>[1]</sup>, 高倉 伸一<sup>[1]</sup>, 東宮 昭彦<sup>[1]</sup>  
宇津木 充<sup>[2]</sup>, 田村 慎<sup>[2]</sup>, 佐藤 秀幸<sup>[2]</sup>, 西田 泰典<sup>[2]</sup>  
[1] 地質調査所  
[2] 北海道大学理学部

Deep Resistivity Structure of Usu Volcano by  
Magnetotelluric Method

\*Yasuo Ogawa<sup>[1]</sup>, Nobuo Matsushima<sup>[1]</sup>, Shinichi Takakura<sup>[1]</sup>  
Akihiko Tomiya<sup>[1]</sup>, Mitsuru Utsugi<sup>[2]</sup>, Makoto Tamura<sup>[2]</sup>  
Hideyuki Sato<sup>[2]</sup>, Yasunori Nishida<sup>[2]</sup>  
[1] Geological Survey of Japan  
[2] Hokkaido Univ., Dept. of Science

In June 1997, we carried out magnetotelluric measurements across Usu volcano, Hokkaido, Japan. We had 7 sites in a SW-NE profile. We adopted a coordinate frame of N45°W and decomposed tensor impedances into regional and local parts. The decomposed data was then inverted by a two-dimensional modeling code (Ogawa & Uchida, 1996). The older AMT dataset (1996) was also jointly inverted. The final model is characterized by the following features. (1) The wide-spread conductor (Tertiary sedimentary layer) is underlain by a resistive layer (Pre-Tertiary formation) at 2 km below sea level. (2) Further below is a NE shallowing mid-crustal conductor, representing regional geotherm. (3) Beneath the crater of the Usu volcano, the conductive region extends to 5 km depth, which implies Tomiya (1995)'s magma body.

有珠山の山体構造を解明するために、昨年のAMT法を用いた電磁探査に引き続き、1997年6月にMT法探査を実施した。測点は、山体を北東から南西に横切る測線上の7点である。それらは全てAMTの測点と重複している。昨年の探査では、10kHz~1Hzの周波数領域で、海拔-300m程度(火口原では地表から約700mの深度)までの比抵抗断面を得ることができた。今回の周波数領域はおよそ100~0.01Hzを連続的にカバーするため、より深部の構造を得ることが期待された。

得られたデータから2次元構造を求めるため、昨年同様N45°Wの走向に固定してテンソル分解し局所的な3次元構造による歪みを取り除いた。さらに、static shiftを

取り除くため、それ自体をモデルパラメータとする2次元インバージョン (Ogawa and Uchida, 1996) を用いて比抵抗構造を求めた。

地表付近の1k~10k Ω・mの外輪山溶岩の下部には、100 Ω・m程度の更新統をはさんで1~数10 Ω・mの新第三系が広く分布するが、低比抵抗の下限は海拔下2 km程度であることが今回の結果から分かる。その下部の1k Ω・m前後の高比抵抗層は先第三系であろう。測線の南西側(噴火湾側)では、新第三系が厚くなる傾向にある。また、有珠山火口原直下では、100 Ω・mの比抵抗を示す領域が海拔下5 km付近まで延びており、周辺の高比抵抗層と強いコントラストを示している。実験岩石学から海拔下4 km以深にマグマ溜が想定されている(東宮, 1995)ことを考えると極めて興味深い。また、地殻中深部には、北東側に向けて浅くなる低比抵抗層が検出され、広域的な熱構造を反映している可能性がある。



# C21-P105

## 根尾谷断層水鳥地域の比抵抗構造

—CSAMT法による探査—

池田隆司・飯尾能久・小村健太郎 (防災科学技術研究所)  
松田剛一・礪池晃・上原大二郎 (住友コンサルタント㈱)

Specific resistance structure in Midori region of Neodani Fault  
- exploration by CSAMT method -

Ryuji Ikeda, Yoshihisa Iin, Kentaro Omura (NIED)  
Yoichi Matsuda, Akira Kikuchi, Daijiro Uehara  
(Sumitko Consultants Co., Ltd.)

Specific resistance structure was investigated by CSAMT (Controlled Source Audiofrequency Magnetotelluric) method in Midori region of Neodani Fault, Neo village, Gifu prefecture. We compared the results with the physical logging data acquired from boreholes (one is inclined 350m and the other is near vertical 1400 m depth) drilled in the exploration area and examined the correlation between the specific resistance structure and the fault fracture zone

### ◎はじめに

岐阜県根尾村水鳥地区の根尾谷断層周辺で人工電磁波源地磁気地電流 (CSAMT, Controlled Source Audiofrequency Magnetotelluric) 法により比抵抗構造探査を行った。その結果と区域内で掘削したボーリング孔 (350m 傾斜井と 1400 m 井) で実施した物理検層結果と比較し、断層周辺の比抵抗構造と断層破砕帯との関連を解析した。

### ◎結果

図 1 に示すように探査は水鳥断層を中心にボーリング地点を含む約 1km 四方で 8 測線、70 点で行った。ノイズの影響は予想より小さく再現性のある比較的品質よいデータを取得できた。図 2 に測線 300 について 2 次元解析した結果を示す。MT 法 2 次元 (バーンズ解析プログラム「EL2MT」(Sasaki, 1989)) により、10 周波数 (1024, 512, 256, 64, 32, 16, 8, 4, 2Hz) で見かけ比抵抗値を用いて解析した。他の測線もあわせてみると西側水鳥断層と東側根尾谷断層部全体が 100 Ω m 以下の低比抵抗になり、その南西側が 100 Ω m 以上の高比抵抗となる傾向がみられる。細かく見ると両断層間の浅部に 100 Ω m 以上の高比抵抗がはさまれていて両断層を区分できるとも見える。探査区域内の 350m 傾斜ボーリング孔で実施された電気検層結果には岩石コアの破砕、断層粘土帯に対応して低比抵抗帯が確認された。これはボーリング孔に近い測線の 2 次元解析結果と位置、値とも整合していた。一方、1400m 孔では断層面に相当する深度で 50 Ω m 以下の低比抵抗帯が確認できたが電磁気探査ではこれ程の低比抵抗は捉えられなかった。今回の CSAMT 探査では深度 1000m 以上の深部での分解能が十分でない可能性を考慮すると、少なくとも浅部では岩石コアで確認されるような断層運動に伴う破砕、断層粘土帯が電磁探査で捉えられた低比抵抗をもたらしたと考えられる。

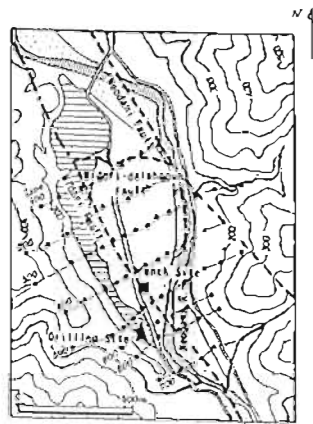


図 1 岐阜県根尾村水鳥地区での CSAMT 法探査測線、測定点、掘削地点

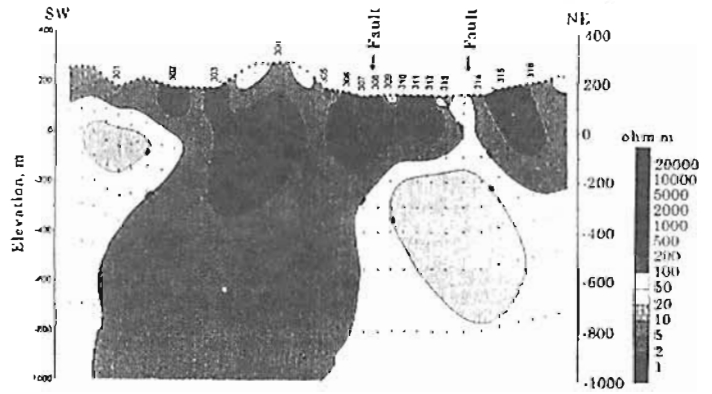


図 2 測線 300 に沿った 2 次元解析結果

# C21-P106

## 野島断層周辺における

hole-to-surface dipole mapping 探査 (序)

榎野 豊・山口 寛 (神戸大研)

大志万 直人・住友 則彦 (京大防災研)・村上 英記 (高知大研)

Hole-to-surface dipole mapping survey  
around the Nojima fault (1)

Y. Makino, S. Yamaguchi (Kobe Univ.),

N. Oshiman, N. Sumitomo (DPRJ), H. Murakami (Kochi Univ.)

We carried out a hole-to-surface dipole mapping survey around the Nojima faults in Awaji islands, Hyogo Prefecture. Two faults are recognized in our survey area, Ogura region. One (the Nojima earthquake fault) appeared with the Southern Hyogo Prefecture Earthquake and the other (the Nojima fault) is recognized as a geologic boundary before then. We observed a distribution of electric field intensity made by subsurface source dipoles at 49 points. The electric field intensity becomes low in the west side of the Nojima earthquake fault. However, clear change is not found at the Nojima fault.

### はじめに

1995 年 1 月 17 日に起こった兵庫県南部地震 ( $M=7.2$ ) に伴って、淡路島北西部の海岸沿いに地震断層が地表に出現した。この地震断層は、その南部において、以前より花崗岩と大飯群の境界として認識されていたもの (以下: 野島断層) とは分岐している。本研究では、断層解剖計画の一環として、これらの断層の地下形状を明らかにすることを目的に、ダイポール・マッピング法による地下電気伝導度構造探査を行った。

### 観測

観測は、野島地震断層と野島断層が存在する小倉地区周辺で行った。この地域には、深度約 500m の観測孔が掘削されている。この孔内と地表には電極が 5ヶ所設置されている。このうち、深度 492m と 378m・492m と地表の 2 対の電極を電流源として、合計 49 の観測点でその信号強度の観測を行った。

### 観測結果

信号強度は、地震断層を境にして西側で著しく小さくなっていることがわかる。これは、この断層を境に電気伝導度が大きく変化していることを示唆する。しかし、地質境界である野島断層では、信号強度に違いは認められなかった (Fig. 1)。

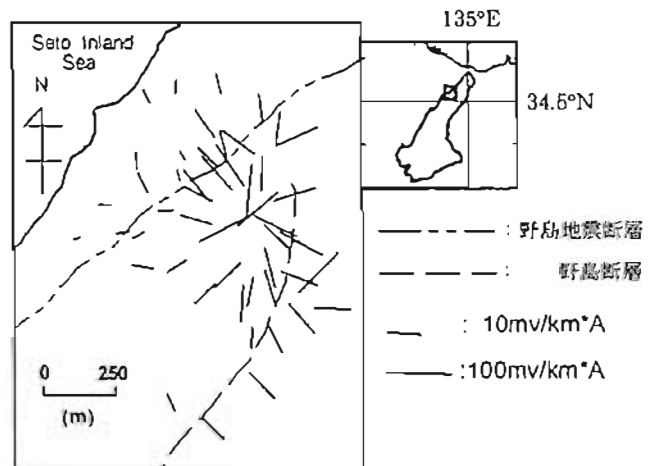


Fig.1 地下電極を用いた観測結果

## C21-P107

### 韓国済州島におけるMT探査

\*茂木 透[1],中田 正夫[2],生駒 良友[2],関 庚徳[3],鄭 承恒[4]  
下泉 政志[5],湯元 清文[2]  
[1]九州大学工学部  
[2]九州大学理学部  
[3]延世大学理学部  
[4]韓国地質鉱業材料研究所  
[5]北九州職業能力開発短大

### MT survey in Jeju Island, Korea

\*Tohru Mogi[1],Masao Nakada[2],Yoshitomo Ikoma[2],Kyung Duck Min[3]  
Seung Hwan Chung[4],Masashi Shimoizumi[5],Kiyohumi Yumoto[2]  
[1] Faculty of Engineering, Kyushu University  
[2] Faculty of Science, Kyushu University  
[3] School of Science, Yonsei University  
[4] Korean Institute of Geology, Mining and Materials  
[5] Kitakyushu Polytechnic College

Basaltic eruption originating from deep within the mantle have occurred in the Cenozoic time over Northwest Kyushu, Korea, northern China and Mongolia. Jeju island is situated at center of the area and basaltic rock is distributing over the island. We carried out MT survey at Jeju Island to clarify the extent of the high conductive structure in the lower crust and upper mantle. The observation was conducted at the east and west of the island, over 45 days, and covered frequency range at 7E-4 to 512Hz. The results showed that the lower crust and upper mantle beneath the island is conductive and the western part is relatively conductive than the eastern part. This means that the center of mantle upwelling exists at the west off the island.

西九州地域から韓半島、中国東北部、モンゴルにかけては点々と新生代の玄武岩の分布が見られる。このような地域の玄武岩は、マントルから直接物質が供給されたものと考えられており、このような地域にはマントルアップウェリングに伴うと考えられる種々の地学現象が見られる。たとえば、それにより下部地殻の粘性が低下し流動することにより、広範囲の堆積盆地が生じていると考えられている(Nakada et al.,1997)。

済州島はこのような玄武岩分布地域の中央部にあり、島中央にあ

るハルラ山を噴出の中心として、全島に玄武岩が分布している。玄武岩の噴出は鮮新世末または第四紀初期より現世までにわたっている。九州西部地域でのインダクションベクトルは、海の影響を差し引いても西方を向き、九州西方海上の深部に高電気伝導度構造が存在する可能性がある。このような上部マントルないし下部地殻での高電気伝導度構造が済州島付近にも存在する可能性を検討するためにMT探査をおこなった。

観測は、済州島東部と西部の2地点で45日間にわたって行った。テラテクニカ製U30探査器を用いて15000~20sec.までの周期を記録した。また、千葉電子製AMT探査器を用いて、4~512Hz周波数範囲の記録も取得した。

その結果によると、西部地域では下部地殻以下の電気伝導度が大きく、この地域の下部地殻ないし上部マントルには部分溶融が存在している可能性が考えられる。このような地殻、マントル構造が現在にわたる玄武岩の噴出を支えて来たものと考えられる。東部地域はそれに比べ、やや大きいようであるが、このことは済州島の西側の黄海下にマントルアップウェリングの中心があることを推測させる。インダクションベクトルは南方を向くが大きさは小さい。このことはこの地域が広域的な高電気伝導構造上に位置していることを示唆している。

### (参考文献)

Nakada,M. et al.(1997)EPSL, 146,415-429.  
李文遠(1982) 岩鉱, 77,55-64.  
Shimoizumi,M. et al.(1997)GRL, 24,1551-1554.

## C21-P108

### 海底同軸ケーブルを用いた地電位差観測から推定される九州北西海底下の電気伝導度構造

\*下泉 政志[1],田中 良和[2],大羽 成征[2],歌田 久司[3]  
濱野 洋三[4]  
[1]北九州職業能力開発短期大学校  
[2]京都大学 理学部  
[3]東京大学 地震研究所  
[4]東京大学 理学部

### Electrical conductivity structure beneath the Northwestern Sea of Kyushu,Japan

\*Masashi Shimoizumi [1],Yoshikazu Tanaka[2],Shigeyuki Ooba[2]  
Hisashi Utada[3],Yoza Hamano[4]  
[1] Kitakyushu Polytechnic College  
[2] Faculty of Science, Kyoto Univ.  
[3] Earthquake Research Institute, Univ. of Tokyo  
[4] Dept. of Earth & Planet. Physics, Univ. of Tokyo

Using the electrical voltage difference measurements between Kyushu Island and islands off Kyushu (Fukue, Iki, Tsushima island), existence of electrically high conducting layers beneath the western sea of Kyushu which has been suggested by geomagnetic analysis will be checked. Preliminary results between Nagasaki and Fukue support the existence of deep highly conducting layer.

我々は、九州島および周辺離島における電磁気観測を行い、その解析結果から島原半島下から西方の東シナ海の海底下に延びる高電気伝導度層が存在する可能性を指摘し、ホットスポット型の玄武岩が九州北西部(五島列島、島原、松浦、壱岐島など)に分布することなどから、その存在が推定されるマントル・アップウェリング(Nakada et al.,1997)とこの高電気伝導度層の関連を議論した(Shimoizumi et al.,1997)。

この結果をさらに確認するためには、水深数100m程度の浅海における観測が必要であるが、現時点では浅海底における観測の技術的な問題のため実施する事はできない。が、NTTのご厚意により、長崎-五島(福江島)間に敷設されている海底同軸ケーブルを地電位差測定に利用することができるようになり、1996年4月から測定を開始し、1996年12月からは福岡(前原)-壱岐(芦辺)間のデータを得ている(Tanaka et al.,1997)。さらに、本年7月からは、壱岐(芦辺)-対馬(脚見浦)

間約80kmのケーブルを用いた観測も開始した。測定はシーアースされた一端と、他端のシーアース間の電位を電位差計(横河電機7561マルチメータ:分解能0.1mV)で計測し、1秒値を記録している。

今回は、これらの地電位差データと陸上(鹿屋、久住)で観測された水平磁場2成分を用いてMT伝達関数を求め、浅海下の1次元電気伝導度構造を推定し、前記の高電気伝導度層の存在を支持する結果が得られるかどうかを確認する。解析手法は、Fujii(1995)と基本的には同じであり、測定された海底下の地電位と地上での磁場の比から得られるインピーダンスを推定し、これから求まる見かけ比抵抗と位相差を応答関数として構造解析を行う。

長崎-五島間の電位差を用いた結果では、周期数100秒以上において0.1S/m程度以上のみかけ電気伝導度を得られており、従来の結果と調和的である。講演時には、福岡-壱岐間、壱岐-対馬間の解析結果、さらに、取得データをチェックする為に、本年行った海底同軸ケーブル自体の伝達特性調査の結果についても報告する。

### 参考文献

M.Nakada et al.,Earth Planet. Sci. Lett.,146,415-429,1997  
M.Shimoizumi et al.,GRL,24,1551-1554,1997  
Y.Tanaka et al.,International Workshop on Scientific Use of Submarine Cables; Extended Abstract,46-49,1997  
I.Fujii, Ph.D Thesis of the University of Tokyo,1995

## C21-P109 中国地方におけるネットワークMT観測

嶋崎一郎・山口真広・西垣俊宏(鳥取大工), 村上英紀(高知大理), 大志万真人・住友剛彦(京都大防災研), 山口寛(神戸大理), 上崎誠・歌田久司(東京大防災研)

Network MT Investigation in the Chugoku District, Southwestern Honshu, Japan  
 Pt. Shiozaki, T. Yamaguchi, T. Nishigaki<sup>1</sup>, H. Murakami<sup>2</sup>, N. Oshiman,  
 N. Sumitomo<sup>3</sup>, S. Yamaguchi<sup>4</sup>, M. Uyeshima, H. Ueda<sup>5</sup>  
 1) Tottori Univ. 2) Kochi Univ. 3) Kyoto Univ. 4) Kobe Univ. 5) Univ. Tokyo

Network MT observations were carried out in the Chugoku district in order to obtain the resistivity structure beneath the southwestern Japan arc. The electric field variations between totally 70 dipoles were measured and the magnetic field data at Kakioka Geomagnetic Observatory were used to derive the MT impedances. The spatial distribution of the apparent resistivity and phase values have been determined at 16 triangular sections in the San'in area, north part of the Chugoku district, where the effect of artificial noises caused by electrical railways can be neglected. The spatial distribution of the apparent resistivity values show the following two points. (1) Apparent resistivity of paxy is higher than that of paxy. (2) There is a resistivity boundary along the line SKN-TTR-GMU.

### 1.はじめに

現在、第7次地震予知計画の一環として、日本列島下の大域的な電気伝導度構造を決定するために全国規模でのネットワークMT観測が実施されている。西日本に関して、既に、南は高知県東部地域から中国山地を越え北は鳥取県に至る鳥取を横切る断面を得るべく観測が行われた。本講演では、中国地方におけるネットワークMT観測の概要を報告する。

### 2.観測概要

中国地方のネットワークMT観測点分布図を図1に示す。中国地方における各ネットワークの中心局は新見・久世・津山・美作・岡山・根雨・米子・倉吉・鳥取・郡家である。観測では、中心局にデータロガー (SES93) を設置し、これらの中心局と最大8つの中継局との間の電位差を記録した。観測期間は、各ネットワークで最低3ヶ月間、サンプリング間隔は10秒である。鳥取・倉吉・郡家ネットワークのデータについては、比較的ノイズの混入の少ない良好な記録が得られている。

### 3.解析結果および今後の課題

鳥取・倉吉・郡家ネットワークで得られたデータに対して、Uyeshima(1990)によるプ

ログラムを用いてネットワークMT伝達関数を推定した。観測地点としては、17箇地磁気観測所の磁場3成分データを用いた。解析には1995年12月10日から1995年2月29日の深夜0時から早朝5時までのデータを用いた。

解析結果の一例として、鳥取・倉吉・郡家ネットワークにおける周期64秒に対する見かけ比抵抗マップを図2に示す。全般的な特徴として、(1)paxyの方がpaxyより一桁程度高い値を示すこと、(2)比抵抗構造のコントラストが、鹿野(SKN)・鳥取(TTR)・美生(GMU)の線を境としてみられることがあげられる。

今後は、その他のネットワークについても解析可能な区間を検討してより麗かな中国地方の比抵抗マップを作成する予定である。

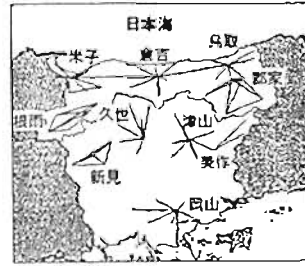


図1 中国地方のネットワークMT観測点分布図

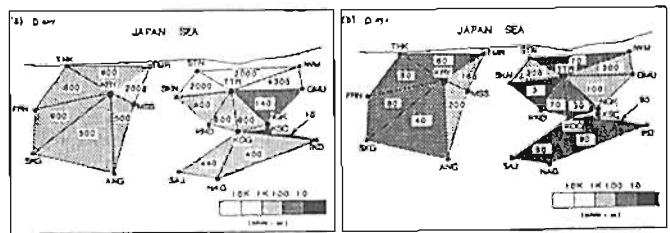


図2 鳥取(TTR)・倉吉(KRY)・郡家(KOG)ネットワークで得られた見かけ比抵抗マップ(周期64秒)

## C21-P110 別府地溝の電気伝導度構造

半田 駿 (佐賀大学・農学部)

The electrical conductivity structure in the Beppu graben

Shun Handa (Faculty of Agriculture, Saga Univ.)

The electrical resistivity model across the Beppu graben inferred from the MT data indicates:

- 1, low-resistivity layers lie at the shallow crust down to 6.5km in the graben;
- 2, beneath the graben, the top of the upper mantle is high-conductive, while the upper mantle is resistive beneath the outer areas of the graben.

別府市西部の別府地溝を横断する測線でのMT観測(1994年学会予稿)データを用いて、2次元電気伝導度断面を得た。探査域は、東西及び東北東に走る活断層により地溝が形成されており、またその中央部には活火山である鶴見、由布岳がそびえる。この地域の大部分は第3、第4紀火山岩類で覆われているが、測点SRGWの南側からは、筑紫、三波川基盤岩類の露頭が見れる。図に測点位置を示す。

データは、GD交換した後、N55°E(400~4000秒の平均)に回転した。図に、比抵抗断面を示す。この構造の特徴は

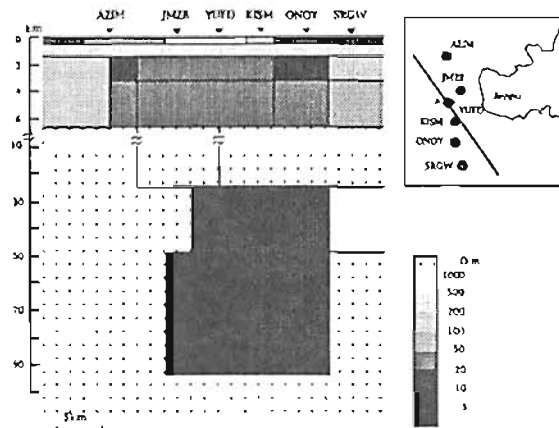
- 1、AZIM(安心院)~SRGW(芹川ダム)間で、渡部地殻(~6.5km)が低比抵抗であること。
- 2、上部マントルに10Ω・m以下の低比抵抗層が存在することである。

1の結果は、インダクション・ベクトルの反転と相位的である。また、北の比抵抗不連続に起因するCAは、重力の急変部と一致しており、その延長は日田まで追跡することができる(1995年学会予稿)。また、これは鎌田の提唱する「豊肥火山地域」の境界とほぼ一致する(両側の境界は、比抵抗境界のやや南になる)。これらの渡部低比抵抗層は、火山活動に伴う噴出物と考えられるが、重力

データによる蒸餾構造モデルでは、基礎深度は3~4kmとなっており、本モデルの高比抵抗層の深度とは合わない。この比抵抗モデルにはやや不自然なところがあり、この渡部低比抵抗層の厚さについては、学会までに再検討したい。

GDデータから、九州中部のいわゆる「別府~島原地溝」沿いの測線での比抵抗モデルでは(Handa et al., 1992)、別府地溝下の上部マントルに、50Ω・mの低比抵抗層を仮定している。この断面でも、より低比抵抗であるが、上部マントルに低比抵抗層が見れる。この低比抵抗層は、見かけの比抵抗の長周期側での分解の説明に必要であり、測線の位置はインダクション・ベクトルで規制される。

測線が短いので、必ずしも現実ではないが、それ以外の上部マントルは、九州の他地域と同様に高比抵抗(1000Ω・m)である。



Site positions and the resistivity model in the Beppu graben

## C21-P111

### 九州東部地域におけるNetwork-MT観測

\*網田和宏、田中良和、大羽成征、馬渡秀夫、橋本武志<sup>1)</sup>  
下泉政志<sup>2)</sup>、笹井洋一<sup>3)</sup>

1) 京都大、2) 北九州職能訓練大学、3) 東京大地震研

Network-MT observation in the Eastern Part of Kyushu, Japan

\*K.Arita, Y.Tanaka, S.Oba, H.Mawatari, T.Hashimoto<sup>1)</sup>

M.Shimoizumi<sup>2)</sup>, Y.Sasai<sup>2)</sup>

1) Kyoto Univ, 2) Kitakyushu Polytechnic College, 3) Univ. Tokyo

The Network-MT observation is now advanced in order to delineate the large scale conductivity variation beneath the Japan Island. We covered the eastern part of the Kyushu district, Japan. We will show the feature of sounding curves and phase.

これまで、日本列島全域の大局的な地下深部電気伝導度構造を求めするために全国各地でNetwork-MT観測が実施されてきた。九州地区では別府・島原地帯地下の電気的構造を探ることを目的として1997年4月から大分地域で観測を開始しており、今後は熊本、長崎、宮崎と地域を広げていく予定である。

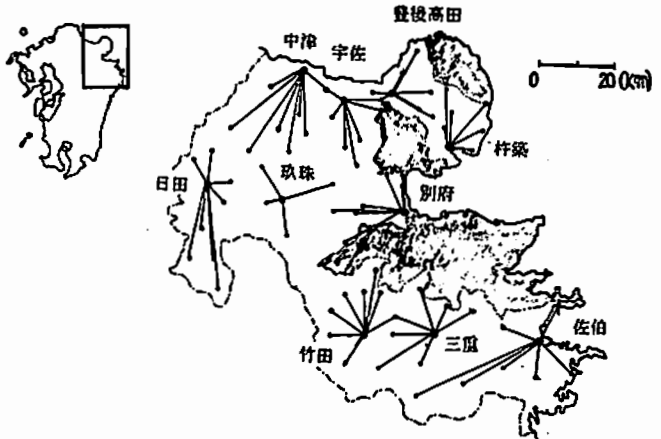
Network-MT観測では電位の測定にNTTの電話回線を、電極としてNTT各局の局舎アースを使用してきた。しかし電話回線の路線網は行政境界で区切られており、これらの区域間は光ケーブル化が進行しているため各ネット間の接続は困難な状況にある。そこで行政境界付近の電柱に鉛製自作電極を設置する事で各ネット間をできる限り接続するよう試みた。

九州での第一期観測として大分県を中心とした観測から得られたデータは以下のような特徴を持つ。

大分県南部に位置するネットでは人工的雑音の少ない良好なデ

ータが得られている。一方、日田ネットや玖珠ネットでは電車の影響と考えられるノイズが強く、良質のデータは真夜中の数時間でしか得られていない。また佐伯、杵築など豊後水道に面している地域には、海洋潮汐の影響だと考えられる周期半日程度の変化が見られる。この変化はNE-SW方向にのびる測線から得られるデータに特徴的にみられ、必ずしも海からの距離に関係しているわけではない。

講演では各地域の見かけ比抵抗曲線、位相差などの値から本地域の地殻比抵抗構造について考察したい。



図：大分地域における観測網

色の付いている部分は今後の観測予定地域

## C21-P112

### 九州北西部地域の電気伝導度構造

○生駒 良友<sup>1)</sup>、茂木 透<sup>2)</sup>、中田 正夫<sup>1)</sup>、行武 毅<sup>1)</sup>、下泉 政志<sup>1)</sup>  
1) 九大、2) 九大工、3) 北九州職能短大

Electrical conductivity structure beneath the Northwestern part of Kyushu island

Yoshitomo IKOMA<sup>1)</sup>, Toru MOGI<sup>2)</sup>, Masuo NAKADA<sup>1)</sup>,  
Takashi YUKUTAKE<sup>1)</sup>, Masashi SHIMOIZUMI<sup>1)</sup>

1) Faculty of Science, Kyushu Univ.,

2) Faculty of Engineering, Kyushu Univ.,

3) Kitakyushu Poly. Coll.

We investigated the electrical conductivity structure beneath the Northwestern part of Kyushu island, where oceanic island type basaltic rock is widely distributing. The MT survey was carried out at 8 sites and observed in wide frequency range. The result of the survey showed that high conductivity layer at the lower crust and upper mantle depth was found beneath Iki, Tara-dake, and Unzen area, both ends of the profile of the survey line, but that no such conductive layer was appeared at beneath Yobuko and Imari area, the center of the survey line. This result suggest that the conductive lower crust seems to appear at recent active volcanic area(Iki,Tara-dake,Unzen) and not at the ancient volcanic area(Yobuko,Imari).

九州北西部地域の電気伝導度構造の特徴に関して、本州各地のインダクションベクトルの多くが太平洋の方向を向くものに対して、九州の、特に北西部地域ではインダクションベクトルが西側を向くことが知られている。このことから、九州西方海上の下部地殻から上部マントルにかけて、電気伝導度の大きな領域があると指摘されている(Handa et al., 1992; Shimoizumi et al., 1997)。また、九州北西部から中国山陰地方の広い範囲にわたり、ホットスポット型マントルに由来する玄武岩類が分布することも、日本の他の地域には見られない特徴のひとつである。およそ10Maから13Maにかけてのこの火成活動は、プレートの沈み込みに伴う島弧型火山活動とは本質的に異なり、深部からのマントル物質の上昇に伴うものであると考えられ

ている(行武, 1995; 柳・前田, 1995)。さらに、このようなマントル物質の上昇は下部地殻の粘性を下げ、それが変動することにより堆積盆地が形成されると理解されている(Nakada et al., 1997)。

九州西方海上の、下部地殻から上部マントルにかけての電気伝導度の大きな領域の広がりを知るための研究のひとつとして、九州北西部において電気伝導度構造探査を行った。これまでにも、同様の目的での構造探査は行われている(例えば、Shimoizumi, 1997)が、いずれも北東から南西に伸びる測線での二次元的な構造を見たものであった。そこで我々は、九州北西部地域の全体的な電気伝導度構造を見るために、北西から南東に伸びる測線に沿ってMT探査を行った。今回観測を行った測線、観測点を図1に示す。この測線は、九州北西部地域の玄武岩類の噴出が見られる地域をカバーするように設定している。

本研究で用いた8つの観測点(老岐・呼子-伊万里-多良岳-雲仙の測線)で一次元インバージョンを行った結果、老岐、多良岳、雲仙では、下部地殻に高電気伝導度領域が確認されたが、呼子、伊万里には、そのような領域はみられなかった。この結果は、柳・前田(1995)によるこの地域の火成活動史と調和的である。老岐、多良岳、雲仙の玄武岩の噴出年代は4Maから現在までと比較的若く、この地域の下部地殻に高電気伝導度領域が確認されことから、マントル・アップウェリングに伴って下部地殻の粘性が小さくなっていると推測できる。それに対し、呼子、伊万里の玄武岩の地質年代は10Maから4Maと比較的古く、この地域では、マントル・アップウェリングに伴う堆積盆地の形成、玄武岩の噴出といった一連の現象が既に鎮静化した状態にあると考えられる。

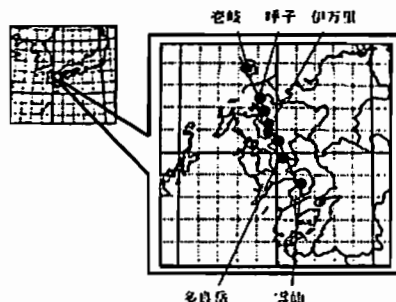


図1：観測点分布(●)・測線(実線)

直流電車からの漏洩電流を用いた  
地下構造探査の試み

★ 笠谷貴史、住友則彦(京大防災研)、後藤忠徳(東大地震研)

A trial for sounding of the buried fault using the leakage current from the DC electric train

★ Takafumi Kasaya, Norihiko Sumitomo(DPRI Kyoto univ.), Tadamori Goto(ERI Tokyo univ.)

Abstract

The telluric current and VLF-MT observations were carried out at Fukui plain, Fukui prefecture. Directions of the electric field change nearby the 1948 Fukui earthquake fault. The changes of the direction are considered to be due to existence of resistivity contrast at the fault. In order to explain the changes of the direction, we try to make a resistivity model.

1. はじめに

これまで直流電車からの漏洩電流をモデル化し、その計算値と実際の観測値との対比により漏洩電流の様々な性質を調べてきた。その結果、電車と変電所の位置関係などの条件が揃うと、漏洩電流の電場ベクトルが一定の卓越する方向を持つようになることが分かった。しかしながらこれまでの観測やモデルは地下構造を一様とした場合のみの検討で、住友(1992)等で得られたような地下の比抵抗構造に不均質がある場合の方向変化までは説明できなかった。そこで地下構造が漏洩電流に及ぼす影響を調べるために、地下構造がよく分かっている福井地震断層近傍で地電流観測とVLF-MT観測を行った。

2. 福井地震断層近傍の地下構造について

福井地震は1948年に多くの被害をもたらしたいわゆる直下型地震であるが、地割れが生じた以外は地表面に明瞭な断層地形は現れていない。震・磁力探査、地震波探査などの物理探査やボーリングの結果から、

の断層は厚い堆積層に覆われた伏在断層で、100~300mの堆積層の下に200m程度の段差を持つ基盤のずれが見られることが分かっている(天池,1989)。その位置はFig.1に示されている田島川付近にあり、地震断層の走向はおおよそ北北西-南南東方向と考えられている(Tsuya,1950)。

3. 断層近傍での観測結果

漏洩電流の測定は地磁気地電流計であるU-36を用い、断層近傍の12点で行った。観測点の配置をFig.1に示す。それぞれの観測点でのデータは、電車が始発駅から終着駅に達するまでの所要時間を考慮して1時間データを取得した。また断層から離れたところに基準点を設け、移動観測中のソースの時間変動がないかモニターしている。基準点では地磁気

のデータも合わせて取得している。  
漏洩電流の観測結果として次のようなことが分かった。  
(1)断層を中心に西から東にかけて電場ベクトルの方向がN20WからN40Wと変化する。

(2)断層近傍では断層の走行方向と電場ベクトルの方向がおおよそ一致する。

これらの観測結果は先に述べたような基盤がずれた構造を考慮してモデル計算を行うと説明しやすい。一方、平均値には断層の東西で顕著な差が見られなかった。

またVLF-MTは測線長650m

では10mおきに55点で

観測を行った。VLF-MTから

表面の比抵抗値が求められ、

その結果は地震波探査から

得られた表面構造と調和的であることが

分かった。以上のことをふまえて、

本講演では地下構造を含めたモデリングから

深さ方向の感度についても

考察し、都市域での伏在断層

探査における漏洩電流を用いた探査法の

可能性について考える。

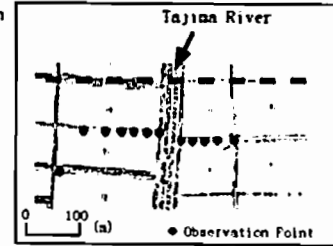


Fig.1 観測点配置図  
図中の点線は地震波探査、ボーリングの測線を示す。

海底ケーブルを用いた  
日本海底下の電気伝導度構造探査 (序報)

○後藤忠徳・清水久芳・歌田久司 (東大地震研)

Preliminary report of magnetotelluric sounding by using Submarine Japan Sea Cable

★ T.Goto, H.Shimizu and H.Utada (ERI, Univ. Tokyo)

We have observed natural electrical potential variations between coasts of Russia and Japan by using Submarine Japan Sea Cable (JASC). In this paper, a preliminary result of MT responses with JASC is reported. In addition, we study what portions of the conductivity structure beneath Japan sea are sensitive to the response with JASC. We conclude that JASC will identify the structure from the lower crust to upper mantle of Japan sea.

1996年1月より、我々は日本海海底ケーブル(JASC)を用いて、電位差観測を行っている。JASCは、ロシア沿岸(ナホトカ)から、日本海沿岸(新潟県直江津)の間をむすんでおり、電位差測定の基線長は約800kmである。日本海下部のマントルの電気伝導度が、太平洋側と比べてどのようであるのかは明らかではないが、JASCによって得られるデータを用いれば、この点を解明することができると考えられる。また、Handa et al.(1992)、Ichikita et al.(1994)などで報告されているように、日本列島の背弧側には下部地殻~マントルにかけて高電気伝導体が存在するらしい。日本海の中央部については、同様な高電気伝導体があるかどうかはまだ分かっていないが、JASCのデータを解析することでこの点についてもある程度の情報を与えうると考えられる。JASCの電位差観測データについては現在解析中であるが、本講演では、手続的ではあるが解析結果について報告を

行う予定である。

解析に先立って、JASCの電位差記録を用いてMT解析を行った際に、どのようなスケールの電気伝導度構造が明らかになるのかについて、2次元forward計算を用いて調べた。過去の研究例を参考に、日本海下の構造として深さ0~20kmに1500Ωm層、20~100kmに500Ωm層、100km~に50Ωm層を与えたときの、JASCのMT responseを示した物がFig.1である。解析周波数が0.001~0.00001Hzの場合、JASCのMT responseは深さ約20km~約300kmに感度があることが、Fig.1やその他の計算結果から分かった。さらに深さ40~100kmに幅300km、比抵抗値5Ωmの高電気伝導体を与えた場合のMT responseをFig.1に破線で示した。Fujii(1995)による、別の海底ケーブルによるMT responseの誤差を参考にすれば、約800kmの長さのJASCは、この程度の大きさの高電気伝導体にも十分感度があるといえる。実際には、このような水平方向の電気伝導度不均質を知るには、OBEMなどによる海底での電磁場観測などの情報も必要であると考えられる。本講演ではsynthetic dataをもちいたinversionの結果に基づいて、JASCのデータに加えて、どの程度の密度の海底観測をおこなえば、どの程度の水平構造分解能が得られるのかについて考察する。

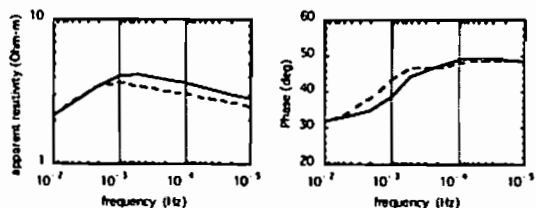


Fig.1 Calculated MT responses with JASC by forward modeling (Solid line). Dashed lines indicate those affected by a high conductive zone in the lower crust.

C会場

10月3日(金)

13:00~15:30

# 岩石磁気・古地磁気 - I

## Rock Magnetism・Paleomagnetism - I

oral: C22-01~10

poster: C22-P115~P120

座長

林田 明 (同志社大・理工学研)

田中秀文 (高知大・教育)

We consider the problem of describing the paleomagnetic field as completely as possible using paleomagnetic data. For this purpose, it is natural to seek the representation of the field in terms of Gauss coefficients. Unlike the ordinary cases, however, spherical harmonic analysis of paleomagnetic data is difficult because of the problems arising from the characteristics of the data: non-instantaneous nature of the data and the fact that the most abundant data are in the form of directions. As to the problem of non-instantaneity, we show that if the mapping between the model parameters (Gauss coefficients) and data is linear, there is one-to-one correspondence between the means of the parameters and the means of the data.

Most paleomagnetic data are given as directions, which have nonlinear mapping relations with Gauss coefficients. For such cases, the one-to-one correspondence between the means (variances) of the parameters and the means (variances) of the data are lost. To avoid the complexity inherent in the inversion of nonlinear data, we use only the paleointen-

sity data of the last 5 Ma to determine the mean field structure in terms of the time-averaged Gauss coefficients. These data are accompanied by the direction information, so that it is possible to convert them to the linearly mapped field components (X, Y, Z).

For the average field, kernel functions are the same as those for the instantaneous case, so that conventional least squares technique can be used without change. As these kernel functions are orthogonal to each other, different parameters (Gauss coefficients) can be resolved satisfactorily, at least when data are evenly distributed on the globe. The average field obtained by the inversion of paleointensity data suggest a nearly axisymmetric magnetic field dominated by the axial dipole component.

One-to-one correspondence also holds between the variances of the parameters and variances of the data. But in this case, the kernel functions are nonnegative and substantial overlaps occur between various combinations of parameters. This results in a matrix which is very near to singular. To stabilize the inversion of this stiff problem, we must use a regularization function which represents physically reasonable requirements. For this purpose, we use the assumption of homogeneous background model which predicts that the power of the magnetic field in the harmonics of a degree is about the same at the core-mantle boundary. The means and variances of the coefficients derived by inversion define the range of field models which are compatible with the observed data.

\*佐多 永吉[1], 島山 唯達[1], 浜野 洋三[1]  
[1] 東京大学理学部地球惑星物理学教室

### On the origin of the Banded Iron Formation from Western Australia based on the rockmagnetic measurements and microscope observations

\*Nagayoshi Sata[1], Tadahiho Hatakeyama[1], Youzou Hamano[1]  
[1] Department of Earth and Planetary Physics, University of Tokyo

Measurements of the magnetic hysteresis properties and microscope observations were made for the two sections (Sec. A: 16cm, Sec. B: 11 cm) of the Banded Iron Formation from the Western Australia.  $J_s$  (saturation magnetization) vs.  $X_{hf}$  (high magnetic field susceptibility) plot indicates that magnetic minerals in the BIF mainly consists of Hematite-Goethite group (Low  $J_s$ , High  $X_{hf}$ ), whereas Magnetite-Maghemite group (High  $J_s$ , Low  $X_{hf}$ ) is partly observed in A section. Grain size of the magnetic minerals ranges from 20 to 400 micrometers with angular shapes and sharp boundaries, and that of silica minerals are around 1 micrometer. These observations suggest the iron oxides in the BIF are mainly consists of volcanic materials instead of chemical precipitates from sea water.

[はじめに] 縞状鉄鉱層(Banded Iron Formation)は太古代及び原生代初期に見られる鉄の酸化物とシリカが互層した堆積物である。BIFの成因については、海水中の鉄イオンが溶存酸素によって酸化されて析出したという説が代表的なもので、BIFの縞の成因と環境変動との関係が考えられている。一方、最近になって火山の活動によってもたらされたという説も提唱されているが、いずれについても決定的な証拠は得られていない。そこで、BIFの代表的な産地である西オーストラリアのハマスレー地方の縞状鉄鉱層についてマイクロ蛍光X線測定、岩石磁気測定、顕微鏡観察を行い、その結果から含まれる磁性鉱物の種類や産状を調べ、成因について考察した。

[方法] ハマスレーのブロックマン鉄鉱層群中の縞状鉄鉱層の2地点(Aセクション16cm, Bセクション11cm)について測定を行った。XGT-2000Vを使ったマイクロ蛍光X線測定はAセクションの

1cmx5mmの棒状の試料について行った。AGMマグネトメーターによる岩石磁気測定は5mmx3mmの棒状の試料を約1mmずつに切り分けて、Aセクション14個、Bセクション104個の試料すべてについてヒステリシスカーブを描き、各測定値(飽和磁化 $J_s$ 、保持力 $H_c$ 、高磁場中での磁化率 $X_{hf}$ )を得た。また、特徴的な部分についてレーザー顕微鏡による観察を行った。

[結果と考察] Bセクションのマイクロ蛍光X線測定の結果、試料に含まれる元素で主要なものは鉄(Fe2O3 1.80重量%)、ケイ素(SiO2 20.99重量%)、カルシウム(CaO ~5重量%)である。この結果から考えて、TiやSがほとんど含まれないため、これらの試料に含まれる磁性鉱物はヘマタイト・ゲータイトグループ(Hi-Giグループ、低 $J_s$ 、高 $X_{hf}$ )とマグネタイト・マグヘマイイトグループ(高 $J_s$ 、低 $X_{hf}$ )であると考えられる。

岩石磁気測定の結果は、まずAセクション、Bセクションともに $J_s$ が0.15emu/g以上の部分は赤い縞に対応している。Bセクションについては $X_{hf}/J_s$ 比は測定範囲内で一様な値(2.5E-5 1/Oe)であり、主としてHi-Giグループの単一成分であると考えられる。さらに細かく見るとある2cmぐらいの部分では、一様な値よりも低く2.0E-5 1/Oeとなっている。そこで、この部分と、別の一様な値となっている部分について $J_s$ - $H_c$ グラフを描いてみると別れて分布し、前者は $H_c$ が1.4-2kOe後者は $H_c$ が2-2.5kOeである。これらは縞ができたときあるいはできた後の環境の変化を表しているため、 $H_c$ の違いが磁性鉱物の種類によるのか、粒子サイズによるのかを見るために顕微鏡観察を行った。磁性鉱物の粒子のサイズは数10ミクロンと比較的大きな自形の結晶が多数あつまったものである。一方、シリカを主成分とする $J_s$ の小さな部分については、数100ミクロンの大きな自形の磁性粒子が含まれている。また、赤い部分と白い部分とも、シリカの粒子サイズはこれよりずっと小さく、ミクロンサイズである。Aセクションについては、Bセクションに比べて、マグネタイト・マグヘマイイトグループの磁性鉱物が含まれているために、Bセクションに比べて $H_c$ が小さくなっている。Aセクションに主にみられるマグネタイト・マグヘマイイトの成因についてはまだよく分らないが、Bセクションの縞を作っているHi-Giグループの磁性鉱物の成因については、今回の測定結果からは、海水中から鉄イオンの酸化によって析出したと考えるよりは、火山噴火に伴って粒子がもたらされたと考えるほうがよいように思われる。

## C22-03 北西オーストラリア、ハマスレー地域に産出する精状鉄鉱床の古地磁気、岩石磁気

\*高山 唯達[1], 佐多 永吉[1], 浜野 洋三[1]  
[1] 東京大学理学部地球惑星物理学教室

### Paleomagnetism and Rockmagnetism of the Banded Iron Formation in the Hamersley Province, north Western Australia

\*Tadahiro Hatakeyama[1], Nagayoshi Sata[1], Yozo Hamano[1]  
[1] Department of Earth and Planetary Physics, University of Tokyo

We have succeeded in separating the magnetization of the BIF in the Hamersley Province which was deposited in the early Proterozoic, into three components. These are (1) demagnetized up to 300 C having magnetized direction close to the present field, (2) demagnetized up to the temperature of 590 C which is likely to be carried by magnetite and hematite, and (3) most stable component against the thermal demagnetization above 590 C carried by hematite.

#### A. はじめに

北西オーストラリア、ハマスレー地域は世界でも最大規模の縞状鉄鉱床(BIF)が産出する地域である。BIFはその成因や堆積環境について多くのなぞを残している。我々は原生成初期の地球磁場について調べるとともにこれらの問題について磁気学的なアプローチをするため、一連の層序が Beasley 川によって切られている切り通しにおいてサンプリングを行い低変成度の試料を得た。

本研究ではその中で Dales Gorge Member という厚い BIF 層群中の厚さ約 80m の BIF 層の中の 2 地点(厚さ方向に約 1.5m 離れている)において古地磁気測定及び岩石磁気測定を行った。なお、堆積年代はこの BIF 層より上位にある火成岩によって約 24.5 億年と見積もられている(Barley et al., 1997)。

#### B. 古地磁気学的測定

層序的に上位の A 点と下位の B 点のサンプルについて 1cm 大の直方体に切断した上、段階的な熱消磁をしながらスピナー磁力計で残留磁化の測定をした。まず、A, B 両点の BIF のどちらにも約 300 度までに消磁される低温成分があり、その方向はいずれも現在の磁場の方向に近いものである。高温まで安定な成分について見ると、A 点のサンプルでは 590 度で折れ曲がる 2 成分の磁化があり、これらの方向

は低温成分のものとは大きく異なる。一方 B 点のサンプルでは 590 度での折れ曲がりが見られず、これらの方向は低温成分に比較的近いものであった。また、A 点での残留磁化の高温成分のうちいくつかは B 点の方向に近かった。A, B どちらのサンプルについても、590 度までに自然残留磁化の 7~8 割が消磁された。また、A 点のサンプルについて段階的な交流消磁をしながらの測定も行った結果、10~45 mT 程度で消磁される成分は熱消磁によって得られる高温成分と近く、45mT 以上の磁場をかけても 3 割程度しか消磁できなかった。

#### C. 岩石磁気学的測定

次に A, B 両地点のそれぞれ厚さ約 10 数 cm のブロックサンプルについて、約 1mm 毎に切断して磁気履歴曲線を測定して各々の飽和磁化、保磁力、強磁場帯磁率を比較した。

どちらの地点のサンプルについてもヘマタイトの特徴を示す曲線の一部がマグネタイトと思われる低い保磁力、低い強磁場帯磁率の曲線が重なった 2 成分が共存する曲線が見られる。しかし、A 地点の BIF では多くのマグネタイト成分が目立つ曲線が見られるのに対し B 地点の BIF にはあまりその傾向は見られなかった。また、特に A 地点の BIF についてはマグネタイトの濃集した層があり、マグネタイトの曲線は赤いメソバンド(数 mm の厚さのいわゆる「見える縞」)よりもチャートが主成分の白いメソバンドに顕著に見られる。

#### D. 考察

これらの測定の結果から以下のことが考えられる。

1. A 地点の BIF の残留磁化は 3 成分((1)0~300 度、(2)300~590 度、(3)590 度以上でそれぞれ消磁される)に分離されそれぞれ、(1)現在の磁場方向を持つ粘性残留磁化成分、(2)マグネタイトの成分、ヘマタイトの成分の方向、(3)高温まで安定なヘマタイトの成分の方向を示す。また、(3)の方向が(2)と近いことから、ヘマタイトの安定な成分が磁化したのはマグネタイトが磁化した時間とさほど変わらないか両成分が磁化した時の古地磁気極の位置に近い。
2. B 地点の BIF の残留磁化の高温成分はその低温成分と方向が近く、A 地点の多くのサンプルの高温成分とは異なる方向であるので、この成分は A 地点のものとは異なる時代に磁化した可能性が高い。

## C22-04 単磁区-疑似単磁区境界のマグネタイト(0.04-0.3 μm)の 3 次元磁化構造

\*黒川 透司[1], Dunlop, David J.[2]  
[1] 海洋科学技術センター  
[2] トロント大学

### Three-dimensional micromagnetic structures of single-domain (SD) - pseudo-single-domain (PSD) magnetites (0.04-0.3 μm)

\*Koji Fukuma[1], David J. Dunlop[2]  
[1] JAMSTEC  
[2] Univ. Toronto

Three types of micromagnetic structures (single-domain, single-vortex and multi-vortex) were found for magnetites around single-domain (SD) - pseudo-single-domain (PSD) boundary. Starting from initial homogeneously magnetized states, equilibrium three-dimensional micromagnetic structures were obtained for magnetic cubes from 0.04 to 0.3 μm according to the Metropolis algorithm. Small grains (< 0.06 μm) exhibit single-domain structures irrespective of initial magnetization directions. In SD-PSD transitional range (0.07-0.1 μm) single-domain and single-vortex structures coexist for a same size grain. Multi-vortex structures emerge above 0.125 μm coexisting with single-vortex structures. Experimentally observed continuous grain size variation of magnetization near SD-PSD boundary can be explained by the existence of single- and multi-vortex structures.

マイクロ磁気学モデリングにより、単磁区-疑似単磁区境界付近でのマグネタイト(0.04-0.3 μm)に対して、次の 3 つの種類の磁化構造が得られた。

- ・単磁区構造：粒子中の磁化が互いに平行
- ・単渦構造：磁化が 1 つの渦を形成し、渦の軸は に平行。
- ・多渦構造：粒子は渦状の磁化からなる 1 つの形態に分類。

私たちの計算では、 に平行な棒をもつ立方体のマグネタイトをモデル粒子とし、10x10x10 の立方体のセルに分割した。初期構造として、各セルの磁化が完全に平行である状態(飽和磁化状態)を与えた。1 つのサイズのマグネタイトについて、結晶軸に対してランダムに選んだ 30 の方向を、初期構造をもつ磁化方向とした。

モンテカルロ法(メトロポリスアルゴリズム)により、交換エネルギー+結晶磁気異方性エネルギー+静電エネルギーが、極小になる磁化構造を求めた。

0.06 μm 以下のサイズの粒子は、初期の磁化方向に依らず、単磁区構造を取る。0.07-0.1 μm の範囲では、同一サイズの粒子が、初期の磁化方向によって単磁区構造と単渦構造を取る。0.125 μm 以上のサイズの粒子では、単渦構造と多渦構造が共存する。ミクロンサイズの粒子で観察・計算される磁区と磁壁から成る磁化構造は、単磁区-疑似単磁区境界付近では出現しない。

実験データは、単磁区構造の主要(~0.1 μm)を越えても、磁化は突然減少するのではなく、粒子サイズに対して連続的に減少することを示してきて、計算によって得られた単渦構造と多渦構造の磁化強度は、粒子サイズの増加に従って連続的に減少する。多渦構造は単渦構造に比べて、高い磁化を示す(e.g., Mr/Ms = 0.12 (multi-vortex), 0.02 (single-vortex) for 0.15 μm)。

単磁区-疑似単磁区境界付近での磁化の連続的な変化は、(1)単磁区構造と単渦構造が、境界上のサイズの粒子で共存すること、(2)多渦構造が、境界よりわずかに大きいサイズから出現することによる。



## C22-05

U-チャンネル試料を用いた海底堆積物の初期成生過程の検討—カリフォルニア沖 ODP 1016/1017 地点の表層堆積物の磁気的性質—

\*林田 明[1], Kenneth L. Verosub [2]  
[1] 同志社大学理工学研究所  
[2] University of California at Davis

### Magnetic Mineral Diagenesis in Surficial Marine Sediments Observed in U-channel Samples from ODP Sites 1016 and 1017 off California

\*Akira Hayashida[1], Kenneth L. Verosub[2]  
[1] SERI, Doshisha University  
[2] University of California at Davis

We have investigated rock magnetic properties of surficial marine sediments recovered in ODP Leg 167 along the California Margin. Continuous magnetic measurements of the u-channel samples reveal the process of dissolution and alteration of magnetic minerals during reductive diagenesis. Downcore variations of ARM and IRM suggest that at Site 1016 a loss of fine-grained magnetite occurs between 0.6 and 0.8 mbsf, followed by gradual decrease of nominal grain size of magnetic minerals down to 2 mbsf. A similar modification is observed above 0.8 mbsf at Site 1017, which is characterized by higher sedimentation rate and stronger flux of organic matter than Site 1016.

国際深海掘削計画(ODP)の第167次航海では、新生代後期の気候と海洋環境の変動を解明することを目的として、カリフォルニア縁辺域の13地点から総計7501.54mの堆積物が採取された。このうち約半数の地点については船上でのコアのバススルー測定によって磁気層序が明らかになったが、特に有機物を多く含む堆積物では帯磁率や残留磁化測定の結果に統成作用の影響が顕著に認められた。カリフォルニア海流の中軸部の深海底に位置する1016地点(水深3846 m)と涌昇流活動の盛んな大陸斜面上の1017地点(水深967 m)においても、表層付近で残留磁化の強度が10%以下に急減するという結果が得られた。そこで1016Cと1017EのコアからU-チャンネル試料を採取し、堆積物の磁気的性質を連続的に検討した。

測定の手順は次のとおりである。(1)自然残留磁化(NRM)の測定と段階交流消磁；(2)非残磁残留磁化(ARM)の付加と段階交流消磁；(3)100 mTの等温残留磁化(IRM)の付加と交流消磁；(4)1 T (SIRM), および逆方向への100 mTと300 mTの等温残留磁化の付加。これらの実験はカリフォルニア大学デイヴィス校の高精度バススルー超伝導磁気計システムを用いて行なった。

1016地点の堆積物では、表層から2 mbsfの間に磁性鉱物の含有量が大きく減少している。残留磁化の交流消磁の結果やSIRMとARMの比などから、表層部に含まれる磁性鉱物は主に単磁区サイズのマグネタイトであると推定される。深度60~80 cm付近で磁性鉱物の平均的な粒径が増大し、磁化の安定性が低下する。これは細粒のマグネタイトが選択的に溶解されたことを示唆する。深度1 mbsfより下位では粗粒なマグネタイトの溶解も進み、平均粒径が減少する。堆積速度と有機物含有量の大きいと1017地点では、同様の変化が表層から0.8 mbsfまでに観察され、さらに急速に統成作用が進行していることがうかがえる。

両地点の堆積物で特に細粒のマグネタイトがほとんど溶解することが確認されたが、これは走磁性バクテリアによってつくられたものらしい。一方、砕屑物起源の磁性鉱物の一部は溶解をまぬかれ、堆積残留磁化を担いつづける可能性がある。磁化強度が減少した層準に見られる伏角と偏角の変動は地球磁場の経年変化を反映したものかも知れない。また、統成作用後のマグネタイトの含有量と平均粒径にも変化が認められる。これらは砕屑粒子の流入量、あるいは統成作用の環境に変動があったことを示すと考えられる。

## C22-06

### Magnetic Fabric of some Sediments from Central Shiribeshi Trough

\*Abdelaziz Abdeldayem, Toshitsugu Yamazaki  
and  
Ken Ikehara

Geological Survey of Japan

The Anisotropy of Magnetic Susceptibility (AMS) has been measured for samples from a gravity core obtained from the Central Shiribeshi Trough off Hokkaido (depth 3325m) to study the fabric of its sediments with relation to depositional conditions. The core was reoriented to the present geographic coordinate system using the mean declination of the stable remanent magnetization. It is believed that the latter approximates an axial dipole magnetic field with secular variations have been averaged out. Most of the core sediments seem to retain a primary depositional fabric marked by a well developed near-horizontal magnetic foliation representing the original bedding surface and Kmin axes perpendicular to this surface. Additionally, a clearly defined N-S long grain alignment, magnetic lineation, has been also identified in the majority of samples with no significant change with depth. This reflects a persistent bottom transport mechanism along that direction for the last 10,000 years. The

overall magnetic fabric pattern suggests a grain-by-grain deposition from a moderately strong bottom current. This trend is parallel to the local bathymetric contours of the trough and appears to be related to the processes prevailed during deposition. Downcore irregularities of the magnetic fabric pattern seem to correspond to episodes of turbidite mass influx and changes in the hydrodynamic regime, probably marking earthquake events.

## C22-07 MPMSによる岩石磁気学的研究の現状と問題点

鳥居雅之 (京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻)

Rock magnetic study by using MPMS: a review

M. Torii (Div. Earth Planet. Sci., Grad. Sch. Sci., Kyoto Univ.)

Some topics related to the use of MPMS in the field of rock magnetism and environmental magnetism are reviewed. These are, 1) residual magnetic field in a sample space, 2) temperature dependence of SIRM, 3) phase transitions of magnetic minerals, 4) difference between zero-field cooling and field cooling modes, 5) difference between warming and cooling experiments, and 6) problem related to water in a sample.

岩石磁気学・環境磁気学の分野では、低温域での磁気測定の持つ意味が急速に重要になってきた。かつてSQUID磁力計が登場して、堆積物による古地磁気学が大きく進んだのと同じく、SQUID素子を利用した磁気測定装置の普及に負っていると考えられる。現在既製品として入手可能なこのような装置は数種類あるが、京都大学極低温研究室に共用機器として設備された Quantum Design社製のMPMS(Magnetic Property Measurement System)を使用してきた経験にもとづいて、私たちの分野では比較的新しい実験のデザインや問題点をいくつか紹介したい。MPMSは、SQUID素子による高感度磁化測定( $1 \times 10^{-9} \text{ Am}^2$ )、

超伝導磁石による強磁場発生(Max. 5T)、常温から液体ヘリウムの沸点までの温度領域での測定、扱いやすいマクロコマンドによる測定の自動化などを主な特徴とする。これら以外にさまざまなオプションがあり、1Hz-1kHz( $< 100 \mu\text{T}$ )の交流磁場印加や、温度も減圧することで1.9 Kまで下げたり、あるいは電気炉を組み込むことで800 Kまで昇温も可能である。このように、高感度であるにもかかわらず測定条件の自由度が高いので、ユーザの工夫次第でさまざまな測定ができることがこの装置の最大の特徴である。

岩石磁気学の分野でのMPMSを使った測定としては、低温で獲得させたIRMの熱消磁実験、温度を変えながら行うヒステシス測定、各種磁化率の温度変化などが主なものであろう。私たちの分野では、残留磁化の測定が重要であるが、MPMSの全てのユーザのなかでは残留磁化の測定は必ずしも一般的でない。大多数のユーザはパラ磁性や反磁性の測定をしており、したがって広範の強磁性の測定のためのノウハウの蓄積が必要であった。それらは、1) 装置内の残留磁場をいかに減らすか、2) SIRMの温度依存性を確認すること、3) 試料ごとの低温相変遷の現れ方、4) ゼロ磁場冷却と磁場中冷却の差、5) 昇温実験と冷却実験との差(温度ヒステシス)、6) 試料中の水分などに関係した問題である。いくつかの問題はこの2年間の経験によってかなり解決できたが、まだ未解決の問題も多数残されている。今回は具体的な測定例を示しながら、これらの問題とその解決策や残された問題を紹介したい。

## C22-08

Shaw法におけるARM補正の理論的背景について

田中秀文 (高知大教育)

On the Theoretical Background of ARM correction in the Shaw's Paleointensity Method

Hidefumi Tanaka (Kochi Univ., Education)

Change of ARM susceptibility often occurs due to heating in the experiments of the Shaw method, indicating TRM capacity was altered. Nevertheless, paleointensities are usually calculated by making correction by the amount of change in ARM (Kono, 1978; Rofph and Shaw, 1985).

Theoretical background of ARM correction was examined for single domain grains based on the magnetic relaxation theory of Néel (1949) and its application to ARM (Jaep, 1969; Jaep, 1971). Gaussian or Log-normal type was supposed to the grain distribution. Change of magnitude of ARM and TRM was calculated to the change of volume or  $H_C$  up to  $\pm 20\%$ .

Results indicate that change of TRM capacity can be reasonably corrected by the change of ARM for small change of grain volume. But the error of correction is larger when ARM involves grain interaction effect. The correction error is not so small when the change occurs in  $H_C$ . It is suggested that ARM correction had better be limited to those results in which the ratio of ARM1/ARM2 is moderately close to unity.

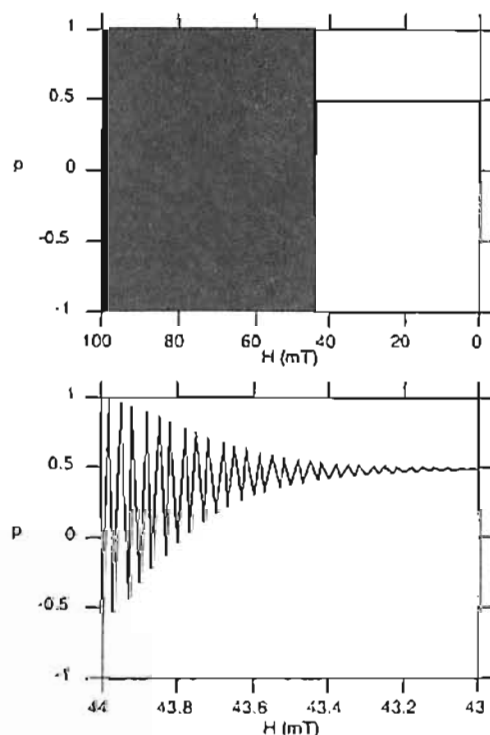


Figure 1: Computer simulation of ARM acquisition. (a) fraction of remanence  $p$  repeat flipping between +1 and -1, and blacks at just below  $H_c$ . (b) horizontally extended between 44 and 43 mT of  $H$ .

Paleomagnetic study of the  
Nogam Formation in Korean Peninsula:  
affinity with North China Block since Early  
Triassic time

° Koji Uno (Kobe Univ.), Kwang Ho Kim (Chonbuk National Univ.)

Sedimentary rocks in the Late Permian-Early Triassic Nogam Formation were collected for paleomagnetic study at 17 sites in Bagjisan Syncline, Korean Peninsula. A stable remanent magnetization component with high unblocking temperature above 650°C is isolated from two sites, while a remanent magnetization component by 590°C is obtained from 11 sites. Paleomagnetic directions of the high temperature component from two sites highly cluster after tilt correction: the directions from one site, which forms a small-scale folding, pass a within-site fold test at 95% confidence level. The both sites hold a characteristic remanent magnetization of primary origin. Paleomagnetic directions of the low temperature component before tilt correction is close to that of the

present geomagnetic field. The directions yield a negative fold test at 99% confidence level, indicating a recent remagnetization. Paleomagnetic poles derived from primary directions of Nogam Formation (64.6°N, 352.1°E with  $A_{95}=6.7^\circ$ , 59.7°N; 339.4°E with  $A_{95}=10.2^\circ$ ) show good agreement with the Early Triassic paleomagnetic pole for North China Block. The paleomagnetic evidence suggests that the sampled area has been a part of North China Block at least since Early Triassic time.

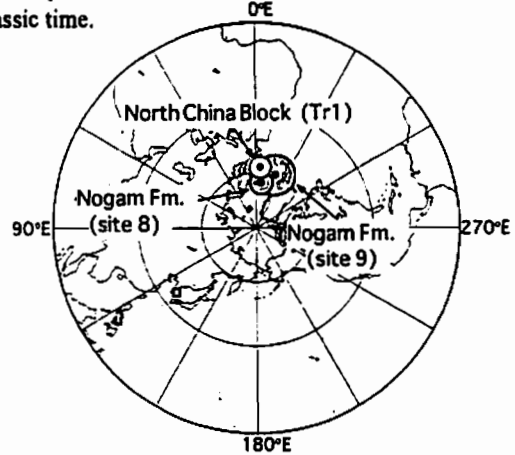


Fig. 1. Paleomagnetic poles of Nogam Formation and Early Triassic pole for North China Block (with associated 95% confidence circles).

Paleomagnetic study of Cretaceous rocks  
from the Gyeongsang Basin, Korea

° Masato TAMAI<sup>1</sup>, Youn-Soo LEE<sup>2</sup>,  
Naoto ISHIKAWA<sup>1</sup>, Koichiro ITOH<sup>1</sup>,  
Susumu NISHIMURA<sup>3</sup> and Kyung-Duck MIN<sup>2</sup>  
1: Kyoto University  
2: Yonsei University  
3: Kyoto Institute of Natural History

Cretaceous sedimentary rocks were collected from the Gyeongsang Basin, southeastern part of the Korean Peninsula, for paleomagnetic study.

Stepwise thermal demagnetization for red sediments revealed two characteristic components. The component carried by magnetite and/or low-temperature hematite was obtained from red sediments and also from gray sediments. Dispersion of the directions makes a very small cluster within site and also between sites. The mean directions from the Hasandong formation at Jinju, one of the lower part of the Gyeongsang Basin, are  $(D, I)=(13.4^\circ, 58.3^\circ)$   $\alpha_{95}=1.8^\circ$  in situ, and  $(26.1^\circ, 55.7^\circ)$   $\alpha_{95}=2.6^\circ$  after tilt correction. Although these directions are distinguishable from the present dipole field direction, it is difficult to assess the acquisition time for lack of any field test.

Some red sediments had the other component of high-temperature hematite which is isolated above 620-660°C to 680°C. These directions are characterized by shallower inclination and scattered even within site. The magnitude of

inclination shallowing seems to be correlated to the degree of anisotropy of magnetic susceptibility. This suggests that the remanence directions with shallower inclination are controlled by the sedimentary structure.

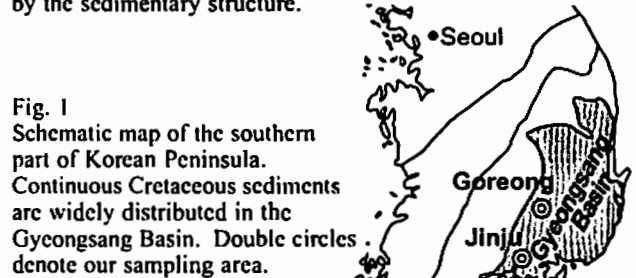


Fig. 1 Schematic map of the southern part of Korean Peninsula. Continuous Cretaceous sediments are widely distributed in the Gyeongsang Basin. Double circles denote our sampling area.

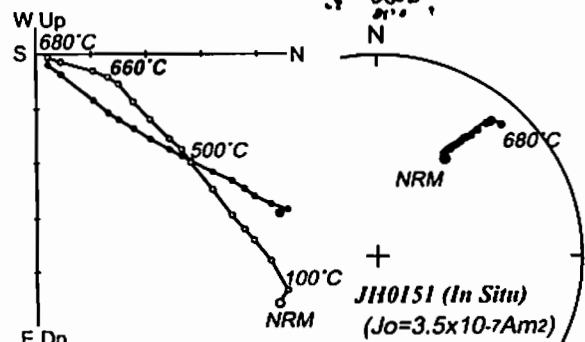


Fig. 2 Representative orthogonal projection and equal area projection of the thermal demagnetization before tilt correction. Two distinguishable components are observed.

断層面近傍の岩石試料の  
自然残留磁化方位および帯磁率異方性

蘇黎<sup>1</sup>・石川尚人<sup>2</sup>・鳥居雅之<sup>1</sup> (<sup>1</sup>京大・理, <sup>2</sup>京大・総人)

Natural remanent direction and anisotropy of  
magnetic susceptibility of samples  
around fault plane

Su Li<sup>1</sup>, Naoto Ishikawa<sup>2</sup> and Masayuki Torii<sup>1</sup> (<sup>1</sup>Grad. Sch.  
Sci., Kyoto Univ., <sup>2</sup>Sch. Earth Sci., IHS, Kyoto Univ.)

断層運動による変位、変形の詳細を解明するための手法として、古地磁気学的、岩石磁気学的手法(自然残留磁化方位や帯磁率異方性など岩石磁気学のパラメータ)の有効性を検討するために、愛知県瀬戸市における猿投山北断層の研究をおこなった。

猿投山北断層はNE-SW走向右ずれ成分をもつ逆断層である。今年1月に瀬戸市東白坂において、断層をトレンチが行われ、その際にトレンチ壁面から定方位試料を採取した(図1)。試料は2cm角のキューブを押し込んで採取し、23サイトから粘土、シルト、花崗岩類から約200個のサンプルを得た。

すべての試料に対して自然残留磁化測定を行い、各サイトで約3個の試料については、段階交流消磁実験により残留磁化の安定性を検討した。さらにカッパーブリッジ(KLY-3S)を用いて帯磁率異方性を測定した。自然残留磁化測定の結果として、強度はほとんどの試料が

$10^{-3} \text{Am}^2$  以下で弱い。その方向は各地点で集中する。段階交流消磁実験に対しては、ほとんどの試料が残留磁化が弱いため、不安定な挙動を示した。いくつかの試料からは、安定な磁化成分が得られたが、その磁化成分の方向から、断層運動による変形の影響は今のところ見い出されていない。帯磁率異方性の測定結果からは、 $K_{\text{max}}$ は水平面とほぼ平行にあり、その軸の方向に特別な傾向は今のところみられない。 $K_{\text{min}}$ は鉛直軸まわり、NW-SE方向に広がった分布を示す傾向が見られた。

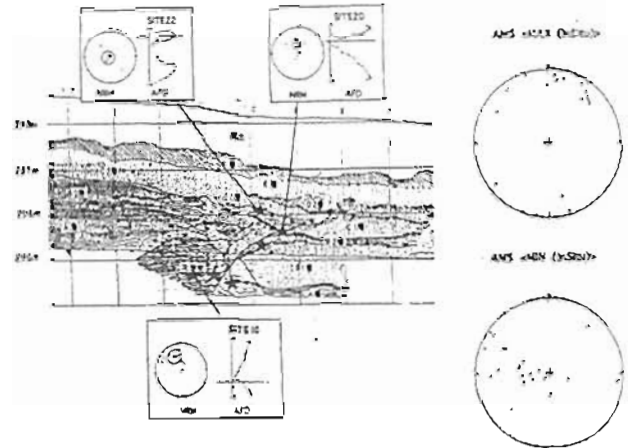


図1 東白坂トレンチ概略と代表的なサイトの交流消磁実験結果および帯磁率異方性の測定結果

東南極、やまと山脈岩石の古地磁気学的研究

石川 尚人(京都大学総合人間学部)・鈴木 真(国立極地研究所)

Paleomagnetism of rocks from Yamato Mountains,  
East Antarctica

Naoto ISHIKAWA (IHS, Kyoto Univ.)・Mitsuru FUNAKI (NIPR)

Paleomagnetic study was carried out on Precambrian to early Paleozoic rocks at the Yamato Mountains, East Antarctica, in order to clarify the formation process of the Gondwanaland. A total of 215 paleomagnetic samples were collected at 20 sites in Massif B and C of the mountains. Thermal demagnetization results indicate that samples from 4 of 20 sites have stable remanent components carried by magnetite. Virtual geomagnetic poles of the stable components seem to be approximately concordant with early Paleozoic paleomagnetic poles reported from East Antarctica previously.

ゴンドワナ大陸の形成の過程は地質学的データや古地磁気学データから明らかになってきている。それによると、その過程で東南極は、オーストラリア大陸、インド大陸とともに東ゴンドワナ大陸の形成し、一体として振舞ったと考えられているが、古地磁気データに関してはオーストラリア域外については信頼性のあるデータに乏しい状況にある。そこで、東南極から信頼性のある古地磁気学データを得て、東南極と他のゴンドワナメンバーとの関係を明らかにするために、やまと山脈において古地磁気試料を採取した。

やまと山脈はリュットホルム山脈にある約100kmにわたる約300kmにわたる岩体からなる(図1)。グラニュロイト相から角閃岩相の閃長岩類、閃長岩類、および密林・岩脈をなす花崗岩が分布している。試料採取は、B、C群(図1)で行い、花崗岩質片麻岩、閃長岩、およびそれらに侵入する花崗岩質岩脈を20地点において215個採取した。この地域の閃長岩からは350-400Ma、花崗岩質片麻岩からは362MaのK-Ar全岩年代が報告されている。

自然残留磁化の安定性の検討のため段階交流消磁実験を行った。多くの試料片が、240℃または320℃の消磁段階以降、自然残留磁化の方向、強度ともに不安定な挙動を示した。400℃から600℃の温度領域でマグネタイトが持つと考えられる

安定な磁化成分の存在が見いだされたのは、現在のところ4地点の試料片(花崗岩質片麻岩:2地点、閃長岩:2地点)からである(図2)。その成分が示す見かけの地磁気極は、東南極から報告されている初期古生代の古地磁気極にはほぼ一致する傾向が見られる。

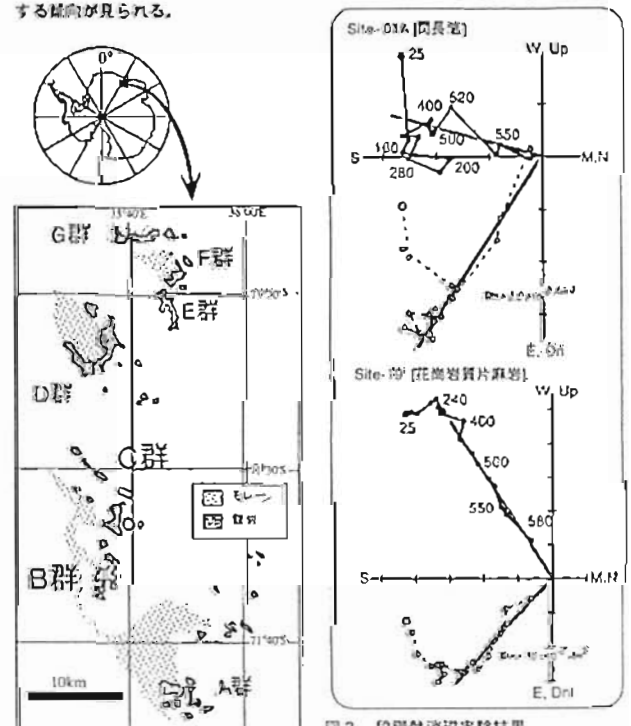


図1. やまと山脈の概図

図2. 段階交流消磁実験結果 (W: 磁北。この地域の傾角は約45° W)

## C22-P117

### 東偏した古地磁気方位を持つ瀬戸内火山岩

\* 嶋田 光雄[1], 鳥居 雅之[2], 袴 好幸[2]  
[1] 北大地球環境  
[2] 京都大理

#### Setouchi volcanic rock having eastward paleomagnetic direction

\* Mitsuo Shimada[1], Masayuki Torii[2], Yoshiyuki Tatsumi[2]  
[1] Hokkaido Univ.  
[2] Kyoto Univ.

Southwest Japan is known to have rotated  $\sim 40^\circ$  in restricted time about 15Ma. And Setouchi volcanism, excluding some acidic rock activity, have been considered to begin after the rotation. Here were port one primary andesitic rock at northwest Shikoku erupted before this rotation. Paleomagnetic direction of this site is  $I=52.2^\circ$ ,  $D=61.3^\circ$  and this direction cannot explain neither by local movements nor by geomagnetic secular variation. Geochemical character of this rock is almost same as primary andesites erupted after the rotation. This means that primary andesitic volcanism have began before or during the rotation.

西南日本は約15Maに $40^\circ$ 程度の急激な時計回り回転を行ったことが知られており、これは日本海の拡大により起きたと考えられている (Otofuji et al., 1985)。一方、日本海海底玄武岩のAr-Ar年代値 (Kaneoka et al., 1992) は20 ~ 17 Ma程度であり、西南日本の急回転は日本海の活発な拡大の最終期に突然起こっている。当時の西南日本においては、この急回転と同じところに外帯や瀬戸内において酸性岩の活動が、やや遅れて瀬戸内地域での塩基性岩の活動が起きたことが知られている。特に瀬戸内地域では玄武岩、高マグネシウム安山岩などの初生的な火山岩が産し、その生成条件から当時のテクトニクスに制約が与えられてきた (Tatsumi, 1982)。従来の年代測定結果からは、これらは14 ~ 12 Maころに噴出したと考えられ、西南日本の急回転の結果、この火成活動が起きたというモデルが提唱されている (Tatsumi and Maruyama, 1989)。しかしながら紀伊半島田辺層群中には、この急回転に先行して噴出した高マグネシウム安山岩の岩脈があること (Torii and Ishikawa, 1985)、四国西部においては15Ma前後のK-Ar年代値を持つ玄武岩質安山岩の活動が見られること (田崎ほか, 1990) など、

高マグネシウム安山岩の噴出開始時期は従来の解釈よりも早期に開始されている可能性がある。

今回、田崎ほか (1990) においてK-Ar年代値が報告されている岩体をふくむ、四国北西部の高マグネシウム安山岩質岩について古地磁気方位などを測定し、その内の1サイトから有意に東偏した方位が得られたので報告する。

測定試料は、松山市付近 ~ 高橋半島にかけて分布する岩脈もしくは岩頭状の単成火山から採取した。これらは、噴出後の傾動補正が不可能であるが、本研究では、1. 本研究地域内に分布し14.2+0.8 Ma (田崎ほか, 1981) のK-Ar年代が得られている松山溶結凝灰岩における傾動が非常に小さいこと、2. この地域の西に位置する周防大島などにおける瀬戸内火山岩類はほぼ水平な層理を保っていること、から試料採取地域においても噴出後の傾動は小さいと考えた。また、試料採取地域には80 ~ 82Ma (田崎ほか, 1990) に噴出した酸性岩の平行岩脈群が走っており、水平面内におけるサイト間の相互回転も考えにくい。

古地磁気方位の測定の結果、松山市高浜の初生安山岩や、田崎ほか (1990) において15.1+0.4MaのK-Ar年代が報告されている御幸寺山などからは、現在の地球磁場と同様の方位が得られた。一方、浅海原、福六において採取された試料からは有意に東偏した古地磁気方位が得られた。福六において得られた古地磁気方位は  $I=52.2^\circ$ ,  $D=61.3^\circ$ ,  $\alpha_{95}=6.2^\circ$  (N=9) であり、山陰 (Otofuji et al., 1991) や室生火砕流堆積物 (Torii, 1983) で得られている急回転前の層準の古地磁気方位とほぼ一致する。浅海原の古地磁気方位は  $I=23.7^\circ$ ,  $D=58.7^\circ$ ,  $\alpha_{95}=6.2^\circ$  (N=7) である。

これらの単成火山の古地磁気記録では、地磁気の変遷の影響は平均化されていない可能性がある。しかし、Shibuya (1980) により求められた過去2000年の地磁気年変化から推定されるVGPの緯度は $60^\circ$ 以南にはならず、福六のVGPの緯度 $48.7^\circ$ は地磁気年変化による東偏の記録とは考えにくい。一方の浅海原の古地磁気方位はこの可能性が否定できない。

分析した火山岩はすべて高マグネシウム安山岩とその分化したものと考えられ、福六や浅海原なども松山市高浜の初生安山岩と同様の化学的特徴を有している。従って、これらの生成条件が有意に異なるとは考えられない。

これから、瀬戸内地域での初生安山岩を生じる火成活動は西南日本の急回転に一部先行しもしくはその途中から開始されていると考えられ、回転との因果関係を再考する必要が出てきた。

## C22-P118

### Paleomagnetic results from ODP Leg 174A, New Jersey Continental Margin

\* Hirokuni Oda [1], ODP Leg 174A Shipboard Scientific Party [2]  
[1] Marine Geology Department, Geological Survey of Japan

Detailed paleomagnetic secular variation record especially in inclination was obtained from late Pleistocene sediment at the slope site with maximum sedimentation rate of about 100 cm/kyr. Brunhes/Matuyama (B/M) polarity boundaries were found from two sites on the shelf and were characterized by different magnetization intensity and susceptibility profiles across the boundary suggesting different magnetic mineralogy associated with the sedimentary environment or later diagenesis. ODP Leg 174A follows successful sampling of the continental slope and shelf during Leg 150, and continuing studies of the adjacent New Jersey coastal plain (Legs 150X and 174AX). Two sites (1071 and 1072) were drilled on the outer continental shelf in water depths of 88-100 mbsf, and one site (1073) on the continental slope at a water depth of 639 mbsf. The maximum depth of penetration was 424 mbsf on the shelf, and 664 mbsf on the slope. Total length cored is 947 m including 283 m of samples from the continental shelf sites in water depth less than 100 mbsf. Due to unconsolidated sand, recovery was 32.2% for the shelf sites. The oldest sediment sampled are middle Miocene on the shelf, and late Eocene on the slope. We report preliminary results, mainly of paleomagnetic and rock-magnetic study.

Site 1071 was drilled at  $\sim 130$  km east of New Jersey and Site 1072 was drilled  $\sim 3$  km southeast (seaward) of Site 1071. Site 1071 is split into 2 locations; Holes 1071A-E, and Holes 1071F and G located 1.1 km to the east. Paleomagnetic results were obtained from Holes 1071A-D, 1071F and 1072A, however, 1071F results show unstable low magnetization intensity. Paleomagnetic study was conducted on archive half samples at intervals of 5 cm and discrete samples taken one per section. Magnetic polarity determinations were mainly based on the progressive AF demagnetization results with intensity  $> 1$  mA/m after AF demagnetization at 20 mT, because archive half measurement sometimes suffers from drilling induced remanence (and bisecting for XCB and RCB samples).

Due to poor recovery of the sediments, only the B/M

boundary was determined. B/M boundaries were found within silty clay layer at 61.4 mbsf (10 cm below a sand layer) for Hole 1071B and at 61.3 mbsf (40-50 cm below a sand layer) for Hole 1071C. The difference in thickness of silty clay layer between B/M boundary and the above sand layer may indicate wavy erosional surface. In Hole 1072A B/M boundary was found at 62.3 mbsf within a silty clay layer with at least 130 cm thick overlying clayey silt. The B/M boundary in Site 1072 coincides with a marked increase both in magnetization intensity and susceptibility downhole. This evidence suggests that the sedimentary environment, which supplied magnetic mineral, changed across the boundary, or that the boundary is instead a diagenetic front in the overlying Brunhes Chron. This is different from Site 1071, where magnetization intensity decreases across the B/M polarity transition downhole, and susceptibility does not change significantly.

Below thick interval of clay-silt at 113.4-172.5 mbsf for Site 1071 and at 167.6-225.4 mbsf for Site 1072 were identified as a normal polarity dominated sequence (with some short reversed zones at Site 1072), which may be correlated with C3An or composite sequence between C4n and C3Bn.

At Site 1073, late Pleistocene sediments were recovered from thick intervals of 0-519.8 mbsf all of which seemed to be deposited within Brunhes normal polarity Chron. Paleomagnetic measurements were conducted at intervals of 5 cm on archive half samples before and after AF demagnetization at 20 mT. In spite of many gaps by gas expansion, paleomagnetic measurements on late Pleistocene sediments revealed detailed fluctuations in inclination with two possible short reversals at 15 mbsf and 351 mbsf. According to the biostratigraphic constraints, the former may be Laschamp ( $\sim 42$  ka) or Mono Lake ( $\sim 24$  ka), and the latter may be Emperor ( $\sim 417-490$  ka).

### Paleomagnetic study of Cretaceous sedimentary rocks from Uisong area, South Korea

Koichiro Itoh, Naoto Ishikawa (Kyoto University)  
Youn-Soo Lee (Yonsei University)

Cretaceous sedimentary rocks have been sampled at 33 sites in Uisong area (36°N, 128°E), subbasin of the Gyeongsang basin (South Korea), in order to determine detailed magnetostratigraphy of the Gyeongsang supergroup. In the southern part of this area, Gyeongsang supergroup shows N-S trending strike which is characteristic in the Gyeongsang basin. On the other hand, it shows E-W trending strike in the northern part.

A detailed thermal demagnetization reveals two components, component L and component H, from most of the specimens. The maximum unblocking temperature of component L is 620-660°C, and that of component H is Néel temperature of hematite. The carrier of component L is magnetite and hematite of low unblocking temperature (up to 620-660°C), and that of component H is hematite of high unblocking temperature. The thermomagnetic analysis and thermal demagnetization of isothermal remanent magnetization (Lowrie's method) also show that main magnetic minerals are magnetite and hematite.

The tilt corrected mean direction of component L is  $D=24.8^\circ$ ,  $I=57.7^\circ$ ,  $\alpha_{95}=2.7^\circ$ , and that of component H is  $D=32.6^\circ$ ,  $I=48.0^\circ$ ,  $\alpha_{95}=4.8^\circ$ . The precision parameter of mean directions of both component L and component H from all sites increase after tilt correction, but that of component L decrease within each formations. This suggests that component L is secondary magnetization acquired before local deformation which caused E-W trending strike. The mean direction of component H is similar to the characteristic paleomagnetic direction previously reported (including reversed polarity) from Gyeongsang basin (Lee et al. 1987). The 95% confidence limits of these directions intersect each other. All of components from this study are of normal polarity.



Fig. 1 Columnar section of lithologic units in Uisong subbasin. Grey colour indicates red sediments

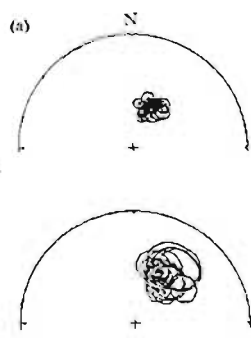


Fig. 2 Equal area projections of component L (a) and component H (b) after tilt correction

### アイスランド 東部および西部の溶岩の古地磁気

北川 創・河野 長 (東大理)・田中 秀文 (高知大教育)

#### Paleomagnetic study of lava sequences in Eastern and Western Iceland

Hajime Kitagawa, Masaru Kono (Univ. of Tokyo) and Hidetomi Tanaka (Kouchi Univ.)

Paleomagnetic measurements were made for the lava sequences in Jökuldalur and Lundarhals, Iceland. It is considered that the former was accumulated between the latter half of Matuyama and early Brunhes chron, and the latter in Gilbert chron. Most of secondary components are removed by AF demagnetization at the peak field of 15mT, so we can define primary directions easily.

アイスランドは大西洋中央海嶺上に位置する火山島である。今回次の2地域で採取されたサンプルの古地磁気測定を行った。

#### サンプリングサイトについて

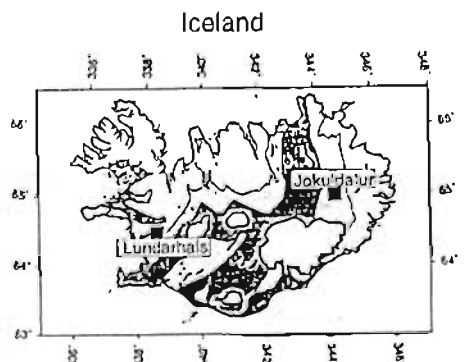
Jökuldalur 地域: McDougal and Wensink (1966) の Gileá イベントのタイプロカリティを含む計5セクション、のべ38枚の溶岩についてサンプルが採集された。これらの溶岩の年代については 宇田川 (1997) によって K-Ar 法による年代測定が行われており、松山期後半からブリュネス期初頭に相当する。

Lundarhals 地域: 採集されたサンプルのうち、今回3セクション、80枚の溶岩について古地磁気測定を行った。この地域は McDougal et al. (1977) によって記載された Borgarfjörður 地域の南方約10kmに位置しており、同じ年代のギルバート期のものであると考えられるが、極性の反転をどのイベントに対応させるかを決定するには年代測定を行う必要がある。

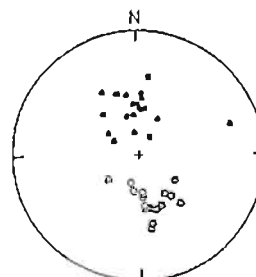
#### 実験方法と結果について

溶岩1枚当たり5本のコアサンプルを5mTごとに50mTまでの交流消磁によって磁化の測定を行った。溶岩の磁化強度は  $10^{-3}$ ~ $10^{-4}$  emu/cm<sup>3</sup> 程度であった。大きな2次磁化成分を持つものもみられたが、大半の2次成分は15mT程度で消磁され、そ

の後の消磁曲線はほぼ直線となるものが多かった。ほとんどのサンプルの磁化方向は、60°以上の大きな伏角を持ち、極性の判断は容易であった。



Legend for the map: Bedrock covered by alluvial deposits and lava flows, Active zone of rifting and volcanism, Quaternary flood basalts, Tertiary flood basalts



VM section, Lundarhals

C会場

10月4日(土)

9:00~12:00

# 岩石磁気・古地磁気 - II

## Rock Magnetism・Paleomagnetism - II

oral: C31-01~11

座長

兵頭政幸 (神戸大・理)

綱川秀夫 (東工大・理)

**Rock magnetic study of Chinese loess from Shajinping, Lanzhou, China**

\*T. Mishima, M. Torii (Kyoto Univ.),  
 H. Fukusawa (Tokyo Metropolitan Univ.),  
 K. Oi, Y. Ono (Hokkaido Univ.),  
 X.-M. Fang, B.-T. Pan, J.-J. Li (Lanzhou Univ.)

The loess-paleosol sequence in the Chinese Loess Plateau provides detailed records of paleoclimate during the Quaternary.

We collected 573 samples of loess-paleosol sediments from a 22m thick section at Shajinping, west of Lanzhou City (36°N, 104°E.) This section is on the second terrace of the Yellow River and the base of this section is dated to 34,200 ± 1,260 years B.P. (Li et al., 1991). Since the accumulation rate in this area is much higher (0.6 mm/year) than in the central part of Loess Plateau, high resolution analysis of the paleoclimate during the last interglacial is possible.

Magnetic susceptibility enhancement in paleosol is thought to be an effect of soil formation. However, the soil development is poor in this section. We can examine if there is other cause for the magnetic enhancement besides the soil formation, for example, change of source area or mineralogy of source materials.

Fig. 1 shows vertical change of magnetic susceptibility and  $S_{0.3T}$ . Magnetic susceptibility is almost uniformly low ( $\approx 3 \times 10^{-7}$ ) in loess and paleosol. Low value of  $S_{0.3T}$  ( $\approx 0.92$ ) suggests abundance of antiferromagnetic minerals, i.e., hematite or goethite.

Less enhanced magnetic susceptibility observed in this area is typical in the pristine loess. Comparing to other area where matured soil are developed, we can recognize the magnetic enhancement of Chinese loess is mainly due to soil formation.

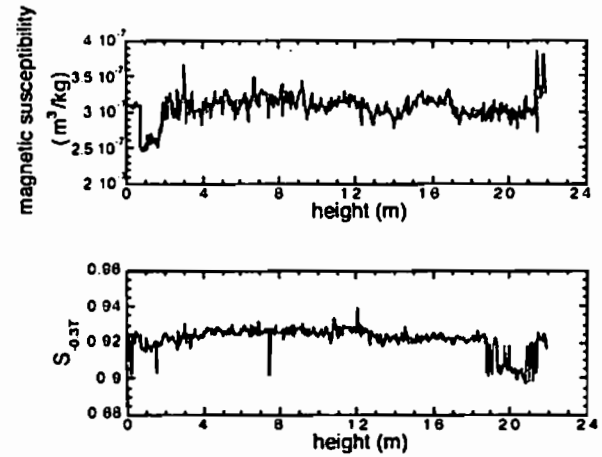


Fig. 1. Vertical changes of magnetic susceptibility and  $S_{0.3T}$  of loess-paleosol sediments from the Shajinping section.

**Paleomagnetic Study of the middle Cretaceous rocks from Yunlong, western Yunnan, China**

\*Ken SATO\*, Yo-ichiro OTOFUJI\*, and Yu Yan LIU\*\*

\* : Kobe University, Japan

\*\* : China University of Geosciences, China

20 sites (170 specimens) of middle Cretaceous red sandstones and siltstones were sampled for paleomagnetic study from the Nanxing Formation around Yunlong city (25.8°N, 99.4°E), western part of Yunnan province, China. Yunlong city is situated in the Baoshan block, northern part of the Shan-Thai-Malay Terrane, and is about 50km west of the Red River Fault which is the boundary between Shan-Thai Maray and the Yangtze blocks

After stepwise thermal demagnetization, high temperature components with unblocking temperature of about 675°C are isolated. These high temperature components which have easterly declinations are well grouped within site. Site-mean directions are well clustered after tilt correction and pass the fold test at the 99% confidence limit, which is supported by the maximum value of the precision parameter (k) appears at 100% unfolding in the progressive unfolding.

The positive fold test and normal polarities of all the site-mean directions suggests that the site-mean directions of high temperature components are characteristic components and primary origin of the middle Cretaceous Nanxing Formation. The mean direction of the middle Cretaceous Formation has easterly declination and down inclination (D = 40.2°, I = 49.9°,  $\alpha_{95}$  = 3.9°), which corresponds to a paleopole at 54.6°N, 171.8°E with  $A_{95}$  = 4.4°.

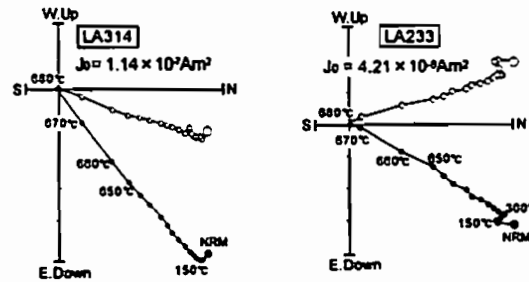


Fig.1 Representative orthogonal projections of the thermal demagnetization (in geographical coordinates).

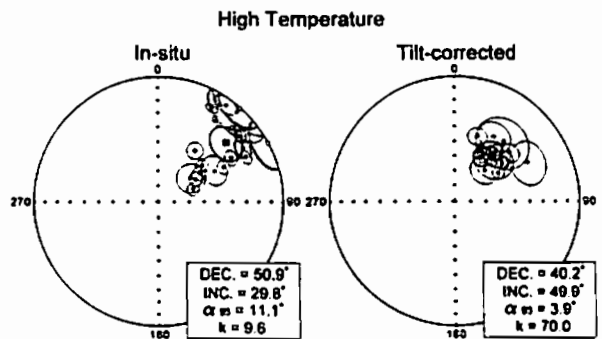


Fig.2 Equal-area projections of site-mean directions.



中国雲南省元謀の第四紀堆積物から得られた地磁気エクスカージョン

○兵頭政幸、岡 章、堀田暁子、峯本須美代（神戸大）、中谷英夫、卜部厚志（香川大）

A geomagnetic excursion from the Quaternary sediments in Yuannou Basin, Yunnan, Southwest China

○M. Hyodo, A. Hazama, A. Horita, S. Minemoto (Kobe Univ.), H. Nakaya, A. Urabe (Kagawa Univ.)

A paleomagnetic record was obtained from Plio-Pleistocene sediments in Yuannou Basin, Southwest China. The data obtained from four specimens per level in average by treatments of progressive thermal and/or alternating field demagnetizations show well-grouped directions within a same level. An age constraint from biostratigraphy enables to establish a magnetostratigraphy from Kaena subchron to Brunhes chron.

Just above the Olduvai subchron, excursion fields were obtained over a zone of about 23 m in thickness. They are characterized by fields of westerly declination and negative inclination. A virtual geomagnetic pole path calculated from them shows a simple motion confined to longitudes from 0° to 30°E. The time duration of the excursion is estimated to be from about 1.61 to 1.51 Ma assuming a constant deposition rate between the Olduvai and Jaramillo subchrons. The field motion pattern and its long duration suggest that it is correlated with the Sangiran excursion, just above the Olduvai subchron, reported from Pleistocene sediments in central and east Java, Indonesia.

中国雲南省元謀の鮮新・更新世堆積物の古地磁気測定を行った。1層あたり平均4個の試料を段階熱消磁または交流消磁を行って特徴的磁化成分を出し、詳細な古地磁気方向データを得た。その結果、Kaena subchronからBrunhes chornまでの磁気層序を確立することができた。

またOlduvai subchron直上の厚さ23mにも及ぶ地層にエクスカージョンが記録されていることが判明した。そのVGPパスは経度0°から30°Eに東傾されたシンプルな動きを示す。エクスカージョンの期間は、OlduvaiとJaramillo subchronの間を堆積速度一定を仮定して見積ると、1.61-1.51Maとなる。この磁場の動きのパターンとまわめて長い期間で見つかったエクスカージョンはジャワ島のサンギランとモジョケルトで見つけられているSangiran excursion (Hyodo et al., 1992)に対比できる。

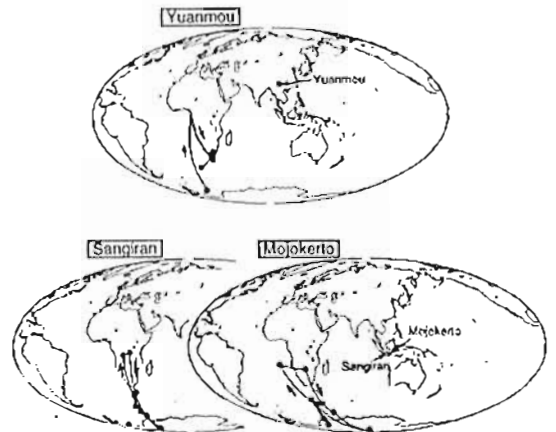


Fig.1 VGP path for the excursion from Yuanmou, Sangiran and Mojokerto.

茂木地域に分布する下～中部中新統の磁気極性層序とその意義

星 博幸（愛知教育大学地球環境科学領域）

Magnetic polarity stratigraphy for Lower to Middle Miocene strata in the Motegi area, southern NE Japan and its significance

Hiroyuki Hoshi (Aichi University of Education)

Local magnetic polarity stratigraphy was developed for the Lower to Middle Miocene volcanic sequence of the Motegi area. The sequence is divided into four magnetic polarity zones. By using isotopic ages and fossils, the local composite polarity pattern is correlated to the top of Chron C5Dr through the middle of Chron C5Br on the geomagnetic polarity timescale by Cande and Kent (1995; CK95). The Early to Middle Miocene calibration points of CK95 appear to be incorrect in terms of age. Also, it is suggested that age estimates for Early to Middle Miocene chron in the geomagnetic polarity timescale proposed by Wei (1995) are highly questionable.

関東地方の北部に位置する茂木地域には、新鮮な火山岩と火砕岩を主体とする厚い下～中部中新統が分布する。Figure 1に示すように、その中新統は岩相層序学的に下位から市場層、元古沢層、山内層、茂木層の4層に区分され、一括して中川層群とよばれている。下部の2層は主に砂岩、上部の2層は主にマフィック～フェルシック溶岩流と火砕岩からなる。本論文では、溶岩流に対する残留磁気測定の結果（星・高橋、1996；Hoshi and Takahashi, 1997）にもとづいて山内層と茂木層の火山岩シーケンスについて磁気極性層序を編み、磁気層序学的な区分をおこなったうえで、その磁気層序の意義について考察する。

＜磁気極性層序＞ 山内層と茂木層を構成する火山岩シーケンスは、残留磁気の極性変化にもとづいてFig.1に示すように4つの磁気帯に区分される。MTG-Aa逆磁極帯とMTG-Ab逆磁極帯との境界は、岩相層序学的な茂木層と山内層との境界に一致する。それは、この境界は不整合であり、数十万年にもおとす時間間隔が含まれているためである（石塚・星、1997）。放射年代値と化石の情報に制約条件として、磁極帯と地磁気年代尺度（Cande and Kent, 1995；以下CK95と略記）との対比を試みた（Fig.1）。

＜意義＞ MTG-Ab逆磁極帯/MTG-B正磁極帯境界の直上に位置する溶岩流からは、石塚・星（1997）により16.9±0.2Maおよび16.6±0.2MaのK-Ar年代値が得られている。この年代値はCK95のクロンC5Cr/C5Dn境界の推定年代17.277Maとは誤差範囲を考慮しても一致しない。このことは、放射年代値が真の増出年代を示していないか、またはCK95のクロン境界の年代見積り値が間違っていることを意味している。しかし、放射年代値には時に疑問をもつ理由は見当たらず（石塚・星、1997）。さらにCK95の校正点設定と年代についてはいくつかの問題が指摘されているため（例えばBaksi, 1993）、CK95の前～中期中新統における地磁気年代尺度に数十万年程度の「ずれ」が存在する可能性が高い。この問題を解決する一つの方法としては、MTG-Ab逆磁極帯/MTG-B正磁極帯境界の直下に位置する溶岩流に対して放射年代を測定し、前述の境界直上の年代値と併せて境界を

straddleすることで、境界の年代を精密に決定すればよい。

一方、Wei (1995) が提唱した地磁気年代尺度を用いて本地域の年代尺度を編んだ場合、大きな矛盾が生じてくる。中川層群を不整合に接する荒川層群の最下部には浮遊性有孔虫層序のN9/N8境界が確認されており（宇佐美ほか、1996）、Wei (1995) に従えばその年代は約16.3Maになる。ところが、茂木層上部の溶岩流は15.9±0.2Maという精度の高い年代値を与えているので、この場合中川層群上部と荒川層群下部が重複してしまうのである。両層群は傾斜不整合関係であるため、かなりの時間間隔が推定される。この矛盾は、Wei (1995) の地磁気年代尺度がかなり問題を含んでいることを示している。

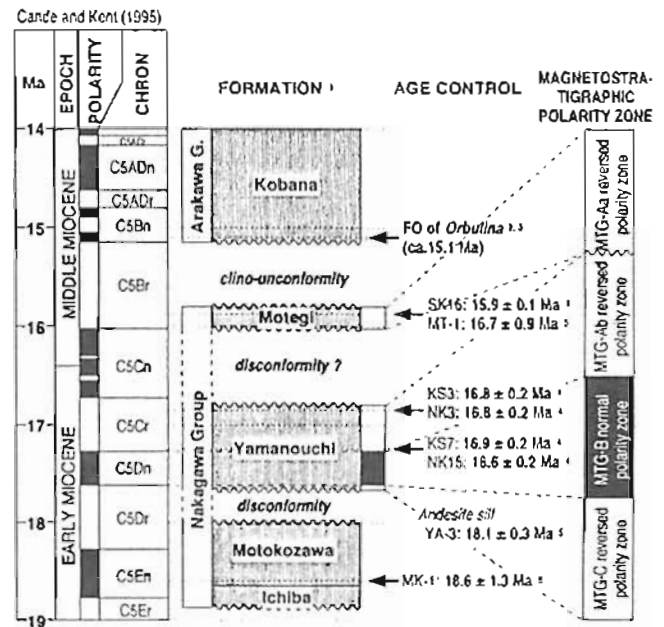


Figure 1. Correlation of local composite magnetic polarity zonation of the Lower to Middle Miocene sequence of the Motegi area to the geomagnetic polarity timescale.

## Holocene paleomagnetic secular variation from Lake Biwa

M. Ali<sup>1</sup>, M. Torii<sup>1</sup>, K. Takemura<sup>1</sup>, A. Hayashida<sup>2</sup>, and H. Kitagawa<sup>3</sup>

<sup>1</sup>-Div. Earth Planet. Sci., Graduate School of Science, Kyoto University

<sup>2</sup>-Sci. Eng. Res. Inst., Doshisha University

<sup>3</sup>-Int. Res. Center Japanese Studies

Paleomagnetic study using multiple piston cores from Lake Biwa provides a reliable paleosecular variation (PSV) record for Holocene time. The total numbers of 1415 discrete samples from three cores recovered at one site show stable remanence after partial alternating field demagnetization. The records from individual core show less scatter and excellent agreement among three cores. Finally a composite section of 11.5 meters was compiled after the precise adjustment and stacking of the three records into one. Age control of these cores base on two wide-spread tephra layers, Kawagodaira (3000 yr BP) and K-Ah (6300 yr BP). Precise radiocarbon dating is now on process.

Comparison between the Lake Biwa results and archeomagnetic data from Southwest Japan (Shibuya, 1980)

shows striking similarity of the declinations and inclinations. The other set of record from the Beppu Bay (Ohno, 1991), located about 500 km to the southwest of Lake Biwa, shows good correlation of directions. However the Beppu Bay results shows relatively small variation in inclinations and declinations compared to that from Lake Biwa. We think this comes from over regressive smoothing of the Beppu Bay records. When the Lake Biwa record has compared with the master curve of southwest Japan proposed by Hyodo (1993), we found number of differences in directional pattern between two. We think the differences are mainly due to insufficient age data of the cores used by Hyodo (1993). We will compare the original data set used by Hyodo (1993) to that from Lake Biwa for solving the differences.

We conclude that the stacked PSV record from Lake Biwa meets the criteria suggested for a reliable curve by the Thompson (1984), Verosub *et al.* (1986), and Peck *et al.* (1996). Our new PSV curve fills the gap found in correlation of the records in Southwest Japan and thereby contributes to the better understanding of PSV records in the region.

*Acknowledgments:* We thank to Dr. M. Hyodo and Dr. M. Ohno for allowing us to access to their data set.

## 狭山池堆積物による高精度地磁気永年変化の復元

金子 稔一 兵頭 政幸 (神戸大) 内山 高 吉川 周作 (大阪市大)

A detailed geomagnetic secular variation record during the last 700 years from Sayamaike pond, Osaka Prefecture, Japan

Masnkazu Kaneko, Masayuki Ilyodo (Kobe U.), Takashi Uchiyama, Syusaku Yoshikawa (Osaka City U.)

A detailed paleomagnetic record of the geomagnetic secular variation during the last 700 years has been obtained from the sediments in Sayamaike pond, Osaka Prefecture, Japan. Oriented samples were taken from fresh sections exposed by a dredging work. In average, five samples per horizon were collected at intervals of about 2.5cm from a sequence of about 8m in thickness. All the samples were subjected to progressive demagnetizations in alternating fields. Characteristic remanent magnetization was isolated from 99% of the samples, and as a result, a detailed record of declination and inclination of the past geomagnetic field was obtained. A comparison with the previous record of secular variation from archaeomagnetism indicates that the Sayamaike sediments record the geomagnetic field during the last 700 years. An age of the bottom of the sediments estimated by the magnetic correlation agrees with that of the repairing work described in ancient documents. In the secular variation record from Sayamaike, similar patterns of field direction changes were found during 1425-1465 A.D.

and 1320-1340 A.D. They are characterized by rapid fluctuations in high amplitude in inclination. In addition, they show similar looping motions in Bauer plots. The two geomagnetic behaviors may be a geomagnetic phenomenon due to the same origin.

大阪府南部にある、日本最古の溜池の一つである狭山池の改修工事の際に現れた最大層厚 8m の掘削断面から試料を採取した。この試料の磁化測定の結果、AD1300 年以降の精度の高い詳細な地磁気永年変化を復元することに成功した。

試料採取は、掘削断面からシルト・粘土層を選び、192 層準に対し一層準平均 5 個の試料を、直接キューブカプセルを押込む方法を採用した。全ての試料は、磁気コンパスを用いて定方位で採取した。合計 724 個の試料に対して、段階交流消磁を行った。その結果、99% の試料について特徴的磁化成分を取出すことに成功した。

狭山池は、築造年代が 7 世紀前半であることが、分かっている。既に報告されている考古地磁気学における永年変化曲線との比較を行い、この池の堆積物が、AD1300 年以降の地磁気永年変化を記録していることが、分かった。古文書の記録によれば、鎌倉時代に池の改修工事が行われたと記述されており、推定された下限の年代はちょうどこの改修工事の年代に一致する。

ここで得られた永年変化曲線の時間分解能は、平均 3.6 年である。この今までに例のない高い分解能により、AD1425 年～1465 年及び AD1320 年～1340 年に、これまで報告されていない急激な地磁気変動が見つかった。これは、特に伏角において、短期間に高振幅の振動を繰り返す特徴を持つ。この 2 つの変動は、パワープロットで見ると同じベクトルの動きのパターンを示すことから、同じ原因による地磁気現象の可能性もある。

## C31-07

### 東郷池湖底堆積物の岩石磁気学的研究 (1)

杜克玲、鳥居雅之、国子克樹 (京都大学)  
 福澤仁之 (東京都立大学)

Rock Magnetic Study of Lake Sediments, Togoike (1)  
 Du Ke-Ling, Masayuki Torii, Yoshiki Kuniko (Kyoto Univ.)  
 and Hitoshi Fukusawa (Tokyo Metro. Univ.)

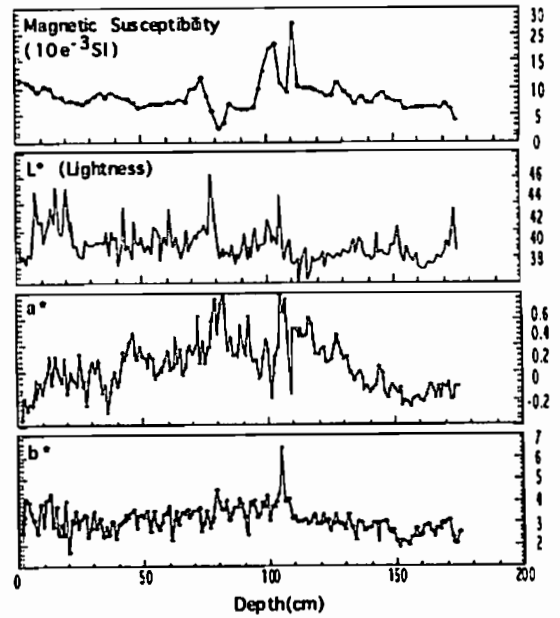
鳥取県の東郷池は日本海に面し、過去に日本海の海水面変動の影響による環境変動が激しかったと思われる。しかも、その近くの地域では火山活動が活発だったので、年代推定に用いることができる火山灰層が多数含まれている。これらの理由で、東郷池を対象として、環境変動を環境磁気学的方法で調査することとした。

昨年十月に試料の採集を行った。4 mのピストンコア5本と2 mのピストンコア1本と各コアの採集場所でグラビティコアを各1本ずつ採集した。ここではTOG96-4 (4m)、TOG96-5 (4m)、TOG96-6 (2m)の3本のピストンコア試料とグラビティコア試料についての岩石磁気学的データを報告する。

初帯磁率の測定結果によると、TOG96-4とTOG96-5コアがよく対比できた。両コアの上部は相対的に大きな値を示し、いくつかのピークが対比できると考えられる。そして、下の部分では初帯磁率は変化がやや緩やかであり、値も比較的小さい。分光測色計で測定した色 ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) と初帯磁率には関係があると考えられる。 $L^*$ は明度で、 $a^*$ ,  $b^*$ は色の彩度を示す。帯磁率が高いところでは、明度 $L^*$ は低くなる (図)。

磁性鉱物の種類や粒子サイズについては、キュリー点測定と

MPMSによる低温測定を行った。主な磁性鉱物はマグネタイトであるが、他により低温側にも相変態らしきものが観察された。粒子サイズについては、ARMなどを用いて検討した。



(図) TOG96-6の初帯磁率と測色データ ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  表色系)の深度に対する変化

## C31-08

### Paleomagnetic study on Quaternary volcanic rocks from Datong, China.

\*Y. Yamamoto\*, H. Tsunakawa\*, M. Kono\*\*  
 (\*Tokyo Institute of Technology, \*\*University of Tokyo)

In 1986 and 1987, the field works of "Study of Tectonic Evolution of Northeastern Asia Based on Paleomagnetic Comparison between Japan and China" were carried out. Paleomagnetic core samples were collected from lava flows in Datong, China, because there are not enough data of the paleosecular variation in the interior region of China for the geological age, specially concerning the Brunhes epoch. Hence we performed both direction and paleointensity measurements on these samples and make a report on these experimental results.

The sampling area near Datong is located 200 km west of Beijing in China. About 20 scoria cones are distributed over the area of 50 km<sup>2</sup> and they compose a swarm of the Quaternary Datong monogenetic volcanoes. These volcanoes are divided into 2 groups; one is the western subgroup distributed in NE-SW trend and the other is the eastern subgroup in EW trend. It is suggested that the formation age of the eastern subgroup is older than that of the western subgroup, and an alkaline-basalt rock collected from Datong area was dated to be  $0.25 \pm 0.04$  Ma by K-Ar method (Kanenka et al, 1983). Samples measured in our experiments were collected from 22 sites of alkalinebasalt. These 22 sites consist of more than 10 lava flows which are located in both of the eastern and western subgroups. In this study, we made the following experiments on these collected samples; stepwise AF and thermal demagnetization, and paleointensity determination by the Thellier method and the double heating technique of the Shaw method. In these experiments we mainly applied stepwise AF demagnetization and the double heating technique. Thermal demagnetization and the Thellier method is adapted as supplement.

In the double heating technique of the Shaw method, specimens are subjected to the alternating field demagnetization at 5-10 mT steps up to 120mT. ARM is given in a 100 $\mu$ T DC field associated with a 120mT AC field, and TRM is in 20 $\mu$ T or 50 $\mu$ T DC field at 610°C. The top temperature of 610°C is kept for 10 minutes in first heating and 20 minutes in second heating. We applied the following rejection criteria to these experimental results

1. No primary component in the vector plot of AF demagnetization.
2. Linear portion ( $r \geq 0.995$ ,  $N \geq 4$ ) in the NRM/TRM1\* diagram, which should consist of the primary component of the higher coercivity, is less than 10% of the original NRM.
3. Linear portion in the TRM1/TRM2\* diagram is less than 10% of the original TRM1.
4. Slope of the linear portion in the TRM1/TRM2\* diagram is out of  $1.00 \pm 0.05$ .

In the Thellier method, specimens are subjected to the thermal demagnetization at 20-250°C degree steps up to 600°C. TRM and PTRM is given in a 20 $\mu$ T or 50 $\mu$ T DC field at each temperature steps, and also susceptibility are measured. These experimental results are analyzed with our rejection criteria as described below.

1. No primary component in the vector plot of TH demagnetization.
2. Linear portion ( $r \geq 0.995$ ,  $N \geq 4$ ) in the NRM/NRM0-TRM/NRM0 diagram, which should consist of the primary component is less than 10% of the original NRM.
3. Considering the uncertainties, PTRM is significantly ( $2\sigma$ ) different from TRM.
4. Before or just after heating at the highest temperature of the linear portion, the maximum of susceptibility change exceeds 10% of the original.

As a result, the rejection rate in the double heating technique of the Shaw method is 17 / 36 specimens while 20 / 24 in the Thellier method. The remaining results can be interpreted as "not so bad data". However there are a few differences between the paleointensities of the Shaw and Thellier method. For example, the paleointensity of a certain sample by the Thellier method is about 3 times as large as that by the modified Shaw method. We are now investigating the reason of this difference.

## C31-09

Attempt to determine the paleointensity by the Cretaceous igneous rocks from Iritono, Abukuma Region, Japan (3)  
 Further Thellier Experiments-

V. Tatar, H. Tsunakawa (Titech) & Y. Takigami (Kanto-Gakuen College)

The results of paleointensity experiments have been presented on Cretaceous granitic intrusions from Iritono in Abukuma Region, Northeast Japan. A new  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  age is provided to be  $102.1 \pm 0.3$  Ma for the biotite. This granite was therefore formed in the middle of Cretaceous quiet zone when the geomagnetic field strength had a long period of normal polarity interval 118-83 Ma (Cande and Kent, 1992) also known as Cretaceous Super Chrono. Paleointensity of the Cretaceous Super Chrono has been the target of many researches, but the data are still limited. In this study, we aimed to provide paleointensity data in order to have better understanding of the geomagnetic field in this interval.

The results of stepwise thermal demagnetization show that the samples have stable remanences with blocking temperatures around 475-535 °C. Susceptibility changes its magnitude to be less than 10% through laboratory heating up to 600 °C. Six specimens were measured by the Thellier paleointensity technique (Coe, 1969) and two of them were discarded on the basis of our rejection criterion. Then the paleointensity and VDM are estimated from Thellier's experimental results.

Site	Int. ( $\mu\text{T}$ )	VDM ( $\times 10^{22} \text{Am}^2$ )
TN0502	20.7	4.8
TN0505	21.95	5.1
TN0602	31.75	7.1
TN0605	30.4	6.7

Although the samples within site give similar values, about  $10 \mu\text{T}$  difference is recognized between these two sites. The representative Arai diagram is given in Fig 1a for TN05 and Fig 1b for TN06.

Tsunakawa et al. (1996, Fall meeting) studied the paleointensity estimation of the same granitic rock and reported the discrepancy between the Shaw and Thellier results. In this study, experimental conditions are partly different from those in the previous study, for example, decrease in the hold time at the top temperature from 15 minutes to 5 minutes, to reduce the thermal alteration

due to the laboratory heating.

The results from previous study (Tsunakawa et al. 1996) summarized as follows Thellier experiments give paleointensity of  $22.5 \mu\text{T}$  TN0504 and  $24.7 \mu\text{T}$  TN0605. However, the Shaw Method with the double heating technique gives paleointensity  $31.5 \pm 2.5 \mu\text{T}$  (a mean value from the samples; TN0501, TN0502, TN0503) and its corresponding VDM is  $7.1 \times 10^{22} \text{Am}^2$ .

Combining the new and previous results, the paleointensity values can be grouped into two; one is about  $30 \mu\text{T}$  from both experimental methods and the other is about  $20 \mu\text{T}$  from the Thellier method. Tsunakawa et al. (1996) indicated that the ARM change was significant after the first heating ( $610^\circ\text{C}$ ) in the Shaw method though the Thellier experiments give good linearity and PTRM tests in the range of about  $500^\circ\text{C}$  -  $600^\circ\text{C}$ , resulting in  $\sim 20 \mu\text{T}$ . The new Thellier results, probably in the condition of less thermal alteration in the experiment, show both value of  $20 \mu\text{T}$  and  $30 \mu\text{T}$ . This suggests that the lower paleointensity may come from sample alteration due to laboratory heating.

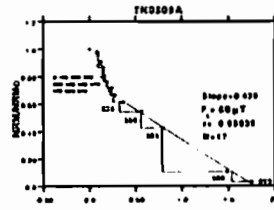


Fig. 1a)

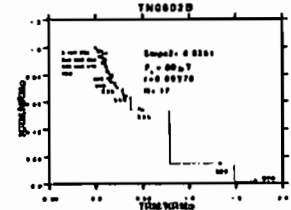


Fig. 1b)

## C31-10 Development of the new version of the Shaw method combining the low temperature demagnetization and the double heating technique

Hideo Tsunakawa (Tokyo Institute of Technology)

The Shaw method using the ARM correction technique is based on the similarity of magnetic characteristics between TRM and ARM. However this similarity may be limited to single-domain particles and thus the Shaw method seems invalid for multi-domain ones. If we separate single-domain component from multi-domain one, the reliability and the success rate in the Shaw method would increase. Recently the low temperature demagnetization (LTD) has been highlighted, by which multi-domain remanence of magnetite could be demagnetized at a sufficiently low temperature whereas a single-domain component could remain. The LTD can easily be applied to the modified Shaw method with the double heating technique (DHT). The procedure in the LTD-DHT Shaw method is described below.

### <Experimental Procedure in the LTD-DHT Shaw method>

- 1) NRM is measured.
- 2) LTD: The specimen is preserved in liquid nitrogen in a null magnetic field for 10 min and picked up to be warmed in a null magnetic field (NRM<sub>LTD</sub>).
- 3) NRM<sub>LTD</sub> is subjected to alternating field demagnetization (AFD).
- 4) ARM0 is given in parallel to NRM<sub>LTD</sub> and subjected to AFD.
- 5) ARM0 is given again and subjected to LTD (ARM0<sub>LTD</sub>) and AFD.
- 6) TRM1 is given in the first heating for 10 min at 610 °C.
- 7) TRM1 is measured.
- 8) TRM1 is subjected to LTD (TRM1<sub>LTD</sub>) and AFD.
- 9) ARM1 is given in parallel to TRM1 and subjected to AFD.
- 10) ARM1 is given again and subjected to LTD (ARM1<sub>LTD</sub>) and AFD.
- 11) TRM2 is given in the first heating for 20 min at 610 °C.
- 12) TRM2 is measured.
- 13) TRM2 is subjected to LTD (TRM2<sub>LTD</sub>) and AFD.
- 14) ARM2 is given in parallel to TRM2<sub>LTD</sub> and subjected to AFD.
- 15) ARM2 is given again and subjected to LTD (ARM2<sub>LTD</sub>) and AFD.

We temporarily measure ARM before LTD, which can be compared with that after LTD. TRM is corrected for ARM after LTD:

$$\text{TRM1}_{\text{LTD}}^* = \text{TRM1}_{\text{LTD}} (\text{ARM0}_{\text{LTD}} / \text{ARM1}_{\text{LTD}})$$

$$\text{TRM2}_{\text{LTD}}^* = \text{TRM2}_{\text{LTD}} (\text{ARM1}_{\text{LTD}} / \text{ARM2}_{\text{LTD}})$$

We determine the criteria applied to the paleointensity experiments in our laboratory. We can basically provide only the rejection rules. If the experimental result satisfies, at least, one of the following criteria, we should discard it. However, it is notified that the survived data are not guaranteed to be 'good' but to be 'not so bad'. Further examination should be done by the consistency test of multi-specimens and so on.

### <Rejection Criteria in the LTD-DHT Shaw method>

- 1) No primary component in the vector plot of AF demagnetization.
- 2) Linear portion ( $r > 0.995$ ,  $N > 4$ ) in the NRM<sub>LTD</sub>/TRM1<sub>LTD</sub>\* diagram, which should consist of the primary component of the higher coercivity, is less than 10 % of the original NRM<sub>LTD</sub>.
- 3) Linear portion in the TRM1<sub>LTD</sub>/TRM2<sub>LTD</sub>\* diagram is less than 10 % of the original TRM1<sub>LTD</sub>.
- 4) Slope of the linear portion in the TRM1<sub>LTD</sub>/TRM2<sub>LTD</sub>\* diagram is out of  $1.00 \pm 0.05$ .

This new technique was applied to two test samples given an artificial NRM, originally TRM, and to the natural volcanic rocks (refer to Shimura and Tsunakawa, this meeting). The test samples were originally a granitic rock used for other paleomagnetic experiments and show high blocking temperature spectra higher than 520 °C and relatively stable magnetizations against AFD. NRM (TRM) decreased  $\sim 5\%$  after LTD while ARM0 resulted in  $\sim 10\%$  decrease due to LTD. The intensity decrease in ARM can be found in the coercivity spectra by 60 mT AFD. The slope in the TRM1<sub>LTD</sub>-TRM2<sub>LTD</sub>\* diagram suggests that the ARM correction is applicable to one of the samples. However the other sample shows that the slope of TRM1<sub>LTD</sub>-TRM2<sub>LTD</sub>\* is out of  $1.00 \pm 0.05$  whilst the NRM<sub>LTD</sub>/TRM1<sub>LTD</sub>\* diagram gives a correct intensity. These suggest that we must apply the rejection criteria for eliminating 'bad data', not for the selection of 'good data'.

## Paleomagnetism of Daisen Volcanic Rocks, Japan(2)

K.Shimura and H.Tsunakawa  
(Tokyo Institute of Technology)

## INTRODUCTION

It is thought that Daisen Volcano in western part of Tottori Prefecture began its activity about 1Ma ago according to K-Ar ages, paleomagnetic studies and so on. During the early stage of the its volcanism, parasitic volcanoes (e.g. Mt.Tsubanuki and Mt.Tatarado) were formed. About  $0.5 \pm 0.1$  Ma ago the volcanic activity was particularly intensive and then the older lava flows (e.g. Senjosan) were formed. Therefore the volcanic activity of Daisen spans the Matsuyama reversed and the Brunhes normal epochs (e.g.Okada 1978). The main purpose of our experiments is to obtain the paleointensity data from Daisen Volcanic rocks collected from these lava flows. In this report the paleomagnetic results have been given about experimental progress after the spring meeting, especially, a new attempt of the modified Shaw method with the low temperature demagnetization (LTD) and the double heating technique (DHT).

## EXPERIMENTAL METHOD

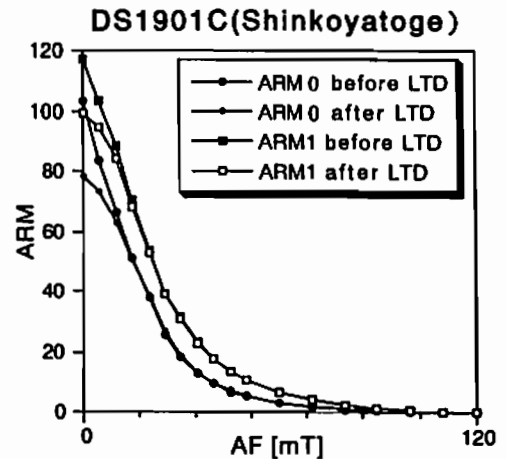
The modified Thellier and Shaw methods have been applied. LTD is combined with the double heating technique of the Shaw method. When LTD is applied, specimens are preserved in liquid nitrogen for 10 min and also subjected to 60 minutes warming in a null magnetic field. All of NRM, ARM and TRM were measured after the LTD.

## RESULTS

The new version of the Shaw method (LTD+DHT) is applied to the samples from Shiroyama lava flow and Shinkoyatoge welded tuff. The ARM0 intensity of the Shinkoyatoge sample shows

24.3% difference before and after LTD and similarly ARM1 decrease is observed to be 15.2%. As a result, we have good results from these two sample, the calculated paleointensity is  $9.2 \mu\text{T}$  from the results by the LTD-DHT Shaw method for the Shiroyama sample, and  $26.8 \mu\text{T}$  for the Shinkoyatoge sample. The simple DHT Shaw method gives a paleointensity of  $12.0 \pm 1.0 \mu\text{T}$  to the Shiroyama sample, and  $29.7 \pm 1.4 \mu\text{T}$  to the Shinkoyatoge sample. These results indicate that LTD-DHT Shaw method can be a good tool for the paleointensity determination.

Fig.1 Changes of the Shinkoyatoge sample in the ARM0 and ARM1 intensities with AF demagnetization before and after LTD.



C会場

10月5日(日)

13:00~14:00

# 地殻活動電磁気学

## Tectonoelectromagnetism

oral: C42-01~04

座長 瀬戸正弘 (東北工大)

# C42-01

1993年グアム地震前後の

地磁気変化について

瀬戸正弘、北村保夫（東北工業大学）・湯元清文（九大・理）

210' MM地磁気観測グループ

Geomagnetic Variations before or after the Guam Earthquake

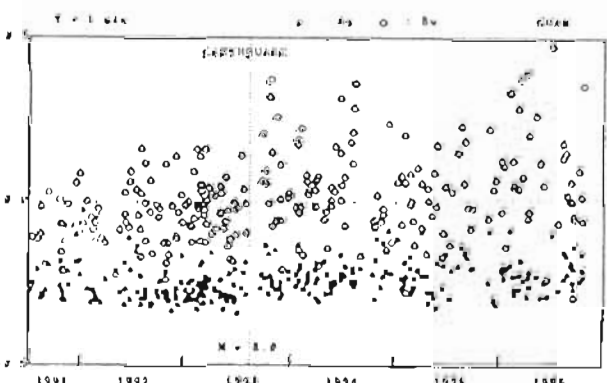
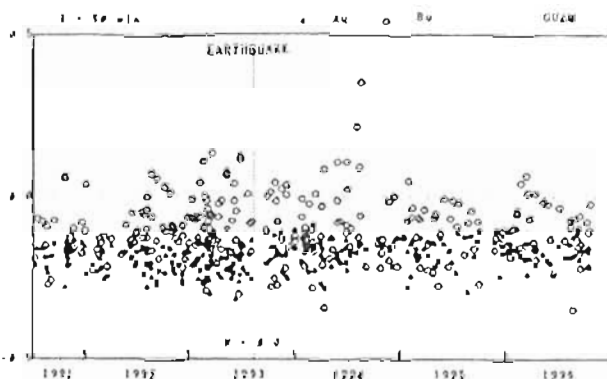
Masahiro Seto, Yasuo Kitamura  
(Tohoku Institute of Technology)

Kiyahumi Yumoto  
(Kyushu University)

The 210' MM Magnetic Observatory Group

1993年8月8日08:34 U.T. にグアム島付近のマリアナ海溝でM8.0という大地震が発生した。グアム島には210' MM地磁気観測点があり、1991年6月よりフラックスゲート磁力計による地磁気三成分変化観測がなされている。震央と観測点の距離は約65 kmと近く、また、震央付近の海の深さは約2000 mなので地震と地磁気変化の関係を地好の機会となった。

これまでに何人かの著者によるUHF帯の地磁気変化の解析から、地震とUHF帯変化との関係が指摘されている。より長期間の地磁気変化については、これまでCA研究会などで報告してきたが、今までの解析では、特に明瞭な関係が見られなかった。しかし、地震前後について更に長い期間のデータを解析したところ、図に示すような結果例が求められた。図にはグアム観測点において、約5年間に渡って顕著な地磁気変化があった全ての日の交換周数を求めたうちの周期50分(上)と1分(下)のAuとBuの実数部の値の日毎の変化が示されてされている。AuもBuもバラツキが多いが、特にBuのバラツキが大きく、しかも、地震前後で明らかにそのバラツキの仕方が異なることがわかる。その原因はまだ分からないが、これは特に変化の周回数になる程顕著であると思われる。



# C42-02

水沢・江刺における広帯域MTの  
固定連続観測 (序報)

藤原智・青木和夫・安藤寛一・門脇俊弘・田辺洋・根本信・三和功喜・濱崎英夫 (国土地理院)・山下実 (フェニックス)

Stationary wide-band MT system installed at Mizusawa and Esashi (preliminary report)

S. Fujiwara, K. Aoki, S. Ando, T. Kadowaki, T. Tanabe, S. Nemoto, K. Miwa, H. Hamazaki (Geographical Survey Institute) and M. Yamashita (Phoenix Geophysics Ltd.)

A stationary MT monitoring system was installed in Mizusawa and Esashi to monitor ground resistivity changes associated with crustal activities. The system is based on Phoenix V5-16 MT units and it measures continuous time-series data of 2 components of telluric field and 3 components of magnetic field. From one year measurements, we found that the apparent resistivity of 0.0234 Hz changed about 30% at Esashi (remote reference site is Mizusawa).

国土地理院では、地下深部の見掛け比抵抗を連続的に観測することにより、地球内部の変化を把握する目的で、MT固定連続観測装置を若手邊の水沢および江刺に設置し(図1)、1996年4月から観測を開始した。

観測装置は、Phoenix Geophysics社製V5システムを基本としたMT (Magnetotelluric)観測装置で、電場と磁場を連続観測し、広帯域(320Hz-2000Hz)における見掛け比抵抗、位相などとその変化を求めることができる。また、それぞれの観測GPS時刻によって同期がとられており、リモートリファレンスによる精度向上をはかっている。測定は自動で行われ、発表回線を使ったデータの転送、リモートリファレンス処理などもすべて自動で行われている。

図2は、江刺観測場における1996年4月から1997年5月までの安定した周波数帯である周波数0.0234Hzの見掛け比抵抗の時間変化を示したものである。なお、4回行われたキャリブレーション結果より機器の感度の変化は1%以下である。同図によれば、変化は年間約30%あり、非常に大きな変化量である。7.5Ωでは変化が現れておらず、表層の比抵抗変化の影響ではなく、この変化の理由については、現状では明らかでない。見掛け比抵抗の固定連続観測は初めての試みであり、比抵抗が大きく

変化していることが実際にとらえられたことより、今後のデータ蓄積を持って原因などを検討していきたい。

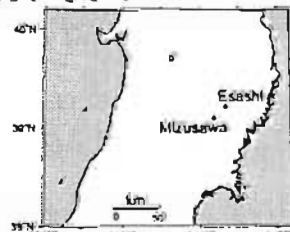


図1 MT固定連続観測装置を設置した水沢と江刺の位置図

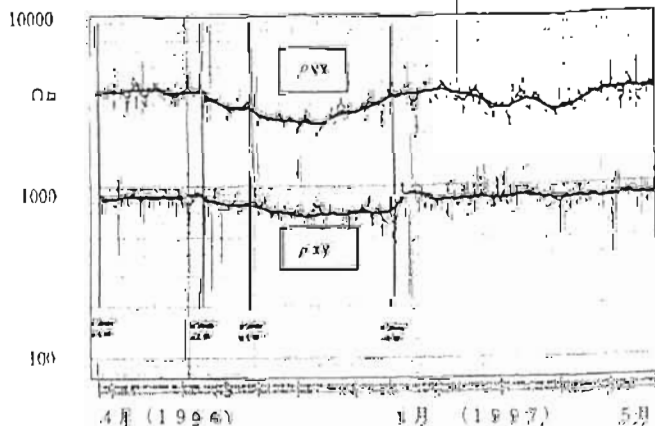


図2 江刺観測場周辺の見掛け比抵抗変化  
周波数0.0234Hzのρxyの日ごとの変化。  
縦線はキャリブレーションを行った時期。

## C42-03 油壺における大地比抵抗変化について

○吉野登志男・歌田久司(東大地震研)

### Variation in earth resistivity at Aburatsubo, central Japan

○Toshio YOSHINO and Hisashi UTADA (Univ. of Tokyo)

A resistivity variometer of high sensitivity has been operated at Aburatsubo about 60 km south of Tokyo since 1968.

The records of earth resistivity are divided into 3 kinds.

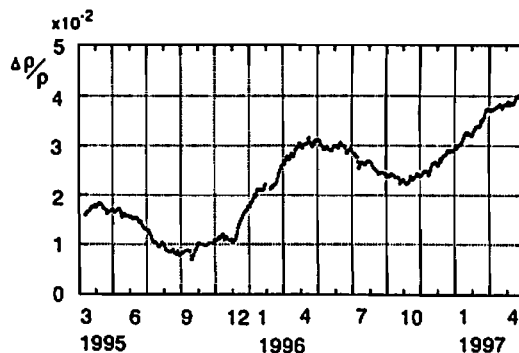
- 1) Changes of the order of  $10^{-4}$  caused by crustal strain in association with tidal loading
  - 2) Seasonal variation of the order of  $10^{-2}$  with maximum in April and minimum in October
  - 3) Coseismic changes
- We report a result of our investigation about seasonal variation and coseismic changes.

神奈川県三浦半島の油壺で大地比抵抗の連続観測を行っている。観測記録を調べた結果、油壺の比抵抗変化は次の3種類に分けられることがわかった。

- 1) 海洋潮汐の海面上下変動に伴う  $10^{-4}$  オーダの変化
- 2) 前記の変化に重畳して4月頃に極大、10月頃に極小となる  $10^{-2}$  オーダの年周変化
- 3) 地震に伴うステップ状の変化である。3)の変化は比抵抗が増加する場合と減少する場合とがある。この増加、減少は、地震がどこで発生したかに関係なく、 $N20^{\circ}E$  方向では大体夏に増加、冬に

減少という季節変化を示し、 $N81^{\circ}W$  方向では反対の変化を示す。

この内 1)の変化は地殻歪変化に対応しており、また岩石の室内実験のデータにその変化量が調和しているの、歪応力のためと考えられる。一方 2)と 3)の原因は現在までのところ特定できていない。そこで地下1mまでの温度、潮位、伸縮などの観測データを使用して比抵抗との関係について調べ、その原因について考察する。下図に年周変化の一例を示す。1995年3月から1997年4月までの比抵抗変化で、比抵抗値は2年2ヶ月の間に年周変化をしながら増加している。



## C42-04 神津島で観測された自然電位異常変化

織原義明, 高橋一郎, 山口透(理化学研究所), 長尾年恭(東海大学地震予知研究センター), 上田誠也(理化学研究所)

Anomalous Changes in Geoelectric Potential at Kozu Island, Japan. Yoshiaki ORIHARA, Ichiro TAKAHASHI, Tohru YAMAGUCHI (RIKEN), Toshiyasu NAGAO (Tokai Univ., EPRC), Seiya UYEDA (RIKEN)

We observed anomalous changes in geoelectric potential at Kozu Station on May 20 and 21, 1997. The Kozu Island is a low noise free area. The most interesting point is that those anomalous changes are mechanically distinguishable from apparently artificial noises by  $\Delta V/L$  check etc. At this moment, we can state that signals which are not attributable to geomagnetic, artificial and electrode instability origin exist.

平成8年度第三四半期より開始された理化学研究所・地震国際フロンティア研究プログラムでは地震発生前に連鎖的に発生する地殻内電磁気現象の解明を目標としている。このための各種観測手法による観測点の配備とそのデータ収集・解析システムの整備をまずは重点的に行っている。

### 神津島で観測された異常変化

神津島は銚洲海嶺の延長線上に位置しており、新島(式根島)とともに伊豆七島の一部を形成する。銚洲海嶺から神津島・新島周辺では1990年ごろより地震活動が活発化しており、この活発化は南海トラフ沿いの巨大地震に先行する現象との指摘もある。

97年3月に神津島に2カ所(神津島空港, 多目的広場)の地電流短基線観測網が設置され、4月にはNTT交換所電極およびNTT専用回線を利用した長さ2kmクラスの長基線観測も追加された。長基線の一端(ごみ焼却場)には短基線一本も設置された。同島は人工ノイズが少なく、本研究で設置した観測点の中でベストともいえるデータが得られている。

観測開始以来、際立った異常は観測されなかった。しかし、5月20日と21日の両日に顕著な異常が観測された。

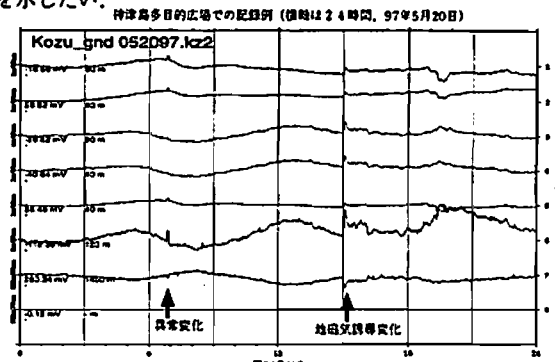
その異常の特徴は以下の通りであった。

5月20日 6時47分 継続時間 6分  
5月21日 15時17分 継続時間 7分

そして、同月22日に神津島東方約6kmの沖合いでM4.7の地震が発生した。また、24日には遠州灘(神津島西方約145km)でM5.6の地震が発生した。

これらの地電流異常変化と地震との関連については、あまりにもデータが少ないため現時点ではこれ以上言及することはできない。

図には97年5月20日の神津島・多目的広場での記録例を示す。Ch.1から6が多目的広場の中の短基線、Ch.7がNTT交換所との間の長基線である。午前6時から7時の間に矩形の明瞭な変化が記録されている。またこの図には地磁気活動による誘導電場も記録されている。また一日を通じ、人工ノイズレベルが極めて低いのも特徴である。特徴すべき点は、上記の地電位差変化が、空港を除く島の3カ所(多目的広場短基線網, NTT交換所電極, ごみ焼却場短基線)で同時に観測された事である。これはどこかの電極(あるいは地区)のみが変化したのではない事を示している。また今回観測した異常と人工ノイズとは特徴が異なり、機械的に区別する事が可能である。講演では最新の測定結果も交え、少なくとも人工ノイズでもなく、電極が原因でもなく、かつ地磁気の誘導でもない変化が存在する事を示したい。





C会場

10月5日(日)

14:15~15:15

# 磁気異常・磁場計測

**Magnetic Anomaly・Magnetic  
Field Measurement**

oral: C42-05~08

poster: C42-P201~P213

座長 大熊茂雄 (地質調)

## 象潟岩屑なだれ堆積物の地磁気異常と岩石磁気

大熊茂雄・中野 俊・森尻理恵 (地質調査所)

Rock Magnetic Measurements of the Klsakata Debris Avalanche  
Deposits on the Yurihara Plateau, Northeast Japan  
Shigeo Okuma, Shun Nakano and Ric Morijiri  
(Geological Survey of Japan)

Abstract: Obvious positive magnetic anomalies were observed on the Yurihara Plateau, Northeast Japan, corresponding to the distribution of the Klsakata Debris Avalanche Deposits. An analysis of the anomalies showed that the debris avalanche deposits account for the magnetic anomalies. However, we lack enough information over the rock magnetic properties of the deposits. Therefore, we collected rock samples from nine sampling sites on the plateau and have conducted rock magnetic measurements of the samples. We discuss a preliminary result in this presentation.

秋田県由利原台地を中心として行われた高分解能空中磁気探査において、象潟岩屑なだれ堆積物に対応して顕著な高磁気異常が観測された (Okuma et al., 1995; Fig. 1)。象潟岩屑なだれ堆積物は、約3,000年前に鳥海山の山体の一部が崩壊し流れ下ったものが堆積したもので、主に由利原台地西方の象潟地域に分布するが、一部が谷を越え由利原台地に流れ下って堆積したものと考えられている (大沢ほか, 1988)。

地磁気異常の解析によると、象潟岩屑なだれ堆積物がほぼ磁気異常源と考えられる (Okuma et al., 1995)。ただし、地質図 (大沢

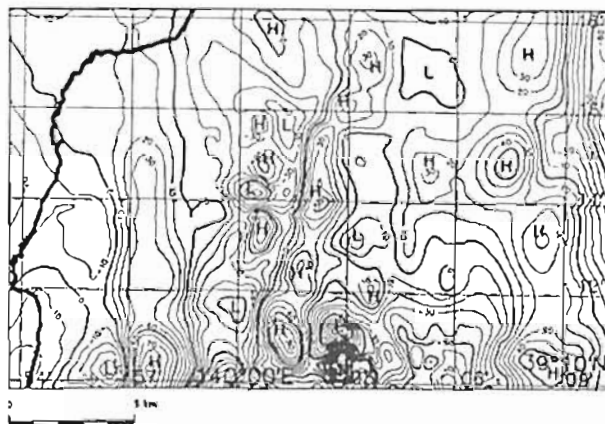


Fig. 1 High-resolution Aeromagnetic Anomaly Map of Yurihara Area (Okuma et al., 1995)

H and L indicate high and low magnetic anomalies, respectively.

ほか, 1988) に示された象潟岩屑なだれ堆積物の分布域のさらに下流側にも磁気的構造を考えざるをえない。また、地質学的な解釈から推定されている象潟岩屑なだれ堆積物の最大層厚200mをモデルの厚さとする、磁気異常を説明するには磁化強度として鳥海山の第四紀安山岩程度のもを必要とする。これは、岩屑なだれ堆積物が岩塊相と基質相との混合物であることを考慮すると、すこし高すぎる。以上のような疑問に答えるために、1996年11月に秋田県由利原台地の象潟岩屑なだれ堆積物の露頭から定方位岩石試料を採取し、岩石磁気 (磁化率・残留磁化等) の測定を行った。今回の発表では、この結果について述べる。

## 大西洋中央海嶺-ケントランスフォーム断層接合域における深海地磁気3成分異常と海洋地殻の磁化構造

富士原敏也 (海洋科学技術センター)

藤本博巳 (東京大学海洋研究所)

Seafloor Geomagnetic Vector Anomaly of the Intersection of  
the Mid-Atlantic Ridge and the Kane Transform Fault:  
Implications for Magnetization of Ocean Crust

Toshiya Fujiwara (JAMSTEC) and Hiromi Fujimoto (ORL Univ. Tokyo)

We conducted a geomagnetic survey at sea-bottom around the intersection of the Mid-Atlantic Ridge and the Kane Transform Fault aboard a submersible. The results suggest that the majority of source of the sea-surface geomagnetic anomaly lies within the extrusive layer of the uppermost part of the crust. Large amplitude anomaly were only observed over the extrusive pillow lavas. In contrast, anomaly variations in amplitude over the intrusive lower crust and upper mantle were one order of magnitude smaller. The magnetization analysis indicates that extrusive pillow basalts are magnetized strongly 10 - 20 A/m, while lower crustal rocks are magnetized weakly 1 - 2 A/m in magnitude. The magnetization for serpentinized upper mantle rocks are estimated as 0 - 1 A/m.

The strike directions of magnetic boundaries estimated by utilizing geomagnetic vector anomalies overcome sediment cover and low visibility from submersible and provide an independent indication of a lithological boundary or tectonic fault. The strikes of many magnetic boundaries indicate the direction parallel to bathymetric contours, reflecting regional tectonics as results of seafloor spreading and transform motion. Some strikes deviate from the direction of bathymetric contours and reflect local tectonics. Strikes

in the nodal basin and on the walls of transform valley show the direction perpendicular to bathymetric contours. Strike directions are oblique to bathymetric contours at inflection of a slope of inside corner high. These strikes are the indication of tectonic faults due to the dynamics associated with pull apart tectonics or normal faults related to formation of a inside corner high and a nodal basin.

1994年に大西洋中央海嶺とケントランスフォーム断層との接合域において潜水調査船をもちいた深海地磁気観測を行いこの地域の海洋地殻の詳細な磁化構造を求めた。地磁気異常は直下に分布する岩石の種類によって著しい違いがみられた。海底に噴出した枕状玄武岩が分布する地域では振幅の大きな地磁気異常が観測された。これに比べて下部地殻を構成するドレライト、ガブロや上部マントルを構成するペリドタイトが分布する地域での地磁気異常の振幅は1けた小さい。地磁気異常から計算した磁化強度は、枕状玄武岩が10~20 A/m、ドレライト、ガブロは1~2 A/m、蛇紋岩化したペリドタイトは0~1 A/mを示す。

地磁気3成分異常からは磁化構造の伸長方向 (走向) を求めることができる。それは岩石層の境界や断層の走向を反映する。求められた磁化構造の走向のほとんどは海底地形の等深線に平行な向きを示す。この走向は海底拡大やトランスフォーム断層運動のテクトニクスを反映しているものと思われる。これに対して精節海淵やトランスフォーム断層崖の一部の地域では、等深線とは直交した走向が求められた。また内角高地の斜面の傾斜変曲部においては、その走向は等深線に対して斜交している。これらの走向は精節海淵を形成する伸長テクトニクス、海底拡大にともなう正断層や内角高地を形成する低角の正断層などの局所的なテクトニクスを反映しているものと思われる。

海半球磁力計による太平洋地域における地磁気観測

○歌田久司・清水久芳・小山茂(東大震研)  
大和田健(地磁気観)・浜野洋三(東大理)

Ocean Hemisphere Geomagnetic Network in the Pacific Area

○Hisashi UTADA, Hisayoshi SHIMIZU, Shigeru KOYAMA (ERI, Univ. Tokyo), Takeshi Owada (JMA) and Yozo Hamano (Dept. Earth Planet. Phys., Univ. Tokyo)

The Ocean Hemisphere Network Project (OHP) aims to establish seismic, geodetic and electromagnetic observation network in the Pacific hemisphere to study the structure and dynamics in its deep interior. In OHP's magnetic component, high-performance magnetic instrument will be installed at each planned station (see, Shimizu and Utada, 1997) and record variations in the vector and scalar geomagnetic fields.

A new magnetic observation system was designed for this purpose, by taking required precision, accuracy, long-term stability and simple maintenance protocol etc. into account. It consists of a proton and a three component fluxgate magnetometers, a recording unit, and a power supply unit. Total intensity is measured and recorded every minute, while three components are sampled every second. The system has quite accurate clock that is automatically synchronized to GPS signal. Its power supply system is backed up by two car batteries so that no break in the record will be expected even for a power down as long as 24 hours. All measured data are recorded on ZIP drive (100 MB), which is supposed to be sent to Ocean Hemisphere Data Center at ERI every one month or so by normal mail. Data transfer through Internet or telephone line is also available depending on the situation of each site.

Stability of the three components is the largest concern in making a long term geomagnetic observation. To improve long-term stability of

fluxgate data in the present system, the fluxgate sensor was suspended on gimbals (accuracy 5 arcsec) and temperature in the sensor housing is measured with precision of less than 0.1 deg. A test measurement at Kakioka Magnetic Observatory (Fig. 1) clearly shows quasi linear dependencies of H and Z components on temperature, and little dependence of D component. Since the relation is almost linear, the drift by temperature variation may easily be reduced by applying digital filter coefficients. The first installation was made in Pohnpei (Ponape) island of Federated States of Micronesia. In the actual observation, the fluxgate sensor is buried 0.5-1 m deep, so that temperature effect is almost negligible for periods of daily variations.

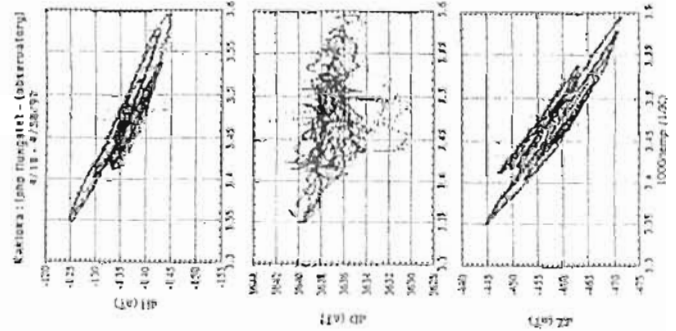


Fig. 1. Temperature dependence of measured components H, D and Z by Ocean Hemisphere Magnetometer and of Kakioka standard.

C42-08 太平洋域の地磁気観測点の理想的な分布について (II)

○清水 久芳・歌田 久司  
(東京大学地磁気研究所)

On the Distribution of Magnetic Observatories in the Pacific Area II

○Hisayoshi Shimizu and Hisashi Utada  
(Earthquake Research Institute, University of Tokyo)

It has been planned to install about ten magnetometers in the Pacific area, where there are only few operating geomagnetic observatories, by the Ocean Hemisphere Project with the aim to construct better global geomagnetic field model.

Six locations, Pohnpei, Kiribati Island (Kiributi), Midway (USA), Huancayo (Peru), Chochung (China) and Marcus Island (Minami-torishima), have already been selected as the new stations (Figure 1) and measurement has been started at Pohnpei (Figure 2) and Huancayo. The problem now is to find out the best (or at least, better) distribution of the other four stations to calculate field models.

Forty-seven magnetic observatories are chosen as a set of permanent stations due to their performance; the stations continuously provide data of good quality. Twenty-four candidate stations in the Pacific area are selected in the places where some kind of geophysical observations were/have been/will be made. Several station-sets (with 4-20 stations) are formed to calculate the Gauss coefficients together with the permanent and planned stations.

It has been supposed that X (North-South) and Z (vertical) components or H (intensity) and Z components are used to calculate the Gauss coefficients. Random error of several nano-Teslas, that may occur due to measurement, is added to the field while calculating magnetic field models. Time dependency of magnetic field is also taken into account for the

calculation

Performance of the station-sets may be presented by the misfit among the given and calculated Gauss coefficients. Initial results suggest that, with this number of stations, sites in the East-Pacific are desired, but may not be required to calculate the Gauss coefficients up to degree and order four.

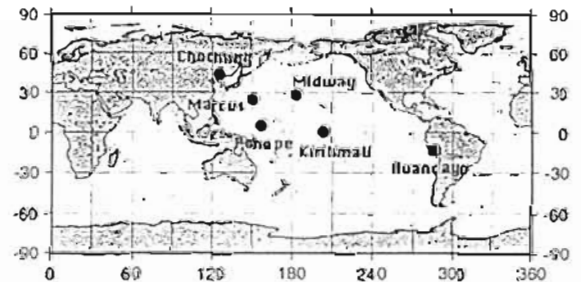


Figure 1. Six planned stations.

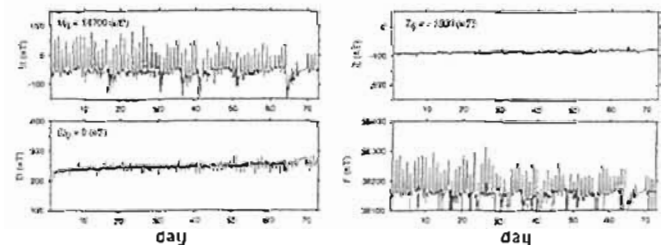


Figure 2. Magnetic field observed at Pohnpei during 3/13-5/23/97.

## C42-P201

### 三宅島火山の自然電位分布 (補遺2)

谷元健剛・宇津木充・西田泰典  
(北大理学研究科)

#### Supplemental Survey of the Self-potential Field on Miyake-jima (2)

K. Tanimoto, M. Utsugi, and Y. Nishida  
(Grad. School of Sci., Hokkaido Univ.)

A supplemental survey of the SP field was made on July, 1997 on Miyakejima Volcano. The objectives are 1) to clarify the spatial wave length of the negative anomaly distributed on the north mountainside of Miyakejima Volcano, 2) to make the re-measurement along the circular road on the mountainside. As a result, we need not change the contours of the SP anomalies previously obtained (SGPSS Fall Meeting in 1996; Sasai et al., J.G.G. submitted).

1991, 1995, 1996年に引き続き1997年7月に、三宅島火山において自然電位の補充測定を行った。測定は、1)北側斜面にみられる顕著な負の異常の空間的広がりを確かめるため、外輪山から南北にのびる測線を新たに設ける、2)以前に行った山腹の一周道路(通称ハチマキ林道)沿いの測定にはかなりの閉そく誤差が見られたため、再測定を行うことを主な目的とした。

図(Fig.1)に今回の結果をもとに修正を加えたコンター図を示す。結果的に、1996年秋の本学会講演予稿集およびSasai et al. (J.G.G. 投稿中)で示したコンターと本質的に変わらない。一方、ハチマキ林道沿いの測定における閉そく誤差については半分以下(97測定点で40.6mV)に改善された。ハチマキ測線における地電位分布を、横軸を基準点からの距離(右向き時計回り)、縦軸に電位をとった図としてFig.2に示す。図中に示したA,Bの負の地電位異常のうち、Aはフィッシャー(Nakamura, 1984)、Bは御火口および古カルデラ(Chihara et al, 1984)の位置に対応している。

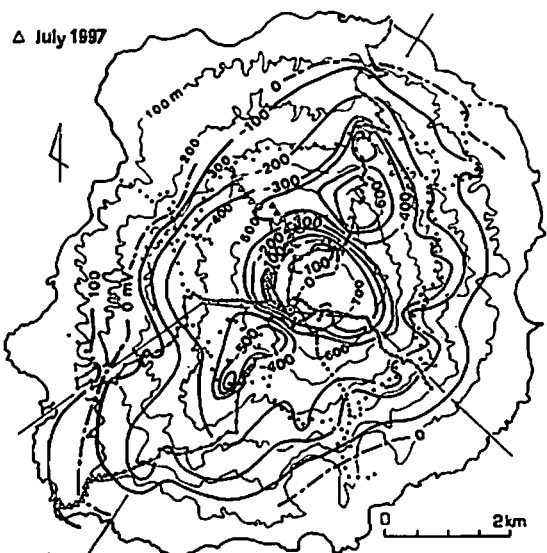


Fig.1

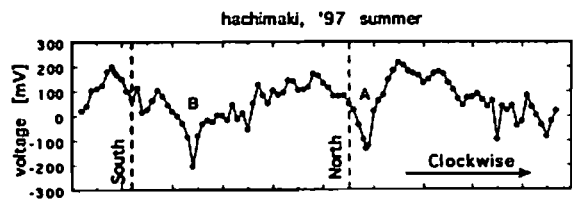


Fig.2

## C42-P202

### 地電流観測における近地起源ノイズについて

大羽成征 田中良和

京都大学理学部附属地球熱学研究施設

#### Local noises in telluric-current observation

Shigeyuki Ooba and Yoshikazu Tanaka  
Faculty of science, Kyoto university

#### abstract

We categorize the various local noises found in telluric-current observation. Each of them has its own pattern in time series and has own mechanisms. Here, we deal with some of their features, especially noises in the electrode and under the sun. はじめに

地電流観測は、MT観測やVAN法による地震予知などを目的として応用され、広く行われている。

それらの観測によって得られた時系列データの中から、普通われわれは特定のパターンを意味のある信号として取り出した上で、残りをノイズとみなす。しかし、こうした信号とノイズとの分類方法は、必ずしも系統的知識に基づいているわけではない。

時系列における特定のパターンを信号とみなすためには、それがその観測で想定される信号パターンと一致することのみならず、各種ノイズのパターンと異なることをも示さねばならない。

本研究では、本質的に雑多なものであるノイズ一般を、その起源に基づいて抽出・分類し、地電流観測データ処理のための基盤的知識として提出することを目指した。

#### 電極内部起源のノイズ

地電流観測において電極は、イオンの移動に担われるイオン伝導電流と、電線の金属中の自由電子に担われる電子伝導電流とを交換する。この両者の界面において必然的に生じる電位差が、不安定になったとき、それがノイズ源となる。このノイズは電極の金属部分と液体部分との間の酸化還元平衡の問題として扱うことが出来る。

#### 電極と地面との接地状態に関わるノイズ

電極と地面との間に、チコーゲル(商品名)などの接地抵抗低減剤やベントナイトなどの粘土質物質を積み込むことによって、接地を安定させる方法がある。これの功罪についてノイズ対策の観点から考察する。

#### 近地環境起源のノイズ

人工的なものには、電車ノイズや家庭や工場から生ずる直流の漏洩電流などの直接起源のものほかに、地下水のくみ上げや注水による流動電位現象などの間接起源によるものがある。落雷や降雨などの気象条件も大きな影響を与える。

とくに、日照と相関のある強いノイズが見つかっており、このメカニズムは明らかでない。

以上のような分類によっても、すべてのノイズを網羅することは本質的に不可能であるが、わかった分だけでも各個理解し、その知識をまとめておく必要があると考える。

本発表では以上に述べたさまざまなノイズについて、その現われ方を示した上、特に電極内部起源のノイズとその対策、および近地環境起源のノイズの中でも、とくに日照の影響について、実験・観測結果をもとに、その特徴を抽出し、生成メカニズムについても考察を加える予定である。

## C42-P203

高感度偏角磁力計による活火山の熱的推移の研究

田中良和

京都大学理学部地球熱学研究施設

A thermal state study of active volcano with sensitive fluxgated magnetometers

Yoshikazu Tanaka

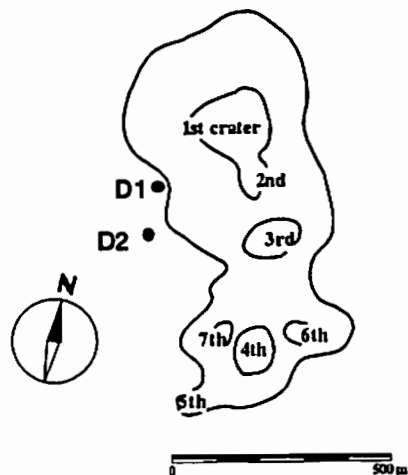
Faculty of science, Kyoto University

地下の熱的な推移を把握することは、活火山の動向を知る上で極めて重要である。

火山岩には多くの磁性鉱物が含まれ、冷却された時点での地球磁場に比例した熱残留磁化を有している。火山活動にともない地下の温度が上昇すれば、それらの磁化は減少し、地表に於ける地磁気変化として観測できる。筆者はここ数年、阿蘇や雲仙火山の火口近傍に於いてプロトン磁力計を用いて観測研究を行い、火口直下の蓄熱状態を把握する事に、ある程度成功し、火山噴火の予測に役立ててきた。しかし、プロトン磁力計は全磁力しか観測できず、また、感度も0.1nTと低く、火口近傍の南北方向に設置した場合のみ有効であるなどの短所がある。一方、フラックスゲート磁力計は長期の安定性が得にくいという点に、高価であるなどの理由で火山観測に用いられてこなかったが、容易に高感度が得られる利点を有している。筆者は1994年の雲仙火山に於ける観測で、この高感度磁力計をプロトン磁力計と併用すれば、地殻変動や圧力変化にともなう地磁気変化を磁気熱源の位置決定に有効である。フラックスゲート磁力計の不安定性の要因は主に地球主磁場の打ち消し回路の不安定性に由来する。この研究では、高感度・小型・省電力の偏角磁力計を開発し、阿蘇火山で運用して、詳細な火山活動にともなう地磁気変化を研究しようとする。

開発した磁力計は、地中埋設型、分解能10pT、電源は30mAである。直径10cm、長さ1mの塩化ビニール管に収納され、センサー部分が地下1.5m深さになるように埋設した。阿蘇中岳火口の南西約250m、350mに設置し、12Vの太陽電池で駆動している。最近の阿蘇の火山活動は比較的穏やかで、水蒸気爆発などは発生していないので顕著な結果は期待できないが、観測地点の西方約7kmに位置する、京都大学理学部附属火山研究センターでの地磁気変化を参照して解析結果の速報を提示する。なお、この研究は文部省科学研究費基盤研究08640532の補助を受けて実施された。

Aso Nakadake Craters



## C42-P204

最近の伊東付近群発地震

(1996-97年)に伴う地磁気変化

笹井洋一・石川良宣・小山茂(東大・地震研)・  
本蔵義守(東工大理)・大志万直人(京大防災研)

Magnetic Changes Associated with Swarm Earthquakes Near Ito in 1996 and 1997

Y. SASAI, Y. ISHIKAWA, S. KOYAMA (ERI)

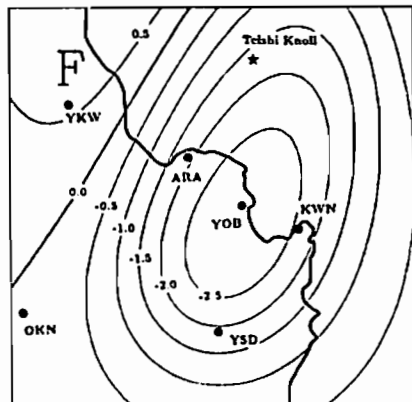
Y. HONKURA (TIT) and N. OSHIMAN (DPRI)

Decrease in the magnetic total intensity up to  $-3$  nT before October 1996 swarm earthquakes is interpreted by a thermally demagnetized, horizontally embedded, flat ellipsoid. Demagnetization of only 1% of the average magnetization is enough to explain the observations. This implies temperature rise of a few degree C due to the hydrothermal circulation.

1989年手石海丘噴火以降、伊東市川奈崎・汐吹崎付近を中心とした顕著な群発地震が4回繰り返された(1993年5-6月、95年9-10月、96年10月、97年3月)。このうち本年3月のものを除き、群発活動に数ヶ月先行して、複数の観測点で数nTにおよぶ顕著な全磁力減少が観測された。また95年から開始した長基線電場測定により、群発地震域にある3観測点において、自然電位が数10mVも増加する現象も見いだされた。本年3月の群発活動では、最大地震M5.7を含めて位の大きい地震が多かったが、急速に衰退した。過去の3回と異なり、この活動は昨年10月の群発に先行した全磁力減少がかなり急速に回復した時点で発生した。最大地震M5.7に伴って、YOB観測点(図参照)において、2nTに達する coseismic な全磁力変化が観測された。連続観測による顕著な coseismic 変化の検出は、伊豆では2例目にあたる。この変化はセンサーの傾動などの trivial な原因によるものではない。しかしM5.7地震は南北走向の断層によるものとされ、一様磁化した地殻によるジオ磁気効果では、YOBにのみ有為な変化が生じた理由を説明できない。観測点近傍における不均質帯磁による増幅効果(Oshiman, 1990)を考える必

要がある。本年3月以降の全磁力変化は、海岸付近の3観測点のみが明確な減少に転じており、従来と異なる様相を示している。

過去3回の事例では、群発地震に先行して熱水の上昇と水平拡散が起こった後、間隙流体圧の急激な上昇によって群発地震と地盤隆起を生じた、という発生機構が最も考えやすい。1996年10月群発の先行変化が最も顕著なので、熱消磁による説明を試みた。陸域での全磁力変化を説明するには、例えば長さ16km、幅8km、厚さはわずか1kmという偏平な楕円体で、その上面が地表から2kmの深さにあるような熱消磁域で良い(図参照)。長軸の方向はN15°Eで、中心を手石海丘の直下(図の星印)に置けばよい。このことは手石海丘噴火を準備した開口およびせん断割れ目を利用して、現在も熱水が上昇していることを、強く示唆する。重要なのは、消磁量は $-0.05$  A/mで十分なこと、これはこの地域の平均帯磁(Nakatsuka, 1995)のわずか1%であり、5°C以下の温度上昇で観測を説明できることになる。通常の火山活動に比べて、温度変化はごくわずかだが、はるかに大規模な熱水対流が起こっている、と考える。



伊東市周辺の比抵抗構造解明に向けて

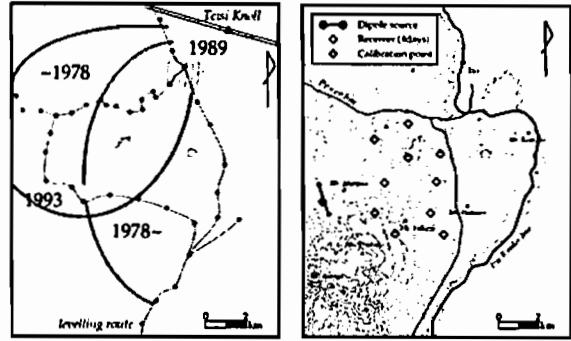
◦神田 隆 (理化学研究所地震国際フロンティア)、  
 笹井 洋一、歌田 久司、小山 茂、小山 崇夫、上嶋 誠 (東大地震研)、  
 田中 良和、橋本 武志 (京大理学部)、首藤 英児 (京大防災研)

On investigation of the resistivity structure around Ito city

◦W. Kanda (RIKEN, International Frontier Program on Earthquake),  
 Y. Snsai, H. Utada, S. Koyama, T. Koyama, T. Ohkubo, M. Uyeshima  
 (Earthquake Research Institute, University of Tokyo),  
 Y. Tanaka, T. Hashimoto (Faculty of Science, Kyoto University),  
 E. Shindo (Disaster Prediction Research Institute, Kyoto University)

In the eastern Izu region, both high crustal activity and severe cultural noises exist. The crustal activity is characterized by anomalous crustal deformation and earthquake swarms. Moderate size earthquakes frequently occurred and even submarine eruption occurred in the swarm region in 1989. In order to reveal the mechanism of this seismovolcanic event, information on resistivity distribution is essential. However, the EM data for MT surveys were extremely polluted by the severe cultural noises caused by a DC railway, power lines, and so on. In this study, we will report the preliminary results of a TDEM experiment carried out around the southwestern part of Ito city in March 1996. Feasibility studies to search for the 3D heterogeneous area will be also made.

伊東市周辺では、1974年の伊豆半島沖地震以来繰り返し群発地震および地殻変動が観測されてきた。1989年には伊東市沖で手石海丘の噴火が起こり、これらの活動の原因がマグマの貫入に伴うものであるとする考え方が支配的である(例えば、坂本, 1992)。一方、地殻活動の際に観測された全磁力の減少を説明するために、これらの地殻活動が深部熱水活動に起因するとするモデルも提案されている(例えば、Sasai, 1989)。最新のモデリングの結果では、楕円体的高温領域を深さ2~3kmに考えれば全磁力の減少をうまく説明できることが示されている(Sasai, 1997)。



(a) 伊東市周辺の異常隆起域 (b) 観測点位置図

第1図: (a) 伊東市周辺の異常隆起域および水準路線。(b) 1996年に行われたTDEM観測の信号源および測定点位置図。

地下の比抵抗構造は、伊豆半島周辺のこれらのモデルの検証には不可欠な情報であるが、従来の自然の電磁場変動を利用する方法では望み薄である。これまでに行われたMT法を用いた方法(小川・曾根, 1990; 上嶋・他, 1992)でも、電車や高圧線等による激しいノイズのためにデータは汚染され、1km以上の構造については、未だ信頼できるデータは取れていないと考える。

本講演では、1996年3月に伊東市の南西部を中心に行われたTDEM調査について、観測の概要と現在までに得られている結果について報告する。ノイズレベルの高さを考慮して、測定は電車の止まる夜間に行い、通常の倍の30Aの電流値を流すことを目標としたが、接地抵抗を十分下げることができなかったために、逆に通常より小さな12Aしか流せず、あまり良好なデータは取れていない。しかし、得られたデータはスタッキング等のデータ処理によりかなり改善されており、今後繰り返し観測を行うことによって、深部比抵抗構造の推定が十分期待できる。また、楕円体的高温領域を見つけるためには、今後どのような観測点配置が必要か3次元モデリングによる考察を加えたい。

広域地電流ノイズを利用した  
野島断層の比抵抗調査

◦橋本武志<sup>1)</sup>・榎野登<sup>2)</sup>・山口寛<sup>3)</sup>・村上英記<sup>4)</sup>・本蔵義守<sup>5)</sup>・  
 大志万直人<sup>6)</sup>・住友則彦<sup>7)</sup>  
<sup>1)</sup>京大 大志万直人 <sup>2)</sup>神戸大 大志万直人 <sup>3)</sup>高知大 大志万直人 <sup>4)</sup>東工大 大志万直人 <sup>5)</sup>京大防災

Resistivity Mapping of Nojima Fault Zone Using  
Regional Earth Current Noise

T.Hashimoto<sup>1)</sup>, Y.Makino<sup>2)</sup>, S.Yamaguchi<sup>3)</sup>, H.Murakami<sup>4)</sup>, Y.Honkura<sup>5)</sup>,  
 N.Oshiman<sup>6)</sup>, and N.Sumitomo<sup>7)</sup>

<sup>1)</sup>Fac. Sci., Kyoto Univ. <sup>2)</sup>Fac. Sci., Kobe Univ. <sup>3)</sup>Fac. Sci., Kochi Univ. <sup>4)</sup>Dept. Earth Planet. Sci., Tokyo Inst. Tech. <sup>5)</sup>Disast. Prev. Res. Inst., Kyoto Univ.

We conducted relative resistivity mapping around Nojima fault zone using regional earth current noise caused by electric railways in Kobe and Osaka areas. We observed sharp changes in the amplitude of the noise at a geological boundary. Besides, the amplitude was especially small just on the fractures of Nojima fault, implying the low resistivity along the fracture zone.

1. はじめに 活断層はしばしば地質境界と一致するが、そのような場合、大地の比抵抗は断層を境に異なることが期待される。また、断層破砕帯では、地下水の浸透や断層粘土の存在によって比抵抗が小さくなるとされている。兵庫県南部地震発生後、野島断層周辺では空中電磁法やCSAMT法(高倉他, 1996b)、VLF-MT法(山口他, 1996)などの比抵抗探査が実施され、地質境界に起因する比抵抗のコントラストが検出されている。本研究では、淡路島北西部地域の広い範囲で共通にみられる地電流ノイズを利用して野島断層周辺の比抵抗分布を調べ、地質境界や断層破砕帯との関係について考察する。

2. 測定 淡路島北西部地域にみられる主要な地電流ノイズは、瀬戸内海を挟んだ対岸の阪神地区を走る電車の漏洩電流に起因していると思われ、深夜の数時間を除いて常時観測される。このノイズを比抵抗探査のための人工電流源とみなし、その振幅と卓越方向の分布を調査することによって、相対的な比抵抗マッピングを試みた。測定は1997年2月8日~14日に北淡町野島断層周辺で実施した。各測定点では、地電流の南北および東西成分をそれぞれ15mのスパンで5分間測定した。現場での記録にはチャートレコーダを使用した。測定終了後、波形をデジタル化して解析を行った。振幅分布については、時間変化の効果を除去するため、固定参照点における同時刻のデータで規格化した。

3. 測定結果と考察 兵庫県南部地震で変位を生じた野島断層は北東-南西方向

にのびているが、梨本地区では南へ分岐している。ここでは前者を野島断層、後者を分岐断層と称する(図1参照)。観測された地電流ノイズの分布から以下のことが明らかになった。

- (1) 分岐断層を境界として山側(南東)の振幅は、海側(北西)のそれより1.0倍程度大きい。このことは、花崗岩帯(高比抵抗)と堆積層(低比抵抗)の境界を反映したものと考えられ、高倉他(1996b)や山口他(1996)の結果と一致する。
- (2) ノイズの卓越方向は、おおむね北西-南東方向であるが、分岐断層付近では、断層に直行する方向に従う傾向がある。
- (3) 野島断層の直上では、振幅が極端に小さくなる。このことは、断層破砕帯が低比抵抗であることを示唆している。

顕著な比抵抗境界が今回活動した野島断層ではなく分岐断層付近に認められたことから、地質境界を形成するような過去の活動を断層側にあり、今回変位を生じた断層は比較的若いものであることが伺える。

謝辞 測定に際して京都大学防災研究所地震予知研究センターの北川有一氏に御協力を頂いた。ここに記して感謝申し上げます。

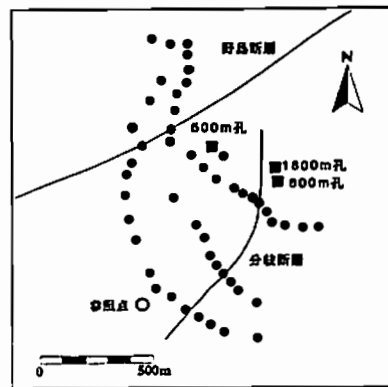


図1: 地電流ノイズの測定点分布(●)と断層解剖計画ボーリング孔(■)

## C42-P207

### 地震に伴う電磁放射観測における発生源判別システムの開発(III)

\*齊藤 真二[1], 斎藤 一郎[1]  
[1] 電気通信大学

#### Development of a Discrimination System for Electromagnetic Phenomena Associated with Earthquakes(III)

\*Shinji Saitoh [1], Ichiro Tomizawa[1]  
[1] Univ. of Electro-Comm.

We have been developing a source discrimination system for electromagnetic phenomena associated with earthquakes. A multistation system with GPS time receivers is added to the system to make time-of-arrival measurements. The system is designed to detect an EM source location with several hundreds of km.

はじめに

地震に関連したELF帯の電磁放射観測において、他の要因による電磁界変動が同時に観測されてしまうため、地震との関連性を調べるためには、地震に伴う電磁放射と他の要因による電磁界変動とのより正確な判別方法の確立が不可欠である。筆者らは1995年より、この判別方法の確立を目的とし、電磁界変動の波動的特性・スペクトル特性・時間的特性の抽出および放射位置の推定の可能な観測システムの開発を行っている。本報告では主として時間差法について述べる。

放射源と観測電磁界の関連性及び放射源位置推定方法

地震に伴う電磁放射現象の観測において、観測された電磁放射と地震との関連性を調べる上で放射源位置の特定は重要である。一般的に放射源の位置の推定方法として、水平磁界と垂直電界から各観測点での到来方向を求め、各観測点の解析結果を持ち寄り、交合法により位置を決定する方法。ある2地点への到来時間差が一定となる点が双曲線状になることから、各観測点への到来時間差を求め、双曲線の交点から位置を決定する方法等がある。

地震に伴う電磁放射の放射源として、震源域から断層に沿って伝わり地表に誘起された電流による放射。震源域の岩石破壊による生じた電磁界が震央付近の地表まで伝搬し放射。圧電効果や岩石破壊などで生じた荷電粒子により誘発された空電による放射などが考えられている。そこで、水平電気双極子、水平磁気双極子、垂直電気

双極子を放射源として、大地-電離層導波管内の電磁界をGalejs[1]の理論に基づき計算した結果、どの双極子による電磁界においても放射源と観測点間の距離が数百km以上になるとTMO次の成分が卓越する。そのため遠方の場合は交合法により放射源位置の推定が出来る。これまで開発してきたシステムはこの原理に基づいている。しかし、交合法を用いるためには各観測点で観測される電磁界にTE高次モードが含まれる場合つまり放射源が遠方でない場合は求めた到来方向の方位誤差が大きくなり、観測点数を増やす等の措置が必要となる。一方、到来時間差法を用いる場合は、3点以上での観測と各観測点で正確な時刻の取得が必要である。いずれの方法を用いるにせよ複数の観測局で同時観測を実施する必要があり、同時に観測されたイベントの抽出や到来時間差を求めるためには、各観測点間の時刻同期がとれていなければならない。

観測システムと時刻同期方法

本システムにおいて、相関法による微弱信号の検出を目指しているため、長時間連続データの収集を考えている。しかし、現段階では記憶容量の制限やデータ転送コスト等の面から、連続観測を行うことは不可能なため断続的な観測とせざるを得ない。複数の観測点で正確な観測時刻を取得する方法として、観測信号と時刻情報を別チャンネルでA/D変換し、同時に取得しておく方法があるが、この方法では観測開始時刻の同期をとるのは難しい。そこで、A/D変換の開始のタイミングをGPS受信機の1pps信号から得ることにより、複数の観測点間で観測時刻を同期させる方法を探った。A/D変換のゲート信号をGPS受信機の1ppsの信号と観測用ソフトウェアからのスタートトリガ信号により生成することでこの方法を実現した。新たな改良を加えたシステムを用い、本学菅平宇宙電波観測所(長野県真田町)と気象庁地磁気観測所(茨城県八郷町)において2地点観測を開始した。本システムでは、電磁界6成分の振幅・位相情報の取得、広帯域・狭帯域観測の両方式の実施、観測プログラムの遠隔制御が可能となっている。近日中に静岡県富士宮市においても観測を開始する予定である。このシステムにおいて行った多地点同時観測の結果については発表に譲る。

参考文献

[1] Galejs,J.:Terrestrial Propagation of Long Electromagnetic Waves.1972

## C42-P208

### 岩石の圧電性により応力場変動もたらす電磁場変動の評価(その2) 無限空間における電磁場 source の物理的性質と発生する電磁場の定量的考察

\*小河 勉, 歌田 入可(東大地震研究所)

The Evaluation of the Variations of Electromagnetic Field Caused by the Piezoelectricity of Rock.2.  
the physical properties of the source of the EM field and the quantitative study of generated EM field in the infinite space

\*T. Ogawa and H. Utada (ERI, Univ. of Tokyo)

Various studies have reported examples of coseismic and preseismic electromagnetic field variations accompanying earthquakes. Meanwhile, physical mechanism of these phenomena is not well understood. It is necessary to build a theory that explain both electromagnetic and mechanical sides of the phenomena.

In this study, we evaluate the source of the electromagnetic field generated by the piezoelectricity of the material filled in the infinite space. Assuming a slipping point, the source of the electromagnetic field is generated by the stress field generated from the slip. We show the temporal and spatial dependency of the source on the generated stress field.

圧電性物質は、その応力場変動によって電磁場を生じる。地震に伴って生じたとされる電磁気現象が多数報告されており、その発生の物理的メカニズムとして、しばしば岩石の圧電性が挙げられている。しかし、岩石の圧電性を電磁場発生のメカニズムとして、発生の推測される電磁場を定量的に評価する研究はこれまで行われては来なかった。

私たちの研究は、応力場変動に伴い物質の圧電性によって生じる電磁場を評価することを通して、力学及び電磁気学の両側面から統一的に地震という現象を説明する理論を築くことを目指している。

今、圧電性物質で満たされた無限空間内部に point dislocation を与え、ここを空間座標の原点とし、seismic moment を図1のように与える。slip の発生によって生じ、無限空間中を弾性波速度で伝播する応力場変動は、その到達した領域に、物質の対称性(又は異方性)に起因する圧電性によって電磁場 source (ベクトル量  $S$  を用いて表現している)を生じる。この電磁場 source の空間分布は、slip からの応力場変動の放射パターンと、空間を満たす物質の対称性によって決定される。

また、空間の特定の点で生じる電磁場 source の時間変化は、その点の slip からの距離に依存してその挙動を変化させる(図2)。これは、slip から十分遠方では、実位の nearfield 項が far field 項よりも早く減衰してしまうこと、実位の near field 項と far field 項とは時間依存性が異なることによる。

物質の圧電性によって生じる電磁場を求める上で、この電磁場 source の持つ時間・空間分布の性質を踏まえた、解析的あるいは数値的アプローチが必要である。上記の条件に基づいた電磁場の時間・空間分布とその挙動を求めることが次の課題となっている。

seismic moment  $M_0(t)$

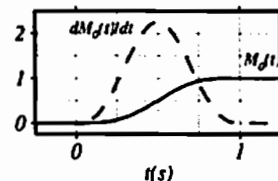


図1 seismic moment  $M_0(t)$  (実線)とその時間変化(破線)

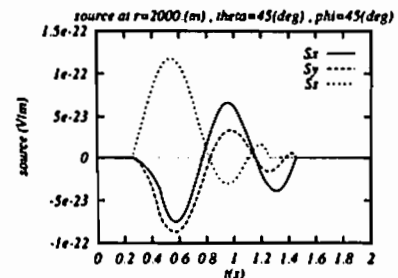


図2 ( $r, \theta, \phi$ ) = (2000[m], 45°, 45°) において、slip の発生後に生じる電磁場 source  $S$  の変化。実線 ( $S_x$ )、破線 ( $S_y$ )、点線 ( $S_z$ ) はそれぞれ  $S$  の  $x, y, z$  の各成分。(空間を満たす物質が、軸に関して軸対称である場合)

宇津木 充, 西田 泰典  
(北大理学研究所)

The Seismomagnetic Effect Considering the Inhomogeneity of Crustal Magnetization

M. Utsugi, Y. Nishida  
(Grad. School of Sci., Hokkaido Univ.)

We attempt to evaluate the seismomagnetic effect considering the inhomogeneity of crustal magnetization.

The piezomagnetic potentials can be written in the form of surface integral over the magnetized region of crust (eq.(1)). When we consider the inhomogeneity of crustal magnetization, eq.(1) cannot be solved analytically because of eq.(1) include elliptic integrals, which cannot be expressed by elementary functions.

The elliptic integrals have the power series expansions. Then, using these expression, we can rewritten eq.(1) in the form of 1-dimensional integral. We can perform the calculation of piezomagnetic potentials by solving this 1-dimensional integral numerically.

ビエソ磁気効果による地磁気変化のポテンシャル  $W^k$  は、地殻中で磁化している領域の表面  $S$  についての面積分の形で次のように定式化されている。

$$W^k = C_k \iint_S \left[ \left\{ -\frac{\partial u_k(\xi, r)}{\partial n} + \frac{2(\lambda + \mu)}{3\lambda + 2\mu} \Delta m^k(\xi, r) \cdot n \right\} \frac{1}{|r_0 - r|} + u_k(\xi, r) \frac{\partial}{\partial n} \left( \frac{1}{|r_0 - r|} \right) \right] dS_r \quad (1)$$

$$\Delta m_i^k = \frac{3}{2} \left( \frac{\partial u_k}{\partial x_i} + \frac{\partial u_i}{\partial x_k} \right) - \delta_{ik} \text{div} u$$

ここで、 $\lambda, \mu$  は Lamé 常数、 $u$  は変位ベクトル、 $\xi, r_0$  はそれぞれ力源と観測点の位置ベクトルを表す。また、 $W^k$  は媒質の初期磁化の  $k$  成分により作られるビエソ磁気ポテンシャルを表し、 $C_k$  はビエソ磁化の磁化モーメントを表す。

ここで、簡単のために、地球を半無限弾性体と仮定する。地殻が一様に磁化している場合には、上の積分の積分範囲  $S$  は無限の平面となるが、不均質な磁化構造を考慮した場合、 $S$  は磁化構造の境界面、すなわち有限な大きさを持つ面に置き換えられる。

このような場合、(1) 式の 2 重積分の、一方についての積分は楕円積分と呼ばれる積分であらわされる。ここで、一般に楕円積分は初等関数で表す事はできないが、有限項の級数で近似的に表現できる。楕円積分のこの近似的な表現を用い 2 重積分の一方を解析的に行う事で、媒質の磁化が不均質な場合のビエソ磁気ポテンシャルは一次元の積分で表現される事になる。これを数値的に解く事で、不均質磁化構造でのビエソ磁気ポテンシャルを計算できる。

今回の発表では、この手法を用いて地震地磁気効果による地磁気変化の 3 次元的なパターンとその特徴について考察する。

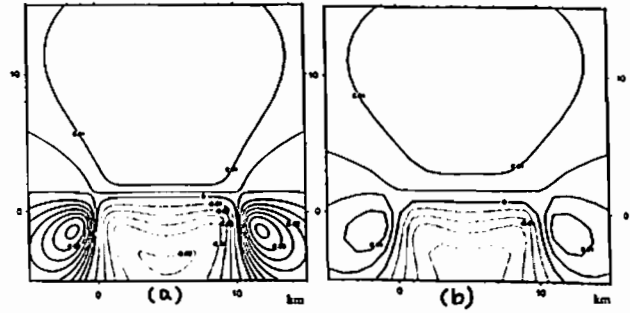


Fig.1 計算方法の検証

不均質磁化構造での計算方法で 100km x 100km の領域が一様に磁化している場合の地磁気変化を計算し、一様磁化の場合の解析解との比較を行った。断層は 10km x 5km の dip-slip 型の断層を仮定し、キュリー点深度 ( $a=15$ km) の面の導電率のみを計算し比較した。(a) が解析解によるもの、(b) が今回の方法で計算したもの。(単位は nT)

応力集中による応力地磁気効果の増幅

坂中伸也、大志万直人、住友則彦 (京都大学防災研究所)

Enhancement effect of stress concentration in tectonomagnetism

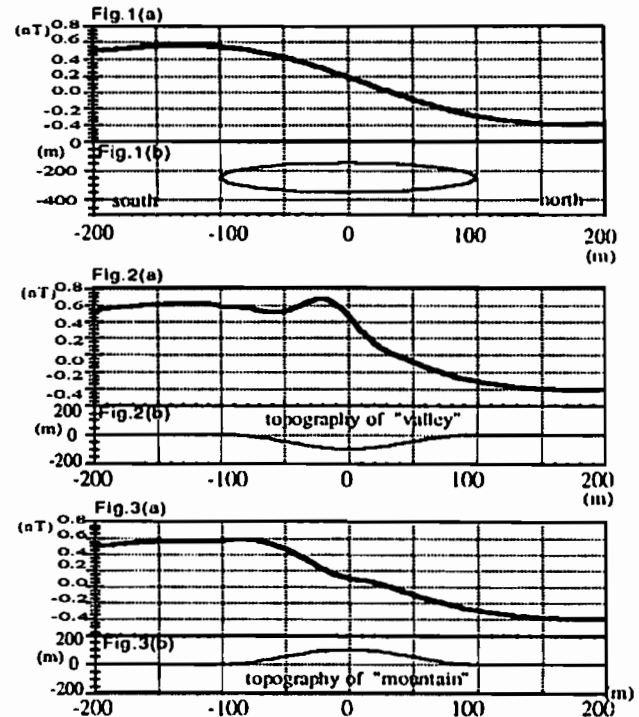
\*S.Sakanaka, N.Sumitomo and N.Oshiman(DPRI, Kyoto Univ.)

We have three mechanisms of enhancement of the tectonomagnetic effect. Enhancement of the changes of the geomagnetic field due to the change of stress condition occurs when (1) there exists inhomogeneous distribution of magnetization (Oshiman,1990), (2) magnetic observation is carried out within magnetic substances (Sasai,1991) and (3) stress concentration is occurred with existence of irregular topographies (Sakanaka,1997). But the third mechanism was suggested only its possibility. In order to understand the mechanism more quantitatively, we pick up situations with simple topography, that is, models with topography of "valley" and "mountain".

応力地磁気効果を増幅させる原因として、三種類のメカニズムが指摘されている。(1)磁化の不均質があるとき (Oshiman, 1990)、(2) 坑中などの磁性体内部で磁場を観測するとき (Sasai, 1991)、(3) 複雑な地形の存在などによって応力集中が存在するとき (Sakanaka, 1997)、である。応力集中による増幅効果はその可能性を指摘したのみで、詳しい議論がなされていない。今回は、応力集中による増幅効果を、理解するために、簡単なモデルの計算結果をまず示す。

Sakanaka (1997) の応力集中の効果を示したモデルを意識して、モデルの形状、パラメーターをできるだけ Sakanaka (1997) に近いものにした。そのためにここでも火山地磁気効果

モデルの一種である Yukutake model を例にとった。Fig.1(b) は内部応力が変化する円筒の形状、Fig.1(a) は地形が平直なときの全磁気変化である。Fig.2(b)、Fig.3(b) は Fig.1(b) の円筒の上方に存在する地形、Fig.2(a)、Fig.3(a) はそれぞれの磁気変化である。





\*Yukari Kido (Nakasa) (I), Ocean Crust Dynamic Research Frontier IG Group  
[1] JAMSTEC, Ocean Crust Dynamic Research Frontier

The Oceanic Crust Dynamics Research Frontier in JAMSTEC (OCDRF) is the one of five Frontier research groups studying focused on "Understanding the mechanism of earthquake occurrence in subduction zones" belonging to Science and Technology Agency. The main objective of OCDRF is to ; (1) examine and reveal the mechanism of subduction zone earthquakes around Japan, (2) plan and carry out geophysical cruises and make related geophysical and geological observations of the trenches and associated subduction zones around Japan in support of (1). The Frontier science plan is basically to collect high density crustal structure and related data for all the trench-subduction-seismogenic zones around Japan in order to define the fine scale structure and structural variations of these zones. To obtain the above purposes, OCDRF is divided into several groups: 1) dynamics research of the deep sea trenches using multi-channel seismic reflection and OBS methods and integration of these and existing data through sophisticated data base procedure, 2) long-term observations with cable and seafloor stations, and 3) geodynamics modeling with 3-D numerical simulation. In this paper, a brief introduction is presented of OCDRF's geophysical digital data base related to Group 1. Marine geophysical data base system and making compilations and analyses of these data. Geophysical data sets obtained by several research vessels in JAMSTEC are entered into the Data Base. Subsequent selection, editing and formatting are then done to arrange the OCDRF Data Base. The initial surveys of two areas are the Muroto segment off Southwest Japan and the Sanriku - Fukushima segment of the Japan Trench. Compilation of marine geomagnetic and gravity data off SE and NE Japan is in progress to clarify characteristics of subducting plate magnetic lineations and trench gravity anomalies. The features of the magnetic lineations are related to their origins, subsequent deformation and other possible processes of subduction.

C42-P212

陸棚域での海洋波動と地磁気変化

平野 和幸・西田 泰典 (北大・理)

Geomagnetic variation associated with oceanic waves in the continental shelf region

Kazuyuki Hirano and Yasunori Nishida  
(Grad. Sch. of Sci., Hokkaido Univ.)

We have been making continuous observation of geomagnetic total force intensity in the eastern part of Hokkaido. In the geomagnetic variation at AKS (near the Pacific Ocean) against MMB (reference site, JMA), we have found the  $O_1$  harmonic, one of the oceanic tidal constituents, with a period of 25.8193 hours. In general,  $O_1$  harmonic is interpreted as tidally (like a Kelvin wave) induced field.

Here we proposed that the observed  $O_1$  harmonic is due to continental shelf waves. Our proposal is consistent with current meter record and dispersion relation of the wave in this region (Yefimov and Rabinovich, 1980). Following Tyler and Mysak (1995), we formulated its induction process and found that the shelf wave induces vertical component of magnetic field efficiently; it mainly affect total force intensity in high geomagnetic latitude.

海岸付近での全磁力連続観測においては、しばしば単純波の夜間平均値 (1日毎に深夜の5~6時間を平均) に見かけ上の半月周期変化がみられることがある。これは潮汐流のダイナモ作用による誘導磁場をエイリアシングした結果である、という一つの説明がなされている。(笹井・石川 1985, etc.)

一方、'94年末から道東地方で行われている観測結果にも同様な半月周期の変化がみられた。これはおもに海洋潮汐の  $O_1$  成分(周期: 25.8193h)に対応する周期の変化をエイリアシングした、見かけのものであることがわかった。(97春の合同大会)

潮汐流のダイナモ作用を modeling したものとしては Larsen

(1968), Chave (1983) があるが、一定水深の海での Kelvin 波で潮汐を近似している。道東地方の場合、原因が太平洋側にあるとすれば、陸棚での水深の変化を model に取り入れるのがより適切であろう。また水深の変化は新たに陸棚波 (地形性ロスビー波) をうみだすことが知られている。

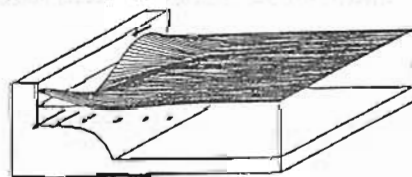
これに対し、流速計の記録からは  $O_1$  成分の流速がこの地域で大きいことが示されており、陸棚波が原因として考えられている。海底地形を考慮した分散関係からも、

- ・  $O_1$  より低周波側でのみ存在可能であり
- ・  $O_1$  付近で群速度がなくなり定在波 (resonance) になると推定されている。(Yefimov and Rabinovich, 1980)

また、Tyler and Mysak (1995) をもとに陸棚域 (exponential depth - profile) での誘導磁場の定式化を試みた。その鉛直成分の式には、代表的な forcing term として従来注目されてきた

1.  $F_z (\nabla_x \cdot \mathbf{v}_x)$  ..... 鉛直流による stretching
2.  $(\mathbf{v}_x \cdot \nabla_x) F_x$  ..... 地球磁場の移流 のほかに、新たに
3.  $F_z (\mathbf{v}_x \cdot \nabla_x) \ln H$  ..... 斜面上で強制的に生じる鉛直流による stretching

があらわれる。(  $F_z$ : 定常な地球磁場の鉛直成分,  $\mathbf{v}_x$ : 水平流速,  $H$ : 水深) Subduction zone のような急傾斜の陸棚においては 3. は 1., 2. よりも効果的に磁場を誘導することがありうる。



海岸に捕獲された地形性ロスビー波の一例。北向きの太い矢印は波の位相の進行方向を、薄い矢印は波のほの位置における海水粒子の運動方向を示す。波長にくらべて断面の長さは拡大して描かれている (Cutcliffe and Smith, 1973)。

# C42-P213

1997年鹿児島県北西部地震における変換関数について

○才田克昭、湯元清文 (九州大学)

Variations of transfer functions associated with the 1997 Kagoshima earthquake

○K. Saita, K. Yumoto (Kyushu Univ.)

In order to investigate temporal changes of electromagnetic structure caused by the 1997 Kagoshima earthquakes, we calculated the transfer function of the induction arrows at the Tarumizu station, using 1-sec sampling magnetometer data. The coefficients A and B of spectral peaks in the Pi2 frequency range are obtained by the BT power spectral analysis. It is found that the A and B values become larger a few days before the earthquakes.

ここ数年、地震に伴う電磁気現象の調査が盛んに行われている。その中で、地震に伴う地磁気変動があるかどうか確かめるため、1997年3月と4月に起きた鹿児島県北西部地震について調べてみた。地震に伴い地下の電気伝導度構造に何か異変が起きている可能性があるため、鹿児島の垂水観測点(31°48' N, 130°72' E)における変換関数を計算し、その変動を調べることで、地下構造の変化を探った。解析期間は、地震の起きた日の前後、合わせて30日間。用いたデータは、210°地磁気観測網の垂水観測点の1秒値である。本解析では平面波近似のできるPi2型地磁気脈動のグローバルモードの波を選んで解析を行った。

図はその結果である。解析を行うにあたり、BT法のパワースペクトルのピーク周波数により、イベントを選別した。図において、上が周期50秒、下が周期33秒のものである。○と+は、それぞれ変換関数AとBの実数部を表し、縦軸に大きさ、横軸に時間をとっている。地震のあった3月26日と4月3日を縦線で示してある。周期50

秒の方では、4月3日の地震の前にBの上昇がみられる。周期33秒の方では、3月26日の地震の前にAとBの上昇が、4月3日の地震の前にはBの上昇がみられる。これらを見る限り、いずれも地震の起きる前に変換関数が上昇しているかのように見える。しかし、他に周期50秒の方で、4月11日にBが上昇している。これらの変換関数の変動が意味するものは何か。さらに詳しい解析を行うことにより考察する。

Transfer function 1997 KAG

