

**第 83 回**  
**地球電磁気・地球惑星圏学会講演会**

---

83rd SGEPSS Spring Meeting

**講演予稿集**

Abstracts

- と き / 昭和63年4月26日(火)～28日(木)
- と ころ / 郵政省通信総合研究所

April 26-28, 1988  
Communications Research Laboratory

**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83回総会・講演会プログラム

日時 昭和63年4月26日(火)～28日(木)

場所 郵政省通信総合研究所(旧電波研究所)

小金井市 貫井北町4-2-1

TEL 0423(21)1211

		9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
4月26日	I	磁場成因・主磁場 ・永年変化			テクトノマグネティズム・ 電気伝導度・地電位			電磁誘導・磁気異常					
	II	木星電波・ オーロラダイナミックス			磁気圏構造		磁気圏構造		太陽風・磁気圏 相互作用				
	III	大気圏力学・組成放射			大気圏組成放射		太陽・惑星間空間						
4月27日		ポスター・ セッション (前半)	ポスター・ セッション (後半)	見学			特別講演 レビュー講演 (第II会場)		総 会 (第II会場)		懇 親 会 (第III会場)		
4月28日	I	岩石磁気・ 放射年代	岩石磁気・ 古地磁気		古地磁気			月・惑星					
	II	ULF波動		宇宙線		電離圏構造		電離圏構造					
	III	磁気圏電離圏結合		磁気圏 プラズマ波動		磁気圏 プラズマ波動		磁気圏 プラズマ波動					

\*指定時間を厳守して下さい。(講演12分、討論3分)

\*各会場ともスライドプロジェクター、オーバヘッドプロジェクター各1台が用意されています。

9

17

4月25日	<p>特別セッション「隕石と太陽系の起源」</p> <p>4号館大会議室、世話人 杉浦直治(東大理)</p>
-------	--

開始時間	第 I 会場	第 II 会場	第 III 会場
	<p>磁場成因・主磁場・永年変化 座長 笹井洋一 (東大震研)</p>	<p>木星電波・オーロラダイナミックス 座長 小野高幸 (極地研)</p>	<p>大気圏力学・組成放射 座長 柴田隆 (九大工)</p>
10:00	<p>I-1 ブラード・ゲルマン形式によるダイナモ方程式の自動的解法 河野 長 (東工大)</p>	<p>II-1 RECIRCULATION OF ENERGETIC ELECTRONS IN THE JOVIAN MAGNETOSPHERE 藤本正樹、西田篤弘 (宇宙研)</p>	<p>III-1 MUレーダーによる台風観測—速報— 佐藤 亨、阿尾直樹、山本 衛、深尾昌一郎、津田敏隆、加藤 進 (京大超高層)</p>
10:15	<p>I-2 Kinematic dynamo modelの固有値の収束性 遠藤尚彦、河野 長 (東工大)</p>	<p>II-2 木星デカメートル電波の広帯域偏波計測 三沢浩昭、大家 寛、森岡 昭、大木章一 (東北大理)</p>	<p>III-2 R.A.S.Sによる気温の測定精度 犬木久夫、伊藤繁夫 (電波研) 高見友幸、津田敏隆、佐藤 亮、深尾昌一郎、加藤 進 (京大超高層)</p>
10:30	<p>I-3 力動ダイナモの統計的性質 星 雅之、河野 長 (東工大)</p>	<p>II-3 木星デカメートル波広帯域偏波スペクトラムの長時間特性の解析 今井一雅、村川英樹 (高知高専)</p>	<p>III-3 放送衛星電波受信強度変動に及ぼす降雨空間分布の影響 岩井誠人 (京大工) 佐藤 亮 (京大超高層) 木村磐根 (京大工)</p>
10:45	<p>I-4 非一様磁場下の非線形型磁気流体波の厳密解 並川富一、浜端広充 (大市大理)</p>	<p>II-4 沿磁力線ポテンシャル差形成の数値実験 常本直貴、玉尾 孜 (東大理)</p>	<p>III-4 MUレーダーによって観測された対流圏・成層圏の風速変動の季節変化 深尾昌一郎、手島由裕、有賀 理 (京大超高層)、山中大学 (山口大教育)、佐藤 亮、津田敏隆、加藤 進 (京大超高層)</p>
11:00	<p>I-5 FLUID MOTION IN THE EARTH'S CORE BASED ON AN <math>\alpha\omega</math> DYNAMO 松島政貴、本蔵義守 (東工大)</p>	<p>II-5 プラズマ界面現象—オーロラ二重層の形成 井上雄二 (京産大理)</p>	<p>III-5 MUレーダー観測による中層大気重力波の周波数スペクトル 野村剛彦、津田敏隆、井上 隆、深尾昌一郎、佐藤 亮、加藤 進 (京大超高層)</p>
11:15	<p>I-6 地球磁場成因に関するX-効果について—電磁流体的アプローチによる地球磁場成因 大家 寛、村松崇行 (東北大理)</p>	<p>II-6 A COORDINATED SATELLITE AND GROUND-BASED STUDY OF PULSATING AURORAS 中島英彰、福西 浩 (東北大理)、小野高幸 (極地研)</p>	<p>III-6 MUレーダーによる中間圏長期観測 山本 衛、横井 隆、津田敏隆、佐藤 亮、深尾昌一郎、加藤 進 (京大超高層)、Adolf Ebel (ケルン大)</p>
11:30	<p>I-7 外核内部における対流によって期待される磁場の時間的振舞い 北村文乃、松島政貴、本蔵義守 (東工大)</p>	<p>II-7 地上及び静止軌道で観測したエクспанションに伴う緯度方向に伝搬する擾乱の解析 中村み、小口 高 (東大理)、D. N. Baker (NASA/GSFC)</p>	<p>III-7 ライダーによって観測された上部成層圏、中間圏重力波のスペクトル解析 柴田 隆、一森誠也、前田 三男 (九大工)</p>
11:45	<p>I-8 DEFINITION OF A NEW ECCENTRIC DIPOLE FOR THE GEOMAGNETIC FIELD 佐納康治、杉浦正久 (京大理)</p>	<p>II-8 昼間カスプ域オーロラ構造の動きとドリフト 小口 高、他GADCグループ</p>	<p>III-8 ファブリーペロ干涉計による熱圏温度・風系の観測 市川敏朗 (朝日大教養) 岡野章一 (東北大理) J.S.KIM (SUNYA)</p>
12:00	<p>I-9 座標系回転による非双極子磁場永年変化の解析 横山由紀子 (東大震研)</p>	<p>II-9 ロケット及び地上観測によるオーロラ発光高度の推定 江尻全機 (極地研)</p>	<p>III-9 大気光 OI 5577Åの長期変動 斎藤文一、木山高隆 (新潟大理)</p>
12:15	<p>I-10 LOWER BOUND FOR THE ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF THE EARTH'S OUTER CORE 本蔵義守、松島政貴 (東工大)</p>	<p>II-10 昭和基地掃天リオメータ観測による光オーロラとオーロラ吸収の相互関係 池田修一 (電通大)、山岸久雄 (極地研)、菊池 崇 (通総研)</p>	<p>III-10 O<sub>2</sub> ヘルツベルグ I 帯夜間大気光の励起過程 北 和之、岩上直幹、小川利紘 (東大理)</p>
12:30	(昼休み)	(昼休み)	(昼休み)

開始時間	第 I 会場	第 II 会場	第 III 会場
	<p>デクトノマグネティズム・ 電気伝導度・地電位 座長 本蔵義守 (東工大理)</p>	<p>磁気圏構造 座長 渡辺成昭 (通総研)</p>	<p>大気圏組成放射 座長 近藤 豊(名大空電研)</p>
13:30	I-11 二つの独立なパラメータから成るピエゾ磁気テンソル 笹井洋一 (東大震研)	II-11 磁気圏プラズマの写真撮影の可能性について 鶴田浩一郎 (宇宙研)、小川利紘 (東大理)	III-11 Diurnal Variations of the Tropospheric Ozone in East Java N.Komala and T. Ogawa(東大理)
13:45	I-12 千葉県館山における地磁気観測と地震観測 (その2) 歌代慎吉 (東理大理)	II-12 高密度イオンの局所的降下現象 (II) 賀谷信幸、松本治弥 (神大工)、向井利典 (宇宙研)	III-12 オゾンホール形成に与えるエアロゾル粒子の落下運動 岩坂泰信 (名大水圏研)
14:00	I-13 浅井と柿岡におけるCA変換関数の変化と広域の地震活動との関連 藤原 智 (京大理)、住友則彦 (京大教養)	II-13 広い測定角度範囲を持つイオンエネルギー質量分析器について 平原聖文、向井利典 (宇宙研)、寺沢敏夫 (京大理)	III-13 下部成層圏でのNOの日変化 - 日中共同気球観測 - 高木増美、近藤 豊、岩田 晃 (名大空電研)
14:15	I-14 RESULTS OF THE APPLICATION OF THE VLF AND ELF ELECTROMAGNETIC METHODS AT IBARAKI PREFECTURE J.Oubina (東大海洋研)、小川康雄 (地質調査所)、藤 浩明、瀬川爾朗、福田洋一 (東大海洋研)	II-14 新型イオン銃の開発 河野祐一、鶴田浩一郎、早川 基 (宇宙研)	III-14 上部成層圏 NO, オゾンの観測 -1987年フランス気球観測 - 近藤 豊、岩田 晃、高木増美 (名大空電研)、P.Aimediou (CNRS)、W.A.Matthews(DSIR)、J.Benbrook(U.Houston)
14:30	I-15 中国 四国地方の電磁気共同観測 塩崎 一郎、野木義史 (神大自然科学)、大久保晃、一北岳夫 (神大理)、山口 覚 (帝國女短大)、安川克己 (神大理)、藤原 智 (京大理)、住友則彦 (京大教養)	II-15 A Laboratory Evaluation of the Magnetospheric Configuration Dependence on Bz 南 繁行 (大市大工)、S.-I.Akasofu(Geophys.Inst.、アラスカ大)	III-15 Observation of Atmospheric Ozone with a Tunable Diode Laser Heterodyne Spectrometer:1. System Outline 岡野章一、田口 真、福西 浩 (東北大理)
14:45	I-16 琉球弧周辺の電気伝導度異常 金子康江 (水路部)、本蔵義守 (東工大理)、大島章一 (水路部)	II-16 静止衛星高度での高エネルギー電子フラックスの予測 長井嗣信 (気象研)	III-16 Observation of Atmospheric Ozone with a Tunable Diode Laser Heterodyne Spectrometer:2 Ozone Line Profile 田口 真、岡野章一、福西 浩 (東北大理)
15:00	I-17 BAYTAP-G による地電位異常の検出 小嶋美都子 (地磁気観)、森 俊雄 (気象庁地震火山部)、高山寛美 (気象研)	(休み)	III-17 ラマン散乱方式ライダーを用いた大気計測 (I) 計画の概要と試験結果 岩坂泰信、林 政彦、今須良一 (名大水圏研)
15:15	I-18 跡津川断層周辺の電磁氣的調査一雷に伴う地電位変動の特性一 小宮雅幸、酒井英男 (富山大理)、中山 武、土居 光 (京大防災研)	II-17 沿磁力線電流とDIPOLARIZATION 飯島 健 (東大理)、L.J.ZANETTI、T.A.POTEMRA (APL/JHU)	(休み)
15:30	(休み)	II-18 Field-aligned Current Signatures in the Near Tail Region VI. Source Regions of Large-scale Current Systems 大谷晋一、国分 征 (東大理)、R.C.Elphic、C.T.Russell(UCLA)	太陽・惑星間空間 座長 袴田和幸 (中部大工)
			III-18 Multi-Spacecraft Observations of Heliographic Structure in the Solar Wind 三宅 互(通総研)、小林一英(千葉工大)、小山孝一郎、向井利典(宇宙研)、阿部琢美(電通大)、寺沢敏夫(京大理)、湯元清文、斎藤尚生(東北大理)、平尾邦雄(東海大工)



開始時間	第 I 会場	第 II 会場	第 III 会場
	<p><b>電磁誘導・磁気異常</b> 座長 西田泰典 (北大理)</p>		
15:45	<p>I-19 海底プロトン磁力計による地磁気の測定及びフラックスゲイト磁力計との比較 小泉金一郎、瀬川爾朗、藤 浩明 (東大海洋研)</p>	<p>II-19 テールロープの磁力線のつなぎかえによって引き起こされる沿磁力線電流 田口 聡、杉浦正久 (京大理)、J. D. Winningham (SRI)</p>	<p>III-19 太陽風による磁気中性面の変形 鈴木裕見子、斎藤尚生、湯元清文 (東北大理)、小島正宜 (名大空電研)</p>
16:00	<p>I-20 SEA EFFECTS ON GEOMAGNETIC VARIATIONS IN THE JAPANESE ISLANDS P. Tarits (Inst. Phys. Globe)、本蔵 義守 (東工大理)</p>	<p>II-20 Dayside Magnetosphere における孤立的磁場変動 河野英昭 (東大理)</p>	<p>III-20 THREE-DIPOLE MODEL EXPLAINING THE SOLAR-CYCLE VARIATION OF THE HELIOMAGNETOSPHERE T. SAITO, T. OKI, (東北大理) S.-I. AKASOFU, C. OLMSTED (GEOPHYS. INST., ALASKA UNIV.)</p>
16:15	<p>I-21 地磁気静穏日変化によって海洋中に誘導される電流 竹田雅彦 (京大理)</p>	<p>II-21 磁場モデルを用いた磁気圏尾部での粒子のドリフトの計算—サブストーム時の沿磁力線電流系への応用 西谷 望、大谷晋一、小口 高 (東大理)</p>	<p>III-21 Non-spiral magnetic field in the solar wind 中川朋子、西田篤弘 (宇宙研)</p>
16:30	<p>I-22 南房総の地磁気異常分布と地殻構造 富士原敏也、木下 肇、森尻理恵 (千葉大理)</p>	<p>II-22 An MHD Simulation of the Dynamics of Magnetic Flux Ropes and Plasmoids in the Magnetotail 荻野竜樹 (名大空電研)</p>	<p>III-22 太陽磁場の磁気多重極能率の周期変動 龍岡亮二、長島一男、山田良実、柴田祥一、藤本和彦 (名大理)</p>
		<p><b>太陽風・磁気圏相互作用</b> 座長 三浦 彰 (東大理)</p>	
16:45	<p>I-23 南鳥島南方70マイルの海山の磁気異常解析 石川秀浩、田 望、友田好文、青木 斌、飯塚 進、三沢良文、石川正憲 (東海大海洋)</p>	<p>II-23 サイクロトロン低調波共鳴によるイオン加熱 寺沢敏夫 (京大理)</p>	<p>III-23 POWER SPECTRA OF PLASMA WAVES IN INTERPLANETARY SPACE OBSERVED BY 'SAKIGAKE' 小林敬正、大家 寛、森岡 昭 (東北大理)、三宅 亘 (通総研)</p>
17:00	<p>I-24 日本海盆東部の地磁気三成分異常精査 (KH 86-2, KT 87-6 航海) 伊勢崎修弘、島 伸和、宇野イク子、糸田千鶴 (神大理)、吉川雅英 (神大自然科学)、佐柳敬造、中西正男、玉木賢策 (東大海洋研)</p>	<p>II-24 彗星起源重イオンによる波動不安定性 小嶋浩嗣、大村善治、松本 紘 (京大超高層)、B. T. Tsurutani (Jet Propulsion Lab. Calif. Inst. Tech.)</p>	<p>III-24 惑星間空間衝撃波の生成及び伝搬 鷲見治一 (名大空電研)</p>
17:15	<p>I-25 Transect of the Philippine Sea along 25° N 春日 茂、金子康江、加藤 茂 (水路部)</p>	<p>II-25 I P S の観測した0.1AU以遠での太陽風加速—II 小島正宜、柿沼隆清 (名大空電研)</p>	
17:30	<p>I-26 北西太平洋における中生代磁気異常縞模様群 中西正男、玉木賢策、小林和男 (東大海洋研)</p>	<p>II-26 太陽風—磁気圏の相互作用によるMHD発電とその交流 (A-C) 効果 (I) 渋谷仙吉 (山形大理)</p>	
17:45		<p>II-27 Quantitative Analysis of Turbulent Fluctuations in the Magnetosheath 樋口知之、国分 征、C. T. Russell、R. P. Lepping (東大理)</p>	
18:00		<p>II-28 マグネットポーズに於けるケルビン・ヘルムホルツ不安定：太陽風速度依存性 三浦 彰 (東大理)</p>	

## 4 号 館 2 階 廊 下

## ポスターセッション 前半 (9:00 ~ 10:30)

- P-1 東シナ海における空中磁気異常  
牧野雅彦、大熊茂雄、中塚 正 (地質調査所)
- P-2 テクトノマグネティズムデータにおける海洋潮汐について  
濱島多加志、本蔵義守 (東工大理)
- P-3 CSAMT法による伊豆大島C火口列を横切る比抵抗構造調査  
小川康雄、高倉伸一、高田 亮、桑原保人(地質調査所)、J.L.オービニャ  
(東大海洋研)
- P-4 地電流に異方性を生じる比抵抗構造 -東海地方-  
大久保晃 (神大理)、野木義夫、塩崎一郎 (神大自然科学)  
-北岳夫 (神大理)
- P-5 沼津の長基線地電位の人工的雑音について  
高山寛美 (気象研)
- P-6 On the origin of PSD moment in magnetite  
杉浦直治 (東大理)
- P-7 単磁区粒子群による非履歴性残留磁化の獲得過程  
福岡浩司 (京大理)
- P-8 南極ビーコン累層のジュラ紀における熱変成の検証  
酒井英男 (富山大理)、船木 實 (極地研)
- P-9 PALEOMAGNETISM OF SHAKOTAN PENINSULA, WEST HOKKAIDO, JAPAN:  
AN IMPLICATION TO THE ROTATION OF NORTHEAST JAPAN  
田中秀文 (東工大理)、綱川秀夫 (東海大開発技研)、木村 学 (香川大教育)、  
山岸宏光 (地質調査所)
- P-10 ROTATION OF THE PHILIPPINE SEA PLATE INFERRED FROM PALEOMAG  
NETISM OF THE PALAU AND THE YAP ISLANDS  
足立泰久、井口博夫、乙藤洋一郎、伊勢崎修弘、安川克己 (神大理)
- P-11 白亜紀以降の中部アンデス回転運動と造山運動  
綱川秀夫 (東海大開発技研)
- P-12 伊豆大島新期火山岩類の古地磁気 (II)  
大野正夫、浜野洋三 (東大震研)
- P-13 MULレーダー/RASSIによる対流圏温度分布の観測  
高見友幸、津田敏隆(京大超高層)、大木久夫 (通総研)、加藤 進、深尾昌一  
郎、佐藤 亨(京大超高層)
- P-14 ニューゼalandにおける対流圏NO<sub>x</sub>、オゾンのふるまい。  
岩田 晃、近藤 豊、高木増美 (名大空電研)、  
W.A. Matthews, N. Jones (DSIR)
- P-15 「大空」で観測された紫外大気散乱光の季節変化  
鈴木勝久、渡辺 勉(横国大教育)、小池 真(東大理)
- P-16 半導体レーザを用いた可搬型パルス変調ライダーシステム  
長沢親生、阿保 真、山本秀喜、金木利之 (都立大工)、内野 修 (気象研)
- P-17 夜間大気光 [O I] 6300Åの異常励起 2 次元パターン  
金田栄祐 (東大理)、田鍋浩義、宮下暁彦 (東京天文台)
- P-18 イオン・ビームを用いた惑星表面遠隔探査方法の基礎開発  
矢守 章、佐々木進 (宇宙研)、谷脇 学 (東農工大)、三浦保範 (山口大)、  
河島信樹 (宇宙研)
- P-19 VOYAGER 2 海王星電波科学観測-データ処理手法の開発  
水野英一、河島信樹、小山孝一郎、佐々木 進 (宇宙研)、橋場 孝 (日本電  
子開発)
- P-20 宇宙天気予報  
丸橋克英、宇宙天気予報グループ (通総研)
- P-21 気球観測における電力線放射電磁界強度の抽出方法の改善  
富沢 一郎、和瀬田幸一、芳野越夫 (電通大管平)
- P-22 乗鞍における初期の宇宙線中性子計の資料 (1955-68年)  
和田雅美、今井加代、川崎信吉 (理化学研)
- P-23 宇宙線日変化スペクトルとIMF  
宗像義教(中部大工)、森 覚 (信大理)

## ポスターセッション 後半 (10:45 ~ 12:15)

- P-24 1984年における、H $\alpha$ フレアのシノプティックチャート  
袴田和幸 (中部大工)
- P-25 大規模FTE: 1986年2月7-9日の大磁気嵐の解析  
芝地貴夫、飯島 健 (東大理)
- P-26 中波帯における棚の減衰の有無について  
山田秀章、高保正喜、長野 勇(金沢大工)、香川幸雄、深見哲男(石川高専)
- P-27 NNSSテレメータ電波を用いたブラジリアン・アノマリー電離層擾乱の観測  
小野高幸 (極地研)、A. Foppiano (Univ. Concepcion)、小川忠彦 (電波研)
- P-28 日食時 (1987年9月23日)のHFドップラー観測  
貝沼昭司、小川忠彦、加藤仲夏、小泉徳次 (通総研)、三宅 互 (通総研平磯)、  
野尻英行 (通総研稚内)、磯部 武 (通総研)、満留博人 (通総研山川)、井  
口俊夫 (通総研沖繩)
- P-29 HFドップラーデータにみられる電離層長周期変動  
吉村康男、柴田 喬 (電通大)、小川俊雄 (高知大理)、奥澤隆志 (電通大)
- P-30 MULレーダーによる電離圏沿磁力線不均一質構造の研究  
白川達也、佐藤 亨、深尾昌一郎、津田敏隆、加藤 進 (京大超高層)
- P-31 高緯度地方のSq解析-直交化SR法による-  
門倉真二、角村 悟 (地磁気観)
- P-32 イオノグラム自動処理システムの開発とデータ提供  
猪木誠二、永山幹敏、加藤久雄、皆越尚紀 (通総研)、野崎憲郎 (通総研沖繩)
- P-33 太陽光シミュレーション用大口径ランプの開発  
小山孝一郎 (宇宙研)、鈴木勝久 (横浜国大)、梶井信力 (武蔵工大)、河島  
信樹 (宇宙研)、生川俊則 (武蔵工大)
- P-34 「大空」衛星によるL=1.6-1.8における高エネルギー電子、陽子降下観測  
永田勝明 (玉川大工) 河野 毅 (理研)、村上浩之、中本 淳 (立教大理)、  
長谷部信行 (愛媛大教養) 菊池 順、道家忠義 (早大理工研)
- P-35 オーロラの南北共役性の時間的变化  
平澤威男、小野高幸 (極地研)
- P-36 午前側オーロラに伴うPC5帯CNA脈動  
菊池 崇 (通総研)、中村るみ (東大理)、大和田 毅 (地磁気観)、山岸久  
雄 (極地研)、小口 高 (東大理)
- P-37 A SIMPLE KINETIC SOLUTION FOR THE DISCRETE AURORAL STRUCTURE  
山本 隆 (東大理)
- P-38 日米共同テザーロケット実験で観測された電気力学的現象の解析  
佐々木 進、小山孝一郎、河島信樹 (宇宙研)、W.J. Raitt (ユタ州立大)、P.  
M. Banks, P.R. Williamson (スタンフォード大)、W.F. Sharp (ミンガン大)
- P-39 電離層内における波動の広帯域観測 S-310-18ロケット実験のシステムお  
よび観測結果の概要  
岡田敏美 (名大空電研)、長野 勇 (金沢大工)、EXOS-D/GEOTAIL波動及び  
電場チーム
- P-40 DE-1 PWI によって観測された高緯度磁気圏プラズマの微細構造  
恩藤忠典、中村義勝、渡辺成昭 (通総研)
- P-41 地上局VLF電波の電離圏上部における電磁界強度分布の計算法  
高畑博樹、木村磐根 (京大工)
- P-42 ISIS-2 衛星で観測されたVLF局電波のスペクトル拡がり現象の解析  
島倉 信、玉沢 学 (千葉大工)、早川正士 (名大空電研)、恩藤忠典 (通総研)
- P-43 磁気圏VLF/ELFヒスの統計的性質について  
辻 伸治 (名大空電研)、島倉 信 (千葉大工)、早川正士 (名大空電研)
- P-44 The Mode Identification and Propagation of Auroral Waves  
K. Hashimoto (東京電機大)、W. Calvert (アイオワ大)
- P-45 IPDP と Pc1 波動の広域発生  
林 幹治、国分 征、小口 高、山本達人 (東大理)、GADCグループ  
GLOBAL GENERATION OF IPDP & Pc1 ULF MAGNETIC PULSATIONS
- P-46 PERSONAL COMPUTER AIDED SPECTRAL ANALYSIS PROGRAM PACKAGE  
宮武貞夫 (電通大)
- P-47 ON THE CA EFFECT FOR GEOMAGNETIC VARIATIONS AT SYOWA  
角村 悟 (地磁気観)

開始時間	
13:00	見 学 宇宙光通信地上施設 原子標準施設
	第 II 会 場
14:00	特別講演 「周波数と時間標準の研究」 吉村和幸 通信総合研究所
15:00	レビュー講演 「堆積物の残留磁化と地磁気永年変化」 安川克己 神戸大学理学部 「成層圏オゾン」 小川利紘 東京大学理学部

16:30	記 念 写 真 撮 影
	第 II 会 場
16:50	総 会
	第 III 会 場
18:30	懇 親 会

開始時間	第 I 会場	第 II 会場	第 III 会場
9:00	<p><b>岩石磁気・放射年代</b> 座長 船木 実 (極地研)</p> <p>I-27 遺跡焼土遺構における全磁気探査及び残留磁化測定 加藤隆司、酒井英男、広岡公夫 (富山大)</p>	<p><b>ULF 波動</b> 座長 林 幹治 (東大理)</p> <p>II-29 POLARIZATION CHARACTERISTICS OF <math>\Pi</math> 2 MAGNETIC PULSATIONS IN CONJUGATE AREA AROUND <math>L=1.2-2.1</math> 湯元清文、齋藤尚生、田村忠義 (東北大理)、田中義人、西野正徳 (名大空電研)、國武 学、西牟田一三、満留博人 (通総研山川)</p>	<p><b>磁気圏電離圏結合</b> 座長 小原隆博 (宇宙研)</p> <p>III-25 EXOS-C 衛星により観測された極冠域アーチの分類 小原隆博、北山正信、向井利典 (宇宙研)、賀谷信幸 (神大工)、西田篤弘 (宇宙研)</p>
9:15	<p>I-28 古地磁気学的手法による旧石器遺跡の炉床 (焚火跡) の推定 (3) - 総括 - 森永速男 (神大自然科学)、杉本恭子、市川浩司、井口博夫 (神大理)、久保弘幸、藤田 淳 (兵庫県教委)、山下秀樹 (平安博物館)、安川克己 (神大理)</p>	<p>II-30 AMPTE/CCE SATELLITE OBSERVATIONS OF <math>\Pi</math> BURST IN THE NEAR-EARTH MAGNETOTAIL 桜井 亨 (東海大工)、国分 征 (東大理)、高橋主衛 (ジョンホプキンス大)</p>	<p>III-26 オーロラ降下電子の後方散乱 櫛田 健、大家 寛 (東北大理)</p>
9:30	<p>I-29 兵庫県玄武洞 Matuyama Reversed Basalt の Js-T 堂面春雄 (山口大教育)</p>	<p>II-31 ULF の静止衛星高度から地上への伝搬 - <math>\Pi</math> 2 の場合 - 北村泰一、古賀清一、坂 翁介、下泉政志 (九大)、荒木 徹 (京大理)、小口 高 (東大理)、石塚 陸 (ワカヨ-観測所)</p>	<p>III-27 DE-2 の観測における明暗界線付近の Pedersen Conductivity の変化 石井 守、杉浦正久 (京大理)、N. C. Maynard (A.F.G.L.)、家森俊彦 (京大理)</p>
9:45	<p>I-30 チタノマグネタイトの熱水変質に伴う組成及び磁気的特性の変化 - 大分県野矢地熱地帯の岩芯試量を例として - 藤本光一郎 (東大理)、木川栄一 (東大震研)</p>	<p>II-32 Observational results of a short-period hydromagnetic wave (Pc 1) at the low-latitudes and theoretical interpretations 桑島正幸、藤田 茂、大和田毅 (地磁気観)、河村 謙 (気象大)、佐野幸三、外谷 健 (気象庁)</p>	<p>III-28 磁気的会合時の DE-1,2 衛星による高、低高度での沿磁力線電流の比較 内藤宏人、杉浦正久、家森俊彦 (京大理)</p>
10:00	<p>I-31 海洋性地殻第 3 層の磁化 (国際深海掘削計画第 118 次航海の概要) 木川栄一 (東大震研)、小沢一仁 (東大理)、ODP LEG118 乗船者一同</p>	<p>II-33 ENERGETIC ION PRECIPITATION SPIKES ASSOCIATED WITH IPDP EVENTS 福西 浩 (東北大理)、林 幹治 (東大理)</p>	<p>III-29 沿磁力線電位差の生成機構の観測的検証 北山正信、西田篤弘、向井利典 (宇宙研)、賀谷信幸 (神大工)</p>
10:15	<p>I-32 丹沢トータル岩体の K-Ar 年代測定 (II) 齋藤和男、大友育也 (山形大理)</p>	<p>II-34 電離層高度での小規模磁場擾乱と ULF 波動 家森俊彦 (京大理)</p>	<p>III-30 沿磁力線電流は <math>10^6</math> アンペアで十分か? 上出洋介 (京産大理)</p>
10:30	<p>(休み)</p> <p><b>岩石磁気・古地磁気</b> 座長 綱川秀夫 (東海大開発技研)</p>	<p>II-35 DE-2 で観測された Pc2 波動の特性 花土 弘、杉浦正久 (京大理)、N. C. Maynard (AFGL)、荒木 徹、家森俊彦 (京大理)</p>	<p>III-31 磁気圏電場による電離層電流が地磁気 Sq 磁場及び赤道ジェット電流に及ぼす寄与 福島 直</p>
10:45	<p>I-33 AN APPLICATION OF NORTH SEEKING BACTERIA TO THE ROCK MAGNETISM 船木 実 (極地研)、酒井英男 (富山大)、松永 是 (東京農工大)</p>	<p>II-36 SURVEY OF COMPRESSIONAL Pc5 WAVES WITH AMPTE/CCE 國分 征、河野英昭 (東大理)、K. Takahashi, L. J. Zanetti (ジョンホプキンス大学)</p>	<p>III-32 SC の POLARIZATION の極域分布について 永野 宏 (朝日大)、荒木 徹 (京大理)、小口 高、国分 征、林 幹治、山本達人 (東大理)、GADC グループ</p>
11:00	<p>I-34 柱状試料間の SIRM の一致と SIRM と炭素同位体比の相関 - マグネトバクテリアによる解釈 - 中井信之 (名大理)、佐藤高晴 (新潟大工)、小林和男 (東大海洋研)</p>	<p>(休み)</p> <p><b>宇宙線</b> 座長 一之瀬匡興 (信大教養)</p>	<p>(休み)</p> <p><b>磁気圏プラズマ波動</b> 座長 橋本弘蔵 (東京電機大)</p>
11:15	<p>I-35 2 本の深海底堆積物柱状試料から得られた地磁気の長周期永年変化 佐藤高晴 (新潟大工)、小林和男 (東大海洋研)</p>	<p>II-37 空気シャワー領域の宇宙線非等方性と太陽圏環境 村上一昭、山田良実、柴田祥一、藤井善次郎 (名大理)、小島浩司 (藤田学園)、林田直明、木舟 正 (東大宇宙線研)</p>	<p>III-33 地上アンテナから放射された左右両円偏波により励起されたホイスターモード波の強度解析 八木谷 聡、長野 勇 (金沢大工)、U.S. Inan (Stanford Univ.)</p>
11:30	<p>I-36 未固結堆積物コアの古地磁気記録 (木崎湖) 1. 試料採取と磁化測定 糸田千鶴 (神大理)、村田史之、森永速男 (神大自然科学)、井口博夫、安川克己 (神大理)</p>	<p>II-38 坂下一地下宇宙線観測 1978-1987 上野裕幸、藤井善次郎、山田良実 (名大理)</p>	<p>III-34 多成分プラズマ中における 3 次元ホットプラズマレイトレーシング 澤田 晃、木村磐根 (京大工)、大村善治、松本 紘 (京大超高層)</p>

開始時間	第 I 会場	第 II 会場	第 III 会場
11:45	I-37 Leg 107 (ODP) の古地磁気層序 (まとめ) 鳥居雅之 (京大理)、J.Channell, T.Hawthorne (フロリダ大) L.Vigliotti (Inst. Geol. Marina)	II-39 宇宙線中性子計により観測された恒星時日変化II 奥谷晶子 (理研)、石田喜雄 (福島大教育)、森 覚 (信大理)	III-35 電離圏・磁気圏中でのレイトレイシニングのための IRI モデルの適用 木村磐根、桜井章裕、澤田 晃 (京大工)
12:00	I-38 中新世中期の古地磁気層位学 新妻信明 (静大理)、林田 明 (同大工)、高山俊昭 (金沢大教養)、ODP Leg 117 乗船者一同	II-40 深い地下 (松代、220米水深相当の深土) における宇宙線恒星時日変化の観測 (II) 森 覚、安江新一、鷺坂修二 (信大理)、一之瀬匡典 (信大教養)	III-36 低緯度ダクト伝搬ホイストラのレイトレイシニング III 中村義勝、恩藤忠典 (通総研)
12:15	I-39 上部白亜系和泉層群の古地磁気層位学的研究 小玉一人、進司克己 (高知大理)	II-41 A possible Causal Relation of the Cosmic Ray Source Composition with the Interstellare Depletion 桜井邦朋 (神奈川大工)	(昼休み)
12:30	(昼休み)	(昼休み)	
	古地磁気 座長 小玉一人 (高知大理)	電離圏構造 座長 佐藤 享(京大超高層)	磁気圏プラズマ波動 座長 寺沢敏夫 (京大理)
13:15	I-40 根室層群 (白亜紀後期- 暁新世) の古地磁気学的研究 内村英雄、河野 長 (東工大理)	II-42 Wigner分布によるHFドップラーシミュレーション 阿保 真、長沢親生、金木利之(都立大工)	III-37 Properties of Whistler Mode Wave Packets at the Leading Edge of Steepened Magnetosonic Waves : Comet Giacobini-Zinner B.T. Tsurutani(JPL, Kyoto Univ.), R.M. Thorne(UCLA), E.J. Smith(JPL), A.L. Brinca (IST, Portugal), H. Matsumoto(Kyoto Univ.)
13:30	I-41 高館層安山岩の古地磁気 上嶋正人 (地質調査所)	II-43 D層電子密度レッジの重力波への応答 杉山卓也(京大理)、村岡良和(兵庫医大物理)	III-38 宇宙飛翔体とスペースプラズマとの相互作用における光電子放出の影響 岡田雅樹、大村善治、松本 紘(京大超高層)、木村磐根(京大工)
13:45	I-42 足尾山地 中・古生層の古地磁気 広岡公夫、末村裕信 (富山大理)、竹内 章 (富山大教養)	II-44 中間圏からのVHFエコーとフレネル散乱モデル 村岡良和(兵庫医大物理)、杉山卓也 (京大理)	III-39 宇宙プラズマ計算機シミュレーションにおける静電場解法の問題点 大村善治、岡田雅樹(京大超高層)、F.井英之(京大工)、松本 紘(京大超高層)、木村磐根(京大工)
14:00	I-43 秩父石英閃緑岩の古地磁気と屈曲構造形成の時期 高橋雅紀 (東北大理)、野村 哲 (群馬大教養)	II-45 THE MU RADAR OBSERVATION OF THE IONOSPHERE M. Gastelumendi, T. Sato, J.P. McClure, S. Kato, S. Fukao(京大超高層)	III-40 NUMERICAL CALCULATIONS OF THE DOPPLER CONVERSION OF THE ELECTROMAGNETIC WAVES IN PLASMA FOR THE CASE OF THE RELATIVISTIC PLASMA FLOW 飯島雅英、大家 寛(東北大理)
14:15	I-44 八尾層群の古地磁気からみた西南日本の回転時期 伊藤康人 (京大理)	II-46 MUレーダーによる日食時F層電子密度の観測 大西嘉昭、佐藤 亨、深尾昌一郎、津田敏隆、加藤 進(京大超高層)	III-41 Simulation of AKR Generation in a Cold Plasma Cavity 町田 忍(宇宙研)、W. Calvert, C. K. Goertz(アイオワ大)
14:30	I-45 Preliminary Palaeomagnetic results from Jingle geosyncline in ShanXi, North China Z. Zheng、河野 長 (東工大理)、X. Y. Zhu (中国科学院)	II-47 RADAR OBSERVATIONS OF MIDLATTITUDE F-REGION FIELD-ALIGNED IRREGULARITIES J.P. McClure, S. Fukao, T. Sato, T. Tsuda, S. Kato(京大超高層)	III-42 電磁流体方程式の数値解法の開発 高橋 俊、寺沢敏夫(京大理)
14:45	I-46 インド大陸とアジア大陸の衝突部の古地磁気 門井 淳、井上靖子、船原尚武 (神大理)、村田史之 (神大自然科学)、乙藤洋一郎 (神大理)	II-48 電離圏・磁気圏擾乱に対する熱圏応答の特性時間 前田佐和子(大阪短大)	III-43 シャトル・テザー衛星の電磁力学過程の計算機実験 F.井英之 (京大工)、松本 紘、大村善治(京大超高層)、木村磐根 (京大工)



開始時間	第 I 会場	第 II 会場	第 III 会場
15:00	I-47 チベット高原の古地磁気(成都-拉薩ルート) 井上靖子、門井 淳、船原尚武(神大理)、村田史之(神大自然科学)、乙藤洋一郎(神大理)	II-49 MUレーダーによる軌道運動物体の探索(II) 加山英俊、木村磐根(京大工)、佐藤享(京大超高層)	III-44 大振幅ホイッスラー波の非線形崩壊-計算機実験と理論- 松本 紘、岩根 靖、大村善治(京大超高層)
15:15	(休み)	(休み)	(休み)
	月・惑星 座長 山越和雄(東大宇宙線研)	電離圏構造 座長 田中高史(通総研)	磁気圏プラズマ波動 座長 岡田敏美(名大空電研)
15:30	I-48 惑星科学実験用レールガンの開発-1987年度の実験報告- 柳澤正久、佐藤恵一、矢守 章、河島信樹(宇宙研)、佐々木博樹(武蔵工大)、大野雄吾(相模工大)	II-50 地理緯度30° 附近におけるダイナモ電流の垂直分布 前田憲一	III-45 有限要素法による超長波電波の地球-電離層間伝搬の解析 馬場清英(中部大工)
15:45	I-49 放射性元素 <sup>26</sup> Alと太陽系星雲の電離状態 梅林豊治(山形大理)	II-51 波動による衝突回数測定～ S-310-18による高温度層総合観測～ 長野 勇、井上良彦、牧野将美、高保正喜(金沢大工)、岡田敏美(名大空電研)	III-46 Anomalous proton whistlers with higher frequency than proton cyclotron frequency measured by DE-1 at high altitude in plasmasphere 渡辺成昭、恩藤忠典、中村義勝(通総研)
16:00	I-50 宇宙空間に於ける固体粒子の捕獲機構(I) 山越和雄(東大宇宙線研)、藤原 顕、平田隆幸(京大理)	II-52 非等方的な熱的電子エネルギー分布の角度依存性 阿部琢美(電通大)、小山孝一郎(宇宙研)、清水克洋(電通大)、渡部重十(宇宙研)	III-47 磁気圏VLFヒスから励起されるコーラスの発生機構 服部克巳、早川正士(名大空電研)、島倉 信(千葉大工)
16:15		II-53 プラズマ圏境界近傍におけるプロトンスパイク現象とVLF放射 森岡 昭、大家 寛(東北大理)、永田勝明(玉川大工)、小山孝一郎(宇宙研)	III-48 中緯度共役点観測で得られたVLF Whistler-mode信号の伝搬時間等の特性 武尾幸次、西野正徳、田中義人(名大空電研)
16:30		II-54 低緯度電離圏F領域の動態とプラズマバブルの形成域 高橋忠利、大家 寛(東北大理)、渡部重十(宇宙研)	III-49 DOPPLER SHIFT OF THE LF DECCA WHISTLER-MODE SIGNALS OBSERVED AT BIRDSVILLE, AUSTRALIA 西野正徳、田中義人、武尾幸次(名大空電研)
16:45		II-55 トラフ領域における電子温度の分布-おおぞら衛星による観測- 渡部重十、小山孝一郎、阿部琢美、伊藤富造(宇宙研)	
17:00		II-56 中・低緯度における10keV電子バースト現象(EXOS-C観測) 向井利典(宇宙研)、R.Lieu(Imperial College London) J.Daniel(U. Leicester)、北山正信(宇宙研)、賀谷信幸(神大工)	
17:15		II-57 ISIS 2 OBSERVATIONS OF THE IRREGULARITY DISTRIBUTION DURING THE LOW-LATITUDE IONOSPHERIC DISTURBANCE EVENT CAUSED BY THE MAGNETOSPHERIC ELECTRIC FIELD 田中高史(通総研)	

# 宿泊施設案内

ホテル名	電話	室数	シングル料金	最寄駅所要時間
立川ホテル	0425-26-2021		5,800	J R 立川北口左折 歩5分
第2立川ホテル	0425-27-1071		5,800	北口右折 歩5分
中野旅館	0425-22-3506	12	4,000(和)	北口 歩2分
立川グランド・ホテル	0425-25-1121	118	8,750	北口 歩3分
ホテル昭和	0425-24-2468		7,230(和5,500)	北口前
あづま旅館	0425-22-3564		4,500(和)	南口 歩3分
ビジネスホテル 安川	0425-22-4330	10	5,000	南口右折 歩3分
ビジネスホテル はまれ	0425-23-0588	26	5,500	南口右折 歩5分
ビジネスホテル 千成ホテル	0423-25-5588	26	4,600	J R 国分寺北口右折歩5分
ホテル・ヤングイン	0423-22-5061	25	4,800から	北口 歩2分
ビジネスホテル・ダイワ	0423-24-5221	40	5,000から	南口前
西部プラザ・ビジネスホテル	0422-55-1711	30	5,910	J R 三鷹 北口 歩1分
新宿サンパークホテル	0422-42-0003	62	6,000(朝食込)	南口 歩3分
ビジネスホテル 三鷹プラザ	0422-43-7386		4,000	南口 歩3分
三鷹シティホテル	0422-48-4111	48	7,000	南口 歩4分
吉祥寺第一ホテル	0422-21-4411		9,350	J R 吉祥寺北口 歩10分
吉祥寺東急イン	0422-47-0109		9,400から	南口 歩5分

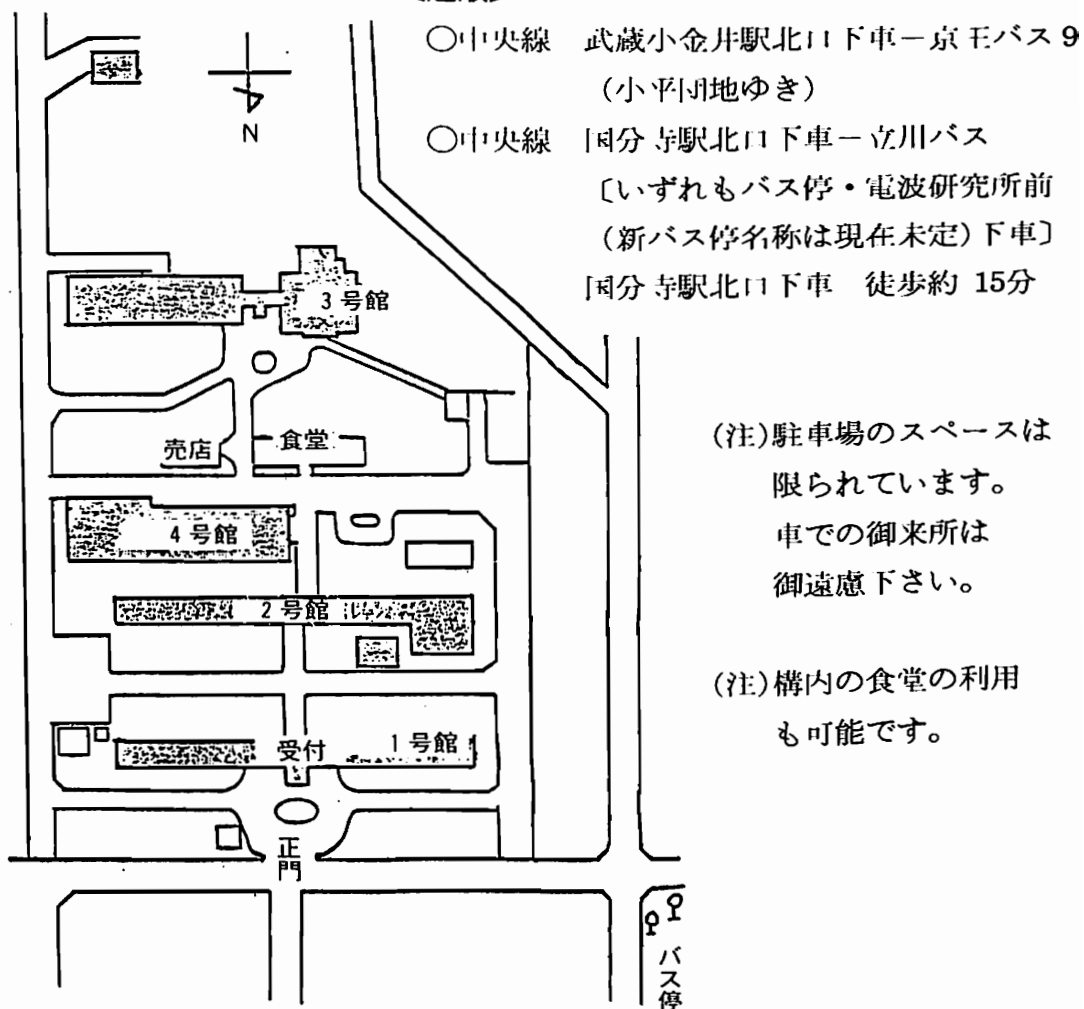
# 会場案内

郵政省通信総合研究所(本所)

- 第I会場 4号館2階 中会議室 講演会場  
第II会場 4号館2階 大会議室 講演会場・総会々場  
第III会場 2号館2階 講堂 講演会場・懇親会々場

〔研究所構内〕

〔道順〕



領 収 控 (事務局用)

様

金 2,000 円

但し 第83回総会並びに講演会  
予稿集代

昭和63年4月 日

地球電磁気・地球惑星圏学会

領 収 書

様

金 2,000 円

但し 第83回総会並びに講演会予稿集代  
上記正に領収致しました。

昭和63年4月 日

地球電磁気・地球惑星圏学会 領収印

領 収 控 (事務局用)

様

金  1,000 円

500 円

2,000 円

1,000 円

但し 第83回講演会参加費

昭和63年4月 日

地球電磁気・地球惑星圏学会

領 収 書

様

金  1,000 円 (会員一般)

500 円 (会員学生)

2,000 円 (非会員一般)

1,000 円 (非会員学生)

但し 第83回講演会参加費

上記正に領収いたしました。

昭和63年4月 日

地球電磁気・地球惑星圏学会 領収印

お  
願  
い

このページをプログラムから切り取り、アンダーラインの部分4箇所  
に氏名を、また会員種別該当欄に×印を  
御記入の上、予稿集代並びに参加費を添えて学会の受付にお出し  
下さい。今回の学会から参加費を頂くことに  
なりましたので、受付事務の混乱を軽減するため、ご協力を是非  
宜しくお願い致します。

## ■ 第 I 会場

( I-1 ~ I-50 )



A Program for Automatically Solving  
the Dynamo Equations by  
Bullard-Gellman Formulation

Masaru Kono

Department of Applied Physics, Tokyo Institute of Technology

A Computer program was developed to solve the kinematic dynamo equation automatically. The algorithm used is that of Bullard and Gellman (1954); i.e., (1) to express the magnetic or velocity field by a sum of toroidal and poloidal fields, (2) to expand these using spherical harmonics, (3) to integrate out the angular variables and obtain scalar differential equations, (4) to approximate differential equation by difference scheme, and (5) to solve the resulting matrix equation as an eigenvalue problem.

地球磁場の起源として、地球の核内のダイナモ作用を厳密に解く試みは Bullard and Gellman (1954) によって始められた。彼らの研究により  $T_1$  と  $S_2^{2C}$  運動に対して求められた解については、1970 年代に収束性に問題があることが明らかにされた。この否定的結果もあって、その後の研究は乱流ダイナモが主流になってきたが、そのやり方でも結局十分満足の結果は得られておらず、近年ではダイナモの取り扱いが地球科学から離れてどんどん数学的になっているようにも見受けられる。

しかし、現在でも Bullard-Gellman 流の手法の重要性は減っていないと思われる。この方法は (A) 適当な運動場の形を仮定し、(B) その運動場に対してゼロでない静的な磁場が存在するための運動の強さをインダクション方程式の固有値として求めるものであり、勿論、Kinematic なものであるが、いったん固有値が求まれば、time-dependent な問題に拡張するのは容易である。より具体的には、(1) 磁場と速度場をトロイダル場とポロイダル場の和として表現し、(2) これらを球面調和関数を用いて展開し、(3) 角度について積分してベクトル方程式をスカラー方程式に書き換え、(4) 微分係数を差分によって近似し、(5) 核内のそれぞれの場所での各モードについての連立方程式をたて、(6) 得られたマトリクス方程式を固有値問題として解く、という各ステップが必要となる。

Bullard-Gellman の定式化による解法は Lilley (1970) によって  $T_1 + S_2^{2C} + S_2^{2S}$  運動に、Gubbins (1973) によって  $T_n + S_n$  運動に Pekeris et al. (1973) によって  $S_2^{2C}$  運動に、Kumar and Roberts (1975) によって  $T_1 + S_2 + S_2^{2C} + S_2^{2S}$  運動に適用されており、最後の2つについては固有値の収束がかなり良いことが示されている。しかし、これだけのサーチでは十分というにはほど遠い。もっと様々な速度場についてダイナモの成立しやすさを調べるのが望ましい。

これまでの研究が極めて限られた速度場についてしか実施されていないのは、Bullard-Gellman のやり方を個々の速度場にあてはめ計算機プログラムを組むのが複

雑で面倒な作業だからである。我々は任意の速度場を与えたときに、自動的に必要な相互作用項を見積ってマトリクス方程式を計算し、固有値を求めるプログラムを作成した。従って、このプログラムを使用するには、入力としては速度場の形と球面調和関数の展開次数と動径方向の分割数だけを与えればよい (Figure 1)。このプログラムをスーパーコンピュータ上で用いることにより、キネマティックなダイナモとして都合のよい運動場を選び出すことがこれからの目標である。

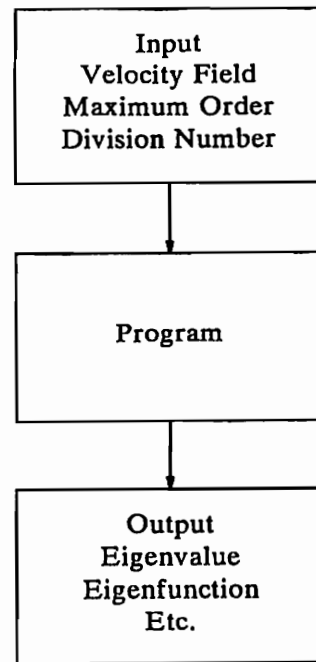


Figure 1. Schematic flow diagram.

## I - 2 Kinematic dynamo model の固有値の収束性

遠藤 尚彦 · 河野 長

(東工大理)

CONVERGENCE OF EIGENVALUES OF A KINEMATIC DYNAMO MODEL

Takahiko Endou and Masaru Kono

Tokyo Institute of Technology

It should be noted that the usual three-term central difference expression cannot correctly express the radial functions of magnetic fields higher than the third order near the origin. This is because functions of the  $\beta$ -th order behave as  $Ar^{\beta+1}$  when  $r$  is small.

Taking this into account, we developed a different numerical formulation. The obtained eigenvalues are sometimes quite different from those obtained by the usual procedure. This means that eigenvalues are greatly influenced by the behaviors of radial functions near the origin.

Noting this effect, we will discuss the convergence of eigenvalues of a kinematic dynamo.

Bullard & Gellman の様に、定常状態のインダクション方程式を球面調和関数で展開し、差分法を用いて計算された固有値の収束性について調べた。

前回、我々は B-G ダイナモを取り上げ、速度場のトロイダル成分の動径関数の振幅のパラメータ  $\varepsilon$  の変化に対する実固有値  $V$  の振舞を調べ、 $\varepsilon - V$  グラフで表わした。そのパターンから、固有値の信頼性や、与えた速度場が適切であるかどうか等を知ることができる。また、低次の展開の結果を用いて収束する例を見つけ出す時の目安となる。

ところで、4 次の球面調和関数まで磁場を展開すると数値計算によると思われる不安定性がグラフ上に見受けられた。通常の 3 項中心差分では、 $r$  の 3 乗までしか正確に表現することができない。よって、この方法では高次の磁場まで展開した時、その原点付近での振舞を十分に表現できない恐れがある。何故なら  $\beta$  次の磁場の動径関数は原点付近では  $r^{\beta+1}$  に比例するからである。この為、十分に  $r$  がゼロに近い領域では、3 次以上の磁場の動径関数は、それをテーラー展開した時の初項すら満足に表わされない。

この点を考慮して再び同じ計算を行なった所、固有値がかなり変わってしまう場合が存在した。これは、磁場の動径関数の原点付近での振舞が固有値に与える影響が大きいことを意味している。

今回は、この点に注意して固有値の収束性について述べる。

Statistical Properties of the Rikitake Two-Disk Dynamo

Masayuki Hoshi and Masaru Kono

Department of Applied Physics, Tokyo Institute of Technology

We investigate the behaviors of the Rikitake two-disk dynamo system. The amplitude of oscillation in this system grows monotonically with time and the reversal of current takes place when the peak amplitude exceeds the threshold value. The growth rate of amplitude is extraordinarily large for the last oscillation before the reversal. Therefore a slight difference in amplitude becomes very large just before the reversal. This is where the apparently random element enters the system behavior.

力武ダイナモは地球磁場の逆転に似た非周期的な電流の極性逆転を起こすことが良く知られている。力武ダイナモの電流(磁場)は正負それぞれの平衡点を中心に振動し、次第に振幅が増加してその大きさが0に達した時点で極性逆転が起きる。Fig.1にその様子を示す。無次元化された電流( $x_1, x_2$ )の平衡点は、パラメータ  $k$  によって  $(\pm k, \pm k^{-1})$  と表わされる。パラメータ  $(k, \mu)$  ( $\mu$  は回路の電気定数)により振動の増加の仕方は一定になる。Fig.2は振動電流の極値とその次の極値を  $k=2.0, \mu=1.3$  についてプロットしたもので、矢印に沿って振幅は増加する。平衡点近くでは振幅の増加率は小さく、振幅が成長するまでに時間がかかる(A)。一方振幅がある程度大きくなると増加率はかなり大きくなりすぐに逆転してしまう(B)。ピークがある値より大きくなり、次の振動で逆転が起こる場合、そのピークの値(しきい値 threshold)を Fig.3に示す。力武ダイナモの電流極性の逆転は以上の様にしきい値が存在することなどから、地球磁場を表わすモデルとして適しているとは考えられない。しかし、初めの電流振幅のごく僅かな違いが逆転直前に非常に拡大され、その結果電流の極性逆転がカオスとなっている点については興味のあるところである。

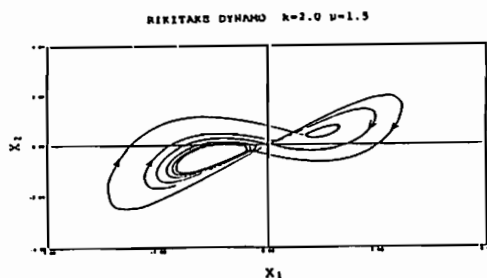


Fig. 1. The trajectory of the system in the phase space ( $x_1, x_2$ )

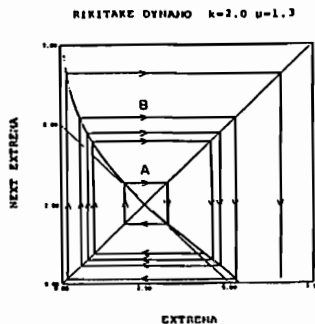


Fig. 2. Evolution of the oscillation with time

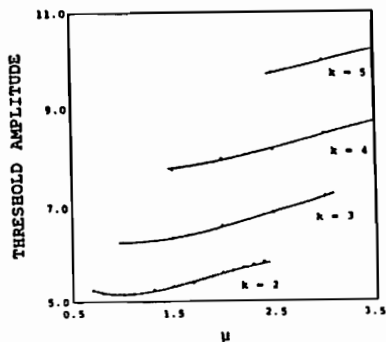


Fig. 3. Minimum peak value of the last oscillation before a reversal

並川 富一・浜 端 友 亮

大阪市 大理

AN EXACT NONLINEAR ALFVÉN WAVE SOLUTION  
IN A NON UNIFORM MAGNETIC FIELD

Tomikazu Namikawa · Hiromitsu Hamabata

Osaka City University

The propagation of Alfvén waves along a non-uniform toroidal magnetic field in a highly conducting incompressible fluid is studied. It is shown that there is an exact Alfvén wave solution.

Alfvén が 1942 年に始まる線形の磁気流体波の存在を理論的に示し、1944 年に Walén が非線形厳密解の存在を示した。この後 40 年以上経たず、力場が直線の非一様磁場下で解であり、その後 40 年以上経たず、力場が曲線の非一様磁場下での解は発見されることがある。ここではトロイダル磁場下の非線形波の厳密解を導く。地球や恒星内のトロイダル磁場はポロイダル磁場よりも大きいため、この解はプラズマ理論、地球物理学や天体物理学の解明に役立つと考えられる。

# FLUID MOTION IN THE EARTH'S CORE BASED ON AN $\alpha\omega$ -DYNAMO

Masaki Matsushima and Yoshimori Honkura  
*Department of Applied Physics, Tokyo Institute of Technology*

Creation and maintenance of the Earth's magnetic field are due to dynamo action in the Earth's fluid core. Fluid motion in the electrically conducting outer core should primarily be responsible for the characteristics of the Earth's magnetic field. The estimation of fluid motion, however, would be very difficult without any assumptions. In order to estimate fluid motion in the Earth's core, we assume that the non-dipole magnetic field observed on the Earth's surface is generated only by the interaction between a strong toroidal magnetic field  $B_{T_2}$  and convective fluid motion  $v_{S_n^m}$ .

A strong toroidal magnetic field  $B_{T_2}$  is generated by the interaction between the dipole magnetic field  $B_{S_1}$  and differential rotation  $v_{T_1}$  ( $\omega$ -effect). Here we estimate differential rotation from the balance between the effective couple due to angular momentum transfer and electromagnetic couple, and derive a toroidal magnetic field.

We assume poloidal velocity field as

$$v_{S_n^m} = \begin{cases} \frac{n(n+1)}{r^2} \xi_n^m(r) (u_n^{mc}(t) \cos m\phi + u_n^{ms}(t) \sin m\phi) P_{n,m}(\cos\theta) \\ \frac{1}{r} \frac{d\xi_n^m}{dr} (u_n^{mc}(t) \cos m\phi + u_n^{ms}(t) \sin m\phi) \frac{dP_{n,m}}{d\theta} \\ - \frac{1}{r} \frac{d\xi_n^m}{dr} (u_n^{mc}(t) \sin m\phi - u_n^{ms}(t) \cos m\phi) \frac{mP_{n,m}}{\sin\theta} \end{cases}$$

where  $P_{n,m}$  is an associated Legendre function. We use a secular variation model, in which periodic fluctuation has been introduced to the amplitude of the standing and the drifting non-zonal fields, to calculate the velocity field. The magnitudes of  $u_n^{mc}(t)$  and  $u_n^{ms}(t)$  at a certain epoch are then derived for a reasonably assumed radial function  $\xi_n^m(r)$ .

In Fig. 1 we show the velocity field on the equatorial plane, seen from the north pole, at epoch of 2000 A.D. It turns out that the motion of  $P_{1,1}$  type seems to be dominant. However, in Fig. 2, which shows the velocity fields on the meridional planes for  $\phi = 0^\circ-180^\circ$  and  $\phi = 90^\circ-270^\circ$  at the same epoch, the motion of other types seems to be contained. This result may be attributed to the effect of a strong toroidal magnetic field in the Earth's core in addition to the effect of rotation.

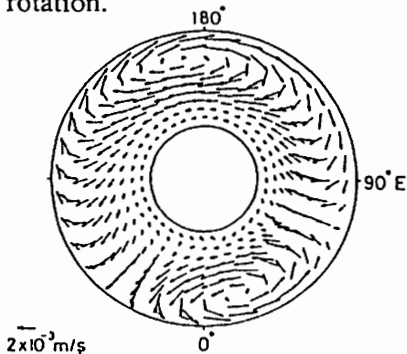


Fig.1 The velocity field on the equatorial plane.

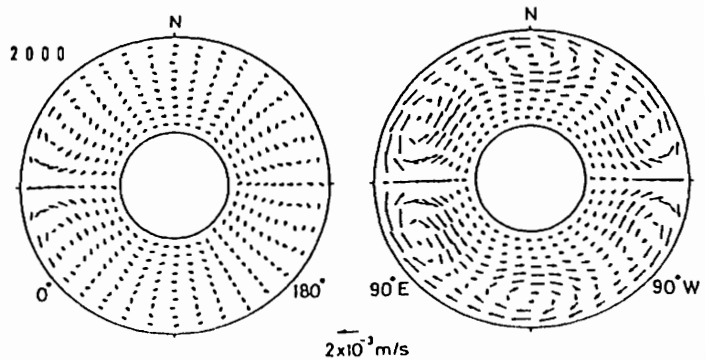


Fig.2 The velocity fields on the meridional planes.



大家 寛、松村 崇行

東北大学・理学部

-Effects for Generation of the Geomagnetic Field

-----Origin of the Geomagnetic Field Based on the MHD Approach

Hiroshi Oya and Takayuki Matsumura  
Geophysical Institute Tohoku University

Origin of the geomagnetic field has been investigated on the bases of the electromagnetic induction equations using the computer simulation technique. A new effect called X-effect here has been discovered; the effect is caused due to coupling between the column flow in the core and the poloidal field. The X-effect can effectively give interpretation for the correlation between the geoid anomaly and the deviation components of the geomagnetic field from the dipole component.

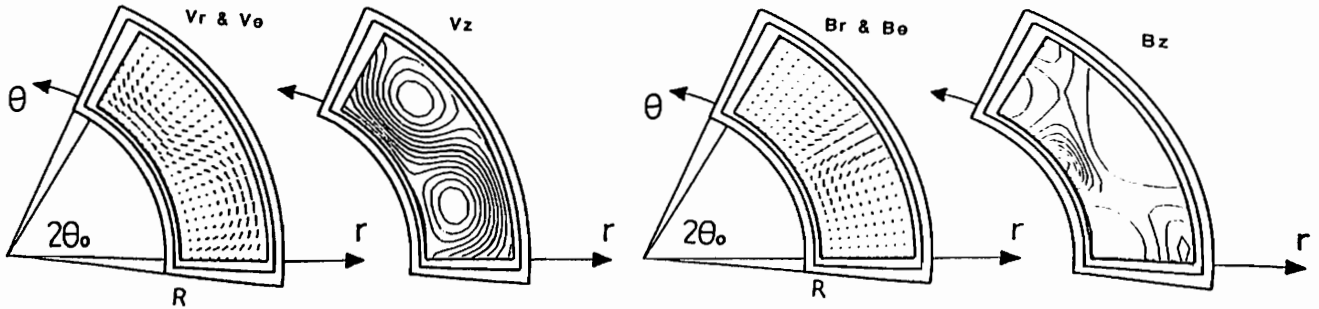
電磁流体モデルにより、地球磁場成因をとりあつかい、その計算機シミュレーションを行った。現在知られている流体核の特性を考慮する時、ローレンツ力によって磁場の存在が核流体の流れを支配する効果は極めて小さい。したがって、核流体の流れを given として電磁誘導方程式を解く事によって成長する磁場を求めた。第1図に速度 V の場を、第2図に得られた磁場の一例を示す。

結果は、従来天体磁場成因論の立場から考慮されていた  $\alpha$ 、及び  $\omega$  効果に加え新たな結合効果（ここでは X-効果と呼ぶことにする）が見い出された。すなわち

$$\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} - \lambda \nabla^2 \vec{B} = \nabla \times (\vec{V}_c \times \vec{B}_p)$$

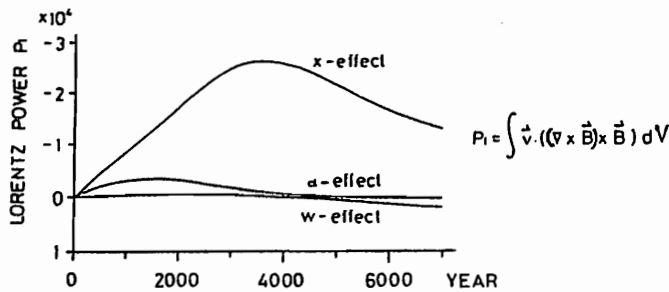
( $\vec{V}_c$ : Column 流、 $\vec{B}_p$ : ポロイダル場、 $\lambda$ : 磁気拡散係数) によるものである。

$\alpha$ 、 $\omega$  及び X の効果によって生ずる磁場の様子を第3図に示す。いずれも数1000年のオーダーの変化をシミュレートできているが、特に X-効果が顕著な成分となっている。そしてこれが、Geoid と磁場異常との相関を説明できる重要な成分である事が判明した。



第1図 シミュレーションに用いた速度場

第2図 電磁誘導方程式よりシミュレートされた磁場



第3図  $\alpha$ 、 $\omega$  及び X 成分の時間変動

I-7 外核内部における対流によって期待される磁場の時間的振舞い

北村 文乃、松島 政貴、本蔵 義守 (東工大理)

TIME-DEPENDENT BEHAVIOR OF THE MAGNETIC FIELD EXPECTED FROM A MODEL OF CONVECTION IN THE OUTER CORE

Ayano Kitamura, Masaki Matsushima, and Yoshimori Honkura  
Department of Applied Physics, Tokyo Institute of Technology

The Earth's magnetic field is believed to be maintained by a regenerative process due to the interaction between the magnetic field and fluid motion in the Earth's core. Uno (1972) examined non-steady state of the B-G-L model. In this study we investigated time-dependent behavior of the magnetic field under the condition that the velocity fields are kept constant. In particular we used the velocity fields given by Matsushima (1988) for the case of non-steady state. It is found that the velocity fields lead to divergence of the magnetic field, but this is obviously due to the condition that the velocity fields are constant. We conclude that the velocity fields are strong enough for the maintenance of the Earth's magnetic field.

地球磁場は、外核内部の磁場、速度場及び熱の相互作用によって維持されていると考えられる。我々の目的は、磁場、速度、熱変化を提示の球面調和関数を用いて表し、これらの相互作用を考察し、地球磁場成因を探ろうとするものである。しかし、計算上の方法、誤差、境界及び初期条件など、多くの問題が伴い、3つの変数を一度に解析するためには更に工夫が必要である。

そこで今回は第一段階として、Uno(1972)の方法を用い、速度場を固定したうえで、 $n \leq 2$ の磁場の時間変化を計算した。

与えた速度場は、

$$V = V_{T1} + V_{S1} + V_{S1'} + V_{S1''} + V_{S1'''} + V_{S1''''} + V_{S1'''''},$$

とし、おのおののr-functionは、

$$V_{T1} = V_F \times \omega(r)r^2$$

$$V_S = V_F \times U_S \times r^2 y^3 (1 - y^2)^2,$$

$$y = \frac{r - r_{ic}}{r_{oc} - r_{ic}},$$

で与えた。ここでrは半径、 $r_{ic}$ 、 $r_{oc}$ はそれぞれ内核、外核半径、differential rotationの角速度 $\omega(r)$ 及びpoloidal速度の係数 $U_S$ はMatsushima (1988)が計算した非定常状態での速度より求めた。 $V_F$ は無次元量であり、この $V_F$ を変えて、速度場の磁場に対する影響を変化させ、それに対する磁場変化を計算し

た。Fig.1に $V_F=1.0$ 、初期値としてdipole fieldを与えたときの $B_s$ 、 $B_r$ 、および $B_{T1}$ の時間変化を示す。kはtime stepで約1.5年に相当する。速度場を固定したことにより磁場は明らかに発散するが、速度場の時間変化を許した系では、この速度場は磁場を維持するためには十分な大きさであると思われる。

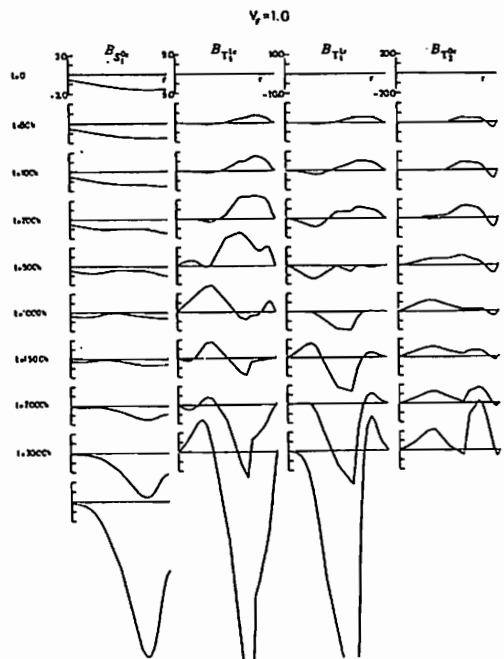


Fig.1 Changes in r-dependence of the radial functions for  $V_F=1.0$

DEFINITION OF A NEW ECCENTRIC DIPOLE FOR THE GEOMAGNETIC FIELD

Y.Sano and M.Sugiura

Geophysical Institute, Kyoto Univ.

It is generally believed that a coupling mechanism or mechanisms are operative between the earth's mantle and core. Some of the geomagnetic parameters are expected to correlate with the variation in the rate of the earth's rotation (LOD: length of day). Kahle et al. (1969) reported that the westward drift velocity of the eccentric dipole correlated with LOD up to 1968. They also reported that the westward drift velocity of the eccentric dipole lagged behind LOD by about seven years. We investigated whether or not this correlation persisted after 1970, and found that the westward drift velocity of the geomagnetic eccentric dipole was still in high correlation with LOD, but no time lag was detected between them, as we reported at the last meeting. This supports the hypothesis that there exists a strong coupling mechanism between the earth's mantle and core through electromagnetic forces. The dipole moment vector of what is generally termed the eccentric dipole, however, has the same direction and magnitude as those of the geocentric dipole. Its position is determined from the first eight terms of the spherical harmonics coefficients (SHC). Therefore, according to the conventional definition, the position of the geomagnetic eccentric dipole and its westward drift velocity do not depend on the higher degree coefficients than quadrupole. Thus, a question can be raised if the eccentric dipole adequately represents the actual geomagnetic field. Yukutake (1973) pointed out that the east longitude,  $\beta$ , of the location of the eccentric dipole is approximately equal to  $\pi + \tan^{-1}(h_2^1/g_2^1)$ . So the westward drift velocity,  $\dot{\beta}$ , is determined essentially by the two terms  $g_2^1$  and  $h_2^1$ , independent of other terms in SHC. If the eccentric dipole does not adequately represent the actual geomagnetic field as a whole, some alternative representation is needed. We present the definition of a new off-set dipole moment by making use of all the terms in SHC. In this approach, three components of the dipole moment vector as well as its location are determined by a nonlinear least squares method. We will call the newly defined dipole moment the "LSM dipole".

We place a dipole moment  $M=(M_r, M_\theta, M_\phi)$  at the point  $d=(d, \beta, \alpha)$  in spherical polar coordinates, and expand in a series the magnetic scalar potential of this LSM dipole, with  $(A_n^m, B_n^m)$  as its SHC. These are readily calculated by the formulas given by Hurwitz (1960).  $M$  and  $d$  are obtained so as to minimize the quantity

$$f = \sum_{n=1}^N w_n \sum_{m=0}^n [ (g_n^m - A_n^m)^2 + (h_n^m - B_n^m)^2 ]$$

where  $w_n$  are the weights, and  $N$  is the truncation level. In the following analysis we investigate three cases, namely:

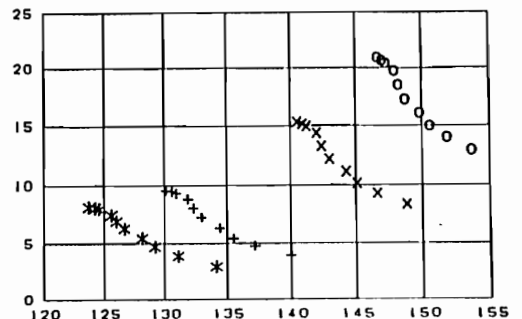
$$(1) w_n = n+1 \quad (2) w_n = (n+1) \cdot \left(\frac{a}{r_c}\right)^{2n+2} \quad (3) w_n = \frac{n+1}{2n+1} \cdot \left(\frac{a}{r_c}\right)^{2n+1}$$

with  $a$ =radius of the earth,  $r_c$ =radius of the earth's core. In these three cases, the quantity  $f$  should be taken as meaning (1) the average intensity of the residual field on the earth's surface, (2) same as in (1) but on the surface of the earth's core, and (3) the total magnetic energy of the residual field integrated over the total volume outside the earth's core, respectively. The LSM dipoles calculated from the ten time-sequential SHC models (DGRF1945-1975, MGST(4/81), DE(6/87), IGRF1985) are located 5-20 degrees southwest of the eccentric dipole position, but they follow similar traces on the map (Fig.1). This means that the position of the dipole shifted considerably due to the higher terms, but that the time-variation of the position is still controlled mostly by the quadrupole terms, the other higher terms having only small influences on it. These small effects, however, make the correlation coefficient between LOD and the westward drift velocity of LSM dipole smaller than that between LOD and the westward drift velocity of the ordinary eccentric dipole.

REFERENCES:

L.Hurwitz, J.Geophys.Res., 65, 2555-2556, 1960  
 A.B.Kahle et al., Nature, 223, 165, 1969  
 T.Yukutake, J.Geomag.Geolectr., 25, 231-235, 1973

Fig.1 Longitudes and latitudes of the position of the eccentric dipole (O) and the three LSM dipoles ((X), (\*), (+) for cases (1), (2), (3), respectively) during 1945-1985.



横山 由紀子

(東大震研)

The Analysis of Geomagnetic Secular Variation  
by Means of Spherical Coordinate Rotation

Yukiko Yokoyama

Earthq. Res. Inst., Tokyo Univ.

Gauss coefficients of the spherical harmonic series are obtained by expansion of series around earth's rotation axis. In this expansion, orders of Gauss coefficients must depend on the coordinate system. To remove this disadvantage, we rotated the coordinate system and determined the rotation axis and angular velocity for each degree, so that the magnetic field makes a single rotation. It has resulted in that the rotation axis deviates considerably from the north-pole. This means that magnetic field has an movement not only in the azimuthal direction but also in the meridional direction.

通常我々は、磁場を表記するのに地球回転軸のまわりに球関数展開したガウス係数を用いる。このため我々の視点は北極に固定されており、階数には依らないが次数に依存したものを見る。また、軸に沿った回転以外の磁場の変化が見えにくくなっている。そこで、座標系を回転して任意の軸の周りに磁場を展開し直すことを考えた。視点を変えることによって磁場の性質に関して新たな考察を得ることが目的である。

今回は、最も簡単な動きとして単一の回転を考えた。1945年から1985年までの5年毎の磁場のデータ(DGRF、IGRF)を用い、この時間変化を回転運動で記述することを試みた。その際次数への依存性をなくすために、磁場が階数毎に同じ軸の周りを同じ速さで同一方向に回転していると仮定した。座標回転によりガウス係数を新しい軸の周りに展開しなおし、観測に合うようにこの軸と磁場の回転速度を決定した。結果を下表に示す。表より回転軸が北極からかなりずれていることが分かる。このことは、磁場には従来より考えられていた経度方向の動きだけではなく、緯度方向への動きもあることを示していると思われる。

Table Coordinates of the rotation axes and  
angular velocity

degree	colatitude (°)	longitude (°E)	angular velocity (°/5years)
2	77	309	-0.5
3	30	177	-0.4
4	34	356	-0.6
5	82	15	-0.6
6	29	161	-0.5
7	10	174	-1.0

# I — 10 LOWER BOUND FOR THE ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF THE EARTH'S OUTER CORE

Yoshimori Honkura and Masaki Matsushima

*Department of Applied Physics, Tokyo Institute of Technology, Tokyo 152, Japan*

The electrical conductivity of the Earth's outer core is an important physical quantity controlling the hydromagnetic process within the liquid outer core which is responsible for creation and maintenance of the Earth's magnetic field. The conventional method based on electromagnetic induction by external magnetic field variations is not applicable to the core because of their insufficient penetration depth. Here we show that a lower bound can be imposed on the electrical conductivity of the outer core from fluid velocity fields derived from non-dipole magnetic field data and also from consideration of the possibility of dynamo action sufficient for the maintenance of the Earth's magnetic field.

In the non-dimensionalized form of the induction equation, the magnetic Reynolds number  $R_m$  controls magnetic field behavior.  $R_m$  is defined as  $R_m = \mu\sigma LV$  where  $L$  and  $V$  denote the characteristic length and velocity, respectively. So far we have estimated the velocity field with constants,  $\mu = \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$  H/m and  $\sigma = 3 \times 10^5$  S/m. Since  $L \sim 10^6$  m and  $V \sim 5 \times 10^{-5}$  m/s,  $R_m \sim 20$ . This value is comparable to eigenvalues for the steady state in kinematic dynamo models [Bullard and Gellman, 1954; Gubbins, 1973; Endou, 1988].

The electrical conductivity of the outer core is not actually known and hence the velocity estimates should depend on the choice of  $\sigma$ . We now take  $\sigma$  as a parameter and examine  $R_m$  for various values of  $\sigma$ . Table 1 shows magnitudes of fluid velocity estimated for various values of  $\sigma$ . The decrease of velocity with increasing electrical conductivity is understandable if we note that non-dipole magnetic fields calculated for any values of  $\sigma$  must be consistent with the observed ones. It turns out, however, that the product of  $\sigma$  and  $V$  strongly depends on  $\sigma$ , resulting in different values of  $R_m$ .

From the viewpoint of steady dynamo, we may reasonably claim that  $R_m$  must be larger than 10 or thereabouts as was the case for various kinematic dynamo models [Gubbins, 1973]. If this condition is imposed on  $R_m$ , Table 1 implies that the lower bound for the electrical conductivity of the outer core is  $1 \times 10^5$  S/m.

It is rather surprising to find that our estimate of lower bound is nearly the same as the values which have been proposed so far; that is,  $3 \times 10^5$  S/m [Bullard, 1949],  $1 \sim 6 \times 10^5$  S/m [Gardiner and Stacey, 1971],  $5 \sim 10 \times 10^5$  S/m [Jain and Evans, 1972], and  $2.7 \times 10^5$  S/m [Johnston and Strens, 1973]. This agreement may indicate that the electrical conductivity is well constrained and it is the order of  $10^5$  S/m. In fact, Stacey [1972] proposed the upper bound of  $10^6$  S/m from consideration of the condition on the amount of heat from the core to the mantle. This in turn imposes a constraint on the magnetic Reynolds number; that is, larger than 10 and smaller than 100. This range seems to correspond to the smallest eigenvalues for the steady state of kinematic dynamo models [Bullard and Gellman, 1954; Gubbins, 1973; Endou, 1988].

The realization of the smallest eigenvalue implies large-scale features which we expect to appear at the onset of instability in a spherical shell like the Earth's outer core [Chandrasekhar, 1961]. Accordingly, fluid motion is also expected to be of large scale. This is consistent with the pattern of fluid motion in the outer core derived by Matsushima and Honkura.

TABLE 1. The magnetic Reynolds number for various values of the electrical conductivity.

$\sigma$ (S/m)	$V$ (m/s)	$R_m$
$1 \times 10^3$	$1 \times 10^{-3}$	1
$2 \times 10^3$	$8 \times 10^{-4}$	2
$5 \times 10^3$	$5 \times 10^{-4}$	3
$1 \times 10^4$	$4 \times 10^{-4}$	5
$2 \times 10^4$	$3 \times 10^{-4}$	7
$5 \times 10^4$	$2 \times 10^{-4}$	10
$1 \times 10^5$	$1 \times 10^{-4}$	10
$2 \times 10^5$	$8 \times 10^{-5}$	20
$5 \times 10^5$	$5 \times 10^{-5}$	30
$1 \times 10^6$	$4 \times 10^{-5}$	50
$1 \times 10^8$	$4 \times 10^{-6}$	500
$1 \times 10^{10}$	$4 \times 10^{-7}$	5000



笹井洋一  
東大震研

PIEZOMAGNETIC TENSOR COMPOSED OF TWO INDEPENDENT PARAMETERS

Yoichi SASAI

Earthquake Research Institute, University of Tokyo

ZLOTNICKI et al. (1981) and BONAFEDE & DRAGONI (1986) proposed a fourth-rank tensor formalism for linear piezomagnetic material. The simplest is the one consisted of two parameters (stress sensitivities), which is an extension of the ordinary piezomagnetic constitutive law. It is shown that such relationship can be easily obtained by starting the uniaxial compression test through SASAI's (1980) method of the principal stress axis transformation.

線形ピエゾ磁気物質の構成法則(応力と磁化の関係)として、通常は次式のものが使われている:

$$\left. \begin{aligned} \Delta J'' &= \beta \sigma J_0'' \\ \Delta J^\perp &= -1/2 \beta \sigma J_0^\perp \end{aligned} \right\} (1)$$

但しここでは、圧縮力を負にとって定義してある(βは正)。これを一般の応力状態に拡張した公式は(SASAI 1980)

$$\Delta \vec{J} = \frac{3}{2} \beta \mathbb{T}' \vec{J} \quad (2)$$

但しT'は偏差応力テンソルで、応力テンソルとは次の関係にある。

$$\mathbb{T} = \sigma_0 + \mathbb{T}' \quad , \quad \sigma_0 = \frac{1}{3} (\tau_{xx} + \tau_{yy} + \tau_{zz}) \quad (3)$$

(1)式は圧縮による磁化の減少量の丁度半分だけ、圧縮軸と直交する帯磁成分が増加することを意味している。この関係が、ピエゾ磁気は偏差応力にだけ依存する、という(2)の結論をもたらす。ピエゾ磁気は磁歪の逆効果であり、かつ強磁性鉱物の体積磁歪はほとんどゼロであることから、この結論は自然で受け入れ易い。またこの関係が成り立つ理論的根拠として、自発磁化の回転モデル(単磁区理論)によるもの(NAGATA 1970, HODYCH 1976)、あるいは熱力学的な説明(JOHNSTON & STACEY 1972)がなされてきた。しかしKAPITSA(1955)の実験以来、実際の岩石においては、(1)の関係が必ずしも成り立たないことも、よく知られている。

ZLOTNICKI et al.(1981)は、応力と磁化の線形な関係式の最も一般的な形として

$$\Delta J_i = P_{ijkl} \sigma_{kn} J_{0j} \quad (4)$$

を提案した。P<sub>ijkl</sub>は4階のテンソルであり、81個の成分のうち、応力テンソルの対称性から、36個の独立な成分を持つ。彼等は等方的なピエゾ磁気物質について

$$\Delta J_i = (P_1 \sigma_{kk} \delta_{ij} + 2P_2 \sigma_{ij}) J_{0j} \quad (5)$$

という二つのパラメータで記述される関係を導いた。( )の中はフックの法則と同じ形をしている。これを(2)式に対応する形に書き改めると、

$$\Delta \vec{J} = (3P_1 + 2P_2) \sigma_0 \vec{J} + 2P_2 \mathbb{T}' \vec{J} \quad (6)$$

となる。

$$P_2 = \frac{3}{4} \beta \quad , \quad P_1 = -\frac{2}{3} P_2 = -\frac{1}{2} \beta \quad (7)$$

である時、(6)は(2)式と一致する。(6)式は、ピエゾ磁気効果が静水圧によってもひき起される、ことを意味する。ZLOTNICKI et al.はその原因として、磁区の境界付近に含まれる不均質介在物のために、静水圧によっても局所的な応力集中が起り、磁壁が移動するためとしている(多磁区モデル)。

BONAFEDE & DRAGONI(1986)は磁気弾性体のヘルムホルツ自由エネルギーからのゆらぎとして、誘導磁気について(4)と同じ形をしたピエゾ磁気公式を導いた。特にピエゾ磁気的性質が等方的な場合(即ち任意の方向に圧縮軸を選んでも常に同じ帯磁変化をする場合)には、(5)式が成り立つことが証明された。熱力学的考察からも(5)式が導かれることは、地球物理的に重要である。様々なピエゾ磁気効果を示す結晶鉱物の集合体の振舞は、等方ピエゾ磁気法則に従うことを意味するからである。それは丁度、様々な力学的異方性を示す鉱物の集合体が、等方弾性体として振舞うことに対応している。

ここでは単軸圧縮実験の経験式から出発しても、(6)式の関係が導かれることを示す。(1)の実験式を一般化すると、

$$\left. \begin{aligned} \Delta J'' &= \beta_1 \sigma J_0'' \\ \Delta J^\perp &= \beta_2 \sigma J_0^\perp \end{aligned} \right\} (8)$$

任意の方向に切り出した岩石試料が常に(8)で表されるピエゾ磁気効果を示すとすれば、

$$\Delta J_i = J_i \{ \beta_2 (\sigma_j + \sigma_k) + \beta_1 \sigma_i \} \quad (9)$$

が成り立つ。ここでJ<sub>i</sub>とΔJ<sub>i</sub>はi番目の主軸方向の磁化とその変化量である。これに主軸変換行列の性質を利用したSASAI(1980)の方法を適用すると

$$\Delta \vec{J} = \mathbb{S} \cdot \vec{J} \quad (10)$$

が得られる。ZLOTNICKI et al.の係数は

$$P_1 = \beta_2 \quad , \quad P_2 = \frac{1}{2} (\beta_1 - \beta_2) \quad (11)$$

で与えられる。

ZLOTNICKI et al., 1981, JGR, 86, 11899-11909.

BONAFEDE & DRAGONI, 1986, Bol. Geof. Tear. Appl., 28, 251-262.

(その2)

歌代慎吉

東京理科大学理

ON THE SEISMOMAGNETIC OBSERVATIONS AT  
TATEYAMA IN CHIBA PREF. (PART 2)S. UTASHIRO  
SCIENCE UNIVERSITY OF TOKYO

Measurements of three components and total intensity of the earth's magnetic field have been carried out since Jun., 1985 at Tateyama on the southern part of Boso peninsula. Several moderate earthquakes occurred within a distance of 100km from the Tateyama station during the period from 1985 to 1987. The largest earthquake (M=6.6) occurred on Dec. 17, 1987. The seismomagnetic effects were studied using the magnetic data at Tateyama, Kakioka and Kanozan.

房総半島最南端の千葉県館山市にある東京理科大学館山研修所(旧館山測候所)において地磁気3成分測定用フラックスゲート磁力計とプロトン磁力計による地磁気観測を開始してから約3年を経過した。観測は毎分値をデータロガーでPROMに記憶させ1月半毎にPROMを取替えPC9800Eを用いてデータを解析処理している。又長周期地震計3台(水平成分2台、垂直成分1台)を設置して微小地震の観測も行っている。尚プロトン磁力計については現在観測中の高さ3mの木柱の検出器の他にその直上に高さ10mの木柱を立てその先端に検出器を取付けてそれぞれ独立にデータロガーを用いて同時観測を行っている。又上記木柱から西側に10m離れた地点に高さ3mの木柱を立てその先端にもう一つの検出器を取付けて3か所で同時観測を行っている。さて柿岡、鹿野山、八丈島と館山はほぼ同一経度で南北一直線上に位置しているので地磁気日変化以外の外部磁場による影響は緯度のみに関係する。従って夜間値について考えると変化磁場は緯度のみ関数で表すことが出来る。基準観測所を柿岡、鹿野山として館山の変化磁場の係数を求め外部磁場とCAによる半島効果の影響を除去した。そして館山、柿岡、鹿野山の夜間値を用いて地磁気と地震との関連を調べた。最近の館山付近での大きな地震は昭和61年6月24日午前11時53分に起きたMが6.9、震源は房総半島南東沖、深さ80km、館山の震度が4の地震と昭和62年12月17日午前11時08分に起きたMが6.6、震源が千葉県九十九里浜沖で震源の深さ70km、銚子、勝浦、千葉での震度5(強震)、館山の震度4の地震であつたが、これらの地震時及び地震前後での地磁気の変化について各種の解析を行つた結果について詳しく報告する。この調査のため柿岡、鹿野山、八丈島の地磁気毎分値を送付して下さつた気象庁地磁気観測所、国土地理院鹿野山測地観測所、海上保安庁水路部のかたがたに厚く御礼申し上げます。

# 浅井と柿岡におけるCA変換関数の変化と広域の地震活動との関連

藤原 智 · 住友則彦  
(京大理) (京大教養)

Relation between Time Changes of Transfer Functions and Seismicity, at AZAI and KAKIOKA

Satoshi FUJIWARA\*, Norihiko SUMITOMO\*\*

\*Faculty of Science, Kyoto University \*\*College of Liberal Arts and Sciences, Kyoto University

Transfer functions for conductivity anomaly at Azai, northeast of Biwa Lake, show unusual changes in relation to seismicity in Southwest Japan (Fig.1). Similar relations between transfer functions at Kakioka and seismicity in Kanto region have been found (Fig.2). It is considered that seismicity have a relation to tectonic stress changes. We consider that time changes of transfer functions are probably caused by those of resistivity in some regions where resistivity is sensitive to tectonic stress changes.

個々の地震に関連したCA変換関数の変動は、すでに何例も報告されているが、ここでは広域の地震活動度とそれに関連したCA変換関数の変動について報告する。

## 1. 滋賀県浅井町(琵琶湖北東岸)

1982年~1987年のCA変換関数の時間変化については、今年2月のCA研究会で報告した。Buに大きな変動がみられており、震央距離が60km以下の地震にはとくに関連はみいだせなかったが、西南日本広域の地震活動との関連がみいだされた。Fig.1(b)の中段に浅井におけるBuの変化が示されている。同図上段の積算地震数はFig.1(a)に示されている範囲で、 $M \geq 3.0$ ; 深さ  $\leq 30$  kmの地震を数えたものである。A-Eの矢印は地震活動に変化がみられるところであり、Buにもそれぞれ対応して変化がみられる。とくに、1983年10月前後(A, 鳥取県中部地震)の変化は地震活動およびBuともに顕著な変化がみられる。

西南日本については、山崎断層に沿った安富町での変換関数の変動についても報告する予定である。

## 2. 柿岡

すでに地磁気観測所によって報告されている柿岡のCA変換関数と柿岡周辺の地震活動との関連を調べた。

Fig.2(a)が地震活動を調べた範囲である。Fig.2(b)には柿岡と鹿屋でのAuの変化が積算地震数とともに示されている。柿岡のみに現われている変動は、外部磁場の影響のない柿岡特有の変動であると思われる。このことを考慮すると、柿岡については1982年6月~7月の変動が顕著であり、地震活動にも大きな変化がみられる。

Fig.2(c)は約70年間の柿岡でのA値およびB値の変化と積算地震数である。地震は $M \geq 5.5$ のものを数えている。初期は地震のデータが少なく正確な地震発生状況を知ることはできないが、1920年~1940年を地震活動が活発な時期としてよいだろう。ちょうどこの地震活動の活発だった時期にA値は増加している。

## 3. 地震活動と電気伝導度構造の変化

広域の地震活動は、たとえばプレート間に働いているような広域の応力場に支配されていると推測される。この応力に関連して電気伝導度構造が変化するならば浅井および柿岡にみられた地震活動と変換関数の変化の関連を説明することができる。

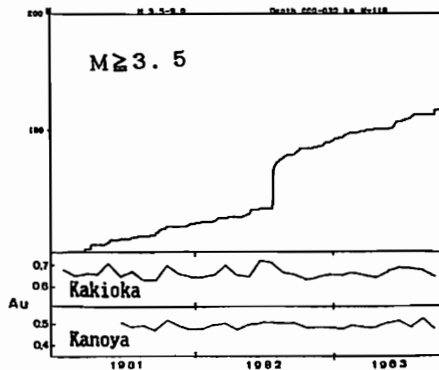
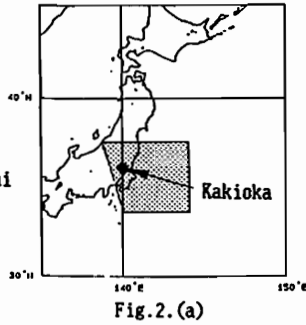
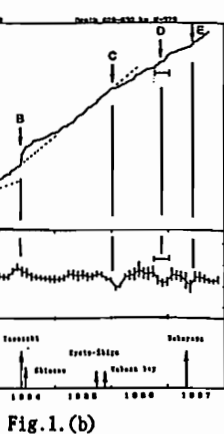
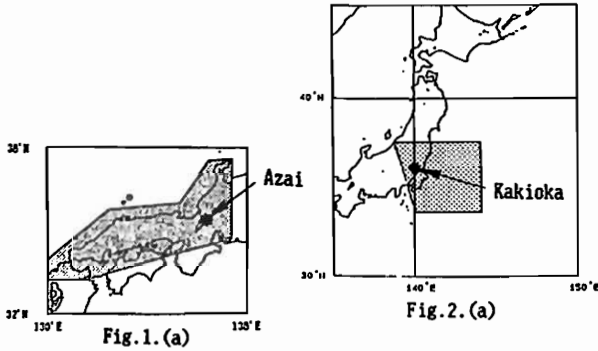


Fig.2. (b) (佐野 他 1984 による)

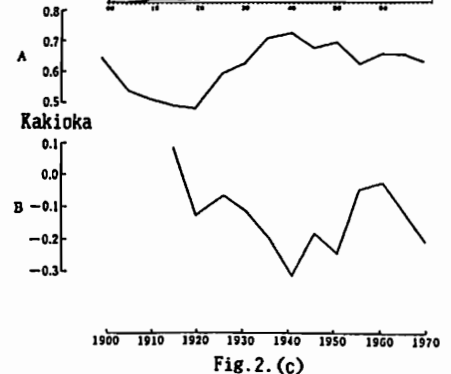
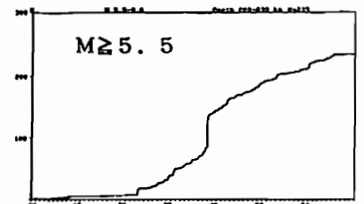


Fig.2. (c) (Yanagihara 1972 による)

RESULTS OF THE APPLICATION OF THE VLF AND ELF ELECTROMAGNETIC METHODS  
AT IBARAKI PREFECTURE

J. Oubiña\*, Y. Ogawa\*\*, H. Toh\*, J. Segawa\*, Y. Fukuda\*

\* Ocean Research Institute, Tokyo University.

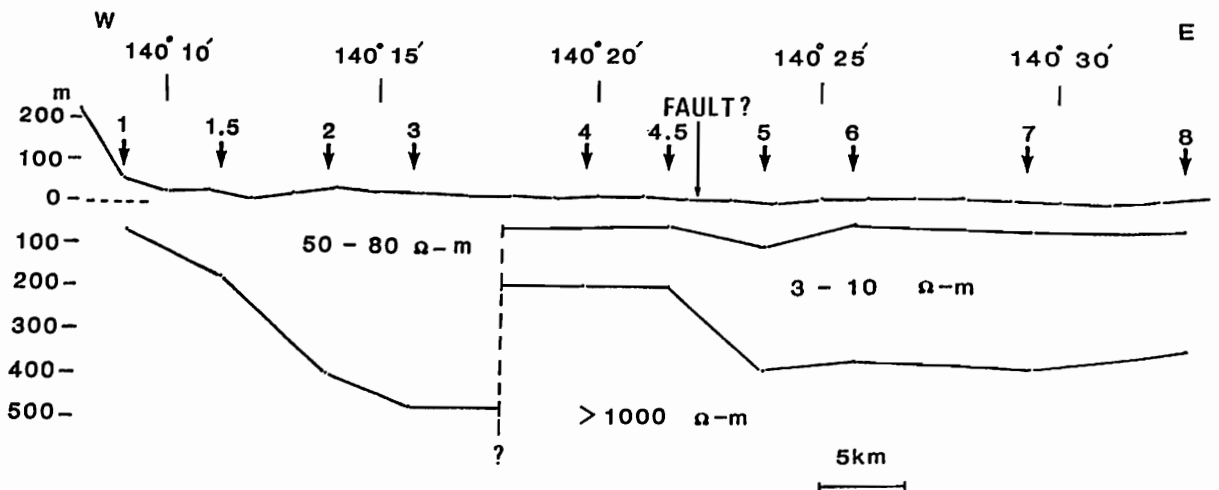
\*\* Geological Survey of Japan.

An electromagnetic survey was conducted at the Higashi Ibaraki Terrace from the eastern foot of the Tsukuba Mountain extending upto the coastal area. The profile lengths 40 Km along latitude 36°14' N between 140°10'E and 140°33'E longitudes. The purpose of the present studies is to get the idea of the shallow resistivity structures in the area and their relationship with the geology.

The 1D analysis (figure) showed that, there are two resistivity layers in the western and three in the eastern part of the profile. Along the whole profile the bottommost layer was found to have the highest resistivity ( $>1000 \Omega m$ ) and it slopes downward towards the the eastern direction. This layer is correlated to the pre-Neogene basement.

In the western part of the profile, the less resistive ( $50-80 \Omega m$ ) topmost layer extends right upto the pre-Neogene basement without any inhomogenities. This layer in the eastern part is underlain by a layer of lowest resistivity ( $3-10 \Omega m$ ) which extends upto the pre-Neogene basement.

The results will be a reference for the future surveys which will be carried out at the same latitude, extending over the sea area, using the Magnetometric Off-Shore Electrical Sounding (MOSES) method.



# 中国四国地方の電磁気共同観測

地殻比抵抗研究グループ

塩崎一郎<sup>1)</sup>、野木義史<sup>1)</sup>、山口寛<sup>2)</sup>、大久保晃<sup>3)</sup>、一北岳夫<sup>3)</sup>、安川克己<sup>3)</sup>、藤原智<sup>4)</sup>、住友則彦<sup>5)</sup>

1) 神戸大学自然科学、2) 帝国女子短期大学、3) 神戸大学理学部、4) 京都大学理学部、5) 京都大学教養部

## PRELIMINARY REPORT ON COOPERATIVE INVESTIGATIONS OF ELECTRICAL RESISTIVITY STRUCTURE BENEATH THE CHUGOKU AND SHIKOKU DISTRICTS OF JAPAN

Research Group for Crustal Resistivity Structure

Ichiro SHIOZAKI<sup>1)</sup>, Yoshifumi NOGI<sup>1)</sup>, Satoru YAMAGUCHI<sup>2)</sup>, Akira OHKUBO<sup>3)</sup>, Takeo ICHIKITA<sup>3)</sup>, Katsumi YASKAWA<sup>3)</sup>, Satoshi FUJIWARA<sup>4)</sup>, Norihiko SUMITOMO<sup>5)</sup>

1) Division of Environmental Science, The Graduate School of Science and Technology, Kobe University, 2) Teikoku Women's Junior College, 3) Faculty of Science, Kobe University, 4) Faculty of Science, Kyoto University, 5) College of Liberal Arts and Sciences, Kyoto University

In order to estimate resistivity structure beneath the Chugoku and Shikoku Districts, Cooperative observations of electric and magnetic field variations have been carried out. As a general feature, most of the induction vectors for the period of 128 min point to the west-south west, while they point to the northwest at shorter periods in the Chugoku District. On the other hand, in the Shikoku District, they point to the south-south west or the south, which is almost normal to the trend of the southern coastline. In view of different directions of induction vectors between these regions, it is not possible to interpret resistivity structure with a two dimensional model.

1987年7月から11月にかけて、地殻比抵抗研究グループは、中国・四国地方で電磁気的共同観測を行った。今まで行われた共同観測（1981年の東北地方、1982年の東海・甲信越地方、1983年の北海道東部地域および1985年の東海地方）の解析結果により、日本列島下の比抵抗構造は、次第に明らかになりつつある。これらをふまえて、中国・四国地方の共同観測では、次の3点を明らかにすることを主たる目的とした。

- 1) 四国地方下のフィリピン海プレートの比抵抗構造
- 2) 東北日本や中部日本で確認された下部地殻の低比抵抗層が、西南日本にも存在するか、否か。
- 3) 四国地方北部の中央構造線の比抵抗構造

観測項目は、地磁気嵐やサブストームに伴う長周期地磁気変化（周期数分から数時間）、地磁気脈動（周期数秒から数分）およびそれらの周期帯の電場変化、そしてELF帯（8~20Hz）、VLF帯（17.4kHz）のMT観測である。また、四国沖の海底では観測時期は10月下旬から11月末にかけて海底磁力計による地磁気変化も観測された。長周期地磁気変化については、全観測点で良好な記録を得た。しかし、ULF帯の電磁場変化や長周期の電場変化は、電車の漏洩電流などのノイズの影響を受けて、解析可能な記録を得ることができなかったところもある。また、VLF、VLF-MT測定は、中国・四国両地方の約40カ所で行われた。

本講演では、長周期帯およびULF帯の地磁気・地電流変化記録を用いて行った予備的な解析結果とVLF、ELF-MT測定により得られた両地方の地殻浅部の比抵抗分布を報告する。

Fig. 1(a),(b)および(c)にそれぞれ、周期128分、64分および25分の中国・四国地方のインダクションベクトル（実数部）を示す。これらのベクトルは、海岸地域では、海の影響を大きく受けるものの、周期128分では、全体的な傾向として、西向きの成分を持つことが、今回明らかにされた最大の特徴である。特に中国地方では、一様にベクトルは、周期128分で西南西を向き、その方向には周期依存性がある。

四国地方のインダクションベクトルについては、10分以上の周期で南南西~南方向を指す。その方向は、フィリピン海プレートの沈み込む方向と必ずしも一致していないようであるが、この点については、太平洋がどの程度影響しているかなどを見積る必要があるだろう。また、中央構造線沿いの地域で得られた数分程度のベクトルは、構造線あるいは、帯状の地質構造に直交している。

地殻浅部の比抵抗分布は、中国地方では、内陸部で活発な2つの直交する地震帯（中野原と三川を結ぶ北西-南東方向の地震帯と三瓶山付近から南西方向に日本海の海岸線と平行にのびる地震帯）と対応がみられ、四国地方では、三波川、秩父および四万十帯などの顕著な地質構造帯との対応がみられた。

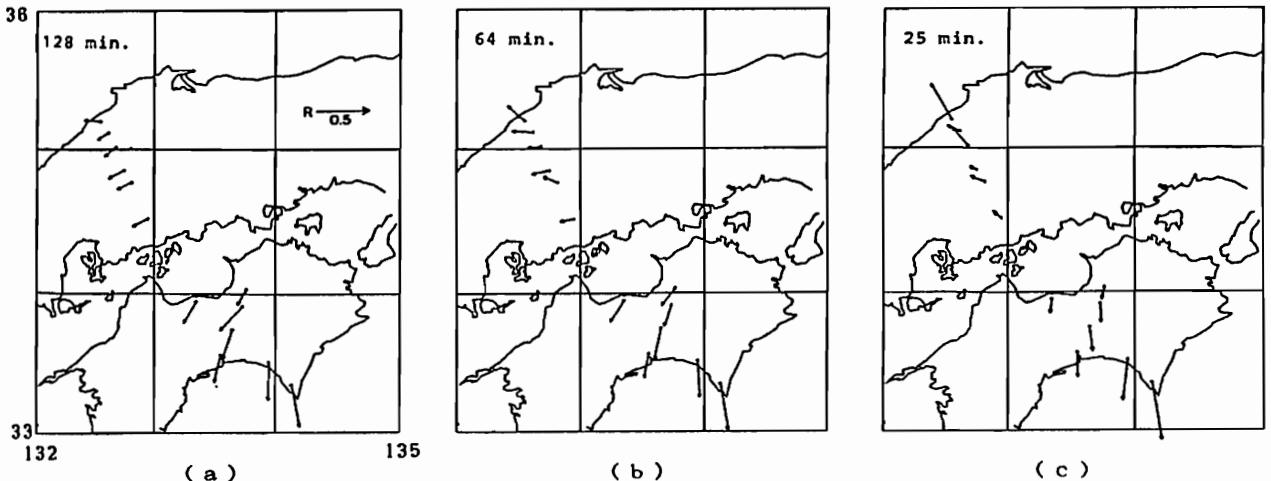


Fig. 1 Distribution of induction vectors at the period of 128(a), 64(b) and 25 minutes(c), respectively.

## 琉球弧周辺の電気伝導度異常

金子 康江 木蔵 義守 大島 章一

(水路部) (東工大理) (水路部)

## CONDUCTIVITY ANOMALY BENEATH RYUKYU ARC

Yasue Kaneko(a) Yoshimori Honkura(b) Shoichi Oshima(a)  
(a)Hydrographic Department of Japan (b)Tokyo Institute of Technology

Three component - geomagnetic observations were done at six sites on the ocean bottom in and around the middle Ryukyu Arc and a site on Okinawa Sima island. Vertical profiles of the electrical conductivity beneath Ryukyu Arc were estimated from these data.

東京工業大学は、沖縄島上で地磁気3成分の変化観測を行った(図1星印)。一方、水路部は、琉球弧周辺の6点で海底地磁気変化観測を行った(図1丸印)。黒丸は、沖縄島における陸上観測と同時観測を行った地点、白丸はそれ以外の期間に観測した地点である。これらのデータを使って琉球弧周辺の電気伝導度構造を調べた。

以前、沖縄トラフ中部で得た観測結果を使って、この地域の簡単な電気伝導度構造を提案したが、今回はさらに多くの点について解析をすすめた。

インダクションベクトルの方向などから、弧の走向に平行な方向に一様な二次元構造を仮定し、まず弧中部を横切る断面(図1直線)についてモデリングを行った。モデリングには、沖縄島上の水平磁場変化(OKN)に対する各海底観測点における水平磁場変化(OBM)の比(OBM/OKN)およびインダクションベクトルを用いた。この断面には、reference pointとなる沖縄島上の観測点も含まれているので、任意のモデルに対する(OBM/OKN)を計算することができる。その計算値と観測値を比較してモデルを推定した。ただし、沖縄島での同時観測データのない点については、まず鹿屋(気象庁地磁気観測所)のデータからOKNを推定する関数を求めた後、OBM/OKNを求めた。なお、二次元構造モデルに対する磁場の計算には、小川康雄氏(地質調査所)の有限要素法を用いたプログラムを使わせていただいた。

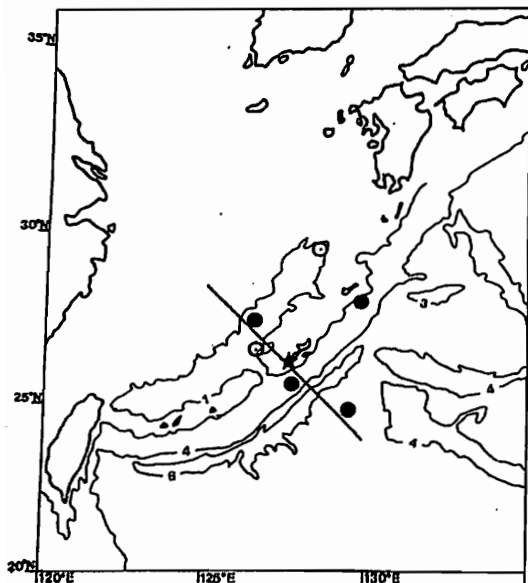


Fig.1 ★ : observation site on Okinawa Sima island  
● : the sites observed with ocean bottom magnetometer  
(at the same period with ★)  
○ : the sites observed with ocean bottom magnetometer

# I - 17 BAYTAP-G による地電位異常の検出

小嶋美都子

森 俊雄

高山寛美

地磁気観測所

気象庁地震火山部

気象研究所

## DETECTION OF THE ANOMALOUS GEOELECTRIC FIELD BY BAYTAP-G

Mituko Ozima, Toshio Mori and Hiromi Takayama

Kakioka Magnetic Observatory, Japan Meteorological Agency, Meteorological Research Institute

By the use of the program BAYTAP-G, the hourly values of the geoelectric field which were collected at NTT, Mito were analyzed. The observed values were separated into four components, that is, tidal component, response to the geomagnetic field (X, Y, Z) at Kakioka, trend, and irregular component. Except for the interval of the big geomagnetic storm, the induced geoelectric field is completely extracted and "anomalous" change in the geoelectric field (if any) could be successfully detected by this method.

NTT 通信施設 (水戸) を利用した長基線地電位観測データから、プログラム BAYTAP-G を使用して、地殻活動に関連する自然電位の異常を検出することを試みた。このプログラムは、一般に、与えられた観測値の時系列を、潮汐波、並行観測データとの応答、トレンド、雑音の4成分に分解することができる。地電位観測値の1時間平均値と並行観測データとして柿岡の地磁気 X, Y, Z 成分を用いた。一例として、1987年8月～9月の笠岡-水戸間 (19 Km) の地電位変化の解析結果を図示した。この方法では、大きな磁気嵐の場合を除いて、地磁気変動による誘導電位変化及び潮汐波をほぼ完全に除去でき、もしあるとすれば、地殻活動に関連する地電位異常の検出が可能であると考えられる。

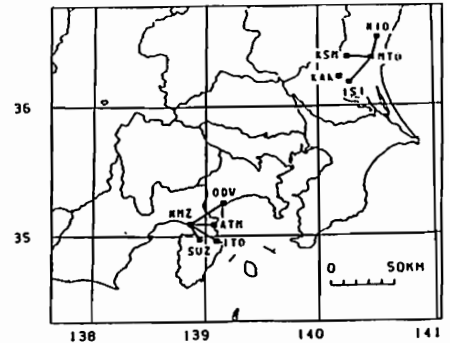


Fig. 1  
Observation networks for  
geoelectric field and  
Kakioka Magnetic  
Observatory (KAK).

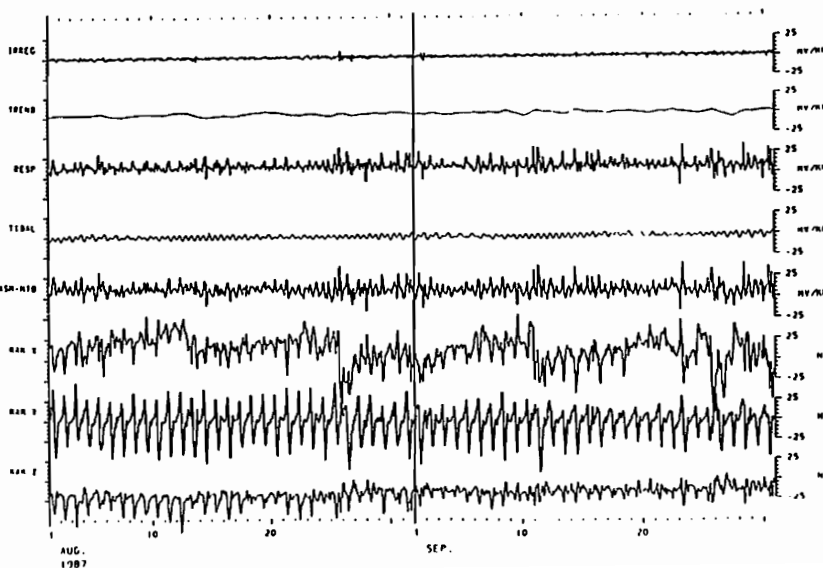


Fig. 2  
The result of the analysis  
by the use of "BAYTAP-G",  
the original data (KSM-MTO),  
and the associated data  
(KAK X, Y, Z) for the  
interval of August to  
September, 1987.

小宮雅幸<sup>1</sup>・酒井英男<sup>1</sup>・中山武<sup>2</sup>・土居光<sup>2</sup>

<sup>1</sup>富山大理 <sup>2</sup>京大防災研究所

MAGNETOELECTRIC OBSERVATION ON THE ATOTSUGAWA FAULT  
- THE CHARACTERISTIC OF EARTH-CURRENT VARIATION INDUCED BY  
LIGHTNING DISCHARGE -

M. KOMIYA<sup>1</sup>, H. SAKAI<sup>1</sup>, T. NAKAYAMA<sup>2</sup> and H. DOI<sup>2</sup>

1:TOYAMA UNIV. 2:DISAS. PREV. RES. INST., KYOTO UNIV.

In the observations of earth-currents, the lightning discharge causes the short-period fluctuations in self-potential. Such the fluctuations might be useful for the investigation of apparent resistance of shallow depths underground. We have been studying the self-potential at 3 sites on the Atotsugawa Fault and 1 site along the Toyama Bay. At the each site, self-potential was observed in the two dependent directions (NS and EW). Several fluctuations caused at lightning were identified at each site. The preferred direction determined by N-S and E-W components is nearly orthogonal to the strike of the Atotsugawa Fault.

地電位の短周期変動の多くは、地球磁場変動に伴う地球内部の電磁誘導によるものであると考えられている。従来、そうして誘導された電場が、それぞれの観測点で特有の方向性を持つ傾向にあることが、吉松(1957)・力武・沢田(1962)等の多くの学者によって報告・研究されている。

従来、こうした方向性を論ずる際には、磁気嵐、あるいは日変化、湾型変化といった短周期磁場変動に伴う地電位の変動を用いてきた。しかしこうした変化のスキンドィアスは深く(地下比抵抗  $1 \text{ k}\Omega \cdot \text{m}$  で周期 10分であるとしても約  $400 \text{ km}$ )、三雲・和田(1983)による、跡津川断層周辺の微小地震の震源分布が地下十数  $\text{km}$  迄という報告から考えると、断層等の地下浅部の影響のみを調べるためには、更に短い周期の変化を用いて解析を行う事が必要であろうと考えた。

本研究に際しては、上述の考えを基に、雷に伴う地電位変動の特性を調べた。雷のスキンドィアスは、数  $\text{km}$  以下と浅く、こうした研究を行うには適しているといえる。

観測点としては、京大防災研究所と富山大学の共同で、跡津川断層周辺に西天生・菅沼・大多和、富山湾周辺に水見観測点が設けられており、それらの記録に見られた発雷時の地電位変動の特性を調べた。

記録用機器には、アナログの2ペンレコーダーを用い、南北・東西の両成分をそれ

ぞれ色分けして記録した。また、電極としては、炭素棒電極を用い、接地抵抗を極力抑えるために各々の電極周辺に接地抵抗低減剤を充填した。電極間の回線は、主に、シールド線を用い地下に埋設するように努めた。

解析の結果、以下の知見を得た。

- (1) 雷に伴う地電位の変動方向には顕著な方向性がみられる。
- (2) その方向性は、主に断層線に直交する傾向にある。

こうした結果は、まだ明らかになっていない部分も多いが、地下浅部の影響のみによる地電位変動の方向性を検出するという目的において、こうした雷に伴う地電位変動も一つの有効な手がかりを含んでいると思われる。

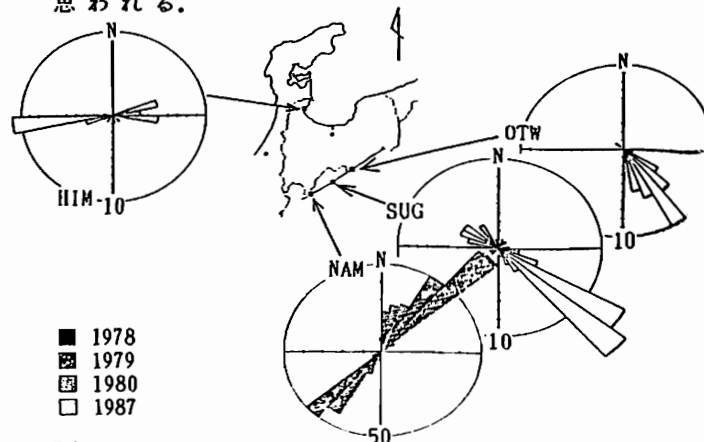


Fig. 1

Rose diagrams show the directions of fluctuation in self-potential



海底プロトン磁力計による地磁気の測定  
及びフラックスゲイト磁力計との比較

小泉金一郎、瀬川爾朗、藤 浩明

東京大学海洋研究所

MEASUREMENT OF GEOMAGNETIC FIELD BY AN OCEAN BOTTOM PROTON  
MAGNETOMETER AND COMPARISON WITH THE FLUXGATE MAGNETOMETER

Kin-ichiro Koizumi, Jiro Segawa, Hiroaki Tou  
Ocean Research Institute University of Tokyo

An Ocean Bottom Proton Magnetometer was developed and installed at the sea floor south of Torishima Island from July to September 1987. The meter provided the data of total magnetic force at the intervals of 2 min for 78 days. The data from the proton magnetometer were compared with the data from a three component fluxgate magnetometer installed close to the proton magnetometer. It was found that the change of total magnetic force obtained by synthesizing the three components of the fluxgate magnetometer showed a drift of about 10nT during the period of 78 days if compared with the proton magnetometer.

海底フラックスゲイト型磁力計の較正や海底ステーションに設置する目的で1986年より海底プロトン磁力計の開発を行っている。これまで海底において3度測定を行ったが、1、2度目は満足できるデータを得ることができなかった。1987年7月5日～9月20日まで約78日間、 $30^{\circ}57.3'N$ 、 $140^{\circ}39.3'E$ 、水深2370mの海底で数百mはなれた場所に設置したフラックス型海底磁力計と同時測定が行われたので報告する。図1に測定場所を示す。又、図2には海底プロトン磁力計の全体図を示す。架台はアルミ製（ $900 \times 1000 \times 1500$  mm（高さ））で4個の17インチのガラス球を浮力体として使用している。センサー（トロイダル型）は10インチのガラス球に入れ、AMP、バッテリー等の人っている耐圧容器とは、バッテリー等の磁気の影響をさける為約1.5mはなしてある。プロトン磁力計の励磁電流は0.7Aで時間は1.4secである。測定時間は2分間に一度の測定間隔で、約3ヶ月の連続が可能である。同時測定が行われたフラックスゲイト型磁力計はC3タイプのもので、この磁力計は特に、AMPのセンサーの距離を1.5m離し、より安定な精度で測定できるように設計されたものである。図3は、プロトン磁力計と、フラックスゲイト型磁力計で測定された、X、Y、Z値よりトータルに変換し、その差を約80日分プロットしたものである。プロトン磁力計の測定値は、アバレがあり1時間の移動平均をとったものであるが、この図よりフラックスゲイト型磁力計の検定は十分可能であることがわかった。

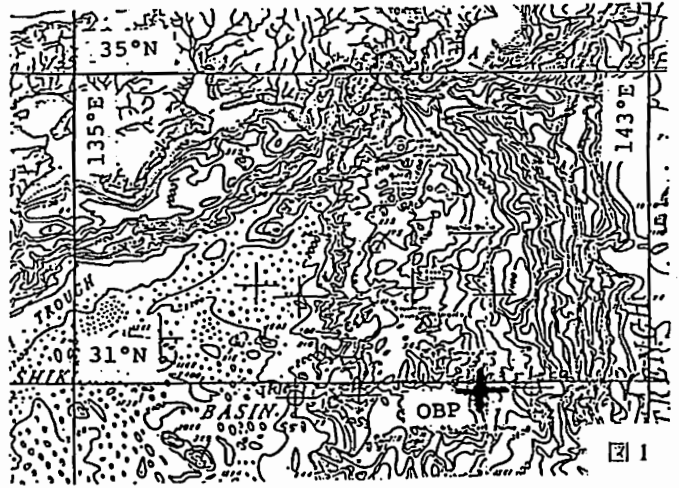


図1

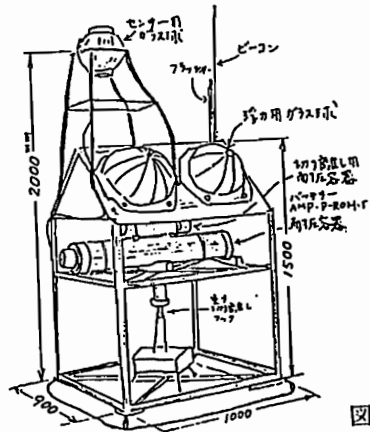


図2

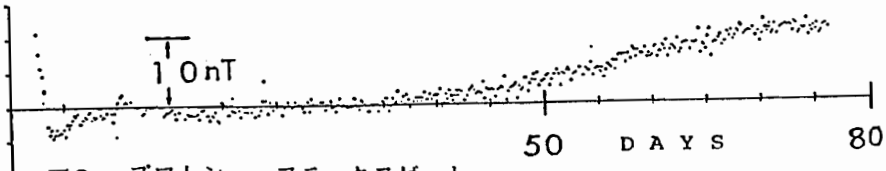


図3 プロトン - フラックスゲイト

# SEA EFFECTS ON GEOMAGNETIC VARIATIONS IN THE JAPANESE ISLANDS

P. Tarits\* and Y. Honkura\*\*

\*Laboratoire de Magnetisme, Institut de Physique du Globe, Paris, France

\*\*Department of Applied Physics, Tokyo Institute of Technology, Tokyo, Japan

Price's thin sheet approximation is not applicable to complicated three-dimensional structures in which vertical leakage of electric currents is expected. Also a severe problem arises when the effect of self-induction is critical. Electromagnetic induction and/or conduction in the Japan Sea has been found to be a typical example of such a case. Any two-dimensional treatments without proper estimates of the effect of the Japan Sea are not obviously justified for profiles across Northeastern Japan, Central Japan, and Southwestern Japan.

Here we show the result of estimation of bimodal electromagnetic induction in a non-uniform thin sheet, using the method proposed by Vasseur and Weidelt (1977). Our model consists of three layers. The top layer is a non-uniform thin sheet characterized by the normal conductance of 16500 S. The second layer of 0.001 S/m extends to the depth of 80 km. Then a half space of 0.1 S/m exists below it.

Figure 1 shows the distribution of in-phase induction vectors for the period of 60 min. Since computed horizontal magnetic fields are small on land, the horizontal magnetic fields at the location shown by the star symbol are used for calculations of transfer functions at other locations. This figure clearly shows that the coast effect along the Japan Sea coast diminishes considerably. It is unlikely, therefore, that a two-dimensional approximation holds good for the Japan Sea coast.

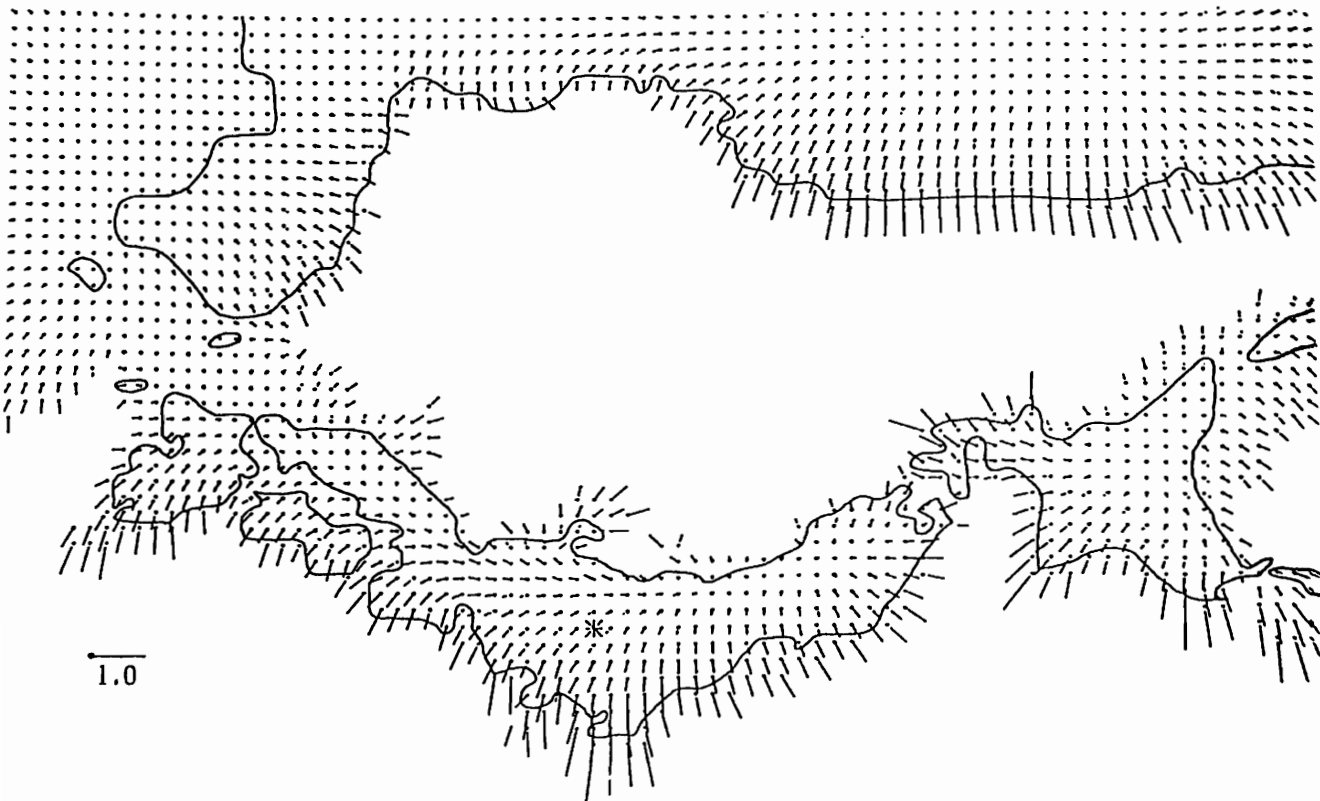


Fig. 1. Distribution of in-phase induction vectors for the period of 60 min. The horizontal fields at the location shown by the star symbol are used for calculations of transfer functions at other locations.

# I - 2 1 地磁気静穏日日変化によって 海洋中に誘導される電流

竹田雅彦  
京大理

ELECTRIC CURRENTS IN THE OCEAN INDUCED BY THE GEOMAGNETIC SOLAR  
QUIET DAILY VARIATION  
Masahiko Takeda

Geophysical Institute, Faculty of Science, Kyoto University

The ratio of the amplitude and phase difference of the spherical harmonics of the magnetic potential between the internal and external parts of the geomagnetic Sq field is obtained at every one hour universal time from March 1 to 20, 1980. It is found that the phase difference in the  $P_2^1$  mode is small when the external current vortex is above the Pacific Ocean. This suggests the effect of the currents induced in the Ocean. On the other hand the phase difference in the  $P_3^2$  mode shows an irregular UT variation pattern. This suggests that the effect of a part of the internal  $P_3^2$  or higher mode magnetic field is induced in the inhomogeneously distributed oceans by the external  $P_2^1$  mode, which has the largest amplitude.

地磁気静穏日日変化(Sq)は比較的規則正しく繰り返される現象であり、それによって地球内部に誘導される電流の分布は古くから地球内部の電気伝導率分布を調べるために利用されてきている。しかしながらSqの場合、マントルだけではなく海洋中にもかなりの量の誘導電流が流れるので、海洋中の誘導電流の強度や分布を見積ることが重要である。例えばBeamish et al. (1980), Hobbs (1981)はシミュレーションによって地球内部起源のSq磁場の数割が海洋中に流れる誘導電流の寄与によって生じ得ることを示している。

今回は、1980年3月1-20日のUT1時間ごとのSq解析結果について、磁気ポテンシャルの各モードの内部・外部項の振幅比、位相差を各UTについてそれぞれ全期間を平均した結果を用いて調べた。また、それらの値から一様導体球モデルを適用して電気伝導率と深さを求めた。その結果、 $P_2^1$ モードについては振幅、位相差とも比較的安定しており、外部電流渦の中心が大陸上にあるときには一様導体球の深さは400-500km、電

気伝導率は0.2-0.4S/mとなる。一方外部電流渦の中心が太平洋上にあるときには、内部と外部磁場の位相差がほとんど0で、求まった電気伝導率はほとんど無限大となる。これは、太平洋中を流れる誘導電流による磁場の影響を受けたためと思われる。また $P_3^2$ 以上の高次のモードについてはまったくまちまちの値をとる。これは、主に一番振幅の大きい $P_2^1$ モードの外部磁場によって、非一様分布している海洋中に誘導された $P_3^2$ 以上の高次のモードの誘導電流の作る磁場の寄与によるものであると思われる。

学会時には、海洋中の誘導電流について、シミュレーションも含めて考察を行なう。

## References

- Beamish D., R.C. Newson-Browne, P.C.  
Kendall, S.R.C. Malin and D.A. Quinney,  
*Geophys. J. R. Astr. Soc.*, **60**, 435-443,  
1980.  
Hobbs, B.A. *Geophys. J. R. Astr. Soc.*, **60**,  
435-444, 1981.

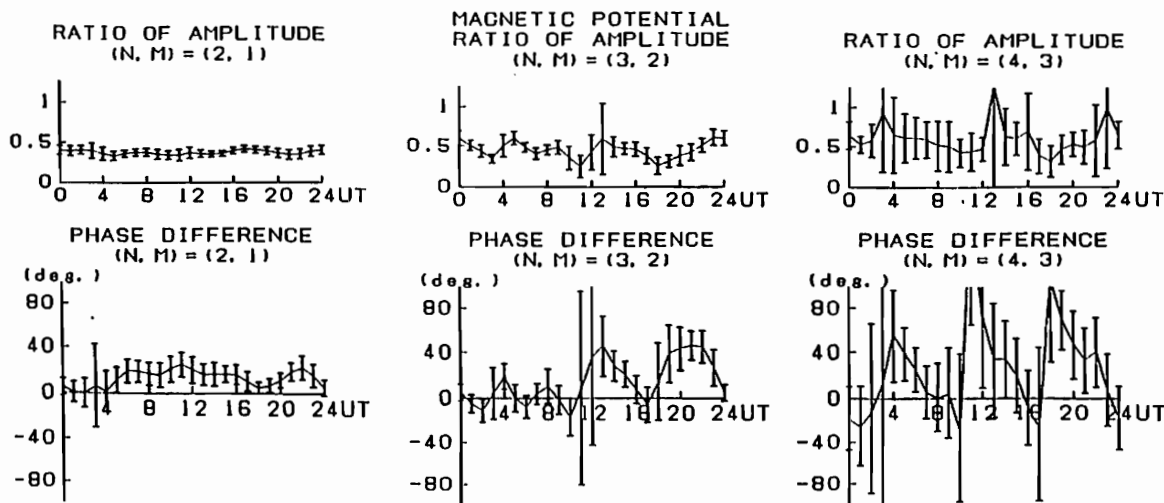


Fig. 1 UT variation of the ratio of the amplitude (top) and phase difference (bottom) of the spherical harmonics (left:  $P_2^1$ , middle:  $P_3^2$ , right:  $P_4^3$ ) of the magnetic potential between the internal and external parts of the geomagnetic Sq field.

南房総の地磁気異常分布  
と地殻構造

富士原 敏也・木下 隼・森尻 理恵  
(千葉大理)

MAGNETIC ANOMALY AND CRUSTAL STRUCTURE  
IN THE SOUTHERN TIP OF BOSO PENINSULA

Toshiya Fujiwara, Hajimu Kinoshita, Rie Morijiri  
(Chiba Univ.)

Magnetic survey in the southern tip of Bosu Peninsula, Kanto, Japan was conducted in combination with gravity and seismic sounding. A magnetic measurements on board of DELP 1988 cruise revealed a westerly continuation of a conspicuous magnetic bump along Mineoka ultrabasic belt which seem to be is a sort of folded sheet detached from topmost part of oceanic lithosphere and accreted to the peninsula, in Early Tertiary.

千葉県南房総地域の陸上地殻物理探査の内、地磁気異常に基づく地殻構造の推定を行った。現在データが増え異常が更に南部で明瞭になり、房総半島の海岸より西側の東京湾側に陸と対比出来る異常が発見された(伊勢崎,1987)などの情報が得られ、関東南部に於ける地磁気異常の原因について、解明を試みる。この地域の地磁気異常の特徴は 1:東西に伸びる集合体である。 2:異常の連続性に整ったずれが想像される。 3:この形状は東の海洋地殻表層の地形、並びに地磁気トレンドにつながると考えられる。

正の卓越した地磁気異常の原因は探査の結果や重力分布等を参考にして、厚さが0.5-1km程度の塩基性・超塩基性一枚岩板が折り畳まれているための様にも考えられる。この構造については、地質学的情報を加味すると、成因としてもっとも単純には海洋地殻上部が海嶺付近において熱変成を被り、力学的に脆弱になる為に、沈み込みに伴って力学的に剥離される。剥離されたブロックの一部は地殻中では変成や捕獲はされずに残り、上層の侵食により地表に現れてくる。それは、

あたかも第3・4紀層の不整合を導路として上昇したのかもしれない。その結果が、局所的な地磁気異常分布に反映されているということが考えられる。

また深い負の異常の解釈については関東地方南部の震源分布についての更に詳しい理解によるフィリピン海プレート上面深度の正確な決定や地殻構造の理解が必要であり、重力分布も加味して考察することが、今後の課題として残る。

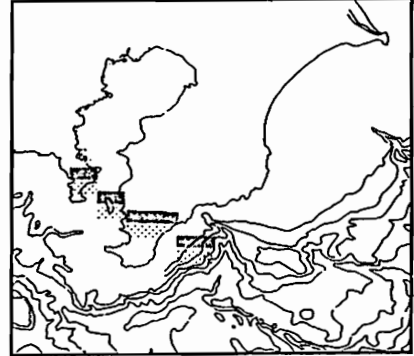
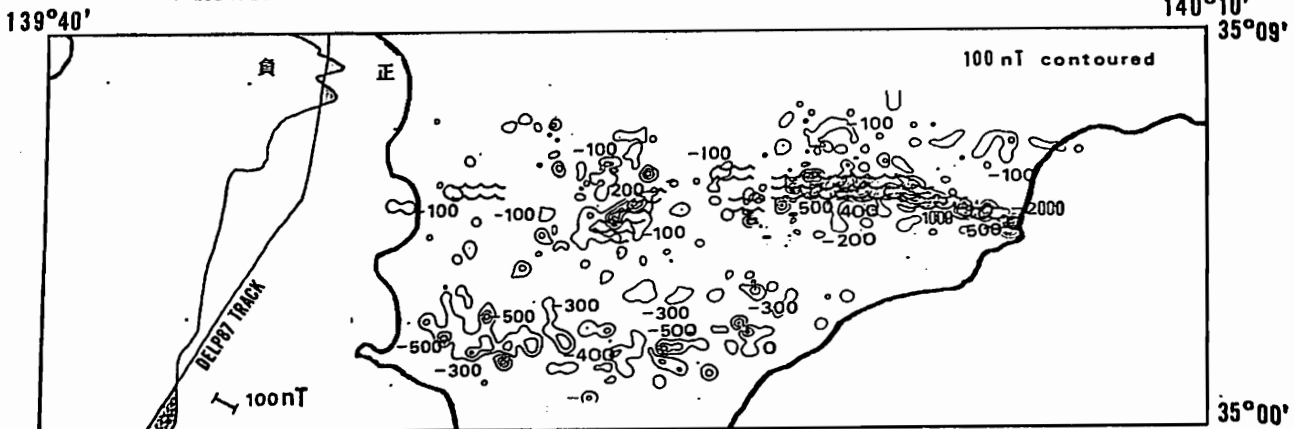


Fig. 1 A schematic pattern of magnetic anomaly trend of the surveyed area.

Fig. 2 Close up pattern of magnetic anomaly, unit in nT. Also shown a marine magnetic variation along ships track of DELP 1987 cruise (Isezaki,1987) Wavy lines show a distribution of ultrabasic outcrops.



# I-23 南鳥島南方70マイルの海山の磁気異常解析

石川秀浩, 田 望, 友田好文, 青木 斌, 飯塚 進, 三沢良文, 石川正憲  
東海大海洋

GEOMAGNETIC ANOMALY ANALYSIS OVER THE SEAMOUNT, A DISTANCE OF SEVENTY MILES TO THE SOUTH OF THE MINANI-TORI-SHIMA.

H. Ishikawa, N. Den, Y. Tomoda, H. Aoki, S. Iizuka, Y. Misawa and M. Ishikawa  
Faculty of marine science and technology Tokai University

The geomagnetic survey for the total field intensity was carried out over a seamount to the south of the Minami-tori-shima. In this area, the features of geomagnetic anomalies show strong regional variation as follows; 1) negative anomalies are distributed in the major part of the seamount, and 2) strong negative anomalies are predominant in the marginal part.

The summary of the result is: 1) the directions of declination and inclination respectively of the induced field are  $Dec. = -60^\circ$ ,  $Inc. = -40^\circ$ , and 2) the size of magnetic body corresponds with the topography of this seamount.

東海大学の“南鳥島近海のコバルトクラスト調査”にともない、南鳥島南方70マイルの海山(仮称I海山)の地形および磁気探査を行ったのでその結果を報告する。

この海山は、MARCUS RIDGEの北端に位置し( $23^\circ 00' N$   $153^\circ 20' E$ )、海洋地殻年代では最古のジュラ紀の太平洋プレート上に存在する。また、プレートの相対的な運動方向やコバルトクラストが生成されると考えられている緯度( $16^\circ N$ 以南)などから、現在の位置より南方で生成されたことが予想される海山でもある。そこで今回は、極磁力、擬重力、磁気モーメント密度などから、海山を形成する磁性体の分布や偏角、伏角を推定することを試みた。

調査期間は、1987年6月12日～6月29日であり、地磁気全磁力の測定には海上用プロトン磁力計、測深にはPDR、測位にはロランC、GPSを用いた。解析を行った範囲は、海山を中心として北緯 $22^\circ 20' \sim 23^\circ 58'$ 、東経 $152^\circ 30' \sim 154^\circ 08'$ であり、この範囲内で測定データを補間し、地形図・磁気異常図を作成した。(Fig.1, Fig.2)

地形図より海山の規模は、南北155km、東西145km、大洋底(5500m)からの比高4500mであり、山頂部は、水深1500m前後

で広範囲に平坦面を形成していて、水深2000m付近から急激な地形の変化が見られる。磁気異常図からは、海山の磁気異常の特徴として次のことが上げられる。正負の磁気異常の分布は、赤道付近での分布と類似しており、海山の伏角は、この海域の伏角より浅いことが推察される。そして海山全体で負の異常が卓越し、その分布は海山の地形と一致する。また、海山の縁辺部で磁気異常の等値線の密度が高く、これは海山の地形の影響と考えられる(エッチ効果)。

## 結果

解析を行うにあたって海山は、均一に磁化されているものと仮定し、地球磁場は、偏角 $3^\circ$ 、伏角 $25^\circ$ とした。解析結果を以下に示す。

1) 極磁力より海山の偏角は $-60^\circ$ 、伏角は、 $-40^\circ$ と求まった。この結果は、海山が現在位置よりも南方で生成されたことを支持するものである。

2) 擬重力と磁気モーメント密度より磁性体の規模は、海山の地形と一致することがわかった(Fig.3)。このことから今回解析を行った範囲内の磁気異常は、海山に起因するものであると言える。

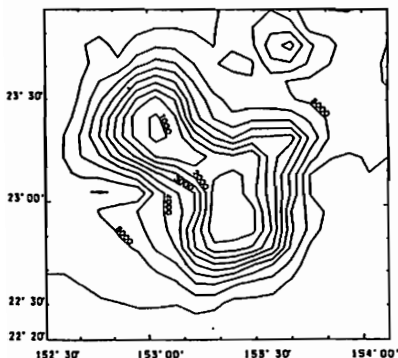


Fig.1 Topography of the seamount. Contour interval is 500m.

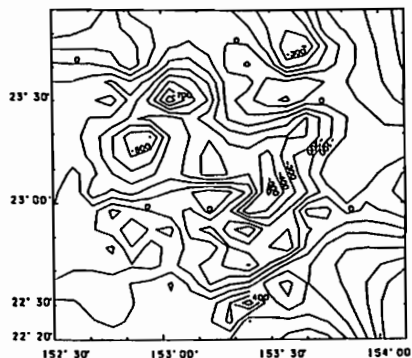


Fig.2 Contours of total intensity anomalies. Contour interval is 100nT.

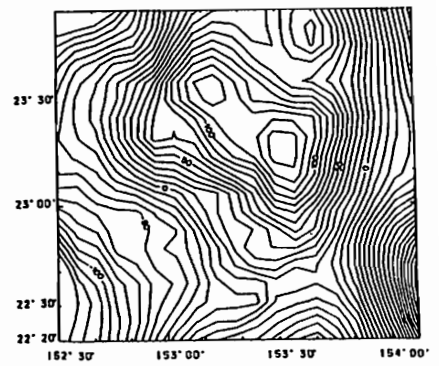


Fig.3 Magnetic moment distribution. Contour interval is  $10(\times 10^4)$  CGSemu.

日本海盆東部の地磁気三成分異常精査  
(KH86-2, KT87-6 航海)

伊勢崎修弘・島伸和・宇野イク子・糸田千鶴 古川雅英 佐柳敬造・中西正男・玉木賢策  
(神戸大理学部) (神戸大自然科学) (東大海洋研)

A Result of 3-C Geomagnetic survey in the Eastern part of the Japan Basin  
(KH86-2 and HT87-6 cruises)

N.Isezaki, K.Shima, I.Uno, C.Itoda, M.Furukawa, K.Sayanagi, M.Nakanishi, K.Tamaki  
(Department of Earth Sciences, Kobe Univ.) (Ocean Research Institute, Univ. of Tokyo)

The detailed geomagnetic surveys were made in the eastern part of the Japan Basin in the Japan Sea. (KH86-2 and HT87-6 cruises). Three components of the geomagnetic field were measured by a shipboard three component magnetic meter (STCM). At the same time, a conventional proton precession magnetometer was used for the measurements of geomagnetic total field. Using these data, lineations were identified more precisely which will present valuable suggestions on spreading tectonics of the Japan Basin.

白鳳丸KH86-2次研究航海、淡青丸KT87-6次研究航海において日本海の日本海盆で船上三成分磁力計及びプロトン磁力計による地磁気精査を行なった。

地磁気の三成分異常を使うとその性質により、1本の測線で地磁気異常をになう磁化物体の走向を求めることができる(図1)。この結果及び全磁力異常の結果(図2)を用いることにより、より正確に地磁気縞模様を解釈できる。

地磁気縞模様の走向は全体としてN70°Eが卓越しているが、その走向を切るように南北の地磁気の走向が存在することがわかる。この結果は日本海拡大プロセスを考えるうえで、重要な情報を与えてくれる。

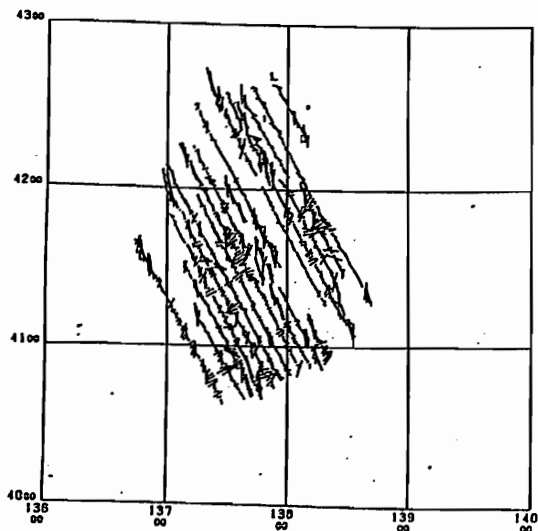


図1) 地磁気三成分異常から求めた地磁気縞模様の走向(線の方向がその地点の走向方向を、長さがその確からしさを示す)

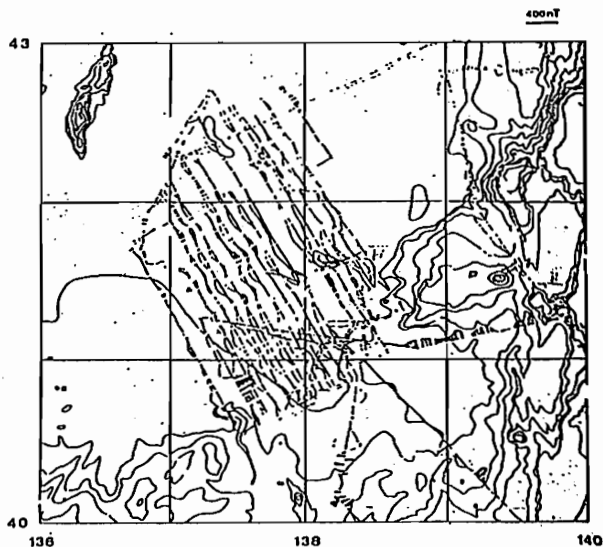


図2) 全磁力異常のプロファイル

## Transect of the Philippine Sea along 25° N

Shigeru Kasuga, Yasue Kaneko and Sigeru Kato  
(Hydrographic Department, M.S.A.)

The Hydrographic Department, M.S.A. has been conducting sea-bottom surveys by the survey vessel "TAKUYO" at the seas south of the Main Islands of Japan. This report summarizes geophysical results for nine boxes transect the Philippine Sea along 25° N (Fig.1).

The survey tracks were laid out every five nautical miles interval. Depth sounding with a multi-narrow beam swath survey system (Sea Beam), single or multi-channel reflection profiling, 3.5 kHz sub-bottom profiling, geomagnetic and gravity measurements were conducted along the survey tracks. Bottom sampling (dredge/core), heat flow measurements and bottom photographing were conducted at the sites of special interest. The survey results were compiled in the bathymetric map, magnetic anomaly map (Fig.2) and free-air gravity map.

Magnetic results show several chains of prominent anomaly patterns along the ridges, weak lineated patterns of Sikoku Basin and a quiet zone along eastern part of the Ryukyu arc.

Fig.1

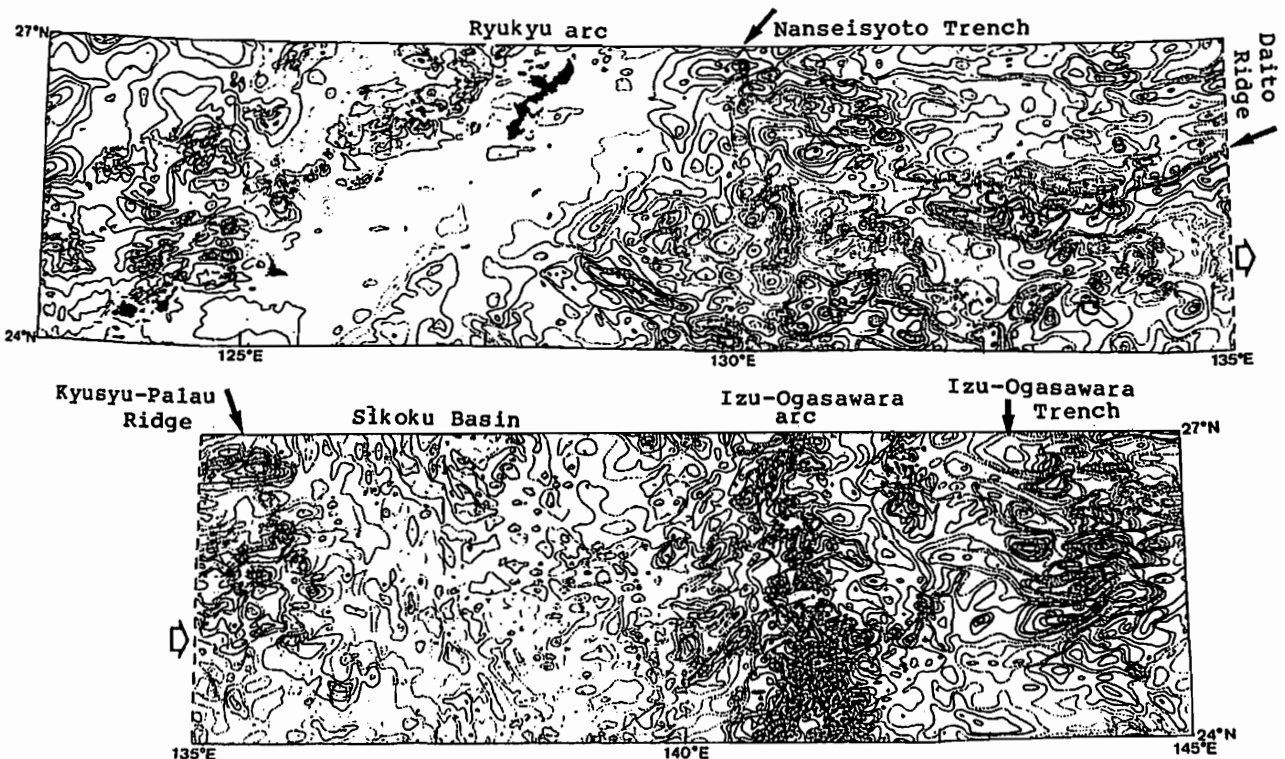
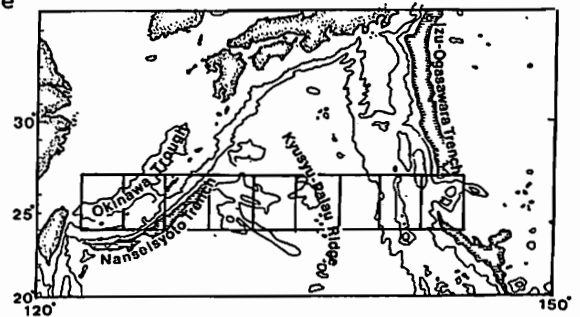


Fig.2 Total geomagnetic anomaly map. Contour interval is 100 nT.



中西正男・玉木賢策・小林和男

東大海洋研

Mesozoic magnetic anomaly lineation sets  
of the northwestern PacificM. Nakanishi, K. Tamaki, and K. Kobayashi  
Ocean Research Institute, Univ. of Tokyo

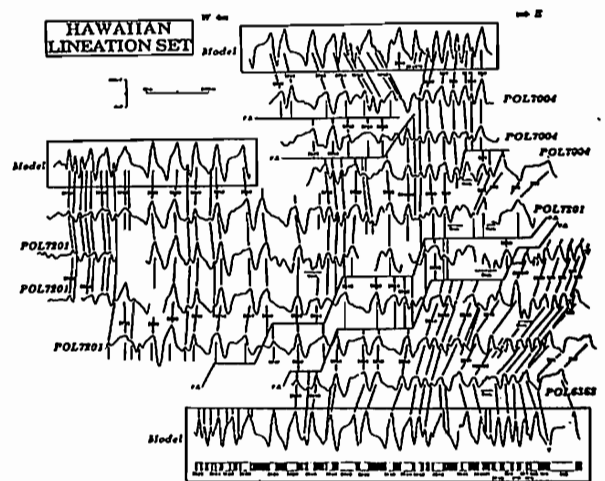
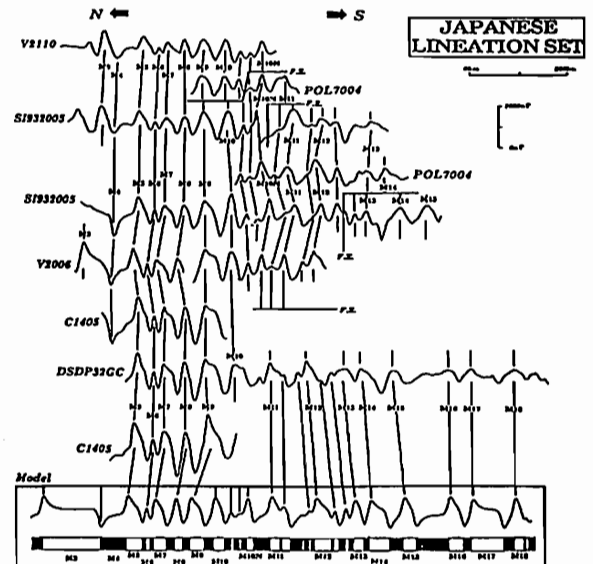
We present the new magnetic anomaly lineation map of Mesozoic age in the entire northwestern Pacific. There are two general lineation sets; the Japanese set between the Shatsky Rise and Japan Islands, and the Hawaiian set in an area east and south of the Shatsky Rise. These sets are joined in a magnetic high. There are two magnetic highs in the area. One is situated to the southwestern of the Shatsky Rise and the other is situated in the northeast of the Shatsky Rise. The lineations of the former high correspond to between M25 and M23. Those of the latter correspond to between M12 and M1.

Twenty fracture zones are revealed in the northwestern Pacific by analyzing bathymetric data in association with magnetic anomaly data.

我々は、昨年(1995)の2回の学会において、北西太平洋における中生代磁気異常縞模様群、Japanese磁気異常群、Hawaiian磁気異常群について報告した。その後さらに細かい解析を行なった結果 Hilde et al. (1976)に比べさらにこれらの磁気異常群の関係が明らかになった。今回はこれまでの解析結果のまとめとして、北西太平洋全体の磁気異常縞模様群について、さらにJapanese磁気異常群とHawaiian磁気異常群の関係について報告する。また地磁気のデータだけでなく、地形データ(地形プロフィール、音波探査記録)も一緒に解析することにより、明確になったいくつかのfracture zoneについても報告する。

今回の解析結果は以下の通りである。

1. Japanese磁気異常群の走向はM29~M21(160~150Ma)ではN45°E, M20~M1(149~134Ma)は、N70°Eである。
2. Hawaiian磁気異常群においては、シャツキーライズより南、及び南東の縞模様は、古いところからN50°W~N20°Wと年代と共に北に向く。シャツキーライズより北東にある縞模様は、ほぼN35°Wである。
3. M25~M23(149~134Ma), M12~M1(138~120Ma)の間で、マグネティックバイトを確認した。
4. 地形データを合わせて解析することにより20本のfracture zoneを確認し、そのうち顕著な3本に名前を付けた。第一鹿島海山付近まで伸びているものを、Kashima Fracture Zone; 納沙布岬の南東沖まで達するものを、Nosappu Fracture Zone; シャツキーライズの南端に達するものを、South Shatsky Fracture Zone. とした。



Selected magnetic anomaly profiles  
of the Japanese and the Hawaiian sets.



遺跡焼土遺構における  
全磁力探査及び残留磁化測定

加藤 隆司, 酒井 英男, 広岡 公夫

富山大理

MAGNETIC SURVEYING AND REMANENT MAGNETIZATION  
MEASUREMENTS AT SEVERAL ARCHEOLOGICAL SITES

R. Kato, H. Sakai and K. Hirooka

Faculty of Sciences, Toyama Univ.

The magnetic survey using the proton magnetometer was applied to prospect the baked earth in archaeological furnaces of Toyama Pref. and paleolithic remains of Miyagi Pref. During the magnetic survey, the proton sensor was set at the height between 0 and 50 cm which is lower than the former studies. At the each site, discrete samples were collected for the paleomagnetic study. The magnetic anomaly obtained from both the proton survey and NRM intensities of discrete samples showed the good correlation with the area of the baked earth.

遺跡発掘前に地中に埋没している遺構の位置や形状が正確にわかれば、考古学において非常に有益である。焼土遺構を伴う遺跡探査では全磁力探査の手法が有効とされてきた（岩本他：1974，鳥居他：1974，大志万・田中：1979，田中：1981）。

一般に、窯壁は高温まで加熱され、強い熱残留磁化（TRM）を獲得している。TRMは非常に安定で周りの堆積層の堆積残留磁化（DRM）に比べて10～100倍も強い。このため、地表での全磁力探査では窯壁の存在する場所に全磁力異常が予想される。本研究では富山県の考古遺跡及び宮城県の前石器遺跡において残留磁化測定及び全磁力測定を行なった。

全磁力測定にはプロトン磁力計（パリンジャー-GM122型）を用いた。窯跡などの焼土遺構では焼成部の厚さは通常数十cmしかなく、磁気異常は局所的であると考えられる。そこで、磁気センサーを従来の高さ（50cm以上）よりも低く設置し（1～50cm）、測定点の間隔も細かくとり詳細な測定を試みた。また、全磁力探査では地磁気の変動を補正する必要がある。本研究ではプロトン磁力計をもう一台使い、調査地域近傍での連続記録を補正用データとすることによって、地磁気の局所的短周期変化の補正を試みた。

更に、これらの調査地域では残留磁化測定のために20mm角のプラスチックキューブにて定方位試料を採取し、スピナー磁力計にて測定した。結果は全磁力探査のデータとの比較に用いられる。

結果

全磁力探査から焼土遺構の位置によく対応した全磁力異常が検出された。また、残留磁化測定の結果も磁気異常を支持する結果となった。全磁力探査は遺構を傷つけずに発掘前に調査でき有効である。本研究で認められたように、局所的な異常を考察する等の詳細な議論のためには、センサーを低くすると共に残留磁化の測定も加えた手法が効果的である。今後、全磁力測定と残留磁化測定の手法を併用した手法の適応例を増やし、手法をより確固なものにしていきたい。

# I - 28 古地磁気学的手法による旧石器遺跡の 炉床（焚火跡）の推定（3）—総括—

森永速男<sup>1</sup>、杉本恭子<sup>2</sup>、市川浩<sup>2</sup>、今村浩司<sup>2</sup>、井口博夫<sup>2</sup>、久保弘幸<sup>3</sup>、藤田淳<sup>3</sup>、山下秀樹<sup>4</sup>、安川克己<sup>2</sup>

<sup>1</sup>神戸大自然科学、<sup>2</sup>神戸大理、<sup>3</sup>兵庫県教育委員会、<sup>4</sup>平安博物館

HOW TO DETECT PAST FIREPLACES IN PALEOLITHIC SITE USING A PALEOMAGNETIC METHOD

H.MORINAGA<sup>1</sup>, K.SUGIMOTO<sup>2</sup>, H.ICHIKAWA<sup>2</sup>, H.IMAMURA<sup>2</sup>, H.INOKUCHI<sup>2</sup>, H.KUBO<sup>3</sup>, J.FUJITA<sup>3</sup>,  
H.YAMASHITA<sup>4</sup>, K.YASKAWA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Grad. School Sci. & Technol., Kobe Univ., <sup>2</sup>Fac. Sci., Kobe Univ., <sup>3</sup>Board Educ., Hyogo, <sup>4</sup>Heian Mus.

Past fireplaces were detected through NRM measurements of soils collected from the surface of paleolithic sites. On the basis of results from a bonfire experiment on a soil surface and magnetic investigations for natural fireplaces of two archeological sites, three criteria on nature of soil remanence were set up to detect the past fireplaces which were not able to be recognized with the naked eye; the remanence is (1) relatively strong in intensity, (2) fairly stable both in intensity and direction, and (3) sometimes unique in direction. Past fireplaces must have situated in the vicinity of sampling points of soils satisfying these three criteria.

人類にとっての火は、物理的のみならず社会的・宗教的側面も含め様々な意義を持っており、その重要性は改めて述べるまでもない。また、社会構造が単純であればあるほどその重要性が相対的に増大することは、数多くの民族例が示す通り容易に推察できる。ところが、日本の先土器時代に目を転じてみると、火の存在を示す明かな地面の赤化を伴う炉床が確認されているのは、全国に3000ヶ所以上ある遺跡のうちわずかに40ヶ所ほどである。このように炉床の検出がむずかしい状況は、先土器時代にのみ独特の現象ではなく、縄文時代早期前半（8000年位前）頃から以前になると急速に発見率は低下する。しかしこうした現象は、先土器時代遺跡における大量の焼けたいしき・石器・炭化物の存在からも、炉床が存在しなかったことに起因するとは考えられず、本来存在したはずのものが検出されにくくなったためと思われる。なぜ発見されにくくなるのか、その機構については土壌の移動による攪乱等の推測が行われているが、可視的ではないとしても何等かの傷痕をとどめており、何等かの方法によって炉床の位置が推定できるとすれば、社会・集落研究への効用は計り知れないものがある。そこで我々は、土壌が受熱することによりそれに含まれる磁性粒子が化学的に変化することを利用して、残留磁化測定を通して遺跡面上の炉床位置の推定を試みた。

（焚火実験） 受熱により土壌中の磁性粒子が化学変化するとき、土壌の残留磁化がどのように変化するかを実際の焚火を通して調べた。その結果、受熱の度合が増すにつれて土壌の残留磁化は強度に関しては大きくなり、その磁氣的安定性に関してはより安定になることがわかった。さらに、その方向もより集中度が良くなり現在の地球磁場方向に近づくことを確かめた。これらのことにより、3つの炉床判定基準を設定し、その基準を満たす土壌の採取地点付近を受熱歴のある場所、すなわち炉床と推定することにした。（1）自然残留磁化が他と異なり、相対的に大きい土壌であること、（2）残留磁化の安定性がかなり高い土壌であることそして、これは補助的なものであるが、（3）残留磁化方向が他に比べて特異な土壌であること。

（炉床判定基準の検討） 実際に土壌の赤化を伴い、炉床が確認されている遺跡において我々の設定した判定基準が過去に受熱した土壌で有効かどうかを調べた。赤化した炉床が存在する、この検討を行った遺跡は兵庫県玉津田中遺跡（弥生時代中期）と大分県市ノ久保遺跡（旧石器時代～縄文時代草創期）の二つである。どちらの遺跡においても約 5m×5m程度の範囲から数カ所の赤化した炉床が確認されていた。それらとそれらの周囲から土壌試料を採取し、残留磁化を測定したところ明かに炉床からの土壌試料は上述の3つの判定基準を満足した。つまり、炉床の土壌試料の残留磁化の強度は強く、磁氣的にも安定であり、交流消磁後の磁化方向が他より集中しており、他とは異なる方向に揃っている場合もあった。

（肉眼で炉床を確認できない遺跡における炉床推定） 以上のことから、3つの判定基準を使って日本各地の11ヶ所の遺跡において炉床推定を行った。いくつかの遺跡において炉床を磁氣的に確認できたが、一部の遺跡においては土壌が非常に粘性残留磁化を獲得し易いため、この手法が使えないものもあった。

堂 面 春 雄  
山口大教育物理

ON THE  $J_s$ -T ANALYSIS OF MATUYAMA REVERSED BASALTS FROM  
GEMBUDO DISTRICT, HYOGO PREFECTURE, JAPAN

Haruo DOMEN

Institute of Physical Sciences, Fac. of Educ., Yamaguchi University

Since 1928 as Matuyama discovered the natural remanent magnetization of Gembudo basalts towards the opposite direction to the present geomagnetic field, few rock/paleo magnetic studies had been carried out. These showed that the ferromagnetic rock-forming mineral is Ti-rich magnetite having a Curie point as low as about  $120^\circ\text{C}$ . The present author has also performed the  $J_s$ -T analysis on the similar basalts from the area nearby Gembudo cave.  $J_s$ -T curves obtained by this time are irreversible even in vacuum of  $10^{-3}$  Torr. The obtained results are also compared with those of other basalt samples from Japan and Iceland.

筆者は最近、Matuyama Reversed Epoch の発祥の地ともいえる、兵庫県玄武洞地区の玄武岩試料に關する岩石磁気学/古地磁気学的研究に着手した。本報告では、これらの試料について現在実施中の熱磁気 ( $J_s$ -T) 解析の結果の一部について述べる。

当地区での、これまでに行された先達の研究には、松山 (1928) 以後、Nagata 等 (1954) 及び Yokoyama (1954) がある。松山は、1926年3月下旬、当玄武洞より採取した玄武岩試料の自然残留磁化 (NRM) が、その当時の地球磁場方向と大きくかけ離れた値を示すことを発見し、これに力をえて、ひろく本邦のみにとどまらず、朝鮮、旧満洲の、同様な玄武岩について研究を進め、不朽の業績を遺したことは今更いうまでもない。ところで、Nagata 等や Yokoyama によると、当地区の玄武岩試料は、 $120^\circ\text{C}$  程度の低いキュリー温度を示す Ti-rich な magnetite がその主要強磁性造岩鉱物であり、この試料の示す Reversed NRM は必ずしも古地磁気学的に信頼できるものでないとしている。

本報告で示す試料は、玄武洞に近い2地点：大將軍(だいにじょうごん)洞及び北朱雀洞よりのものである。

これらの NRM に關しては未測定であるが、Yokoyama によれば、Reversed NRM を示すと考えてよい。

これらの bulk 試料片の室温における“みかけの帯磁率 ( $\text{kg}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ )”は同程度であり、外部磁場強度の増加に対し、比較的低い磁場範囲 ( $\sim 2 \text{kg}$ ) では急激な増加を示し、それ以上  $12 \text{kg}$  程度の強磁場まではほぼ直線的に増大するが、この程度の磁場強度では、とうてい飽和に達することはない。

$J_s$ -T 解析の結果においても、両試料間で本質的差異は見出せず、heating-cooling の mode は極めて類似しており、空気中におけるオリジナルなキュリー温度は  $120 \sim 200^\circ\text{C}$  で、これ以上の温度への heating により、 $550^\circ\text{C}$  前後にキュリー点をもつ高温相への転移がみられる。cooling に当ってはこの高温単一相の成長が curve に現われ、室温に帰着した時の  $J_s$  強度は、スタート時の2倍程度に増大している。

このような irreversibility は、真空中 ( $10^{-3}$  Torr) においても本質的には変わらない。

筆者がこれまでに手がけた種々の岩石に關する膨大な  $J_s$ -T 解析データのうち、本地区玄武岩とほぼ同時代の、Reversed NRM を示す玄武岩中、heating-cooling mode の極めて類似する例としては、山口県中北部産、佐賀県唐津産のものがあり、Iceland 島西南部産の例も顕著である。本報告ではこれらとも比較することにした。

藤本光一郎 木川栄一  
 東大理 東大地震研

ALTERATION OF TITANOMAGNETITES AND ITS RELATED MAGNETIC PROPERTIES  
 IN THE NOYA GEOTHERMAL AREA, CENTRAL KYUSHU, JAPAN

FUJIMOTO, Koichiro<sup>1</sup> and Eiichi KIKAWA<sup>2</sup>

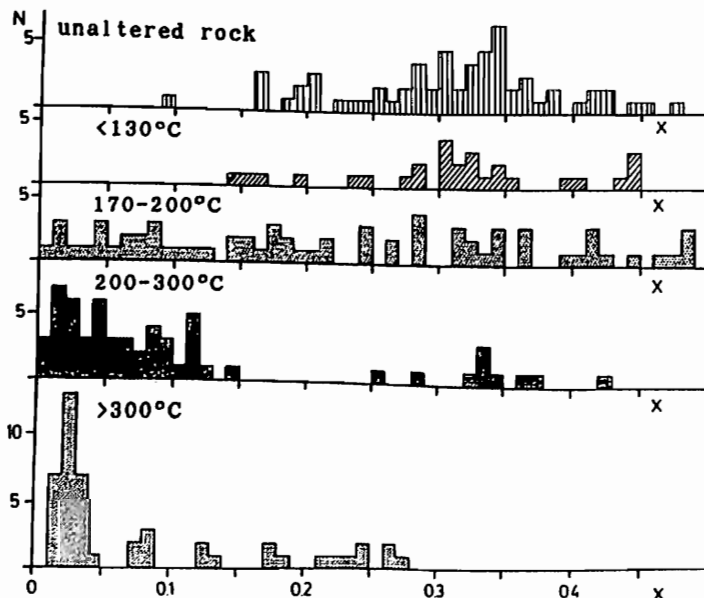
1: Fac. of Sci., Univ. of Tokyo 2: Earthquake Res. Inst., Univ. of Tokyo

Influences of hydrothermal alteration on titanomagnetites and magnetic properties of two pyroxene andesite lavas in the Noya geothermal area were investigated. Chemical composition of titanomagnetites easily changes in response to the changes in environmental conditions. Most of x-values (ulvospinel mole fraction in magnetite-ulvospinel solid solution series) lie between 0.25 and 0.35 for titanomagnetites without indication of low temperature oxidation or hydrothermal alteration. Titanium migration due to hydrothermal alteration results in decrease of x-value down to 0.0, whereas iron loss due to low temperature oxidation characterized by maghemitization results in an increase of x-value up to 0.5. The x-values show gradual decrease with increasing alteration temperature (maximum at about up to 300°C). Hydrothermally altered titanomagnetites characteristically contain small dots, blebs and lamellae composed of rutile and sphene.

The main carrier of magnetization is relatively Ti-poor titanomagnetites. Magnetic susceptibility and intensity of magnetization have lower values in intensely altered rocks because of the decomposition of magnetite into hematite and pyrite. Curie temperatures increase from 520 to 580°C according to the increase of alteration temperature.

大分県野矢地熱地帯に産出する複輝石安山岩のチタノマグネタイトの化学組成等鉱物学的性質及び磁気的性質が熱水変質によりどのように変化するかについて調べた。チタノマグネタイトの高温酸化や低温酸化に関する研究は多く行われてきたが熱水変質に関する研究例は少ない。X値(マグネタイト-ウルボスピネル固溶体中のウルボスピネル成分のモル分率)は、低温酸化及び熱水変質の影響の見られないチタノマグネタイトについては殆ど0.25から0.35の間にはいる。低温酸化によって周縁部等がマグヘマイト化するが、その際鉄が抜けてX値に換算して0.5近くまで上昇する。それに対し、熱水変質によってチタンも動いてX値は下がり、殆どチタンの含まないものまでできる。それに伴いルチルやスフェーンからなるサブミクロンサイズのラメラやドットが析出する。またX値は変質鉱物から推定される変質温度が上がるほど小さく変化する傾向が見られる。

磁気的特性からは磁化の大部分はチタンに乏しいマグネタイトに担われていると推定される。帯磁率と磁化強度は共に熱水変質の程度が進むほど低くなり、それは初生的なチタノマグネタイトがヘマタイトやパイライトに交代しているためと考えられる。キュリー温度は520°Cから580°Cまで変質温度に対応して上昇する。その変化はX値の変化とも調和的である。



Histograms showing the decrease of x-values with increasing alteration temperature, which is inferred from coexisting alteration minerals such as montmorillonite (<130°C), chlorite (170-200°C), epidote (200-300°C) and actinolite (>300°C).

(国際深海掘削計画第118次航海の概要)

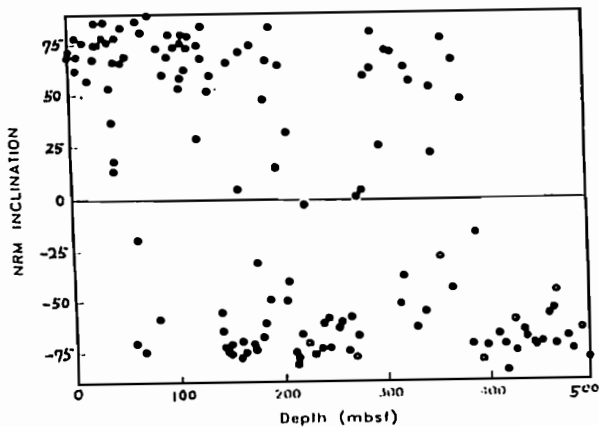
木川 栄一 (東大地震研)・小沢 一仁 (東大理)・ODP LEG 118 乗船者一同

The 500-m gabbro section drilled on the shallow(720m) east wall of the A-II transform on the SW Indian Ridge apparently represents an uplifted section of lower oceanic crust. Extensive shipboard magnetic properties measurements have been carried out for the first time in such rock. The extraordinarily core recovery (87% of total section drilled) allowed representative shipboard magnetic properties measurements on all major gabbro petrologies, including remanence intensity, median destructive field, stable inclination and susceptibility. Paleomagnetic intensities are variable generally in the range of other oceanic gabbros but up to  $>2.5$  emu/cc in some of the Fe-Ti oxide gabbros. Magnetic susceptibilities average about  $100 \times 10^{-6}$  cgs. Natural remanent inclinations are generally steep and about equally divided between reverse and normal, whereas stable inclinations are reverse and average  $65 \pm 15^\circ$ . The theoretical inclination for the site is  $-52^\circ$ , indicating that the obtained stable inclination value is slightly steeper than expected.

Leg118は、1987年10月22日モーリシャス・ポートルイスを出発し、12月14日に再び同港に戻る約2カ月の日程で実施された。Atlantis II 断層帯は予備調査により、海洋地殻下部あるいは上部マントル物質が露出していることが予想されていた。3週間にわたるsite 732-734における試掘削の後、水深720mの地形的な高まりにおいてguide baseを設置して掘削を行った。Site735・Hole735Bにおける全掘削長は500.7mで、これに要した日数は17日間であった(30m/day)。回収されたgabbroの自然残留磁化強度のなかには、従来オフィオライトなどより採取された試料の値( $<1A/m$ )よりも高い値を示すものも多く存在した。特にFe-Ti oxide gabbroでこの傾向が著しく、2つの試料がHolspin Magnetometerのレンジ(2500A/m)を越える値を示した。また自然残留磁化の多くが、現在の地球磁場と同じ極性の不安定なsecondary componentをもち、交流消磁・熱消磁によりこれらは容易に除去され、安定な残留磁化方位を得ることができた。消磁後の伏角は全て逆帯磁で、平均は $65^\circ (\pm 15)$ であった。この平均値はSite735地域において地磁気双極子を仮定した理論値( $-52^\circ$ )よりも深く、この原因としてはテクトニックな傾動などが考えられる。

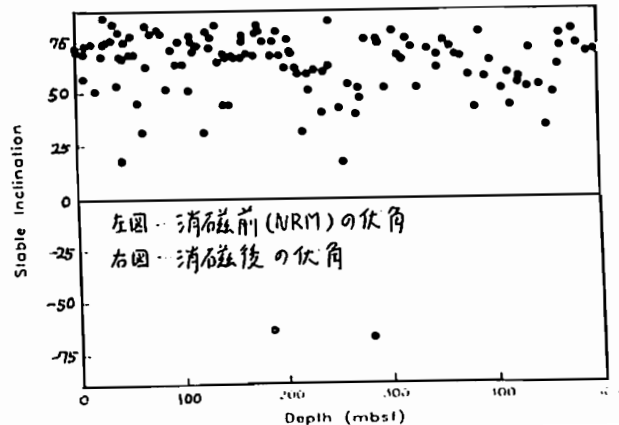
LEG 118

HOLE 735B



LEG 118

HOLE 735B



I-32 丹沢トータル岩体の K-Ar年代測定 (II)

齋藤和男・大友育也  
山形大理

K-Ar DATES OF THE TANZAWA TONALITE (II)

Kazuo SAITO and Ikuya OTOMO  
Dept. Earth Sciences, Yamagata University

Newly determined 12 K-Ar dates for the Tanzawa tonalite show a bimodal distribution. The Omatazawa samples yielded the ages around 10 Ma, whereas the other samples, most of which were sampled in the northern part of the tonalite body, were dated around 4 or 5 Ma. No significant differences were found between hornblende and biotite ages. This result indicates either 1) that the body was formed about 5 Ma (immediately after the collision of the Tanzawa body) or 2) that although the body was formed more than 10 Ma, rapid cooling throughout the body occurred about 5 Ma.

昨年春の学会では、西丹沢大又沢から採取したトータル岩のK-Ar年代を発表したが、今回は大又沢で新たに採取した試料およびトータル岩体北部から採取した試料のK-Ar年代について発表する。

今年年代測定した試料の採取地点とK-Ar年代を図に示す。試料は muro-6 が黒雲母であるほかはすべて角閃石である。大又沢から採取した試料が1000万年程度の年代を示すのを除いてほとんどが、400万年ないし500万年の年代を示している。近接した地点から採取した黒雲母(muro-6)と角閃石(muro-7)は、共に500万年程度の年代を示し、佐藤ほか(1986)が示すような角閃石の年代(1000万年)の方が黒雲母の年代(500万年)より有意に古いという結果は得られなかった。

現時点で利用できる年代データをもとに丹沢トータル岩体の形成年代を考えると、次の2つの可能性がある。

1. トータル岩体が形成されたのは500万年前頃である。この年代は丹沢地塊が本州に衝突したすぐ後に当たり、トータル岩体の形成はこの事件に付随したものと考えられる。大又沢褶曲がトータル岩体進入以前に存在したという観察(松田、1986)は(この褶曲が衝突によって生じたものとする)この考えに矛盾しない。この考えをとる場合には、大又沢などでみられる古い年代はエクセス・アルゴンの影響と考え

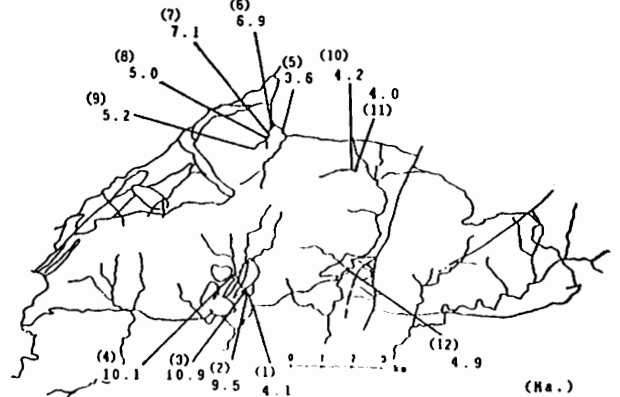
るを得ない。

2. トータル岩体は1000万年以上前に伊豆-マリアナ弧のどこかで作られた。岩体表面付近は(大又沢の試料)早く冷えたが岩体全体としては500万年前頃まで500°C以上の温度を保っていた。大部分の角閃石と黒雲母の年代に有意の差がないことは、500万年前頃から冷却速度が早くなったことを暗示している。冷却速度の変化は、衝突の後丹沢地塊が上昇したことを表しているのかもしれない。

エクセス・アルゴンが含まれるか否かは<sup>40</sup>Ar-<sup>39</sup>Ar法で検定できる。現在試料を準備中である。

Sample Name	K (%)	Weight(g)	<sup>40</sup> Ar(10 <sup>-6</sup> cc/g)	Age(Ma)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)
(1) omata-1	0.127±0.021	0.9455	2.00±0.67	4.1±1.5	91.3
(2) omata-2	0.102±0.011*	1.2444	3.77±0.68	9.5±1.9	83.0
(3) omata-3	0.083±0.005	1.1852	3.50±0.52	10.9±1.7	69.7
(4) omata-4	0.153±0.004	1.2625	5.93±0.47	10.1±0.8	64.7
(5) muro-1	0.385±0.039*	1.1778	5.44±0.48	5.5±0.5	63.8
(6) muro-2	0.170±0.016	1.1442	3.24±0.99	7.1±1.4	79.1
(7) muro-3	0.146±0.029	1.2406	3.50±0.60	5.2±1.9	78.9
(8) muro-4	0.166±0.017*	1.0193	3.20±0.58	5.0±1.0	79.2
(9) muro-5	0.114±0.004	0.9644	2.30±0.86	5.2±1.9	85.4
(10) muro-6	4.33±0.48*	0.2205	78.9±3.8	4.2±0.5	47.3
(11) muro-7	0.687±0.069*	1.0564	10.6±0.5	4.0±0.5	57.8
(12) otaki-1	0.093±0.009*	0.9153	1.77±0.47	4.9±1.4	69.5

\*: 10% ERROR(1σ) is assumed. Except muro-6, which is biotite, all samples are hornblende.



(Ma.)

M. FUNAKI<sup>1</sup>, H. SAKAI<sup>2</sup> and T. MATSUNAGA<sup>3</sup>

1: National Institute of Polar research. 2: Department of Earth Sciences Faculty of Sciences, Toyama University. 3: Department of applied chemistry for Resources, Tokyo University of Agriculture and Technology.

The natural remanent magnetization (NRM) of natural rocks is measured by astatic, spinner or SQUID magnetometers. The NRM is a value of integrated NRMs of individual magnetic grains in a rock sample. Although the Bitter pattern configurations indicate magnetic minerals and domain configurations on the rocks under the reflected light microscope, the magnetic polarities can not be determined by this method. If the magnetic polarities of those grains can be identified, they give useful informations for rock magnetism. We have attempted a new technic for identification of the magnetic polarities and the directions of their lines of magnetic force of fine magnetic grains using characteristics of the magnetotactic bacteria under microscope.

Blakemore (1975) first described magnetotactic bacteria which swim toward preferable south or north directions along even the weak (10  $\mu$ T) geomagnetic field. The bacteria in the northern hemisphere have a characteristic to swim toward the S pole (north seeking bacteria). We introduce an application result of the north seeking bacteria in order to identify the magnetic south polarity of two selected iron-nickel (Fe-Ni) grains from St. Séverin meteorite.

The results indicated that the bacteria are sensitive magnetic sensor to detect not only the S pole in the grains but also the directions of line of magnetic force radiated from the grains (Fig. 1). The magnetic coercive force and the remanent coercive force can be measured by the bacteria under applying steady magnetic field. Probably these methods can be applied to the terrestrial rocks having relatively strong natural remanent magnetization. Namely the magnetotactic bacteria give useful informations for rock magnetism and paleomagnetism as bio-magnetometer.

Although it is important to use the north and the south seeking bacteria in order to clarify magnetization structures in detail on the surfaces of grains, combination method with the south seeking bacteria (Fig. 1) and the Bitter pattern (Fig. 2) analyses appear the complicate magnetization structures on the Fe-Ni grains in St. Séverin; the magnetic S pole was formed along limb on the surface of sample A; the S pole at upper part of the grain and the N pole across the center and at the left side of lower half of the grain were formed for the sample B. These complicate characteristics are the cause of difficulty for understanding of chondrite magnetism.

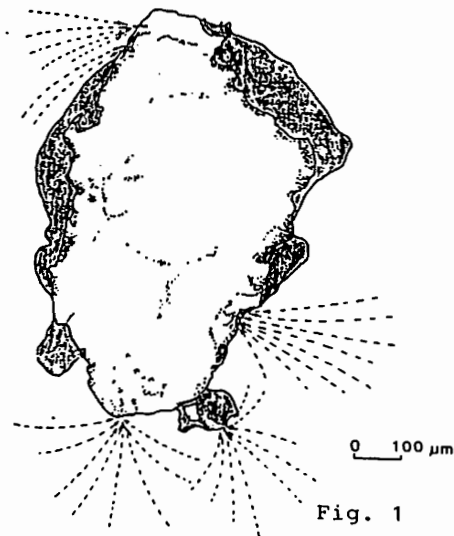


Fig. 1

Fig. 1 Trails (perforated line) and swarming regions (dotted area) of the north seeking bacteria of sample A.

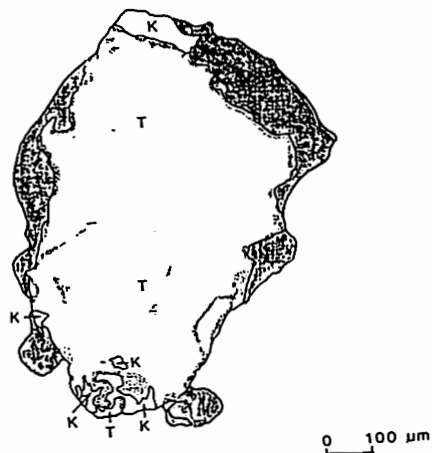


Fig. 2

Fig. 2 Crystallographical structures and concentration regions of the magnetic fluid for sample A. K: kamacite, T: taenite, dotted area: concentration region of magnetic fluid, shadow area: invisible area by the passing light microscope.

中井 信之、 佐藤 高晴、 小林 和男  
(名古屋大) (新潟大工) (東大海洋研)

CORRESPONDENCE IN SIRM BETWEEN CORES AND CORRELATION BETWEEN SIRM  
AND  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  RATIO -- A POSSIBLE EXPLANATION BY MAGNETOBACTERIA

Nobuyuki NAKAI, Takaharu SATO and Kazuo KOBAYASHI  
(Nagoya Univ.) (Niigata Univ.) (Univ. of Tokyo)

It is shown from the magnetic measurements of the two deep-sea cores, which are only 500 km apart each other but have different sedimentation ratio, that the variation in Saturation Isothermal Remanent Magnetization (SIRM) intensity is almost identical. It is also shown for the cores that the SIRM intensity and  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  ratio are inversely correlated significantly. We show here a possible cause by magnetite precipitation by magnetotactic bacteria for the appearance of those relations.

西部赤道太平洋から採取された2本の深海底堆積物柱状試料、KH-73-4-7 と KH-73-4-8 について、詳細な残留磁化測定と、酸素と炭素の同位体比測定の結果を報告してきた。柱状試料からより確かな地球科学の知見を得るには、複数の柱状試料を調べる必要があるが、その際には、柱状試料間の対応関係が問題になる。今回、磁場逆転の境界を目安にして、適当な相対的堆積速度変動を仮定した場合の、飽和等温残留磁化 (SIRM) 強度の対応の有無を調べた。その結果、適当な堆積速度変動を仮定すると Fig. 1 に示すように多くの部分で極めて良く一致した変動を示すことが明らかになった。この堆積速度変動は、これらの柱状試料についての電子スピン共鳴を用いた年代推定の結果 (Sato, 1982) ととも調和的であった。また、これらのそれぞれの柱状試料においては SIRM と炭素同位体比が有意な逆相関を示していた。更に、これらの柱状試料については、磁性鉱物の大部分が単磁区構造のマグネタイト粒子からなっていることが示されている (Yoshida & Katsura, 1985)。ここでは、これらの事柄を、バクテリアによる磁性鉱物の生成に因って統一的に理解する試みについて報告する。

Reference

- T. Sato, Nature, 300, 518-521 (1982).  
S. Yoshida and I. Katsura, Geophys. J. R. astr. Soc., 82, 301-317 (1985).

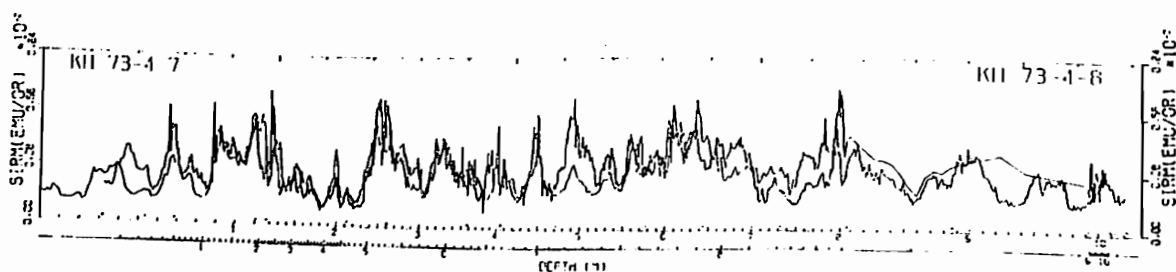


Figure 1. Variation in saturation isothermal remanent magnetization in the two deep-sea cores, KH-4-7 and KH-4-8. The depths at which the correspondence between cores is assumed are indicated by \*.



## 2本の深海底堆積物柱状試料から得られた地磁気の長周期永年変化

佐藤 高晴、 小林 和男  
(新潟大工) (東大海洋研)

LONG PERIOD GEOMAGNETIC SECULAR VARIATION DERIVED FROM TWO DEEP SEA CORES

Takaharu SATO and Kazuo KOBAYASHI  
(Niigata Univ.) (Univ. of Tokyo)

The correspondence of the variation in SIRM intensity between the two deep-sea cores (Nakai et al. in this meeting) enables us to examine whether the secular variation of geomagnetic field is recorded in the sediments. The variation in NRM/SIRM correspond each other in most part. The correspondence of the variation in declination is also found for the sediment in Brunhes epoch. It is shown that the secular variation with wave lengths of 0.02-0.10 My had occurred during 0.38-0.70 My.

堆積物柱状試料を用いて地磁気永年変化を調べるためには、正確な対比が可能な複数の柱状試料を用いる必要がある。ここでは、ある適切な相対的堆積速度変動を仮定したとき、飽和等温残留磁化 (SIRM) 強度変動が極めてよい一致を示した深海底堆積物柱状試料 KH-73-4-7 と KH-73-4-8 について永年変化を調べた。堆積速度が大きく異なるにもかかわらず SIRM が一致した理由については、今学会に於て、中井等 で報告した。

これらの柱状試料については、Sueishi et al. (1979) によって、非履歴残留磁化が SIRM と類似した変動を示すこと、また、Yoshida & Katsura (1985) によって、残留磁化の多くが単磁区構造のマグネタイト粒子に因って担われていることが示されている。これらのことから自然残留磁化 (NRM) 強度を SIRM で割った値はかなりよく地磁気強度を反映していると考えられる。

堆積物においては、ある年代の堆積物の深さと、その年代の地磁気が記録された深さには、ずれ (Lag) があることが指摘されている。もし Lag があり、それが堆積速度によらず一定だと仮定すると、SIRM による対比と NRM/SIRM による対比では、堆積速度の異なる部分では、ずれが生ずると考えられる。しかし今回の結果では、NRM/SIRM は、多くの部分でほとんど対比の精度以上のずれを伴わずに一致していた。

偏角の比較的大きな変動のみられる 0.3-0.7 My について対応の有無を調べた。Fig. 1 に示すように、両柱状試料において振幅は異なるが 0.38-0.70 My には対応した変動が見られた。これらの変動は波長 0.02-0.1 My にわたっている。NRM/SIRM の変動も同様なスケールであり、よく対応していることから、地磁気の長周期永年変化を現している可能性が高い。堆積物においては、残留磁化獲得時に高周波カットフィルターがかかった形で記録されることが指摘されている。偏角と NRM/SIRM について、どの程度の巾のフィルターがかかたと仮定した時、元の振幅がよく一致するか調べた。その結果年代によって、あるいは、堆積速度の大きい部分では、多少大きくなる可能性はあるが、大きくとも 2 CM 程度であることが示された。

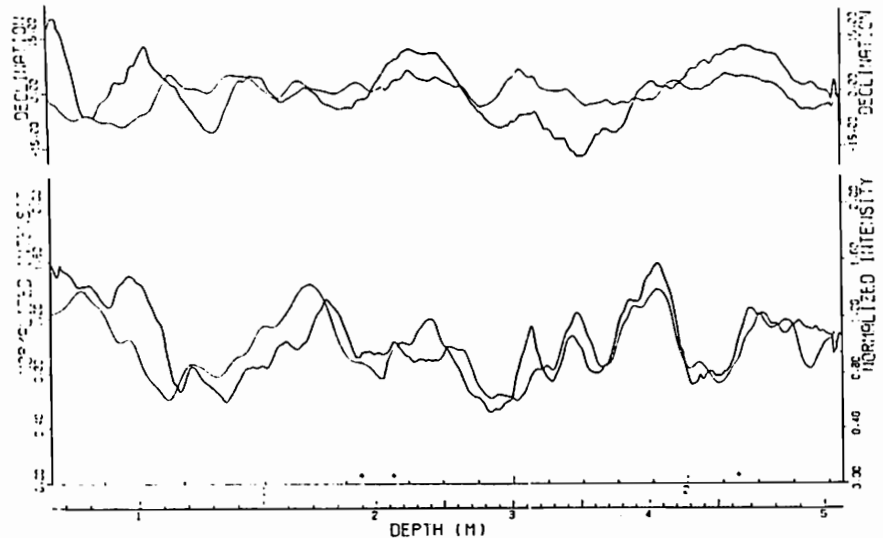


Figure. 1 Variation in Declination (upper) and NRM/SIRM (lower) in the two deep-sea cores, KH-73-4-7 and KH-73-4-8. The depths at which the correspondence in the SIRM variation is assumed are indicated by \*.

### Reference

- T. Sueishi, T. Sato, N. Kawai and K. Kobayashi, Phys. Earth Planet. Inter., 19, 1-11 (1979).  
S. Yoshida and I. Katsura, Geophys. J. R. astr. Soc. 82, 301-317 (1985).

未固結堆積物コアの古地磁気記録 (木崎湖)

1. 試料採取と磁化測定

糸田千鶴・村田史之・森永連男・井口博夫・安川克己  
 神戸大理 神戸大自然科学

THE PALEOMAGNETIC RECORD OF UNCONSOLIDATED SEDIMENT CORES FROM LAKE KIZAKI

Chizu ITOTA\*, Fumiyuki MURATA\*\*, Hayao MORINAGA\*\*, Hiroo INOKUCHI\*, Katsumi YASKAWA\*  
 \* Fac. of Sci., Kobe Univ., \*\* Grad. School Sci. & Technol., Kobe Univ.

Five unconsolidated sediment cores from Lake Kizaki, central Japan, were obtained using an improved pneumatical piston corer with the aim of producing a secular variation record of the geomagnetic field. The flat layering of core sediments observed in lengthwise splitted halves indicates that the corer penetrated into the lake bottom at right angles. After 15mT alternating-field demagnetization, declination, inclination, and intensity logs of the cores, without the upper part (one or less meter), are excellently concordant with each other.

1985年春の学会で空気圧入式ピストンコーラーを用いて採取した諏訪湖の5本の堆積物コア試料の磁化測定結果について報告した。この際、測定した残留磁化の見かけの伏角の平均値が5本のコア内で12°から40°と幅があり、これはコーラーが大きく傾いて湖底堆積物中に貫入したことによると考えた。今回コーラーの最上部に浮きをつけることで、コーラーの鉛直性を保ったまま着底、試料採取ができるように改良した。このコーラーの改良点とそれを用いた試料採取方法、これを用いて長野県の木崎湖で採取した5本の堆積物コア試料の磁化測定結果について報告する。

浮きに用いたタイヤチューブは、1.5気圧で約100リットルの容量を持つ。これを4本積み重ねてロープで固定し、コーラーの最上部にロープでつないだ。コーラーを湖中に投入してすぐにチューブに圧縮空気を送り込んで膨らませる。このチューブにより、コーラーは常に鉛直に釣り下げられた形で、水中を沈んで行き、着底する(Fig.1-a)。ハカマ内の水を排水ポンプで吸い出し、コーラーを湖底に固定する(Fig.1-b)。ピストン部に圧縮空気を送り込んでピストンを下げ、試料採取パイプを下げ堆積物をその中に採取する(Fig.1-c)。この様な作業を行っている間もずっと、浮きによりコーラー最上部には鉛直上向きの力が働いているのでコーラーの鉛直性は保たれ続ける。回収時には、ハカマに水を送り込んで湖底から引き抜くと共に、チューブに圧縮空気を更に送り込んで試料採取パイプを湖底から引き抜く(Fig.1-d)。

以上の手順を経て、約4mの堆積物コア試料を5本採取した。試料の最上部は、湖底面にあたり、含水量が多い。試料運搬の際の乱れを最少限に防ぐために上部の約1mを試料採取パイプごと切断し、ドライアイスで凍らせて運搬した。

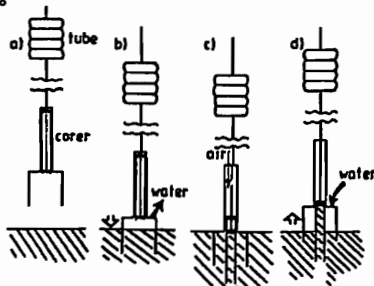


Fig.1 The schematic views for operation of the improved pneumatical piston corer; descending(a), fixing in lake bottom(b), penetration(c), drawing out and ascending from lake bottom(d).

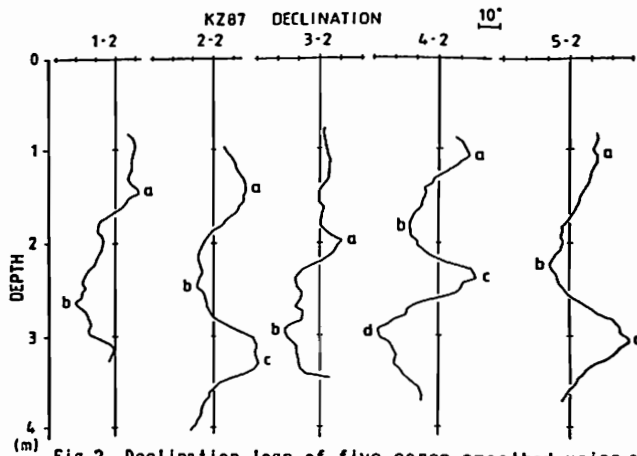


Fig.2 Declination logs of five cores smoothed using a moving average; band width of 15 cm, depth lag of 5cm.

下部のコア試料の半断面には、どの試料にもほぼ水平な層構造が観察された。

半割したコア試料の両側から連続的に磁化測定用試料を採取し、その自然残留磁化(NRM)を超伝導磁力計を用いて測定した。パイロット試料の段階交流消磁実験より試料の残留磁化は、6mT程度で消磁される不安定な成分と、原点に向かう安定成分の二成分からなることが判った。全試料を6mTと15mTの交流磁場中で消磁し残留磁化を測定した。各々のコアで15mTの消磁後の伏角は平均値が40°~50°と大きな幅はなく、かなり鉛直性を保って試料採取が行えたと考えられる。偏角、磁化強度などもかなりよく傾向が一致する(Fig.2)。

上部のコア試料を解凍した後、そのほぼ中心部から一列に試料を採取した。下部の試料と、同様の手順を踏んで得たコアごとの残留磁化曲線は、いずれも伏角が下部よりも浅い。偏角も下部と比較的連続的に見える1本を除いては、ずれているようにみえる。偏角については試料採取が上部と下部で基準線に対して厳密に一致するようにはできなかったためかもしれない。上部と下部の切断面付近では、試料採取が連続的にできていないので、単純にずらしてよいとは思えない。伏角が浅くなっているのは、実際の地球磁場の挙動がそうであったとも考えられるが、冷凍保存中など試料の磁化測定に至るまでに行った何等かの作用によるのかもしれない。この2点を考えると上部の残留磁化の信頼性については、現段階では断言できない。

島居雅之 (京大理), J. Channell, T. Hawthorne (Dept. Geol., Univ. Florida, USA),  
L. Vigliotti (Inst. Geol. Marina, CNR, Italy)

MAGNETOSTRATIGRAPHY OF DEEP-SEA CORES (ODP Leg 107) FROM THE TYRRHENIAN SEA:  
A SYNTHESIS

M. Torii, J. Channell, T. Hawthorne, and L. Vigliotti

Magnetostratigraphic data at five deep-sea sites in the Tyrrhenian Sea, the youngest marginal basin in the Mediterranean, are obtained. The cores recovered from sub-bottom strata bear some new implications of the back-arc basin formation in the central Mediterranean area. We also discuss some informations on the magnetostatigraphic positions of the Miocene/Pliocene and Tortonian/Messinian boundaries.

1985年12月から1986年2月にかけて、地中海を構成する最も若い海盆であるティレニア海で実施されたOcean Drilling ProgramのLeg 107では、Site 650からSite 656までの7地点で掘削が行なわれた。得られたコアの岩相はおもに中新世以降の石灰質の堆積物と、海洋底の玄武岩などである。これらのコアのうち、Site 650, 651, 652, 654, 655については、当面の目標であった古地磁気層序を明らかにすることができた。

得られた結果から示唆されることは:

(a)ティレニア海を構成するVavilov, Marsiliの2つの小さな背弧海盆の形成年代は、前者が3.5Ma, 後者が2Maと南側(トレンチ側)ほど新しくなっている。ユーラシア、アフリカの巨大プレートのせめぎあいの場である地中海域での背弧海盆の形成過程は、陸のプレートのリフティング→背弧海盆のトレンチトリートをともなう拡大→新しい拡大中心のトレンチ側へのジャンプ→・・・という形式でくりかえされた。このような過程は、例えば日本海の拡大過程を考えるうえで非常に興味深い。

(b) Mio-Pliocene境界は、Gilbert Reversed Chronの最初の逆帯磁の期間(Chron 3r, sensu Cox)にあることが分かった。またTortonian/Messinian境界はChron 3B (sensu Cox)にあることがわかった。

(c) Site 652の180mより700mまでは、淡水性の堆積物で、それらはすべてChron 3rの間に堆積したと考えられる。この事実は~800 m/m.y.の堆積速度を示唆し、Messinianにきわめて大きな堆積環境の変動があったことを物語っている。

(d) Site 650上部の堆積速度は~600 m/m.y.と非常に速い。そのためBrunhes期のなかの短い逆転現象が記録されている。

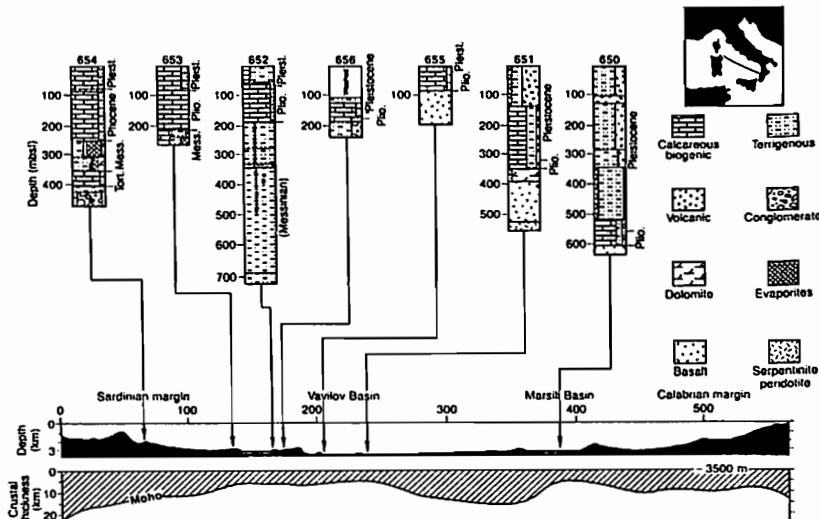
またテクニカルに注目すべき点として:

(1) APCコアは非常に高品位な古地磁気データを提供できる素材になり得る。

(2) multi-shot型の方角カメラは改良の必要がある。

(3) 熱消磁は未固結堆積物の場合でもきわめて有効であった。

(4) gypsumのような化学的な堆積物でも、十分安定な残留磁化を保持していた。



Simplified stratigraphic columns of Leg 107 drill sites (650-656) projected along the NW-SE transect (after Kim, Mascle, Auroux, et al., 1987).

新妻信明・林田明・高山俊昭・ODP Leg 117 乗船者一同  
静岡大学理学部地球科学教室、同志社大学工学部、金沢大学教養部

Magnetostratigraphic Problems in the  
middle Miocene

Nobuaki Niitsuma, Akira Hayashida and Toshiaki Takayama  
Inst. Geosci., Shizuoka Univ.; Lab. Earth Sci., Doshisha Univ.; Dept. Geol., Kanazawa Univ.

Two ways of magnetostratigraphic correlation have been proposed as oceanic magnetic anomaly 5 to (1) Chronozone 9 and (2) Chronozone 11. The two ways of correlation give different magnetostratigraphic time tables. We checked the time tables using the drilled sediments from the Owen Ridge in the Arabian Sea during ODP Leg 117. The latter gave better correlation between sedimentary facies and sedimentation rate based on the time tables.

古地磁気層位学は海洋の地磁気異常の観測から得られる海洋底の正逆を繰り返す磁化モデルと岩石の持つ古地磁気の正逆とその岩石の地質年代から組立てられてきており、古地磁気層位の年代表も出版されている。この年代の根拠となっているのは、中央海嶺からの距離を海洋底拡大速度を仮定することによって求めたもの、岩石の放射年代および化石年代である。岩石についてはこれらの年代とともにそれらの層位関係が用いられる。堆積岩の場合には堆積速度を仮定することによって地磁気逆転の詳細な歴史が明らかにされてきている。このようにして各々独立に確立されてきた年代表は現在から7-8Maまでは互いに良く対応しているが、それ以前については、放射年代の測定誤差が地球地場逆転の頻度に比較して大きくなり二通りの考え方が出されている。この二つの対応のいずれが正しいかは、古地磁気層位学を用いて地質年代を検討する場合に重要な問題となる。

この二通りの対応が考えられていることに加えて、古地磁気層位学の命名法に Chron が導入され、混乱が生じているので、本講演においてはその問題点を明らか

にし、この二つの対応の内いずれが正しいと考えられるかを述べる。

二通りの対応の内、古くから使用されてきたものは Ryan et al. (1974) により唱えられたものであり、海洋磁気異常番号5の正磁極の期間を第9磁極期に対応させるものである。これに対して、南大西洋において行なわれた DSDP 堆積物の検討から (Poore et al., 1984 など)、第11磁極期に対応させるものである。この見解は層位学年代表のコンパイルで名高い Berggren et al. (1985) によっても採用されている。

1987年にアラビア海のオーエン海嶺で行なわれた ODP Leg 117において、ここで問題になっている期間の堆積物を掘削することができたので、そのナンノ化石層位学と古地磁気層位学的検討を行なった。上記二通りの年代表を用いることによって二通りの堆積速度を算出することができる。堆積物の岩相は泥岩、タービダイト、珪藻質軟泥、ナンノ化石質軟泥と変化するが、この岩相の変化は堆積環境の変化を示唆しており、堆積速度にも対応する変化が期待できる。二通りの堆積速度の内、後者の方が対応が良いことが判明した。

小玉一人・進司克己

高知大・理

## A MAGNETOSTRATIGRAPHIC STUDY OF THE UPPER CRETACEOUS IZUMI GROUP IN SOUTHWEST JAPAN

Kazuto KODAMA and Katsumi SHINJI

Department of Geology, Faculty of Science, Kochi University, Kochi 780

A magnetostratigraphic study of the Upper Cretaceous Izumi Group in southwest Japan established a magnetic polarity zonation which matches a geomagnetic polarity change during the early Campanian to earliest Maastrichtian. The sedimentation rate estimated by a continuous magnetic polarity record amounts to 0.7 to 1 cm a year. The extremely high sedimentation rate suggests that the basin was formed under a tectonic control, possibly a left-lateral motion of the Median Tectonic Line.

四国北西部から淡路島まで、中央構造線の北側に沿ってほぼ連続的に分布する和泉層群を対象とした古地磁気層位学的研究の総括を報告する。これまでに、地質構造上最下層部に相当する松山市周辺から、東方の上位にわたって、徳島県阿讃山地、鳴門市周辺、淡路島南部の諸地域において統計94ヶ所、700個余りの試料を採取し、残留磁化を測定した。測定岩石は大部分が細粒砂岩及び泥岩で、一部に凝灰岩を含む。

パイロットサンプルに対する段階交流消磁熱消磁実験の結果は、残留磁化が磁鉄鉱起源の安定な堆積残留磁化であることを示す。そこですべての試料に対し、10 mTから45 mTまで5 mTおきに段階交流消磁を行なった。最小自乗法によって安定磁化方向を求めた。自然残留磁化強度は、 $10^{-4}$  A/mから $10^3$  A/m程度であったが、ほとんどが交流消磁に対して安定な単一の磁化成分をもつ。また、一部の砂岩層を対象とした褶曲テストの結果、これらの残留磁化は、地層の変形前に獲得された初生安定磁化であることが確認された。

これまでの結果、松山市周辺、阿讃山地東部、淡路島南東部の計3ヶ所の層群から逆磁化が見いだされた。このうち松山市周辺の層厚が最も厚く、厚さ2~3 kmにわたる層群すべてが逆帯磁を示す。これに比べると他の2ヶ所の層厚は薄く、それぞれ1 km以下と思われる。他の地域の磁化は可

べで、正帯磁を示す。一方、磁化偏角は、正帯磁のものは東偏、逆帯磁のものは西偏し、西南日本の第三紀以前の古地磁気方位と調和的である。また、伏角から推定される古積度は、現在の積度とはほとんど同じで有意な差は無い。

これまでの化石層序学的研究による地質推定年代(上部白亜紀、Campanian-Maastrichtian)と同時代の地磁気逆転タイムスーラを参考にすると、最下層の松山市周辺から見いだされた逆磁化は、early Campanianの逆磁極期に、より上位の阿讃山地及び淡路島から見いだされた2ヶ所の逆磁化はearly Maastrichtianの短い逆磁極期にそれぞれ対比させることができる。こうした対比によって推定される和泉層群の平均堆積速度は、0.7~1 cm/yearとなる。この著しく早い堆積速度は、和泉層群がテクトニック環境のもとで堆積したことを示すと考えられる。これは、和泉層群が、中央構造線の横ずれ運動によって形成された横ずれ堆積盆に堆積した地層群であることを示唆する。

内村英雄 河野長

東工大理

PALEOMAGNETIC STUDY OF UPPERMOST CRETACEOUS - PALEOCENE NEMURO GROUP,  
EASTERN HOKKAIDO

Uideo UCHIMURA and Masaru KONO

Department of Applied Physics, Tokyo Institute of Technology

Paleomagnetic measurement were made on about 250 samples from Nemuro Group in eastern Hokkaido, and paleomagnetic directions were obtained from 28 sites. We examined these data on the basis of the reversal test, and obtained three reliable formation mean virtual geomagnetic poles. From a comparison of the apparent polar wander path drawn from these VGPs with those of the Eurasian and North American poles, we suggest a counterclockwise rotation and northwestward migration of the eastern Hokkaido in late Cretaceous to Paleogene.

既に、昨年の春の学会で概要は報告したが、その後測定、検討が進んだのでここに報告する。根室層群は東北海道南東部に分布し、その年代は白亜紀最上部から暁新世である。採集した試料は堆積岩がほとんどである。古地磁気測定を行い、段階消磁によって磁化の安定性を吟味し、28のサイト内平均磁化方位を得た。それを地層ごとにまとめたものがFig 2である。大田村層、尾幌川層、浜中層ではantipodalな分布を示しているが、門静層、汐見層では正帯磁のものと逆帯磁のものが異なる傾向を示している。地心双極子仮説によると正、逆帯磁の方向はantipodalになるはずである。つまり、門静層、汐見層のものは消磁、あるいは時間平均が十分でないと考えられる。従って、信頼できる地層平均磁化方位が得られるのは、大田村層、尾幌川層、浜中層の3層ということになる。(床潭層はこの基準が適用できないため、とりあえず除いてある。) それらに対する古地磁気極をFig 3に示した。Fujiwara and Ohtake(1975)の結果は根室半島北部に分布する火成岩類(約85Ma)についてのものであるが、我々の結果と調和的である。しかし、ユーラシア、北アメリカプレートの極とは有意に異なり、根室層群の堆積年代を通して、それらとの間に相対運動があったことが示唆される。ただし、この地域はもっと新しい時代の構造運動(千島海盆の拡大、千島弧と東北日本弧の衝突)の影響を受けている可能性が高く、相対運動の見積りには注意が必要である。また、この結果がどのくらいの広さの地域を代表しうるのかについても検討せねばならない。

Fig 2 Equal area projection of paleomagnetic directions after tilt correction

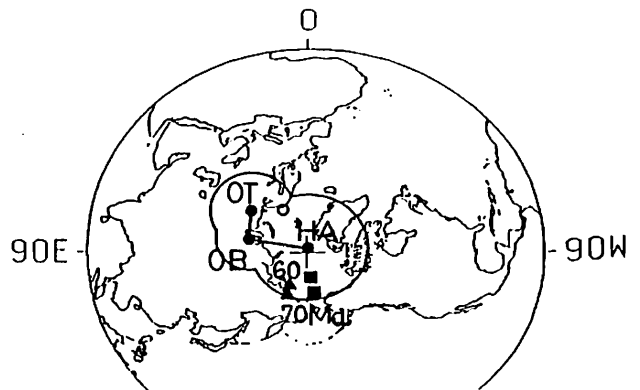
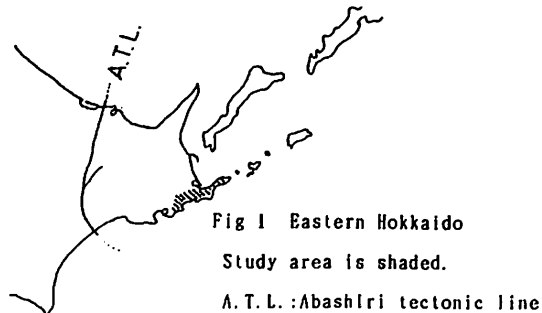
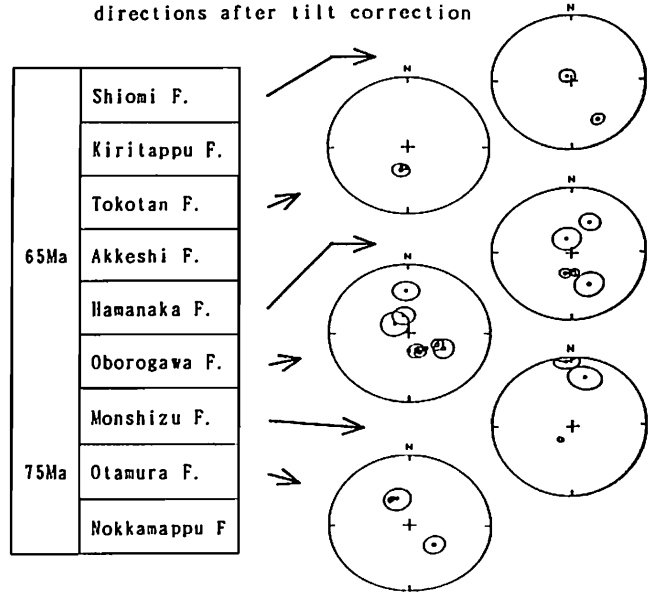


Fig 3 Paleomagnetic poles ● This study ○ Fujiwara and Ohtake(1975) ■ North american plate ▲ Eurasia plate  
OT: Otamura F. OB: Oborogawa F. HA: Hamanaka F.

上嶋 正人  
地質調査所

*Paleomagnetic study of andesitic rocks in the Takadate Formation*

Masato Joshima  
Geological Survey of Japan

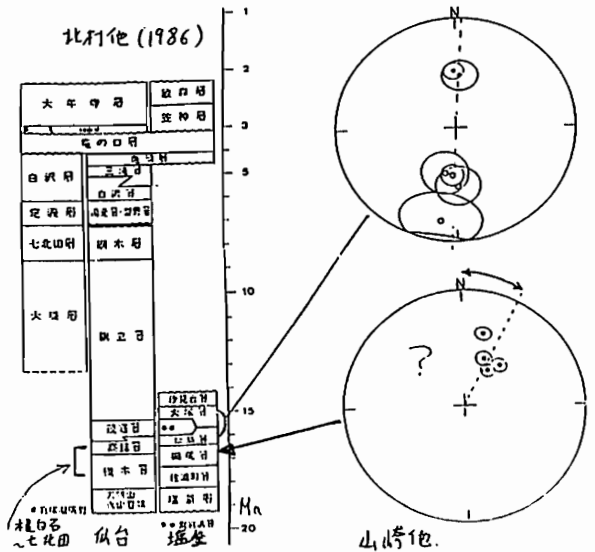
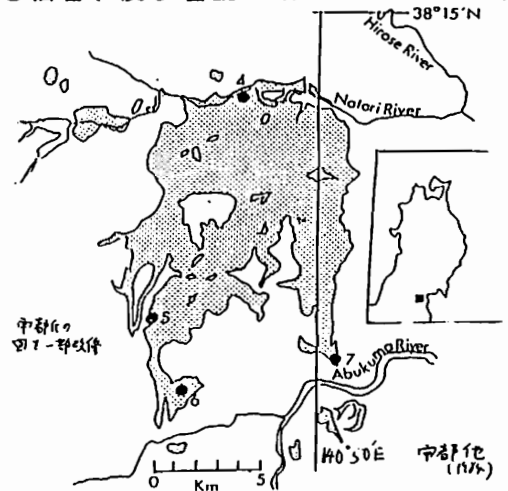
Preliminary paleomagnetic study on dozens of andesitic rocks of the Takadate Formation was done. 2 K-Ar ages were reported by Uto et al. (1984) for 4 rock samples of the formation. Several oriented rock samples were collected from the 4 sites where ages were measured. The formation has a thickness of the order of 100m and wide range of age distribution should be expected, which may allow us to study paleomagnetic direction on the volcanic rocks.

高館層は北村他(1986)の層序区分表によれば槻木層と海成の茂庭層には含まれる16-17 Maと思われる地層で流紋岩、安山岩、玄武岩の溶岩および火山角礫岩、凝灰角礫岩、軽石凝灰岩からなり、主に名取川以南の高館丘陵に分布するとされている。同層序区分表により塩釜地域でほぼ同時代層とされている網尻層、松島層、大塚層にたいしては山崎他により堆積岩類の古地磁気測定がなされ古地磁気層序がほぼ確立した。高館層の火山岩類に対しては宇都他(1984)により、15 Maと22 Maの2つの年代測定値が出されている。このため北村他(仙台図幅説明書、1986)では高館層は槻木層と一部指交関係にあるとする意見が大勢を占めているとし、宇都の4個のK-Ar年代値が12.6 Ma-22.0 Maまで幅のある値を示していることを引用して、高館層が単に槻木層と茂庭層の間に挟在するものでないことを示唆しているとしている。

価値があると思われる。今回はとりあえず、宇都の報告のあった4箇所で試料を採取し測定して予察とすることにした。以下に試料の採取地点図と仙台、及び塩釜地域の地層対比図を示す。

山崎他は塩釜地域の松島層、大塚層ではほぼ南北向きの古地磁気方位を、網尻層では東に20度ほど振れた方位を得ているが、網尻層のデータについては2次磁化の疑いが強いとしている。

高館層の2つの年代が真実ならば、またもし其の2つの年代の間にこの地域の回転が生じていれば磁化方位になんらかの差が見られるかもしれない。高館層は150-230 m、60-250 m、最大250 mなどと様々に見積もられているが、いづれにしろかなりの層厚が有りそれなりの年代幅にまたがるものと考えられ、今後多数の地点の試料で測定を行って行く



# I-42 足尾山地 中・古生層の古地磁気

広岡公夫・末村裕信・竹内章

富山大理学部

富山大教養部

## PALEOMAGNETIC STUDY OF THE MESOZOIC AND PALEOZOIC FORMATIONS IN THE ASHIO MOUNTAINS

Kimio HIROOKA, Hironobu SUEMURA and Akira TAKEUCHI

Fac. Sci. Toyama Univ.

Fac. Liberal Arts, Toyama Univ.

Paleomagnetic study of the Mesozoic and Paleozoic formations in the Ashio Mountains which are considered to be the eastern extension of the Mino-Tamba belt, revealed that the sedimentary formations show a very shallow inclination.

This fact means that these formations were deposited at an equatorial region, migrated to the north and accreted to the Japanese Islands at some time after Early Jurassic.

足尾山地東南部の栃木県葛生およびその周辺地域に分布する中・古生層の古地磁気測定を行った。本地域は、関東平野の北方に位置し、西南日本内帯の美濃一丹波帯の東方延長部にあるとされている(柳本、1972)ところである。古地磁気サンプリングは、緑色岩、チャート、頁岩、砂岩、ホルンフェルスなどについて、下部二畳系の出流層の3地点、上部三畳系アド山層の5地点、上部三畳系～下部ジュラ系の牧層、会沢層、広戸層の10地点で、また、上部白亜系の貫入岩類については2地点で行われ、総計233個の試料が採

取された。

段階交流消磁、段階熱消磁を行い、安定で初源のものと考えられる残留磁化成分を6地点から得ることができた。その結果、後期白亜紀の貫入岩体とそれによって熱変成を受けた広戸層のホルンフェルス以外は、すべて浅い伏角となり、低緯度地域で生成されたことを示している。したがって、やはり、これらの中・古生層も低緯度から運ばれて日本列島に付加したアクリーション・テクトニクスの産物であることが明かとなった。

第1表 足尾山地の中・古生層の古地磁気データ

Site Name	N	D	I	$\alpha 95$	K	Formation	Geological Age
AM 4	7	144.1	10.0	25.1	14.1	Izuru F.	Early Permian
AM 6	8	-56.2	0.9	33.3	33.3	Adoyama F.	Late Triassic
AM 10	9	-39.7	7.5	7.7	45.3	Aizawa F.	Late Triassic ~ Early Jurassic
AM 20	10	168.8	55.7	2.5	381.9	Aizawa F.	"
AM 22	7	9.3	61.6	6.9	76.6	Hiroto F.	Late Cretaceous
AM 23	13	30.7	64.1	11.4	14.3	Sawairi Intrusives	Late Cretaceous

N: 試料個数、 D: 平均偏角、 I: 平均伏角、  $\alpha 95$ : フィッシャーの信頼角、 K: フィッシャーの精度パラメータ。



高橋雅紀 東北大理地質 野村 哲 群馬大教養

Constraints on the Timing of the Formation of the Cusp  
in Zonal Structures Inferred from Paleomagnetism of the  
Chichibu Quartz Diorite

Masaki Takahashi\* Satoshi Nomura†\*

\* Institute of Geology and Paleontology, Faculty of Science, Tohoku Univ.

†† Department of Geology, Faculty of General Studies, Gunma Univ.

A mean paleomagnetic directions of  $D=3.4^\circ$ ,  $I=64.4^\circ$ ,  $\alpha_{95}=5.1^\circ$ , obtained from 21 sites, indicate a tectonic tilting of about  $15^\circ$  to the north, but no tectonic rotation of the Kanto Mountains since the Chichibu Quartz Diorite was situated (6~7Ma). These paleomagnetic data signify that the cusp in zonal structures had been formed at least in the late Miocene. Furthermore, this result implies that it is hard to explain the cusp formation as a result of collisions of the Tanzawa and Izu Blocks.

日本列島の先新第三系帯状構造は中部日本において約 100km北に屈曲し、関東山地では構造方向を WNW-ESEに  
変え、八の字型の構造をとっている。この屈曲構造について、KOBAYASHI (1941)は中生代後期~古第三紀に生じ  
たとした。立岩(1976)は大陸側からの押しに対する伊豆地塊の抵抗によって生じたとし、形成時期は白亜紀~新  
第三紀初期とした。また、松田(1978,1984)も立岩と同じくこの構造が中新世以前に生じたとし、第四紀になっ  
て伊豆地塊が衝突したために、変形がさらに著しくなったとしている。これに対して新妻(1982)は、フィリピン  
海プレートが 6~7Ma に沈み込みを始め、その結果として帯状構造の屈曲が起こったと推定、さらにNIITSUMA &  
MATSUDA(1985)は丹沢および伊豆ブロックの衝突によって屈曲が形成されたとしている。またHYODO & NIITSUMA  
(1986)は、この屈曲構造の東翼にあたる関東山地の新第三系(秩父盆地)の古地磁気を測定し、その偏角の東偏  
から、関東山地が中期中新世以降約 $94^\circ$ 時計回りに回転したと結論した。そしてこの回転は、15Maに生じた日本  
海の拡大に伴う西南日本の回転(約 $47^\circ$ ; OTOFUJI *et al.*, 1986)に 6Ma以降の丹沢ブロックの衝突による関東山  
地の回転が加わっていると考えた。このように、屈曲構造の形成時期に関し、中新世以前と 6Ma以降の二つの異  
なる時期が考えられている。

調査・研究した石英閃緑岩は秩父盆地の西方に分布し、5.87, 6.59Ma(UENO & SHIBATA, 1986)の放射年代が報  
告されている。石英閃緑岩の進入以降の関東山地の回転を知るために、この岩体の古地磁気を測定した。  
51地点より岩石を採取し、各地点平均 6個、計 304試料すべての NRMを測定した。次に各地点より1つずつ任意  
に選び、400 Oeまで段階交流消磁を行ない、消磁にたいし強度・方位の安定な試料のみ採択した。さらに同一岩  
塊より得られた試料すべてを 200 Oeで交流消磁した。

得られた古地磁気の方位より、石英閃緑岩の進入以降の水平方向の回転(Tectonic Rotation)はほとんど認め  
られない。したがって、後期中新世には屈曲構造はすでに形成されていたと考えられる。また、伏角が有意に大き  
く(約 $15^\circ$ )、石英閃緑岩が進入した後の北方への傾動運動(Tectonic Tilting)が示唆される。高角北傾斜の  
逆断層による変形だけを考えて、後期中新世以降およそ 13%の南北方向の短縮が推定される。

以上のことから、6Ma以降の丹沢・伊豆ブロックの衝突により関東山地が回転したとは考えられず、南部フォ  
ッサ地域での多重衝突による屈曲構造形成説は再検討を要する。

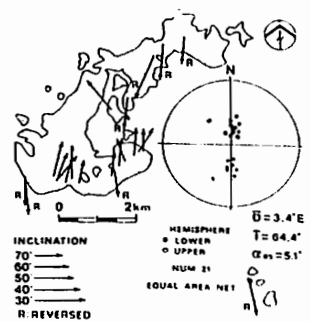
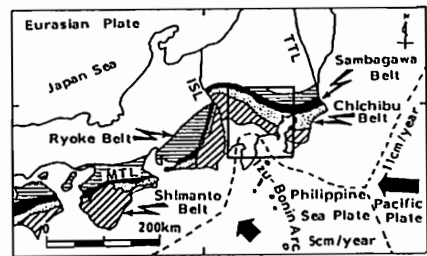
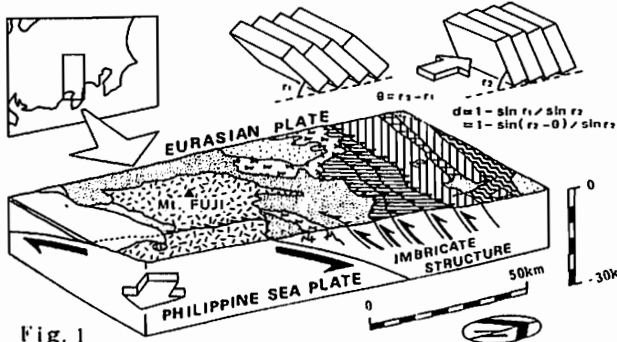


Fig. 1 Geologic block diagram of the Kanto Mountains and adjacent area and the simplest tilting model of 'dominos'.  
Fig. 2 Zonal structures of pre-Miocene Terrains and cusp-shape bending form at South Fossa Magna.  
Fig. 3 Reliable paleomagnetic directions of the Chichibu Quartz Diorite.

伊藤康人 (京大理)

TIMING OF ROTATIONAL MOVEMENT OF SOUTHWEST JAPAN  
INFERRED FROM PALEOMAGNETISM OF THE YATSUO GROUP

Yasuo ITOH

Department of Geology and Mineralogy, Kyoto University, Kyoto, Japan

Paleomagnetic survey was made on the early Miocene Yatsuo Group in the eastern part of Southwest Japan. Together with previous data reported from the Yatsuo Group, tilt-corrected reliable paleomagnetic data show that the declination values systematically shift from easterly to westerly deflected ones in the upper part of the group, suggesting that the Yatsuo Group, which is correlated to magnetic chron C5C and C5B, was formed before and during the coherent clockwise rotation of Southwest Japan.

富山県中央部の丘陵には八尾層群と呼ばれる新第三系が分布しており、層序・化石年代・放射年代・堆積環境が詳細に調べられている(早川・竹村, 1987など)。八尾層群の古地磁気学的研究に基づき、中期中新世に西南日本東部が西南日本主部と異なる運動を行ったことが明らかにされた(Itoh, 1986, 1988)。今回は、主として八尾層群上部の泥岩・凝灰岩を対象に古地磁気測定を行った。残留磁化の測定には超伝導磁力計を用い、段階熱消磁・段階交流消磁実験の結果に基づいて、初生的と考えられる安定な磁化成分をもとめた。得られた古地磁気データとこれまでに八尾層群から報告されているデータとを併せて考察した結果、新たに次のことがわかった。

1. 産出する浮遊性有孔虫・珪藻化石に基づき、逆帯磁の卓越する八尾層群上部は標準地磁気層序(Berggren, 1985)のChron C5Bに対比される。八尾層群下部の正帯磁層準はChron C5CNに対比される可能性が高い。古地磁気層序に基づいて八尾層群上部の堆積速度を計算すると1000年につき1 m以上になる。
2. 古地磁気偏角の値は八尾層群上部で連続的に大きく変化し(Fig. 1)、時計回り回転が生じたことを示している。これは外洋性の細粒堆積物が卓越する層準にあっており、日本海拡大に伴う回転運動と考えられる。最上部のデータは西偏の傾向を示しており、時計回り回転後に反時計回り回転を被ったことがわかる。

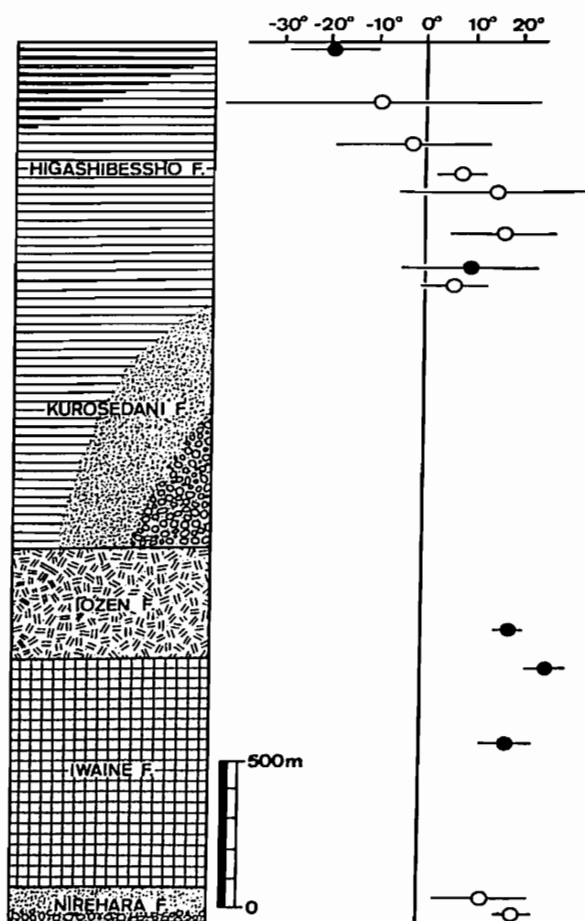


Fig. 1. Generalized columnar section of the Yatsuo Group and paleomagnetic declinations. Solid and open circles show normal and reversed polarity sites.

I - 45 Preliminary Palaeomagnetic results from Jingle geosyncline  
in Shanxi, North China

Z. Zheng<sup>\*</sup>, M. Kono<sup>\*\*</sup>, X. Y. Zhu<sup>\*\*</sup>

- <sup>\*</sup> Tokyo Institute of Technology
- <sup>\*\*</sup> Institute of Geophysics, Academia Sinica

Shanxi platform is in the North China block. Some palaeomagnetic investigations of Shanxi formations have been reported by M. W. McElhinny, Jin-Lu Lin, Xi-Xi Zhao and others, but they are still far from sufficient both in quantity and quality to understand such a complicated problem as the evolution of North Asian tectonics.

In October of 1987, we performed a comprehensive sampling of more than eight hundred core samples at 42 sites covering the ages from Cambrian to Jurassic both of the limbs of the Jingle geosyncline (N38.6 E112.0) in Shanxi (Fig. 1). The dominant rock types in the sampling area were sandstones and limestones, with minor amounts of shale.

Laboratory investigations were carried out with cryogenic magnetometer and demagnetizers at Tokyo Institute of Technology. So far, 13 sites (7 formations), which cover Cambrian to Jurassic, have been measured. Both stepwise thermal and AF demagnetization techniques have been used. In most of the samples, AF demagnetization was not effective; more than 80% of original remanence remains after 80mT demagnetization. Thermal demagnetization was effective in every case. Some samples were heated to 690°C and some to 570°C when its amplitudes became less than 10% of the original. We applied stepwise thermal demagnetization to every site, and AF demagnetization to the sites for which it was effective. For each site, we tried to obtain at least six well-behaved results (cores). However, in some cases we could not obtain enough data because of the unstable behavior of the samples.

Unfortunately, we found only one stable remanence direction by these demagnetization experiments. All the samples (Cambrian to Jurassic) showed a north-and-down direction which is not significantly different from the present geomagnetic field. The directions for the two limbs are the same before but quite different after the tilt correction. Obviously, this indicates the Cretaceous or Cenozoic magnetic direction.

Though the remagnetization effect was very strong, we see that linear extrapolation of the demagnetization diagram does not point zero. It may mean that a different component of magnetization exists at very high temperatures. We would like to investigate this component by a more sophisticated experiments.

Fig. 1

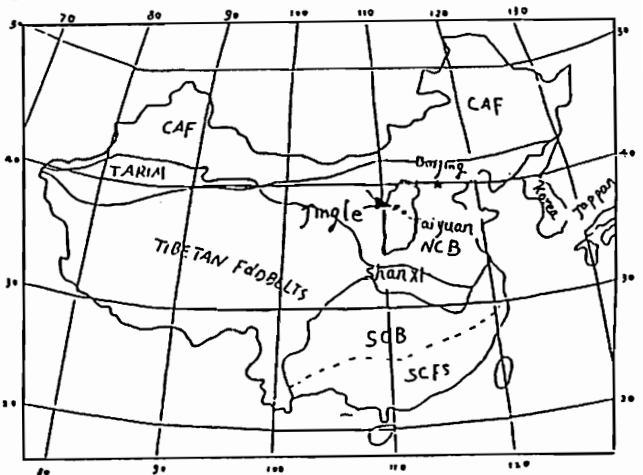


Fig. 2  
before the tilt  
correction

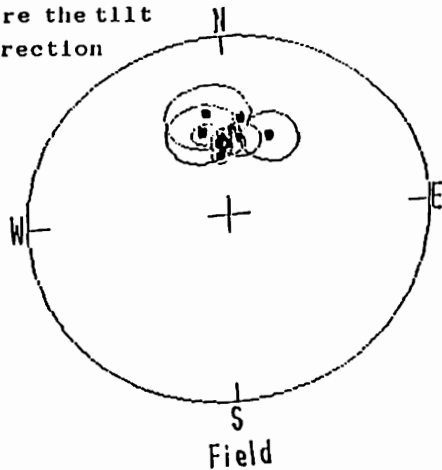
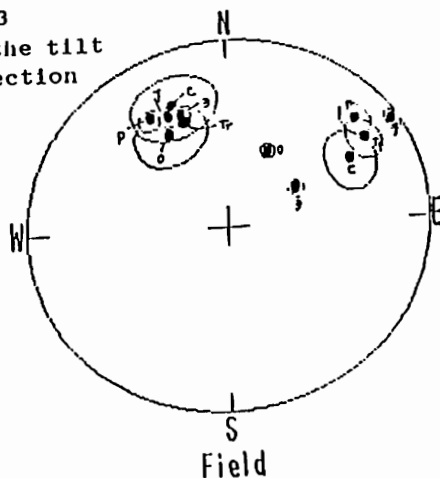


Fig. 3  
after the tilt  
correction



# インド大陸とアジア大陸の 衝突部の古地磁気

門井淳\* 井上靖子\* 船原尚武\* 村田史之\*\* 乙藤洋一郎\*

\* 神戸大 理 \*\* 神戸大 自然科学

## PALEOMAGNETIC STUDY OF THE INDUS-ZANGBO SUTURE ZONE NEAR LHASA

Jun KADOI<sup>1)</sup>, Yasuko INOUE<sup>1)</sup>, Shobu FUNAHARA<sup>1)</sup>, Fumiyuki MURATA<sup>2)</sup>, Yo-ichiro OTOFUJI<sup>1)</sup>

1) Fac. of Sci., 2) Div. of Environmental Sci., The Grad. School of Sci. and Technol., Kobe Univ.

Triassic to Paleogene rocks were collected from two routes across the Indus-zangbo suture zone in an attempt to discuss the deformation of the suture zone due to continental collision. Triassic sedimentary rocks adjacent to the suture reveals a large counter-clockwise deflection in declination ( $D=-74.6^\circ$ ). The Gangdese batholith has westerly declination value ( $D=-30.7^\circ$ ). Welded tuff in the Lingzizong Formation more than 50 km apart from the suture shows northerly declination ( $D=20.8^\circ$ ). These data suggest that significant tectonic deformation has occurred exclusively in the narrow zone of 50km along the suture.

インド大陸とアジア大陸とは50Ma頃に衝突を開始した。オフィオライトの分布から、両大陸の衝突部は INDUS-ZANGBO SUTURE であると考えられている。大陸衝突部の変形の様子を知ることがを目的として、古地磁気的研究を行なった。試料採取を INDUS-ZANGBO SUTURE を南北に横切るラサ市付近の2つのルートに沿って行なった。

INDUS-ZANGBO SUTURE の南側はヒマラヤ区と呼ばれ、テチス海の海底に積もった三畳紀～白亜紀の堆積岩が分布している。北側は崗-念区（崗底斯-念背唐古拉区、カンディセバソリス区）と呼ばれている。ここでは INDUS-ZANGBO SUTURE のすぐ北側に110～40MaのK-Ar年代を示すカンディセバソリス（花崗閃緑岩体）が INDUS-ZANGBO SUTURE に平行に約50kmの幅を持って東西方向に伸びている。カンディセバソリスの北には48MaのK-Ar年代を示す増結凝灰岩層が広がっている。

試料採取はヒマラヤ区の砂岩層で14地点、崗-念区のカンディセバソリスの9地点と増結凝灰岩層の2地点で行なった。全ての試料に対して段階熱消磁を施し超伝導磁力計で残留磁化を測定した。砂岩は残留磁化強度が小さく、 $10^{-3}$  A/m以下であった。カンディセバソリスの花崗閃緑岩は300°C以下で2次磁化が消磁された。増結凝灰岩は

安定な1成分からなる磁化方向を持っていた。

各地点で試料の持つ残留磁化方向の $\alpha_{95}$ が40°以下なら信頼できる古地磁気データを持つ地点であるとした。この基準に合う地点はヒマラヤ区の砂岩層で INDUS-ZANGBO SUTURE 上の1地点、崗-念区のカンディセバソリスで8地点と増結凝灰岩層で1地点であった。

各地点の傾動補正後の平均残留磁化方向の偏角は INDUS-ZANGBO SUTURE 上のヒマラヤ区の砂岩層では $-74.6^\circ$ 、崗-念区のカンディセバソリスの8地点の平均方向では $-30.7^\circ$ 、増結凝灰岩層では $20.8^\circ$ であった。各地点でVGPより期待される偏角との比較により、(1) INDUS-ZANGBO SUTURE 上のヒマラヤ区の砂岩層は90°近い反時計回りの回転を起こした、(2) 崗-念区のカンディセバソリスでは約45°の反時計回りの回転をおこした、(3) 崗-念区の増結凝灰岩層ではほとんど回転が認められない、ということがわかった。INDUS-ZANGBO SUTURE から離れるにしたがって地塊の反時計回りの回転量が小さくなっている。衝突による大陸の変形は INDUS-ZANGBO SUTURE で一番大きく、INDUS-ZANGBO SUTURE から50kmを越えるとほとんど起こらなかつたらしい。

チベット高原の古地磁気  
(成都-拉薩ルート)井上靖子<sup>\*</sup> 門井淳<sup>\*</sup> 船原尚武<sup>\*</sup> 村田史之<sup>\*\*</sup> 乙藤洋一郎<sup>\*</sup><sup>\*</sup>神戸大 理 <sup>\*\*</sup>神戸大 自然科学

## PALEOMAGNETIC STUDY OF EASTERN TIBET AND SICHUAN REGIONS

Yasuko INOUE<sup>1)</sup>, Jun KADOI<sup>1)</sup>, Shoubu FUNAHARA<sup>1)</sup>, Fumiyuki MURATA<sup>2)</sup>, Yo-ichiro OTOFUJI<sup>1)</sup>

1) Fac. of Sci., 2) Div. of Environmental Sci., The Grad. School of Sci. and Technol., Kobe Univ.

More than 150 oriented samples were collected from Cretaceous red sandstone and granite along Chendu-Lhasa road to determine the deformation aspect of the eastern part of the Tibetan region. Reliable paleomagnetic data were obtained from Ya'an ( $D=2^\circ$ ,  $I=29^\circ$ ), Markam ( $D=48^\circ$ ,  $I=51^\circ$ ), and Pa-shui ( $D=-1^\circ$ ,  $I=33^\circ$ ). Comparison with the expected paleomagnetic field direction from the adjacent blocks of China and Asia suggests that (1) deformation due to collision of Indian Continent is restricted to the Tibetan Plateau and does not propagate to the Sichuan basin and that (2) the Sichuan basin and Yunnan regions have been comprise a single tectonic unit since the Cretaceous.

四川盆地とチベット高原の間には、横断山脈がある。南北にのびるその山脈に沿って、わずか幅200kmの間に、3つの大河川が流れる。これは地球上にみられる特異な地形の1つである。インドとユーラシア両大陸は、約50Maに衝突したといわれている(Tapponnier et al., 1982他)。横断山脈は、両大陸の衝突の結果生じた変形の1つであると考えられる。東チベットの変形の様子を定量的に知ることを目的として、古地磁気の研究をおこなった。

成都-拉薩間で北緯 $30^\circ$ にそって39地点で152個の岩石試料を採取した。採取地域は、四川盆地の雅安と、東チベットの芒康、八宿、波密の4つの地域にわけられる。岩石種は赤色砂岩と花コウ岩であり、その年代は主に白亜紀である。雅安では、褶曲の両側で採取した。

残留磁化測定には、SCT社の超伝導磁力計を使用した。すべての岩石試料から測定用試料を1個選び、段階熱消磁をほどこした。熱消磁することにより、ほとんどの試料から安定な成分を得ることができた。赤色砂岩は、 $680^\circ\text{C}$ から $710^\circ\text{C}$ にプロッキング温度があり、主にヘマタイトが磁化をになっている。花コウ岩は、 $350^\circ\text{C}$ から $400^\circ\text{C}$ と $530^\circ\text{C}$ から $590^\circ\text{C}$ にプロッキング温度がある。

各地点において残留磁化方向の $\alpha_{95}$ の値が $35^\circ$ より小さい時、その地点の岩石は、信頼できる残留磁化を保持していると判断

した。雅安で8地点、芒康で5地点、八宿で6地点、波密で10地点、計29地点でこの条件を満足した。

赤色砂岩については、FOLD TESTをおこなった。雅安では、残留磁化が初生磁化であることがわかった。芒康、八宿では、残留磁化が二次磁化であるとは判断されなかった。傾動補正後の平均残留磁化方向は、雅安では $D=2^\circ$ ,  $I=29^\circ$  ( $\alpha_{95}=10.7^\circ$ )、芒康では $D=48^\circ$ ,  $I=51^\circ$  ( $\alpha_{95}=10.8^\circ$ )、八宿では $D=-1^\circ$ ,  $I=33^\circ$  ( $\alpha_{95}=23.9^\circ$ )である。

花コウ岩の平均残留磁化方向は、八宿では、 $D=-22^\circ$ ,  $I=15^\circ$ 、波密では、 $D=3^\circ$ ,  $I=40^\circ$  ( $\alpha_{95}=10.7^\circ$ )である。波密の花コウ岩の平均残留磁化方向は、現在の方向に一致することから、二次磁化であると判断した。

赤色砂岩のVGPと、白亜紀のユーラシア大陸のVGPとを比較した。その結果、白亜紀以降に各地域で次のようなことが起ったと結論した。

- (1) 雅安は、南中国ブロックの雲南省の部分と一体となって、ユーラシアに対して北上した。
- (2) 芒康は、約 $30^\circ$ 時計回りに回転した。
- (3) 八宿は、回転運動も、緯度方向の移動もしなかった。

今回の研究から、(1) 東チベットの変形量は、地形から予想されるほど大きくない。(2) 南中国ブロックは、東チベットとは別の運動をした可能性があることがわかった。

## 惑星科学実験用レールガンの開発

— 1987年度の実験報告 —

柳沢正久、佐藤恵一、矢守章、河島信樹（宇宙科学研究所）  
佐々木博樹（武蔵工業大学）、大野雄吾（相模工業大学）

1987 RAILGUN EXPERIMENTS AT ISAS

M. YANAGISAWA, K. SATO, A. YAMORI, N. KAWASHIMA (ISAS)

H. SASAKI (Musashi Inst. Tech.), Y. OHNO (Sagami Inst. Tech.)

**Abstract** - Refinement of the railgun bore by the reamer machine has dramatically increased the performance. No leakage of plasma armature in front of the projectile is observed and the velocity up to 3.7 km/sec is available. On the impact of the polycarbonate on the aluminum at 3 - 3.7 km/sec, coils were set around the target to measure dB/dt. No signal was observed at the impact and the upper limit is 30 nT/micro sec.

1987年秋（信州大学）の学会では、銃口精度が悪いためにプラズマ・アーマチャー（飛翔体の背後にあって電流が流れ、電磁力を受け、飛翔体を押す部分）が、飛翔体より前に逃げてしまうため効率が悪くなること、hybrid・アーマチャー（金属片を使う）では、その影響が小さく、性能がよくなることを述べた〔1〕。今回、銃口の断面を四角から円形に変え、さらにリーマー装置でそれを仕上げるようにした。それによる結果を図1の星印で示す。性能が大幅にアップしているのがわかる。また、アーマチャーを含めた飛翔体重量がhybridでは4gとプラズマ・タイプの4倍も重いのに速度が速いのは興味深い。今後の研究課題である。

大気中で、3-3.7 km/sec、1gのポリカーボネイト飛翔体をアルミニウムに衝突させ、磁場発生、磁場変動をコイルで検出した。コイルは、直径3cm、500巻のもの、10cm、20巻のものを衝突点から10-20cmはなして3成分設置した。それぞれ、1MHz以上の磁場変動に対し、1000 nT/mV、30 nT/mVの出力が得られる。なお、実験は地球磁場中で行った。今回は、1mV/bitのデジタルメモリーで記録したが衝突に伴ういかなる信号も得られなかった。衝撃波によるejected gasの電離、固体の分極が極めて弱かったためと思われる。現在、真空中での実験、分極の起こりやすい岩石資料での実験を計画している。実験でできたクレーターを図2に示す。

## 参考文献

〔1〕柳沢、佐藤、原、矢守、河島、第82回・地球電磁気・地球惑星圏学会（信州大学）予稿集、P-26、1987秋。

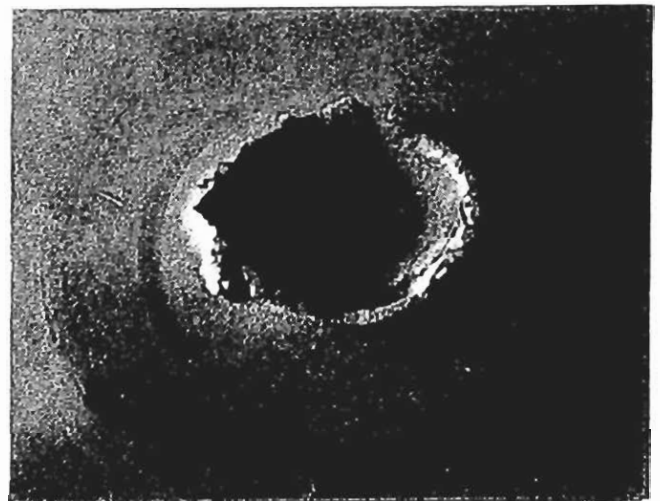
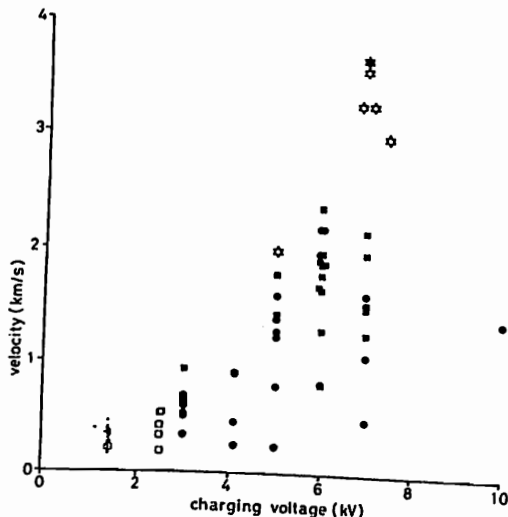


Figure 2. A crater made by the impact of 1g polycarbonate projectile at 3 km/sec on aluminum. The diameter is about 2.5 cm.

Figure 1. The projectile velocities are plotted against the charging voltage of 6mF capacitor banks. The open stars correspond to the round bore-plasma armature experiments. The solid one is for the hybrid armature shot. The others represent the experiments with the square bore guns.

梅林 豊治  
山形 大 理

RADIOACTIVE ELEMENT  $^{26}\text{Al}$  AND THE IONIZATION DEGREE IN THE PRIMITIVE SOLAR NEBULA

Toyoharu Umehayashi  
Faculty of Science, Yamagata University

There are two kinds of observational evidences for the existence of the radioactive element  $^{26}\text{Al}$  in the solar nebula: (1) gamma-ray astronomy, (2) isotopic anomalies of meteorites. Both evidences suggest that the  $^{26}\text{Al}$  was generally present in the solar nebula with the ratio  $^{26}\text{Al}/^{27}\text{Al} \approx 5 \times 10^{-5}$ . Using this ratio we calculate the ionization rate by  $^{26}\text{Al}$  and find that  $^{26}\text{Al}$  becomes the main source for ionization in the region where the surface density exceeds about  $300 \text{ g cm}^{-2}$ . Because the dissipation of magnetic fields is very efficient in this region, the ionization by  $^{26}\text{Al}$  can hardly recover the coupling of magnetic fields with the nebula gas.

半減期が  $7 \times 10^5$  年で比較的寿命の短い放射線元素  $^{26}\text{Al}$  が星間空間と原始太陽系星雲に普遍的に存在したことを示す証拠が、いくつか見つかっている。

- (1) 銀河面に対するガンマ線分光観測。人工衛星 HEAO3 による観測 (Mahoney et al.) では、崩壊で放出される  $1.8 \text{ MeV}$  のガンマ線強度は、銀河中心方向で  $4.8 \times 10^{-4} \text{ photon cm}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ rad}^{-1}$  であり、これはわれわれの銀河の銀河面に、 $^{26}\text{Al}$  が  $3M_{\odot}$  程度存在することを示している。人工衛星 SMM のガンマ線スペクトロメーターによる観測 (Share et al. 1985) では、強度は  $4.0 \times 10^{-4} \text{ photon cm}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ rad}^{-1}$  であり、HEAO3 の結果を確認している。
- (2) Al の過剰を隕石物質の研究 (Wasserburg and Papanastassiou 1982), Allende, Murchison, Leoville 等の隕石で  $^{26}\text{Al}$  が存在した証拠が見つかっている。存在比は様々な値をとるが、代表的な値としては、 $(^{26}\text{Al}/^{27}\text{Al}) = 5 \times 10^{-5}$  である。

以上の結果をまとめると、表1のようになる。

この  $^{26}\text{Al}$  が太陽系星雲の電離状態に及ぼす影響を調べたため、 $^{26}\text{Al}$  によるガスの電離率を計算し、表2にまとめてある。崩壊で放出されるガンマ線が止められる場合 (ガス雲の厚み  $\gg 10 \text{ g cm}^{-2}$ )、止わり

れない場合で、電離に寄与するエネルギー  $E_{\text{tot}}$  が異なるので、状況をわけて示している。この電離率を用いて太陽系星雲の電離度を計算すると、結果は次のようになる。た:

- (1)  $^{26}\text{Al}$  による電離率は  $40 \text{ K}$  の崩壊による電離率より反比例的に大きく、雲の厚みが  $300 \text{ g cm}^{-2}$  を越すと宇宙線の減衰により主要な電離源になる。
- (2) この結果、小惑星より内側では、様々な荷電粒子の存在比は一桁以上増加する。しかし、この領域では磁場の散逸が極めてはやく、この程度の変化ではガスと磁場の結果を回復させるまでには至らない。

	$\alpha(^{26}\text{Al})$	$(^{26}\text{Al}/^{27}\text{Al})$
ガンマ線天文学	$4.5 \times 10^{-11}$	$1.4 \times 10^{-5}$
隕石	$1.6 \times 10^{-10}$	$5 \times 10^{-5}$

表1  $^{26}\text{Al}$  の存在比

$\alpha(^{26}\text{Al}) = 1.6 \times 10^{-10}$	$E_{\text{tot}} (\text{MeV})$	$\zeta_{\alpha} (^{26}\text{Al})$
ガンマ線が止まらない雲	0.39	$5.4 \times 10^{-20}$
ガンマ線が止まる雲	3.06	$4.2 \times 10^{-19}$

表2 ガスの電離率

# I-50 宇宙空間における固体微粒子の捕獲機構 [Ⅱ]

山越和雄 (東大宇宙線研究所), 藤原 顕 (京大 理 物理教室), 平田隆幸

A CAPTURE-PROCESS OF MICRODEBRIS IN SPACE

Kazuo Yamakoshi<sup>#</sup>, Akira Fujiwara<sup>##</sup> and Takayuki Hirata<sup>##</sup>

<sup>#</sup>Institute for Cosmic Ray Research, Univ. Tokyo <sup>##</sup>Dept. Phys. Kyoto Univ.

An effective dust collection mechanism is proposed. Al-foil stack is useful for hypervelocity dust impact. This catching device is available for the cometary coma sample return project.

宇宙空間で、固体微粒子と相対又は、追跡の形で接触し、その物質量の殆どを捕獲することは、微粒子の一般速度(数 Km/sec ~ 72 Km/sec)から考えて、至難な技である。

成り固集塵及び地上、深海での採取試料は、これまでの豊富な隕石に関する知識と、地球外起源と判定し、火成岩、又は人工物より区別おぼたせてきた。1μl. 真正に「原始的なダスト」とは、彗星に集積し、燃焼を被った母天体の破片のことは言うのではない。「微彗星」の集積、彗星の構成成分、原始的炭素質隕石と同等の材料物質と看之たよと思はれるほど「原始的」と思われる。

その測定は、その「特徴」を、素材物質より「特色」せず、もう一つの判定条件「宇宙空間に存在する」という点で、即ち、空間、場所を特定し、素材物質を分析し、又は、捕獲、回収することによって行なわれるはずはない。

最近、色々立派な地球型彗星カプチュア計画(小彗星の治しは、どちらに入るのか、此論の分ちとどうであろう)及び「コメット・コマサンプリング」計画は、知られ、その計画の粗いには異なる。

多分分析を行おう立場としては、彗星空間を高速で「飛ぶ」微粒子の分析は、できず、宇宙空間で in-situ で行おうと望ましい。カプチュアも勿論良い。1μl. 量頭で速く、ダストの物質量の殆どを「捕獲」しなくてはならない。

ダストの減速機構のついた捕獲器と、分析器を開発することの当否の課題である。

前回の発表で、標的物質と超高速で衝突した微粒子が、自ら作られた(マイク)クレター

の内面に内張り物質として、残る確率は殆どないことを示した。又、Al-foil スタックは、アルミの層を十分に取れば、可成りの物質量を(減速して)捕獲することができることを示した。

今回は、その裏付けとして、Al-foil スタック、Al-foil の、アルミニウムとしての物質量  $\lambda$ (mm) と同等の、 $\lambda$ mm 厚のアルミ板に、同等の拳で微粒子を打込んだ。

アルミに十分な間隔をとらないまま、積層したアルミ「積層板」にも、同様の実験を行なった。

この実験を通じて、超高速の微粒子は、蒸膜を通過して行く過程で、「二次元的」に広がりを拡散させ、急速に減速していくことがわかった。

下限、重荷電粒子が、その速度が落ちるに従って、物質に与えるエネルギー損失率が增大していくプロセスと、アナロジーがある。重荷電粒子が物質中の原子とのクローン場エネルギーを散逸していく素過程とは全く異なるが、原子の運動学的な素過程、エネルギー吸収の問題と、密接な関連があると思はれる。

アルミ一枚を通過する前行の運動エネルギーの測定を多数回繰り返し、一連のデータに合う関数形を求め、次いで、その物理的意味を考へることにした。今回は、これまでの問題英の整理と今後の一連の実験の計画を述べるに留まらう。

ref. 宇宙線研究所-次線部共同研究, 共同利用研究成果報告集 ICR-報告-67-88-1 (1988.2)



## ■ 第Ⅱ会場

(Ⅱ-1~Ⅱ-57)

RECIRCULATION OF ENERGETIC ELECTRONS  
IN THE JOVIAN MAGNETOSPHERE

M.Fujimoto and A.Nishida

The Institute of Space and Astronautical Science

Pioneer 10 and Pioneer 11 have detected the strong dumbbell type anisotropy of electrons, with energies of 50keV - a few MeV, in the Jovian middle magnetosphere. To explain this observation, and also, the prevalence of energetic particles in the Jovian magnetosphere, the recirculation model has been proposed. This model consists of four processes; 1) ordinary cross field diffusion conserving first and second adiabatic invariants, occurring all over the magnetosphere, 2) weak pitch angle scattering in the inner magnetosphere, 3) cross field diffusion conserving first adiabatic invariant but not the second, occurring at low altitude portions of field lines, and, 4) pitch angle scattering in the plasma sheet. The third process, which only those electrons having relatively small equatorial pitch angle experience, is able to bring electrons outwards without serious loss of energy, so that it is expected to produce the effects mentioned above. Here we have carried out test particle simulations using Monte - Carlo method, to evaluate the efficiency of these processes as a whole quantitatively. We have taken appropriate values for the parameters in the first two processes, and assumed weak pitch angle diffusion to be occurring within the region of  $L < 12$ , strong pitch angle diffusion in the plasma sheet. We have also assumed the source of isotropic Maxwellian electrons to be at  $L = 20$ , the location modeled as the inner edge of the plasma sheet. The results we have obtained show that, having turbulent electric field with the intensity of 10 mV/m at low altitude region, it is sufficient to produce dumbbell type electron distribution in the middle magnetosphere, and, power law spectrum at high energies in the middle - outer magnetosphere.

# II-2 木星デカメートル電波の広帯域偏波計測

三沢浩昭, 大家寛, 森岡昭, 大木章一  
(東北大理)

## Measurement of Polarization of Jovian Decametric Radiation

Hiroaki Misawa, Hiroshi Oya, Akira Morioka and Sho-Ichi Ogi  
Geophysical Institute Tohoku Univ.

Polarization measurements for Jovian decametric radiation were made in quantitative wise by detecting the axial ratio within an accuracy of  $\pm 0.1$ , to investigate the generation mechanism. It is shown, after detailed investigation, that the results contain the effect of local reflection from the ground. Precise axial ratio is obtained by compensating this reflection effect.

### 1. 序

木星からのデカメートル電波放射の発生機構は謎が多く、未だ十分な解明がなされていない。発生機構を解明する上では、電磁波のモードの同定は重要な手掛りとなるが、この為には、偏波特性と発生位置の同時情報が必要となる。当グループでは、一昨年より、長基線干渉計網と広帯域偏波計による同時観測を試みてきたが、特にこの度、偏波の計測に digital 処理を導入し、偏波特性のより定量的な計測が可能となった。また、計測の精度に関わる一因として、地上反射波の影響が明らかにされた。本講演では、'87年期に得られた偏波の計測例を示すとともに地上反射波の影響の除去について言及する。

### 2. 偏波計測システム

当システムは、本学会第78回講演予稿集 P.13 (1985) に詳しいが、受信系では、20~40 MHz 中の帯域 2 MHz の信号を分離度 30dB で RH・LH に分離し RH/LH 時間分解能 1/60sec で直接 VTR に記録する。解析系は VTR を介し off-line で結ばれ、帯域幅 30 KHz 時間分解能 40msec/2MHz で周波数解析を行い出力を 8bit で digitalize し、computer を用いて dynamic spectrum 作製、軸比導出を行う。観測帯域でのシステムの誤差は、軸比にして約  $\pm 1$  である。

### 3. 地上反射波の影響

電磁波が大地で反射される時、その入射角、大地の状態、周波数などにより、反射係数、位相角は水平・垂直偏波成分で独立に変化する。また、地球電離層を透過してくる電波が楕円性を帯びているとき、Faraday rotation の効果の為、その長軸方向が周波数によりほぼ周期的に変化するにつれ水平・垂直偏波成分比も変化する。従って反射波の影響は周波数に関して周期的に出現し(図1)、この事から逆に反射波の影響を除去する事が可能になる。

### 4. 観測例

'87年10月からの観測期間で、偏波解析可能なデータは、10-A 電波源に 3 例、non-10 A 電波源に 1 例得られた。10-A 電波源に RH、LH の混在する現象が 1 例見られた他は、皆 RH の卓越する現象であった。ここでは、RH の卓越した non-10 A の現象を示す(図2)。

### 5. まとめ

木星デカメートル電波の発生機構理論の条件を明確にする為、広帯域偏波の定量的計測を軸比誤差  $\pm 1$  で行った。干渉計による電波発生位置の同定と合せ、発生機構を実証的に明らかにする貴重な結果を得つつある。

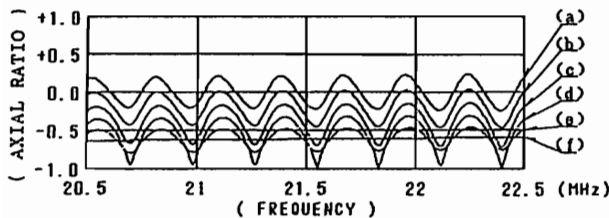


図 1. 乾燥大地での平面波反射による観測軸比の変動  
← (a)~(f) は夫々入射波軸比 0, -0.2, -0.4, -0.6, -0.8, 及び -1 に対応。(帯域内 Faraday 回転 7°, 入射角 70° の場合)

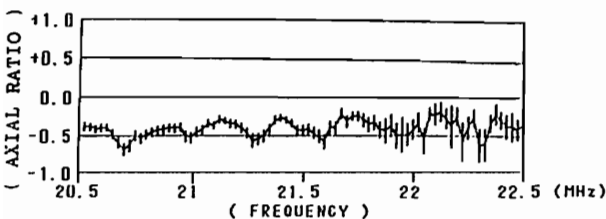
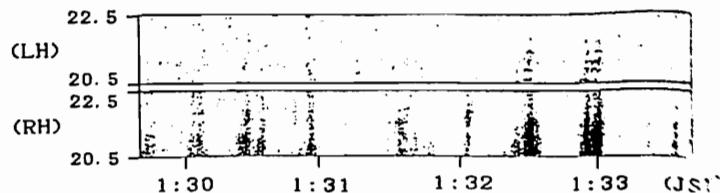


図 2. non-10 A 電波源からの電波放射の偏波特性。  
↓ 観測は 1987/11/22 1:30 に行われている。(入射角 70°)  
(左) 軸比 (右) dynamic spectrum



今井一雅 村川英樹

高知工業高等専門学校・電気工学科

AN ANALYSIS OF LONG TIME POLARIZATION CHARACTERISTICS  
BY JUPITER'S DECA-METRIC WIDE SPECTRUM OBSERVATIONS  
K. IMAI, H. MURAKAWA

Department of Electrical Engineering, The Kochi National College of Technology

An analysis of the polarization of Jupiter's decametric radiation during the 1986 apparition of Jupiter over a spectrum of about 1MHz was made using a newly developed dynamic spectrum observation system. The right and left hand polarization components of the dynamic spectra observed by a spectrum analyzer were recorded as an analog signal by a data recorder, digitized by an AD converter, analyzed by a 16 bit personal computer, and displayed as a color coded spectrum by a color display. In this report, we discuss the long time polarization characteristics by these systems.

1. はじめに

筆者らは、木星デカメートル波放射機槽を解明する手がかりを得る重要な情報源として、広帯域偏波特性の観測及び解析を行っている。<sup>1), 2), 3)</sup> この観測は、21.9MHzを中心とした広帯域(1MHz)偏波特性を観測するために、右旋円偏波と左旋円偏波の偏波特性を交互にスペクトラム・アナライザで測定し、記録されたデータを16ビット・パソコンによりカラーでそのダイナミック・スペクトラムを表示し、解析を行うものである。今回、電波放射源の位置が木星の北から南あるいはその逆というように、変動があった場合に、この広帯域偏波観測データの長時間特性になんらかの変化が期待されるはずであるので、これに着目した解析結果について報告する。

2. 解析システム

従来の解析はミニコンにより行っていたが、今回新たにパソコン・PC-9801 UV21による解析システムを開発した。このブロックダイアグラムを図1に示す。

A/D変換された木星デカメートル波広帯域偏波スペクトラムデータは直接4Mバイトのバンク方式のRAMボードに転送されるようになっている。この場合連続的にデータを欠落なしに転送できるようにプログラムを工夫しており、1kHzのサンプリングでは約30分にわたる長時間のデータの入力が可能となっている。

筆者らは、このR・L成分の大きさをカラーに擬似的に対応させ、その時間変化(ダイナミック・スペクトラム)をカラーディスプレイに表示して、最終的な解析を行う方法をとっている。この場合、パソコンのカラー表示は4096色中16色に限られるので、カラーコードを15段階選ぶことにより表示している。

3. 解析結果

従来のミニコンによる解析の場合、カラーグラフィックディスプレイの制約から、80秒単位の単一偏波成分の表示しか行えなかったが、今回新たに開発した解析システムにより、3分から4分間の右旋円偏波と左旋円偏波の偏波特性を同時に表示することが可能となり、長時間の広帯域偏波特性の解析が容易となった。

写真1は、1986年9月7日のI<sub>o</sub>-B電波源の例で、この3分間のデータを見る限り、右旋円偏波成分が卓越しており、放射源の大きな位置変化は、偏波のみで見た場合にはないことがわかる。このような解析を、他の2例についても行い、さらに統計的なデータ処理を行った結果について、学会で報告する。

- 参考文献 1) 今井・太田：本学会第79回講演予稿集P.151  
2) 今井・富沢：本学会第80回講演予稿集P.48  
3) 今井：本学会第81回講演予稿集P.105

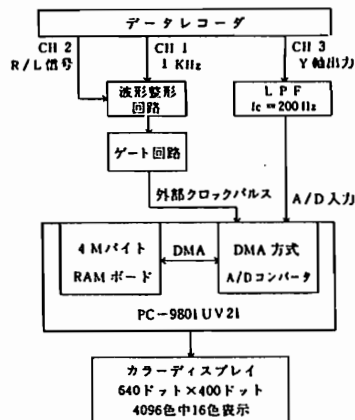


図1 広帯域偏波スペクトラム解析システムのブロックダイアグラム

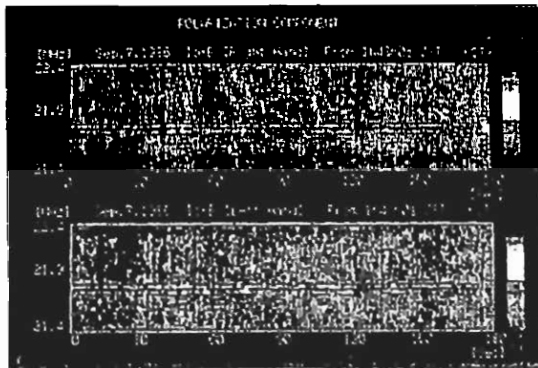


写真1 1986年9月7日の偏波スペクトラム例、3分間のデータで  
上段が右旋円偏波成分、下段が左旋円偏波成分に対応

# 沿磁力線ポテンシャル差形成の数値実験

常本 直貴 玉尾 孜

東大理

NUMERICAL MODELLING OF THE FORMATION OF FIELD-ALIGNED POTENTIAL DIFFERENCES ASSOCIATED WITH THE CURRENT-FREE PLASMA BEAM INJECTION

Naoki TSUNEMOTO and Tsutomu TAMAO  
Geophysics Research Laboratory, University of Tokyo

Making use of 1D particle code, a numerical modelling study has been made to clarify the transient physical process for the formation of electrostatic potential differences along a field line, in conjunction with injection of a current-free plasma beam into the background plasma. For the case of small ratio of beam to background densities the global potential difference in a mirror magnetic field configuration is taking place to accelerate the background electrons downward so as to maintain the currentless exiting flux with the penetrating ion beam. Whereas a localized positive potential pulse with a large amplitude is excited at the beam front for the case of medium beam density, which is consisting of stably trapped background electrons to yield an electron hole. We need a huge simulation domain to describe the self-consistent physical response of the background plasma to such medium beam injection and to obtain a corresponding global potential difference.

## 1. 序

オーロラアークの発生には、沿磁力線ポテンシャル差により電子を数 keV 程度まで加速することが必要である。沿磁力線電場の形成機構の代表的なものとして、局所的電気二重層（ダブルレイヤー）モデルと、ミラー磁場による粒子反射に関連した大域ポテンシャル差の維持があげられる。磁気圏尾部プラズマシート境界層内で観測されている速さ 1000 km/s 程度のイオンビームが同じ平均速度の電子ビームを伴うとすれば、質量差のために平均ピッチ角が電子よりも小さいイオンは、地球磁場によるミラー反射効果が相対的に小さく、電子に比して強い磁場強度の高さまで進入し得るので、上向きの電場が発生する。背景プラズマの存在を考慮しない定常解では、電子とイオンの流速が等しいという条件のもとで、イオンビームの運動エネルギー程度のポテンシャル差が可能となる。

[Serizawa-Sato, 1984]

## II. モデル

本研究では1次元粒子コードを用いて数値実験を行い、ミラー磁場のもとで背景プラズマ（数密度  $n_0$ 、温度  $T_0$ ）中にプラズマビーム（数密度  $n_b$  と、流速がそれぞれ等しいイオンビームと電子ビーム）が進行していくときの (1) 背景プラズマの反応 (2) ポテンシャル差の形成、及びその大きさ (3) 粒子加速、について解析した。

境界条件としては、ビーム注入側 ( $x = l$ ; 系の長さ) でイオンと電子の流速が等しく、かつ電場は零とする。反対側 ( $x = 0$ ) には制限を置かず系内部が自動的に調整する。

## III. 結果

1)  $n_b/n_0 = 0.1, T_b/T_0 = 25, \text{ミラー比} = 10$

初期段階ではビームの中の速い電子の先行によって負のポテンシャル差が生じ、イオンビームが内部に進行するにつれて正のポテンシャル差に移行することが示された (図1)。

2)  $n_b/n_0 = 0.5, T_b/T_0 = 25, \text{ミラーなし}$

実験の制約から初期段階だけを解析した。非常に大きな正のポテンシャルの孤立波が得られた (図2)。

## IV. 結論

(A) ミラー磁場による大域ポテンシャル差 ( $\Delta\Phi$ ) の形成 (ビーム数密度比が小さい場合)

- 1) イオンビームの進入に対し背景プラズマが十分に存在すれば、イオンビームの流速に釣り合う逆背景電子が加速される (初期温度の4倍)
- 2) 数密度比  $n_b/n_0 \sim 0.05-0.2$  では  $e\Delta\Phi / (M_i U_b^2 / 2) \sim (10^{-3}-10^{-2})$
- 3) オーロラ粒子加速は電離層よりかなり上で起きる

(B) 局所ポテンシャルの構造 ( $T_b/T_0 \gg 1$ )

- 1) ビーム温度が背景温度を越えるとき局在した非常に大きなポテンシャルの孤立波 (山) が存在し、背景電子はポテンシャルの壁を越えられず捕捉される
- 2) 孤立波は特定の数値を持って伝播して行く。その速度は始めビーム速度で、それから捕捉電子の平均速度に移行する
- 3) 正のポテンシャルの値とその空間幅は逆相関

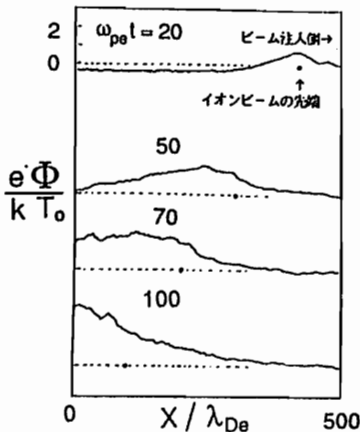


図1  $\omega_{pe} t = 20-100$  でのポテンシャルの時間構造 (数密度比  $n_b/n_0 = 0.1$ , 磁気ミラー比  $\gamma = 10$ )

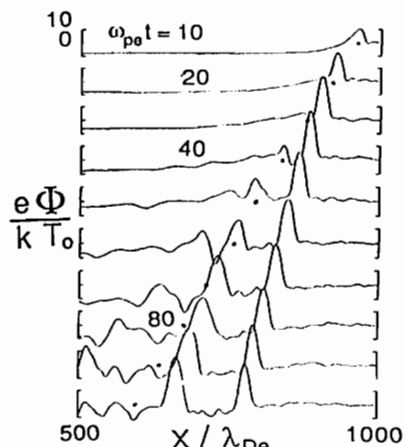


図2 ポテンシャルの空間構造の時間変化 (数密度比  $n_b/n_0 = 0.5$ , 温度比  $T_b/T_0 = 25$ )

Yuji Inoue

Dept. of Computer Sciences, Kyoto Sangyo Univ.,  
Kamigamo-Motoyama, Kita-Ku, Kyoto, Japan, T-603

In the Magnetosphere, there are stratified distinct plasma layers. Adjacent plasma layers have different properties with respect to plasma temperature, density, mass flow, and magnetic field. The stratification of plasma layers are typically along magnetic shell surfaces. The transition layer between different plasma layers is referred to as "plasma interface". As seen in discrete auroral arcs, the thickness of the plasma interface occasionally becomes close to the Larmor radii of protons. In this situation, hot protons behave quite differently from electrons. In other words, although electrons carry out their adiabatic motions, protons cannot follow adiabatic orbits, but execute the non-adiabatic motions. As a result, there arise the separation of electrical charges and the flow of electric currents in the plasma interfaces. These give rise to the important effects on the acceleration of charged particles and the generation of various plasma waves. Thus, the analysis of plasma interfaces and their associated phenomena may increase our understanding on the physics of the magnetosphere and auroral phenomena.

As an example, the formation of a double layer is discussed for the electron beam acceleration which is responsible for the excitation of a quiet, thin, and discrete auroral arc. The analysis is carried out with respect to a simple model where plasma and field stratifications are stationary, one-dimensional, and straight. All the quantities are functions of only single coordinate perpendicular to the magnetic field. A plasma layer is filled up with hot protons and relatively cold electrons. These particles invade from the plasma sheet. This layer is sandwiched between two cold plasma layers. As a model of the dawn-dusk electric field, a general uniform electric field exerts upon the plasma stratification so as for the Poynting flux to flow across the magnetic field and plasma layers.

As a result, double layers can be formed at both boundary interfaces of the hot proton plasma layer. The electrostatic potential of the double layers amounts to 10 KV provided protons have the average kinetic energy of 10 KeV. This pair of the double layers developing along a magnetic shell can be easily converted into a double layer along a magnetic field line due to the increasing electrical conductivity across a magnetic shell toward the ionosphere, as already suggested by Kan, Lee, and Akasofu (JGR., 84, Aug., 1979).

The followings are the necessary conditions for the formation of pair double layers along magnetic shell surfaces:

- (1) The invasion of plasma sheet plasma consisting of hot protons and relatively cold electrons into high altitudes where the collision-less approximation is valid.
- (2) The Poynting flux caused by a uniform electric field of large scale such as the dawn-dusk electric field.
- (3) The plasma stratification is steep enough to cause the non-adiabatic motions of hot protons in the background of the adiabatically moving electrons.

The proposed mechanism is an efficient converter of hot proton plasma energy into electron beam energy through the intermediary of the Poynting flux of a large scale electric field.

H. Nakajima<sup>1</sup>, H. Fukunishi<sup>1</sup>, and T. Ono<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Upper Atmosphere and Space Research Laboratory  
Tohoku University, Sendai 980  
<sup>2</sup>National Institute of Polar Research, Tokyo 113

Using the DMSP-F7 particle data, it has been found that the region of auroral particle precipitation in the post-midnight sector is divided into three regions with characteristic precipitation patterns.

As shown in Fig. 1, the poleward region (Region I) is characterized by occurrences of inverted 'V' type electron precipitation accompanying depletion of ion precipitation. The equatorward region (Region III) is characterized by simultaneous precipitation of energetic ions and electrons. Intense ion precipitation usually occurs only in the poleward part of Region III. Region II is a transition region from Region I to Region III, which is characterized by stable precipitation of energetic ions and structured precipitation of low-energy electrons.

The all-sky TV camera data at Husafell clearly demonstrate that pulsating auroral patches appear in Region III. The time resolution of the DMSP particle data is 1 sec. Therefore, we can study one-to-one correspondence between precipitating particles and pulsating auroral patches. It is found that low-energy (<300eV) electron precipitation spikes often occur with a close relation with pulsating patches. An example is shown in Fig. 2. When the satellite encountered a pulsating patch at 00:29:45UT, an electron precipitation spike was observed. Therefore, it is suggested that an intense wave-particle interaction process is occurring at the edge of pulsating patches.

DMSP F7/PARTICLE DATA 1986 (YEAR 2491019 / 6 )

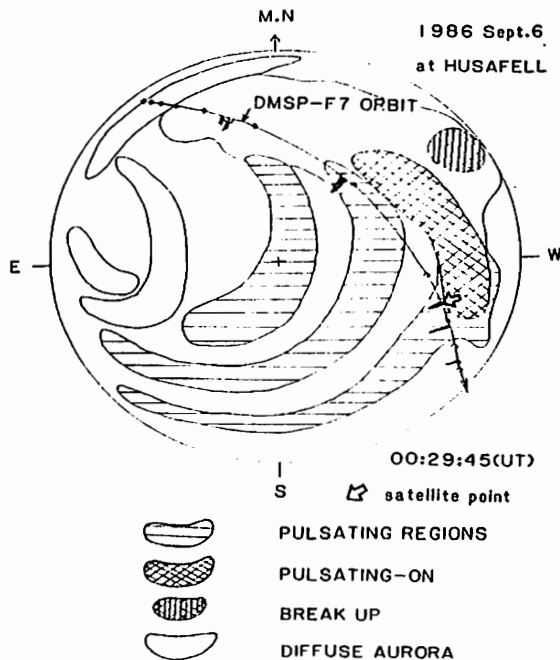
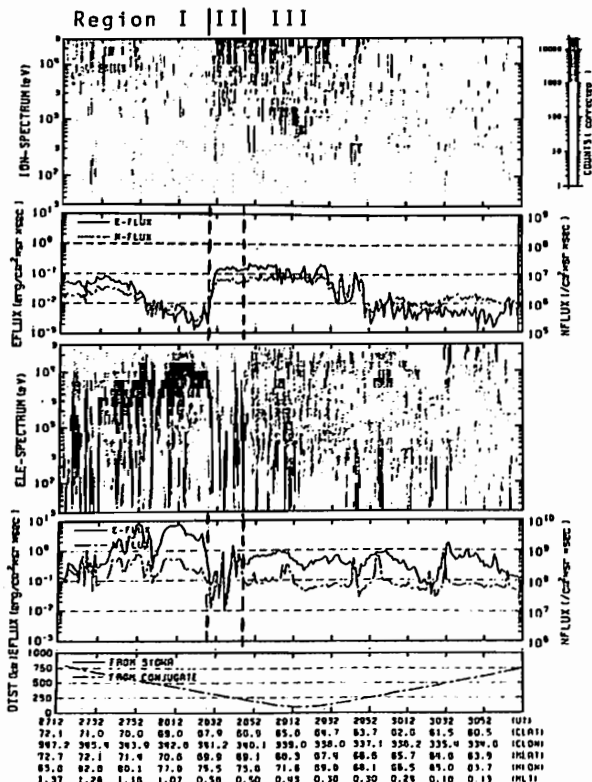


Fig. 2

Fig. 1

## II-7 地上及び静止軌道で観測したエクスピジ ジョンに伴う緯度方向に伝搬する擾乱の解析

中村 久美、小川 高、 D.N. Baker  
(東京大学) (NASA/GSFC)

LATITUDINAL EVOLUTION OF SUBSTORM ACTIVITY DEDUCED FROM AURORAL MOTION,  
GROUND MAGNETIC FIELD AND ELECTRON FLUX VARIATION AT SYNCHRONOUS ORBIT

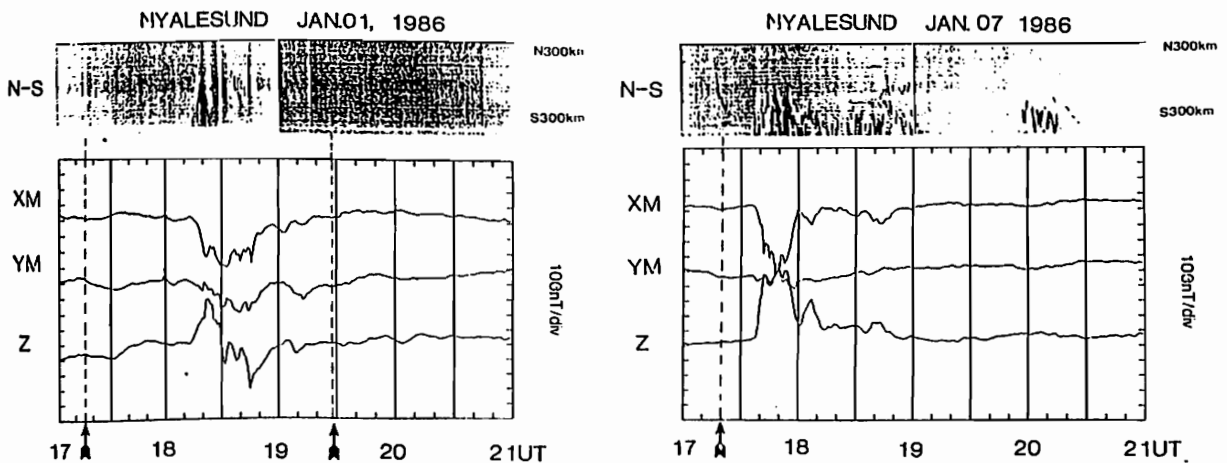
Rumi Nakamura, Takasi Oguti and D.N. Baker  
(GRL, University of Tokyo) (NASA / GSFC)

Aurora TV data, ground magnetic field and electron flux (30 keV- 300 keV) from synchronous satellite are analyzed in order to study the relationships between auroral latitudinal expansion (poleward as well as equatorward) and injection signature obtained at synchronous orbit. 28 injection events obtained at 4 active days during the GADC campaign period are related to the auroral expansion and associated magnetic bays. It is shown that the time difference between the arrival of poleward boundary of expansion front at high latitude stations and that of the particle at synchronous orbit depends on the location of the onset region, i.e. source region.

磁気圏尾部の静止軌道付近で観測される粒子フラックスの変動の解釈については、地球向きの粒子の運動を考えるような緩やかな injection に関するモデル (Alfven layer Model, Injection boundary Model) が提唱され、さらに遠方の衛星については、tailwardの粒子群の運動に伴う磁場擾乱の伝搬で解釈されている。これらの地球向き、及び尾部向きの粒子の運動は磁力線が地球につながっている限りは、オーロラの動きとして同時に観測されるはずである。GADC期間中の4日間 (Dec. 28, '85, Jan. 1, 2, 7, '86) に静止軌道衛星 (1984-037, 1982-019, 1984-129) で観測された粒子フラックスの増加に伴う28イベントについて all-sky TV のオーロラ、磁場データを用いて、緯度方向の擾乱の伝搬 (poleward, equatorward expansion) 速度を、衛星と地上データで得られた activity の中心との相対的な位置関係による違いを考慮しながら求めた。

オーロラ構造の緯度方向の主な動きは、緯度方向に分布する大規模構造の poleward expansion と main body から equa-

forward に伸びてくる南北方向に分布する構造の広がりがある。図に示したのは、Jan. 01, Jan. 07における磁気緯度  $75.9^\circ$  の NAL (Ny Alesund) のオーロラの明るさの南北方向の分布と、磁場の XM, Ym, Z成分である。この緯度付近の夜側のオーロラの特徴は expansion の poleward edge が観測されることであり、Z成分にはオーロラが更に北上したか否かで顕著な違いが見られた。即ち緯度方向に localize した西向きの sheet 電流の通過と解釈できるような変動が現れる。図中の点線と矢印で示した時間に、foot point の位置が NAL の磁気経度で約  $20^\circ$  東、磁気緯度約  $10^\circ$  南である静止軌道衛星の電子フラックスが顕著に変動を示した。Jan. 01 の例と Jan. 07 の例とでは、地上で現れる現象との時間差、flux の変動の様相等において明らかな違いが見られた。オーロラの poleward expansion を substorm の onset 後の磁場の configuration の変化に伴う領域の tailward な広がり、電子 flux の変動を同時に inject された粒子の地球向きの運動と仮定して解釈を行った。





小口 高 他 GADCグループ

東大理、九大理、京大理、拓大工、U.B.C., U.Vic., S.U.N.Y., U.Oslo

MOVEMENTS OF AURORAL STRUCTURES IN THE DAYSIDE POLAR CUSP

T. Oguti, and GADC group

U. Tokyo, Kyushu U., Kyoto U., Takushoku U., U.B.C., U.Vic., S.U.N.Y., U.Oslo

Movements of auroral structures in the dayside polar cusp region are examined using TV data of auroras obtained at Ny Alesund, Spitzbergen. Fast ion drifts measured by the HILAT satellite are probably identical to the fast east-west movements of the local, dayside, auroral expansion fronts. High velocity zones are limited in small (<tens km) latitude ranges.

昼間のカスプ領域は太陽風から地球磁気圏に供給されるエネルギーの直接の入り口であり、その意味で昼間のカスプ現象は最近話題を呼んでいる。

昼間のカスプ領域ではインパルス型の磁場変動が特徴で、夜間のサブストームの高緯度側で見られる磁場変動とは著しく異なる。また、この種のインパルスの磁場変動に際して東西方向の早いドリフトを伴う局所的なオーロラの expansion や、磁場の Pi バーストなどが同時に起こることも既に知られている。一方、昼間側のマグネトポーズ近傍では衛星観測で、FTE と呼ばれる特徴的な磁場と粒子フラックスの変動が観測されている。

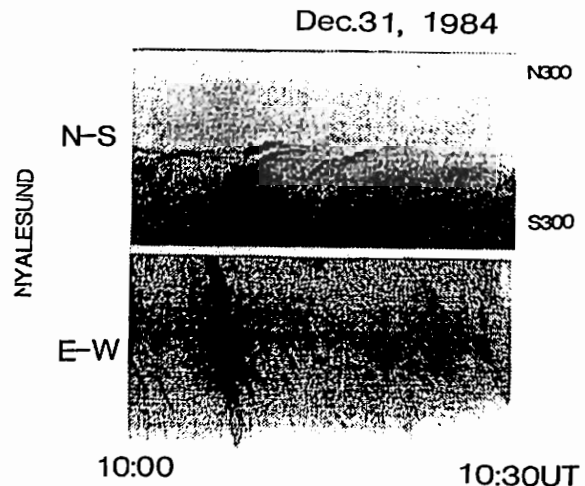
この両者の間には直接の関係があるものと推定され、いくつかのモデルが提案されているが、いまだに両者の物理をつなぐ観測事実が決定的に不足している。最近、Sandholt はカスプ領域の HILAT 衛星での入射電子フラックス、イオンドリフト、沿磁力線電流（磁場）の観測とカスプオーロラとを比較し、低高度でのカスプオーロラ活動に関連した電流、電場、粒子フラックスの構造についてかなり詳細の情報を得ている。

HILAT 衛星の観測によればその最大の特徴は、狭い緯度幅（数10km）に局限された強い東西方向のイオンドリフト（数km/sec）とこれに関連した小さな空間スケールの沿磁力線ベアー電流（いずれも複数）の存在である。このような特徴的な電場、電流、粒子入射の構造が昼間カスプのオーロラ活動に対応することは今や明かと考えられるが、これらがいわゆる FTE とどのように関連しているのかについてはまだ結論が得られていない。

本研究では、従来知られてきたことに一歩を進めて、オーロラ構造の東西方向の動きとイオンドリフトとの等価性をやや詳しく検討し、オーロラドリフトによってカスプ領域の電場構造を探る。

昼間カスプ領域のオーロラ構造は空間分布が狭く、また、寿命が短いため全体のドリフト分布は求め難いが、オーロラ構造の分布と動きから、衛星でのイオンドリフトに対応するものは、昼間オーロラの小規模の活動に伴う早い東西方向の動きであることが推定される。しかし、この動きは必ずしもドリフトとは呼び難く、むしろ expansion の front の動きであるようにも見える。

Expansion front の動きとその後面に従うオーロラ構造のドリフトとは夜のオーロラの場合にもよく一致していることが多く（特に明け方の front）、この事実が expansion の進行にとって何を意味するか今後検討を要する所である。



II-9 ロケット及び地上観測による  
オーロラ発光高度の推定

江尻全機 岡村 宏 小野高幸 芳野起夫  
極地研 電通大 極地研 電通大

AURORAL EMISSION HEIGHT DEDUCED FROM THE  
SOUNDING ROCKET AND GROUND OBSERVATION

M. Ejiri H. Okamura T. Ono T. Yoshino  
NIPR U. Electro-Comm. NIPR U. Electro-Comm.

The sounding rocket S-310JA-8 was launched from Syova Station in Antarctica on April 4, 1984 at 19h 27m 01s (UT) into an active auroral arc during a substorm expansion phase. Auroral particle (electron) energy spectrum, energy range being from 16 eV to 14.4 keV, shows an inverted-V type monoenergetic peak around 5 keV to 10 keV whose stopping heights are around 100 km to 120 km in altitude. Onboard auroral TV camera (VAT) with an FOV of 53.4° (H) × 33.9° (V) took an auroral image downward from the rocket. The digital CCD auroral TV camera also took an auroral image from the ground. These two instruments gave a stereoscopic view of an aurora, that is, an object of auroral light emission was measured from two different observation points. This paper is to show one example taken at 165s after the rocket firing, where the rocket was at the altitude of 186 km.

Figure 1 illustrates a particle energy spectrum, an abscissa being a logarithmic scale of an energy in keV and an ordinate a logarithmic scale of a differential energy flux in electrons / (cm<sup>2</sup> · s · str · keV). It is recognized that there is a monoenergetic peak at about 5.6 keV. Auroral images taken from the ground (left panel in Fig.2) and from the rocket (right panel) are depicted in the same grid of a coordinate of MLT and magnetic latitude, where the auroral emission height of 115 km is assumed. This value, i.e. 115 km, is the best estimated altitude of auroral light emission, which gives the best agreement of auroral images of both instruments. It is noted that the stopping height of 5.6 keV electron is approximately 115 km. Another evidence to support this conclusion comes from the result illustrated in Fig.3, which shows a relation of PHO/VAT with PHO; PHO is an apparent emission rate measured by the photometer (PHO) at 427.8 nm and VAT is an illuminance of the center portion of VAT image area where the PHO viewed. This suggests that the most part of this auroral emission consists of 1 NG of N<sub>2</sub><sup>+</sup> (427.8 nm) whose emission height is around 110 km. It is now developing an algorithm to obtain an actual height distribution of the volume emission from these data, whereas this paper assumes the plane of the constant height of the aurora.

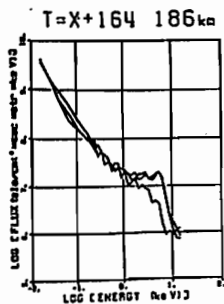


Fig.1

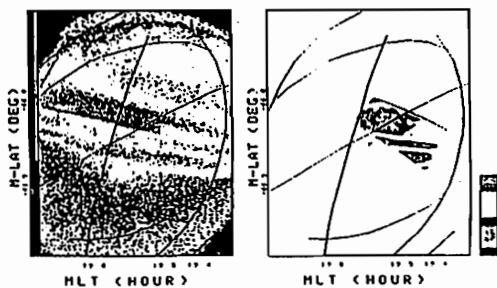


Fig.2

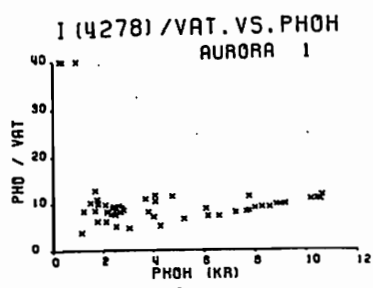


Fig.3

II-10 昭和基地掃天リオメータ観測による光オーロラ  
とオーロラ吸収の相互関係

池田修一<sup>1</sup>, 山岸久雄<sup>2</sup>, 菊池 崇<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>電通大 <sup>2</sup>極地研 <sup>3</sup>通総研

RELATIONSHIP BETWEEN AURORAL LUMINOSITY AND AURORAL ABSORPTION  
OBSERVED BY THE SCANNING-BEAM RIOMETER AT SYOWA STATION, ANTARCTICA

Syuichi IKEDA<sup>1</sup>, Hisao YAMAGISHI<sup>2</sup> and Takashi KIKUCHI<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Univ. Electro-Communications <sup>2</sup>National Inst. Polar Res. <sup>3</sup>Communication Res. Lab.

The relationship between auroral radio wave absorption and auroral luminosity is studied by comparing scanning-beam riometer data obtained at Syowa Station, Antarctica in 1985 and 1986 with optical auroral observations at the same station. Three categories are found in their relationship, i.e., (A) auroral luminosity and absorption are both strong, (B) notable aurora with small absorption, and (C) large absorption with little auroral luminosity. (A) to (C) correspond respectively to active discrete auroras, quiet arcs, and diffused auroras. These features are qualitatively understood with the difference in the energy spectra of precipitating electrons in the each type of auroras.

1985年及び、1986年、南極昭和基地にて観測された掃天リオメータと掃天フォトメータ及びオーロラTVの同時観測データを用いオーロラ吸収とオーロラ発光領域の相互関係について調べた。前者は数10 keV以上の高エネルギー電子により高度80-90 km付近で主としておこされるのに対し、後者は主として10 keV以下の電子により、高度100 km以上でおこされる。この差異を反映し、両者の出現形態は必ずしも一致しない。多数のeventにつき調べた結果、両者の現われ方は次の三つの型に分類されることがわかった。(A)吸収域と発光域が

良く一致する(図1)。(B)顕著な発光が見られるが、対応する吸収が弱い(図2左側)。(C)発光は弱いが、吸収が顕著である(図2右側)。(A)は夕方側の動きの激しいディスクリートオーロラに、(B)は静かなディスクリートオーロラに、(C)は真夜中から朝方のディフューズオーロラに対応することがわかった。これはロケット観測等で明らかにされた(A)~(C)タイプオーロラ中での特徴的な降下電子スペクトルと、それから予測される発光強度、電離層吸収量の差異として、定性的に理解できるものである。

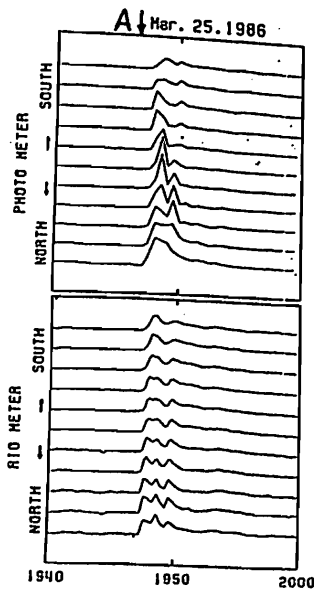


図1. (A)タイプ<sup>0</sup>の現象

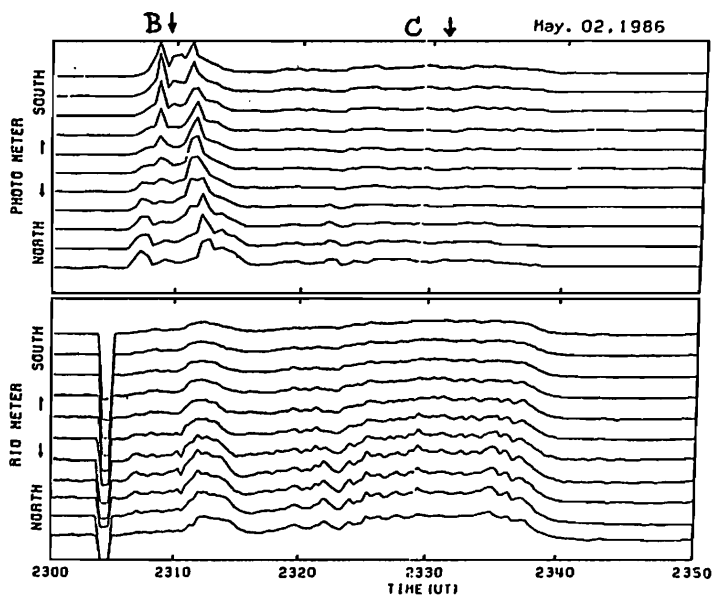


図2. (B)タイプ<sup>0</sup>の現象(2310 UT付近)と(C)タイプ<sup>0</sup>現象(2320-2340)

鶴田浩一郎, 小川利紘

宇宙科研 東大理

## FEASIBILITY OF MAGNETOSPHERE IMAGING

K. TSURUDA, T. OGAWA

ISAS GRL U. TOKYO

Feasibility of taking photographic images of the magnetosphere has been studied. In order to make the magnetosphere visible, tracer ions which reflect the sun light effectively are to be distributed in a target region.

Since the density of tracer ions is kept as low as possible, we have to look for atomic species which satisfy the following conditions; 1) slow photoionization rate, 2) large scattering cross section for the sunlight after being ionized, and 3) small atomic number.

A model mission will be presented and variations to it will be discussed.

EXOS-D, GEOTAIL等の磁気圏直接探査衛星で我々は磁気圏プラズマの研究を行おうとしている。これらの衛星が任務を完了する1990年半ば以降に、どのような方法で磁気圏の研究を進めていけば大きな発展が望めるかを考える時期にきている。ミクロな物理量の*in situ*の観測のみではあまり大きな飛躍が望めないのではないかと不安もあって、局所的な観測をマクロな構造の中に位置付ける実験手段はないものかと検討を行った。その一つとして特定イオンによる特定波長の太陽光の散乱を利用した磁気圏の撮像を検討中である。なるべく自然の状態を変えないで磁気圏の興味ある部分の興味ある動きを像としてとらえることが出来れば新しい磁気圏研究の方向が開けそうだと期待している。

具体的には、マグネトポーズ、カスプ領域、オーロラ上空電離圏、等での物理現象の撮像の可能性、その際使用可能なイオン種の選定、必要な空間スケール、空間分解能、更に進んだ手段としてドップラー像、立体像取得の可能性の検討結果について述べる。

高密度イオンの局所的降下現象 (II)

賀谷信幸、松本治弥、向井利典  
(神大工) (宇宙研)

LOCAL PRECIPITATIONS OF HIGH INTENSE ION FLUXES (II)

Nobuyuki KAYA, Haruya MATSUMOTO, and Toshifumi MUKAI  
(Kobe Univ.) (Kobe Univ.) (ISAS)

The ESP instrument onboard the EXOS-C satellite (OHZORA) observes local precipitations of high intense ion fluxes below 10 keV. 211 data of the ions found during all the observation periods are examined on correlations with magnetic local time, invariant latitude, Kp index, energy, pitch angle, etc. It turns out that the ions are detected all over the auroral oval. However, the ions precipitating in the region from the cusp to the morning sector have higher energy and lower pitch angles than those in the night region.

人工衛星「大空」の低エネルギー粒子観測器 (ESP) が観測した高密度イオン束の局所的な降下現象について、前年の春の学会講演で最初の報告をおこなった。その後衛星観測期間の3年間のほぼ全データの処理をおこない、高密度イオン束のMLT、磁気緯度、エネルギー、Kp、ピッチ角のそれぞれの依存性と、電子スペクトルとの対比等の検討を進めたので、ここにその結果を報告する。なお、この高密度局所的イオン束の範囲を、エネルギーにして10 keV以下、観測時間にして30秒(約240 km)以下、エネルギー束で $10^{-5}$  [erg/cm<sup>2</sup>·str·sec·eV]以上とした。抽出したデータはカusp領域まで含め211例あり、第1図のMLT-Invariant Latitudeの座標系に示すようにオーロラ・オーバルにそって広く分布している。しかしながら12時付近のカuspから朝の6時付近と、夜側の0時から18時により多く分布している。(EXOS-Cのバッテリーの劣化のため夜側のデータ取得率はかなり低いものとなっている点に注意する必要がある。) 高密度イオン束のピーク・エネルギーに関して観測頻度を調べてみると、第2図に示すように0.47 eV以下と、0.82から2.55 keVの二つのエネルギー領域に明確に分類される。これはそれぞれ別の成因によるものと思われる。さらにKp依存性、ピッチ角依存性にも興味深い差が見いだされている。

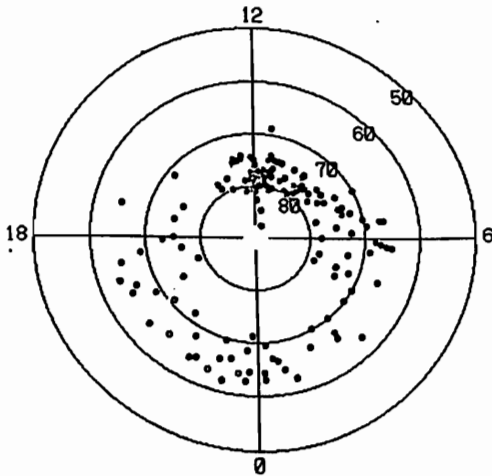


Fig. 1 : Positions of the high intense ion fluxes indicated with the filled symbols in the map of the MLT-Invariant Latitude.

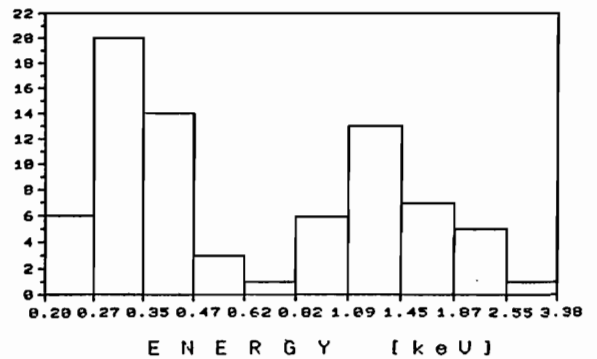


Fig. 2 : Histogram of the peak energy of the high intense ion fluxes

平原聖文 向非利典 寺沢敏夫  
(宇宙研) (宇宙研) (京大理)

ION ENERGY-MASS SPECTROMETER  
with a wider field of view

HIRAIARA Nasafumi Toshifumi HUKAI Toshio TERASAWA  
\*1 \*1 \*2

\*1 The Institute of Space and Astronautical Science  
\*2 Geophysical Institute, Kyoto University

A new ion energy-mass spectrometer is proposed for 3-D analyses of the hot plasma composition in the magnetosphere. It has a wide field of view simultaneously with high energy, angular and mass resolution, by using a so-called orange mass spectrometer. Therefore our IMS consists of a poloidal or spherical energy analyzer and the orange mass spectrometer. Here we examine the characteristics of this IMS by the detailed calculations. Although by rough estimate the electric field of the poloidal-type is nearly similar to that of the spherical-type, its electric field by the configuration is expected to have a better focusing action.

GEOSの観測以来、プラズマ圏、磁気圏におけるイオンエネルギー-質量分析器 (IMS) による観測が、プラズマの組成、起源の解明のため、重要になってきている。磁気圏等の高温プラズマの観測のためには、3次元分布の測定が必要であり、広い立体角からの入射粒子を検出出来るIMSが望ましいが、現在のところ、高分解能 (エネルギー、質量、角度)、高透過率、広い測定角度範囲、短いデータ取得時間を、同時に満足するIMSは未だ、衛星には搭載されていない。

図1は、オレンジ型と呼ばれる永久磁石型質量分析器で、これを使う事により、広い視野角を持つIMSが実現出来ないかと考えている。図2は、球型静電エネルギー分析器による電場に、オレンジ型による一様磁場を、粒子軌道がS字型になる様にした場合の例である (この様にS字型になるように電・磁場をかけると収束性が向上する)。上図は、入射エネルギー (5 KeV) に対して±1.5%、下図は、入射角に対して±2度の幅を、それぞれ持つイオンビームの、質量分解の様子を示したものである。一般に、エネルギー収束する偏向角 ( $\Omega_E$ ) は、角度収束する偏向角 ( $\Omega_\alpha$ ) の約2倍となる ( $\Omega_E = 2\Omega_\alpha$ )。図2のIMSでは、全偏向角 ( $\Omega$ ) が小さいので、 $\Omega_\alpha < \Omega < \Omega_E$  となる様に設定してあるが、このため、二重収束していないため、分解能を向上させるのが難しい。この欠点を補うため、エネルギー分析器として、球型を少し変形させたポロイダル型を用い、更に第二電極を加え全偏向角を大きくして二重収束させる事も考えている。ポロイダル型エネルギー分析器は、まだ十分にその特性が調べられてはいないので、詳しい軌道計算を行い検討を加えた。(簡単な見積によると、ほぼ球型に近いと思われる。)

以上の様にポロイダル型、あるいは球型と、オレンジ型との組合せにより、どの入射角からの粒子軌道も、同じ条件の電・磁場を通過して、検出器 (MCP) に到達する。この事は、広い視野角でプラズマを観測事が出来るIMSの設計のために、重要であろう。

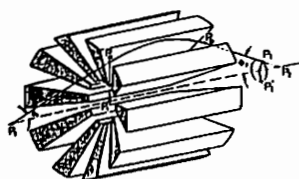


Fig. 1

A multigap spectrometer using several wedge magnets,  
a so-called orange spectrometer.

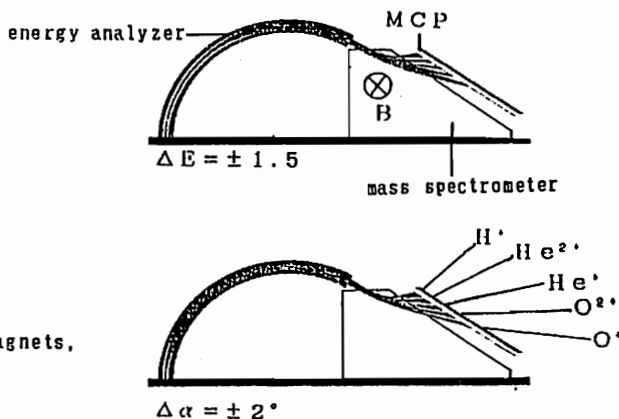


Fig. 2

IMS consisting of a spherical energy analyzer  
and an orange type mass spectrometer.

新型イオン銃の開発

河野祐一, 鶴田浩一郎, 早川基

宇宙科学研究所

DEVELOPMENT OF NEW ION GUN SYSTEM

Y.KOHNO, K.TSURUDA, H.HAYAKAWA

Inst.Space and Astronautical Science

Boomerang technique in low altitude space plasma requires the Lithium ion gun and the Lithium ion detector. One of the improvements of the current ion gun is the Lithium content of an ion source.  $\beta$ -eucliptite currently used contains Lithium only 6 wt.%.  
In order to improve the ion gun, we have been developing a new type of Lithium ion gun, based on a phenomenon that an ionization efficiency of the ion evaporated from the metal surface deeply depends on the difference between the ionization energy of the ion and the work function of the metal surface.

について、イオン銃の寿命が短いのは、イオン銃の電離エネルギーが低いからである。従来のイオン銃は、電離エネルギーが低いイオンを電離して中性原子と中性原子とを混合して、イオン銃の寿命が短いのは、イオン銃の電離エネルギーが低いからである。従来のイオン銃は、電離エネルギーが低いイオンを電離して中性原子と中性原子とを混合して、イオン銃の寿命が短いのは、イオン銃の電離エネルギーが低いからである。

EXOS-Dに搭載されるEF D (電場計測器) は、ブーメランプ法に基づいて、イオン銃の寿命が短いのは、イオン銃の電離エネルギーが低いからである。従来のイオン銃は、電離エネルギーが低いイオンを電離して中性原子と中性原子とを混合して、イオン銃の寿命が短いのは、イオン銃の電離エネルギーが低いからである。

$$\frac{n_i}{n_a} = \frac{g_i}{g_a} \exp\left[\frac{\phi - I}{kT}\right] \quad \text{--- ①}$$

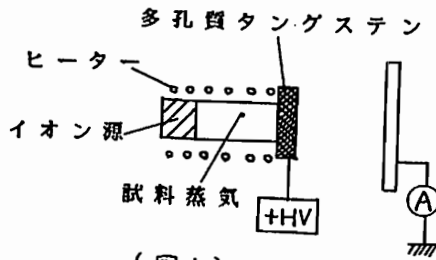
但し、

$g$ : 各種 (イオン源) の状態数

$\phi$ : 電離エネルギー

$I$ : 仕事関数

① 式は、電離エネルギーが低いイオンを電離して中性原子と中性原子とを混合して、イオン銃の寿命が短いのは、イオン銃の電離エネルギーが低いからである。従来のイオン銃は、電離エネルギーが低いイオンを電離して中性原子と中性原子とを混合して、イオン銃の寿命が短いのは、イオン銃の電離エネルギーが低いからである。



(図1)

A Laboratory Evaluation  
of the Magnetospheric Configuration Dependence on Bz

by  
Shigeyuki Minami<sup>1</sup> and S.-I. Akasofu<sup>2</sup>

- <sup>1</sup> Department of Electrical Engineering, Osaka City University, Japan
- <sup>2</sup> Geophysical Institute, University of Alaska, Fairbanks, AK, USA

A simulated magnetosphere formed as an interaction between an intense magnetized plasma flow and a magnetic dipole has been examined as part of a continuing series of investigations. In particular, we are interested in how the solar wind parameters control the formation of the magnetosphere. The first quantitative evaluation was made in terms of the energy coupling relation from the solar wind into the magnetosphere by Minami and Akasofu (1986). The plasma content stored inside the magnetosphere evaluated by the summation of local luminosity indicates a strong IMF Bz dependence.

Here we now focus our attention on the configuration of the simulated magnetospheres with different Bz values taken by time exposure photographs shown in Figure 1 (Minami & Takeya, 1985). Due to an effective trapping of plasma in the magnetosphere, the magnetospheric boundary can be determined clearly. As shown in Figure 2, we define four parameters in evaluating the magnetospheric configuration. "Meridian length" is scaled as a geocentric distance of the cavity boundary crossing the dipole axis. "Cusp length" is scaled as a geocentric distance of the cavity boundary at the cusp latitude direction. The dependence of these scale lengths on the IMF Bz are plotted in Figure 3. A statistical result of cusp latitude made by Newell and Meng (1987) is consistent with our analysis. These experimental evaluations are, in a sense, complimentary to data by actual space observations.

REFERENCES

Minami, S. and Y. Takeya, J. Geophys Res. 90, 9503, 1985.  
Minami, S. and S.-I. Akasofu, Planet. Space Sci., 987, 1986.  
Newell, P.T. and C.-I. Meng, J. Geophys. Res. 92, 9066, 1987.

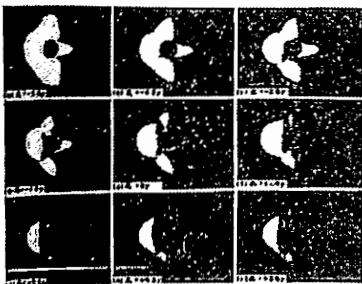


Figure 1

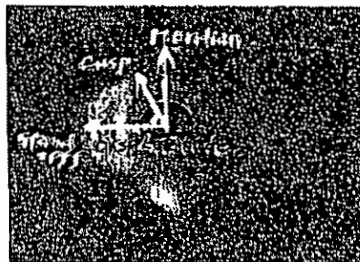


Figure 2

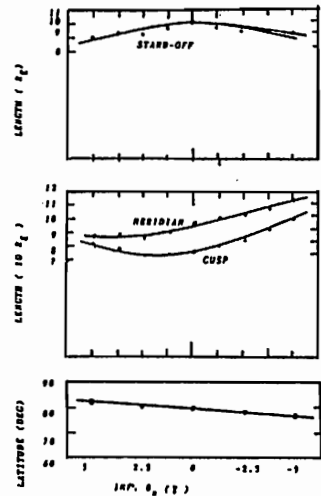


Figure 3



Tsugunobu Nagai

Meteorological Research Institute, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan

Near-earth space is suffered with galactic cosmic rays, solar particles, and trapped energetic particles. These particles not only pose a danger to human beings in space but can also damage instruments on satellites and space stations. The intensity of these particles varies greatly. It would be a great boon if we predict the space environment, making a "space weather forecast" just as we make weather forecasts for the earth. Numerical prediction models, corresponding to general circulation models, will inevitably be developed, but our knowledge of various physical processes in the solar-terrestrial environment is still very incomplete. Therefore some empirical formulas are useful as a first step forward evaluating the predictability of the space environment.

The synchronous orbit is extremely useful for terrestrial applications and it is consequently the most densely populated orbit in space. Large numbers of high-energy electrons are present near this orbit and they show great variability in their flux. The energetic electron (energies greater than 2 MeV) flux exhibits a regular decrease-recovery response to individual substorms on the nightside. When we examine longer term variations in these electrons, it is found that the electron flux changes with geomagnetic activity quite regularly. The electron flux diminishes rapidly in association

with an enhancement of geomagnetic activity (storm) and then increases. The flux becomes higher than the pre-storm level and its peak occurs approximately 4-5 days after the enhancement of geomagnetic activity. These characteristics are presented in Figure 1.

Linear prediction filtering is a powerful method for obtaining input-output relationship. Applying this method to this study, we use the daily sum of Kp as input and the daily average (Log value) of the electron flux as output. The electron flux data are those obtained with GMS-3 in 1984-1985 (433 days). The effect of the diurnal variation in the electron flux can be eliminated by using the daily averages. The impulsive response function is presented in Figure 2. This function form is consistent with what we can envisage on the basis of our observations. Plots of observed electron flux values (this line) and predicted electron flux values (thick line) are presented with daily sums of Kp in Figure 3. It is clearly seen that this formula successfully predicts the electron flux behavior. This method is just a first step towards a complete "space weather forecast", the results are promising enough to indicate that predicting the "weather" of the solar-terrestrial environment is an exciting new enterprise that will yield important benefits to mankind.

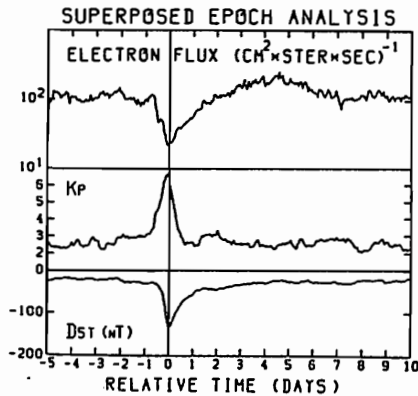


Fig. 1. Superposed epoch analysis for electron flux, Kp, and Dst.

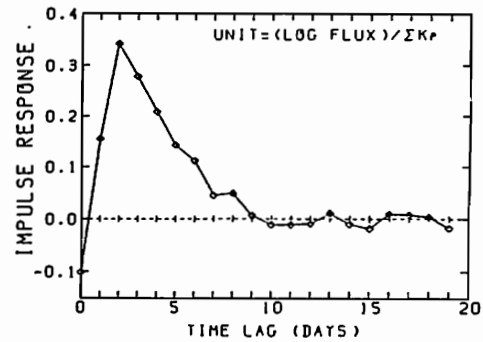


Fig. 2. Linear prediction filter relating Kp to electron flux at synchronous orbit.

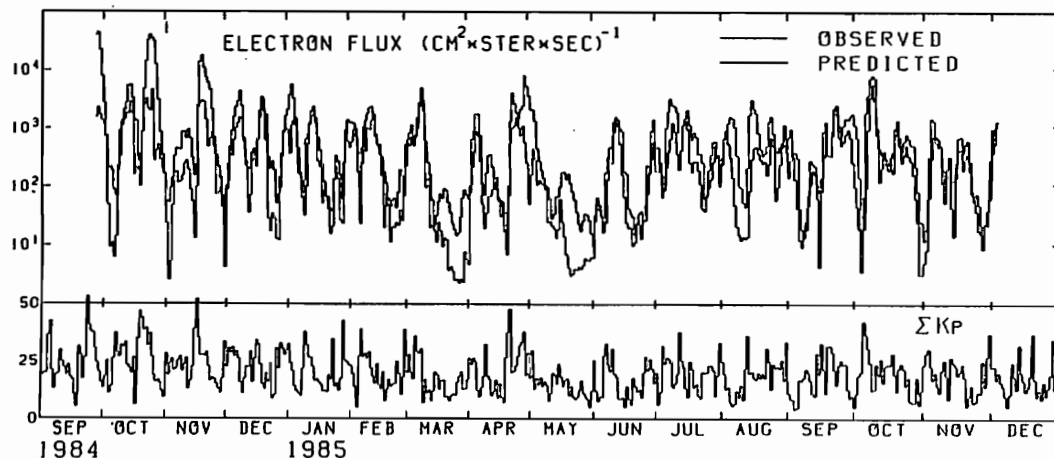


Fig. 3. Comparison of observed electron flux (thin line) and predicted electron flux (thick line). Daily sums of Kp are also plotted.

# II-17 磁気力系電流と DIPOLARIZATION

飯島 健, L.J. ZANETTI, T.A. POTEMRA  
(東大理) (APL/Johns Hopkins)

SUBSTORM-ASSOCIATED BIRKELAND CURRENTS IN THE  
NIGHTSIDE MAGNETOSPHERE

Takesi IJIMA, L.J. ZANETTI AND T.A. POTEMRA  
(GRL/Univ. of Tokyo) (APL/JOHN HOPKINS UNIV.)

We have determined characteristics of Birkeland current system that were observed in accordance with the so-called substorm dipolarization effects in the night side magnetosphere by the AMPTE/CCE magnetometer.

AMPTE/CCE 磁気力計による夜側  
磁気圏 T, サブストームのダイポールポ  
ジションに伴い、顕著な磁気場  
成分変動 (ビルゲランド電流系  
の急変) が観測された。振幅  
15 nT 以上の 5 events が (1) の  
0400 MLT, L=39 の 2.4 RE の  
磁気圏領域に発生) が解析  
された。主として次の通りである。

(1) 東西成分磁場変動 ( $\Delta B_y$ ) はサブ  
-ストーム開始時に (1) の 40-50 分  
先行して急変しはじめた。この変動は  
衛星の inbound, outbound,  
near-apogee に発生する 10 分不変  
である。可成り大部分の  $\Delta B_y$  擾乱  
はサブストーム開始時に最大  
に達し、サブストーム開始  
前には急変しなかった。この開始  
時に振幅変動周期を可成り短くする。

(2)  $\Delta B_y$  擾乱のダイポールポジションによ  
り、Region 1 + Region 2 電流  
系の急変を意味すると思われる。

(3) (1) サブストームに伴い発生  
するビルゲランド電流系は、極域域に  
発生する東西電流系の南北方向成分  
が急速に急変する時に、10 分不変  
に急変を開始する。可成りオー  
ブの電離層電圧伝導度が急増  
しはじめた時期に当る。

サブストームの急変過程を通じて、  
Region 1 + Region 2 電流系が  
この急変電流系と干渉する  
と示唆される。

VI. Source Regions of Large-scale Current Systems

S. Ohtani and S. Kokubun

*Geophysics Research Laboratory, University of Tokyo*

R.C. Elphic and C.T. Russell

*Institute of Geophysics and Planetary Physics, University of California*

It has been generally accepted that field-aligned currents play a significant role in magnetosphere-ionosphere coupling. In our previous study, we have examined field-aligned currents in the plasma sheet boundary layer by using ISEE magnetometer data. Figure 1 shows the magnitude and direction of field-aligned currents observed in the near tail region, projected on the X-Y GSM plane. Earthward and tailward currents tend to be found in postmidnight and in premidnight, respectively, i.e., the distribution is consistent with the region 1 system. It is also apparent that current intensities tend to be greater when the satellite is closer to the earth. This tendency can be ascribed, at least partly, to the convergence of magnetic field lines toward the earth. In the present study, however, we examine the dependence of the current intensity on the radial distance in detail and discuss the characteristics of large-scale field-aligned current systems.

The importance of the distance from the earth in field-aligned current signatures in the magnetotail is explicitly demonstrated in Figure 2, where in situ current intensities are plotted against  $R_{XY} = (X_{GSM}^2 + Y_{GSM}^2)^{1/2}$ . Roughly, it appears that the intensity increases with decreasing  $R_{XY}$  in both cases during geomagnetically disturbed periods (crosses:  $AE \geq 300$ ) and during relatively quiet periods (circles:  $AE < 300$ ). This increase may be partly due to the conversion of the flux tube toward the earth, as mentioned previously. However, the most significant is the difference in the dependence on the radial distance with geomagnetic activities. Although there is no apparent difference in the current intensity in the region  $R_{XY} \geq 15 R_e$  between for  $AE \geq 300$  and for  $AE < 300$ , current intensities during disturbed periods are obviously larger than those during relatively quiet periods in the inner region,  $R_{XY} < 15 R_e$ . The solid curve represents  $J_{\parallel} = \alpha / R_{XY}$ , where  $\alpha$  is the maximum value of  $J_{\parallel} \cdot R_{XY}$  among 38 observations beyond  $17.5 R_e$ . This curve is considered to denote an estimation of maximum current intensity at each distance on the assumption that there was no field-aligned current generated in the near earth region. Furthermore, the dependence on the radial distance as  $1/R_{XY}$ , which roughly

corresponds to the flux tube convergence in the azimuthal direction toward the earth, would cause the overestimation of the current intensity because of the actual field configuration stretched tailward. Nevertheless, there are several points above the curve in the near earth region. All these points were obtained during disturbed periods,  $AE \geq 300$ , while the circles are all distributed below this curve.

The above results lead us to the following interpretations:

1. There are two field-aligned current sources with region 1 polarity: one is in the region  $R_{XY} \geq 15 R_e$ , and the other is nearer to the earth,  $R_{XY} < 15 R_e$ .
2. The distant current source persistently exists and the current intensity is almost independent of the activity of the magnetosphere.
3. The near-earth current source is associated with geomagnetic activities and is dominant in the region  $R_{XY} < 15 R_e$  when the magnetosphere is under disturbed conditions.

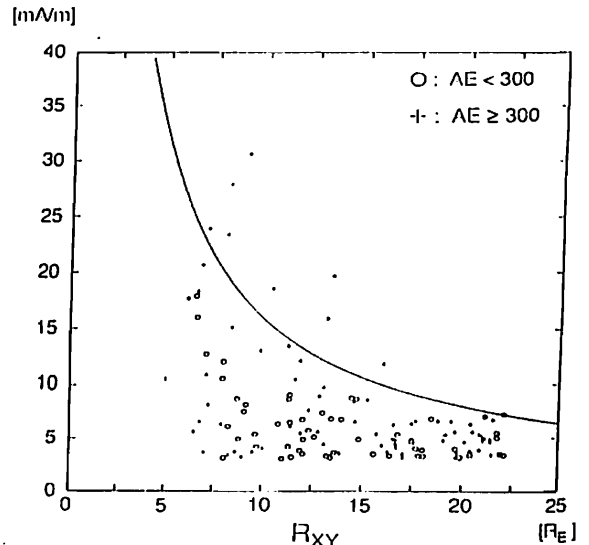
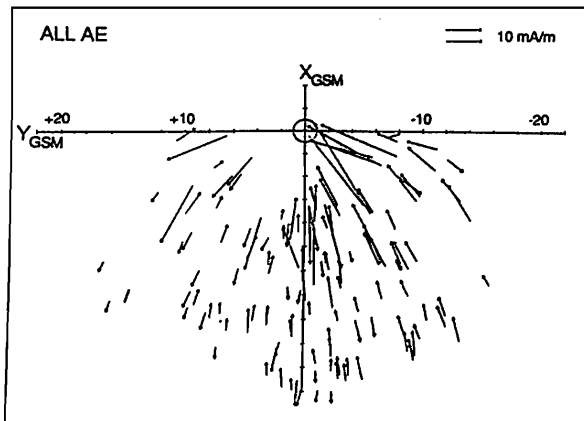


Fig. 2. Field-aligned current intensity versus  $R_{XY}$ . Intensities are in values at the current sheet crossing. The circle and cross represent the current sheet crossing for  $AE < 300$  and for  $AE \geq 300$ , respectively. The solid curve represents  $J_{\parallel} = \alpha / R_{XY}$ , where  $\alpha$  is the maximum value of  $J_{\parallel} \cdot R_{XY}$  among 38 observations beyond  $17.5 R_e$ . This curve is considered to denote an estimation of maximum current intensity at each distance on the assumption that there was no field-aligned current generated in the near earth region.

Fig. 1. The magnitude and direction of the field-aligned currents at ISEE 2 spacecraft in the near tail region, projected on the X-Y GSM plane. Here we have picked up cases with a current intensity larger than  $3.0 \text{ mA/m}$ .

II-19 テールロープの磁力線のつながりかえ  
 によって引き起こされる沿磁力線電流

田口 聡、杉浦 正久(京大理) J. D. Winningham (SRI)

Field-Aligned Currents Caused by the Magnetic Merging  
 on the Tail Lobe Field Lines

S. Taguchi<sup>1</sup> M. Sugiura<sup>1</sup> J. D. Winningham<sup>2</sup>

1. Geophysical Institute, Faculty of Science, Kyoto University  
 2. Southwest Research Institute

Field-aligned currents observed at the highest latitudes during northward IMF have been associated by several authors with the polar cap convection caused by the magnetic merging on the tail lobe field lines. However, field-aligned currents equatorward of them, which are often identified as region 1 currents, have not been associated with this polar cap convection. In this paper, on the basis of the observations by Dynamics Explorer 2, a model is presented in which both of these field-aligned currents are associated with the polar cap convection. This model explains the directions and distributions of field-aligned currents near the dayside cusp. The calculated current densities are also consistent with the observations.

大規模な沿磁力線電流のうちで、カスプ領域周辺で観測されるものは、その流れる向きと分布が感星間空間磁場に強く依存するので、非常に関心が持たれてきている。ここでは、感星間空間磁場が弱い北向きの時に右図のような Dynamics Explorer 2 の観測データによって得られたカスプ領域周辺の沿磁力線電流の流れる向きと分布を解釈することを目的とする。

沿磁力線電流による磁場の変動から電流の領域や向きがわかるが、そのほかにこの磁場変動から電離層のプラズマ対流、ひいては磁気圏のプラズマ対流を知ることができ。この考えに基づいてカスプ領域周辺で観測される沿磁力線電流の磁気圏における生成領域を同定する。その結果、カスプ領域周辺に見られる沿磁力線電流の生成領域は、これまで考えられてきたものと異なっていると解釈される。

従来、感星間空間磁場北向きのときの昼側カスプ付近のもっとも高緯度に見られる沿磁力線電流は、テールロープの磁力線と感星間空間の磁力線とのつながりかえによって引き起こされる磁気圏対流と関係づけられてきた [Potemra et al., 1984, Reiff et al., 1985, Ogino et al., 1985]。しかしながら、その電流の低緯度側の region 1 として同定されてきた沿磁力線電流はほとんどこの磁気圏対流またはポーラーキャップの対流と関係づけられてきていない。我々は、カスプ付近の沿磁力線電流の観測結果を解釈するためにこれらの2つの沿磁力線電流が共にテールロープの磁力線のつながりかえによって生じる磁気圏対流によって引き起こされているという定量的モデルを示す。

このモデルは、感星間空間の磁力線とのつながりかえによって運動量を与えられたテールロープの磁力線が、電気伝導度の良い

電離層で電流回路をほぼ子午面に沿って閉じることによって運動量を失っていく過程を記述する。このモデルによって感星間空間磁場の成分に依存する沿磁力線電流の流れる方向と分布が説明される。さらに、計算された電流強度も、観測された値とほぼ一致することが示される。

このモデルは、地球磁気圏の磁力線が感星間空間の磁力線とつながりかえをおこすときにはいつでも適用できる。従って、弱い北向きの感星間空間磁場以外の状況でも、磁力線のつながりかえが起る場所は異なるがカスプ周辺に見られる沿磁力線電流は基本的にこの過程で説明されると考えられる。

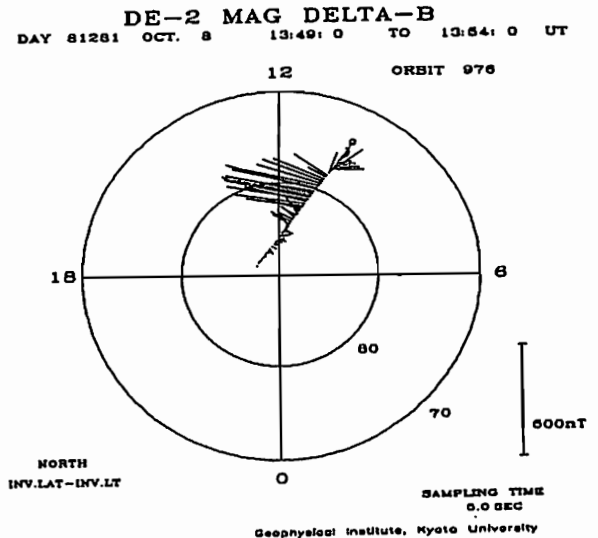


Figure  
 Horizontal magnetic field deviations observed at the northern high latitudes during  $B_z \geq 0$  and  $B_y > 0$ . The INV.MLT.-INV.LAT.coordinate is used.

# Dayside Magnetosphere における 孤立的磁場変動

河野 英昭、大谷 晋一、国分 征、 K.Takahashi  
( 東大理 ) ( APL, John Hopkins Univ. )

## Impulsive Magnetic Variations at Dayside Magnetosphere

H.Kawano, S.Ohtani and S.Kokubun  
Geophysics Research Laboratory, University of Tokyo

K.Takahashi  
The Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory

**Abstract.** Magnetic field surveys in the dayside magnetosphere by AMPTE/CCE have revealed the existence of impulsive magnetic variations mainly on the late morning side. Their time scales are generally 4 to 12 minutes, their amplitude being typically 6 to 16 nT, and 25 nT at most. Some of these impulsive variations detected with AMPTE/CCE are also observed with measurable time delay at synchronous orbit. Correlation analysis indicates that the radial propagation velocity of the impulsive variation considerably differs from the azimuthal velocity. The simple line current model will be used to explain the directional velocity difference.

AMPTE/CCE (遠地点付近、 $r \sim 8 R_E$ )、及び GOES 5, 6 ( $r \sim 6.6 R_E$ ) による昼間側の磁場観測において、孤立的な磁場変動が観測されている ( Fig.1 )。その特徴は次のようなものである。

- ・主に、真昼よりやや午前側で観測される。
- ・継続時間：数分から十数分
- ・磁場変動幅：数 nT から十数 nT
- ・バックグラウンド磁場に対する平行成分、垂直成分に分けた場合、一般に、垂直成分は FTE ( Flux Transfer Event ) と類似の変動を示し、平行成分は single peak の変動を示す。

また、この変動のうち、上述の三衛星のどれからも観測された例も見つかっている ( Fig.2 )。これらの例について相関をとってみると、例えば Fig.2 の場合、GOES 5 に対する観測時間の遅れは、AMPTE/CCE で  $\sim 12 \pm 14$  秒、GOES 6 で  $\sim 126 \pm 30$  秒となっている。このとき、GOES 5 と AMPTE がほぼ動径方向に並んでいる ( table 1 ) ことより、動径方向の情報伝搬速度が概算でき、GOES 5, 6 のデータからは経度方向の伝搬速度が概算できる。求められた概算値は、

経度方向：  $\sim 200$  (  $160 \sim 260$  )  $ka/s$   
動径方向：  $\sim 1000$  (  $450 \sim \infty$  )  $ka/s$

である (動径方向については誤差が大きい)。また、他の例についても同程度の値が得られている。

AMPTE/CCE 86/1/21

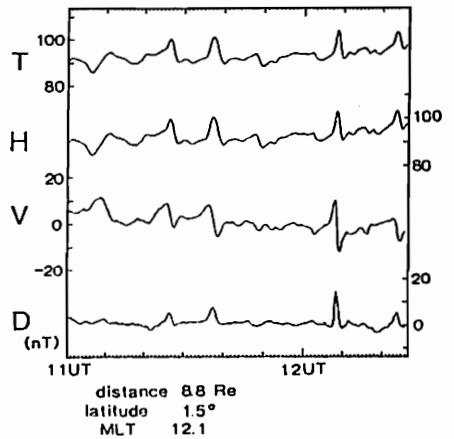


Fig.1

このように動径方向と経度方向で伝搬速度が異なるように見えることに対する説明として、大きく分けて二通りの考え方が存在すると思われる。その一つはプラズマ自身の (小規模の) 集団的運動を考えるもの、もう一つは波動的変動 (プラズマ波動や電磁波動) による伝搬である。前者においては一つの集団が占める領域の空間的拡がりや形状が問題となり、後者においてはその方向依存性及び減衰のスケールが問題となる。

今回考えるモデルは二つのうち前者に属する。すなわち、経度、動径方向ともに有限の拡がりを持った集団が、経度方向に  $\sim 300ka/s$  の速度で運動していると考えられる。波動的変動による高速度の伝搬も存在するが、その波動は距離による減衰が大きい為、遠方では影響が少ないと考える (観測点間の隔たりは、動径方向で  $\sim 1.8 R_E$ 、経度方向で  $\sim 3.9 R_E$  である)。具体的には、磁力線に沿った tube 状の構造の中を電流が流れていると考え、磁場変動はその電流によるものと仮定する。電流の影響による磁場は光速で周囲に広がり、その変動幅は tube からの距離が増えるにつれ減少するので、基本的アイデアと矛盾しない。また、このモデルは実際の磁場の変動の様子を定性的にある程度まで説明できる。今回は、定量的解析の端緒として、簡単なモデル、すなわち、直線電流の等速直線運動、を仮定し、データへの fitting によって、仮定した tube の運動や電流の大きさを求め、それら諸数値の、ひいてはこの単純なモデルの妥当性・有効性を、統計的解析や磁場変動のバックグラウンド磁場に対する平行成分の取り扱いなども含めて考察する。

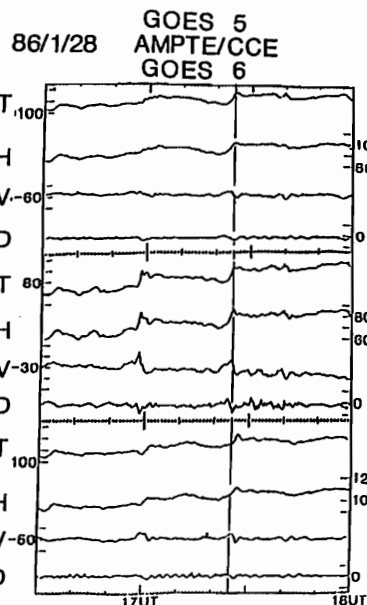


Fig.2

衛星	距離 [Re]	磁気経度 [deg]	磁気緯度 [deg]
GOES 5	6.6	285.8	11.2
AMPTE	8.4	283.2	13.1
GOES 6	6.6	251.5	8.9

Table 1

磁場モデルを用いた磁気圏尾部での粒子のドリフトの計算 — サブストーム時の沿磁力線電流系への応用  
東大理 西谷 望、大谷 晋一、小口 高

Estimation of Particle Drift Velocity in the Magnetotail by Using the Magnetic Field Model: Application to substorm FAC System  
Nozomu Nishitani, Shinichi Ohtani, and Takasi Oguti, GRL (Univ. of Tokyo)

The drift velocity of particle in the magnetotail is calculated by using Tsyganenko & Usmanov external field model plus dipole field. The drift is duskward for ions in the near-earth and dawnward in the region GSM  $X < -14$  Re. This result indicates that Region 2 current system is spatially localized in the near-earth, and the magnetic signatures in the magnetotail is largely affected by the location of satellite relative to this current system.

磁気圏尾部、特に静止軌道上でのサブストームに伴う磁場変動の説明としてはcurrent wedge modelが主流である。しかし、全ての場合に単純なline currentで説明できるわけではなく、疑問も多い。

本講演ではモデル磁場を用いた粒子のドリフト運動から擾乱時の沿磁力線電流系を説明しようとするものである。

計算に使用した磁場はTsyganenko & Usmanovモデル (Tsyganenko and Usmanov, 1982)の外部磁場に地球の双極子磁場を加えたもので、太陽方向に対する双極子軸の傾きは90度とする。粒子をGSM座標系で $Y=0$ ,  $Z=0$ で $X$ をいくつか決めた位置におき、1回のbounce運動の間に $Y$ 方向にどちら向きに運動するか調べた。粒子のドリフト速度は

$$u_{\perp} = -M \nabla B \times \frac{B}{q B^2} + \left( \frac{2 M u_{\parallel}^2}{W^2 q B} \right) ((\text{rot } B)_{\perp} - \nabla B \times B)$$

- M : 粒子の磁気モーメント
  - W : // ジャイロ運動の速度
  - $u_{\parallel}$  : // 沿磁力線方向の速度
- と表される。

図1は $K_p > 3+$ の場合の $(\nabla B)_{\perp} / B$ をX%平

面内でプロットしたものである。+が外向き、-が内向きである。磁気圏尾部において勾配が外向きになっているのがよくわかる。これによる勾配ドリフトのドリフトの方向はイオンで-方向(朝方側)であり、電子は+方向である。これによりイオンと電子の移動によりRegion 1電流系が形成されると期待されるが、実際は曲率ドリフトの影響によりRegion 2の方向に相殺される。図2はピッチ角75度の1 keVのイオンのY方向のドリフト速度をX座標に対してプロットしたものである。X > 8 Reでは双極子磁場の影響が大部分でドリフト速度は(距離)<sup>2</sup>に比例するが、-10 Reを過ぎるところからtail currentの影響で減少を始める。それでも曲率ドリフトの効果で全体としては+方向のままであり、X < -14 Reで初めて-方向になる。

X < -15 Reにおいては、モデル磁場自体の信頼性が欠ける(X < -16 Re, |Z| < 10 Re)のデータ不足による、Tsyganenko and Usmanov, 1982)の細かい議論は不可能だが、この計算の結果言えることは粒子ドリフトで考えた場合Region 2の向きになる空間領域は限られているということである。この電流系の衛星との位置関係により衛星での磁場変動が決まるというのが結論である。

Fig. 1

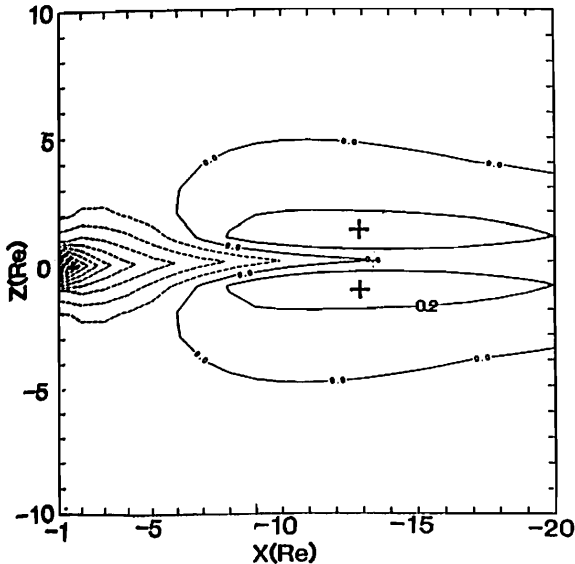


Fig. 1  $\nabla B / B$  versus GSM X and Z. The sign is positive for outward (tailward), and negative for inward (earthward).

Fig. 2

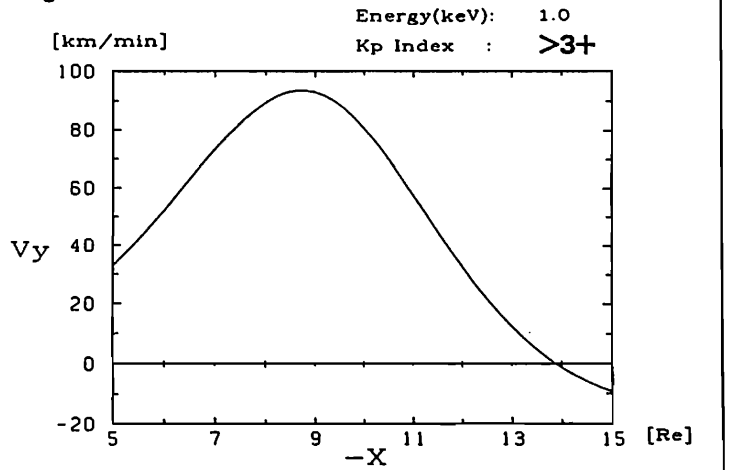


Fig. 2 Drift velocity versus GSM X. The sign is positive for duskward, and negative for dawnward.

An MHD Simulation of the Dynamics of Magnetic Flux Ropes and  
Plasmoids in the Magnetotail

Tatsuki Oginō

The Research Institute of Atmospherics, Nagoya University

We have studied magnetotail dynamics by using a three dimensional global magnetohydrodynamic (MHD) model of the interaction of the solar wind with the magnetosphere. In particular we have modeled magnetospheric dynamics during intervals when the interplanetary magnetic field (IMF) has both a southward and a dawnward component. We have run two cases. In the first model, the IMF initially enters the simulation region with the solar wind flow. Dayside reconnection is followed by tail reconnection in the near-earth plasma sheet and the formation of a plasmoid. The hot plasma is confined by the closed magnetic field lines of the plasmoid. There is almost no  $B_y$  component in the central part of the plasmoid. Late in the simulation a second plasmoid forms. This plasmoid has an enhanced  $B_y$  component at its center and resembles the 'flux ropes' observed in the tail (Elphic et al., Geophys. Res. Lett. 13,648, 1986). In the second case we initially imposed the IMF throughout the system. In this case tail reconnection leads immediately to the formation of a 'flux rope' like structure. This flux rope is smaller than the plasmoid in the previous example and has a large  $B_y$  component at its center. The  $B_y$  component in the 'flux rope' is much larger than that in the IMF. The 'flux rope' grows and propagates tailward as the simulation progresses.

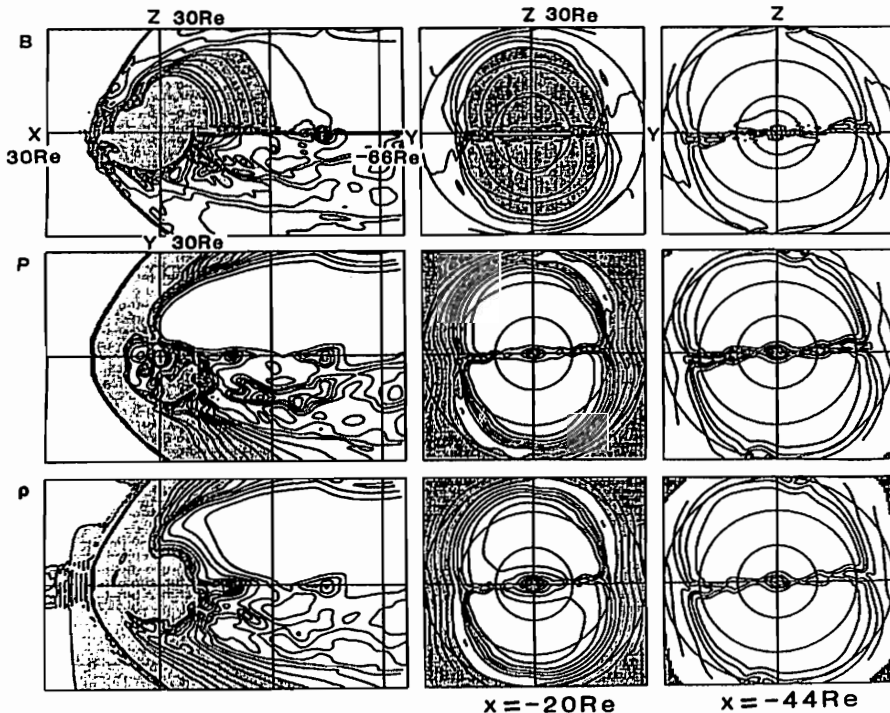


Figure 1. Configurations of the magnetic flux ropes in the noon-midnight meridional and equatorial planes, and the cross sectional patterns in the tail for the second case with an initially imposed IMF, where  $B_y = B_{IMF} \cdot \cos\theta$ ,  $B_z = B_{IMF} \cdot \sin\theta$ ,  $B_{IMF} = 5nT$  and  $\theta = 210^\circ$ . The  $B_y$  component is enhanced up to  $-20nT$  at the center of the magnetic flux ropes.

Heating of Ions by Cyclotron Subharmonic Waves

Toshio Terasawa

Geophysical Institute, Kyoto University

We investigate a subharmonic-resonance interaction process between ions and magnetohydrodynamic (MHD) waves propagating perpendicular/oblique to the average magnetic field. This interaction occurs at the frequencies,

$$\omega - k_{\parallel} V_{\parallel} = \Omega_i / N \quad (N = 2, 3, \dots) \quad (1)$$

Although the possibility of subharmonic interaction was pointed out twenty year ago (Smirnov and Kamenetskii, [1968]), it has not been well explored to the author's knowledge. We have found that this interaction becomes quite effective in strong turbulence ( $\delta B / B_0 > 0.1$ ) such as those found in the magnetosheath and in the storm-time plasma sheet.

近年、MHD乱流による粒子の加速・加熱現象に関する興味が高まって来ている。この興味は、直接的には、彗星の周りや、太陽フレアなどにおける粒子加速現象において、乱流加熱・加速過程が見直されてきたことによる。いうまでもなく、乱流内での粒子の振舞いを理解することはプラズマ物理学の基礎として重要なことである。ただし、いままでの研究で取り扱われてきたのは

$$\omega - k_{\parallel} V_{\parallel} = \pm N \Omega_i \quad (N = 1, 2, 3, \dots) \quad (2)$$

で記述されるサイクロトロン基本波・高調波共鳴の過程に限られてきた。ここで考察するのはこの共鳴とは異なり、(1)式で示したようにサイクロトロン周波数の低調波 $\Omega_i / N$ で起こるものである。

我々がこの過程に注目する理由は次の通りである：乱流の周波数スペクトルは指数が負の巾型であるのが普通であり、乱流エネルギーの主要部分は低周波領域( $\omega < \Omega_i$ )にある。このような低周波の波は熱的なイオン( $V_i < V_A$ もしくは $V_i \approx V_A$ )との間に(2)の共鳴条件を満たすことが出来ないが、(1)の「低調波共鳴」条件を満たすことは出来る。もし(1)の共鳴による相互作用が十分強いものであるのなら、MHD乱流内でのイオンの加熱・加速は従来考えられて来たものよりもずっと容易に起きるものかも知れない。この低調波共鳴の可能性は20年前にソビエトのSmirnovとKamenetskiiによって指摘されていた(JETP, 26, 627-629, 1968)が、以後詳しく検討されたことはないようである。

さて、test particle approachでこの問題を扱うことを考える。先ず、簡単のため、平均磁場 $B_0$ (z方向)に垂直に伝搬する(x方向)磁気音波の場合を考える( $k_{\parallel} = 0$ )。  $B_0$ で規格化した波の強度を**b**とし、また時間をサイクロトロン周波数の逆数によって、速度をアルフヴェン速度 $V_A$ によって規格化すると、運動方程式は

$$\frac{dV_x}{dt} = +V_y [1 + b \cos \phi] + E_x \quad (3-1)$$

$$\frac{dV_y}{dt} = -V_x [1 + b \cos \phi] + E_y \quad (3-2)$$

ここに $\phi = k_{\perp} x - \omega t$ は位相角であり、電場のx,y成分は

$$E_x = \delta k_{\perp} b \sin \phi \quad (4-1)$$

$$E_y = b \cos \phi \quad (4-2)$$

$E_x$ はMHDの $V \times B$ 電場であり、 $E_y$ は周波数がイオン・サイクロトロン周波数に比べ有限であることから出るホール電場である。ここで $\delta$ は電荷質量比 $Q/A$ である。話を簡単にするため重いイオンの極限( $\delta \rightarrow 0$ )を考えてホール電場の効果を見直し、MHDの分散関係 $\omega = k$ (この規格化のもとではこう書ける)を持ち込む。こうして扱うべき式は

$$\frac{dV_x}{dt} = +V_y [1 + b \cos \phi] \quad (5-1)$$

$$\frac{dV_y}{dt} = -V_x [1 + b \cos \phi] + b \cos \phi \quad (5-2)$$

とかける。この式は外部励起項((5-2)の最後の項)を持ったパラメトリック振動の方程式と考えることが出来る。位相角 $\phi$ は $dx/dt = V_x$ より決まる $x$ を含むから、 $V_x \times b \cos \phi$ および $V_x \times b \cos \phi$ の項は非線型性を持つ。このため問題をfullに解くためには数値計算にやらなければならない。

一方、SmirnovとKamenetskiiの扱ったのは $\phi$ の中で $k_{\perp} x$ の項が無視できる場合で、このとき(5)は $V_x, V_y$ について線型となって簡単に解け、共鳴条件を満たす時、イオンのエネルギーは時刻 $t$ の自乗で際限なく増えていく。彼らのような近似をせずにこの問題を解くと、エネルギー増加に伴って $k_{\perp} x$ を無視することが出来なくなり、イオンの感じる波の周波数が共鳴条件からずれて加速が止まるであろう。問題はこの限界がどこに来るかである。もし $k_{\perp} V_x \ll \omega$  (i.e.  $V_x \ll \omega / k_{\perp} \approx V_A$ )で加速が止まるならこの過程は重要なものではない。数値実験の結果を図に示す。図1,2はそれぞれ $k_{\perp} x$ の項を無視した場合と、考慮した場合の $V_y$ の時間発展を示している。(パラメータは $b=0.8, \omega=\Omega_i/10$ )。図2のように $k_{\perp} x$ の項を考慮してもイオンは $10 V_A$ 程度までは加速され、この過程が十分有効なものであることが見いだされた。

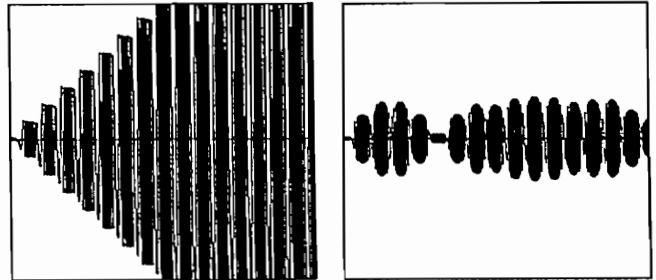


図1:  $k_{\perp} x$ を無視した場合  
図2:  $k_{\perp} x$ を含めた場合  
図1, 2とも横軸は時刻 $t$  ( $0 \leq \Omega_i t \leq 1000$ ),  
縦軸は $V_y$  ( $-30 V_A \leq V_y \leq 30 V_A$ ).

謝辞 計算の一部には大学院生の内藤宏人君の協力を得、また、南浦充宏氏にはSmirnovとKamenetskiiの論文を御教示頂いた。本研究は文部省科学研究費一般(C)62540309の援助のもとで行われた。



# 彗星起源重イオンによる 波動不安定性

小嶋 浩嗣<sup>1</sup> 大村 淳治<sup>1</sup> 松本 紘<sup>1</sup> Bruce T. Tsurutani<sup>1,2</sup>

1. 京大・超高層 2. Jet Propulsion Laboratory, Calif. Inst. Tech.

A Study of Wave Instabilities driven by Cometary Heavy Ions

Hirotsugu KOJIMA<sup>1</sup>, Yoshiharu OMURA<sup>1</sup>, Hiroshi MATSUMOTO<sup>1</sup>,  
and

Bruce T. Tsurutani<sup>1,2</sup>

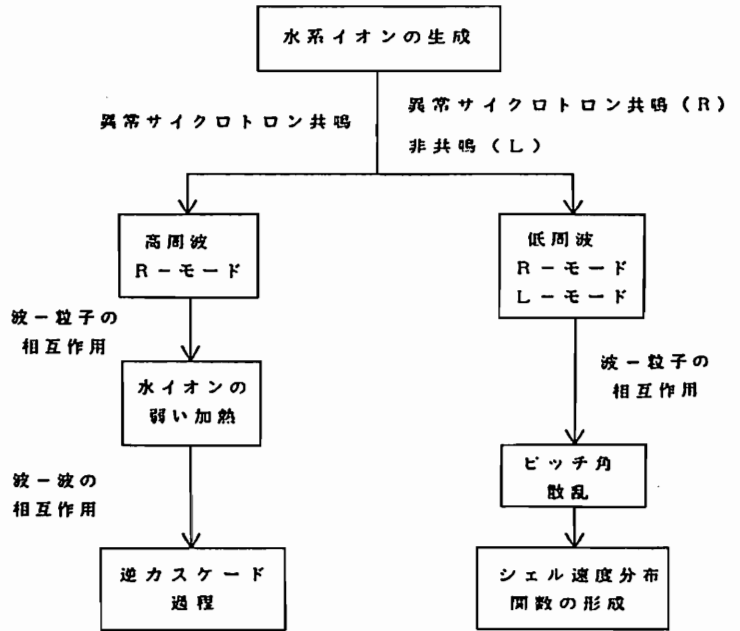
1. Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University  
2. Jet Propulsion Laboratory, Calif. Inst. Tech.

We have discussed the plasma wave instabilities driven by cometary heavy ions in the previous presentations. In the linear dispersion analysis, we have clarified several unstable modes. By hybrid code computer experiments, we have shown (1) the inverse cascading process of the excited high frequency R-mode and (2) the formation of the shell-like velocity distribution function by the low frequency R- and L-mode instabilities.

Based on the previous results, we present a theoretical analysis.

マにの線づなり、周るドクす加低る一す  
ズ川そはイ行回いよーベ川のよモキ、成  
ラ作び々ハを々高にケス作ン方、に鳴働形  
プ互及我び験前、鳴スの互オ一鳴共にを  
風相性、及実、り、共カそ相イ、共非効造  
陽の定て、算機回、まン逆にと水ず、ンび有構  
太ン安い計算前つ口、数ン、せ口よにル  
のオ不つの計は、トは、波オで、与トお化エ  
でイのに率る果た。ロド周イみ寄ロド熱シ  
傍重動用長よ結しク一い水のどク一のて  
近系波作成にの告イモ低、聞んイモンい  
取水マ互るドそ報サ一、し、初とサ一オお  
彗源ズ相よ一、で常ラリ、行くほ常ラライにお  
起ラのにコた。演興スよ移ご、異ス水間  
星ブと折下き講のッにはは、のッ、空  
とよ粒形りつ<sup>2</sup>、波ホ過トる熱周ホド速る  
更みにエのに一

のような影響を与えるのかについても述べる。



Summary of the processes involved in the evolution of wave-particle and wave-wave interactions

### 参考文献

1. 小嶋 他、第 8 1. 回 S G E P P S、講演予稿集
2. 小嶋 他、第 8 2. 回 S G E P P S、講演予稿集
3. H. Matsumoto et al. PROCEEDINGS OF CHAPMAN CONFERENCE, 26-29, 1987

小島正宜、柿沼隆清  
(名古屋大学)

ACCELERATION OF THE SOLAR WIND OBSERVED BY IPS AT HELIOCENTRIC DISTANCES  
FARTHER THAN 0.1 AU - II

M. Kojima and T. Kakinuma  
The Research Institute of Atmospherics, Nagoya University

We studied radial distance dependence of the solar wind speed on the basis of IPS observations. Data obtained in a high speed stream of  $V > 600 \text{ km/s}$  are plotted in Figure 1, and Figure 2 is for a low speed stream of  $V < 400 \text{ km/s}$ . It is clearly seen that the solar wind in the high speed stream is getting acceleration at 0.1 to 0.3 AU. This implies that, if a MHD wave is contributing the solar wind acceleration, its damping rate is small and can propagate long distance only in the high speed stream.

88年秋期学会で、電波星の惑星間空間シンチレーション観測を基に、太陽風の立体構造が太陽からの距離に対してどのように変化するかを示した。高緯度においては、0.1AU以遠においても太陽風加速が続いており、0.3AU以内と以遠では200 km/s以上の速度差が存在し、低緯度帯の太陽風は0.1AU以内でその加速が終了し0.1AU以遠ではほぼ定速流となっていた。この特徴は1984から1987年の各年のデータに見られた。この結果は、0.1-0.3AUで観測されたデータと0.3-1AUで得られたデータをそれぞれ平均し比較することにより得られた。我々はさらに、高速流と低速流のそれぞれに於いて、太陽風速度の距離依存性を調べたので報告する。0.3AU以内では高速風流の速度も太陽に近づくと共に減り、速度分布からのみでは高速流と低速流を区分することは難しいが、0.3AU以遠においては速度は、ほぼ一定となり高速風領域と低速風領域を区別することは容易である。そこで、まず0.3AU以遠で得られたデータのみを用い太陽赤道座標上に速度分布図を作る。この速度図上で、 $V > 600 \text{ km/s}$ の緯度・経度領域において観測されたデータを距離に対しプロットしたのが図1である。図2は、同様に $V < 400 \text{ km/s}$ の領域に対し速度をプロットしたものである。図においてデータは大きなばらつきを見せているが、0.1-0.3AUの間で高速風は低速風より大きな加速を受けていることが明らかである。

コロナホールからの高速風をバーカーモデルで説明することは困難で、MHD波による加速が考えられている。われわれの解析結果は、MHD波による加速があるとすれば、それは太陽極く近傍において終了するのではなく、かなりの長距離に亘って加速が継続していることを意味する。したがって、加速に寄与するMHD波は、コロナホール中では、減衰が少なく、加速効率はあまり良くないために十分な加速を得るには長距離を要する。そして、低速風中では、このMHD波は長距離伝播をすることができない。

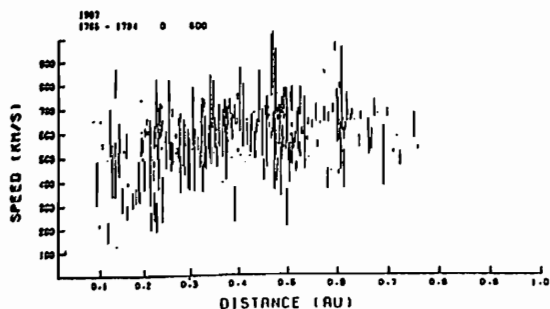


Fig. 1

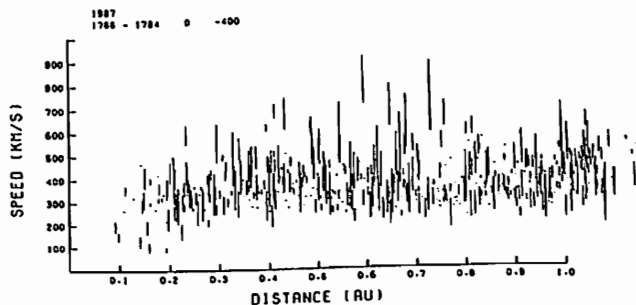


Fig. 2

# II-26 太陽風-磁気圏の相互作用によるMHD発電とその交流(A-C)効果(I)

渋谷仙吉  
山形大理

THE SOLAR-WIND MAGNETOSPHERE INTERACTION AS AN MHD DYNAMO AND ITS A-C EFFECT (I)

S. Shibuya

Faculty of Science, Yamagata University

The dynamical penetration mechanism into the earth's magnetosphere causes an MHD (D-C) dynamo (e.g. Willis, 1971; Akasofu, 1974). In this mechanism, we infer the inertial force acts as an inertial drag on the solar wind plasmas. In this report we calculate and discuss the effects of a pulsating current in the low-latitude boundary layer which is induced by an A-C dynamo, which is added a time-dependent term to the term of a D-C dynamo.

Dungey (1961) によって初めて磁気リコネクションが提唱されて以来、太陽プラズマが磁気圏に流入するメカニズムとして惑星周空間磁場と地球磁場とのリコネクション(磁力線再結合)の研究が強力に進められている。これは磁束凍結、磁力線の運動を前提とした場の考えに基づくもので、オーロラサブストーム説として最有力候補とみなされている。しかしそれがどこでどのように起きているか、定常的に起きているのか衝動的に起きているのかなど問題もまだ多く残されている。

太陽プラズマ流が磁気圏に流入するメカニズムとして、粒子的又は電流的な立場からもう一つ考えられている。それは太陽プラズマが直接、磁気圏境界層に侵入する(Willis, 1971)のもので、起電力が発生することから発電説(=ダイナモ説)と呼ばれ、オーロラサブストーム説としてAkasofu (1974, 1981)が中心となって述べている。この侵入において慣性力が太陽プラズマの慣性ドラッグとして作用するものと考えられる。

最近発見されたマグネトポーズ内側のプラズマ境界層(プラズママントル)の存在、極軌道衛星による鉛磁力線電流や高緯度電場データにIMFに関係なくほとんど定常的にみられるようなオーロラゾーンへの電流の流入パターン、また定常的な磁気圏対流などは太陽プラズマ流が磁気圏境界層にいつも電磁作用を及ぼしている事を示している。

このように、従来のダイナモ説はいろいろな研究者により、地球磁気圏のいろいろな位置で、いろいろなモデルで考察されているが、太陽風エネルギーの大部分を占める力学的エネルギーを電気エネルギーに定常的に変換するものであり、直流(D-C)ダイナモと呼ばれるものである。

ところで、Akasofuの実験式:太陽風-磁気圏のエネルギー結合関数 $E(t) (= v B^2 \times \sin^4 \frac{\theta}{2} \cdot R_e^2)$ が時間の関数になっている事からもわかりますように、ダイナモ説において時間的変動項が大事な要因となっている事は明らかである。

そこで、本論文では、この直流(D-C)ダイナモに、特に時間的変動項を加えた交流(A-C)ダイナモが磁気圏での程度効果があるかを定量的に扱ってみた。具体的には、低緯度磁気圏境界層の朝側に、Sonnerup (1980)が導入した直流(D-C)ダイナモモデルを基に簡単化したモデルを作り、磁気圏境界層内に侵入したプラズマ速度が時間的に変動することにより誘起される脈流(A-C)電流を、Boundary Crossing形によって計算し、その得た結果について考察する。

## 参考文献

Sonnerup, B.U.Ö., J.G.R., 85, 2017, 1980.

# Quantitative Analysis of Turbulent Fluctuations in the Magnetosheath

T. Higuchi and S. Kokubun  
 Geophysics Research Laboratory,  
 University of Tokyo, Tokyo 113, Japan

C. T. Russell  
 Institute of Geophysics and Planetary,  
 University of California, Los Angeles, California 90024, U.S.A.

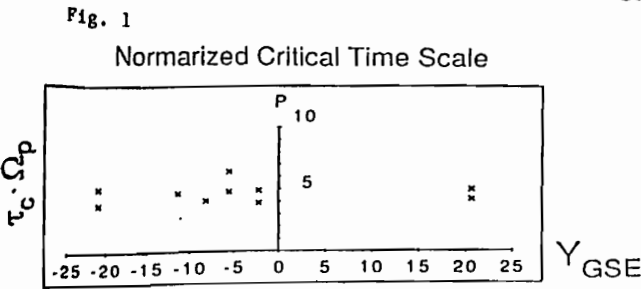
R. P. Lepping  
 Laboratory for Extraterrestrial Physics,  
 NASA/Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Maryland, 20771, U.S.A.

**Abstract.** The irregularity of turbulent fluctuations both in the Earth's, Jovian and Saturnian magnetosheaths is quantitatively examined by using a new technique on the basis of the fractal concept. The fluctuation in the magnetosheath shows the different behavior across the characteristic time scale of 5~6 times as long as the period of the proton gyration in the satellite frame. The characteristic time scale normalized by the proton gyro-period is found to be almost common to three planets in this study. As for fluctuations within the time scale less than the characteristic time scale, the anisotropy between the transversal components and the components parallel to the mean magnetic field is eminent in the dawn sector, but not seen in the dusk sector.

マグネトシースで観測される磁場変動は、その平均値に対する deviation が非常に大きく ( $\delta B/B = 1 \sim 3$ )、またその乱れの性質は時間と共に激しく変化し、連続的なスペクトル構造を持つ乱流的現象を示す事か数多くの人工衛星観測によって明らかに成っている。地球磁気圏と惑星空間磁場の境界領域のマグネトシースで起こっている物理メカニズムの理解は、太陽風からのエネルギーの流入過程を考える上で、又プラズマ物理の観点からも重要であるにもかかわらず、その変動の定量的解析はさうに及ばず定性的な説明も明確にされていない。今回、87年の学会で発表した手法を用いてISEE1&2及びVoyager1&2で観測されたマグネトシースの磁場変動の定量的解析を行った。従来の乱流解析には理論からの要請からハワースベクトル解析が一般的に行われ、スペクトルが Power Law ( $P(f) \propto f^{-\alpha}$ ) に従うときその Power Law Index  $\alpha$  をもって乱流の性質が記述されてきた。しかしマグネトシースで観測される磁場変動はその性質が短い時間 (5~6分) で変化するため、安定した Power Law Index を得るためには長いサンプリング時間を必要とするパワースペクトル解析はマグネトシースの磁場解析には適当でない場合が多い。この問題点に於て、フラクタル解析の有効性が示されている (参考文献1)。解析の結果以下の事が明らかになった。

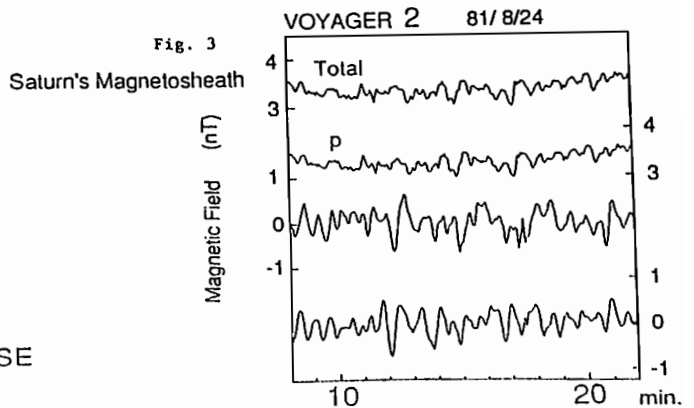
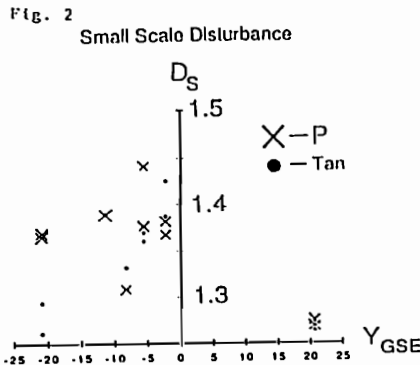
(1) マグネトシースの磁場変動はプロトンのシャイロ周期の4~6倍の時間スケールより短い変動と、それよりも長い時間スケールの変動でその性質が変化する。図1はその乱れの性質が変化する時間スケール ( $\tau_c$ ) をプロトンのシャイロ周期 ( $1/\Omega_p$ ) で規格化した量 ( $\tau_c \Omega_p$ ) を、変動が観測された時の人工衛星の位置 (GSE座標系のY軸) に対してプロットしたものである。図に示したのは平均的な磁場に平行な成分の  $\tau_c \Omega_p$  である。 $\tau_c \Omega_p$  の値は観測された位置に依らずほぼ一定であることを示している。

(2)  $\tau_c$  より短い時間スケールの磁場変動の乱雑さを示す量 - Small Scale Fractal Dimension ( $D_s$ ) - を縦軸に、横軸には図1と同様にGSE座標系のY軸をとったものか対2である。1次元時系列の場合フラクタル次元は  $1 < D < 2$  の値をとり2に近いほど変動はIrregularである。x印は平均的な磁場に平行な成分、・印は平均的な磁場に垂直な1成分 (モデルシヨック面に平行) を示している。Dusk側では磁場の乱れは等方的であるが、Dawn側では異方性が顕著である。1に近いDusk側のフラクタル次元は、Dusk側の磁場変動は非常に滑らかである事を示している。Dawn側の磁場変動は磁場に垂直な成分は滑らかであるが、平行な成分には  $\tau_c$  より短い時間スケールに細かい fluctuation が存在している。



以上(1)、(2)と同じ結果がVoyager 1 & 2の本星、土星のマグネトシースの磁場変動の解析から得られた。図3にVoyager 2によって土星のDawn側のマグネトシースで観測された磁場変動を示す (Pは平均的な磁場に平行な成分)。20秒より短い時間スケールの fluctuation は磁場に垂直な成分の変動は滑らかな linear に近い増成であるが、磁場に平行な成分には細かい fluctuation が見られる。20秒より長い時間スケールでは磁場に垂直な成分は wave-like な変動である (ただし周期は一定でなく位相も絶えず変化している)。この変動の性質が変化する時間スケール (約20秒) は地球のマグネトシースと同じくプロトンのシャイロ周期の4~6倍である。地球、木星及び土星に共通な時間スケールはマグネトシースで起こっている物理過程の解明に重要な量であると思われる。

参考文献1: Higuchi, T., Approach to an irregular time series on the basis of the fractal theory, *Physica D* in press, 1988.



# マグネトポーズに於けるケルビン・ヘルムホルツ不安定：太陽風速度依存性

三浦 彰  
東大理

KELVIN-HELMHOLTZ INSTABILITY AT THE MAGNETOPAUSE: DEPENDENCE ON THE SOLAR WIND SPEED

Akira Miura

Geophysics Research Laboratory, University of Tokyo

Dependence of the K-H instability and its effective viscosity on the solar wind speed is investigated by a 2-D MHD simulation for a realistic model of the magnetopause. The subsolar region of the magnetopause is stable by the large magnetic tension force. The effective viscosity by the K-H instability becomes small in the far downstream of the magnetopause by the large compressibility. The dawn and dusk magnetopauses are most unstable to the K-H instability and most viscous by the instability.

太陽風プラズマの流束と磁気圏プラズマの間の速度シアーによつて生ずるK-H不安定は粘性相互作用に於ける粘性の役割を果たすと考えられ、その理解は磁気圏対流の駆動機構を明らかにする上で重要である。著者は磁場・プラズマの不均一性を考慮に入れたマグネトポーズのモデルに対してK-H不安定のMHDシミュレーションを行なつたが、今回はマグネトシースのアルフベンマッハ数 $M_A$ と音速マッハ数 $M_S$ に対する不安定と不安定による有効粘性の依存性が明らかになった。

マグネトポーズのモデルとして磁気圏側では磁場はシースの流束の速度に垂直で $\beta = 0.2$ とし、シース側では磁場は流束と平行な成分のみを持つと考える。このモデルではシースの流束はシースに於ける流れの $M_A$ と $M_S$ によつて特性づけられる。

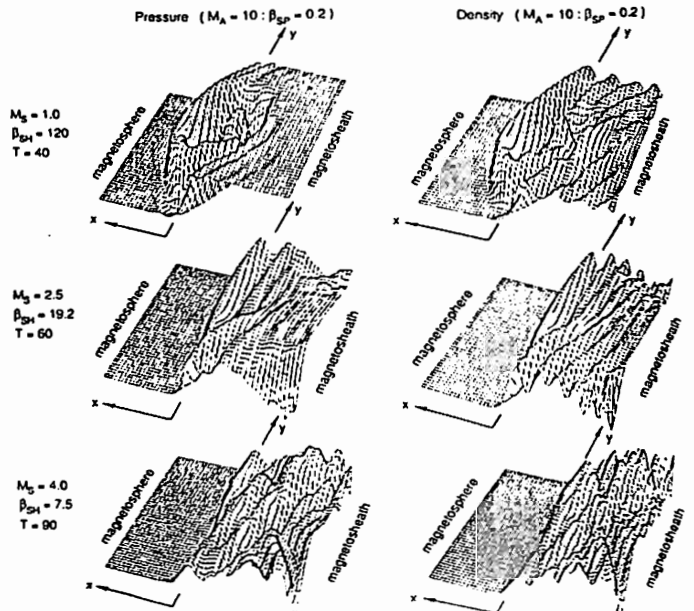
最初に $M_S = 1.0$ とし $M_A$ に対する不安定の依存性を調べる。 $M_A$ が $\approx 2$ より小さい状態ではシースの磁力線の張力が大きく不安定は起こらない。 $M_A$ が $\approx 2$ を越えるとマグネトポーズは不安定となりその成長率は $M_A$ の増大と共に大きくなる。有効粘性係数も $M_A$ の増大と共に大きくなり、 $M_A = 5$ で一定値に到達する。

次に $M_A = 10$ とすると不安定の成長率と有効粘性係数は圧縮性のために $M_S$ の増大と共に小さくなる。Fig. 1は三つの異なる $M_S$ に対する圧力と密度の分布を示し、 $M_S$ が大きくなるとマグネトシース側で圧縮波が顕著になることがわかる。

なることわかる。

以上の結果からK-H不安定が起こる為にはマグネトシースの流束の速度があるしきい値を越える必要がありマグネトポーズのよどみ点付近は不安定になりにくく、一方マグネトポーズのよどみ点下流側では圧縮性の為により有効粘性係数は小さくなることわかる。従つて、朝方、夕方付近のマグネトポーズでK-H不安定は最も不安定となり大なる有効粘性が生ずると考えられる。

Fig. 1 Pressure distribution (left) and density distribution (right) of the saturation stage of the K-H instability for three different sound Mach numbers.



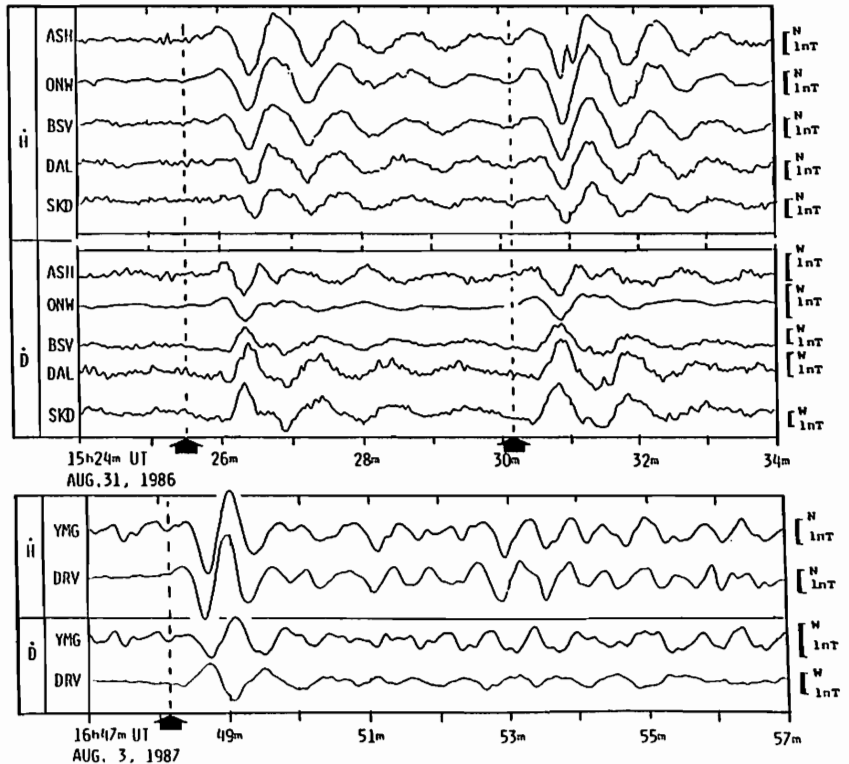
K. Yumoto, T. Saito, T. Tamura; Onagawa Magnetic Observatory, Tohoku University.  
Y. Tanaka, M. Nishino; Research Institute of Atmospherics, Nagoya University.  
M. Kunitake, K. Nishimuta, H. Mitsudome; Yamagawa Obs., Radio Research Laboratory.

In order to establish generation mechanisms of low-latitude magnetic pulsations, we carried out the magnetic conjugate observations at Asahikawa (ASH;  $\lambda=142.20^\circ$ ,  $\phi=43.97^\circ$ ,  $L=1.55$ ) and Onagawa (ONW;  $141.48^\circ$ ,  $38.43^\circ$ ,  $1.30$ ) in Japan, and at Birdsville (BSV;  $139.33^\circ$ ,  $-25.83^\circ$ ,  $1.55$ ), i.e., the conjugate point of ASH, Dalby (DAL;  $151.20^\circ$ ,  $-27.18^\circ$ ,  $1.56$ ) and St. Kilda (SKD;  $138.50^\circ$ ,  $-34.70^\circ$ ,  $2.11$ ) in Australia during the period from 20 July to 16 September, 1986, and further at Yamagawa (YMG;  $130.62^\circ$ ,  $31.20^\circ$ ,  $1.19$ ) in Japan and at Daly River (DRV;  $130.72^\circ$ ,  $-13.76^\circ$ ,  $1.19$ ) in Australia during the period from 20 July to 24 September, 1987.

From the analysis of these conjugate-area data, polarization characteristics of low-latitude Pi 2 pulsations can be summarized as follows;

- (1) The phase relation between H-component Pi 2 signals shows an in-phase oscillation in the both hemisphere, while that of the D-components shows an out-of-phase oscillation at northern and southern stations as shown in the figure.
- (2) At lower latitudes ( $L \lesssim 1.3$ ) polarizations in the H-D plane switch statistically from right-handed in the pre-midnight to left-handed in the post-midnight, where the polarization senses are defined with reference to the direction of the main geomagnetic field. Whereas at higher latitude ( $L=2.1$ ) left-handed polarizations predominantly appear in the midnight sector.
- (3) At lower latitudes more clearer changes in the polarization ellipse in the northern (southern) hemisphere maintain a primarily NE-SW (NW-SE) orientation in the pre-midnight to NW-SE (NE-SW) orientation in the post-midnight sector.
- (4) The horizontal amplitudes of the Pi 2 pulsations at SKD, BSV, ONW, and ASH were a weak function of the geomagnetic latitude.

These observational facts suggest that low-latitude Pi 2 magnetic pulsations on the ground can be considered to be caused by an ionospheric Pedersen eddy (source free) current induced by the inductive electric field of magnetosonic Pi 2 source waves in the inner magnetosphere.



AMPTE/CCE SATELLITE OBSERVATIONS OF P1 BURST IN THE NEAR-EARTH  
MAGNETOTAILSakurai. T<sup>1</sup>, S. Kokubun<sup>2</sup> and K. Takahashi<sup>3</sup>

1: Department of Engineering, Aeronautics and Astronautics, Tokai University

2: Geophysics Research Laboratory, Tokyo University

3: The Johns Hopkins University, Applied Physics Laboratory

P1 burst accompanied with large-amplitude, irregular oscillations was observed in association with substorm expansion onset in the near-earth magnetotail by the AMPTE/CCE satellite, which has a small inclination of 4.8° and an apogee of 8.8 Re. The P1 bursts which began abruptly were observed at the satellite on almost all substorm events studied and the bursts occurred near estimate time of substorm onset which was identified with onset of ground-based P1 2 pulsation at Syowa station. The events were studied when the satellite and Syowa were located in the same magnetic local time sector from 1900 to 0300 MLT.

Concurrence of onset between them is quite good. Occurrence probability of almost simultaneous onset, time lag less than one minute, attained about 40 % of 110 events studied during two months of May and June, 1985. The events appeared almost simultaneously showed astonishingly quite similar oscillation form between the satellite and the ground. The occurrence probability became smaller with increasing of time lag. However, for about 30 % of the events studied the time lag exceeded more than five minutes. This larger time lag might be due to ambiguity of onset of P1 burst in the magnetotail and /or P1 2 pulsations at the ground-based station, Syowa.

All of the P1 bursts observed in the magnetotail accompanied principally compressional oscillations. There was also transverse component. From examination of oscillation form, the events can be divided into three types. The first is a large-amplitude oscillations superposed with a large-amplitude, high-frequency activity. The second is unaccompanied by the high frequency activity. Both types have a significant compressional component. The third is a pure transverse oscillation. The pure transverse oscillation is quite rare, while the compressional oscillations occur during almost every substorm.

The compressional oscillations occurred in association with abrupt development of dipolarization of magnetic field at substorm onset and lasted about five or seven minutes. Immediately after termination of the large-amplitude, high-frequency oscillations the longer-period compressional oscillations took place and continued about 10 or 20 minutes. The large-amplitude oscillations accompanied DC-field perturbations in azimuthal component, which appeared as a development of substorm-associated, field-aligned currents.

— Pi 2 の場合 —

北村泰一、古賀清一、坂 翁介、下泉政志(九大理)、荒木 徹(京大理)、

小口 高(東大理)、石塚 睦、オスカー・ヴェリス(ワンカヨー観測所)  
Satellite-Ground Propagation of ULF

- Pi 2 Case -

T.KITAMURA, K.KOGA, O.SAKA, M.SHIMOIZUMI (Kyushu University),  
T.ARAKI (Kyoto University), T.OGUTI (University of Tokyo),  
M.ISHITSUKA, O.VELIZ (Observatorio de Huancayo).

A detailed satellite-ground relationship of Pi2 wave was examined, by using Goes 5,6 and Huancayo, Garoua, Syowa and other ground data. It was found that (1) Many cases of Pi2 event were found to correspond between ones on the satellites and on the ground. Quite often, the peak to peak correspondences were able to confirm between them. (2) In general, it takes 40-70 seconds to propagate from the satellite to the ground.

地表のULFと衛星高度のそれとは、従来、マクロな意味での対応は明かにされているが、ミクロな意味での対応はまだ明かではない。

今回は特にPi2に焦点を絞り、可能な限りミクロな観点から、衛星-地上対応を調べてみた。

使用したデータは、1985年12月から1986年2月にいたる3ヶ月のGOES5、6とワンカヨーのものである。特にGOES5(西経74度)はワンカヨー(西経75度)と同経度であるので比較するのに好都合である。

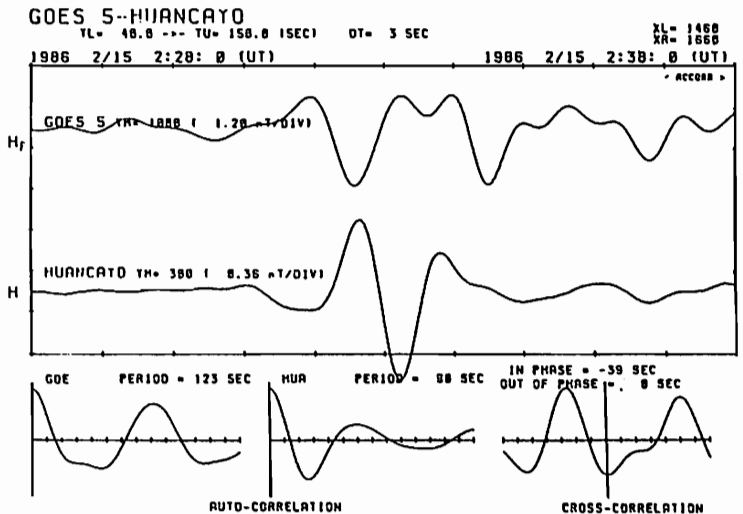
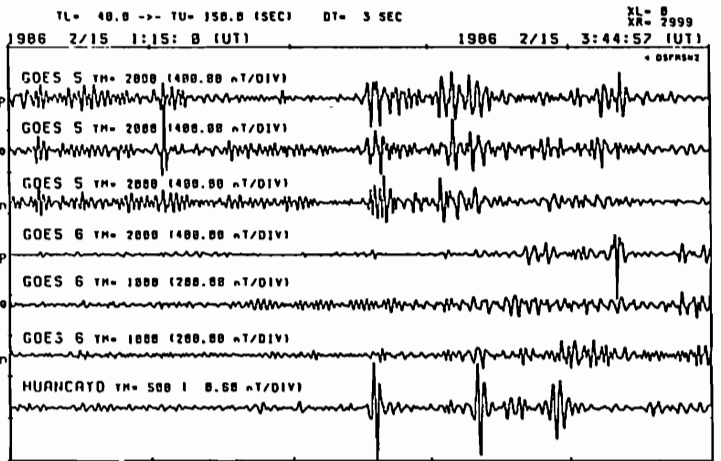
その特徴を述べると、

- (1) 衛星から地上(赤道域)までの伝搬時間は、ほぼ40秒から70秒である。
- (2) GOES5と対応があってもGOES6とは対応が無い場合(またはその逆)がある。このことは、よく知られているように、Pi2が、衛星高度ではそれほど局在的なものであることを示す。
- (3) 高緯度(昭和基地)にも、これに準じた所要時間でPi2が到達する。ただし、赤道域の観測点との間には数秒から数10秒の時間差がある。これは、高緯度のPi2はアルヴェーン波、赤道域のそれは磁気音波(前回または前々回の講演)であることを考えると、これは自然な時間差であると理解される。
- (4) 成分によって、到達時間が異なるか否かという問に対しては、『あまり変わらない』。
- (5) 衛星と地上データの間、peak to peakの関係すら明瞭なものがある。

衛星高度では、地上Pi2と衛星高度でのPi2の対応がよいのは、大体衛星が真夜中付近に位置する場合である。このことも、衛星高度ではPi2は非常に局在化していることを示す。一方、地上赤道域では24時間Pi2が観測され、しかも、 $m \approx 0$ が成り立っている(今までの講演)。このことは、 $m \approx 0$ を成り立たせる機構(グローバルな共鳴機構)は、静止衛星のかなり内側にあることを教える。

Upper Figure

Comparison of Pi2 observed on GOES 5,6 and at Huancayo. The first upper three traces are Hp, He and Hn components of GOES 5. Next three traces are those of GOES 6, and the bottom trace is H at Huancayo. Pi2 is clear in the middle of each traces, except GOES 6.



Lower Figure

The time expanded figure(10 min) of the Pi2. Bottom three figures show, from left, auto correlation of GOES 5 and Huancayo. The cross correlation is shown in the right. The phase of GOES 5 appears 39 seconds in advance from that of Huancayo.



Observational results of a short-period hydromagnetic wave  
(Pc 1) at the low-latitudes and theoretical interpretations

M.Kuwashima ,S.Fujita ,M.Kawamura ,T.Toya ,  
Y.Sano and T.Owada

1 Kakioka Magnetic Observatory, Kakioka Ibaraki 315-01, Japan

2 Department of Physics, University of Denver, Denver, CO, USA

3 Meteorological College, Kashiwa, Chiba 277, Japan

4 Japanese Meteorological Agency, Chiyoda, Tokyo 100, Japan

It is generally accepted that Pc 1 pulsations injected into a high latitude ionosphere propagate to a low latitude region via an upper ionospheric duct. Observational works on Pc 1 pulsations at the Japanese observatory network (Kuwashima et al.,1981) have revealed many important characteristics, which are

- (1) Diurnal, seasonal and solar cycle variations on Pc 1 occurrence.
- (2) Attenuation of Pc 1 waves in the course of duct propagation along the geomagnetic meridian and off-meridian.
- (3) Close relationships between the Pc 1 occurrence and the development of the storm time ring current.

In ionospheric duct propagation, the Pc 1 waves are attenuated through various energy loss mechanisms, which are the Joule loss, the Poynting loss and others. Those energy loss mechanisms have been clarified by Fujita(1987) theoretically based on the realistic model ionosphere( the International Reference Ionosphere model). The purpose of the present paper is to summarize the observational and the theoretical results on Pc 1 pulsations which have been carried out at the Japanese observatory network for about twenty years since the first paper by Kawamura(1970).

Kawamura,M.: Geophys. Mag.,35, 1, 1970.

Kuwashima,M. : Mem. Natl. Inst. Polar Res., 18, 101, 1981.s

Fujita,S. : Planet. Space Sci., 1, 91, 1987.



# II-34 電離層高度での小規模磁場擾乱と U L F 波動

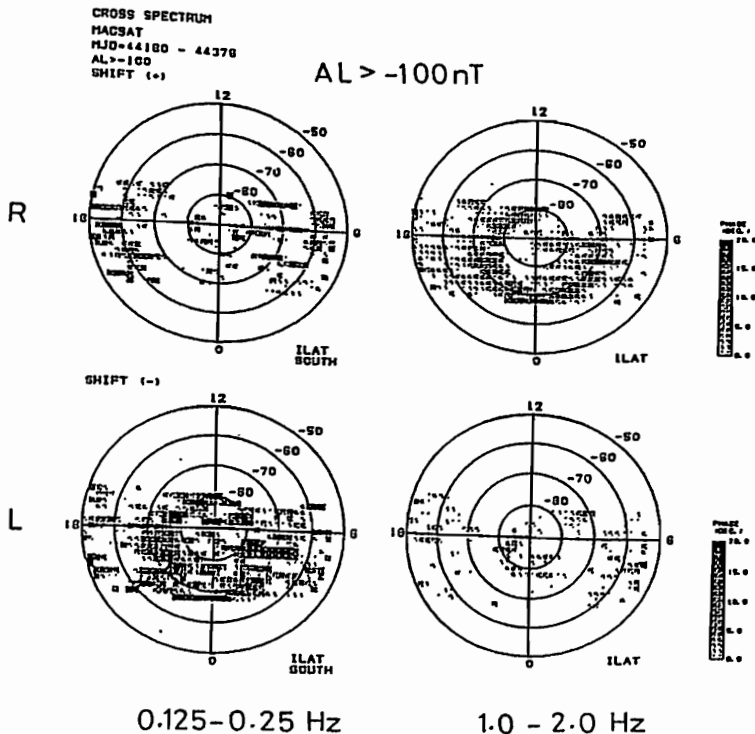
家森俊彦 (京大理)

## SMALL-SCALE MAGNETIC FLUCTUATIONS AND ULF WAVES AT THE IONOSPHERIC ALTITUDE

T. Iyemori (Kyoto University)

Small scale magnetic fluctuations observed by MAGSAT are re-examined by a cross-spectral analysis with more fine spatial resolution (~120 km) than previous analysis with ~500 km resolution. The spatial distributions of the wave component are obtained for several frequency ranges and for different geomagnetic conditions.

MAGSAT磁場データを用いてこれまで沿磁力線電流微細構造及びULF波動について調べてきた。ULF波動については、東西及び南北成分間のクロススペクトルをとり極域に於けるその空間的分布を求めることによって、MAGSAT小規模擾乱磁場データ中に波動成分を検出した(極地研シンポジウム、1987)。ところが、地上観測データと対応させて個々の軌道で波動現象を捜したところ、大原幅のPc1波動がプラズマポーズ付近の非常にせまい範囲(緯度方向~100 km)に入射している現象が見つかった(第81, 82回学会)。それらの現象では、波の偏波の方向が狭い領域で変化している。MAGSAT衛星(300-500 km)は、約10秒余りで100 kmの距離を通過してしまうので、以前にクロススペクトルをとることにより求めた結果は波動成分による位相差の情報が微細沿磁力線電流による磁場擾乱成分の存在でかなり隠されているだけではなく、偏波の正負が変化することにより打ち消されている可能性がある。(以前は64秒間のデータ(16\*64=1024点)を単位としてFFTでスペクトルを計算した。その間にMAGSATは緯度方向に約500 kmの距離を通過する。)そこで今回は、16秒間のデータを単位としてスペクトル計算を再度行ってみた。それを各周波数領域及び地磁気活動度で分けて統計的分布を求めた結果を以前の結果と比較する。また波動成分を位相差だけではなく、パワースペクトル中のピークの存在で同定した場合についても、その統計的性質・分布を調べた結果を報告する。



Global distribution of the phase shift between the north-south and the east-west components averaged in each  $2^\circ \times 2^\circ$  mesh under the quiet geomagnetic condition. The upper and lower diagrams show the region of the right-handed (R) and the left-handed (L) polarization, respectively. The left- and right-side maps are for the frequency of 0.125-0.25 Hz and 1.0-2.0 Hz, separately. In this case, 1024 data points (i.e. 64 sec interval) were used to calculate a cross-spectrum.

# II-35 DE-2で観測されたPc2波動の特性

花土弘, 杉浦正久(京大理), N.C.Maynard(AFGL),  
荒木徹, 家森俊彦(京大理)

## CHARACTERISTICS OF THE PC2 WAVES OBSERVED BY DE-2

H.Hanado<sup>1</sup>, M.Sugiura<sup>1</sup>, N.C.Maynard<sup>2</sup>, T.Araki<sup>1</sup>, T.Iyemori<sup>1</sup>  
<sup>1</sup> Geophysical Institute, Kyoto University  
<sup>2</sup> Air Force Geophysics Laboratory

Dynamics Explorer(DE)-2 observed a large amplitude Pc 2 pulsation at an ionospheric altitude. This wave was observed near 0723UT on day 288 (October 15), 1981 during the recovery phase of a geomagnetic storm that started on the preceding day. The invariant latitude and magnetic local time were 54 degree and 8.6 h, respectively, and the altitude was 320 km. The maximum amplitude of the magnetic field variation is 30 nT, and the period was approximately 7 sec. The perturbation magnetic field was primarily transverse to the main field, and was linearly polarized along the east-west direction.

DE-2により観測された大振幅のPc2波動について調べた結果を報告する。

1981年10月15日(DAY288)0723UT頃、電離層中の高度320km、不変磁気緯度54度、磁気地方時8.6時付近で大振幅のPc2が観測された。このときの磁気圏の状態はKp指数で4-, Dst指数で-72nTと前日からの磁気嵐の回復期にあった。

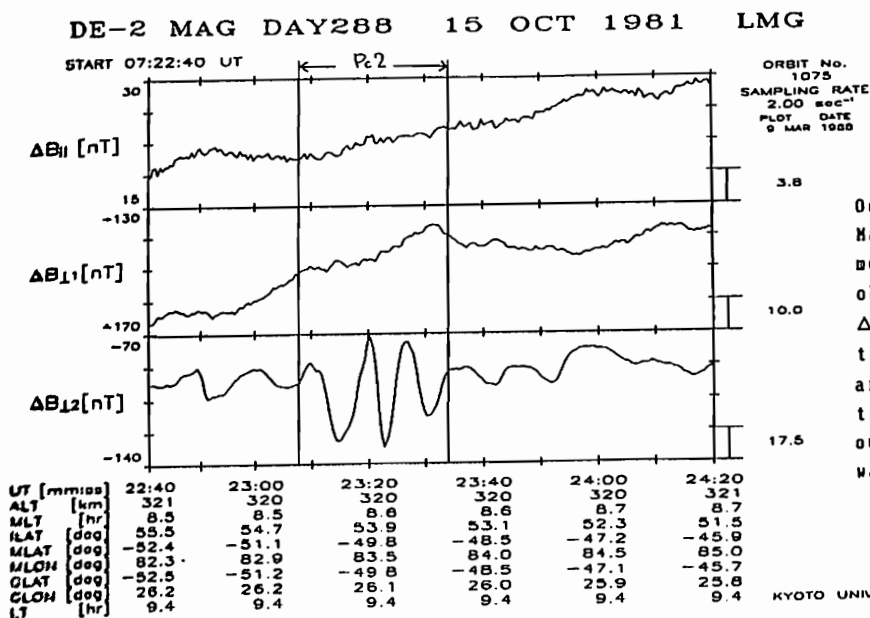
下図にDE-2で観測された磁場の擾乱を示す。(下図の座標系は $\Delta B_{||}$ は主磁場に平行な成分、 $\Delta B_{\perp 1}$ は主磁場に垂直な平面内での南北成分、 $\Delta B_{\perp 2}$ は同平面内での東西成分をあらわす。磁場の擾乱は、観測値から主磁場を取り除いたものである。)

この下図から得られるPc2波動擾乱磁場の性質は次の様になる。

- ・最大振幅30nTで、周期は振幅最大のところで最も短く7秒で、その前後で少し長く10秒ぐらいである。
- ・偏波は、主磁場に垂直な平面内でほぼ東西方向の直線偏波を示している。
- ・軌道に沿っての空間的な広がり是不変磁気緯度で1.0度ぐらい、実際の距離で200kmぐらいである。

学会では、磁場と電場の観測に基づく解析の詳細を発表する予定である。

謝辞: データ解析を助けて頂いた内藤宏人氏に感謝します。



Record from the DE-2 magnetometer October 15, 1981, 072240 - 072420 UT. Main field calculated by the MAGSAT model has been subtracted from the observed field.

$\Delta B_{||}$  is the parallel component to the main field, and  $\Delta B_{\perp 1}$  and  $\Delta B_{\perp 2}$  are in the plane perpendicular to the main field.  $\Delta B_{\perp 1}$  is positive outward, and  $\Delta B_{\perp 2}$  is positive eastward.

S. Kokubun, and H. Kawano  
Geophysics Research Laboratory, University of Tokyo  
Bunkyo-ku, Tokyo 113 Japan

K. Takahashi, and L.J. Zanetti  
The Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory  
Laurel, Maryland 20707 U.S.A

#### ABSTRACT

Compressional Pc5 waves with periods of several minutes are often observed in the afternoon sector near geosynchronous orbit during periods of enhanced geomagnetic activity. The afternoon predominance of occurrence is associated with the injection of hot ring current particles. A peculiar feature of compressional Pc5 waves has recently been reported [Higuchi et al., 1986; Takahashi et al., 1987]. The compressional component of the variation often shows a wave form which can be regarded as the rectified version or the second harmonics of the transverse component. Such a waveform is observed mostly near the magnetic equator. One of the important characteristics of waves is that the fundamental and the second harmonic components maintain a fixed phase relation, regardless of events. Thus, the phenomenon should be considered as waveform deformation of a single wave mode, not as a simple superposition of two harmonically related eigen modes. Although qualitative models have been proposed to explain this phenomenon in terms of a standing wave geometry [Higuchi et al., 1986; Takahashi et al., 1987], much work on both observational and theoretical aspects will be needed to understand the nature of finite-amplitude or nonlinear effect in producing such a waveform.

In this paper we use magnetic field data from the AMPTE/CCE spacecraft [Potemra et al., 1985] in order to examine the characteristics of compressional Pc5 waves further in detail. The spacecraft has an orbital period of 15.7 hours, an apogee of 8.8 Re, and an inclination of 4.8 degrees. The data were obtained at the rate of approximately 8.06 vector samples/sec. We use plots of 6.2 second average data obtained in the 2 1/2 year period from August 17, 1984, to survey compressional Pc5 waves in the region of 5- 8.8 Re.

As has been done in the previous work

[Higuchi et al., 1986], compressional Pc5 waves are classified into the normal, transitional and harmonic types. The harmonic type is considered to be the extreme case in which the compressional component becomes a pure second harmonic of the radial component.

Characteristics of compressional Pc5 waves observed with AMPTE/CCE are summarized as follows:

- 1) Waves are mostly observed near the apogee of the satellite in the a limited sector from 16h to 21h in local time.
  - 2) The occurrence of normal type does not depend on the satellite position in the region of latitudes below 12 degrees. On the other hand, the harmonic type tends to appear in the region of latitudes below 5 degrees. Only one fourth of compressional waves observed near the magnetic equator (in latitudes of less than 5 degrees) were normal types.
  - 3) The phase between the radial (Br) and compressional (Bn) components depends on latitude. Namely, the out-of-phase and the inphase relations tend to hold in northern and southern latitudes, respectively.
  - 4) Series of wave packets are often observed near the apogee in a long time interval of several hours. Frequencies of wave packets drastically change during a transition to another wave packet. A sudden jump of frequency is found to be associated with an enhancement of energetic protons.
- The results will be discussed in comparison with the previous observations at geostationary orbit.

#### References

- Higuchi, T, S. Kokubun and S. Ohtani, Harmonic structure of compressional Pc5 pulsations at synchronous orbit, Geophys. Res. Lett., **13**, 1101, 1986.
- Potemra, T.A., L.J. Zanetti and M.H. Acuna, The AMPTE CCE magnetic field experiment, IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing, GE-23, 246, 1985.
- Takahashi, K, L.J. Zanetti, T.A. Potemra and M.H. Acuna, A model for the harmonic of compressional Pc 5 waves, Geophys. Res. Lett., **14**, 363, 1987.

II-37 空気シャワー領域の宇宙線非等方性と太陽圏環境

村上昭, 山田良定, 柴田祥一, 藤井善次郎, 小島浩司<sup>a</sup>, 林田直明<sup>b</sup>, 木舟正<sup>b</sup>  
 名大理, 藤田学園物理<sup>a</sup>, 東大宇宙線研<sup>b</sup>

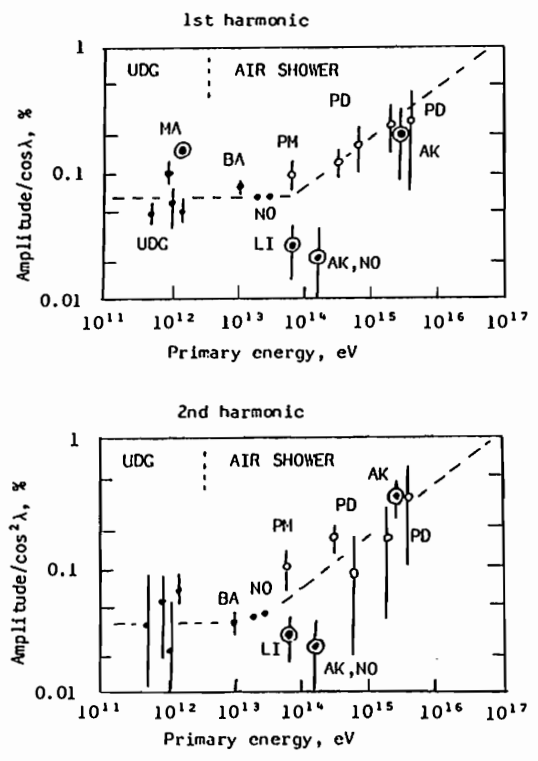
Cosmic ray anisotropy in air shower region and the heliospheric environment.

K.Murakami, T.Yamada, S.Shibata, Z.Fujii, H.Kojima<sup>a</sup>, N.Hayashida<sup>b</sup> and T.Kifune<sup>b</sup>

Cosmic Ray Research Laboratory, Nagoya University, Department of Physics, Fujita Gakuen<sup>a</sup>  
 Institute for Cosmic Ray Research, University of Tokyo<sup>b</sup>

Air shower observations for cosmic ray anisotropies in the energy regions of  $2 \cdot 10^{14}$  eV and  $3 \cdot 10^{15}$  eV have been carried out at Akeno (900 m a.s.l.), Yamanashi, since 1984 and 1981, respectively. The result show (1) sidereal variations of very small amplitude in  $2 \cdot 10^{14}$  eV region which are much deviated from the average variations shown by Linsley and Watson (1983) and (2) an interesting feature of sidereal variations in  $3 \cdot 10^{15}$  eV region where the semi-diurnal amplitude is larger than the diurnal amplitude. The result (1) means a rapid decline of sidereal variations with primary energy between  $10^{13}$  eV and  $2 \cdot 10^{14}$  eV, over which the energy dependence of the sidereal amplitude was believed to be flat or of slightly increasing amplitude to higher energy. The result (2) also is a feature neither seen in lower energy region nor expected even around  $3 \cdot 10^{15}$  eV. We will discuss these results, referring them to the heliospheric environment.

太陽圏内の磁場構造を探る目的で、地下宇宙線の観測が行われてゐる。その時、太陽圏外での宇宙線非等方性を探針として、それが地球上で観測されるまでに受ける磁場による modulation の効果と恒星時日変化の形として観測してゐる。そのため、太陽圏外での宇宙線非等方性を知る必要があつたが、空気シャワー観測はそれを目的の一つとして行われて来た。  $10^{13} \sim 3 \times 10^{13}$  eV を中心とするエネルギー領域では、ほぼ確立した恒星時日変化が得られており、1日周期にわたる振幅は  $\sim 0.06\%$ 、3時、 $\frac{1}{2}$ 日周期にわたる振幅は  $\sim 0.03\%$ 、6時と云ふ非等方性が、東京の観測(1970~現在)によつて見出され、Baksanの観測(1980~81)によつても確かめられてゐる。それ以上のエネルギー領域では、Peak Musala ( $6 \times 10^{13}$  eV) (1968~73)とか、Pic du Midi ( $10^{15}$  eV 前後) (1951~54)の観測とか、その他に、相互作用の研究を目的として行つた空気シャワー実験で得られたものがある。それらをまとめて Linsley と Watson (1983) は、右図において実線を示した傾向を①印以外の観測値から結論した。しかし、これらの観測値、東京と Baksan 以外のものについてはその信頼性について疑問がある。そこで、我々は東京大野宇宙線観測所(高度900m、平均913mb)の構内において、比例計数管を用いて  $2 \times 10^{14}$  eV 領域の観測を1984年8月より、明野空気シャワー装置のニューオン検出器を用いて  $3 \times 10^{15}$  eV の観測を1981年より行つて来た。まだ有意性は不十分であるが、右図に示したような結果が得られてゐる。その要を述べると、(1)  $10^{13}$  eV から  $2 \times 10^{14}$  eV に向つて、振幅は減少し、(2)  $3 \times 10^{15}$  eV では  $\frac{1}{2}$ 日変化の振幅は1日周期のものより大きい。これらのは、今まで他の観測では見られなかつたもので、銀河系平均磁場と云ふよりは太陽圏近傍に由来がある。



Sidereal anisotropy: MA-Matsushiro, BA-Baksan, NO-Norikura, PM-Peak Musala, LI-Liawnee, AK-Akeno, PD-Pic du Midi.

# 坂下—地下宇宙線観測 1978—1987

名大 理 上野裕幸 藤井善次郎 山田良実

UNDERGROUND COSMIC RAY MUON OBSERVATION 1978—1987

H.Ueno, Z.Fujii and T.Yamada Nagoya Univ.

Measurements of high energy cosmic ray intensities observed by SAKASHITA Muon telescopes have been continued over 10 years.

Recent informations at solar minimum activity in 1986-1987 are

- 1) Solar daily variations are not zero at SAKASHITA where effective rigidities are 350GV.
- 2) Sidereal daily variations may change their direction from 3 hour to 0 hour and the amplitude diminishes to 1/2.

坂下地下宇宙線観測は1978年に始めたのだから今年で11年目に入り、その使命の大半は終了したと言えるが、以下に述べるように、いろいろと新事実が観測されて、それに伴う疑問点、矛盾点が発生している。Solar Minimum は 1986年9月で、宇宙線観測値に Delay があるといっても1987年末には、完全に次のサイクルに入っており、平均エネルギー 300GV - 600GV の Solar Minimum での測定値は以下のように確定した。

Solar Anisotropy は、1986—1987 の Solar Minimum でゼロにならなかった。この期間、坂下で Solar がゼロになることを期待したが Solar Daily Variations は依然として存在している。過去2回の Solar Minimum 1976, 1965 で London (261GV, 60mve) でゼロを示している。又 1976年の Minimum では、Kudo et al 等の解析からゼロが確定しているので、今回の Minimum は Solar Modulation が 100GV 以上の高エネルギーまで及んでいたことになる。今のところこれに対応した Space Data もなく、又その理由も不明である。

恒星時日変化については、Solar Modulation Free な Genuine Sidereal Anisotropy の観測データを期待したが、前述のようにこれは不可能であった。この期待はそもそも坂下計画の目玉であったので当事者としては極めて残念なことであった。観測値は、V の振幅が Solar Minimum で大きくなることを期待していたが、逆に S, SS のような高エネルギー側の振幅が 1/2 になっている。更に方向は、3時方向から0時方向に動いている。これらは予想外であり、今後の観測に待つところが多い。振幅が再び大きくなるか？ 方向が3時に戻るか、それとも21時へ——— ？

図は坂下 V の11年強度変化である。中性子成分(理研)と比較してください。変動量は 1/3 ぐらいで、大きいような気がするが———。出し方は、Level Change, Drift, 年周変化を次式のように補正した。

$$I_{cor} = I_{obs}(1 - At_1) [1 - B \cos \{(2\pi/12)t_1 - C\}] + D_j$$

$t_1$  は 1978年1月からの通月

A は Drift 補正值; -0.6 %/year ぐらい

B, C は 10年間の平均年周変化

V ; 0.5%, 2月

S ; 0.9%, 2月

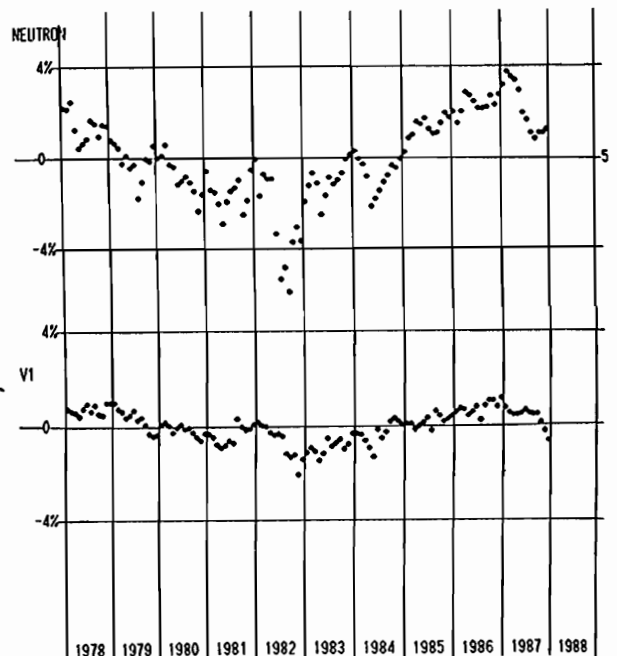
SS ; 1.4%, 2月

Neutron; 0.6%, 2.3 月

D<sub>j</sub> は Level Change 補正值,

j は 20回ぐらい—初期に多い

Driftの原因は、シンチ、PM の Gain Down と考えていたが、ほとんどの Tray の PHA カブのピークが動いていないので、Gain Down ではなく、トンネルの Water Level がゆっくり上昇していることも考えられる。年周変化は、上層気温が原因であるが water level の影響も含んでいるようである。



奥谷 晶子 石田 喜雄 森 覚  
理 研 福 島 大 教 育 倡 大 理

The Sidereal Diurnal Variations of Cosmic Rays Observed by Neutron Monitors

S. Kudo Y. Ishida S. Mori  
I.P.C.R. Faculty of Education, Faculty of Science,  
Fukushima Univ. Shinshu Univ.

The sidereal diurnal variations of cosmic rays observed by neutron monitors are analyzed with respect to their response to the polarity reversal of the solar polar magnetic field, using the data from the worldwide neutron monitor network for 1964-1986.

汎世界的な中性子計により観測された恒星時日変化について報告する。

今回は太陽磁場の極性反転に関連した変化を調べてみた。先ず、期間にかかわらずな解析を行った結果を右図に示す。丸は北半球(51 station)、三角は南半球(15 station)で観測されたものである。黒で示した 10 station は1965年から1983年までの19年間の平均である。白で示した 56 station は5~18年間の平均である。図から次の傾向が見られる。

恒星時日変化(上図)については、南半球の振巾の方が北半球よりも大きい。

反恒星時日変化(中図)については、南北両半球で位相が逆である。

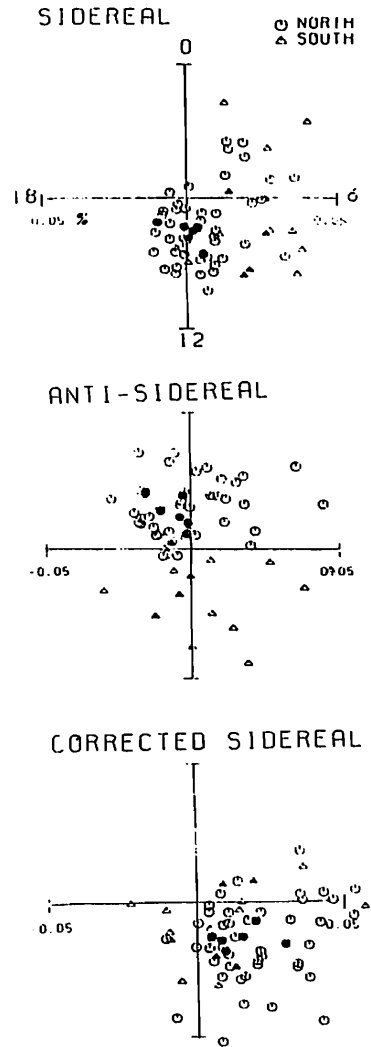
補正された恒星時日変化(下図)には、南北両半球による違いがみられない。振幅は 0~0.05 %、位相は 3~14 時の範囲に分布している。

ところで、観測された太陽時日変化が、太陽磁場の極性反転と関連して、位相の変化を示すことはよく知られている。理論的にも、宗像他<sup>1</sup>の拡散-対流方程式に基づいた説明等がある。

一方、地下の中間子計による高エネルギー領域(60-500GV)における補正された恒星時日変化と太陽磁場の極性反転との間には、有意な関連性が見られないとの報告<sup>2</sup>がある。

中性子計で観測された反恒星時日変化には、有意な関連性が見られたという報告<sup>3</sup>があるが、補正された恒星時日変化についてはまだはつきりしていない。

右図は太陽磁場の極性が正と負の期間を含んでいるので、両期間に分けて解析し、その結果得られる中性子計による補正された恒星時日変化と太陽磁場の極性反転との関連性について調べる。



1 Munakata, K., et al., Planet. Space Sci., 34, 99, 1986.

2 Nagashima, K., et al., Planet. Space Sci., 33, 395, 1985.

3 Nagashima, K., et al., Planet. Space Sci., 31, 126, 1983.



深い地下（松代、220米水深相当の深さ）における宇宙線恒星時日変化の観測 (II)  
 森 寛 安江 新一 鷺坂 修二 (信大理) 一之瀬 匡興 (信大 教養)

Sidereal diurnal variation of cosmic rays at deep underground  
 (Matsushiro, 220 m.w.e. in depth) (II)

S. Mori, S. Yasue, S. Sagisaka and M. Ichinose#

Faculty of Science and Faculty of Liberal Arts#, Shinshu University, Matsumoto, Japan

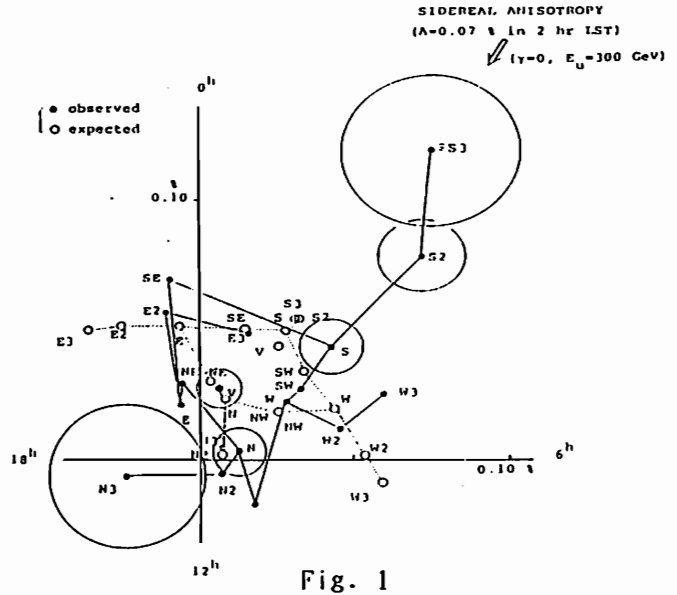
We present the observed results of the sidereal diurnal variation of cosmic rays by Matsushiro underground (220 m.w.e. in depth) multi-directional muon telescope for 1984-1988. It is obtained that the amplitudes (0.10~0.14%) for inclined south-directed telescopes (SS- and SSS-telescopes) are significantly larger than those so far believed. At least three anisotropic flows may be responsible for our observed data and others so far reported.

上記の表題でこれ迄観測結果 (1984 Apr-1987 Mar) を発表した。今回は1987 Apr-1988 Mar の7ヶ月を含む4年間の結果について述べる。

Fig. 1は松代の17方向計による3年間 (1984-1987)の観測結果である (但し $\delta$ - $\gamma$ は大気効果の補正はなされていない)。图中、黒丸(●)は観測 $\delta$ - $\gamma$ を示し、一方、白丸(○)はそれぞれの期待 $\delta$ - $\gamma$ を示す。期待値は图中にも書かれているように空間に大きさ0.07%の異方性が2 hr LSTの方向にあるとし、そのスペクトルは $\delta$ - $\gamma$ に依存せず下限 $\delta$ - $\gamma$ は300 GeVとして計算された。図からも判るように、SS-計とSSS-計を除いては、上記の異方性で話がすみそうである。

Fig. 2は恒星時異方性の観測振幅の $\delta$ - $\gamma$ 依存を示す。各地の $\delta$ - $\gamma$ は $\delta=0$ 、すなわち赤道面への斜射成分を表す。空気シャワーによる振幅が約0.07% ( $\pm 1$  hr 方向) であること、それは銀河起源であろうことから、少くとも次の3つの異方性が考えられるであろう。

- i) 振幅0.07%、方向 $\pm 1$  hr のstreaming typeの流れ
  - ii) SS-計やSSS-計で観測されるような、極めて限られた(赤道面近傍)流れ
  - iii) 南北異方性成分的な流れ
- これ等について解析結果を述べる。



SIDEREAL DIURNAL AMPLITUDES ( $\delta=0$ ) VS MEDIAN ENERGY

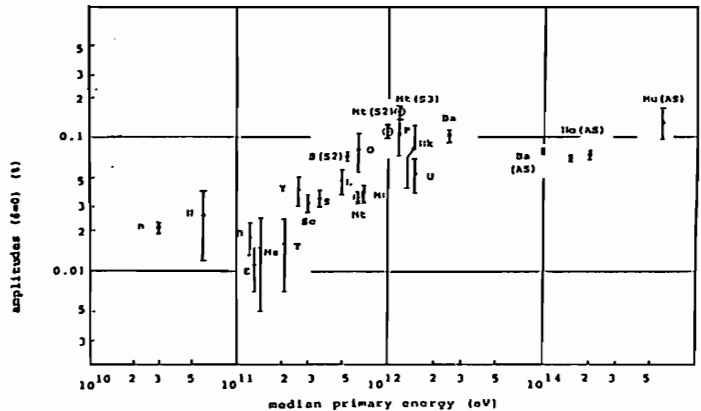


Fig. 2

Mu (AS), Musala; No (AS), Mt. Norikura; Ba (AS), Baxan;  
 Ba, Baxan; U, Utah; HK, Hong Kong; P, Poatina;  
 Mt (S3), Mt (S2), Matsushiro; Mt, Matsushiro; O, Ottawa;  
 S (S2), Sakashita; L, London; S, Sakashita; Sc, Socorro;  
 Y, Yakutsk; T, Takeyama; Ms, Hisato; E, Embudo;  
 B, Bolivia; N, Nagoya; n, neutron monitors

Kunitomo Sakurai

Institute of Physics, Kanagawa Univ.

It has been suggested that the source composition of galactic cosmic rays is formed from the interstellar dusts or grains prevailing in the space near red supergiants or gaseous shells expanding from supernovae. While being cooled down in the interstellar space, these dusts and grains are gradually formed from the mass ejected from such stars and supernovae. So, it seems that their chemical composition becomes highly dependent on the condensation processes of various chemical compounds in gaseous state into solid minor dusts. By observing the absorption effects of these dusts on the continuum radiation from background blue or white stars, the degree of the interstellar depletion can be determined for each of observable elements, in particular, both refractory and siderophile ones.

Before comparing the source composition of galactic cosmic rays with the degrees of the above depletion for these elements, it is necessary to take account of the efficient condensation of two elements, Ca and Al, into the interstellar dusts or grains. As is well known, these elements are usually found in the so-called CAI in carbonaceous chondrites classified as C2 and C3. Since this means that they are tightly tied up within these chondrites, it is certain that, as compared to all other elements, both Ca and Al must have been more efficiently excluded during the condensation process from the matter identified as that for the cosmic ray sources. Thus, these two elements become to be relatively less abundant in the chemical composition of cosmic ray sources as compared to that of the solar atmosphere. This suggests that the source composition of galactic cosmic rays is mainly formed from the interstellar grains, in which refractory and siderophile elements are relatively more enriched than in the solar atmosphere.

阿保 真、長沢親生、金木利之  
(都立大工)

COMPUTER SIMULATION OF THE HF-DOPPLER USING THE WIGNER DISTRIBUTION

Makoto ABO, Chikao NAGASAWA, Toshiyuki KANEKI

Faculty of Engineering, TOKYO Metropolitan University

We have already suggested that the Wigner distribution, which is a new method for time-frequency analysis, is available for HF-doppler analysis. Here we confirm the availability of the Wigner distribution by computer simulation using the model signals which simulate the short-period oscillation, the mode separation and the reflector with short life-time.

前回我々は、HFドップラー法のスペクトル解析に時間一周波数分解能のよいWigner分布を適用し、その有用性を示した。今回は、Wigner分布とフーリエスペクトルとの比較を、あらかじめ性質のわかっているモデル波形を用い、コンピュータによるシミュレーションを行なった。以下、計算はWigner分布とFFT共に、データ数は1024(20秒)とした。

初めは、気象現象との関連が指摘されている短い時間周期を持った波動現象のモデルで、周期3分の正弦波で周波数変調されたものを用いた。結果を図1に示す。Wigner分布では、その瞬時周波数が捕らえられ、細いスペクトルとなっている。

次は、Oモード、Xモードの分離のような二つの経路からの信号が混ざった場合のモデルで、二つの位相をずらした正弦波で周波数変調された波形を用いた。結果を図2に示す。Wigner分布では、二つのトレースが分離できている。ただし、Wigner分布の問題点としてあげられるクロス項がこの場合には現われる。このクロス項は、平滑化あるいは、フーリエスペクトルとの掛算で、低減することができる。

最後は、反射点の寿命が短い場合で、スプラディックE層やスプレッドFによる反射を想定している。結果を図3に示す。この場合にもWigner分布の時間分解能の良さがよく現われている。

以上、Wigner分布では、クロス項について留意するならば、信号のスペクトルの瞬時周波数を時間、周波数分解能良く示すことが確認された。

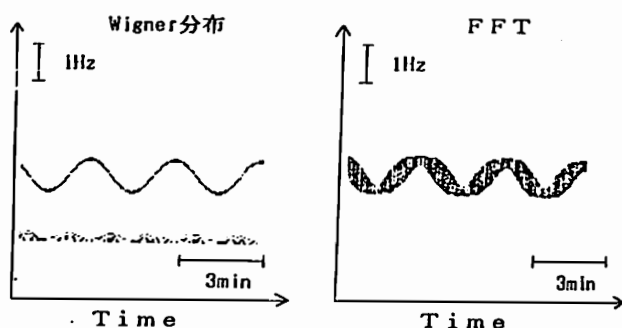


図1 短い時間周期のモデル

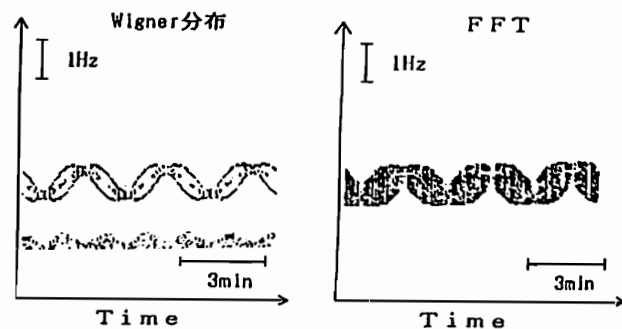


図2 モード分離のモデル

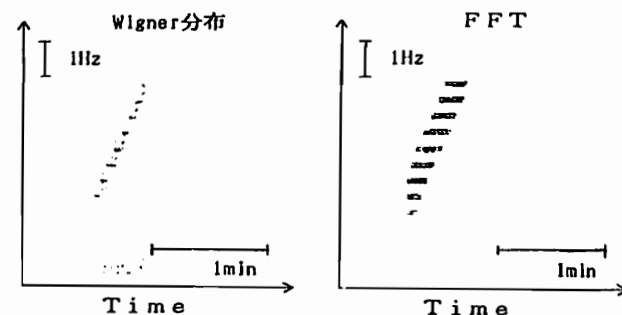


図3 寿命の短い反射点のモデル

# II-43 D層電子密度レッジの重力波への応答

杉山卓也\* 村岡良和\*\*  
\*京大理 \*\*兵庫医大物理

RESPONSE OF ELECTRONS TO A GRAVITY WAVE IN THE LEDGE OF D REGION

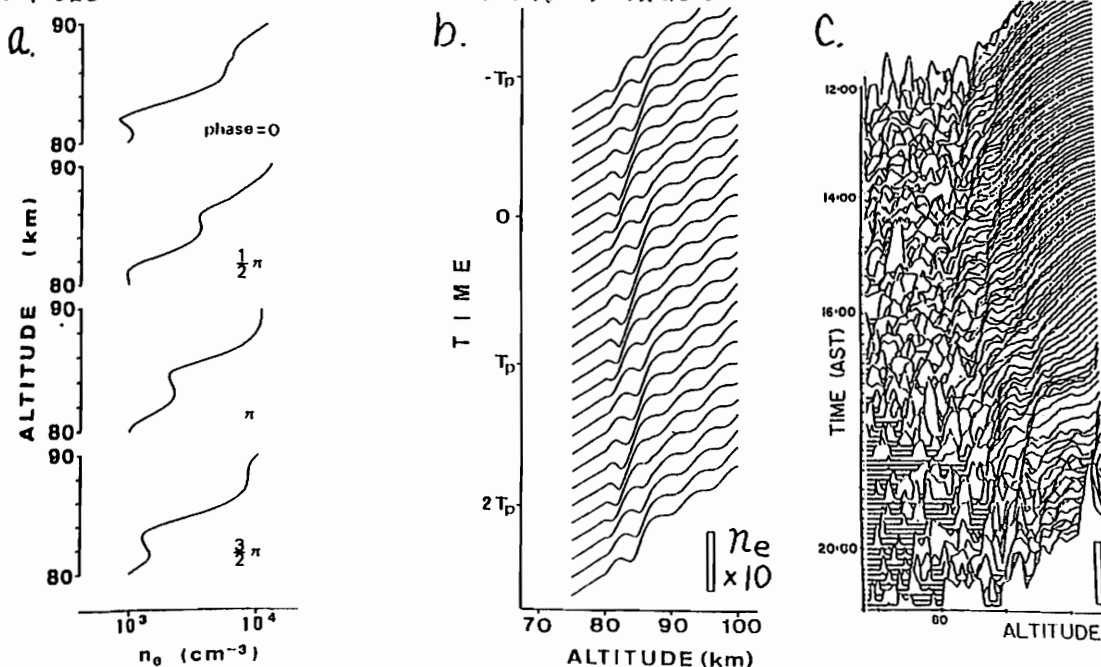
T. SUGIYAMA\* and Y. MURAOKA\*\*

\*KYOTO UNIVERSITY, \*\*HIYOGO COLLEGE OF MEDICINE

The 'ledge' of D region has been investigated as to be strongly affected by the temperature through the reactions of the three-body attachments and decompositions. We study a response of electrons to a gravity wave in the upper mesosphere, and found that the temperature effect of the wave enhancedly modify the profiles of electrons making up sequential movements of multi-layered structures. These features well reproduce the observations. A new simple reaction scheme is utilized in this study that attains the formation of water clusters in the D region.

D層 ledge の形成は Water Cluster の大きな再結合定数によるものであり, cluster の形成における, 三体衝突と解離過程の大きな温度依存性が, ledge の季節による高さ変化を説明する (Reid, Arnold and Kunkowsky 等による。) 最近の MU レーダの観測等に刺激され, 我々は D 層電子密度の重力波への応答を調べた。波のもつ温度の摂動が ledge 近傍で大きく電子密度を左右し, 二重層構造の電子密度プロファイルが系統的に下降する層が容易に再現できる。図 a には ledge 近傍の電子密度の波の位相による変化を示し, 図 b には鉛直波長  $b$  km, 周期 3 時間, 無風下で鉛直速度場  $w' = 0.55$  m/s の飽和重力波による ledge の時間変化を示す。図 b は, 図 c の Incoherent Scatter による観測 (Trust, 1979) をかなり良く再現していると考えられる。

D 層イオン化学スキームとして大局的にはその化学組成を良く再現する REID のモデル (1977) は, (しかし, ledge をスムーズアウトしている。(したがって Base となる Water Cluster 形成モデルが, ledge 形成に対しては, 無いのが現状であるが, この考慮では, REID モデルを改訂した新しい簡明な, 仮説的だが, モデルを用いた。



# 中間圏からのVHFエコーと フレネル散乱モデル

村岡 良和                      杉山 卓也  
(兵庫医大物理)                      (京大理)

VHF ECHO OBSERVATION AND  
FRESNEL SCATTERING MODEL IN THE MESOSPHERE  
Y. MURAOKA                      AND                      T. SUGIYAMA  
(HYOGO COLLEGE OF MEDICINE) (KYOTO UNIVERSITY)

A remarkable layered structure of VHF echoes from the mesosphere has been observed with the MU radar at Shigaraki. The heights of the echoing layers were well correlated with the wind velocity perturbations due to an inertia-gravity wave with a long period of 5.6 h. It is shown here that a Fresnel scattering model extended to the mesospheric heights simulates characteristics of the observed echoes very well. At the same time, the potential refractive index in the mesosphere is shown to be dependent on the electron density profile. As a result, it is expected that intense echoes are backscattered from mesospheric heights at which gradient of electron density is sharp whatever the cause is.

VHFレーダーによる成層圏の観測では、受信されるエコー強度が大気の静的安定度に依存する事は良く知られていたが、その依存性はフレネル散乱モデルによって始めて明らかになった(Gage et al., 1981; 1985)。このモデルは、大気中には屈折率の大きな変化を示す薄い反射層が数多く存在し、ビームはそこで分反射を受けるが、各々の反射層は乱流などによって鉛直に乱雑な変位をすると仮定している。即ち、反射層の変位は水平方向には少なくともそのフレネルゾーン内でコヒーレントであるが、鉛直方向にはランダムであるとし、それまで対立していた二つの考えをうまく取り入れられている。また、中層大気中で平べったい構造を示す重力波を考え合わせると、この

仮定は理解しやすい。

中間圏高度でも、成層圏と同じような特性を持つエコーが観測されていたが、理論的なモデルはまだ確立されていない。私達は、中間圏でのエコー層が慣性重力波の伝播と密接に関連している例について、フレネル散乱モデルを中間圏に拡張すればその特性を定性的に説明し得る事を述べてきた。その拡張は、成層圏では乾燥空気の密度に比例する大気の屈折率の変化が、中間圏(電離圏D領域)では電子密度に比例するようになる事に基づいている。

講演では、中間圏に拡張されたフレネル散乱モデルの概念を議論すると共に、モデル計算の結果と観測との比較を行なう予定である。

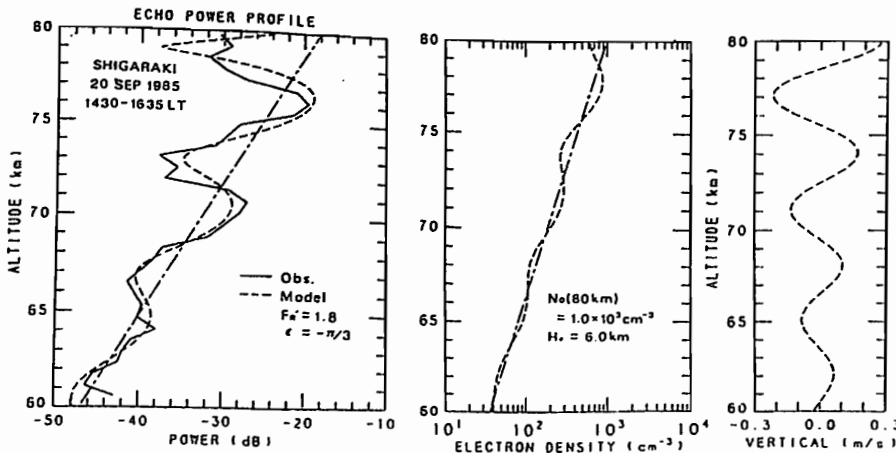


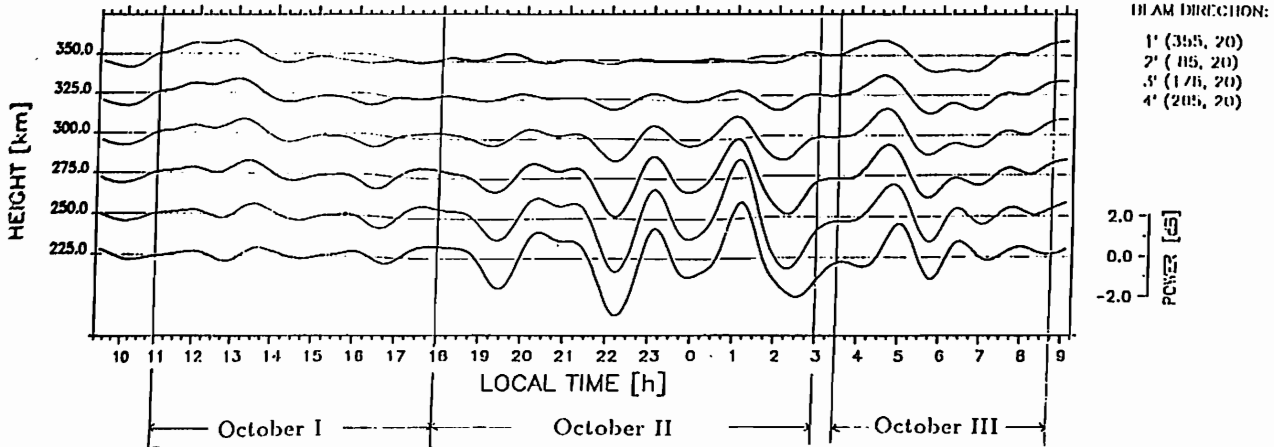
Fig 1. Comparison between calculated and observed echo power profiles in the mesosphere for September 20, 1985.

THE MU RADAR OBSERVATION OF WAVY STRUCTURE OF THE IONOSPHERE

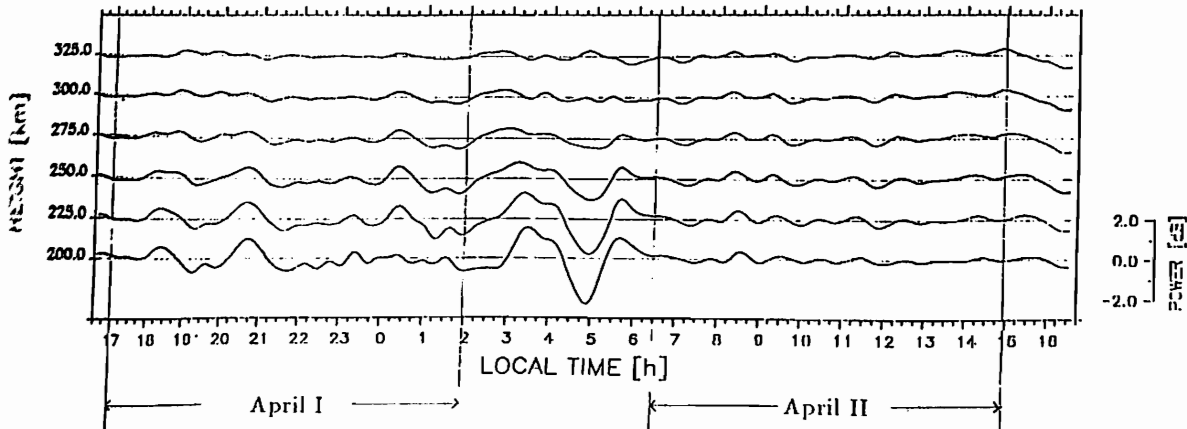
M. Gastelumendi, T. Sato, J.P. McClure, S. Kato, S. Fukao  
 Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University

The MU radar has recently been successfully receiving incoherent scatter echoes from the ionosphere especially for electron density observation. The present report concerns some results on electron density observations which show the fairly constant presence of wavy behaviors of the F region with a few hrs period. Comparisons among the radar echoes which are obtained simultaneously from 4 different radar-beam directions have shown horizontal wave-lengths to be a few thousands km. Possible relations of the wave disturbance with magnetic activity will be discussed.

ALL-BEAM AVERAGE, Average of 13 profiles  $\approx$  5.2 min  
 14  $\rightarrow$  15-OCT-1987



16  $\rightarrow$  17-APR-1987



# MUレーダーによる日食時F層電子密度の観測

大西嘉昭・佐藤 亨・深尾昌一郎・津田敏隆・加藤 進  
(京都大学超高層電波研究センター)

## F-REGION ELECTRON DENSITY MEASUREMENT BY THE MU RADAR DURING A SOLAR ECLIPSE

Yoshiaki ONISHI, Toru SATO, Shoichiro FUKAO, Toshitaka TSUDA, and Susumu KATO  
(Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University)

We observed the F-region electron density by the MU radar during a solar eclipse on September 23, 1987. Wave-like fluctuatoons with different period and vertical phase velocity were found in the electron density, before, during and after the eclipse. Characteristic and possible generation mechanisms of these wave forms will be discussed.

ISレーダーによる電離層電子密度の観測は電離層物理現象の解明のための有用な手段の一つである。われわれは昨1987年9月23日の日食時にMUレーダーを用いて電離層電子密度の観測を行った。観測された電子密度データの変動分に注目したところ、興味ある現象がみられたのでここに報告する。

この日食の中心食(金環食)部分は、東経70度付近のソ連南部に始まり、アジア大陸を横切り、正午前の沖縄を通り、西経170度付近の太平洋に抜けるものであった。MUレーダーのある信楽では、食は10時00分頃から始まり、11時30分頃最大となり、13時00分頃に終わるというものであった。観測は前日9月22日の17時より翌24日の8時まで連続して行われ、天頂角20度の4方向のビームを用いた。

図1に観測された日食当日の電子密度の時間・高度プロファイルを示す。日食の期間を通じてF2ピークにおける電子密度が大きく増減していることがわかる。今回、電子密度の変動成分に注目し、次のようなデータ解析を行った。すなわち、電子密度データを高度方向に平均し、時間方向にフィルターをかけ、変動成分のうち、卓越している周期成分を取り出すというものである。この解析結果のうち、日食当日のものを図2に示す。

このようなデータ解析により、以下のことが明らかになった。

- 1) 電子密度の変動には時間帯によって特有の波動成分が現れる(表参照)。

- 2) 電子密度変動の波動成分の位相は上方から下方に伝搬する。

ここで観測された波動は内部重力波モードで説明できると考えられるが、はたして日食という特異な現象に起因するものであるかどうか、平常時データとの比較検討が必要である。また、電子密度変動の機構の物理的解明など、将来への課題は山積しているが、来る3月18日の日食時にも同様の観測を行う予定であり、可能であればこの解析結果も含めて講演を行う予定である。

表 各時間帯で観測された波動成分とその鉛直伝搬速度

時間帯 (JST)	周期 (分)	鉛直伝搬速度 (km/min)
22日17時～ 23日05時 (夜間)	400	1.66
23日09時～ 16時 (昼間)	100	4.07
23日17時～ 24日05時 (夜間)	240	1.59

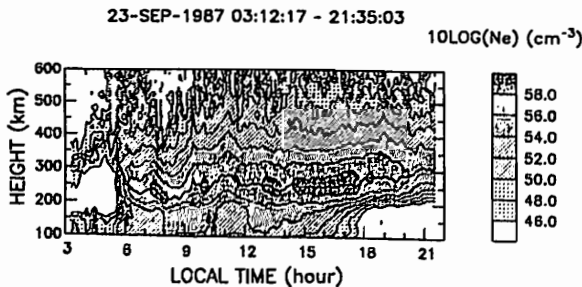


図1 日食時の電子密度の時間・高度変化。  
太線はF2ピーク高度を示す。

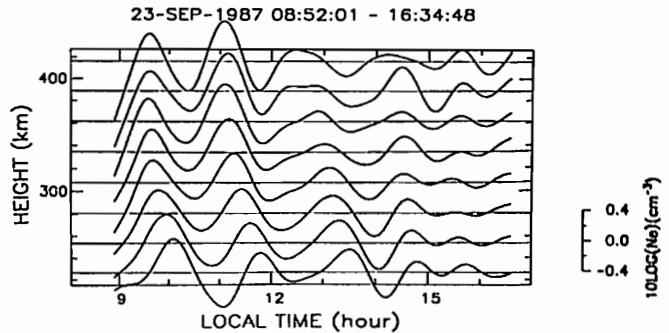


図2 各高度における電子密度の周期60～120分の変動成分(日食時)。

RADAR OBSERVATIONS OF MIDLATITUDE F-REGION FIELD-ALIGNED  
IRREGULARITIES

J.P. McClure, S. Fukao, T. Sato, T. Tsuda &amp; S. Kato

Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University, Uji, Kyoto 611, Japan

We discuss VHF radar data on midlatitude F-region field-aligned irregularities (FAI). The MU (Middle and Upper atmosphere) radar can view perpendicular to the geomagnetic field B in the F-region, seeing FAI from 38° to 43° N. FAI behavior clarifies both large-scale ( $> 10$  km) and small-scale (1/2 the radar wavelength or 322.6 cm) plasma instability processes. We reach three preliminary conclusions. A) FAI echoes are seen at all ranges (and corresponding monotonically increasing altitudes) observed, but at none preferentially, probably because midlatitude FAIs are not strongly layered in the direction parallel to B (at low latitudes one assumes only weak FAI variation in this direction). B) A tendency exists for quasi-periodicity in range and/or time of FAI echoes. C) The Doppler shift is often quite uniform over large regions where echoes are strong. Radial drifts of the order of 100 m/s and spectral widths of 20 to 30 Hz are typical.

The FAI patches are seen to start, endure, move to and/or end at any latitude (F-region height) between the highest and lowest covered. Sometimes they fill all these latitudes. This indirect evidence suggests that the 322.6 cm FAI are probably not strongly layered in the direction parallel to B. Near the dip equator, where the magnetic geometry is rotated by  $\sim 60^\circ$ , bottomside FAI is the most continuous, first to appear and last to vanish. It is believed related to a km-scale bottomside plasma instability category; an independent larger-scale bottom-to-topside "plasma-bubble-related" category also exists at the equator. Briefly, since equatorial and midlatitude boundary conditions as well as FAI morphology differ, we think one or more new categories are needed to explain our results. Near the equator usually only the gradients perpendicular to B are considered. At midlatitudes, strong gradients of total plasma number density and other parameters sometimes exist in this direction (13), but gradients parallel to B always exist and may also be important in FAI generation.

Periodicities are seen at various scales in midlatitude FAI: we found a 12 min quasi-periodic behavior on one occasion and elongated parallel echo centers spaced  $0.5^\circ$  apart on another. Other diagnostic techniques have shown that traveling ionospheric disturbances (TIDs) and other kinds of waves are ubiquitous in the atmosphere. Recently an association between TIDs and both nighttime and daytime ionogram spread F was established at midlatitudes. The larger-scale periodicities we see in patches of small-scale FAI are another link between atmospheric waves and F-region plasma instabilities. A multi-frequency HF Doppler system in Kyoto detected 12-min oscillations but no TIDs in the F region at the time of oscillatory FAI and only a few hundred km southeast. No one-to-one correlation could be established. The Brunt-Vaisala period at night is near 12 min, which could explain the period seen in both data sets. The oscillatory FAI is unique: further analysis and new observations are being conducted.



前田佐和子  
大阪短期大学

CHARACTERISTIC TIME OF THE THERMOSPHERIC RESPONSE

TO MAGNETOSPHERIC/IONOSPHERIC DISTURBANCES

SAWAKO MAEDA  
OSAKA COLLEGE

A numerical simulation has been performed to study time constants of the thermospheric response and relaxation to magnetospheric/ionospheric disturbances. The high-latitude ionospheric model constructed by the TIROS/NOAA particle observations and the Millstone Hill model of the convection electric field have been used to estimate the high-latitude energy input. The characteristic times are determined from the temperature variations associated with time variations of the particle power index given by the step function from the level 5 (quiet condition) to the level 9 (disturbed condition) and vice versa.

電離圏・磁気圏擾乱に対する熱圏の反応時間と緩和時間を、緯度と高度の関数として求めた。降下粒子のエネルギーフラックスに基づく活動指数が、5から9、又はその逆に、階段関数的に時間変化した時、中性気体の温度の時間変化は、右の図に見るごとく、指数関数で近似できる。初期値  $T_0$ 、増分  $\Delta T$  とした時、温度  $T(t)$  は、

$$T(t) = T_0 + \Delta T (1 - e^{-t/\tau_1}) \quad \text{--- 図1}$$

$$T(t) = T_0 - \Delta T (1 - e^{-t/\tau_2}) \quad \text{--- 図2}$$

で表わされる。この時、 $\tau_1$  を反応時間、 $\tau_2$  を緩和時間と定義する。

時刻  $t=0$  で活動指数が変化したとして、その後3日間のシミュレーションを行ない、 $\Delta T$  および  $\tau_1$ 、 $\tau_2$  を求めた(図3)。シミュレーションに用いたモデルは、緯度-高度の空間2次元モデルである<sup>(1)</sup>。講演では、計算の結果について議論する。

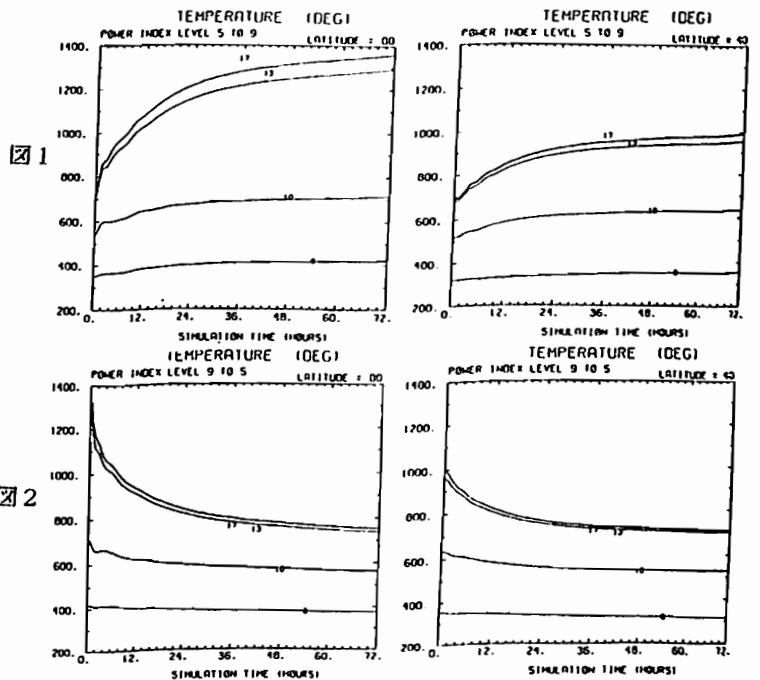


図1

図2

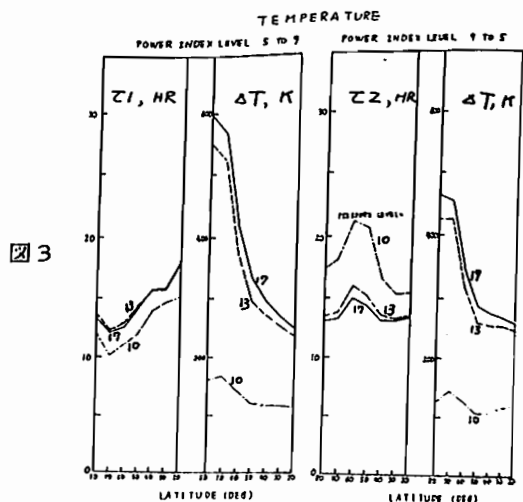


図3

(1) Maeda, Fuller-Rowell and Evans, Proc. NIPR Symp. Upper Atmosphere Physics, No. 1, 1987.

# MUレーダーによる軌道運動物体の探索 (II)

加山 英俊<sup>1</sup>

木村 馨根<sup>1</sup>

佐藤 亨<sup>2</sup>

<sup>1</sup>京都大学工学部

<sup>2</sup>京都大学超高層電波研究センター

## Exploration of Orbital Objects by the MU Radar (II)

Hidetoshi KAYAMA<sup>1</sup>

Iwane KIMURA<sup>1</sup>

Toru SATO<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Fac. Eng., Kyoto University

<sup>2</sup>RASC, Kyoto University

We compared the observed and calculated scattering cross section of "Ajisai" (Experimental Geodetic Satellite:EGS). The observed scattering cross section of EGS is about  $0.1\text{m}^2$ , while that of a perfectly conducting sphere which has the same diameter as EGS is  $13\text{m}^2$ . Theoretical cross section calculated based on a model of EGS by using 318 circular plates is  $0.02\text{--}0.10\text{m}^2$ . Then, we computed the distribution of orbital objects observed so far. A new data processing algorithm, which makes use of the temporal variation pattern of the echo power, has been developed to reject meteor echoes.

MUレーダーを用いた高度領域300~1200kmにおける軌道運動物体の統計的探査の結果と、特に測地実験衛星「EGS」(あじさい)の観測について考察を加えた結果を報告する。

「EGS」の観測は1986年9月から現在にかけて計23回行ったが、このうち「EGS」からのエコーがMUレーダーの検出限界以上であったのは15回であった。この15回のデータについてそれぞれ散乱断面積を求めるとはば $0.1\text{m}^2$ 程度であったが、これは全体を一つの完全導体球として考えた場合の散乱断面積( $13\text{m}^2$ )よりはるかに小さい。Fig. 1に観測結果を示す。この図ではレーダーシステムの状態により信頼性の低いものはグレーで塗りつぶしてある。今回の理論計算では「EGS」の鏡面をそれぞれ一辺20cmの正方形とみなし、これを同面積の導体円板に置き換えておこなった。つまり「EGS」のモデルとして直径2.15mの球を13段に分け、これに318枚の円板形の導体板を球面上に配置してあるものを考えた。そして平面波の入射波に対して衛星表面上の小型の鏡面(導体板)ごとに散乱波を求め、それらを足し合わせることで「EGS」の散乱断面積の理論値を求めた。計算結果によると散乱断面積は導体板の配置方法によるが、 $0.02\text{--}0.10\text{m}^2$ となることがわかった。

前回示した軌道運動物体の分布では流星エコーの除去を行っていなかった。そこで今回はそれぞれのエコー強度の時間変化を調べ、流星飛跡よりのエコーと思われるものを除去したのものについてその分布を求めた。Fig. 2は流星エコーと軌道運動物体からのエコーの典型的な例を示している。ここで破線は

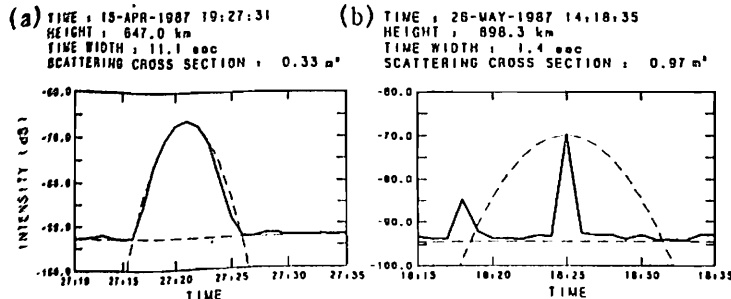


Fig. 2 (a) Echo from orbital object  
(b) Meteor echo

それぞれのエコーが観測された高度における軌道運動物体のエコーを理論的に計算したものである。このように軌道運動物体においては物体がメインビームを通過する時間に対応したエコーの時間変化が観測されるのに対し、流星エコーは1秒以下の短い時間で消滅してしまうのが特徴である。Fig. 3に軌道運動物体の高度分布を示す。この図では1200kmの高度における最小検知可能散乱断面積 $0.022\text{m}^2$ 以上のものについて示してある。

謝辞 本研究において、貴重な御教示を賜った宇宙科学研究所の長友信人教授に感謝致します。また、研究会等で熱心に御討議していただいた京都大学超高層電波研究センターの松本絃教授に感謝の意を表します。

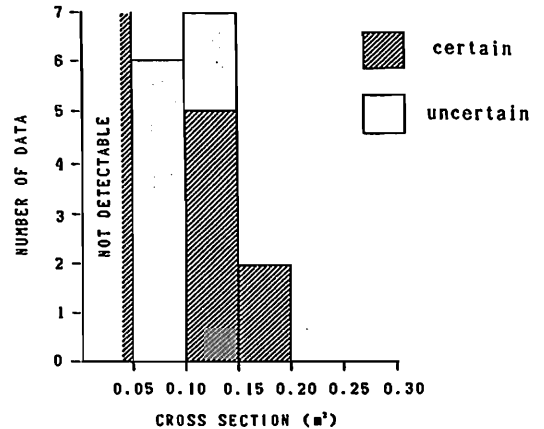


Fig. 1 Observed scattering cross section of EGS

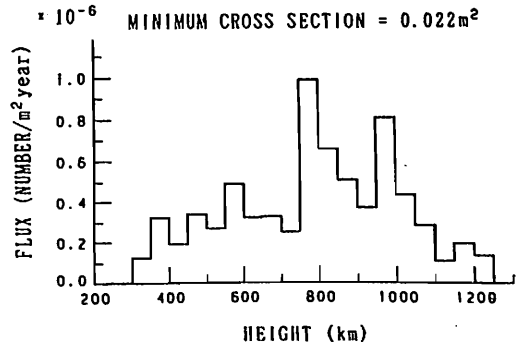


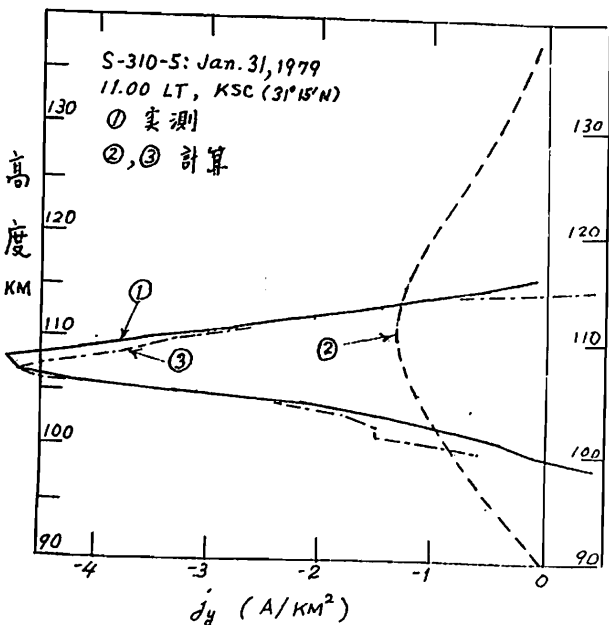
Fig. 3 Height distribution of orbital objects

HEIGHT PROFILE OF DYNAMO CURRENT NEAR  
GEOGRAPHIC LATITUDE 30°  
KEN-ICHI MAEDA

Rocket observation of dynamo current made at Kagoshima Space Center (31°15'N) revealed a peculiar feature in the height profile of the east-west current density, that is, (1) an abnormally large peak near 108 km and (2) a very limited height range of the active dynamo layer. It has been difficult to explain these facts. It is shown that near the latitude of KSC the inertia and Coriolis forces cancel out, so that the neutral velocity is mainly controlled by the viscosity, and as a result strong westward current flows in a narrow height range.

電離層内ダイナモ電流のロケット観測は、内の浦のKSCで小川、藪崎らによって行われ、また同じ中緯度地方では豪洲のWoomera (30°56'S) とアメリカのWallops Id (38°N) がある。鹿児島島の観測は過去3回のうちダイナモ電流の垂直分布の決定に2回成功している。その1例を下図に示す。ここではダイナモ電流  $j_y$  は西向き(負値)で①で示されている。

ここで問題となるのは、実測値①が実験者らが理論的に計算した曲線②と大きく異なっていることである。



筆者の検討によるとこの異は(1)KSCの緯度 (31°15'N) と(2)中性風の運動に粘性を考慮することによって解決されるという結果になった。第82回総会(1987秋,松本市)の予稿に示したように、中性粒子の運動方程式中で粘性項  $(\mu/\rho)\partial^2 u/\partial z^2$  を  $\gamma u$  と近似することによって南向風  $u$  は

$$u = \frac{(j_y + v_z - \gamma/\omega)A_x + (2\cos\theta - v_z)A_y}{-4\omega\{\sin(\theta+60)\sin(\theta-60) + \gamma/(\omega^2/2)\}} \quad (1)$$

$$\cos\theta' = \cos\theta - v_z/2, \quad v_z = \sqrt{2} \Omega^2/\rho \quad (2)$$

で与えられる(東向風  $v$  は省略,  $\theta$  は余緯度)。①式分母は  $\theta=60^\circ$  のところで純虚数となる。この条件下で速度の分散を零とすると,  $A_x, A_y$  (浮動力の加速度)に要求される条件が求められる。これより  $u, v$  が求まるので  $\Omega$  (induced field  $F$ ) を計算しこれに  $\sigma$  をかけて  $j_y$  を求めることができる。この  $j_y$  が図の曲線③で高度107KMで曲線①と一致するようになっている。この場合静電場による電流は  $F$  によるものより十分小さいのと考えられる。

速度の reversal の起る余緯度は従来  $60^\circ$  とされているが, (2)式に示す如く  $v_z$  のために高緯度より  $\theta$  (shift) する。Woomera ではこの shift が大きく KSC の  $j_y$  のようになる。Wallops Id. では粘性の影響は小さくなる。

波動による衝突回数測定

～S-310-18による高温度層総合観測～

長野勇, 井上良彦, 牧野将美, 満保正喜, 岡田敏美  
(金沢大 工) (名大空電研)

ESTIMATION OF COLLISION FREQUENCY PROFILE  
FROM THE WAVE INTENSITIES OBSERVED BY S-310-18 ROCKET.

I. Nagano, Y. Inoue, M. Makino, M. Mambo and T. Okada  
(Kanazawa University) (Nagoya University)

In order to clarify the generation mechanism of the high temperature layer which emerges at the altitude around 105km only in winter season, S-310-18 rocket experiment was carried out on 26th January 1988. Authors measured the collision frequency between neutral particles and electrons at the altitude less than 110km using a wave absorption method. This paper presents the overview of the experiment and a part of results.

冬期之内補上空に現れる高温度層のメカニズムを総合的に調べるためにS-310-18号による実験が、昭和63年1月26日に行われた。筆者らは電波吸収法による中性大気と電子との衝突回数の測定を担当した。今回の実験では、地上局VLF強度の測定その他、MF波、SW波の下部電離層通過の吸収量も同時に測定し、衝突回数測定における精度の向上を目指した。また、EXOS-D衛星に搭載予定のインピーダンス計測器(VIP)による、ホイップアンテナのインピーダンスも計測された。その複素インピーダンスから衝突回数の情報も得る予定である。

一方、本実験のセンサー部を共通としてEXOS-D, GEOTAIL衛星で予定している波動観測において、広帯域化を行うためのデータも取得した(ポスターセッション、岡田他)。

本報告では、衝突回数測定のためのロケット実験の概要(Fig.1)及び衝突回数を推定するのに必要な電界強度の高度分布について述べる。特に、S型ロケットのノーズコーンが電波を通すので、ロケット打ち上げ直後から興味ある電界強度の高度分布が得られた(Fig.2)。また、MF(NHK熊本、873kHz)の高度分布で高度70kmから90kmまで、collisional dampingの様子を示し90kmでevanescentによる急激な強度の低下が観測された(Fig.2参照)。また、Fig.3には、EXOS-D搭載用測定器によってtip-to-tip2.6mのダイポールアンテナの複素インピーダンスが測定された。この複素インピーダンスに含まれている衝突回数の情報と上記電波吸収法によるそれとの比較も行う予定である。

謝辞 実験に際して、宇宙科学研究所伊藤富造、小山孝一郎両先生をはじめとして多くの方にお世話になりました、ここに深謝致します。

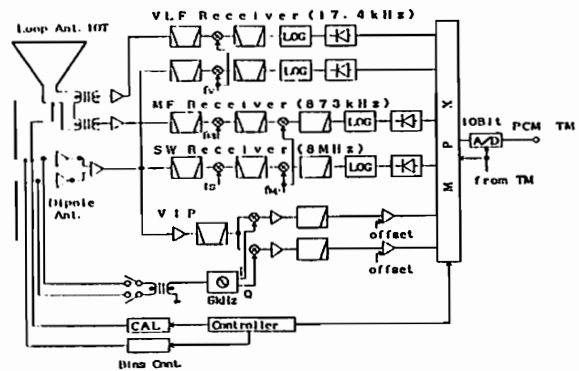


Fig.1 Block diagram of the experiment on board the S-310-18 rocket

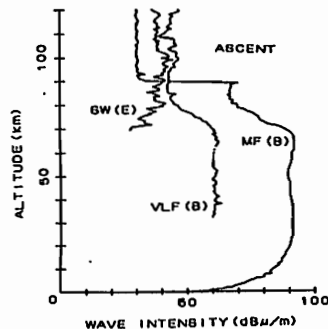


Fig.2 Height profiles of VLF(17.4kHz), MF(873kHz) and SW(8MHz) wave intensities

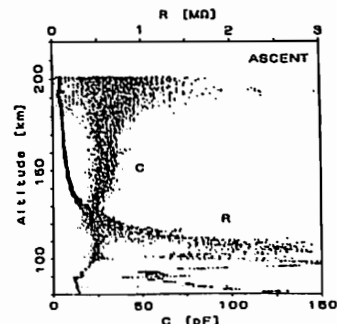


Fig.3 The impedance of a dipole antenna (2.6m tip to tip) at 6kHz

非等方的な熱的電子エネルギー分布の  
角度依存性

阿部 琢美<sup>1</sup>、 小山 孝一郎<sup>2</sup>、 清水 克洋<sup>1</sup>、 渡部 重十<sup>2</sup>

<sup>1</sup>電気通信大学、 <sup>2</sup>宇宙科学研究所

ANGULAR DEPENDENCE OF ELECTRON TEMPERATURE

Takumi ABE<sup>1</sup>, Koh-Ichiro OYAMA<sup>2</sup>, Katsuhiko SHIMIZU<sup>1</sup> and Shigeto WATANABE<sup>2</sup>

<sup>1</sup>University of Electro-Communications

<sup>2</sup>Institute of Space and Astronautical Science

Abstract

We have already reported several features of anisotropy of electron temperature in the ionosphere. Only  $T_{\parallel}$  and  $T_{\perp}$  have been discussed. We observed here the behavior of electron temperature when an angle between geomagnetic field and normal of the planar electrode of electron temperature probe is changed, and tried to find the shape of energy distribution of thermal electrons.

今まで我々は科学衛星「おおぞら」の電子温度プローブのセンサーの法線が磁力線と垂直 ( $90^{\circ} \pm 25^{\circ}$ ) 及び平行 ( $0^{\circ} \pm 25^{\circ}$  or  $180^{\circ} \pm 25^{\circ}$ ) の場合のみを議論してきた。ここでは衛星のスピン周期が比較的短い時の電子温度データを使って、プローブ面の法線と磁力線とのなす角によって温度がどのように変化していくかを調べてみた。図1は約90秒の周期で衛星がスピンしている時の電子温度データである。図中ハッチされた部分は電子温度プローブの電極面の法線が衛星の進行方向となす角が90度

以上になった場合、すなわち電子温度プローブが衛星のウェーク中で計測していると考えられる場合である。電子温度データのうち矢印をつけた点は磁力線と電子温度プローブの平板電極の法線とが直角、即ち電子温度プローブが  $T_{\perp}$  を測定している時に相当する。図2はこの図をもう少し見やすくするために示した極座標 ( $R, \theta$  座標) で、横軸に  $R$  (電子温度) 縦軸に  $\theta$  (磁場と平板電極の法線とのなす角) を示した。明らかに  $\theta = 90^{\circ}$  で電子温度が最小になり、その後  $\theta$  が  $0$  及び  $180$  度になるにつれ電子温度が高くなる。また  $\theta = 90^{\circ}$  には小さな凹が存在している。この図から推測される電子エネルギー分布関数は図中点線で示されるようなものになると考えられる。電離層での電子エネルギー分布は基本的にこの型になり、この変形として等方的な電子エネルギー分布があるのではないかと推測される。

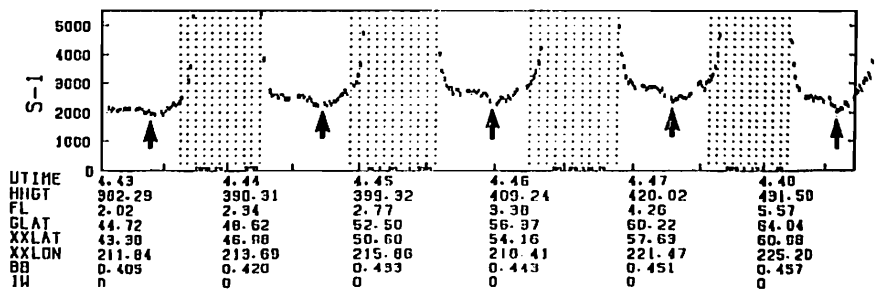


図1 Behavior of electron temperature during the satellite spinning

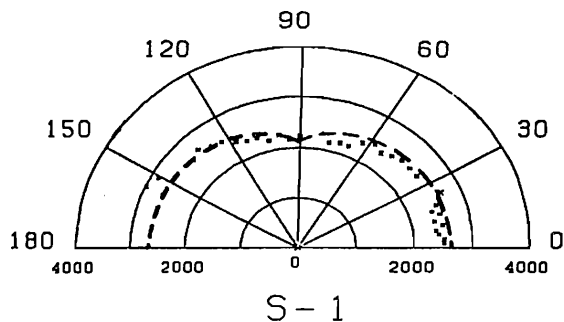


図2 Electron temperature plotted against  $\theta$ .

Reference

Oyama, K.I. and T. Abe, Geophys. Res. Lett., 14, 1195, 1987.

# II-53 プラズマ圏境界近傍におけるプロトンスパイフ現象とVLF放射

森岡 昭<sup>1)</sup> 大家 寛<sup>1)</sup> 永田 勝明<sup>2)</sup> 小山 孝一郎<sup>3)</sup>  
 1) 東北大理 2) 玉川大 3) 宇宙研

Proton spike events and VLF burst phenomena observed at plasmopause

A. Morioka<sup>1)</sup> H. Oya<sup>1)</sup> K. Nagata<sup>2)</sup> K. Oyama<sup>3)</sup>

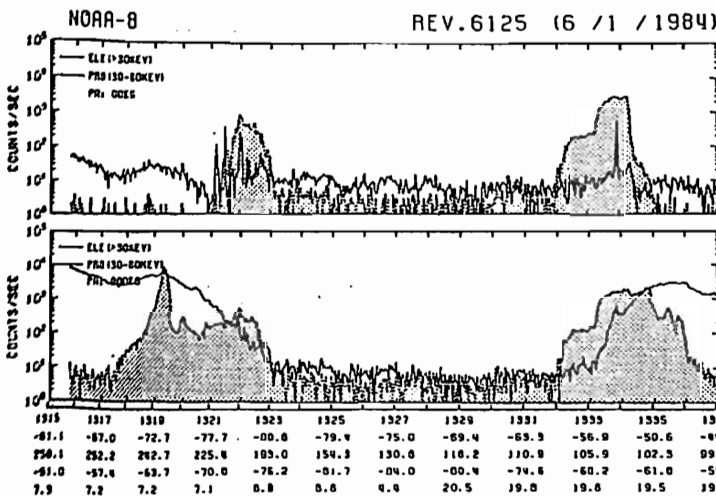
1) Tohoku Univ. 2) Tamagawa Univ. 3) ISAS

This paper reports the proton spike events related with VLF burst phenomena which are observed at the plasmopause, using the data from EXOS-C, NOAA and DMSP satellites. The proton spike events are observed in the energy range from 30 to 80 keV with narrow latitudinal distribution (2~4 deg). These events are well correlated with the VLF burst phenomena in the frequency range from 500 kHz to 20 kHz and also related to the high electron temperature in the ionosphere.

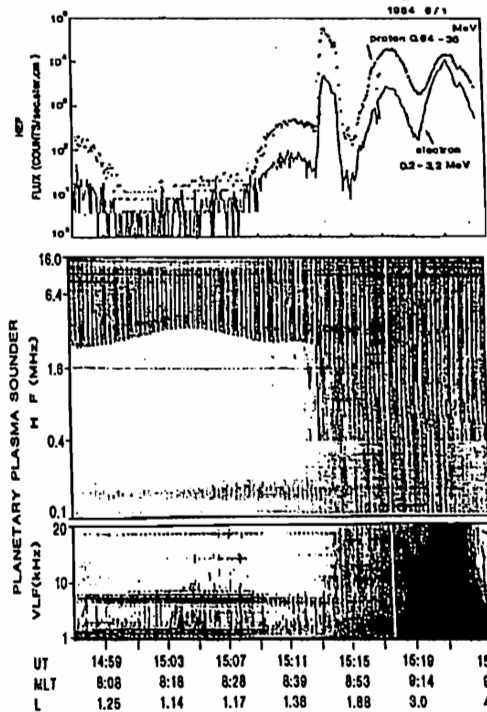
地球プラズマ圏境界近傍において高エネルギー電子とプラズマ波動との相互作用によって生じるVLF電波放射現象は、これまで数多く報告されてきた。本報告では、プロトンの降下現象とVLF放射との間に関連した諸現象について、EXOS-C衛星による自然プラズマ波動・粒子の観測データ及びNOAA, DMSP衛星データを用いて報告する。この現象の主要な特性を以下に記す。

1. 発生位置：プラズマポーズ近傍、LT 6~12<sup>R</sup>
2. プロトンスパイフ：30~80 keVで顕著で

3. 波動現象：VLFバースト(500Hz~20kHz)の出現に伴い、ELFヒスの広帯域化及びLHR放射のバンド巾の増大を伴う。
4. 磁気活動度との相関：Dstの急変時及びその回復期に発生頻度増大する。
5. 電離層プラズマ：電子温度の上昇を伴う(周囲より500~1000Kの上昇)。



オ1図 NOAA-Bによるプロトンスパイフ現象の例。オ2図と同日のデータであるが、VLFバースト(オ2図)とほぼ同じ経度でプロトンスパイフ(UT 13:19付近)が出現している。



オ2図 EXOS-Cによる高エネルギー電子のプラズマ波動観測データ。UT 15:19-15:23にVLFバーストが観測されている。

高橋 忠利 大冢 寛 渡部 重十  
 東北大・理 東北大・理 宇宙研

DYNAMICAL MORPHOLOGY OF THE LOW LATITUDE IONOSPHERE  
 AND THE EQUATORIAL SPREAD-F (ESF) BUBBLES

T. TAKAHASHI, H. OYA and S. WATANABE  
 (TOHOKU UNIV.) (ISAS)

After tracing the continuous observation of the ionospheric electron density by satellite HINOTORI, dynamical morphology of the low latitude ionosphere and the evolution of the equatorial spread F (ESF) bubbles was investigated. The spatial extent and the temporal duration of the formation area of the plasma bubble are described precisely for the evening array of plasma bubbles in terms of the longitudinal, latitudinal, local time, and the seasonal variations of the dynamical behavior of the equatorial anomaly. The characteristics of the bubble formation area in geomagnetically disturbed conditions are also given.

本研究では HINOTORI 衛星の観測結果に基づき、低緯度電離圏F領域の動態とプラズマバブルの形成域の推移についてグローバルな視点から検討した。

我々はこれまで、HINOTORI衛星の電子密度観測結果を解析しプラズマバブルの統計的発生特性、その特徴的な出現形態、及び低緯度電離圏擾乱との関係等について研究を進めてきた。プラズマバブルの形成は背景電離圏の動態と深く関わり複雑な様相を見せていてその詳細なMorphologyを Local time, Longitude, Latitude, Season, Geomagnetic Condition 等様々な要因の下で起こる現象の推移として明らかにすることが必要になってきた。本研究では特にプラズマバブル現象についてその地域的、季節的特性を低緯度F領域電離圏と関連して検討し、低緯度電離圏のグローバルな動態を明らかにしたい。

図1、図2に1例として、Equinox期の夕刻から真夜中にかけて観測されたプラズマバブルの系列の数日間にあたる推移とその領域を軌道に投影した状況を示した。プラズマバブルの観測された発生域の開始点は最初の2日のデータでは電離層赤道異常のクレスト、最後の日のデータでは Local timeによって制限されている。更にこの時期には広い経度領域にわたり定在的なバブル形成域が見られている。このようにして一連の推移を詳細に検討することによりバブルの形成と背景電離圏の動態についての全体的特徴を明らかにすることが出来る。

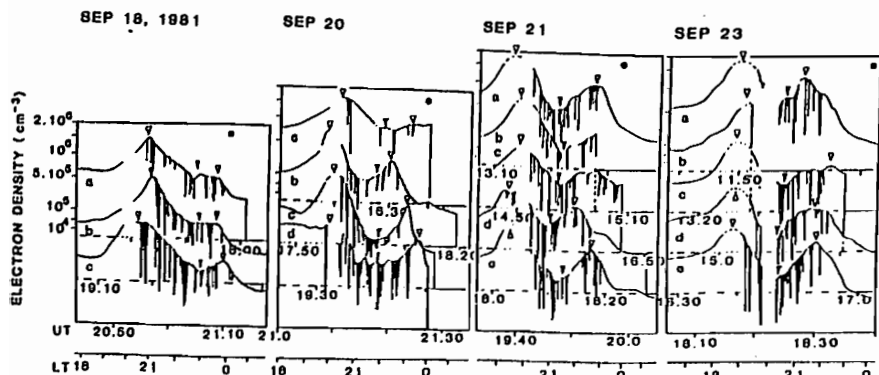


図1 ↓

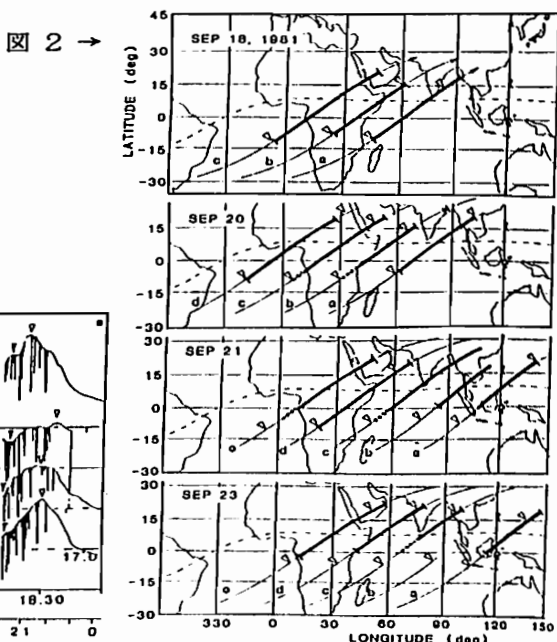


図2 →

渡部重十 小山孝一郎 阿部琢美 伊藤富造 (宇宙研)

STRUCTURE OF IONOSPHERIC TROUGH OBSERVED BY ELECTRON TEMPERATURE PROBE  
ON BOARD OHZORA SATELLITE

Shigeto WATANABE, Koh-Ichiro OYAMA, Takumi ABE,  
and Tomizo ITO

Institute of Space and Astronautical Science

Electron temperature probe and electron density probe on board Ohzora (EXOS-C) satellite observed detailed structure of trough region in the topside ionosphere. The enhancements of electron temperature are obtained in the equatorward region of main trough as well as the main trough region during magnetically active periods. The structure may be associated with a multiplicity of sub auroral red arc along different magnetic latitudes.

オーロラ帯の赤道側に存在するトラフ領域では電子密度の減少とともに電子温度の急激な上昇が観測される。"おおぞら"衛星により観測されたトラフ領域を含む極域電離層での電子密度と電子温度の1例を図1に示す。磁気緯度 $-56^{\circ}$ ~ $-62^{\circ}$ のトラフ領域では電子密度が $\sim 10^4/cm^3$ まで減少するとともに電子温度が $\sim 7000K$ まで上昇している。電子温度の上昇領域として観測されるトラフ領域は磁気緯度 $160^{\circ}$ 付近で観測されるが、より明瞭な構造つまり電子密度と電子温度の急激な減少及び上昇を示す構造は主に夜間観測される。おおぞら衛星による電子密度及び電子温度の観測からこのようなトラフ領域が多数観測されている。その結果、図2に示すように、電子温度分布の二重構造として観測されるトラフ構造が存在していることが明らかとなった。この二重構造は電子密度では顕著に観測されない。さらに図2に示すように、この構造は磁気擾乱と関係している。特に電子温度分布の二重構造の赤道側ピークは、Kp値の増加とともに電子温度が顕著に上昇する。この結果は、従来考えられている磁気圏からの熱流入のメカニズムが単純なものではないことを示唆しているとともに、Sub Auroral Red Arcの生成機構も従来考えられている生成機構では不十分であることを示している。

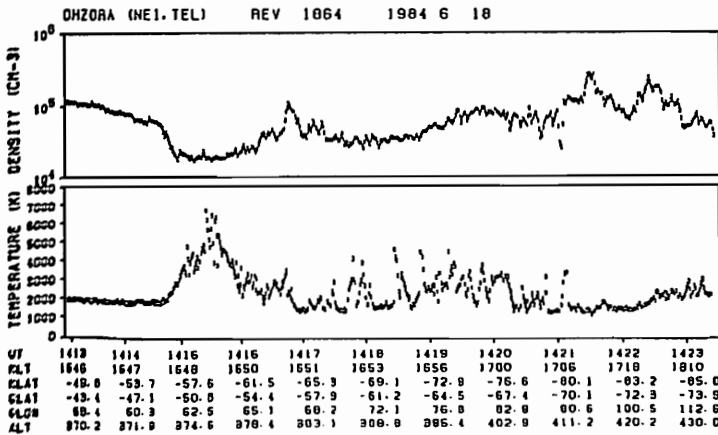


図1 おおぞら衛星によって観測された電子密度と電子温度の一例  
衛星は 1415~1416 UTでトラフ領域を、1416:30~1421 UTで  
オーロラ領域を観測している。

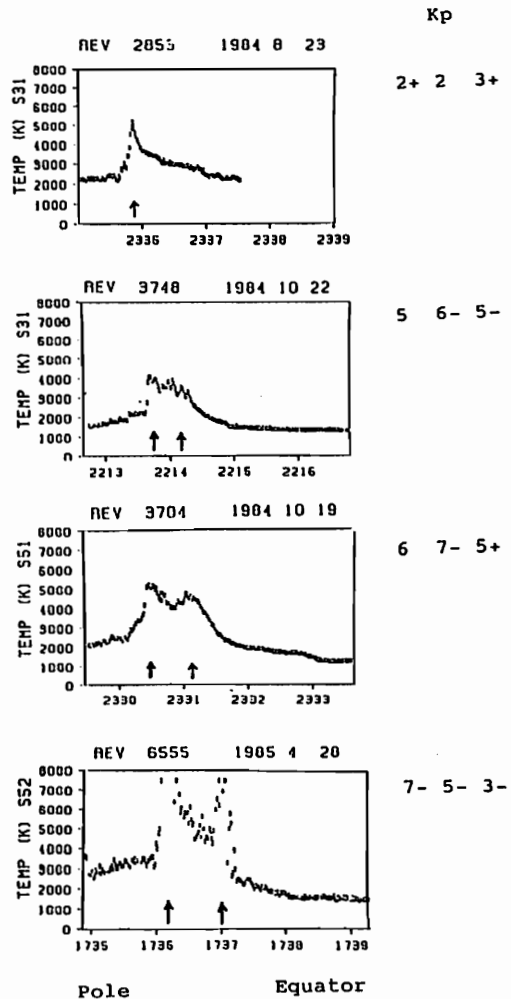


図2 トラフ領域で観測される電子  
密度分布の二重構造  
矢印は電子温度のピーク  
を示している。二つのピーク  
の間隔は磁気緯度にして $2^{\circ}$ ~ $3^{\circ}$   
である。



II-56 中・低緯度における  
10 keV 電子バースト現象 (EXOS-C観測)

向井利典 R. Lieu J. Daniels 北山正信 賀谷信幸  
(宇宙研) (Imperial College London) (U. Leicester) (宇宙研) (神戸大・工)

EXOS-C OBSERVATION OF 10-keV ELECTRON BURST AT MIDDLE AND LOW LATITUDES

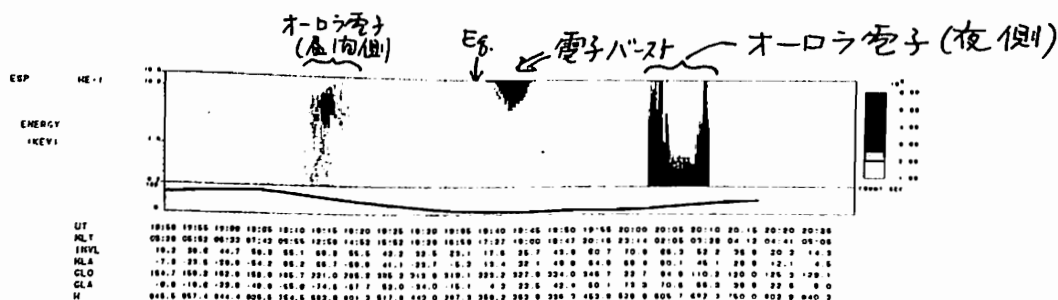
T. Mukai, R. Lieu, J. Daniels, M. Kitayama, and N. Kaya  
(ISAS) (Imperial College London) (Leicester U.) (ISAS) (Kobe U.)

The ESP instrument onboard the EXOS-C satellite observed local enhancements of 10-keV electrons at middle and low latitudes. This phenomenon has quite strange characteristics. Though the occurrence frequency is low, it is limited to the altitude range below 500 km and the local time of afternoon to dusk. The pitch angle distribution shows almost isotropy or somewhat field-alignment. This is a new finding if it is really natural.

「おおぞら」(EXOS-C)による低エネルギー粒子観測結果について、主としてオーロラ粒子を中心に解析を進めているが、ここで報告するのは中・低緯度における電子バースト現象とも言うべき現象で、ちょっと奇妙な現象についてである。その一例を下図のE-tダイアグラムに示す。このような現象の特徴を列挙すると、

- 1) 出現例はきわめて少ない。(一年分のデータで、二十数例)
- 2) 高度は500 km以下に限られ、しかも低高度ほど多くみられる。ただし、) 350 km (衛星の近地点高度)
- 3) 出現の地方時は午後から夕方にかけてである。夜間についてはデータが少ないので、否定はできない。出現の高度-地方時の相関を見ると、高い高度では正午に近い午後で出現するのに対して、低高度では正午から夕方に分布する。
- 4) ピッチ角分布は大体において等方的、亦は、わずかに沿磁力線方向が強い。

このような中・低緯度における電子バースト現象について過去に報告された例はきわめて少ない。Lieu et al (投稿中)によると、250 kmの高度におけるSL-1の観測があるにすぎない。まずは、このような現象がEXOS-C特有の人工的あるいは測定上の問題に起因するものでないことをチェックする必要があるが、今のところこのような現象を説明できる問題点が思い付かない。もしもこれが自然現象であるとすると、これは中・低緯度における電子降下あるいは粒子加速に対する従来の考え方に大きなインパクトを与えることになるだろう。

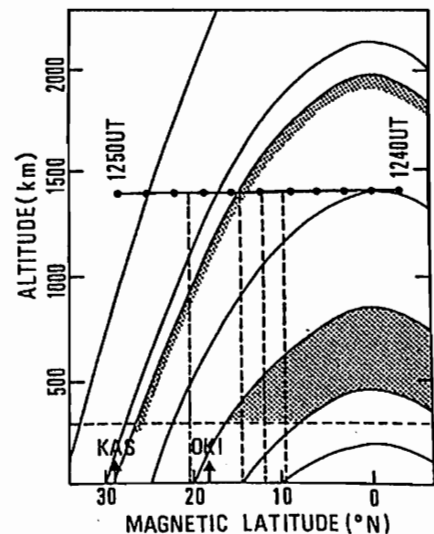


ISIS 2 OBSERVATIONS OF THE IRREGULARITY DISTRIBUTION  
DURING THE LOW-LATITUDE IONOSPHERIC DISTURBANCE EVENT  
CAUSED BY THE MAGNETOSPHERIC ELECTRIC FIELD

T. TANAKA

Radio Research Laboratory, Koganei-shi, Tokyo 184, Japan

Large and small scale disturbances in the low and mid-latitude ionosphere around evening were investigated from both ground and satellite observations during a low-latitude ionospheric disturbance event occurred on June 2, 1978. The ISIS 2 satellite observed the event from the topside by the topside sounder onboard it. These observations revealed spatial structures of the ionospheric irregularity zones, while networks of ground stations observed the development in time of disturbances. Coinciding with the start of asymmetrical disturbances of low-latitude geomagnetic fields, an eastward electric field penetrating from the magnetosphere caused the formation of equatorial plasma bubbles as well as the development of the equatorial anomaly. A shell of magnetic field lines with equatorial altitude less than 1000 km was filled with irregularities caused by plasma bubbles. Another region of irregularities was observed along the outer shell of magnetic field lines with equatorial altitude of about 2000 km. These irregularities were associated with ionization ducts and responsible for C-band scintillations at mid-latitude. The formation of these ducts seemed to have started not simultaneously with plasma bubbles but somewhat after the cease of the development of the equatorial anomaly.



A map showing the satellite trajectory, positions of satellite observations, ground stations and configurations of geomagnetic field lines.

## ■ 第Ⅲ会場

(Ⅲ-1 ~ Ⅲ-49)

# III-1 MUレーダーによる台風観測 —速報—

佐藤 亨・阿尾直樹・山本 衛・深尾昌一郎・津田敏隆・加藤 進

(京都大学超高層電波研究センター)

## OBSERVATION OF A TYPHOON USING THE MU RADAR

Toru SATO, Naoki AO, Mamoru YAMAMOTO, Shoichiro FUKAO, Toshitaka TSUDA, and Susumu KATO

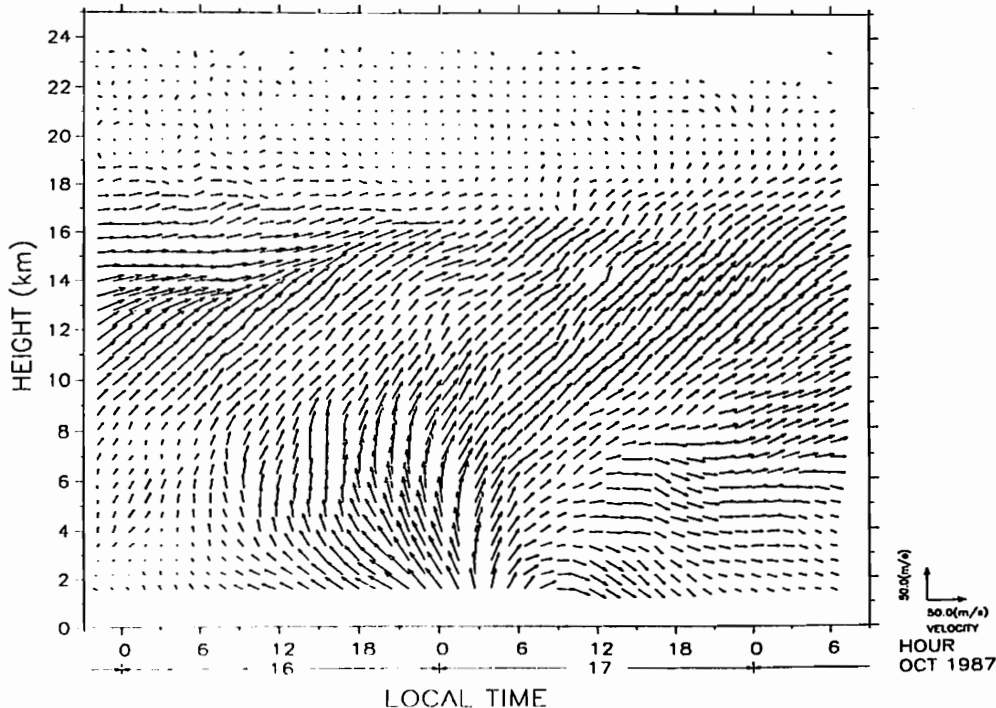
(Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University)

A typhoon was observed by the MU radar for the first time since its full-operation started. The typhoon, T8719, passed by the MU radar on October 17, 1987 with a minimum distance of about 100km. Three components of the wind velocity and the intensity of the atmospheric turbulence were observed at 1.5-24km height range with a time resolution of 2.5min. Various wave activities accompanied with the typhoon were observed.

MSTレーダーは風速の時間・高度変化を直接観測できるという、従来の気象測器にはない特徴を持ち、台風観測においても極めて有力な手段のひとつと考えられる。しかし、この場合定点観測の制約は厳しく、これまで台風の観測例はMUレーダーが1/8の規模で試験的に運用されていた1983年の1例のみである。ここでは昨年10月、台風T8719号の通過時に行ったMUレーダー完成後最初の本格的な台風観測の概要を紹介する。

台風は1987年10月17日0時頃、高知県室戸市付近に上陸、四国・本州を縦断した。MUレーダーへの最接近は5時頃、北西約100kmの距離であった。その後北北東に進み、能登半島から日本海に抜けた。MUレーダーによる観測は15日20時より18日8時までの60時間行われた。観測は、高度1.5~19kmの対流圏モードと5~24kmの成層圏モードを7.5秒毎に切り替え、天頂方向と天頂角 $10^\circ$ の東西南北方向の5ビーム方向の風速、エコー強度を150mの高度分解能で測定した。下図に、1時間平均風速の水平成分の高度・時間変化をベクトル表示で示す。台風に伴う風速場の転向や、擾乱が接近に従って上層に及んで行く傾向が明らかに見られる。

解析は端緒についたばかりの段階であるが、台風に伴う前線の発生やその領域で励起されたと考えられる慣性重力波、短周期波動の砕波による大気乱流の生成と思われる現象など、すでにいくつかの興味深い現象が見いだされている。発表では観測結果の概要と、これまでに得られた解析の成果を報告する。



1時間平均水平風速の高度・時間変化。東向き、及び北向きを、それぞれ右向き及び上向きとする。

犬木久夫 伊藤繁夫 高見友幸 津田敏隆 佐藤 亨 深尾昌一郎 加藤 進  
(電波研) (京大超高研)

ACCURACY OF TEMPERATURE MEASURED BY RASS

H. Inuki S. Ito Y. Takami T. Tsuda T. Sato S. Fukao and S. Kato  
(RRL) (RASC, Kyoto Univ.)

The accuracy of temperature measured by RASS is considered. From the analysis of the received signal spectrum, it is experimentally shown that  $f_p$ , the frequency shift corresponding to the peak of frequency spectrum, lies in the range between the Doppler shift  $f_d$  and the acoustic transmitted frequency  $f_a$ .

In order to measure the temperature accurate to within 5°C at the height of about 7km to 9km, the difference between  $f_a$  and  $f_p$  must be within 1 Hz.

MUレーダー利用RASS観測によって測定された気温の精度については、ラジオゾンデから求められる気温との直接比較を除き、議論されていなかった<sup>(1)(2)</sup>。これは、大気中に生成された音波波面による電波の反射波(RASS echo)のパワースペクトルのピーク値に対応するシフト周波数を、常に、音速に比例するドップラ周波数と見做し、気温を算出していたためである。

音波による反射層が有限長である通常のRASS観測においては、(1)RASS echoのパワースペクトルは送信音波周波数とドップラ周波数との間にピーク値を持つこと、(2)音波の振幅が $e^{-1}$ に減少する距離に比べて音波の反射層の長さ(音波パルスの空間長)が短い場合、RASS echoのパワースペクトルのピーク値に対応するシフト周波数はほぼドップラ周波数に等しくなることが、Nalbandyanによって求められている<sup>(3)</sup>。従って、(1)の場合においては、従来の方法による気温測定では誤差を生ずることになる。

今回、気温の測定精度に関連して、1987年11月13日に測定されたRASS echoのパワースペクトルにおけるシフト周波数について検討した。22時13分に測定されたパワースペクトル(S/N≒25dB)のピーク値に対応するシフト周波数  $f_p$  と送信音波周波数  $f_a$  を表1(a)に示す。なお、音速に相当するシフト周波数すなわちドップラ周波数  $f_d$  は、前日の21時00分に測定されたラジオゾンデ(信楽MU観測所)の気温から求めた。同じく、20時40分に測定されたパワースペクトル(S/N≒10dB)についての  $f_p$ 、 $f_d$  と  $f_a$  を表1(b)に示す。

僅か2例のデータであるが、Nalbandyanの理論結果が示すように、音波と電波の間には、常に、Braggの条件が成立しているとは限らず(特に表1(b))、RASS echoのパワースペクトルは、 $f_a$  と  $f_d$  との間にピーク値を持っていることが、本実験によって示された。従って、高度7km~9kmにおいて、気温の誤差を約5°C以内とするためには、 $|f_a - f_p| < 1$  Hzでなければならない。

参考文献

- (1) 犬木、増田、高橋、松浦、佐藤、津田、加藤：日本地球電磁気学会第80回講演予稿集III-71。
- (2) 高見、津田、増田、犬木、高橋、加藤、深尾、佐藤：地球電磁気・地球惑星物理学会第82回講演予稿集P-35。
- (3) O. G. Nalbandyan : Bull. Acad. Sci. USSR, Atmos. Ocean. Phys., Vol. 13, 172-177, 1977.

Table 1 A comparison among the acoustic transmitted frequency  $f_a$ , the frequency shift  $f_p$  corresponding to the peak of the frequency spectrum and the Doppler frequency  $f_d$  calculated from the data of the radiosonde.

(a) S/N≒25dB				(b) S/N≒10dB			
Height (km)	$f_a$ (Hz)	$f_p$ (Hz)	$f_d$ (Hz)	Height (km)	$f_a$ (Hz)	$f_p$ (Hz)	$f_d$ (Hz)
7.05	98.4	97.9	97.7	8.55	93.0	94.7	95.9
7.20	98.4	97.6	97.5	8.70	93.0	94.7	95.0
7.35	98.4	97.7	97.3	8.85	93.0	94.7	95.0
7.50	96.6	97.2	97.1	9.00	93.0	94.7	95.7
7.65	96.6	96.2	97.0				

# 放送衛星電波受信強度変動に 及ぼす降雨空間分布の影響

岩井 誠人<sup>1</sup>・佐藤 亨<sup>2</sup>・木村 賢根<sup>1</sup>

1 京都大学工学部 2 京都大学超高層電波研究センター

Effect of spacial raindrop distribution on received intensity of the BS signal

Hisato IWA<sup>1</sup>

Toru SATO<sup>2</sup>

Iwane KIMURA<sup>1</sup>

1 Dept. of Electrical Eng. II, Kyoto University

2 RASC, Kyoto University

We have observed rain attenuation of broadcasting satellite (BS) signal at 12GHz. We have paid a special attention to the enhanced fluctuation of the attenuation during rainfall periods. According to a simple stochastic model, the ratio of the fluctuation of attenuation to its mean can be interpreted in terms of the degree of freedom within the observed volume. The observed degree of freedom is much smaller than the number of raindrops, so that it seems to indicate the number of clusters in the observed volume.

前回発表したように、我々は12GHz帯放送衛星電波の降雨減衰現象の観測を行っている。今回は、降雨減衰量の時間変動スペクトルに着目し、減衰量の絶対量とその変動量との比をとるにより、降雨域内における雨滴の空間分布についての考察を行ったのでその結果について報告する。

降雨減衰量の周波数パワースペクトルの例を Fig.1 に示す。被処理時間は1987年8月4日の17時27分50秒から17時32分5秒の256秒間であり、サンプル時間1秒でとられたデータを周波数解析したものである。ここでは、プリ・ホワイトニングの手法によって相対的に大きい低周波成分が高周波数帯に及ぼす影響を低減している。スペクトルは最低周波域を除いては概ね白色的であることがわかる。従って、平滑化した減衰量から標準偏差を時間変動強度の指標とすることができる。

晴天時の標準偏差の時間変化を Fig.2 に、降雨時のものを Fig.3(a) に示す。また Fig.3(b) にはその時間における降雨減衰量の変化も同時に示す。Fig.2 の時間には減衰は全く観測されていない。二つの図から明らかなように晴天時と降雨時の標準偏差の値は大きく異なっている。また Fig.3 では減衰が起こり始める約20分前から標準偏差の値が大きくなっていることがわかる。

この降雨減衰量の時間変動特性を明らかにするため、我々は降雨のモデル化を行った。これは降雨減衰をN個の自由度を持つランダムな統計量とするものであり、減衰量をA (dB)とするとその変動量fは、

$$f = \frac{A}{\sqrt{N}} \quad (\text{dB})$$

となる。Fig.3の期間における自由度Nの値は、減衰量が3dBを超えた時間のデータを平均すると約1500である。

我々のモデルにおいて、降雨中の雨滴の分布が一様であるとするとNは雨滴の数になる。減衰に関与する雨滴が存在する体積を第一フレネルゾーン内の体積で見積ると、降雨域が観測点から少なくとも見積って約1km存在するとしてもその体積は約 $3 \times 10^4 \text{ m}^3$ になる。降雨強度を30mm/hとして粒径を0.3cmで一様であると仮定すると、単位体積中に存在する雨滴の個数は、約100個である。したがって減衰に関与する雨滴の総数は約 $3 \times 10^6$ 個になり降雨中の自由度の数は、雨滴自体の個数には相当しないと考えられる。これは実際の降雨には空間的に疎密が存在し、いわゆるクラスター状に分布していることによると考えられる。したがって自由度Nの値はこのクラスターの数に相当しているのではないかと考えている。

今後は自由度の値やスペクトルから得られる特性などを、京都大学借来Mレーダーにより観測される粒径分布と統計的に比較し、降雨の種類(降り方)を判断する方法を確立することを目指すとしている。

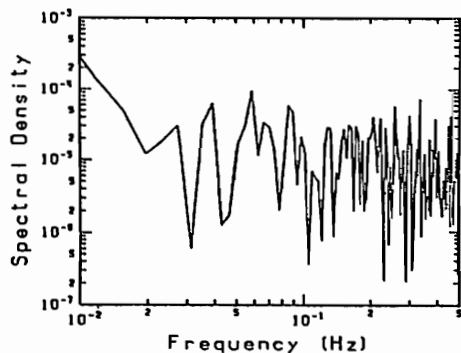


Fig.1 Power spectrum of rain attenuation. (1987 8/4 17:27:50-17:32:05)

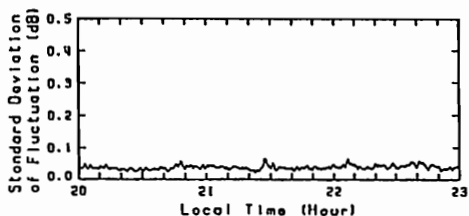


Fig.2 Standard deviation of fluctuation on fine day. (1987 8/4 20:00:00-23:00:00)

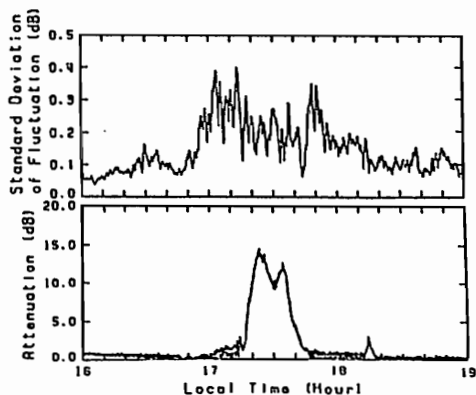


Fig.3 Standard deviation of fluctuation and rain attenuation on rainy day. (1987 8/4 16:00:00-19:00:00)

# III-4 MUレーダーによって観測された対流圏・成層圏の風速変動の季節変化

深尾昌一郎・手島由裕・有賀 理・山中大学\*・佐藤 亨・津田敏隆・加藤 進  
 京都大学超高層電波研究センター \*山口大学教育学部

## SEASONAL CHANGE OF TROPOSPHERIC AND STRATOSPHERIC WIND VARIABILITY OBSERVED WITH THE MU RADAR

S. Fukao, Y. Teshima, O. Aruga, M. D. Yamanaka\*, T. Sato, T. Tsuda and S. Kato  
 RASC Kyoto University, \*Department of Education, Yamaguchi University

The tropospheric and stratospheric wind variability is examined for two period ranges, shorter (1-6hrs) and longer (8-48hrs) ones, based on wind data obtained during consecutive 100 hrs every month from December 1985 to November 1986. Variability of vertical winds is larger in the shorter period range than in the longer one, while it is the opposite for the horizontal winds. It is also found that the vertical wavenumber spectra of horizontal winds follow the  $-3$  power law in the higher wavenumber range irrespective of seasons, indicating the consistency of the wind spectrum with the saturated spectrum of gravity waves proposed by Smith et al.(1987).

MUレーダーは上部対流圏から下部成層圏における乱流と重力波の観測を毎月4~5日程度連続して行っている。本報告では、このうち1985年12月から1986年11月までの1年分のデータを解析し、この領域の中小規模擾乱現象の季節変化について調べる。対象とする変動周期は1~48時間とする。

図1は鉛直風と東西風変動の大きさを短周期(1~6時間)及び長周期(8~48時間)について示すものである。季節にかかわらず鉛直風については短周期成分が卓越し、逆に東西風(及び南北風)については長周期成分が卓越している。また一般に変動は夏よりも秋、秋(或は春)よりも冬の方が大きい傾向にある。

鉛直波数スペクトルの高波数域は鉛直波数(m)の $-3$ 乗に比例することが提唱されている(Smith et al. J. Atmos. Sci., 1987)が本観測結果はいずれの月においてもこの理論的予測によく合致している。スペクトル飽和が始まる波長(特性波長)は必ずしも正しく推定されているわけではないが、下部成層圏で約2kmと考えられる。また夏の特性波長が冬より若干短く見られる。これは水平風の高度変化にしばしば見られる波状構造の鉛直波長にほぼ一致する。これらのことより下部成層圏における1~48時間周期の風速変動の主要因は概ね重力波であると結論される。

### ZONAL & VERTICAL VARIANCE DEC 1985 - NOV 1986

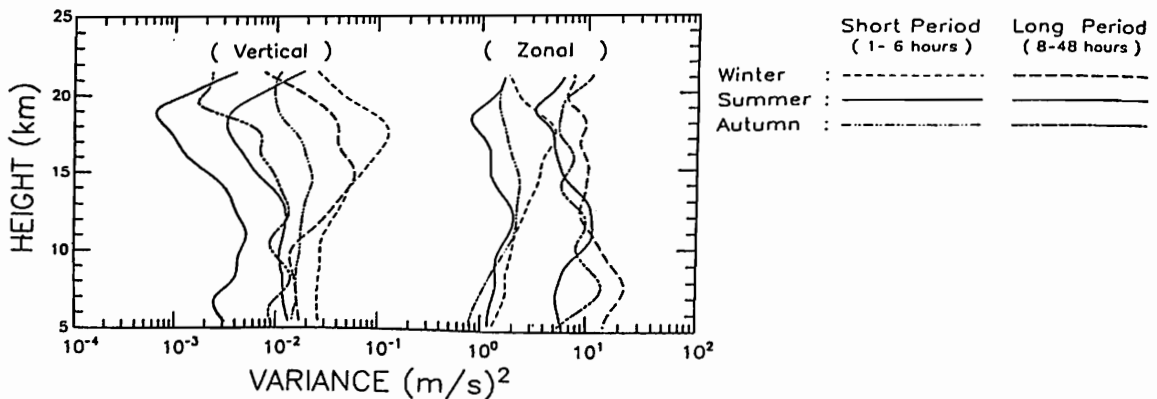


図1 1985年12月から1986年11月までの冬、夏、秋の鉛直風、東西風のバリエーションの短周期(1~6時間)、長周期(8~48時間)成分の季節平均高度プロファイル(鉛直波長3kmの低域フィルタをかけたもの)

野村 剛彦・津田 敏隆・井上 隆・深尾昌一郎・佐藤 亨・加藤 進  
 (京都大学超高層電波研究センター)

FREQUENCY SPECTRA OF GRAVITY WAVES IN THE MIDDLE ATMOSPHERE OBSERVED BY THE MU RADAR

Takehiko NOMURA, Toshitaka TSUDA, Takashi INOUE, Shoichiro FUKAO, Toru SATO, and Susumu KATO  
 (Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University)

We made a comparison between frequency spectra of radial wind velocity observed by the MU radar and the model frequency spectra proposed by VanZandt (1985). Good consistency was found between the observed and the predicted frequency spectra at lower frequencies. Observed power spectral density reduced at higher frequencies seems to be affected by the Doppler shifting due to the mean wind.

中層大気中の中規模風系の水平成分の周波数スペクトルは、周波数の $-5/3 \sim 2$ 乗に比例することが知られている。これを説明するために、海洋中の重力波のスペクトルのモデルを大気中に適用することによって周波数スペクトルのモデルが提唱された。

このモデルと観測との比較を行なうために、MUレーダー観測によって得られた中間圏、下部成層圏、対流圏の視線方向風速を用いて、周波数スペクトルを求めた。

図1は、鉛直風速及び天頂角 $10^\circ$ 方向の風速のスペクトルモデルである [VanZandt, 1985]。観測から得られたスペクトルの一例として、図2に1987年6月の中間圏のデータから求めた鉛直及び天頂角 $10^\circ$ 方向の周波数スペクトルを示す。低周波部分では、天頂角 $10^\circ$ 方向のスペクトルは周波数の $-5/3$ 乗で減衰し、鉛直風のスペクトルは右上がりとなっておりモデルとの一致がみられるが、高周波側ではモデルと違って大きな減衰がみられる。これは背景風によるドップラーシフトの影響を受けてスペクトルが歪んだものと考えられるので、各高度範囲について背景風の大きさの異なる場合について比較を行なう。

参考文献 VanZandt, T.E., A model for gravity wave spectra observed by the Doppler sounding system, Radio Sci., 20, 1323-1330, 1985.

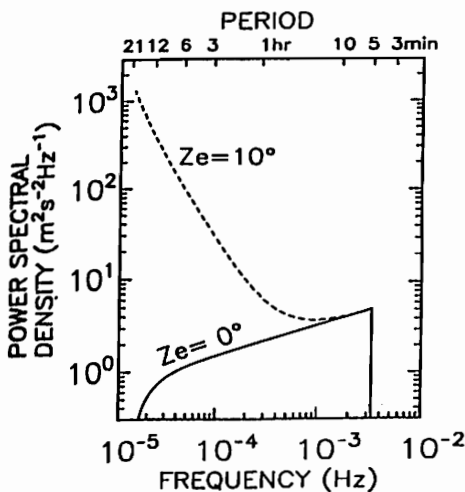


図1 鉛直風速及び天頂角 $10^\circ$ 方向の周波数スペクトルのモデル [VanZandt, 1985]

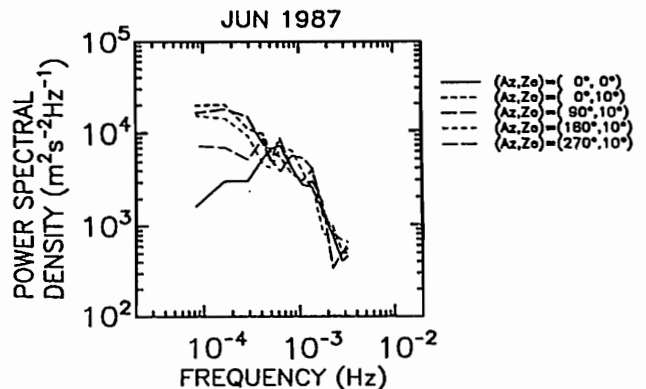


図2 1987年6月にMUレーダーで観測された中間圏の風速の周波数スペクトル



# III-6 MUレーダーによる中間圏長期観測

山本 衛<sup>\*</sup>、横井 隆<sup>\*</sup>、津田 敏隆<sup>\*</sup>、佐藤 亨<sup>\*</sup>、深尾昌一郎<sup>\*</sup>、加藤 進<sup>\*</sup>、Adolf Ebel<sup>\*\*</sup>  
 (\*京大超高層、\*\*ケルン大学)

## LONG TERM OBSERVATIONS IN THE MESOSPHERE WITH THE MU RADAR

Mamoru Yamamoto<sup>\*</sup>, Takashi Yokoi<sup>\*</sup>, Toshitaka Tsuda<sup>\*</sup>, Toru Sato<sup>\*</sup>,  
 Shoichiro Fukao<sup>\*</sup>, Susumu Kato<sup>\*</sup> and Adolf Ebel<sup>\*\*</sup>  
<sup>\*</sup>Radio Atmospheric Science Center, Kyoto Univ., <sup>\*\*</sup>Univ. Köln

In order to investigate the behavior of gravity waves in the middle atmosphere, we have conducted the GRATMAC campaign since April 1985. The mesospheric observations are scheduled for four days every month. We have analyzed the data observed in the period from December 1985 to November 1986. The height distribution of the available data averaged in a month shows that the turbulent scattering echoes mainly appear in 60-80 km region. We recognize no significant seasonal variations in the height distribution of the turbulent layers although the day-to-day variation is large. We will also report the seasonal variations of the mean winds and the wind variability.

中間圏の東西平均風は、高度約80 km以下では夏は西向き、冬は東向きであるが、これより上層では下層から伝搬して来た重力波の砕波によって減速され、風向が逆転することが理論的に示されている。従来我々は、京都大学流星レーダーを用いて、高度80-110 kmの平均風の観測を行ってきた。またMUレーダーでは、このような平均風と重力波の相互作用を明らかにすることを目的として1985年4月から毎月4日間のMAP国際協同観測を続けてきた。今回我々は、この観測のうち、1985年12月から1986年11月に得られたデータについて解析を行なった。

中間圏観測は各日の8-16時に行なわれ、この間に約200個のデータが取得される。図1に、各月の全取得データに対する有効データの割合を示す。

1986年6月には強い妨害があったため図から除外している。散乱エコーパワーが強く、時間的に安定しているとき多くのデータが得られるので、図1は中間圏乱流散乱層の高度分布をほぼ反映する。散乱層は全期間を通じて、高度65-80 kmに見られ顕著な季節変化はなかった。この結果はPoker Flat MSTレーダー(65°N, 147°W)で散乱エコーの出現高度が大きな季節変化を示す事実[Balsley et al., 1983]と異なっている。日中平均風速、風速変動の大きさ等の季節変化についても報告する予定である。

### 参考文献

Balsley, B. B., W. L. Ecklund and D. C. Fritts, VHF echoes from the high-latitude mesosphere and lower thermosphere: Observations and interpretations, *J. Atmos. Sci.*, 40, 2451-2466, 1983.

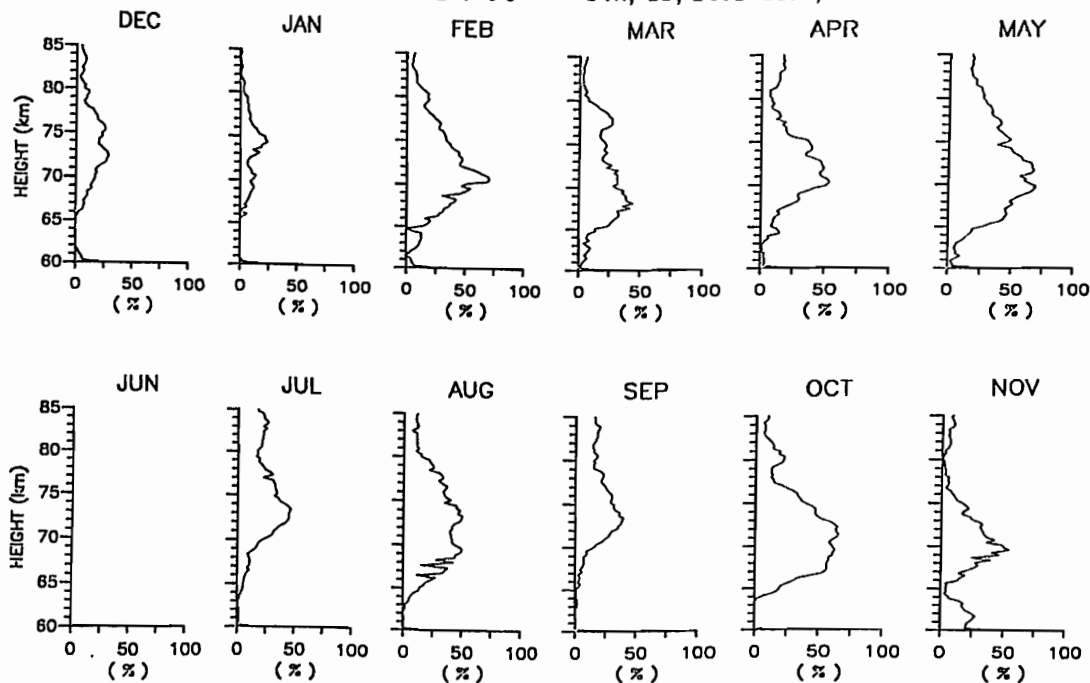


Figure 1: Number ratio of the available data to all the data obtained by the MU radar in a month. The observations were performed for four days every month in the period from December 1985 to November 1986. The data in June 1986 were removed because of the poor data quality.

ライダーによって観測された  
 III-7 上部成層圏、中間圏重力波のスペクトル解析

柴田 隆、一森 誠也、前田 三男  
 九州大学工学部

Spectral Analysis of the Lidar Observed Upper Stratospheric, Mesospheric Gravity Waves

Takashi Shibata, Seiya Ichimori and Mitsuo Maeda  
 Department of electrical engineering, Kyushu University

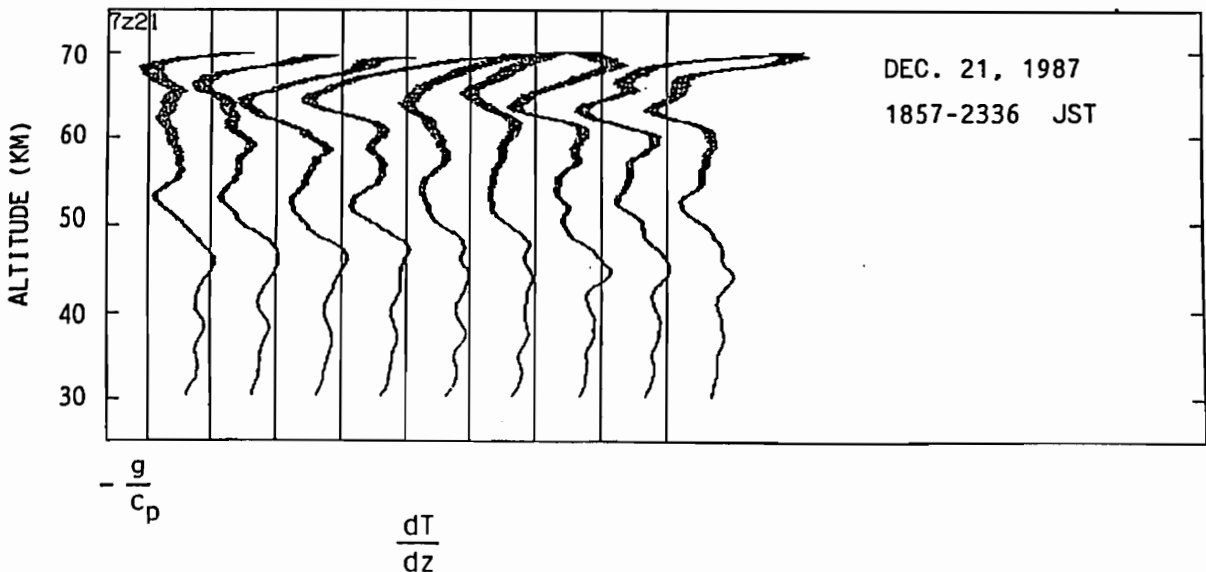
Spectral analysis of the lidar observed upper stratospheric and mesospheric gravity wave is made. Power spectrum density versus vertical wavenumber in the mesosphere indicates the good agreement with the saturation spectrum theory. However, in the upper stratosphere, obtained spectra show smaller absolute values than the theoretical values taking into account of the scaling of  $N^4$ . Space-time spectra show the existence of the waves whose vertical phase velocities are upward.

レイラー散乱を利用したレイラーライダーは高度30 kmから約90 kmにかけての上部成層圏、中間圏大気密度、温度の垂直分布を求めることができる。我々のシステムの測定精度は15分、3 kmの時間空間分解能のとき、高度40、60 kmにおいてそれぞれ約0.2、2 %である。測定は現在のところ晴天の夜間に限られるので、観測時間は最大で12時間、通常は約6時間である。今回、観測結果から得られた  $(T/\bar{T})$  の鉛直波数スペクトルと飽和単色波スペクトル理論との比較、及び、観測結果からの鉛直波数-周波数スペクトルにより重力波の鉛直位相伝達方向を検討したので報告する。

中間圏高度ではしばしば  $dT/dz (=T_z)$  がほぼ乾燥断熱減率  $(-g/C_p)$  かそれ以下となり対流不安定が生じていることを示唆している。下図は昨年12月21日  $T_z$  の30分ごとの高度分布を示す。高度53及び65 km付近で  $T_z$  が  $-g/C_p$  程度かそれ以下となっている。このデータの50-70 km間で計算した鉛直波数スペクトルは飽和スペクトル理論で予想される値に良く一致し、理論を支持しているように思われる。一方30-50 km間の上部成層圏では  $T_z > 0$  で、対流不安定が生じているとは考えられない、が、スペクトルは波数の-3乗に近い変化をし、飽和スペクトル理論による予想と一見一致しているかに見える。しかし、その絶対値は中間圏でのスペクトルの値より小さい。このことは理論が予想するスペクトルの  $N^4$  ( $N$ : プラントバイサラ周波数、成層圏で 0.022 /s、中間圏で 0.017 /s) のスケージングとは逆のずれとなっている。

各プロファイルで温度(密度)の変動のピークを追っていくと、重力波の位相は上部成層圏で下向きに伝達する場合がほとんどであった (Shibata et al.: 1986, G.R.L., Vol. 13, 1121)。ところが、一方、中間圏のデータ中で明らかに上向きに伝達する例がいくつかあった。これらのことを確認するために、鉛直波数-周波数スペクトルで伝達方向を調べた。結果は、観測による上記の結果を支持している。

講演ではこれらの結果と若干の考察を示す。



市川 敏朗  
朝日大教養

岡野 章一  
東北大理

J.S.KIM  
SUNYA

OBSERVATIONS OF THERMOSPHERIC WINDS AND TEMPERATURES WITH  
A FABRY-PEROT INTERFEROMETER

T. ICHIKAWA, S. OKANO and J.S.KIM

Asahi Univ, Tohoku Univ, SUNY at Albany N.Y.

Abstract: Optical observations of thermospheric winds and temperatures were made at Sagaraki MU radar observatory with a 15-cm servo stabilized piezo scanning Fabry-Perot interferometer on over 40 nights from October 1986 through March 1988. Preliminary results of optical observation are presented along with concurrent results of MU radar observation.

我々は、大口径のエタロン（直径15cm）にマルチゾーン・プレート方式の開口を装着したファブリーペロ干渉計を開発した、1986年これを更に改良し、酸素赤線の夜間強度が非常に弱い中緯度地方でも観測できる様にした。用いたエタロンはサーボ安定化ピエソスキャン方式で、これに観測の各掃引毎にHe-Neレーザーによる波長基準とプリング間隔を検出できる光学系を加えた。全システムはマイクロコンピュータにより制御され種々の原因で起こる装置のドリフトを消去し測定値の信頼性を高めた。

我々は、この装置を用いて酸素原子輝線6300Aのドップラー量の測定による熱圏温度・風系の夜間観測を、1986年10月より1988年3月迄、京都大学超高層電波研究センター信楽MU観測所の共同利用研究課題として40回余り実施した。今回の発表では現在進めている解析結果の主なものをしめす。

Fig.1 はその一例で、この図の定性的な説明は次のようになる。18時30分より21時30分の間では、中性・イオン共に強い南向きの風によってイオンが上方に運ばれF層の電子密度が増加している様子が分かる。この時には中性大気の状態は高温の状態にあるが、22時より02時にかけて北向きの風が強くなった時にはF層の電子密度は減少し、23時と01時には高度150-160kmに吹き寄せられたとも見られる電子密度の大きな層が現れ、この時の6300大気光はこの領域

からの発光成分と考えられ、ドップラー温度が500度も下降している。

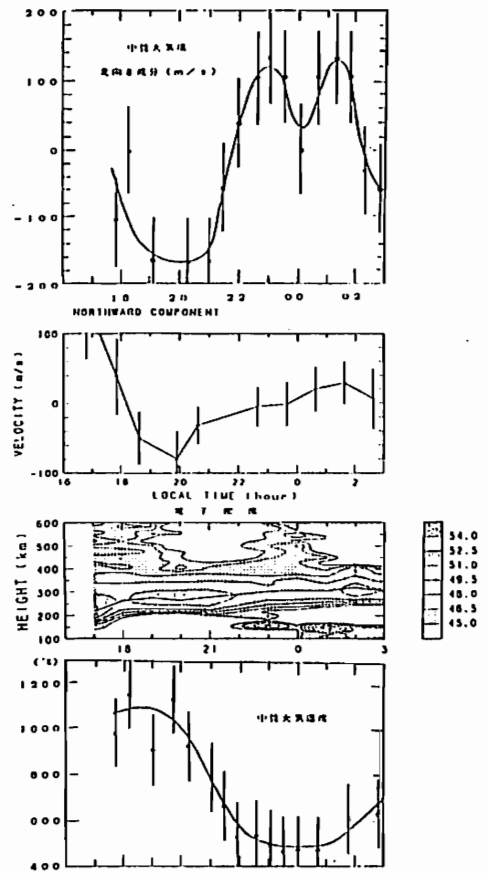


Fig.1 Time variation of, from top to bottom, the neutral wind derived from optical observation, ion drift and electron density obtained from MU radar and the neutral temperature from optical observation.

香藤文一, 木山喜隆  
新潟大理

LONG TERM VARIATIONS OF AIRGLOW OI 5577A INTENSITY

Thirty years airglow OI 5577A intensities are studied in the middle latitude regions, as Haute Provence, Japan (four stations) and Niigata (Figure 1). The intensity variations represent remarkably the effect of solar activity as about 100 Rayleighs. Seasonal variations under active and quiet solar conditions are studied (Figure 2 and 3). The peak of October month is enhanced apparently in the solar active years.

Fig.1. AIRGLOW OI (5577 Å) INTENSITY

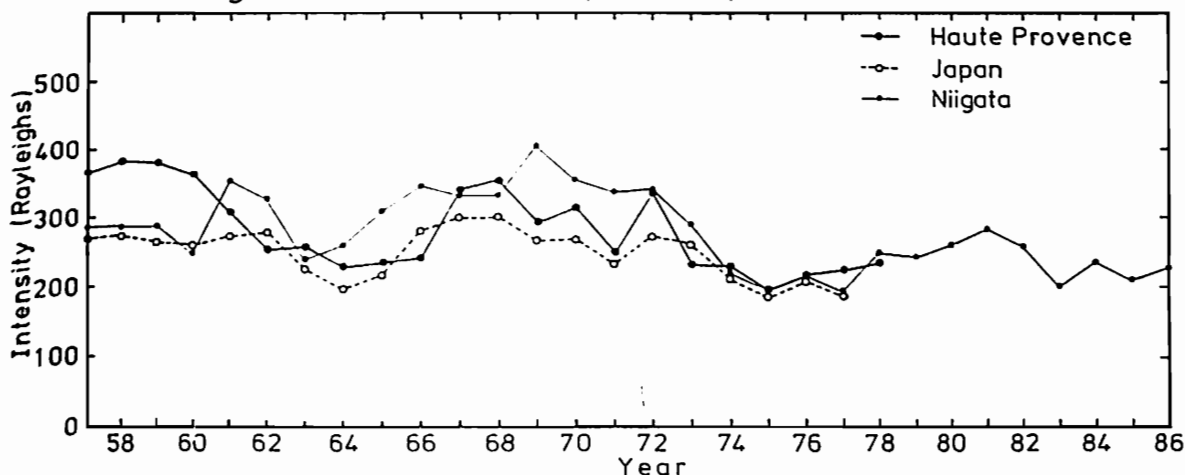


Fig.2. AIRGLOW INTENSITY

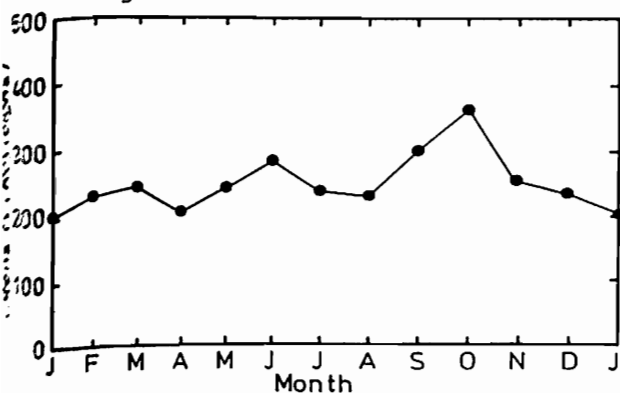
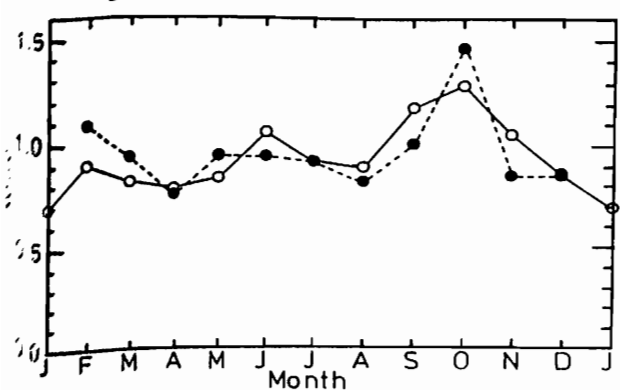


Fig.3. AIRGLOW INTENSITY



30年間にわたって、中緯度地帯の大気光 OI 5577A 強度変化を比較した。オートプロバンス(フランス), 日本(4観測地点), そして新潟である[文献1]。太陽活動の影響は~100Rの顕著な増加として認められる。同大気光の季節変化は特異な傾向を示すことが知られているが、これを太陽活動期と静穏期に分けて比較した。興味あるのは太陽活動期に10月期の強化が目立つ等のことである。

文献1. Saito.B. and Y.Kiyama, Seventeen Years Zenith Airglow Radiations, 1970-1986, at the Niigata Airglow Observatory

Fig.1. Thirty Years Intensity Variations.

Fig.2. Seasonal Variations(Thirty years).

Fig.3. Seasonal Variations(Solar active and quiet conditions).

# III-10 O<sub>2</sub> ヘルツベルグ I 帯夜間大気光の励起過程

北 和之・岩上 直幹・小川 利紘  
東京大 理学部

## THE EXCITATION MECHANISM OF THE O<sub>2</sub> HERZBERG I SYSTEM IN THE NIGHT AIRGLOW

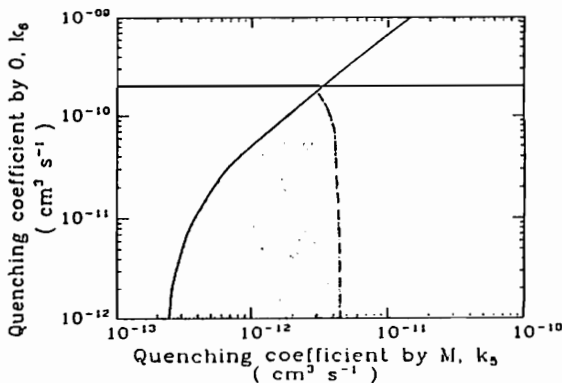
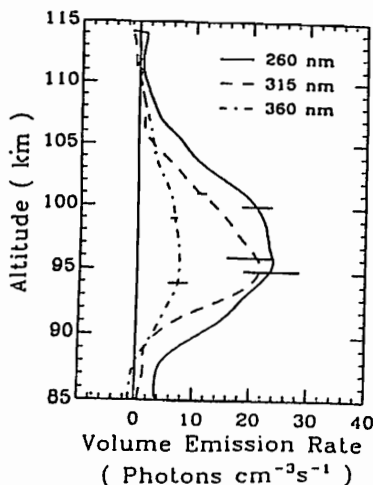
Kazuyuki KITA, Naomoto IWAGAMI, and Toshihiro OGAWA  
Geophysics Research Laboratory, University of Tokyo

A simultaneous measurement of the airglow emissions at three different bands of the Herzberg I system, originating from higher, middle and lower vibrational states of O<sub>2</sub>(A<sup>3</sup>Σ<sub>u</sub><sup>+</sup>) was carried out with photometers on board a sounding rocket. The profiles of the volume emission rates at three bands of the Herzberg I system are found to be identical, suggesting that the vibrational distribution is almost the same at all emission heights. The excitation and quenching processes are discussed on the basis of these results. It is suggested that O<sub>2</sub>(A<sup>3</sup>Σ<sub>u</sub><sup>+</sup>) is subjected to a large quenching via collisions with atmospheric molecules.

高度100 km付近に発光領域をもつ夜間大気光・O<sub>2</sub> Herzberg I帯については  
同くからその存在が知られており、またそのエネルギー源が、太陽紫外線によつて酸素  
分子が解離・生成した酸素原子の再結合であることも知られている。

我々は、1986年9月6日、内之浦(31°N, 131°E)から発射されたロケット  
S310、17号機により、ヘルツベルグ帯大気光を3波長、260, 315, 360 nm  
にて観測した。この観測結果については、前回の学会で発表したが、今回は、この結果から、  
定量的な議論を行つてみたので、ここに報告したい。

観測に用いた3波長、260 nmは振動準位  $v = 6 \sim 11$ , 315 nmは  $v = 3 \sim 5$ ,  
360 nmは  $v = 0 \sim 2$  に、それぞれ対応する。McDade et al. (1982)  
が、Degen (1972) の O<sub>2</sub> (A<sup>3</sup>Σ<sub>u</sub><sup>+</sup>) の振動分布のモデルを高度方向に拡張して  
得た結果によると、これらの異なる振動状態に属する異なる波長では、発光層の高度が異  
なるはずであるが、実際には(図左)各波長とも、約95.5 kmのとこにピークをもち、  
違いは少ない。この結果の解釈としては、O<sub>2</sub> (A<sup>3</sup>Σ<sub>u</sub><sup>+</sup>) の脱励起過程として、  
大気分子(O<sub>2</sub> or N<sub>2</sub>)との衝突が主要なものであり、実験室での測定値(Kenner  
and Ogryzlo, 1980 など)は小さすぎる、ということになる。今回の観測から示唆  
される、衝突脱励起の反応係数の範囲を図右に示す。



Ninong Komala and T. Ogawa

Geophysics Research Laboratory, University of Tokyo

The ozone concentration at 4 m high from the ground surface has been observed in the village region of East Java at Watukosek (7°35'S, 112°40'E) since December 1986, with a Dasibi Ozone Monitor. The observation site is located at a height of 50 m above sea level and about 20 km from the seashore. The surroundings are agricultural areas without roads of heavy traffic.

Stretched along the equator, the climate in Java Island is tropical, characterized by two seasons only, the rainy season and the dry season which change every half year. The rainy season prevailing from June to September is affected by the dry Australian continental wind whereas the rainy season prevailing from December to March is affected by the Asian continental wind and also by the wind from the direction of the Pacific Ocean. The periods of April-May and October-November are the transitional periods between these two seasons. At Watukosek the local wind system exhibits a diurnal pattern of land and sea breezes. The sea breeze comes from the east and the land breeze from the west.

The ozone concentration at Watukosek exhibits a typical diurnal variation. The diurnal maximum occurs at around 11h local time suggesting an active photochemical production of ozone (Fig. 1). The diurnal maximum occurs before noon, whereas the solar insolation itself exhibits its maximum at noon according to the measurement of global solar radiation. This may be a consequence of development of sea breezes before noon, considering that sea breezes bring marine airs of low ozone concentration. In East Java, the wet season is not so significant and the solar insolation does not vary significantly day to day and with season. But, sometimes both in the dry season and wet season, we find a period of several days when the diurnal variation is significantly small. On those days large-scale winds dominate all day long. The monsoon wind in East Java is the westerlies in the wet season and the easterlies in the dry season. Large-scale winds also carry marine airs. Therefore, the ozone concentrations on those days represent that of the tropical marine air.

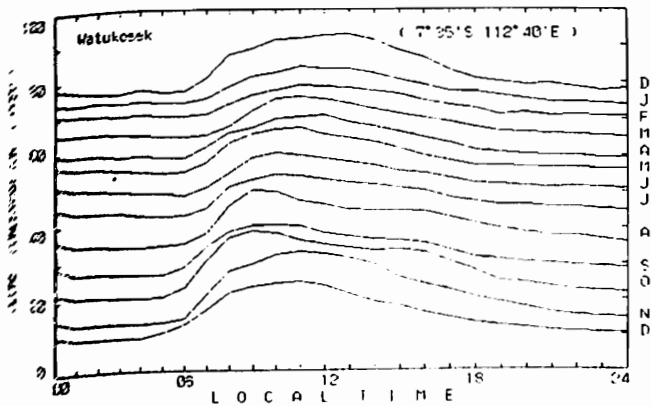


Fig. 1: Diurnal variations of the surface ozone concentrations at Watukosek.

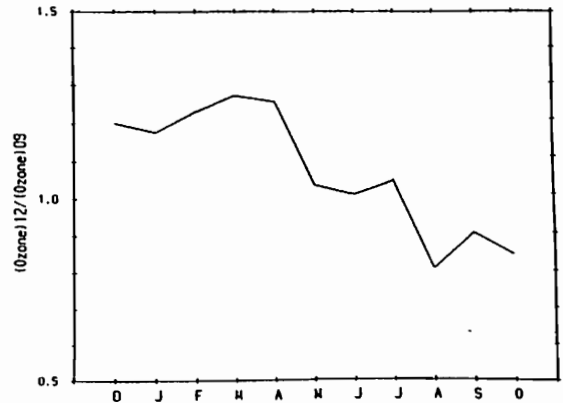


Fig. 2: The ratios of ozone concentrations at 09h and 12h at Watukosek, suggesting an influence of sea breezes during May-October.

### III-12 オゾンホール形成に与えるエアロゾル粒子の落下運動

岩坂泰信

名古屋大学・水圏科学研究所

#### EFFECT OF AEROSOL DESCENDING MOTION ON OZONE HOLE

Y. Iwasaka

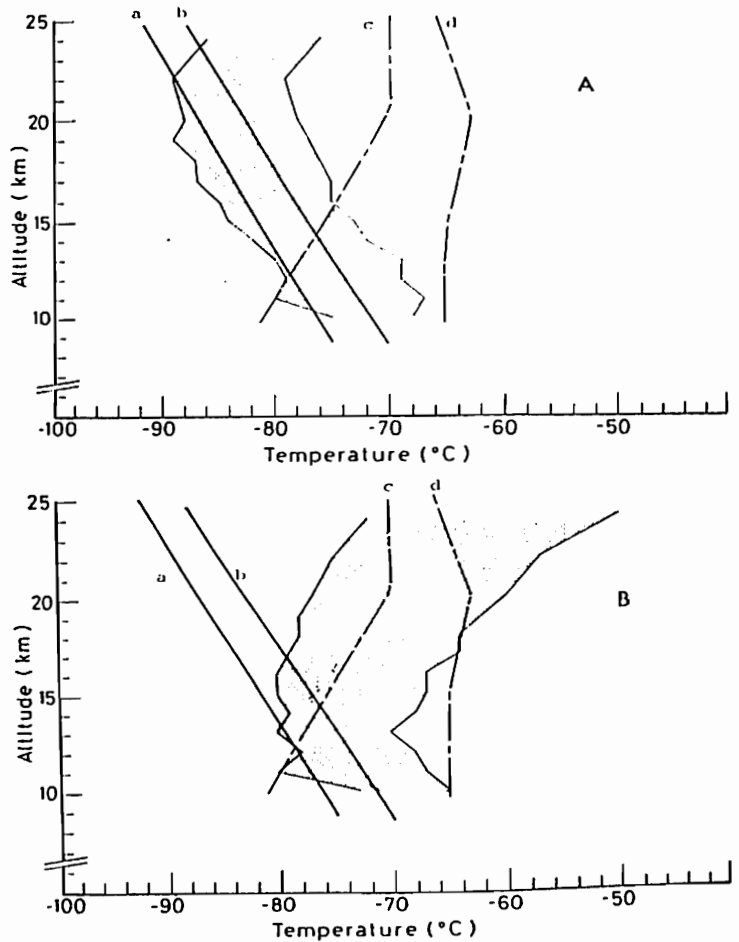
Water Research Institute, Nagoya University

The descending motion of aerosol layer was observed during winter by a lidar at Syowa Station. The particle size would be about a few micrometer or larger than it if the descending motion was due to a gravitational sedimentation (Iwasaka, 1986). As shown in Fig. 1, the condition of super saturation was not always satisfied for pure water vapor or nitric acid vapor even in mid-winter if the density profiles in mid-latitudes is assumed.

オゾンホール形成に関わるエアロゾルの役目として、表面反応効果、エアロゾル成長時期に使用される原料物質となるガスの量の多さ、エアロゾルの放射バランスに与える影響が挙げられている。しかし、南極エアロゾルの振舞いを考える上で、粒子の成長に伴って、エアロゾル粒子の下降運動がオゾンホール形成にもたらす効果についての議論は全く為されていない。

いわゆる PSC's (極域の成層圏雲) の発達する領域とオゾン減少が顕著な領域には微妙なしかも系統だった違いが見られる。即ち、おおむねエアロゾル増大領域よりも少し高度が低い所までオゾン減少が観測されている。このことを、エアロゾルの重力沈降の効果である可能性があることを示す。このことは、間接的に Heterogeneous Reaction がオゾン減少に関わっていることを証明することにもなっている。

このような粒子の下降運動が、成層圏物質の対流圏への輸送にはなほ重要な役目を果たし得るとする簡単なモデルは、提示されては来たものの、降下途中の蒸気の蒸発への考慮は全く為されていない (Iwasaka, 1986; McCormick et al., 1986)。ここでは、硝酸蒸気及び水蒸気の結晶粒子の形成過程と気温の季節スケールの変化との関係を明らかにし、その粒子の下降運動がもたらす影響について議論する。



図で、昭和基地での気温分布 (A、Bは7月と9月の観測) と、水蒸気の凍結温度 (a, b) や硝酸蒸気の凍結温度 (c, d; 但し、50%硝酸) を比べた。「凍結で作られる粒子の化学組成が、高度で異なる」ことや、粒子の降下速度と気温の変化の兼ね合いによっては、「春の気温分布は、オゾン破壊速度を進める効果もある」ことを示している。

DIURNAL VARIATION OF NITRIC OXIDE AT 26 KM

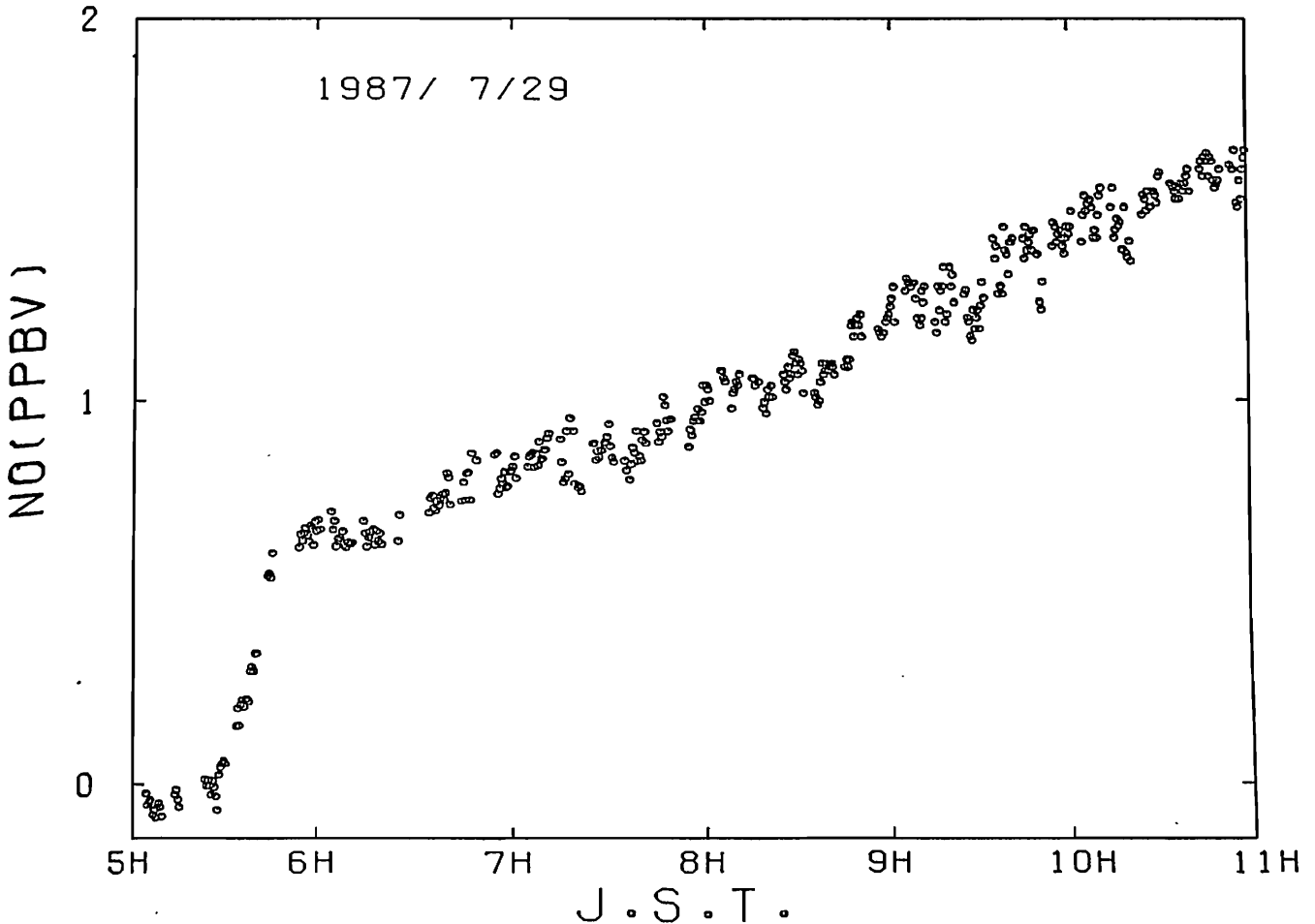
M. Takagi, Y. Kondo, and A. Iwata

Research Institute of Atmospherics, Nagoya University, Toyokawa, Aichi 442, Japan

W.A. Matthews

Physics and Engineering Laboratory, Lauder, DSIR, Lauder, Central Otago, New Zealand

A chemiluminescent NO detector was launched from Uchinoura, Japan (31°N, 131°E) at 0030 JST on July 29, 1987. The balloon launching and the recovery were performed by ISAS in cooperation with Academia Sinica of the Peoples Republic of China. The main purpose of the experiment was to measure precisely the diurnal variation of NO in the lower stratosphere by a long distance flight. On the gondola, upward and downward radiation intensities in the visible region were also monitored. The balloon reached a float altitude of 26 km around 0200 JST and stayed at this altitude until 1600 JST when it started a slow descent. The gondola was finally separated at 1725 JST at a point at (32°N, 119°E), 80 km east of Nanking, China. During the flight, most of the NO measurement was performed over the East China Sea. At local sunrise, the NO concentration increased rapidly for about 30 minutes. Variations in NO due to small changes in altitude were observed. Near noon, when the gondola was in the shadow of the balloon, the corresponding decrease in NO concentration was apparently seen. When these variations are taken into account, a slow increase in NO seems to continue until early in the afternoon.





Y. Kondo, A. Iwata, and M. Takagi

Research Institute of Atmospheric, Nagoya University,

P. Aumedieu

Service d'Aéronomie, CNRS, Verrieres le Buisson, France

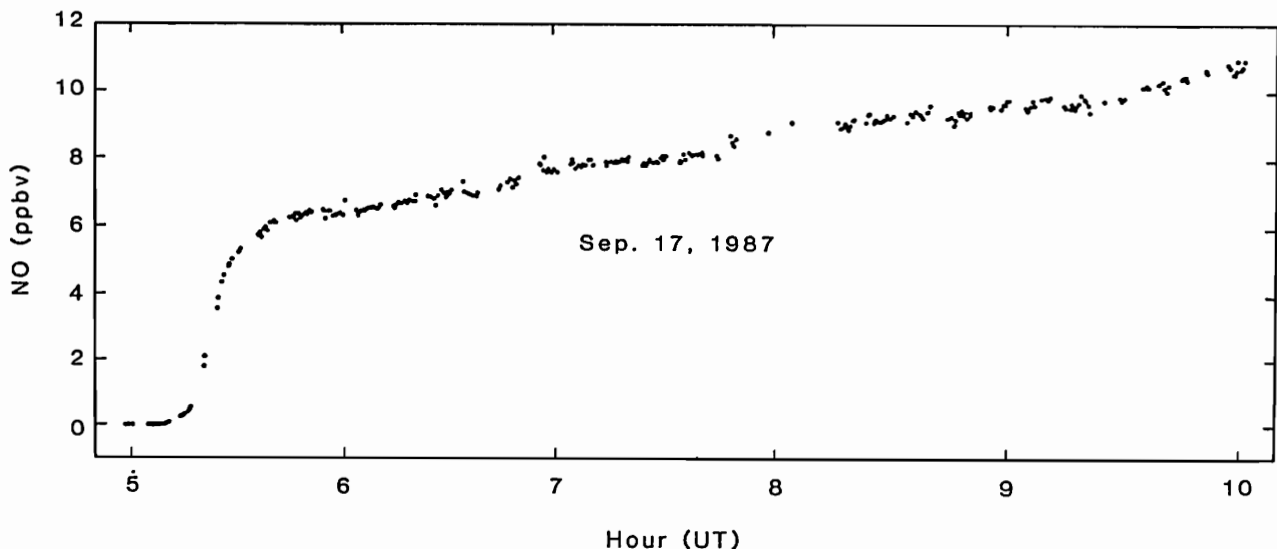
W.A. Matthews

Physics and Engineering Laboratory Lauder, New Zealand

W.R. Sheldon and J.R. Benbrook

Department of Physics, University of Houston, USA

A chemiluminescent NO detector was launched, together with in situ ozone instruments, on September 17, 1987 from CNES balloon launching center at Aire sur l'Adour, France ( $44^{\circ}\text{N}$ ,  $0^{\circ}\text{W}$ ). The improvement of the precision of NO measurement in the upper stratosphere involved a precise determination of the sample flow rate at pressures down to 2 mb with a reduced ozone/oxygen flow rate. The balloon reached a float altitude of 40 km (2.9 mb) around 0500 UT, 10 minutes before sunrise. The variation of NO at this altitude was measured for about 5 hours. A very rapid buildup of NO, presumably due to the photodissociation of  $\text{NO}_2$ , was observed for about 20 minutes. Following this, a much slower increase in NO concentration continued for at least 4 hours. The balloon started a slow descent at 1000 UT. The descent was terminated at an altitude of 24 km around 1300 UT. During the descent, a precise NO profile between 25 and 40 km was obtained. The NO and ozone profiles that were measured simultaneously are compared with previous observations.



## References

- Kondo, Y., W.A. Matthews, A. Iwata, and M. Takagi, Measurement of nitric oxide from 7 to 32 km and its diurnal variation in the stratosphere, *J. Geophys. Res.*, 90, 3813-3819, 1985.
- Kondo, Y., W.A. Matthews, P. Aumedieu, and D.E. Robbins, Diurnal variation of nitric oxide at 32 km: Measurements and interpretation, *J. Geophys. Res.*, in press.

Observation of Atmospheric Ozone with a Tunable Diode Laser Heterodyne Spectrometer : 1. System Outline

Okano, S., M. Taguchi, and H. Fukunishi  
 Upper Atmosphere and Space Research Laboratory  
 Tohoku University

Introduction

We are developing a laser heterodyne spectrometer system for remote sensing of atmospheric ozone and other minor constituents. Quite recently, we have succeeded in measuring solar absorption spectra with resolution of  $0.0027\text{cm}^{-1}$  using a tunable diode laser (TDL) as a local oscillator (LO). In this report, we give a description of the whole system and present some examples of atmospheric absorption spectra.

Laser Heterodyne Spectrometer

A schematic diagram of the spectrometer is shown in Figure 1. An atmospheric spectrum is obtained by a current tuning of wavenumber of single mode radiation from TDL. The coverage of current tuning for one single mode is  $0.4 \sim 0.7\text{cm}^{-1}$  and the operated tuning rate is typically  $0.0005 \sim 0.0015\text{cm}^{-1}/\text{sec}$ . The cutoff frequency of a low pass IF filter is 40 MHz, which determines a double side band spectral resolution to be 80 MHz or  $0.0027\text{cm}^{-1}$ . For these parameters, the observed signal-to-noise ratio (SNR) was approximately 200. The theoretical SNR in the case of shot-noise limited heterodyne detection is estimated to be about 8300 if we take into account quantum efficiency of the photomixer (0.5), atmospheric transmittance between strong lines (0.9), loss due to polarization of TDL beam (0.5), loss due to chopping of the signal beam (0.5), and loss due to beam splitter (0.5). The major portion of this degradation of SNR, by factor of  $\sim 40$ , appears to be due to the low LO power and the transmission loss of various optical components.

Wavenumber Calibration

The wavenumber of each single mode radiation of TDL is first roughly measured by using a conventional optical spectrometer with resolution of  $0.5\text{cm}^{-1}$  and a He-Ne laser calibration system. The accurate wavenumber of the LO radiation is calibrated by measuring an absorption spectrum of methanol contained in a gas cell using the TDL beam transmitted through the beam splitter. The accuracy for this calibration method is  $\sim 0.001\text{cm}^{-1}$ .

Atmospheric Observation

Figure 2 shows an example of atmospheric spectrum for the spectral region of  $1056.4\text{--}1057.0\text{cm}^{-1}$ , along with a concurrent methanol absorption spectrum. The integration time and the scan rate for this spectrum is 10 sec and  $0.0014\text{cm}^{-1}/\text{sec}$ , respectively. All of the absorption lines in this spectrum were identified as ozone absorption lines from the AFGL absorption data compilation.

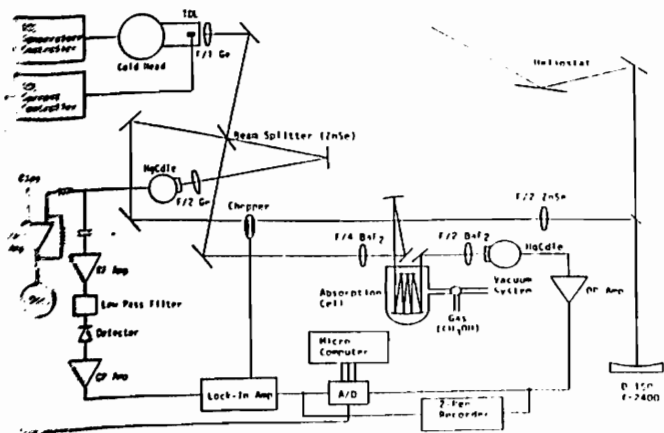


Figure 1. Schematic diagram of the tunable diode laser heterodyne spectrometer.

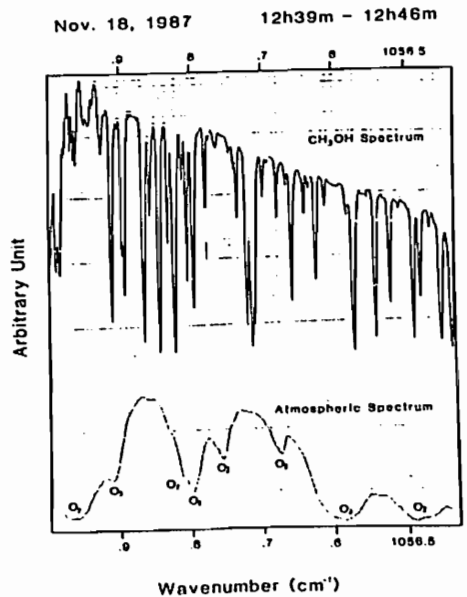


Figure 2. An example of atmospheric spectrum and concurrent methanol spectrum.

Observation of Atmospheric Ozone with a Tunable Diode  
Laser Heterodyne Spectrometer: 2 Ozone Line Profile

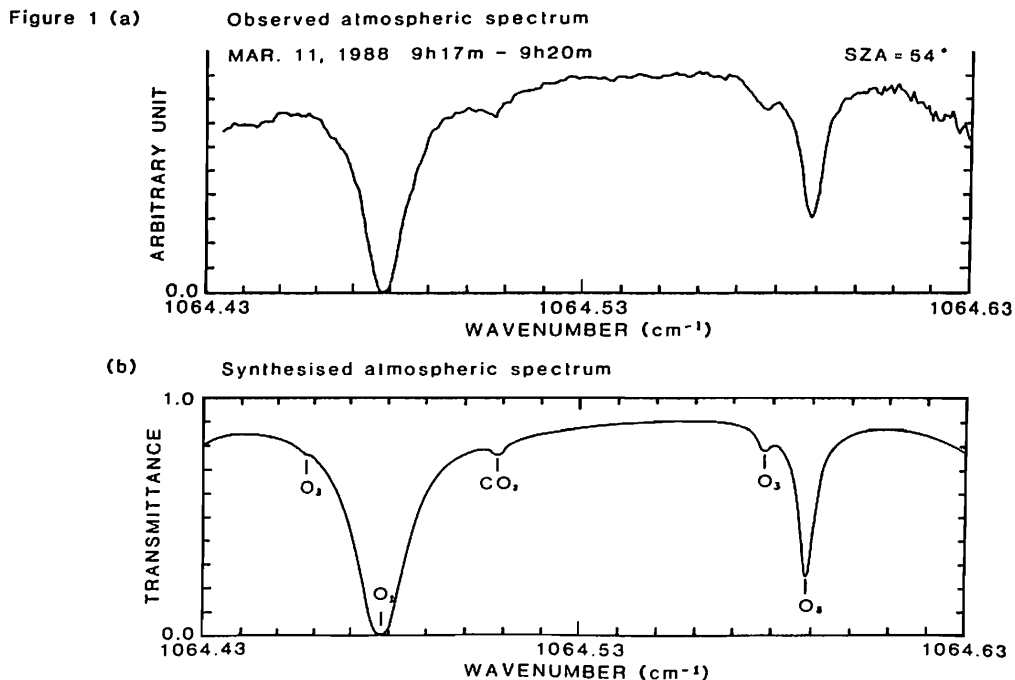
Taguchi, M., S. Okano, and H. Fukunishi  
Upper Atmosphere and Space Research Laboratory  
Tohoku University

Ultrahigh resolution ( $0.0627\text{cm}^{-1}$ ) atmospheric solar absorption spectra of ozone in the infrared region ( $\sim 9.4\mu\text{m}$ ) were observed with a laser heterodyne spectrometer using a tunable diode laser as a local oscillator. In this report, a comparison of observed ozone absorption profile with synthetic profile is made in order to discuss the ozone distribution in the atmosphere.

An example of observed atmospheric absorption spectrum in the spectral region of  $1064.43\text{cm}^{-1} - 1064.63\text{cm}^{-1}$  is shown in Figure 1 (a). Frequency resolution of this spectrum is  $80\text{MHz}$ , or equivalently  $0.0027\text{cm}^{-1}$ . This spectrum is a record of a single scan with scan time of 200 sec and integration time of 1 sec. Since the observed spectrum shown in Figure 1 (a) is a raw data, it is not normalized for the variation of laser power which increases with wavenumber. For this spectral interval, the laser power increase is approximately 32%.

A synthetic spectrum for the same spectral region is shown in Figure 1 (b). The spectrum was calculated using the AFGL HITRAN 1986 data base and pressure, temperature and ozone values given in the AFGL midlatitude winter model atmosphere. Constant volume mixing ratio (340ppm) was assumed for  $\text{CO}_2$ . The calculation was performed layer by layer from 0 to 100km (68 layers in total) and line by line for all lines of  $^{16}\text{O}_3$  and  $^{12}\text{C}^{16}\text{O}_2$  between  $1064.23\text{cm}^{-1}$  and  $1064.83\text{cm}^{-1}$ . In this wavenumber region no strong absorption line of water vapour exists. Each line profile in each layer was assumed to be a Voigt profile. Instrumental bandwidth, solar zenith angle at the time of observation, atmospheric refraction of the ray, and curvature of the atmosphere are taken into account in the calculation. There can be seen four ozone absorption lines ( $1064.457$ ,  $1064.478$ ,  $1064.578$  and  $1064.589\text{cm}^{-1}$ ) and a Doppler core of a weak  $\text{CO}_2$  absorption ( $1064.509\text{cm}^{-1}$ ) in the synthetic spectrum. They are also identified in the observed spectrum except the weakest ozone line.

The signal-to-noise ratio (SNR) of a single scan record shown in Figure 1 (a) is approximately 70. For obtaining vertical profile of ozone from inversion of absorption lines, SNR of greater than 200 would be needed. Since SNR is proportional to square root of the integration time, 8 - 10 spectra of a single scan such as shown in Figure 1 (a) have to be superposed.



# III-17 ラマン散乱方式ライダーを用いた大気計測(I)計画の概要と試験結果

岩坂泰信、林 政彦、今須良一

名古屋大学・水圏科学研究所

## MEASUREMENTS OF ATMOSPHERE BY RAMAN SCATTERING LIDAR (I)

### OUTLINE OF PLAN AND PRELIMINARY RESULTS

Y. Iwasaka, M. Hayashi, R. Imasu

Water Reserch Institute, Nagoya University

Raman scattering contains informations on molecular state of targets. Nagoya University lidar groupe plans to measure distributions of N2, O2, CO2, H2O, and others by a raman scattering lidar. Preliminary results is given.

ラマン散乱を利用して、物質の分子状態に関する情報を引き出すことが出来る。ここでは、名古屋大学で構想しているラマン散乱ライダーの目的や、準備状況について報告する。

#### ◆大気密度・大気温度の探査

大気中の酸素分子あるいは窒素分子の濃度を計ることによって、大気密度が推定出来る。この情報は、従来から観測してきた大気エアロゾルの研究にも大きな利点を与える。従来のエアロゾル計測では、ライダーが受光した信号に大気分子からの信号も混在しており、「どの高度からの信号が、エアロゾルの寄与のない空気分子だけのものか」を見極めるのに決定的な基準がなかった(いわゆる、マッチング法の限界)。空気密度を知ることで、データ解析の上で大きな進歩が見られる。さらに、静水圧近似を用いることで、大気密度の分布を気温の分布に変換することが可能になる。成層圏や中間圏の気温の分布を、時間密度濃く計ることのメリットは、極めて高い。従来、この領域の気温はロケットないしは人工衛星によっているのが現状であるが、時間的に連続性の高い情報が得難い点は多くの人が指摘している。ライダーデータと人工衛星等のデータを併せて利用することによって、互いの欠点を補いあえるのは勿論である。

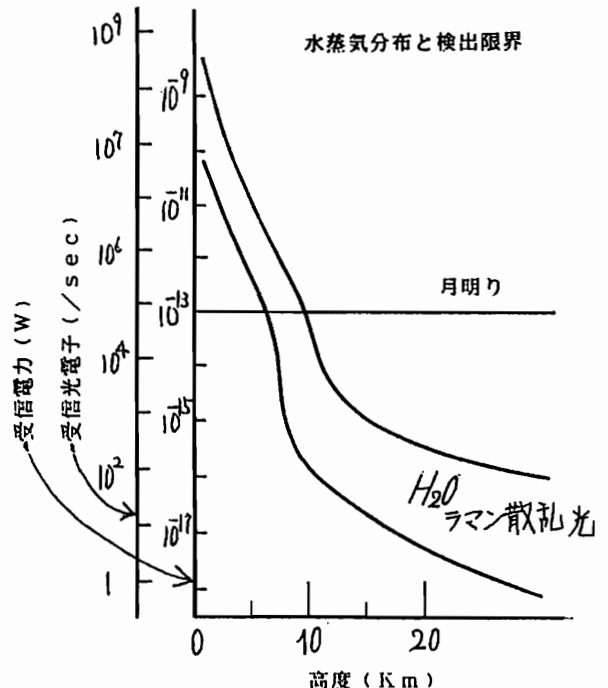
名古屋大学では、気温の季節変化や年々変化と、成層圏エアロゾルや大気光との対応を当面の関心事としているが、当然のことながら大気の力学的な現象の解明にも有効な情報が得られる。

#### ◆大気組成の研究

特定のラマンシフト線を観測するのではなく、ある波長帯にわたって、ラマン散乱スペクトルをとることが出来るなら、従来の単一成分計測から同時多成分計測へ計測システムに発展出来る。この分野では、多成分同時計測を行なった時にどの様な大気現象が解決可能になるか、どの様なシステムが望ましいかを検討することも大きな目標である。

名古屋大学では当面は、水蒸気やCO<sub>2</sub>に中心を置いた計測を行ない、順次他のものも手掛けてゆく予定である。

図は、平均的な水蒸気分布を仮定した場合に、検討中のラマン散乱ライダーで検出可能な高度を示してある。



MULTI-SPACECRAFT OBSERVATIONS OF  
HELIOGRAPHIC STRUCTURE IN THE SOLAR WIND

W.Miyake,<sup>1</sup> K.Kobayashi,<sup>2</sup> K-I.Oyama,<sup>3</sup> T.Mukai,<sup>3</sup> T.Abe,<sup>4</sup> T.Terasawa,<sup>5</sup> K.Yumoto,<sup>6</sup> T.Saito,<sup>6</sup> K.Hirao,<sup>7</sup>  
A.J.Lazarus<sup>8</sup> and A.D.Johnstone<sup>9</sup>

1;Communications Research Laboratory

2;Chiba Institute of Technology

3;Institute of Space and Astronautical Science

4;University of Electro-communications

5;Kyoto University

6;Tohoku University

7;Tokai University

8;Massachusetts Institute of Technology

9;University College London

We investigate the heliographic latitude-longitude structure of the solar wind between Sept. 1985 and Apr.1987 through the analysis of the solar wind data obtained by Sakigake, Suisei, IMP-8, and Giotto. Figure 1 shows heliographic structure of the solar wind speed projected on the sphere of 1 AU from the sun. We presume that the solar wind flows in the radial direction from the sun with a constant speed. Until Jan.1986, high-speed streams were extended across the equator from both polar regions of the heliosphere. After Feb.1986, high-speed streams were rarely seen on the equator and low-speed streams were ranged along the equator, although there remained a slight wavy pattern in the latitude-longitude structure. This wavy pattern seems to have been stable till Apr.1987. The tendency of no high-speed streams on the equator became clearer in 1987.

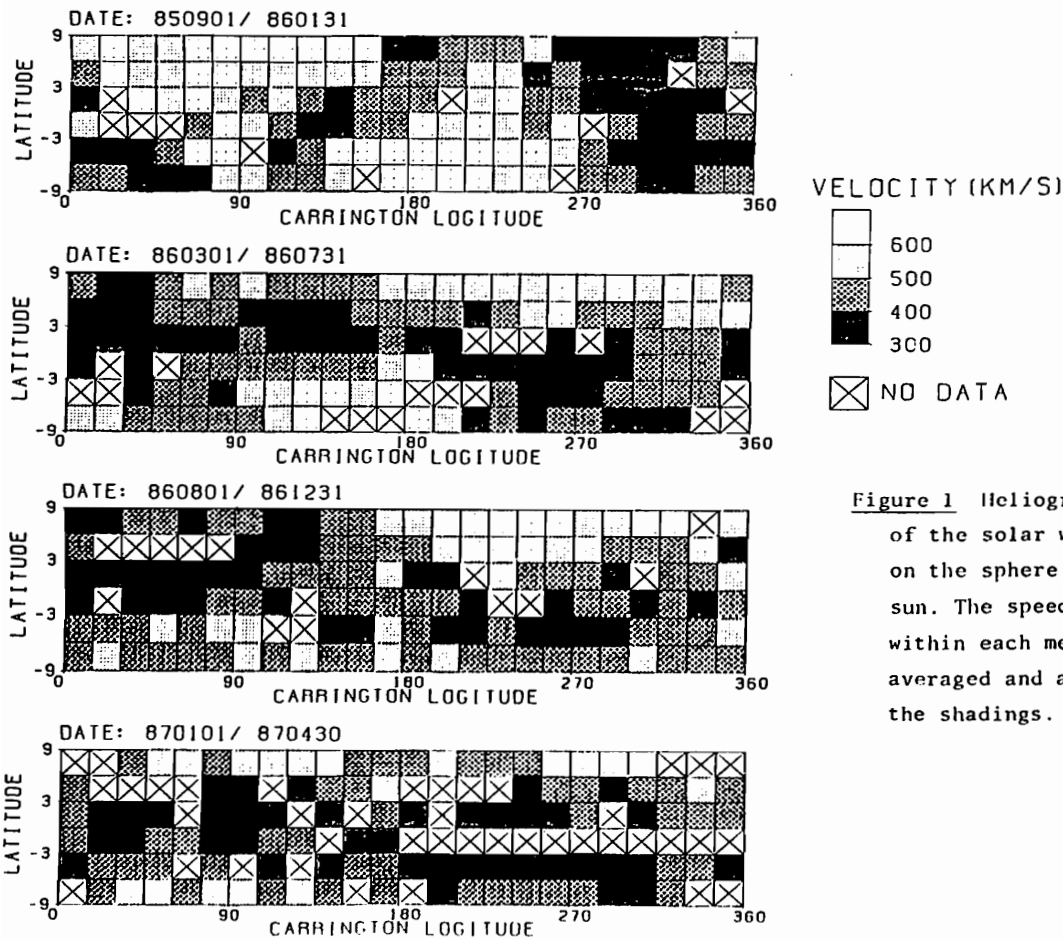


Figure 1 Heliographic structure of the solar wind speed projected on the sphere of 1 AU from the sun. The speed data projected within each mesh of 3°x15° are averaged and are presented by the shadings.

鈴木裕見子<sup>\*</sup>、斎藤尚生<sup>\*</sup>、湯元清文<sup>\*</sup>、小島正宣<sup>\*\*</sup>

<sup>\*</sup>東北大理、<sup>\*\*</sup>名大空電研

Transformation of the Neutral Sheet in the Inner Heliosphere

Y.Suzuki<sup>\*</sup>, T.Saito<sup>\*</sup>, K.Yumoto<sup>\*</sup>, M.Kojima<sup>\*\*</sup>

<sup>\*</sup>Tohoku Univ. <sup>\*\*</sup>Res. Inst. Atmos

The IMF polarity observed by the spacecraft, Sakigake, is compared with the neutral line on the solar source surface obtained from the photospheric magnetic field observation. The comparison suggests the transformation of the interplanetary neutral sheet tends to be bent towards the ecliptic plane in the inner heliosphere ( $r < 1AU$ ).

The transformation is considered to be caused by the following two effects of a non-uniform structure of the solar wind velocity. The one is caused by the flow parallel to the neutral sheet with asymmetric velocity gradient, and the other caused by the flow crossing the neutral sheet with velocity gradient along velocity vector.

太陽活動極小期における巨視的な磁気中性面構造を明らかにするために、人工惑星「さきがけ」の磁場データの解析を行った。

「さきがけ」磁場データから得られた IMF極性パターンと、Iloeksema 等が太陽光球面磁場からポテンシャル法で算出した source surface 上の磁気中性線とを比較した。その結果、source surface 付近の磁気中性面は、惑星間空間を伝播し「さきがけ」軌道に到達するまでに ( $r < 1 AU$ )、変形されて平坦化していることが明らかになった(図1)。

そこで、この「磁気中性面の変形」の物理機構を理論的に明らかにするために、2次元MHDシミュレーションを行った。その結果、「中性面の変形」には、太陽風の(1)'磁気中性面に平行で垂直方向に非対称な速度勾配が存在する流れ'の効果(図2(A))、(2)'磁気中性面を横切る流れ方向に速度勾配が存在する流れ'の効果(図2(B))、が大きく寄与していることが判明した。それぞれの流れの速度構造が、磁気中性面に対する磁場強度分布の非対称を造るために、中性面に働くローレンツ力の大きさに非対称が生じ、この非対称によって中性面の変形方向が決定される、ということが明らかにされた。

このような理論的な考察から、非一様な太陽風速度構造に内包されている(1)及び(2)の2つの効果が、内部太陽圏 ( $r < 1 AU$ )において同時に作用し磁気中性面を複雑に変形させているとの結論が導き出された。

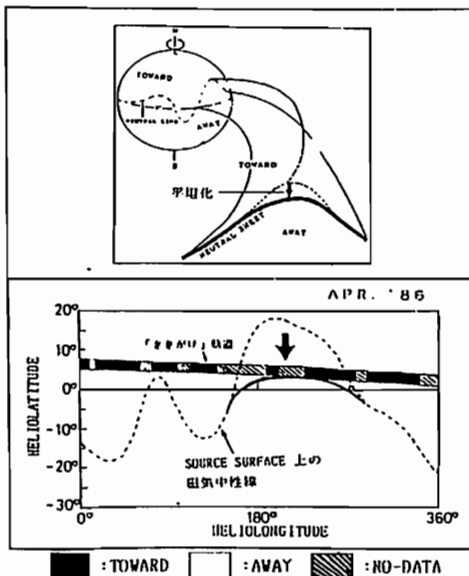


図1 「磁気中性面の変形」の例

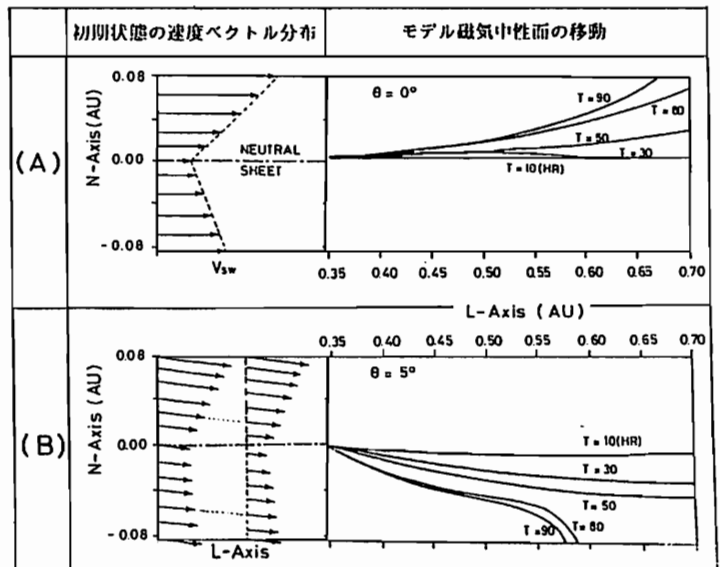


図2 モデル磁気中性面の変形

THREE-DIPOLE MODEL EXPLAINING THE SOLAR-CYCLE VARIATION  
OF THE HELIOMAGNETOSPHERE

TAKAO SAITO, TOSIO OKI, S.-I. AKASOFU, and C. OLMSTED  
(GEOPHYS. INST., TOHOKU UNIV.) (GEOPHYS. INST., ALASKA UNIV.)

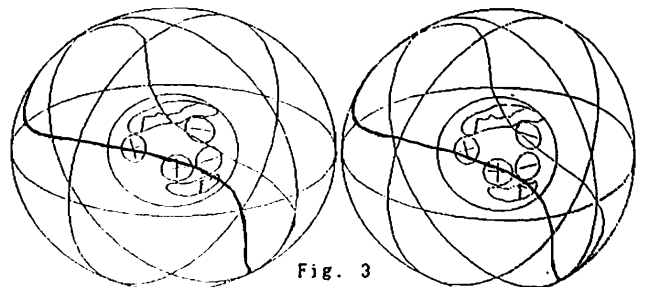
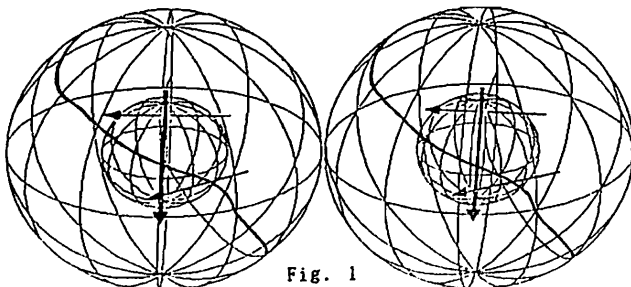
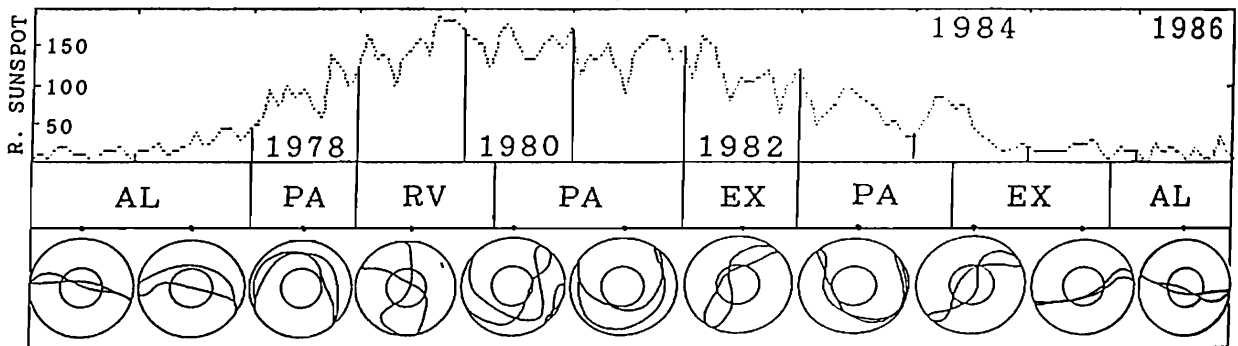
1. Introduction The structure of the whole heliomagnetosphere including deformations in the interplanetary space is inherently decided by a distribution of physical parameters on the source surface. The distribution is mostly dependent on the source-surface neutral line. We proposed the solar cycle variation of the heliomagnetosphere in which one neutral sheet turns over during one solar cycle. The purpose of the present paper is to propose three-dipole model and explain the complicated variation with one axial centered dipole and two photospheric low-latitude dipoles (Figure 1, stereographic).

2. Basic solar cycle variation A view-longitude analysis reveals that the source-surface neutral line turns over during one solar cycle (Figure 2).

3. Three-dipole model The one axial centered dipole represents the two photospheric dipoles at the northern and the southern polar caps. The low latitude photospheric magnetic fields play an essential role on the source surface only when magnetic loops from GBMR's reach to the source surface. Giant bipolar magnetic region (GBMR) is the weak but very wide (giant) bipolar magnetic region that absorbs many sunspot remnant regions. The loops need so wide longitudinal range, two GBMR's tend to appear in a pair of antipodal positions. Therefore, the two dipoles that exist physically on the photosphere are used with the axial centered dipole in our three-dipole model.

4. Result The complicated solar cycle variation is well represented by the three-dipole model by a combination of the three dipoles that follow the Hale-Nicholson's law and Babcock's law.

Fig. 2



# 太陽風の非スパイラル磁場

中川朋子・西田篤弘  
宇宙科学研究所

NON-SPIRAL MAGNETIC FIELD IN THE SOLAR WIND

T. Nakagawa and A. Nishida

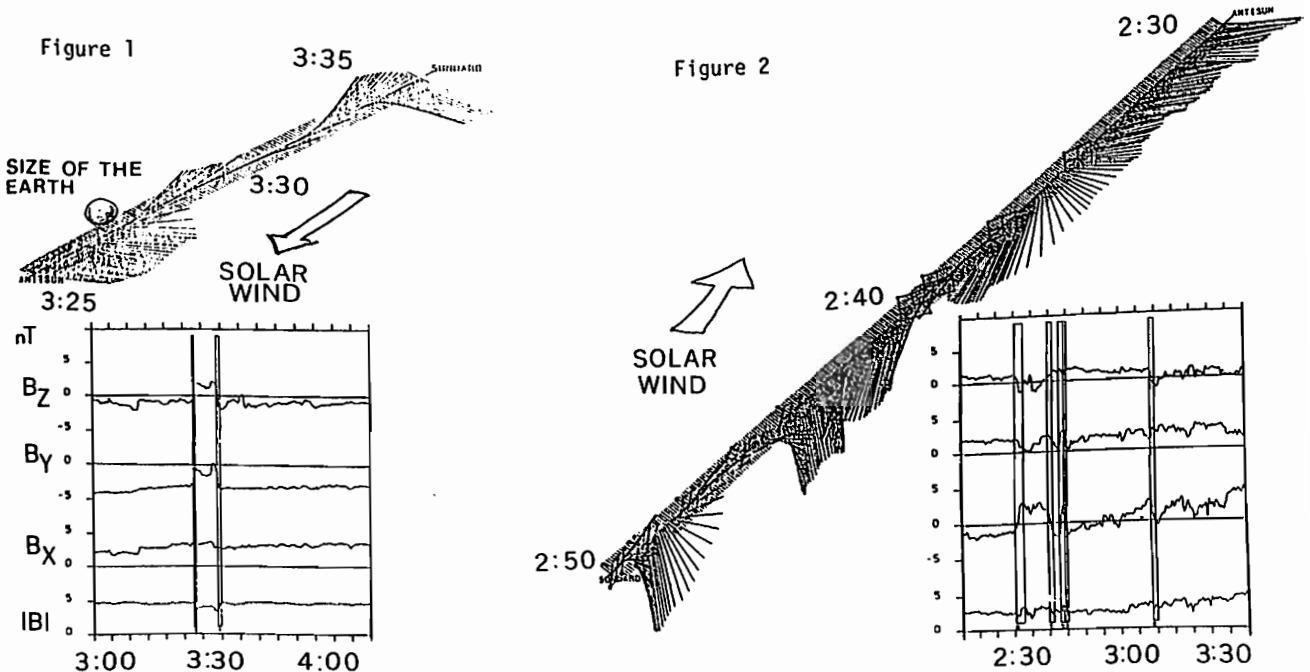
The Institute of Space and Astronautical Science

Sakigake/IMF data shows that the interplanetary magnetic field lines are not always in the direction along Archimedean spiral. Three-dimensional configuration of the non-spiral field is considered. Relations between the appearance of the non-spiral field and other parameters of the solar wind are also investigated.

太陽風磁場は、平均的には Parker's spiral の方向を向いているが、太陽風をモニターしていると、それ以外にも様々な磁場構造が観測される。図1はSakigakeが1AUで観測した discontinuity pairの例、図2は spiral field と non-spiral field の境界で観測された構造の例である。これらは太陽の source surface より内側の擾乱とそのままひき出したものと考えてよいだろうか。また、

spiral field 中にもあって形状を保ち続けるのはなぜであろうか。こうして観測から磁力線の三次元構造を考察した。

Non-spiral field には、もっと緩やかな境界を持つものや数時間 (~0.05 A.U.) 以上継続するものもある。Non-spiral field の発生時期、そのときの太陽風の条件(周囲の磁場との関係、太陽風速度との関連)についても解析を行う。



Figures: Field vectors arranged along the sun-earth line. Figure 1 corresponds to September 8, 1985 and figure 2 to July 15, 1985.



# III-22 太陽磁場の磁気多重極モーメントの周期変動

龍岡 亮二、長島一男、山田良実、柴田祥一、藤本和彦  
名大理

## PERIODIC VARIATION OF MAGNETIC MULTIPOLE MOMENTS OF THE SUN

R. Tatsuoka, K. Nagashima, T. Yamada, S. Shibata and K. Fujimoto  
Faculty of Science, Nagoya University

Using the observed line-of-sight photospheric magnetic field, Hoeksema and Scherrer[1] calculated the surface harmonic coefficients of magnetic potential field every a half Carrington rotation.

We derive the multipole moment ( $P_l, l=1, 2, \dots, 9$ ) of solar magnetic field from those surface harmonic coefficients in a period of 1976-1985 (1641-1768 in Carrington rotation number). It is demonstrated that the magnitudes of high order moments ( $P_l, l \geq 6$ ) show periodic variations with the periods of 8.5 and 11.9 Carrington rotations.

Hoeksema et al.<sup>[1]</sup> は、光球面での視線方向磁場の観測結果に基づき、 $1/2$  Carrington rotation 毎に静磁場ポテンシャルを計算し、太陽周辺磁場の状態を表す材料を与えらる。

ここでは、この Hoeksema らによつて与えられたポテンシャルに対する磁気多重極モーメントの周期性について触れる。

彼らの磁気ポテンシャル ( $\Phi$ ) を太陽近傍 ( $r \sim 1$ ) で、

$$\Phi = \sum_l \Phi_l = \sum_l \frac{1}{r^{l+1}} \sum_m g_{lm} Y_l^m(\theta, \varphi) \quad (1)$$

と近似し、 $\Phi_m$  を  $2^{(m-1)}$  重極モーメントを単位ベクトル  $Q_m$  の方向に配列した人工(仮想)的  $2^m$  重極モーメントによるものと等価とみられる。

$$\Phi_l = \frac{(-1)^l}{l!} P_l \left[ \prod_{m=1}^l (a_m \cdot \nabla) \right] \frac{1}{r}$$

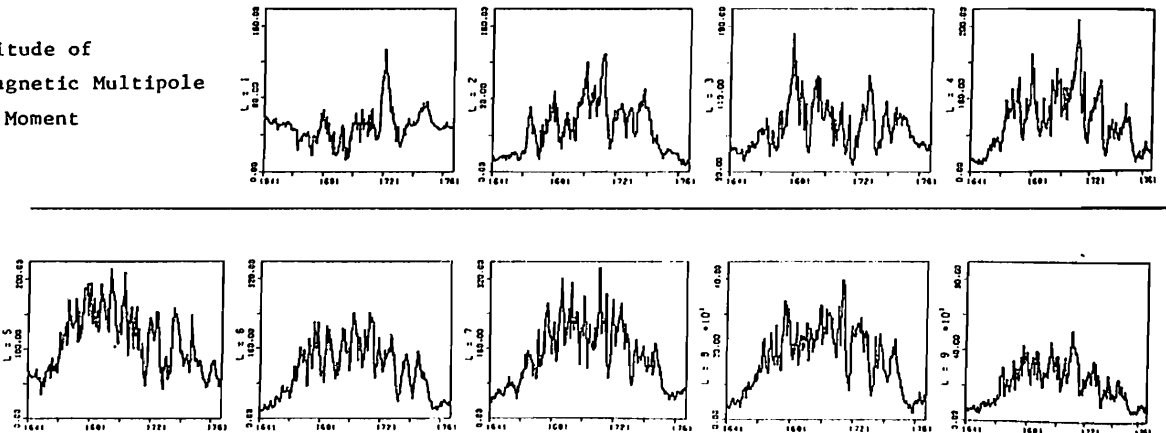
$$= \frac{1}{r^{l+1}} P_l \sum_m g_{lm}(a_1, a_2, \dots, a_l) Y_l^m(\theta, \varphi) \quad (2)$$

と表現できる。ここで、 $P_l$  は  $2^l$  重極モーメントの「大きさ」と考えられ、相対的配位  $(a_1, a_2, \dots, a_l)$  の方向に依存した量である。ともあれ、パラメータ  $P_l, a_m (m=1, 2, \dots, l)$  は予を特徴づけるものである。

Carrington rotation #1641 ~ #1768 (1976年5月 ~ 1985年10月) の期間において、Hoeksema らの得た (1) の係数  $g_{lm}$  の値から (2) の  $P_l$  を求めたものが下の図である。しかし、 $l=6$  を境に顕著な周期変動が見出される。講演では、この周期性に関して、10<sup>7</sup>-2 パワートル解析によつて得られた結果について報告する。

[1] Hoeksema, J.T. and Scherrer, P.H.  
Rep. UAG-94, WDC-A for Solar-Terrestrial Physics (Jan. 1986).

Magnitude of  
Magnetic Multipole  
Moment



POWER SPECTRA OF PLASMA WAVES IN INTERPLANETARY SPACE  
OBSERVED BY 'SAKIGAKE'

T.Kobayashi, H.Oya, A.Morioka\* and W.Miyake\*\*  
\*Tohoku Univ. \*\*Radio Res. Lab.

Plasma waves in interplanetary space in LF range (4 kHz - 195 kHz) were observed by space probe 'Sakigake'. The LF range is divided into 128 sequential narrow band width channels for observations. The data from 47 channels have been analyzed to make power spectra.

The results are summarized as follows.

- (i) The power spectra  $P$  in LF range, in average, (see Figure 1 and 2) show power law  $P=f^{-\alpha}$  for a broad frequency range  $f$  with the power law index  $\alpha$ . The power law index  $\alpha$  has strong positive correlation to the local thermal energy flux of the solar wind plasma (see Figure 3).
- (ii) The enhancement of the plasma waves are apparently correlated to the interaction of the spacecraft with the plasma sheet region of the heliomagnetosphere.
- (iii) In addition to the nature of the broad band emission of the spectra, there are two components of enhancements i.e., (a) enhancements near the local plasma frequency which can be attributed to the electroacoustic mode waves (Figure 2), and (b) enhancements of emissions in a frequency range from 60 kHz to 90 kHz which shows the nature intimately associated with electron clouds due to secondary electrons emitted from the spacecraft (Figure 1 and 2).

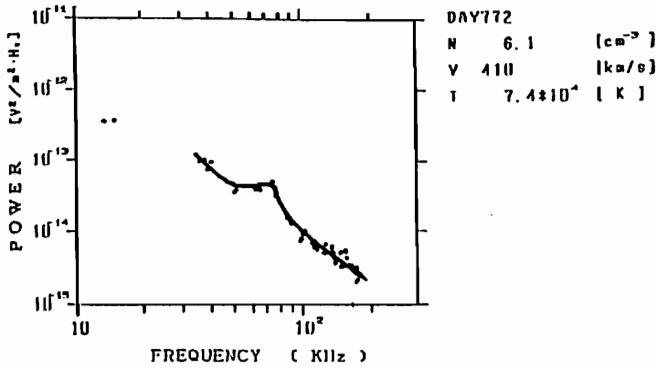


Figure 1. Power spectrum of plasma waves with solar wind parameters observed on DAY 772.  $N$  is solar wind plasma density,  $V$  is solar wind speed and  $T$  is solar wind temperature. The day has been counted since 'Sakigake' launching.

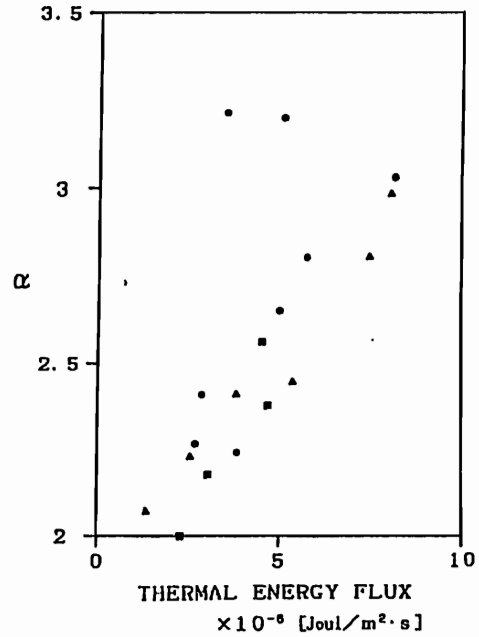


Figure 3. The plotting of  $\alpha$  versus solarwind thermal energy flux.

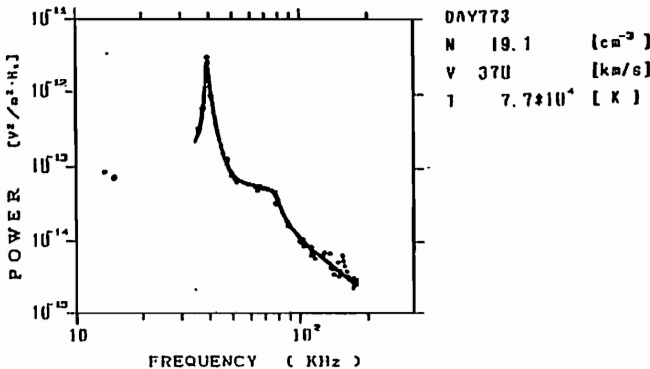


Figure 2. Power spectra of plasma waves on DDAY 773.

鷲見 治 一  
名古屋大学空電研究所

Formation and Propagation of Interplanetary Shock Waves

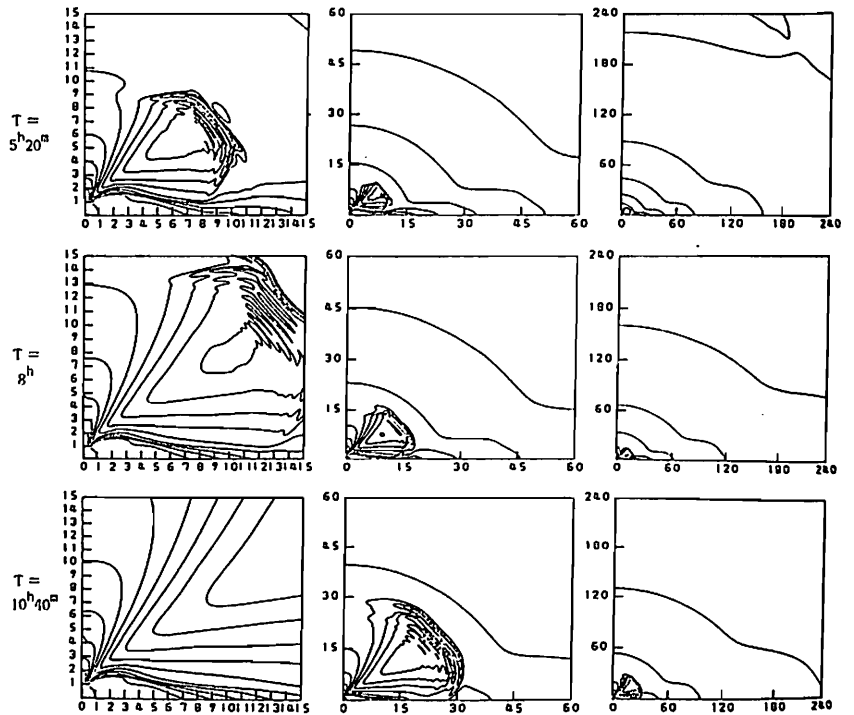
H. Washimi  
Research Institute of Atmospherics, Nagoya University

Interplanetary shock waves associated with coronal disturbances are analyzed by means of a 2D MHD simulation. It is found that the shock wave, which originates in the open field region on the base of the corona, propagates in the interplanetary space along the boundary between the open and closed regions. This suggests that the shock triggers a slow-shock formation through Petschek-type reconnection at the plasma sheet in the interplanetary space.

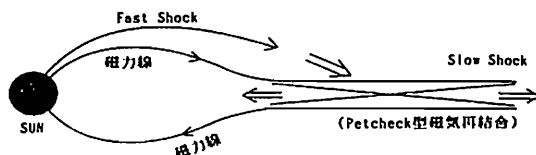
コロナ質量放出等の大きな擾乱に伴い衝撃波が生成され、惑星間空間中を伝搬していく。これについて2次元(軸対称)MHDシミュレーション解析を行った。まず、擾乱のない時の(準)定常解の解析により、太陽風構造は太陽磁場の開いた領域と閉じた領域が区分され、又、それらの領域の境界及び磁気中性面に圧力勾配による電流が生じ、又、赤道帯では $\beta$ -比が常

に1より大きく、このため磁場の閉じた領域でもプラズマの流出は完全には押さえられず系は完全な定常にはならない。しかし系の変化は1時間に1%以下で安定な準定常状態となっていることが明らかになった。

次にダイナミックスの解析を行い、太陽近傍、開いた磁場の領域に含まれる緯度 $70^\circ$ の場所で温度が局所的に2倍に上昇した時、衝撃波(Fast Shock)が生成され第1図のように低緯度側では開いた領域と閉じた領域との境界に沿って惑星間空間へと伝搬することが明らかになった。この結果から Helios 衛星で稀ではあるが明瞭に見い出されている Slow Shock は太陽コロナ起源ではなく、第2図のように Fast Shock が磁気中性面をたぐのに伴う Petschek 型磁気再結合により生ずるものと考えられる。



第1図 衝撃波の伝搬。スケール左から夫々 $15R_s$ 、 $60R_s$ 、 $240R_s$ のシミュレーションボックスで得られた等速度線



第2図 Slow Shock の生成モデル

EXOS-C衛星により観測された極冠域アークの分類

小原 隆博, 北山 正信, 向井 利典, 賀谷 信幸, 西川 篤弘,  
(宇宙研) (神戸大・工) (宇宙研)

Classification of Polar Cap Arcs observed by the EXOS-C satellite

T. Obara\*, M. Kitayama\*, T. Mukai\*, N. Kaya\*\*, A. Nishida\*,

\* The Institute of Space and Astronautical Science

\*\* Kobe University

We have classified polar cap arcs into two groups.

After the analysed results, it is strongly suggested that the origin of these two groups is in the plasma sheet and in the magnetosheath, respectively.

1. はじめに

第9号科学衛星EXOS-Cは、これまでに、約300周ポーラーキャップを観測したが、其中で、大小合わせて53例のポーラーキャップアークを観測した。これ等に対して詳細に解析を行った結果、2つのグループに分類出来たので、その結果を報告する。

2. 解析結果

EXOS-Cは1回のポーラーキャップクロスリングで1回又は2回ポーラーキャップアークを観測したが、これらの降下電子群を、

A. Distinct Type B. Faint Type の2つに分類した。表1に結果を示す

3. 考察

極冠域に降る粒子は、その起源として、一つには「太陽風・マグネトシース粒子」が、そして他の一つには「磁気圏尾部のプラズマシート粒子」が考えられる。

EXOS-C(おおぞら)衛星の観測結果は、以下の理由から、起源を異にするこれら2つの降下粒子を観測したものと思われる。すなわち、

a. 温度が違う事、 b. Kp依存性が違う事、

である。

aの温度は、それぞれ典型的な「プラズマシート」と「マグネトシース」の温度に近い。又、「プラズマシート」と「マグネトシース」の粒子は、IMFの北向き、南向きの時に、ポーラーキャップの領域に入りやすいと考えられる。EXOS-C観測時のIMFは、分からないが、Kpの大きい時は、南向きIMFであろうと思われる。また、Distinct Typeが、Kp=2の辺りから、急に見られなくなることも、上記の仮説を支持している。

θオーロラの生成メカニズムがまだ用意できない今、EXOS-Cの観測結果は、この領域でのブレークスルーになるものと期待される。

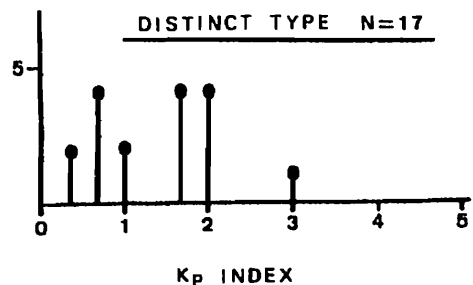


図1, Distinct型, ポーラーキャップアーク出現のKp依存性

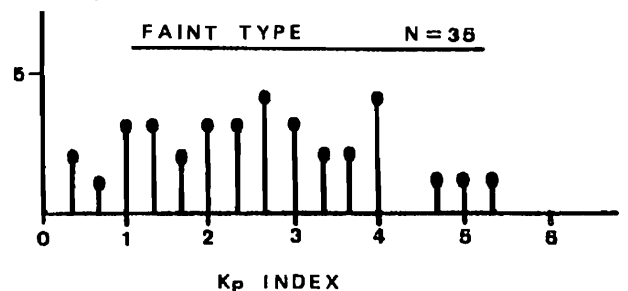


図2, Faint型の場合

	Distinct	Faint
観測例	17	35
領域	殆ど全域	殆ど全域
アークの幅	~数100km	~数10km
加速電圧	~2keV	~300V
数密度	~0.01/cc	~0.01/cc
温度	~300eV	~80eV
Kp依存性	図1, 参照	図2, 参照

表1, ポーラーキャップアークの分類

榎田 健, 大塚 寛  
(東北大理)

CALCULATION OF BACKSCATTERING COMPONENT OF  
AURORAL PRECIPITATING ELECTRONS

Ken KUSIDA and Hiroshi OYA  
Geophysical Institute, Tohoku University

A calculation of the collisional interaction of auroral precipitating electrons with neutral atmosphere shows that simple elastic-scattering is not sufficient to produce the backscattering (up-going) component of the flux, i.e. smaller than the flux observed by sounding rockets by factor of 2-4. The presence of electric field of 10-50 mV/m parallel to geomagnetic field in the lower ionospheric region is revealed to be a candidate to resolve this discrepancy.

電離層高度にまで降下してきたオーロラ電子は中性大気との衝突により、二次電子生成等に起因するスペクトルの変化をとめないながら、その一定量が再び大気圏外へ戻されていく。

極域ロケットで観測された粒子データを説明するため、この電離層高度における後方散乱成分を、降下電子に因する輸送方程式を解いて計算(4-stream近似)し、江尻他によって実施された実測値と比較した。(図1)その結果、弾性散乱の効果だけでは、広いエネルギー範囲にわたり実測された後方散乱量の1/2~1/4程度しか説明でき

ないことが分かった。

そこでこの原因として①磁場によるミラー効果②電離層高度における沿磁力線方向の電場による加速の2つの可能性を考え、これらの効果を考慮して輸送方程式を解くことにより各々の効果の定量的評価を試みた。

その結果、磁場によるミラー効果は、E~F<sub>1</sub>領域では磁場強度の変化量が小さいため、後方散乱の成分に大きくは寄与しないことが確認された。一方沿磁力線電場の効果については(モデル計算の結果を図2に示す)、衝突頻度の高いE~下部F<sub>1</sub>層にお

いても下向き30mV/mの電場があれば上向きfluxは1.5倍程度増加する。

本研究の結果は極域電離層のE~F<sub>1</sub>領域において、数10 mV/m程度の沿磁力線電場が存在する可能性を強く示唆している。

\*使用した南極ロケットのデータはオーストラリア南極観測隊により得られた。江尻教授他、実験担当者の方々に感謝します。

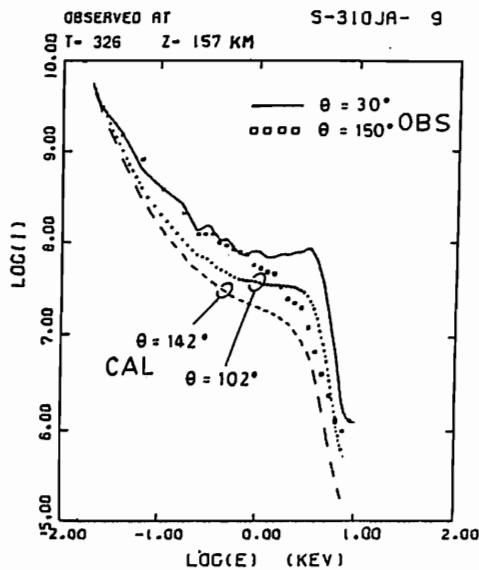


Fig.1. Comparison of backscattering flux calculated from observed downward flux with observed upward flux.  $\theta$  is electron pitch angle.

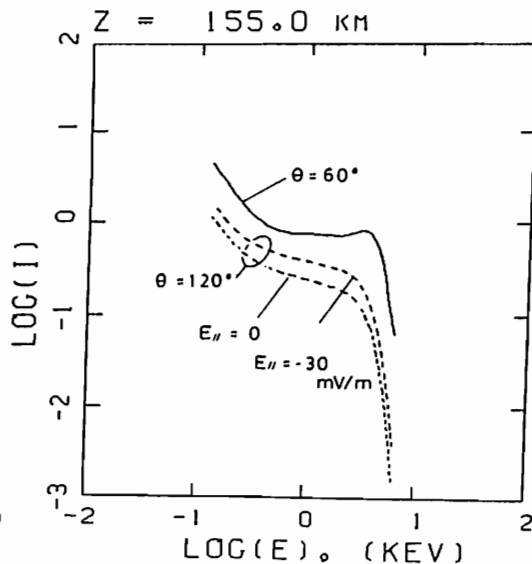


Fig.2. Model calculation of electron flux using an atmospheric slab of  $Z = 155 \sim 130$  km, which shows the effect of  $E_{||}$ . Minus sign of  $E_{||}$  denotes downward.

# III-27 DE-2の観測における明暗界線付近の Pedersen Conductivityの変化

石井 守 · 杉浦正久 · N. C. Maynard · 家森俊彦  
京都大理 · A. F. G. L.

Pedersen Conductivity Variations near the Terminator Deduced from the Dynamics Explorer-2 Observations

M. Ishii<sup>1</sup>, M. Sugiura<sup>1</sup>, N. C. Maynard<sup>2</sup>, T. Iyemori<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Faculty of Science, Kyoto University <sup>2</sup>A.F.G.L.

The ionospheric conductivity is primarily determined by solar EUV. It is therefore expected that the conditions of ionosphere - magnetosphere coupling are significantly different on both sides of the terminator. Thus an analysis was made of the magnetic and electric field data obtained by Dynamics Explorer - 2 near the terminator. The ratio  $\Delta B_z/E_x$  is calculated by the least squares method, and the Pedersen Conductivity is deduced. At the same time, the correlation coefficients are determined to assess the reliability of the conductivity values so obtained. Results are shown in Figure 1 and Table 1. Figure 1 indicates that the ratio  $\Delta B_z/E_x$  on the dayside is larger than that on the nightside. Values in Table 1 reflect this feature.

電離層の電離は主に太陽の紫外線によるので、明暗界線 (Terminator) の前後で電離層-磁気圏結合系の状態が変化していると考えられる。この予測のもとに、明暗界線付近でのDE-2の磁場と電場のデータを解析してみた。

Sugiura et al. (1984) 等によると、電離層における電場と磁場の間には高い相関があることが示されている。そして、電場のx-方向成分 (North-South方向成分)  $E_x$  と、磁場の擾乱のz-方向成分 (East-West方向成分)  $\Delta B_z$  の間には、ある仮定のもとに、次の関係がある。

$$\Delta B_z = \mu_0 \Sigma_p E_x + \text{Const.}$$

但し、 $\mu_0$ : 透磁率

$\Sigma_p$ : Pedersen Conductivity

ここで境界条件として、 $E_x = 0$  のとき  $\Delta B_z = 0$  と仮定すると、上式より  $\Sigma_p = (1/\mu_0) \cdot (\Delta B_z/E_x)$  の関係が得られる。最小自乗法によって求めた  $\Delta B_z$  と  $E_x$  の比と、この式を用いて  $\Sigma_p$  を算出し、併せて  $\Delta B_z$  と  $E_x$  の相関係数を求めた。実際に明暗界線の位置を決定する際には、Harold M. Woolf

(1968)の方法によった。但し、地表の明暗界線と、電離層高度で紫外線が影響を与えている境界線との差を決定するのにIRI-86を用い、両者に大きな差のないことを確かめた。

図は  $E_x$ 、 $\Delta B_z$  に Cut-off 30 sec の high-pass filter をかけたものである。 $\Delta B_z$  の振幅と  $E_x$  の振幅の比が境界線通過前後で明確に変化している。このことは定量的解析結果 (Table 1) で明らかであるように Pedersen Conductivity  $\Sigma_p$  が明暗界線を境に小さくなっていくことを示している。

### < References >

- M. Sugiura et al., Relationships between Field-aligned Currents, Electric Fields, and Particle Precipitation as observed by Dynamics Explorer - 2 Magnetospheric Currents, P 96 1984.
- H. M. Woolf, On the Computation of Solar Elevation Angles and the Determination of Sunrise and Sunset Times NASA-Langley, 1968.

DE-2 DAY281 8 OCT 1981

5.0 sec Filtering

A, B:  $Y = AX + B$

U.T.	Correlation	A	B	$\Sigma_p$
13:52:00 ~ 13:53:00	0.751	0.126	-0.020	6.324
13:53:00 ~ 13:54:00	0.792	0.272	-0.002	2.992
13:54:00 ~ 13:55:00	0.565	0.211	-0.002	3.764
13:55:00 ~ 13:56:00	0.926	0.310	-0.022	2.563
13:56:00 ~ 13:57:00	0.611	0.679	-0.822	1.172
13:57:00 ~ 13:58:00	0.747	0.459	-0.664	1.735

Table 1

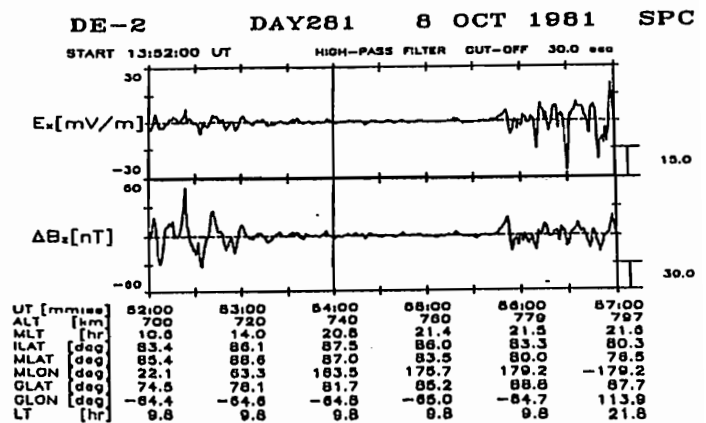


Figure 1

磁気的会合時の DE-1, 2 衛星による  
高、低高度での沿磁力線電流の比較  
内藤宏人 杉浦正久 家森俊彦 (京大理)

COMPARISON OF FIELD-ALIGNED CURRENT OBSERVATIONS DURING MAGNETIC CONJUNCTIONS OF DYNAMICS EXPLORERS 1 AND 2 AT HIGH AND LOW ALTITUDE

H. Naito, M. Sugiura, and T. Iyemori  
Geophysical Institute, Kyoto University

Measurements of magnetic field perturbations produced by field-aligned currents are obtained by DE-1 and DE-2 at high and low altitudes during magnetic conjunctions. Similar variations in the perturbation field with respect to invariant latitude corresponding to large scale region-1 and region-2 currents are found at both altitudes. However, differences in location and width are seen between field-aligned currents at two different altitudes. Densities of the field-aligned currents are estimated from the perturbation magnetic fields on the assumptions of that the currents flow in infinite sheets. Small-scale large-amplitude currents are often found only at one of the two altitudes. However, this feature may be due to a circumstance that the procedure followed in estimating the current density is not appropriate for the magnetic variations concerned.

オーロラ帯の上空高度 10,000km の DE-1 衛星と高度 400km の DE-2 衛星の磁気的会合時の擾乱磁場、及び、この磁場の原因たる沿磁力線電流の空間的量的比較を行う。

これらの比較のための座標としては不変磁気緯度を採用する。今回用いた DE-1 のデータは 6 秒値、DE-2 では 0.5 秒値であるが、不変磁気緯度で同スケールの事項をみるために、

$$\bar{y}(\lambda) = \frac{1}{2\lambda} \int_{\lambda-\lambda/2}^{\lambda+\lambda/2} y(\lambda') d\lambda' \quad (\lambda: \text{不変磁気緯度})$$

で表される平均操作で不変磁気緯度で等間隔に捕間したデータを用いる。ただし、右辺の積分は、元のデータが離散的であるので、台形公式を用いて計算する。

次に、沿磁力線電流の密度は、衛星の単一軌道データからの算出という制約のため、無限シート状電流を仮定して計算することになる。このシートは、擾乱磁場が主磁場にほぼ垂直であり電流がまさに沿磁力線

あることから、主磁場と擾乱磁場とを含む面として求めることにする。

現入手した数例について以上の操作を行った結果、Region-1, Region-2 に当たる擾乱磁場の形状は酷似していることがみてとれるが、その不変磁気緯度で示される位置や幅は幾らかずれていることがわかった。これは電流密度の比較でさらに顕著になり、一方の高度でしか見られない電流もいくつか見られた。

これらの理由としては、

1. 観測時刻の差による時間的变化
2. 1例では、MLTで最大1時間の差があり、この間での電流の緯度分布の変化
3. DE-1 DE-2間の内部磁場のモデルからのゆがみ
4. 低高度での電離層ジェットの影響による磁場変化(この影響は小さい)

等が考えられる。講演ではこれらの詳細について議論を行う。

DE MAG DAY287 14 OCT 1981 GMS ΔB<sub>φ</sub>[nT]

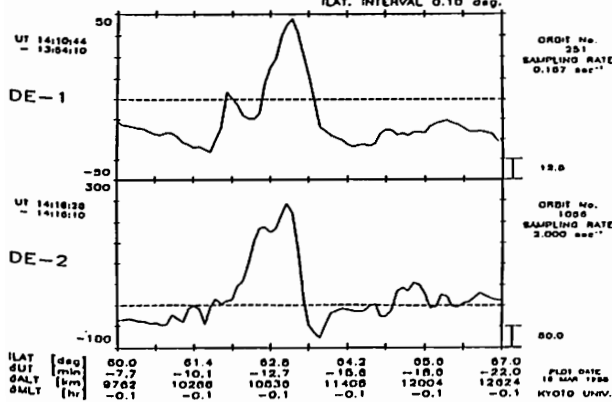


Figure 1.

CURRENT J<sub>||</sub>[μA/Tm²] DAY287 14 OCT 1981

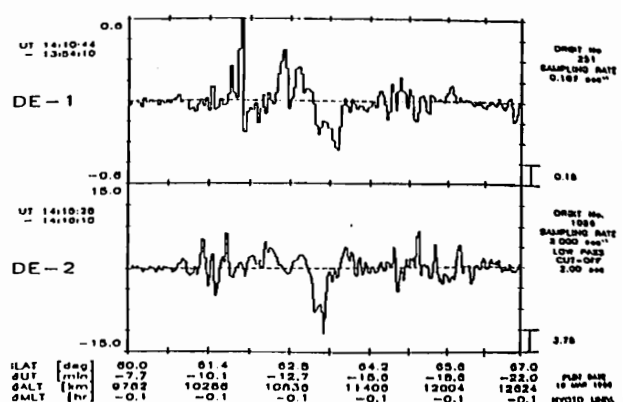


Figure 2.

Figure 1. GMS  $\mathcal{P}$  components of magnetic field perturbations observed by DE-1 (top) and DE-2 (bottom).

Figure 2. Parallel components of current densities estimated from the magnetic fields observed by DE-1 (top) and DE-2 (bottom).

# 沿磁力線電位差の生成機構の観測的検証

III-29

北山 正信・西田 篤弘・向井 利典 賀谷 信幸  
(宇宙科学研究所) (神戸大学)

OBSERVATIONAL EVALUATION OF A MECHANISM OF AURORAL ELECTRON ACCELERATION

M. KITAYAMA, A. NISHIDA, T. MUKAI AND N. KAYA\*  
INSTITUTE OF SPACE AND ASTRONAUTICAL SCIENCE \*KOBE UNIVERSITY

We have analyzed the particle data on the inverted-V electron acceleration events obtained by the ESP instrument onboard the low-altitude satellite EXOS-C. Density and temperature in the source region of precipitating electrons are derived and the peak in the energy space is identified from the electron distribution function. These values are used to evaluate the mechanism of generating field-aligned potential differences proposed by Lyons [1980]. Peak energy of electrons which is interpreted to represent the field-aligned potential difference is found to be related at the center of each events with  $T_e^{1/4}/N_e^{1/2}$  as expected from this theory. The dependence of the latitudinal scale length of the event on the same parameter is also expected from the simplified version of the model, but this is not as clear in observations and several reasons can be considered for the relatively poor correlation.

## Introduction

Inverted-V Eventでの降下電子は 1~10 keV にピークのあるエネルギー分布をしている。これは、磁気圏と電離層の間の上向きの静電的な電位差によって加速されたものと考えられており、その成因についてもいくつかの説がある。そこで、本学会では、この電位差の成因に関する一つの説を、観測的に検証した結果について報告する。

## V の生成機構 (Lyons, 1980)

磁気圏の電場が一様でなく、 $\text{div } E < 0$  になっているとする。この電場が電離層に投影されると、電離層中に  $\text{div } j < 0$  を満たす電流が流れ、正の電荷が蓄積される。この電荷を中和するように、磁気圏から磁力線に沿って電子が流入する。(上向きのイオンのフラックスは問題にならないほど小さい。) 電離層では、磁気圏より磁場が強いためほとんどの電子は反射されるので電離層への流入はロスコーン内の電子に制限される(磁気ミラー効果)。従って、電子を十分に電離層に流入させるためには、磁力線に沿って上向きの電位差が存在しなければならないのである。以上のことを数式であらわすと、磁気圏と電離層の間の磁力線方向の電位差は、

$$V(x) = \frac{(2\pi m_e)^{1/4} \Sigma_P^{1/2} (E_1 - E_2)}{2e} \frac{T_e^{1/4}}{N_e^{1/2}} \exp\left(-\frac{|x|}{X_W}\right)$$

$$X_W = (2\pi m_e)^{1/4} \Sigma_P^{1/2} T_e^{1/4} / 2eN_e^{1/2}$$

で与えられる。

簡単のために、問題を緯度方向と磁力線方向に限り経度方向は一様として、電離層での電気伝導度を一定とした。得られた電位差は、典型的な空間スケール  $X_W$  で変化し、最大値は、磁気圏での電場の差と、 $X_W$  の積に比例する、という特徴がある。

## EXOS-C の観測

EXOS-C は、低高度 (350~850km) で極軌道を太陽指向 (ノンスピン) で周回する人工衛星で、それに搭載された粒子観測器は、磁力線に対して、5つの方向について 200eV から 16 keV の間のエネルギーをもつ電子を測定する。(2秒で一つのエネルギーースペクトルが得られる。) それぞれのエネルギーース

ペクトルについて、スペクトルのピークのエネルギー ( $E_p$ )、その空間変化のスケール ( $X_W$ )、プラズマシートでの温度 ( $T_e$ ) と密度 ( $N_e$ ) そして磁力線方向の電子のフラックスといった量が得られる。スペクトルのピークのエネルギーは、磁力線に沿う電位差を表すものと解釈する ( $E_p = eV$ )。

## 電位差及びスケールに関する観測

電位差は、特に構造の中心 ( $X = 0$ ) において、

$$V_m = \frac{(2\pi m_e)^{1/4} \Sigma_P^{1/2} (E_1 - E_2)}{2e} \frac{T_e^{1/4}}{N_e^{1/2}}$$

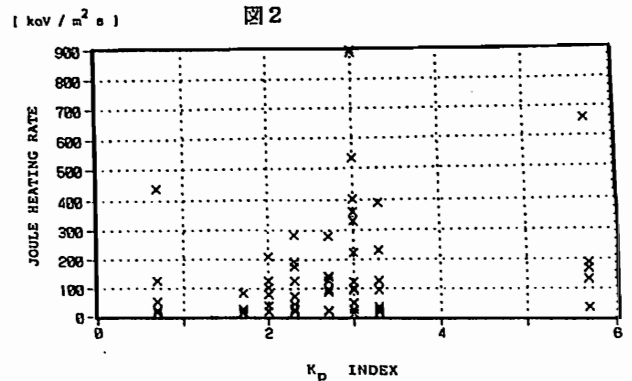
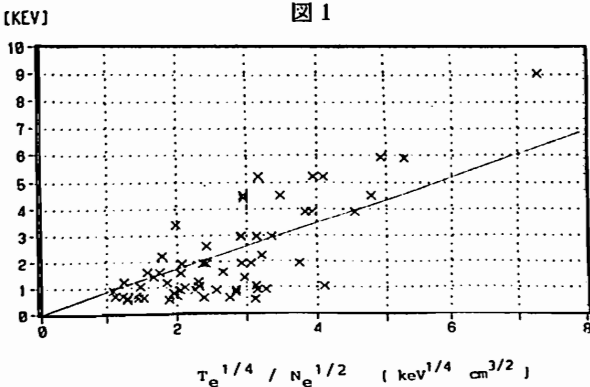
という関係にあることが期待できる。そこで、構造の中心で観測された電位差を  $T_e^{1/4}/N_e^{1/2}$  についてプロットしたものが図1である。この二つの量の間には、比例関係があることが明らかであり、相関解析の結果、相関係数は 0.75 に達した。比例定数から得られる、電場の差と電気伝導度の平方根積は、 $49 \text{ mV} / \text{m} \cdot \text{mho}^{1/2}$  である。空間スケールの解析から得られる電気伝導度の値を用いると、電場の差は  $58 \text{ mV/m}$  となり、この領域で観測されている電場の観測値と矛盾しない。

空間スケールについては、衛星の観測では測定がむずかしいのであまりはっきりしないが、やはり理論の予測するような傾向が認められた。

## 磁気圏からのエネルギー流入量の観測

このような電流系において消費されるエネルギーは、地磁気活動度と関係があることが期待される。電子のフラックスと電位差からエネルギー流入量を求め、これを地磁気活動度 ( $K_p$ ) についてプロットしたものが図2である。エネルギー流入量は地磁気活動度が上がると共に高い値を示すようになり、期待通り磁気圏の荒れ具合を反映している。

以上のように、電子を加速する磁力線に沿った電位差は、Lyons の理論で解釈できることが、EXOS-C の観測によって初めて定量的に検証された。





# 沿磁力線電流は $10^6$ アンペアで十分か？

上出 洋介  
(京産大理)

ARE  $10^6$  AMP FIELD-ALIGNED CURRENTS ENOUGH FOR TYPICAL SUBSTORMS?

Y. Kamide, Kyoto Sangyo University

This paper demonstrates that the total intensity of field-aligned currents flowing into and out of the ionosphere during typical substorms is on the order of  $10^7$  A, not  $10^6$  A. For this purpose, the so-called magnetogram inversion technique is applied to data obtained during joint project campaign intervals. The importance of the current intensity in the tail current is discussed.

典型的なサブストーム時(たとえば、AE指数が1000 nT)には、オーロラ・オーバルに沿って最大(maximum phaseに、という意味)約 $10^6$ アンペアのオーロラ・ジェット電流が流れ、したがって $2 \times 10^6$ アンペアの磁気圏尾部電流ショート回路が沿磁力線電流としてジェット電流に連結されている、と一般に信じられている。これにはいくつかの'根拠'があった。1つは、地上の磁場変動(たとえば、1000 nT)から、等価電流近似を使ってジェット電流の密度を推定すれば、約1 A/mとなり、ジェット電流の緯度幅を1000kmと仮定すれば、全電流として

$$1 \text{ A/m} \times 10^6 = 10^6 \text{ A}$$

が得られること。また、レーダー観測のデータから1~2 A/mのジェット電流密度が算出できることや、極軌道衛星の磁場、粒子データから、沿磁力線電流の密度が $10^{-6}$  A/m<sup>2</sup>のオーダーとされていることなどにより、この $10^6$ アンペアという値は一種のマジック・ナンバーのように思われている。

たとえば、Mead and Fairfieldによると、尾部電流の密度は平均 $1.2 \times 10^{-6}$

A/m<sup>2</sup>であるから、磁気圏尾の直径を $30 R_E$ とすれば、 $-10$  から  $-20 R_E$ の間を流れる全電流は $10^7$ アンペアである。したがって、尾部電流の約10 - 20%が、サブストーム電流としてdisruptすればいいことになる。

本当にこれでいいのだろうか？

下の図はGISMOSキャンペーン中の、全沿磁力線電流

$$J_{\parallel} = \left( \int j_{\parallel}^{+} r^2 \sin \theta d\theta d\lambda + \int |j_{\parallel}^{-}| r^2 \sin \theta d\theta d\lambda \right) / 2$$

where

$J_{\parallel}^{+}$ : 下向き沿磁力線電流

$J_{\parallel}^{-}$ : 上向き沿磁力線電流

と、全等価電流

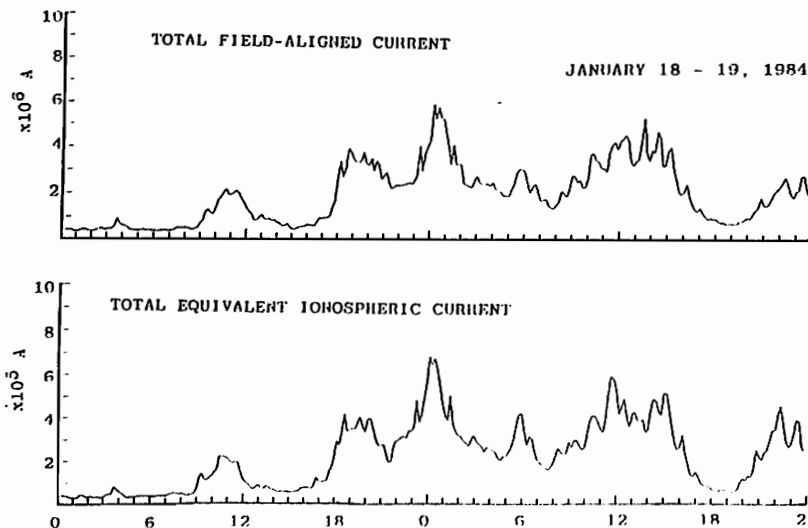
$$I = J_{\max} - J_{\min}$$

where

$J_{\max}$ : 電流関数の最大値

$J_{\min}$ : 電流関数の最小値

をプロットしたものである。この図により、オーロラ・ジェット電流の積分値は $10^6$ アンペアのオーダーであるが、沿磁力線電流の積分値は $10^7$ アンペアのオーダーであることがわかる。



# 磁気圏電場による電離層電流が地磁気 Sq 磁場 及び赤道ジェット電流に及ぼす寄与

福島 直

CONTRIBUTION TO GEOMAGNETIC Sq-FIELD AND EQUATORIAL ELECTROJET FROM THE DAY/NIGHT ASYMMETRY OF IONOSPHERIC CURRENT UNDER DAWN-DUSK ELECTRIC FIELD IN THE MAGNETOSPHERE

Naoshi FUKUSHIMA

This paper argues that the observed geomagnetic Sq-field and equatorial electrojet may at least partly be attributed to the day/night contrast in the electric conductivity of the lower ionosphere, if a dawn-dusk electric field (of the order of 0.5 mV/m) exists above the ionosphere at middle and low latitudes. The resultant dawn-to-dusk ionospheric currents are much stronger on the dayside than on the night side. These asymmetric Pedersen currents and associated Hall currents in the ionosphere produce a magnetic field detectable on the ground, which is almost the same as the observed global Sq-field and equatorial electrojet.

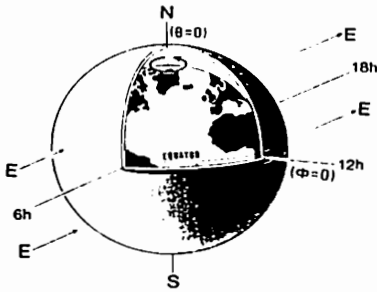


Fig. 1. The earth and its ionosphere immersed in a dawn-to-dusk electric field. The electric conductivity of the ionosphere has a great day/night contrast and an enhancement along the magnetic equator.

地球をかこむ電離層の水平方向電気伝導度は昼と夜とで大きく値が異なる。いま電離層に朝→夕方向の一樣電場がかかっているとすれば、地球をかこんで電流が昼夜非対称に流れ、そのため Fig. 2(A) に示すように地上では昼夜大きさが異なる北向き磁場が現われる筈である。そのような非一樣北向き磁場をつくる等価電流系は、Fig. 2 中の(B)および(C)に示す電流系の和として与えられる。電離層には Hall 電流が生じることとを考慮すると、電離層での電位分布と電流分布は Fig. 3 に示すようなものとなり、経度に依存する磁場変動をあらわす等価電流系は Sq 電流系と形がよく似ている。また磁気赤道沿いに電離層電気伝導度が特に大きいことを考慮すると、赤道ジェット電流が自然に説明される。

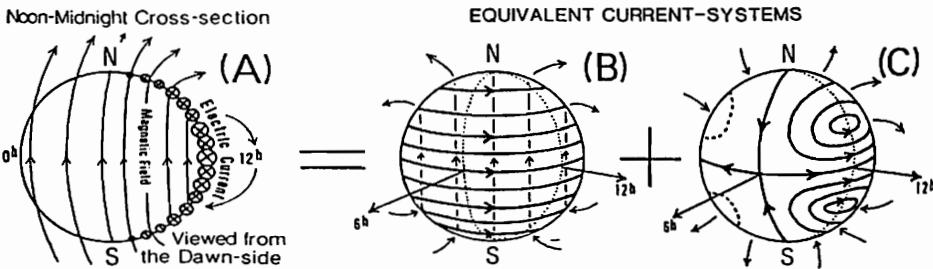


Fig. 2. The actual current flow, whose noon-midnight cross-section is shown by (A), produces a northward magnetic field everywhere on the earth. The zonal current-system (B) is responsible for the northward magnetic field averaged for all longitudes, while the longitudinal inequality is given by current-system (C). The dayside current vortices in (C) are very similar in their form to the Sq current vortices.

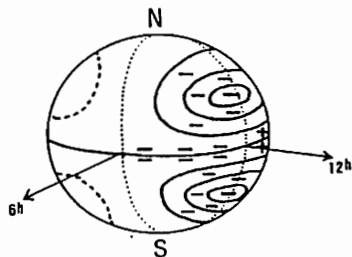


Fig. 3. Secondary charge distribution and Hall currents in the ionosphere, which intensify the vortex currents of Fig. 2 (C) in the sunlit hemisphere.

このような過程に定量的概算を行った結果では、電離層の height-integrated Pedersen conductivity を 10 mho, Hall/Pedersen 伝導度比を 2~3 と仮定すると、磁気圏電場の強さが 0.5 mV/m であるならば、地上昼半球側で 30-50 nT の日変化磁場が、赤道ジェット電流下では最大 200 nT 程度の磁場が観測されることになる。Sq 磁場は従来電離層領域におけるダイナモ作用が主要原因とされているが、磁気圏電場が存在するならばその影響も考慮する必要があらう。



# 地上アンテナから放射された左右両円偏波により励起されたホイスラーモード波の強度解析

八木谷 隆 長野 勇 Umran S. Inan  
 金沢大工 Stanford Univ.

Whistler Mode Wave Intensities Excited by Circularly Polarized Waves Transmitted from a Crossed Antenna

Satoshi Yagitani Isamu Nagano Umran S. Inan  
 KANAZAWA University STANFORD University

According to the polarization experiments involving DE-1 satellite and Siple Station, the whistler mode wave converted from VLF signals transmitted with right handed polarization was observed at levels about 10dB above those transmitted with left handed polarization. To confirm these experimental results, whistler mode wave intensities in the ionosphere are calculated by using a full wave method when right or left handed circularly polarized spherical VLF waves are radiated by a crossed dipole antenna on the ground.

地球磁気圏において観測される様々なプラズマ波動現象は、波動-粒子相互作用のような非線形現象を伴うことが多い。これらのメカニズムを解明するために人工的な電磁波を用いた能動実験が盛んに行なわれているが、その一環として、南極大陸にあるSiple局から左右両円偏波でVLF信号が送信され、DE-1衛星により受信された。この実験結果によると、送信された円偏波の回転方向により、観測されたホイスラーモード波の強度には10dB程度の差が見られた (Fig.1)。

我々は、この観測結果を定量的に解析するために、full wave法を用いて、地上から放射された左右両円偏波の電離層におけるホイスラーモードへの結合強度などを数値的に計算した。ここでは、より実際的な条件で計算するために、Siple局にあるアンテナの放射パターンを考慮して、球面波が電離層に入射するモデルを用いた。具体的な手法および結果については簡潔で詳しく報告するが、計算結果によると、地上から右回りが放射される場合と左回りが放射される場合とでは、ホイスラーモードへの結合強度に約15dBの差が生ずることが分かった (Fig.2)。これはDE-1衛星の観測結果を定量的に支持するものであると考えられる。

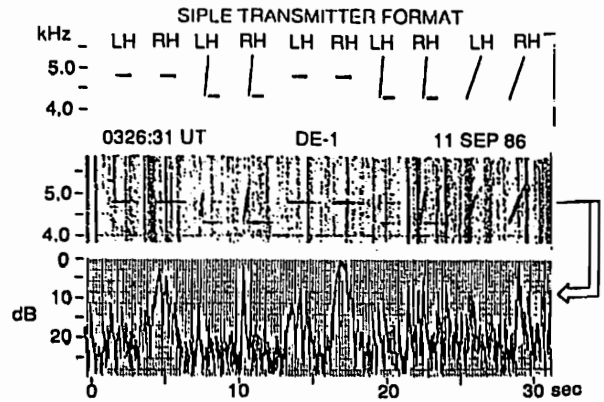


Fig.1 A result of the polarization experiments

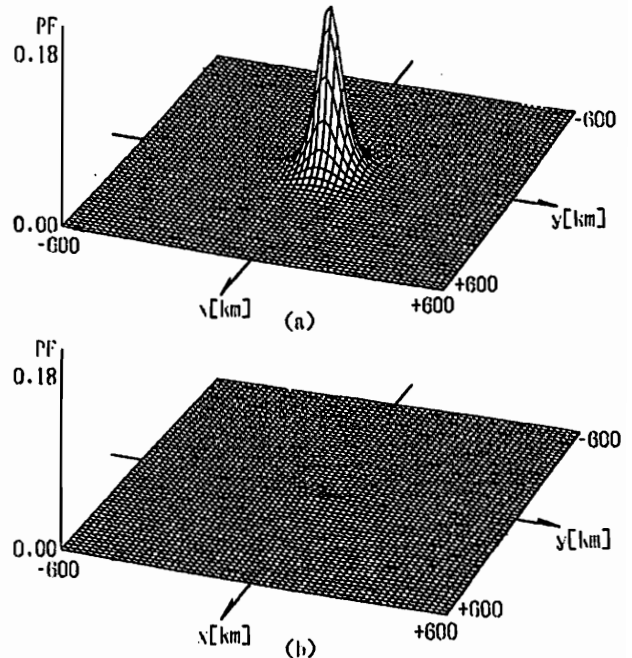


Fig.2 The horizontal distributions of Poynting Flux of whistler mode waves at 105km when a right handed (a) and a left handed (b) polarizations are radiated by the crossed antenna

# 多成分プラズマ中における 3次元ホットプラズマレイトレイシング

澤田 晃<sup>1</sup>      木村 啓根<sup>1</sup>      大村 善治<sup>2</sup>      松本 紘<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>京都大学工学部      <sup>2</sup>京都大学超高層電波研究センター

## Three-dimensional Hot Plasma Ray Tracing in a Multi-Component Plasma

Akira SAWADA<sup>1</sup>      Iwane KIMURA<sup>1</sup>      Yoshiharu OMURA<sup>2</sup>      Hiroshi Matsumoto<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Dept. of Electr. Eng. II, Kyoto Univ.      <sup>2</sup>RASC, Kyoto Univ.

We have developed three-dimensional ray tracing in a hot plasma with multi-components such as energetic hot electron component and background cold electron component. We have adopted bi-Maxwellian distribution function as a velocity distribution function. Thus a loss-cone distributions can also be taken into account by using subtracted bi-Maxwellian distributions. Ray tracing in such an unstable medium can be made to calculate total growth/damping along the ray path.

前回までの発表においては、地球磁気圏中における電磁波・静電波の伝搬路を求めするために、一成分のホット・プラズマから成る等方的及び非等方的両マックスウェル速度分布関数を仮定してプラズマ分散関係を解くホット・プラズマ・レイトレイシングを行ってきた。しかしながら、実際の磁気圏プラズマとしては、背景のコールド・プラズマ成分に加えてホット・プラズマ成分が存在する場合が通常である。従って、より正確に伝搬特性の検討を行う場合には、多成分からなるプラズマ中での分散関係を考慮しなければならない。今回の発表においては、このようにコールド成分+ホット成分のプラズマ媒質中におけるレイトレイシングの結果を紹介する予定である。

さらに、今回開発した3次元レイトレイシング・プログラムにおいては、複数個の両マックスウェル速度分布関数を足し合わせたものから成る多成分プラズマを取り扱うことができるので、サブトラクト・マックスウェル速度分布関数を用いることによりロス・

コーン速度分布関数を実現することも可能である。このようなロス・コーン速度関数のもとにおいては、例えば、参考文献2)に示されるような電子サイクロトロン高調波の不安定性が存在するため、伝搬中にその振幅が増幅されるような波動が存在するはずである。この増幅率を定量的に評価するためには、伝搬路上の各点における屈折率の虚数成分を伝搬路に沿って積分することによって求まる。今回の発表においては、このような不安定な媒質中における波動の増幅・減衰をともなった伝搬路についても検討を行う予定である。

### <参考文献>

- 1) Hashimoto, K., K. Yamaashi and I. Kimura, Three-dimensional ray tracing of electrostatic cyclotron harmonic waves and Z mode electromagnetic waves in the magnetosphere, *Radio Sci.*, **22**, 579, 1987.
- 2) Ashour-Abdalla, M. and C. F. Kennel, Nonconvective and Convective electron cyclotron harmonic instabilities, *J. Geophys. Res.*, **83**, 1531, 1978.

# 電離圏・磁気圏中でのレイトレイシングのための

III-35

## IRIモデルの適用

木村 肇根 櫻井 章裕 澤田 晃  
京都大学工学部

Application of the IRI Model to Whistler Mode Ray Tracing  
in the Ionosphere and the Magnetosphere

Iwane KIMURA Akihiro SAKURAI Akira SAWADA  
Dept. of Electrical Eng. II, Kyoto University

We have so far used DE(Diffusive Equilibrium) model as an electron density profile model to calculate whistler mode ray paths. In order to adopt a more realistic ionospheric model, which depends upon location, season, and local time, to be connected with the DE model, the IRI(International Reference Ionosphere)model is investigated aiming at a smooth connection with the DE model. From the IRI model, ion constituents and ion temperatures at an altitude of 1000km are obtained. By using these parameters, the gradient of electron density profile of the DE model at this altitude can be calculated, and it is compared with that of the IRI model. It is found that the gradients of the DE model are rather close to those of IRI at Siple location as compared with Japan area.

電離圏・磁気圏プラズマ中のVLF電波のレイトレイシングには電子密度分布モデルが必要である。これまで我々は拡散平衡モデルを用いており、緯度・経度方向の変化や基準高度以下を考える場合には適当な関数を掛けることによって実現していた。実際の電離圏内電子密度分布は緯度・経度さらに季節や時間によって変わるので、本研究では電離圏の分布としてIRIモデルを用いIRIで与えられる上限高度1000kmより上は拡散平衡モデルがつながっているというモデルを考えることにする。

IRIモデルは地上からの観測や衛星による測定に基づき、緯度・経度、季節、時間による変化を考慮した電離圏モデルであり、それによって主要なプラズマのパラメータを知ることができる。Fig.1はこのモデルによって計算した電子密度の地方時による変化を示す図の一例である。IRIモデルを用いて電離圏の電子密度分布を求め、また得られた基準高度(1000kmとする)のイオン温度、イオン組成を用いて、1000km以上の高さに対して拡散平衡モデルを用いるものとする。

この場合、接続点での両者の電子密度分布の勾配の違いが問題となってくるのでその対策が必要となる。一例として日本(35°N, 135°E:地理座標)

付近と南極のサイプル局(64.78°S, 7.64°W:磁気座標)付近について調べた結果、サイプル局付近では日本よりも両者の電子密度勾配のずれが比較的少ないので拡散平衡モデルとの接続が容易であることがわかった(Fig.2参照)。このような勾配のずれに対して、うまく処理する方法を検討中である。

謝辞 IRIモデルの計算機プログラムは通信総合研究所から提供して頂いた。巖本巖氏ならびに関連の方々には謝意を表す。

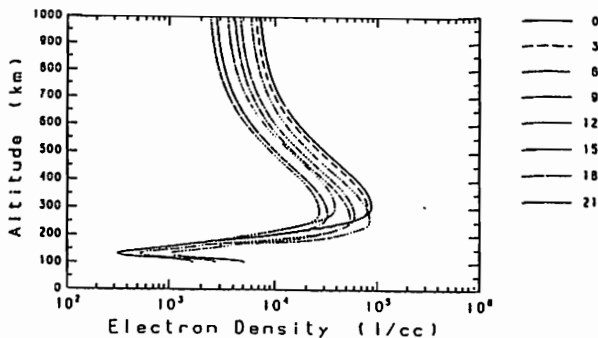


Fig.1 Electron density profile at Siple calculated by IRI model. (July)

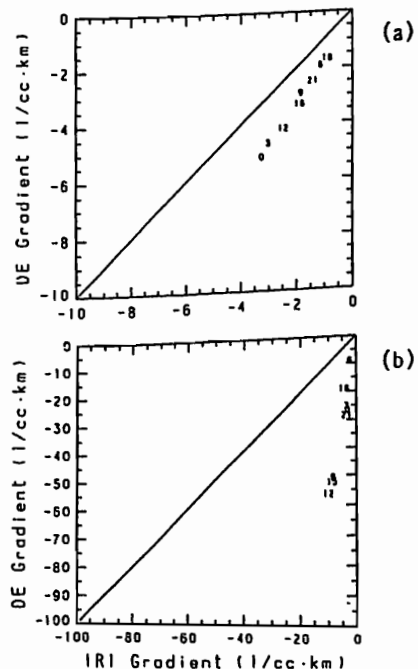


Fig.2 Comparison of the density gradients in altitude at 1000km for DE model and IRI model. The numbers in the figures denote local time. (a) Siple(July) (b) Japan(January)

中村 義勝、恩藤 忠典  
通信総合研究所

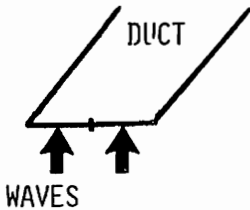
RAY TRACING STUDIES FOR THE DUCTED PROPAGATION WHISTLERS AT A LOW LATITUDE

Yoshikatsu NAKAMURA and Tadanori ONDOH

Communications Research Laboratory, Koganei, Tokyo, 184

Ray tracing for the ducted whistlers at a low latitude is performed to clarify the propagation characteristics of low-latitude whistlers and to compare the results with the direction finding observations of whistlers conducted at Okinawa. The IGRF field line passing through Okinawa is approximated by a field line at  $L=1.120$  (invariant latitude  $19^\circ$ ) of a dipolar field model. A diffusive equilibrium model is used for electron density. The electron density model contains a  $L$  dependent Gaussian duct with the center at  $L=1.120$  and cover the lower ionosphere in accordance with the Kimura's I-E model. The trapping of whistler waves by a duct and their escape from the duct through the lower ionosphere are studied.

筆者等は、沖縄におけるホイストラ方探地上観測の結果を解釈するために、ダクトを持つ電磁圏モデルでのレイトレーシングを行っている。磁場モデルは沖縄を通るIGRF磁力線をダイポール磁場で近似する。電子密度は右に示すように、Angerami-Thomasのモデルに $L$ 依存性のダクトを加え、木村のI-Eモデルに従って下部電離層を含んだモデルを用いている。沖縄の方探観測によって観測される直径20km程度のダクトを作り、沖縄の地磁気共役点側から波を鉛直上方に打上げた場合、波がダクトに捕捉されて沖縄側に到達するために350%程度の密度増大が必要である。今回は第1図に示すように波のダクトへの入射がダクト中心からずれた場合の波の捕捉、及び波がダクトから離脱するときの振るまいについて述べる。第2図は沖縄の共役点、高度400kmで打上げた波が沖縄の上空高度400kmに到達するまでのRay Pathの様子を示している。第1図に示すような波の入射位置の相違により、沖縄側での波のダクト離脱位置、及び離脱時の波動ベクトル方向の相違が生じ、脱出時のRayが拡がると考えられる。



第1図

$$N = N_c Q^{1/2} F(L) I(R)$$

$N_c$  = electron density at a reference level

$$Q = \epsilon_{O_2} \exp(-z/H) + \epsilon_{He} \exp(-z/4H) + \epsilon_{H^+} \exp(-z/16H)$$

$$z = (R - R_c) R_c / R$$

$R_c$  = reference level measured from the center of the earth

$\epsilon_{O_2}$ ,  $\epsilon_{He}$  and  $\epsilon_{H^+}$  are the relative composition of oxygen, helium and hydrogen at a reference level

$F$  =  $L$  dependent modulation factor

$$F = 1 + \alpha \exp[-((L - L_0) / \Delta)^2]$$

$\alpha$  = enhancement factor of a duct

$\Delta$  = half  $L$  value width of a duct

$L_0$  =  $L$  value of the center of a duct

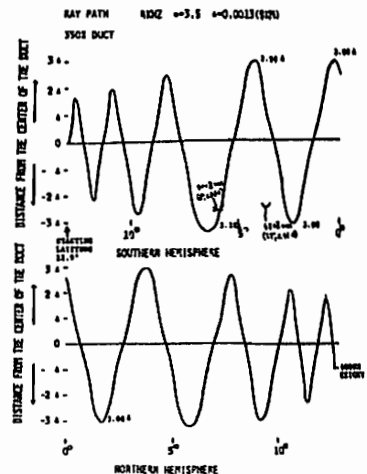
for  $R \geq R_{DB}$ ,  $R_{DB}$  = duct base level measured from the center of the earth

$F = 1$  for  $R < R_{DB}$

$$I = 1 - \exp[-((R - R_{IB}) / 2H_{IB})^2]$$

$R_{IB}$  = base level of the lower ionosphere measured from the center of the earth

$H_{IB}$  = scale height for the density gradient of the lower ionosphere



第2図  
RAY PATH  
Critical Trapping

Properties of Whistler Mode Wave Packets at the Leading Edge of Steepened Magnetosonic Waves: Comet Giacobini-Zinner

B.T. Tsurutani<sup>1,4</sup>, R.M. Thorne<sup>2</sup>, E.J. Smith<sup>1</sup>, A.L. Brinca<sup>3</sup>, and H. Matsumoto<sup>4</sup>

1. Jet Propulsion Laboratory, USA    2. Univ. of California, USA  
3. Inst. Superior Tecnico, Portugal    4. RASC, Kyoto Univ., Japan

We investigate the properties of the high frequency 0.1 - 1.0 Hz wave packets detected near comet Giacobini-Zinner using ICE high time resolution (3 vectors/s) magnetic field data. Study of over 45 events show that the waves are left-hand circularly polarized in the spacecraft frame and are located primarily at the steepened edge of low frequency ( $\sim 0.01$  Hz) magnetosonic waves generated by pick-up of heavy cometary  $H_2O$  group ions. Although the wave frequency varies from packet-to-packet, the oscillation frequency within a packet is roughly constant. If variation is present within a packet, the frequency typically increases with decreasing wave amplitude. An inverse correlation is found between the number of oscillations in a packet and the oscillation period. The above implies that the packet duration is relatively constant. The median duration is  $\sim 18$  s.

Statistical comparisons of both the duration of the packet and the number of oscillations within the packet to the magnetic field magnitude decrease across the steepened magnetosonic wave indicate no obvious relationships.

Several case studies are used to demonstrate the role the wave packet plays in both reorienting and reducing the distorted magnetosonic wave field to the upstream ambient direction and magnitude. A cartoon is constructed to illustrate these features in three dimensions.

We discuss the observations in light of proposed generation mechanisms :

1) local generation by instabilities due to pick-up of cometary ions at the distorted magnetosonic wave fronts, 2) dispersive whistlers, 3) solar wind currents caused by finite proton gyroradii effects.

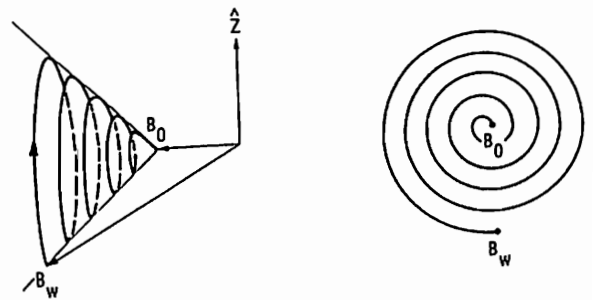


Figure 1

Figure 1. A schematic illustrating the role of the whistler wave packet in reorienting and in reducing the field from the steepened magnetosonic wave ( $B_w$ ) to the ambient ( $B_0$ ) value. A three dimensional view is given on the left. In this panel, the solar wind is coming from the right. The right hand panel of the figure is the projection the wave perturbation vector onto the wave plane.



# 宇宙飛翔体とスペースプラズマとの相互作用における光電子放出の影響

岡田 雅樹<sup>1</sup> 大村 善治<sup>1</sup> 松本 紘<sup>1</sup> 木村 賢根<sup>2</sup>

<sup>1</sup>京大・超高频電波研究センター

<sup>2</sup>京大・工

EFFECT OF PHOTOELECTRONS APPLIED TO INTERACTION BETWEEN SPACECRAFT AND SPACE PLASMA.

Masaki OKADA<sup>1</sup> Yoshiharu OMURA<sup>1</sup> Hiroshi MATSUNOTO<sup>1</sup> AND Iwane KINURA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University

<sup>2</sup>Dept. of Electrical Eng. II, Kyoto University

A spacecraft exposed to the sunlight in space plasmas suffers from a very large effect by photoelectrons. The interaction between the spacecraft and plasma would be greatly modified by photoelectrons in the dilute plasma environment. We have performed a computer experiment to study such problem.

太陽風中や惑星間空間のように希薄なプラズマ中では、強い太陽光の照射によって宇宙飛翔体の表面から放出される光電子の与える影響が大きくなる。宇宙飛翔体の表面から放出される光電子のエネルギー分布として、マックスウェル分布を仮定し、スペースプラズマ中を高速で移動する飛翔体から、光電子が放出されるモデルを用いて計算機実験を行った。

光電子が周辺プラズマに与える影響としては、物体の有効半径  $R_0$  と、プラズマのデバイ長  $\lambda_D$  との関係によって次のように場合が予想される。

1)  $R_0 \ll \lambda_D$  の場合

物体がデバイ長以内に入ってしまうため、シース中を電子が移動することによって誘電体であっても導電体と同様に表面は等電位になる。さらに、周辺プラズマの密度に比べて光電子の放出量が多い場合には、プラズマの電子密度に大きな擾乱を与える。

2)  $R_0 \gg \lambda_D$  の場合

物体表面上でも、光が当たっている部分は等電位になり光電子の放出によって電位が上昇する。一方、光が当たっていないところはプラズマによって電位が決まる。したがって、光の当たるところと、光の当たらないところとでは大きな電位差が生じ、これが周辺のプラズマに影響を与える。さらに、電位差のある場にも多数の光電子が注入されることによって不安定性が生じる。

以上のうち、2) の場合について計算機実験を行った結果の一例を示す。Fig. 1, 2 は口で表される宇宙飛翔体に前方から流れて来る電子、及びイオンの密度を表したものである。Fig. 3 は物体の前面から放出された光電子の密度を表したものである。



Fig.1 Density contour of back ground electrons.

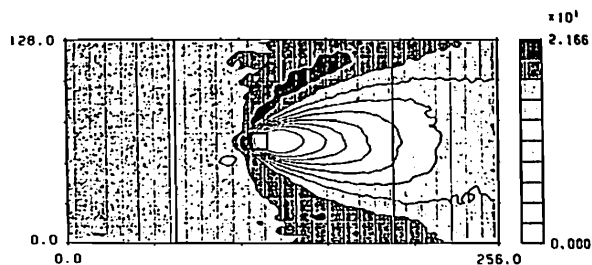


Fig.2 Density contour of back ground ion.

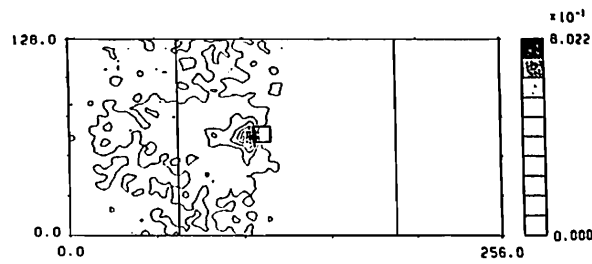


Fig.3 Density contour of photoelectrons.

References

- 1) Grad, R. J. L., J. Geophys. Res., 78, 2885-2906, 1973
- 2) Pelizzari, M. A. and D. R. Criswell, J. Geophys. Res., 83, 5233-5244, 1975
- 3) De, B. R., J. Geophys. Res., 84, 2655-2656, 1979
- 4) 田中 剛彦 京都大学大学院修士論文
- 5) 岡田 雅樹 京都大学特別研究報告書

宇宙プラズマ計算機シミュレーションにおける  
静電場解法の問題点

大村 善治<sup>1</sup> 岡田 雅樹<sup>1</sup> 臼井 英之<sup>2</sup> 松本 紘<sup>1</sup> 木村 賢根<sup>2</sup>

1. 京大超高速 2. 京大工

A NEW ELECTROSTATIC FIELD SOLVER  
IN SPACE PLASMA COMPUTER SIMULATIONS

Y. Omura<sup>1</sup>, M. Okada<sup>1</sup>, H. Usui<sup>2</sup>, H. Matsumoto<sup>1</sup> and I. Kimura<sup>2</sup>

1. Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University  
2. Department of Electrical Engineering, Kyoto University

We will present a new algorithm for solving the electrostatic field in electro-magnetic particle code simulations. The algorithm makes the simulation code more efficient in CPU time than a conventional algorithm of solving Poisson's equation based on FFT method, marching method or finite element method. We will discuss several technical problems in applying the electromagnetic particle code to computer simulations including an internal boundary corresponding a spacecraft in space plasma.

我々は、2-1/2次元電磁粒子コード(KEMPO)コードの開発をし、またそのコードを色々な問題に適用してきた。このコードは、基本的にはマックスウェルの電磁界方程式と粒子の運動方程式を組み合わせて解き進めることにより、宇宙プラズマ中の電磁波及び静電場の励起と伝搬の問題を扱うことが出来るものである。最近、このコードを用いて宇宙プラズマ中における人工飛行体周辺の電磁環境を調べる目的で、シミュレーションモデルに人工飛行体に相当する内部境界を設定し、その電位変動等の問題を扱えるようにコードの改良を進めている。この際、問題となるのは境界条件の自由境界化とその場合のポアソン方程式の解法である。従来の周期境界条件の場合には、高速フーリエ変換(FFT)によるスペクトル法を用いていたが、自由境界条件のもとでは、マーチング法や有限要素法等により、ポアソン方程式を解かなければならない。一般には、これらのアルゴリズムは、ベクトル計算機による高速化が難しく、大規模な計算を行うには適していない。

そこで今回、新しい静電場の解法を紹介する。これは、ポアソン方程式を各時間ステップ毎に解くことなしに正確な静電場を求めることが出来るもので、計算機コードを自由境界化する上で有力な方法である。この方法は、マックスウェル方程式を解く電磁波コードにおいては、初期の電荷分布と電場がポアソン方程式を満たしており、かつ以後の時間発展において電荷の連続の式が満たされておれば、ポアソン方程式を解く必要がないということに基づいている。電流密度の計算において、従来の方法はミクロな意味で電荷の連続の式が満たされず静電場を正確に求めるには、ポアソン方

式による電場の補正を必要とした。一方、新しい方法では厳密に電荷の連続の式を満たすように電流密度を計算することにより、ポアソン方程式による補正が要らなくなるのである。

この新しい静電場の解法の詳細と、宇宙プラズマと人工飛行体との相互作用を電磁粒子コードで扱う場合の諸問題を講演発表する。

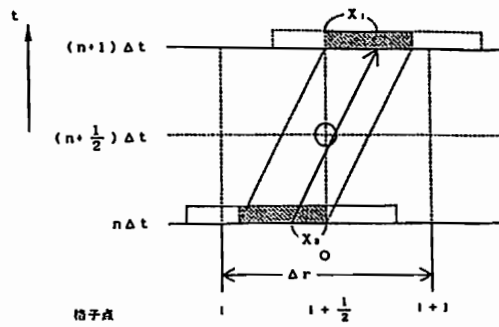


図1 電流密度計算法

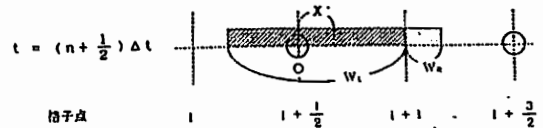


図2 ポアソン修正法で使われる重み付けによる配分

NUMERICAL CALCULATIONS OF THE DOPPLER CONVERSION OF THE ELECTROMAGNETIC WAVES IN PLASMA FOR THE CASE OF THE RELATIVISTIC PLASMA FLOW

M. IIZIMA and H. OYA  
TOHOKU University

Since the first confirmation of the mode conversion from the electrostatic plasma waves to electromagnetic waves ( H.OYA 1971,1974 ), mode conversion has been considered as one of the main processes to generate non-thermal electromagnetic wave in space. In this first model, the inhomogeneity of the plasma density has been considered for the mode coupling through the change of the wave number. We have also examined the possibility of another type of conversion, including the relative motion of the media, which we call "doppler conversion". This model has been applied to AKR in our previous work considering the relative motion of the auroral particle and the ambient plasma in the acceleration region, and suggested that the strong R-X mode radiation is also possibly originated from electrostatic wave. We discuss further in this paper, the theoretical bases and numerical results of the doppler conversion extended for the case of relativistic plasma flow which is considered to be associated with the emissions from the active radio stars and galaxies.

In Fig. 1, the sharp boundary model used in this numerical calculation is indicated. The energy conversion rate from the incident Z mode wave to free space mode waves is obtained by considering the boundary conditions of the electromagnetic fields, the continuation of the phases of the plasma waves at the boundary, considering Lorenz transform of between moving media. One of the examples of the calculated energy conversion rates is presented in Fig. 2. The result shows that relative motion of the media has very large effects on the conversion of electrostatic waves into the electromagnetic waves.

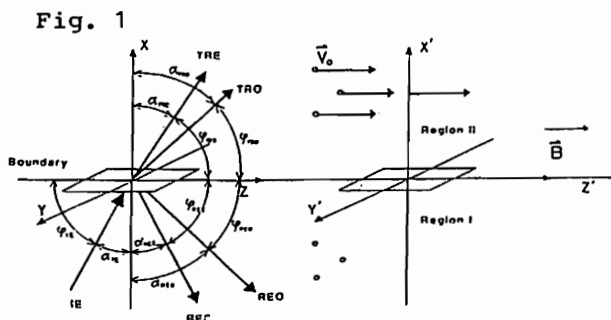


Figure 1. A sharp boundary model to calculate the energy conversion rates. The region II plasma is moving with the constant velocity  $V_0$  with respect to the region I plasma. The incident Z mode wave (.IE) is split into four waves at the boundary, namely, the reflected ordinary mode wave ( REO ), the reflected extraordinary mode wave ( REE ), the transmitted ordinary mode wave ( TRO ) and the transmitted extraordinary mode wave ( TRE ).

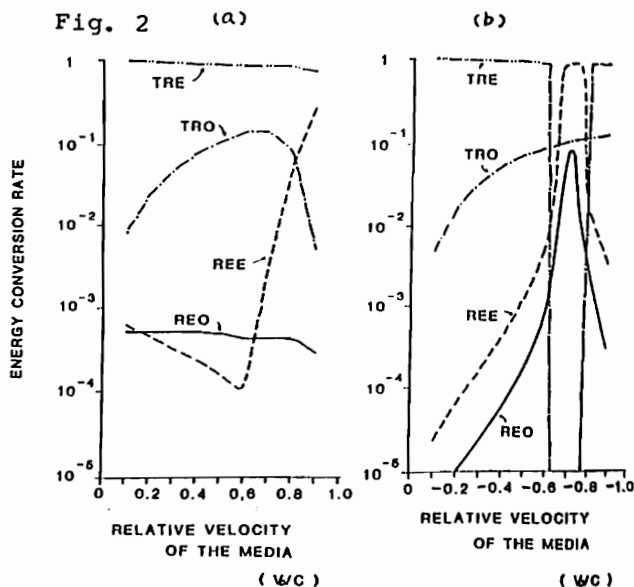


Figure 2. Examples of the mode conversion rates vs. the velocity of the region II plasma with respect to the region I plasma for  $\omega/\omega_p = 0.5$ ,  $\omega/\omega_{pe} = 0.1$ ,  $\omega/\omega_{pi} = 0.2$ , and  $\alpha_{IE} = 40^\circ$ .

References

Oya, H., Radio Sci., 6, 1131, 1971.  
Oya, H., Planet. Space Sci., 22, 687, 1974.

## Simulation of AKR Generation in a Cold Plasma Cavity

S. Machida

Institute of Space and Astronautical Science

W. Calvert, and C. K. Goertz

Dept. of Phys. and Astron., Univ. of Iowa

The cyclotron maser hypothesis for generating the Auroral Kilometric Radiation (AKR) has been studied. The process was modeled by using a newly-developed 2-1/2 D electromagnetic electron hybrid code in which the cold electrons and ions are treated as fluids, and the hot electrons as finite size relativistic particles. We eliminated the grid instability arising from the cold electrons by employing the fluid model, which also considerably reduced both the CPU time and the thermal noise. A density depletion of the cold plasma was assumed at the center of the simulation region together with a loss-cone (DGII) distribution of the hot electrons. This region was then surrounded by cold plasma and terminated by wave absorption regions at the right and left boundaries. In the direction of the earth magnetic field, periodic boundary conditions were assumed.

In the first model (Model A), the surrounding cold plasma density was enhanced 30% from the cold plasma density in the central region. Excitation of the X mode as well as the Z mode was observed for this model, although, the former became dominant at the later times. An analysis of the wave poynting flux across the simulation region showed that about 4% of the incident wave was reflected back by the cold plasma density jump, giving strong support for the Cyclotron Maser/Laser hypothesis. Most of the transmitted waves were in the X mode in this model.

For the purpose of comparison, the number density of the surrounding plasma in model B was set 10 times greater than that of the central region. In this model, the X mode excited inside the cavity cannot exist in the outer regions. The transmitted waves consist of O mode. About 18% of the incident extraordinary wave was converted to the outgoing O mode wave. Although we assumed a relatively large density jump in this model, the same process should still work in a real system with smaller density jumps. The saturated wave amplitudes for both models did not differ much, suggesting that nonlinear saturation plays an important role in the wave generation region.

DEVELOPMENT OF NUMERICAL SCHEME OF MHD EQUATIONS  
S. Takahashi and T. Terasawa  
Geophysical Institute, Faculty of Science, Kyoto University

In the space physics, Lax-Wendroff scheme has been used to solve MHD equations. However, Lax-Wendroff scheme often creates ghost structures. On the other hand, various numerical schemes have been developed to solve fluid equations in Fluid Mechanics and Computational physics, such as Flux Corrected Transfer (FCT), Cubic Interpolated Pseudo-Particle Method (CIP), Total Variation Diminishing(TVD), and Spectral Method. Especially, Spectral Method can estimate spatial differentials most correctly. Thus, we have to implement these methods to MHD equations. In this talk, we test the efficiency of Spectral Method.

プラズマの様々な不安定のメカニズムの解明のために、宇宙空間プラズマの分野で、数々の計算機シミュレーションが行われてきた。微視的不安定に対しては粒子コードによる計算がなされ、巨視的不安定(例えば、MHD Kelvin-Helmholtz不安定など)に対してはMHDシミュレーションがなされてきた。現在までのMHDシミュレーションは、ほとんどがLax-Wendroffの差分法を用い、適当な数値拡散を加えて、微分方程式を評価してきた。しかし、この技法では、もっともらしい「おぼけ」を生じることがよくある。単純な差分法では、数値的な拡散効果で急峻な変化は次第に数値的になめらかにされてしまう。これを避けるために補正項を加えたのが、Lax-Wendroffの差分法である。しかし、この補正によって、急峻な変化の近傍に虚構の波が発生する。一つの構造を一定速度で移動させるときにはwakeを生じ、いかにもそれらしい構造を創る。物理的な現象であるのか、あるいは数値的な虚構であるのか判別しがたくなる。

従って、このLax-Wendroffの差分法は数値解析及び流体力学の分野において、現在では用いられることはない。(20年前の技法である。)流体力学の研究者たちは、より精度の高い計算技法の模索を続けてきた。そして、FCT(Flux Corrected Transfer: eg. Grinstein et al., 1986)、CIP(Cubic Interpolated Pseudo-particle Method: eg. Takewaki and Yabe, 1987)、TVD(Total Variation Diminishing: eg. Yee, 1987)、Spectral-Method(Orszag, 1980)などの技法を開発した。FCTは流速の評価の精度の向上のために、時間を一段階進めるために、複数の中間段階を挿入している差分法である。CIPは、双曲形方程式のみに適用される技法で、3次式により格子点間を内挿し、さらに次の時間の空間微分の評価を行って、精度を上げる差分法である。単純な差分法で移流項の精度の高い評価を行うとすると、きわめて精細な格子点に必要とってしまうが、これを回避することがこれらの技法の意義の一つである。しかしながら、これらの技法は遙かに計算の手間が大きい。これらに対して、TVDは差分に簡単な付加項を加えるだけできわめて安定な解法を得たものであるが、不安定の回避のための対症療法的な技法である。これらの技法を駆使して、普通の流体のKelvin-Helmholtz不安定やRayleigh-Taylor不安定などが解析され、実験と比較されてきた。

これらの差分法に対して、Spectral-Methodは、物

理量を直交関数系に展開して、微分を評価する技法である。線形の場合は展開係数の時間発展方程式の追跡であるが、移流項など非線形項を含む場合は、格子点をとって計算し、実空間とSpectral空間を組み合わせて計算し、微分評価を行う。このとき高次の格子点を用いるいかなる差分法よりも遙かに高い精度で微分を評価できる。差分法では何等かの形で、一格点おきの波がたち、これを抑制するために数値拡散を付加する。このような現象はSpectral Methodにはない。しかし、あまりに急峻な変化があるときは、展開関数がGibbs現象を起こして、微分評価の精度が低下し、高周波の波だちを生じる。このため、あまりに急峻すぎる変化(階段関数など)の構造を追跡できない。従って、これを回避すべく数値拡散を付加する。これについては以下のことを銘記されたい。いかなる数値解析技法も、陰に陽に拡散を含んでいる。また含ませなければならぬ。これはレイノルズ数無限大の流体を扱えないことを意味する。有限の格子点で連続な量を代表させたときから、既に拡散のない流体の数値解析は不可能となっているのである。

我々はSpectral-MethodのMHDへの適用を試みた。直交関数系にはFourier、Legendre、Bessel、Hermite、Chebyshev、Laguerre等があるが、周期境界条件を課さなくてもよく、有限の範囲を記述するChebyshev多項式を用いた。この方法では、流れと垂直方向や流出口の境界を自由境界にして放置することが可能となる。従って、MagnetopauseにおけるKelvin-Helmholtz不安定の開放系数値解析を行うにあたりきわめて有効なものとなる。本学会では1次元流体における衝撃波の時間発展の追跡および流入する波動の崩壊過程の追跡を試み、技法の開発とその有効性の確認を行う。

#### 【References】

- Grinstein, F. F., E. S. Oran, and J. P. Boris, *J. Fluid Mech.* 165(1986)201.  
Horiuti, K., *J. Comput. Phys.*, 71(1987) 343.  
Orszag, S. A., *J. Comput. Phys.*, 37 (1980)70.  
Takewaki, H. and T. Yabe, *J. Comput. Phys.*, 70(1987)355.  
Yee, H. C., *J. Comput. Phys.*, 68(1987)151.

# シャトル・テザー衛星の 電磁力学過程の計算機実験

UI 井 英之<sup>1</sup>

松本 敏<sup>2</sup>

大村 淳治<sup>2</sup>

木村 賢根<sup>1</sup>

1. 京大・工

2. 京大・超高層

Computer Experiments of SETS (Shuttle Electrodynamic Tether System)

Hideyuki USUI<sup>1</sup>, Yoshiharu ONURA<sup>2</sup>, Hiroshi MATSUMOTO<sup>2</sup>  
and  
Iwane KIMURA<sup>1</sup>

1. Department of Electrical Engineering, Kyoto University  
2. Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University

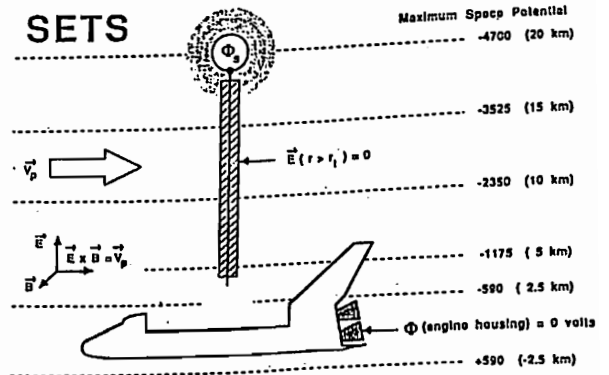
SETS (Shuttle Electrodynamic Tether System) is the tethered satellite system which provides capabilities for many new scientific investigation including studies of current-voltage characteristics at very high potentials in the ionospheric plasma; the generation, propagation and interaction of low frequency waves in the ULF-ELF-VLF range; studies of the interaction of large vehicles with the space environment; and beam-plasma interactions including the generation of waves by pulsed beams. We present several models of SETS computer experiments. A result of a computer experiment using one of the proposed model will be discussed. The chosen model is suitable to study the microdynamics near the satellite which has very high potential relative to the surrounding plasma.

スペースシャトルに用いられる衛星のプラズマ中の電流電圧特性。テザーのインピーダンス特性。テザー電流による低周波波動の励起 (ULF ~ VLF)、その相互作用。宇宙飛行体とプラズマの相互作用。スパークによる波の励起、伝搬、また周辺プラズマとの相互作用。

- (1)  $V \times B$  効果により高電位となる衛星のプラズマ中の電流電圧特性。
- (2) テザーのインピーダンス特性。
- (3) テザー電流による低周波波動の励起 (ULF ~ VLF)、その相互作用。
- (4) 宇宙飛行体とプラズマの相互作用。
- (5) スパークによる波の励起、伝搬、また周辺プラズマとの相互作用。

我々のグループではシャトル実験に先立ち SETS の計算機実験を行う。SETS の計算機実験においては、上記の研究対象にそれぞれ、モデルが考えられる。具体的には、シミュレーション領域に衛星部を取り入れたモデル、テザー部分をとり入れたモデル、シャトル (電子ビーム放出部)

取り入れたモデル、高電位衛星のプラズマ中の電流電圧特性。テザーのインピーダンス特性。テザー電流による低周波波動の励起 (ULF ~ VLF)、その相互作用。宇宙飛行体とプラズマの相互作用。スパークによる波の励起、伝搬、また周辺プラズマとの相互作用。



A model of SETS from the shuttle frame. The plasma surrounding the system has  $E \times B$  drift velocity.

## 参考文献

- 1) P. M. Banks and P. Byers, 'SETS Development Phase Proposal'.
- 2) 例えば、田中剛彦 京都大学大学院修士論文, 1986

# 大振幅ホイッスラー波の非線形崩壊 —— 計算機実験と理論 ——

松本 紘、 岩根 靖、 大村 善治 (京大超高層)

Nonlinear Collapse of Large Amplitude Whistler Waves  
----- Computer Experiments and Theory -----

H. Matsumoto, Y. Iwano, and Y. Omura (RASC, Kyoto Univ.)

We often see very large amplitude whistler waves in some area of geospace such as in the magnetosheath and in the solar wind. The present study is concerned with fundamental characteristics of large amplitude whistler waves. However, the results found in the present study are applicable, in almost all aspects, to the electromagnetic waves in the lower frequency such as Alfvén waves as well. We first review our findings, by our recent computer experiments, of characteristic processes of wave collapse inherent to large amplitude whistler waves.

Main emphasis, however, will be laid on a theoretical interpretation of the nonlinear characteristics found by the computer experiments.

太陽地球系プラズマ中ではしばしば大振幅のホイッスラー波が観測される。その非線形特性、特にその崩壊過程を理解することはそれに伴う粒子加熱・加速、エネルギー・運動量輸送、乱流スペクトルの理解にとって重要である。我々は計算機実験により、その基礎研究を始めた。図1は電子ビームによって励起される大振幅ホイッスラー波のスペクトルの時間発展を示す。初期には  $kc/\Omega_E = 2.4$  にピークを持つスペクトルが成長するが、振幅が大きくなるに連れてスペクトルのピークが波数の小さい方に変化して行くのがみられる。

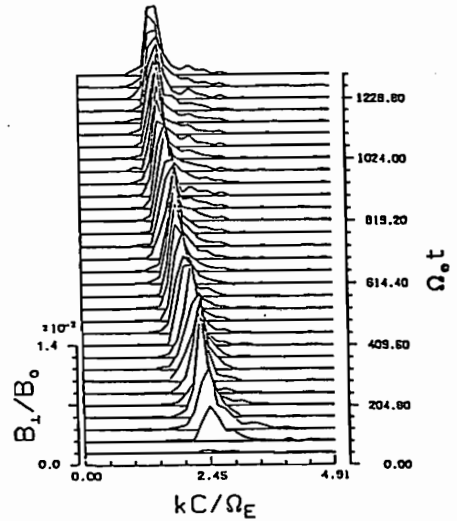
我々はこの過程を図の下に示すように3つの過程に分けて考えた。今回は計算機実験結果におけるそれぞれの過程の詳細な解析を行った。それを示すと同時に、これらに理論検討を加えた結果を報告する。

前進波から後進波が励起される過程の成長率は計算機実験では前進波の振幅の2/3乗に比例したが、理論的にも

$$\gamma^3 = \alpha\beta \left| \frac{B_f}{B_0} \right|^2 = 2\omega_0 \left( \frac{\Omega_e \Pi_e}{\omega_0 - \Omega_e} \right)^2 \left| \frac{B_f}{B_0} \right|^2$$

を示すこともできた。また、何故スペクトルが波数の小さい方にだけシフトしてゆくのかも上部側帯波と下部側帯波の成長率を解析的に求めて、理論的に説明することが出来た。講演では詳細な理論的説明を加える。

Electron Beam Instability



## Nonlinear Evolution of Large Amplitude Whistler Wave

- Back & Forth Wave Energy Exchange
- Modulational Instability
- Inverse Cascading

# 有限要素法による超長波電波の地球-電離層間の伝搬の解析

馬場清英  
中部大工

NUMERICAL ANALYSIS OF VLF RADIO WAVE PROPAGATION

IN THE EARTH-IONOSPHERE WAVEGUIDE BY FINITE ELEMENT METHOD

Kiyohide BABA

Chubu University

Finite element method is described and applied to the propagation problem of very low frequency radio waves in the earth-ionosphere waveguide. Propagation parameters such as phase velocity and attenuation rate, and the fields between the earth and the ionosphere are obtained for various ionosphere models. The results are compared with that obtained by the full wave method.

## 1. はじめに

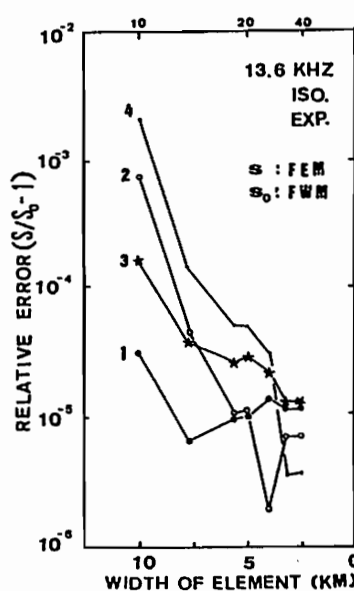
有限要素法(FEM)は近年、偏微分方程式の近似解法として定式化されて、種々の分野で精力的に用いられて来ようとして来ている。筆者はこの技法と不均質、異方性媒質中での波の放射、伝搬、散乱などの問題に広く用いられて来ようとしている。地球物理学的問題にも利用しようと考えている。当面の問題としては、超長波電波の地球-電離層間の伝搬を取扱うことと考えている。これは導波管の問題としては、固有値問題であり、不均質、異方性の電離層に対して、どの位の精度で解が得られるか。この技法の有効性を検討する。

## 2. 原理及び方法

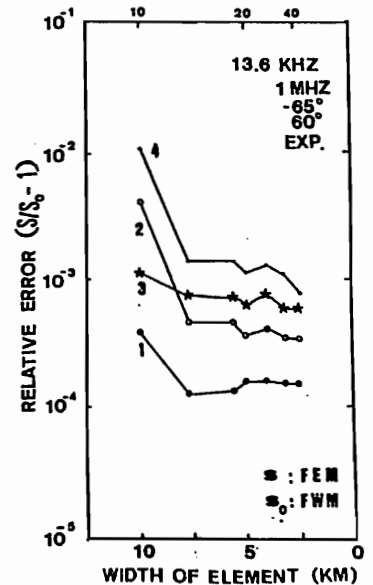
FEMは偏微分方程式の解法は、結局のところ変分問題の数値解法である。実際には汎関数の存在しないことも多く、近似解法にとられる。電離層は一般には損失があり、通常の保存原理は成立しない。しかるに重みつき残差法の一つであるガウ-キン法によって定式化可能。有限要素法で得られた固有値と電離層の結果は、従来のフルウェーブ法(FWM)で得られた結果と比較する。

## 3. 結果及びおとめ

導波管固有値問題に対するFEMは、(1)全ての固有値、及び電磁界が同時に得られる点で、FWMより可なりである。(2)等方性電離層の場合FWMの結果と非常によく一致する。(3)異方性電離層の場合には、固有値問題の固有値の困難な点もあり、あまりよく一致は得られない。図に  $f = 13.6 \text{ kHz}$  の場合の 1~4 次モードの固有値の FEM と FWM との比較の一列を示す。



(a)



(b)

Comparison of eigen values calculated by finite element method with that by full wave method. (a) isotropic ionosphere model (b) anisotropic ionosphere model



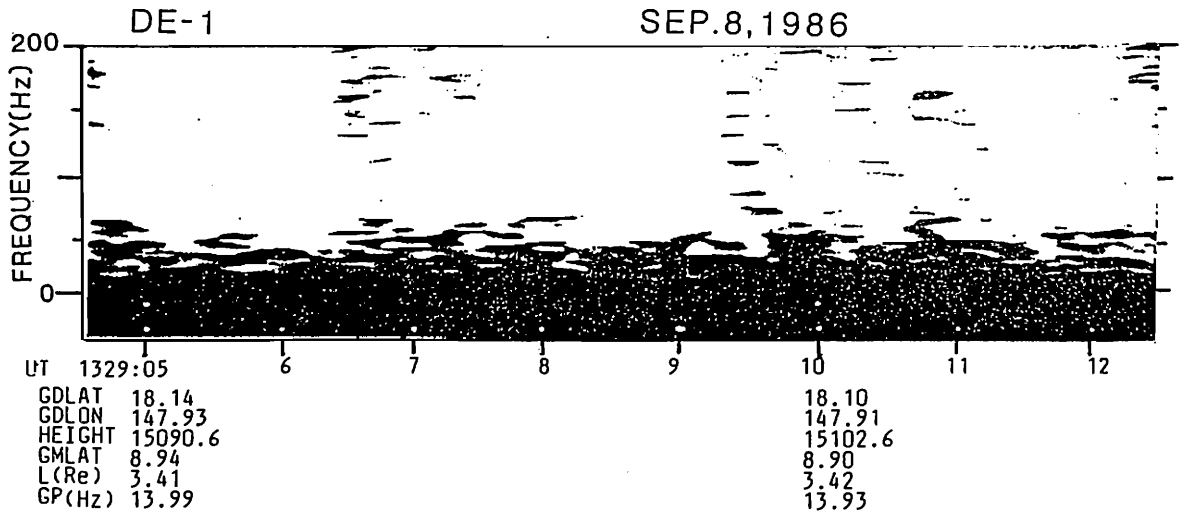
ANOMALOUS PROTON WHISTLERS WITH FREQUENCY HIGHER THAN LOCAL  
 PROTON GYROFREQUENCY MEASURED BY DE-1 AT HIGH-ALTITUDE IN  
 PLASMASPHERE

S.WATANABE, T.ONDOH and Y.NAKAMURA  
 Communications Research Laboratory, Koganei, Tokyo, 184

We show a preliminary report of DE-1, PWI analog data received at Kashima station. ELF waves propagating along geomagnetic field line from the lightning discharge suffer the effect of ions, such as  $H^+$ ,  $D$ ,  $He^+$  and  $O^+$  in the topside ionosphere, and show the characteristic frequency-time relation, so called cyclotron whistler, on the spectrogram.

Usually the upper limit frequency of proton whistler is the local proton gyrofrequency at the satellite,  $G_p$ . However, proton whistlers observed by DE-1 in a quiet period have frequencies higher than  $G_p$  at altitudes above 15000km and within geomagnetic latitude  $10^\circ$  about 13UT on Sept.8, 1986. Usual proton whistler with rising frequency and left-handed polarized wave ( so called L-wave or proton cyclotron wave ) cannot propagate at frequencies higher than  $G_p$ .

It seems that the anomalous proton whistlers measured by DE-1 must be electron whistlers of R-mode. These spectra pattern may be explained by whistler mode waves propagating upwards from low altitudes in ducted and nonducted mixed modes.



Anomalous proton whistlers observed by DE-1



# III-48 中緯度共役点観測で得られた V L F Whistler-mode 信号の伝搬時間等の特性

武尾幸次・西野正徳・田中義人  
名古屋大学空電研究所

SOME CHARACTERISTICS OF THE MIDDLE LATITUDE VLF WHISTLER-MODE SIGNALS MEASURED AT THE CONJUGATE POINT

K.TAKEO M.NISHINO and Y.TANAKA  
RESEARCH INSTITUTE OF ATMOSPHERICS, NAGOYA UNIVERSITY

Between July and September in 1984, the VLF whistler-mode signals from VLF transmitter (11.905, 12.649 and 14.881 kHz, 500 kW), Eastern U.S.S.R were measured at the conjugate point, Ceduna (L=1.93), South Australia. We analyzed the group delay times, the intensity fading, and the polarizations of the whistler-mode signals at 14.881 kHz.

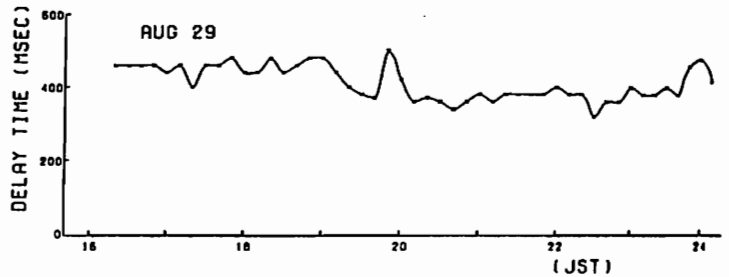
## 1 はじめに

ソ連 Komsomolsk mur 局の高出力 V L F 信号からの V L F 帯磁気圏伝搬 Whistler-mode 波を磁気共役点であるオーストラリアのセドナ (磁気緯度  $40.2^{\circ}$  S) にて観測した。観測は 1984 年の 7 月から 9 月にかけて、16 時 JST から 08 時 JST の間、10 分毎に 1 分間行われた。本講演では、14.881 kHz の Whistler-mode 信号の伝搬 group delay time, 強度の周期性、偏波の特性について報告する。

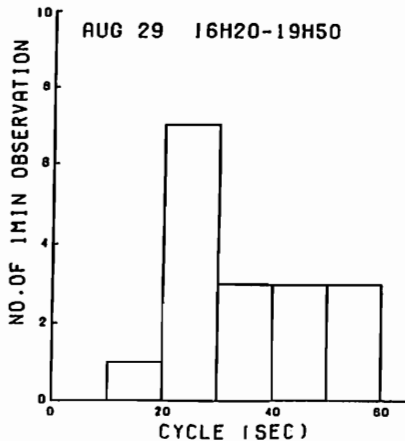
## 2 特性

図 1 は group delay time の一例である。group delay time は、おおよそ 300-600 msec であるが、地磁気嵐の強い日程小さくなりダクトの内側へのドリフトを推測させる。

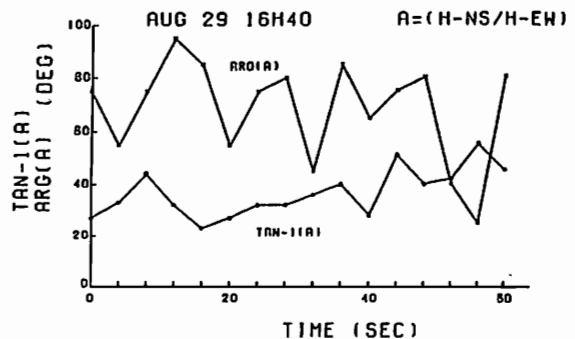
図 2 は 1 分間の観測で得られた強度周期変化 (1 分間で 16-17 パルス) をヒストグラムにしたものである。周期は 30 sec あたりに集中している。また、1 分間での偏波の変化を図 3 に示す。1 分間でのかなりの変動があることがわかる。



< 図 1 >



< 図 2 >



< 図 3 >

DOPPLER-SHIFT OF THE LF DECCA WHISTLER-MODE SIGNALS  
OBSERVED AT BIRDSVILLE(L=1.54), AUSTRALIA

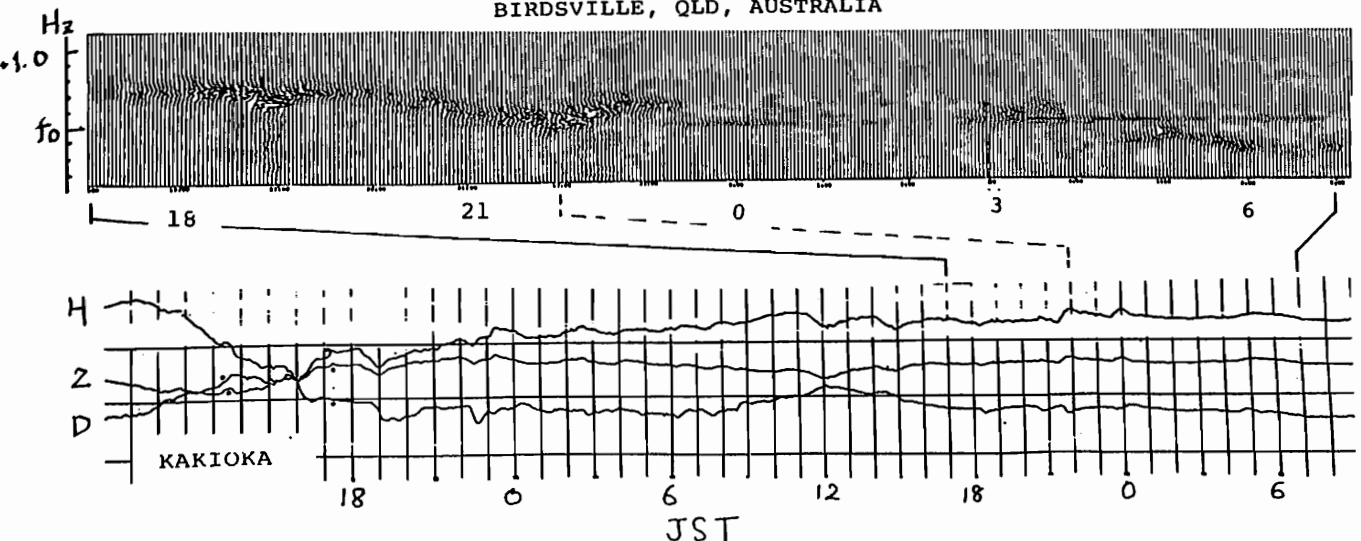
Masanori NISHINO, Yoshihito TANAKA and Kouji TAKEO  
RESEARCH INSTITUTE OF ATMOSPHERICS, NAGOYA UNIVERSITY

Observations of the whistler-mode waves of Decca signals transmitted at 85.725 kHz from Biei(L=1.54), Japan were carried out in 1984 and 1986 at Birdsville, QLD, Australia, the geomagnetic conjugate point. Early observation results revealed some features: The whistler-mode Decca signals appeared usually at sunset and sunrise, and appeared occasionally at night. The signals indicated positive Doppler shift( 0.5 Hz) at sunset and negative one( 0.5 Hz) at sunrise. The signal strengths were intensified by more than 20 dB during the night associated with geomagnetic disturbances.

Figure shows an example of Doppler shift of the whistler-mode signals obtained from the computer-aided spectral analysis of the wideband signals. Associated with strong magnetic storm( $\Sigma Kp > 40$ , Aug. 1), the signal strengths were intensified by more than 20 dB from sunset to the midnight. Doppler shift indicated positive by 0.5-0.6 Hz at maximum around sunset, thereafter gradually decreased and again increased after 22 h JST. This change to the positive shift after 22 h JST clearly responded to an impulse on the geomagnetic H component at Kakioka.

We will show a few interesting records of Doppler shifts associated with the geomagnetic storms, and present the mean Doppler shift of the whistler-mode signals obtained from two-month observations in 1984, depending on the geomagnetic activities.

AUGUST 2-3, 1984  
BIRDSVILLE, QLD, AUSTRALIA



# ポスターセッション

( P-1 ~ P-47 )

東シナ海における空中磁気異常

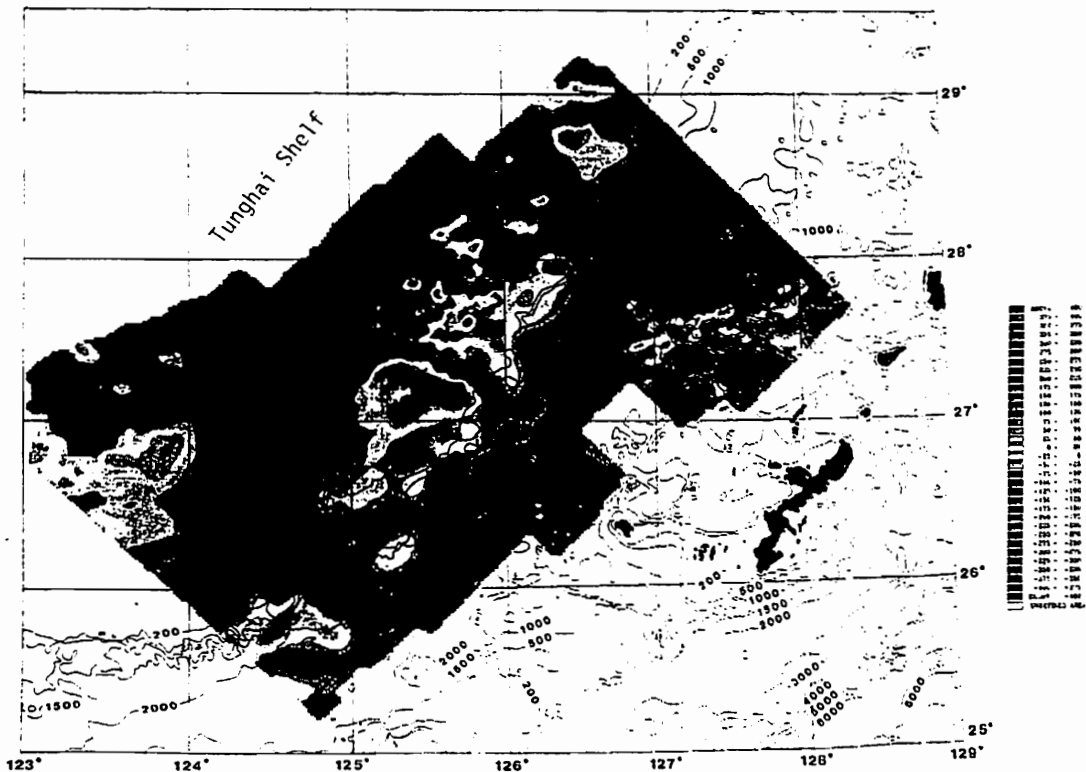
牧野雅彦・大熊茂雄・中塚 正 (地質調査所)

Aeromagnetic Anomalies in the East China Sea  
 Masahiko Makino, Shigeo Okuma, and Tadashi Nakatsuka  
 Geological Survey of Japan

Aeromagnetic surveys in the East China Sea have been carried out by the Geological Survey of Japan, since 1982. The flight lines in the NW-SE direction are spaced at 5 km. The flight level is kept at a barometric elevation of 1500 ft. In the compiled aeromagnetic map, high-amplitude positive anomalies are located along the edge of the Tunghai Shelf. These anomalies give very interesting information about the subsurface structure in the Tunghai Shelf and the Okinawa Trough.

地質調査所では、1982年以来、南西諸島西方の沖縄トラフ中軸部から東海陸棚にわたる海域において空中磁気探査を行っている。探査の目的は、石油・天然ガス資源を胚胎する堆積盆の分布・規模の調査及び当該海域の海底地下構造を明らかにすることにある。

探査は89年度まで継続の予定であるが、過去6ヶ年にわたって取得されたデータによって、沖縄トラフ中軸部から東海陸棚までの、広域的な空中磁気図の編集も可能となった。そこで82年以来の全データを編集しIGRF残差空中磁気図を作成した。さらに、海底地形のデータも併せた、コンピュータグラフィックスの利用による立体的表示によって磁気異常と地形の対応関係が明確になった。その結果、東海陸棚から沖縄トラフ海域にかけて、当該海域の海底地下構造を考える上で興味深い磁気異常の分布が認められた。



Aeromagnetic anomalies.

P-2 テクトノマグネティズムデータにおける  
海洋潮汐について

濱嶋 多加志、本蔵 義守 (東工大理)

ON OCEANIC TIDAL COMPONENTS  
IN TECTONOMAGNETIC DATA

Takashi Hamajima and Yoshimori Honkura  
Department of Applied Physics, Tokyo Institute of Technology

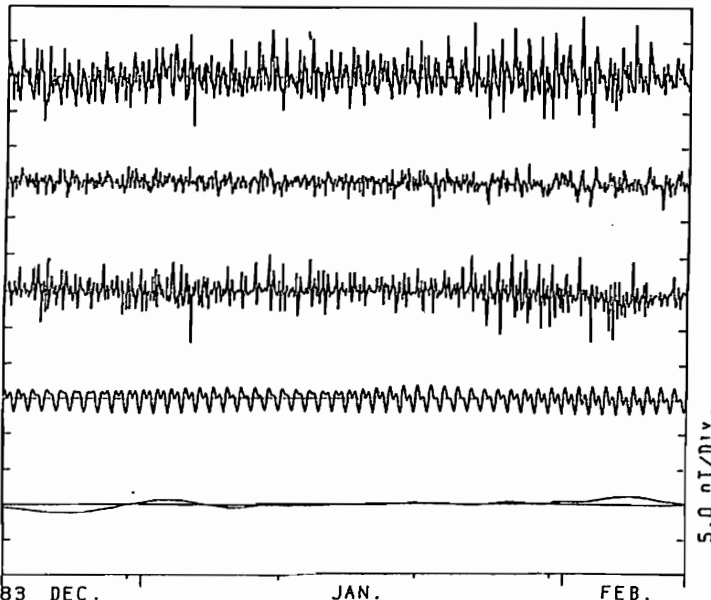
For the purpose of detecting tectonomagnetic changes due to crustal stress accumulation or release associated with an earthquake, separation of tectonomagnetic signals from other geomagnetic noises is required. Observed geomagnetic data at Heda located near the sea may be influenced by magnetic fields induced by tidal movement of conducting sea water. We used the program BAYTAP-G for the estimates of tidal components in observed geomagnetic data. It seems likely that the magnetic field at Heda includes the tidal components but for their precise estimates a long sequence of data is required.

地震活動に関連する地磁気変化を検出し地震予知に役立てるためには、観測される地磁気データから、地震地磁気効果以外のノイズとなる変動を除去することが必要となる。伊豆半島戸田で得られた全磁力データを用いて、どの程度のノイズ除去が可能かを検討している。戸田観測点は海岸に近いために、海流による誘導磁場の影響が考えられる。統数研・緯度観で開発されたプログラム BAYTAP-G を用いて、戸田-柿岡全磁力差の中に含まれる海洋潮汐と相関のある成分を推定した。

ただし、入力には潮汐の理論値の他に、柿岡での H, Z, D 3 成分も加えている。その結果、約 3 nT 程度の潮汐成分と相関のある変動が推定され(下図 (d))、分散は、もとの全磁力差(下図 (a))で  $4.63 (\text{nT})^2$  であったのが、推定残差(下図 (b))では  $0.70 (\text{nT})^2$  と約 1/7 に減少している。

しかし、この 50 日の区間で得られた係数を他の区間に適用した場合、係数決定区間から離れるにつれて、推定残差の振幅は大きくなり、係数が適切でなかったことを示唆する。正確な係数の決定には、より長いデータを用いる必要があると思われる。

HEDA 1983.12.22.0-1984.2.9.23 (UT)



- (a) Hourly means of the difference in the total intensity between Heda and Kakioka
- (b) Residual  
(b) = (a) - (c) - (d) - (e)
- (c) Estimated changes due to H, Z, D components at Kakioka
- (d) Estimated changes due to tidal components
- (e) Trend

1983 DEC.

JAN.

FEB.

# P-3 CSAMT法による伊豆大島C火口列を横切る比抵抗構造調査

小川順雄\*・高倉伸一\*・高田亮\*・桑原保人\*・J. L. オービニャ\*\*  
 \*地質調査所, \*\*東大海洋研

## CSAMT Investigation of Resistivity Structure Across the C Craters of Izu-Oshima Island

Y.Ogawa\*, S.Takakura\*, R.Takada\*, Y.Kuwahara\*, and J.Oubiña\*\*  
 \*Geological Survey of Japan  
 \*\*Ocean Research Institute, University of Tokyo

**Abstract:** We carried out CSAMT (Controlled Source Audiofrequency Magnetotelluric) measurements over the 1986 craters of Izu-Oshima island one year after the eruptions. From 2D modelings, we found conductive layer (6-30Ωm) below the sea level along the profiles crossing the craters. This may be due to thermal water. We also found shallow (<200m) localized conductors, but did not get any positive evidence for anomalous dyke structures below the craters.

【はじめに】CSAMT法は、人工信号源を用いる電磁探査法のひとつで、自然信号を用いるMT/AMT法よりも精度の高い測定が可能である。また、従来の電気探査に比べ、はるかに効率よく測定ができる。表層を比抵抗の高い火山岩が覆っている火山地域では、特に有効な探査手段となる。我々は、伊豆大島において1987年11月にCSAMT法を実施し、1986年11月に割れ目噴火を起こしたC火口列下の詳細な比抵抗構造を推定した。Fig.1にCSAMT法の送信機と測点位置を示す。火口列を横切るプロファイルについて、2次元モデル計算を行った結果を紹介する。

【解析】データの解析を、2次元インバージョン(TMモード)で行っている。周波数4-2048Hzの見掛け比抵抗および位相を応答関数として使用している。プログラムは小川ほか(1988、地調報告)と同じである。Fig.2にプロファイル2の2次元比抵抗モデルを示す。Fig.3は、モデル計算(実線)と観測値(黒丸)とを比べたものである。非常に良好なフィットが得られている。C火口列上の測点14では、低周波まで、見掛け比抵抗が周囲の測点より低くなっているが、その原因は浅部の低比抵抗異常によって説明される。

【結論】C火口列をよぎる2次元比抵抗構造として以下の知見を得た。(1)海水準以浅はおおむね数100ohm-m以上の比抵抗の高い溶岩からなる。(2)但しダイクの貫入による破碎に天水が供給された結果、C火口列の近傍の浅部には、局所的に周囲より低比抵抗を示している。(3)海水準以深に低比抵抗層(6-30ohm-m)がある。これは、温泉井の地下水位データを参考にすると、熱水の存在を意味するものと考えられ、マグマとは考えにくい。(4)浅部の低比抵抗異常と海水準以深の低比抵抗層とをつなぐようなダイク構造を積極的に支持する証拠は得られなかった。

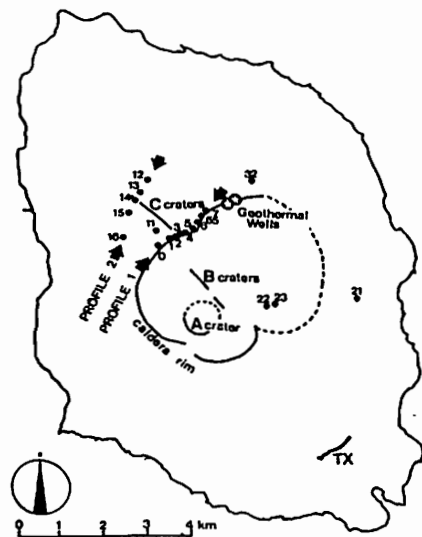


Fig.1 Location map of transmitter(Tx) and observation sites(solid circles).

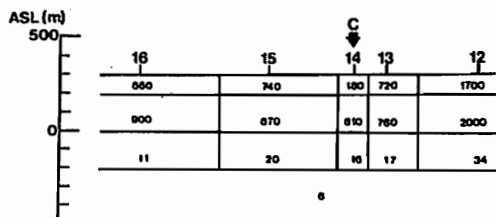


Fig.2 2D inverted resistivity structure for the profile 2. Numerals denote resistivity in ohm-m.

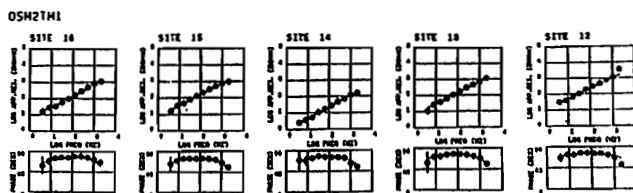


Fig.3 Comparison between observed(solid circle) and calculated(line) apparent resistivity and phase.



地電流に異方性を生じる比抵抗構造  
— 東海地方 —

大久保 晃\*, 野木 義史\*\*, 塩崎 一郎\*\*, 一北 岳夫\*

\* 神戸大理 \*\* 神戸大自然科学

Resistivity Structure in Relation to the Telluric Current Anisotropy in the Tokai District

Akira OHKUBO\*, Yoshifumi NOGI\*\*, Ichiro SHIOZAKI\*\*, Takeo ICHIKITA\*

\* Fac. of Sci., \*\* Div. of Environmental Sci., The Grad. School of Sci. and Technol., Kobe Univ.

Anisotropy of telluric current is caused by lateral heterogeneity of electrical resistivity structure. We found the characteristic distribution of the principal directions of anisotropic telluric current in the Tokai District. It can be classified into three regions and is not so much relative to small scale geography such as a valley. So we consider two possibilities of larger scale heterogeneity ;(1) western boundary of high conductor may be in the vicinity of Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line ,(2) southern boundary of high conductor trends WHW-ESE in this district. Other geophysical results, the seismic zone of Philippine Sea Plate and bouguer anomaly in this district, are correlative to the principal directions of telluric current, and support (2) of above two possibilities.

1985年の東海地方電磁気共同観測において、電場（地電流）に強い異方性のあることが指摘されている。そこで、1982年と1985年の電磁気共同観測における電場のデータと3点のULF帯のデータを用いて、東海地方の電場の卓越方向の分布を求め、異方性を生じる原因を考察した。

共同観測のデータも含め、すべてのデータは周波数解析を行い、電場と磁場のPolarizationをもとめた。その結果長周期帯とULF帯の2つの周期帯にわたって、電場の卓越方向の分布はほぼ一致していたので、電場に異方性を生じる原因が、2つの周期帯で同程度の効果をおよぼしていると考えた。地域を東海地方に限り、Fig. 1に2つの周期帯の電場の卓越方向をまとめた。電場の卓越方向が安定な地点だけについて、長周期帯は60分、ULF帯は最もデータの質の良い周期を選び、強い異方性のある地点には、★印をつけた。

Fig. 1に点線で囲んだように、この地域は電場の卓越方向によって、大きく次の3つの地域に分けられる。〈地域1〉東西方向に卓越。〈地域2〉南北方向に卓越。〈地域3〉東西方向に卓越。

〈地域3〉において、東西の方向性があることは、海の影響では説明できない。また、谷筋の走行とはあまり関係なく、地域によってほぼ同じ方向を示す。これらから、〈地域3〉での異方性を生じる原因は、表層地形より大きいスケールの陸域での比抵抗構造の不均一にあると考えた。

そして、インダクション・ベクトルや見かけ比抵抗値、異方性の強さから、〈地域3〉で東西の方向を生じる不均一の境界として、次の2つの可能性を考えた。1. 糸魚川・静岡構造線（ISTL）を境として、東側が西側より低比抵抗。2. 〈地域2〉と〈地域3〉の間に、西北西—東南東走向の境界があり、北側が南側より低比抵抗。

また、フィリピン海プレートのスラブの震源面やプーグ異常（Fig. 2）と、電場の卓越方向に相関が見られた。このことは、2. の可能性を支持し、異方性が、下部地殻やスラブ上面が低比抵抗なことと関係しているのかも知れない。

Fig. 1の空白域での観測も予定しており、この結果も発表するつもりである。

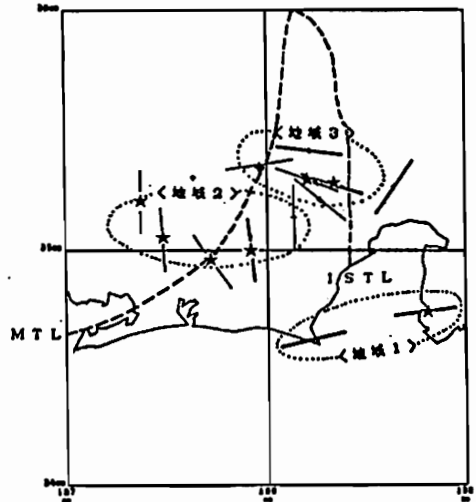


Fig. 1 The principal directions of telluric current for a pulsation (thin lines) and a substorm (solid lines).



Fig. 2 The principal directions of telluric current on the bouguer anomaly map.

# 沼津の長基線地電位の 人工的雑音について

高山寛美

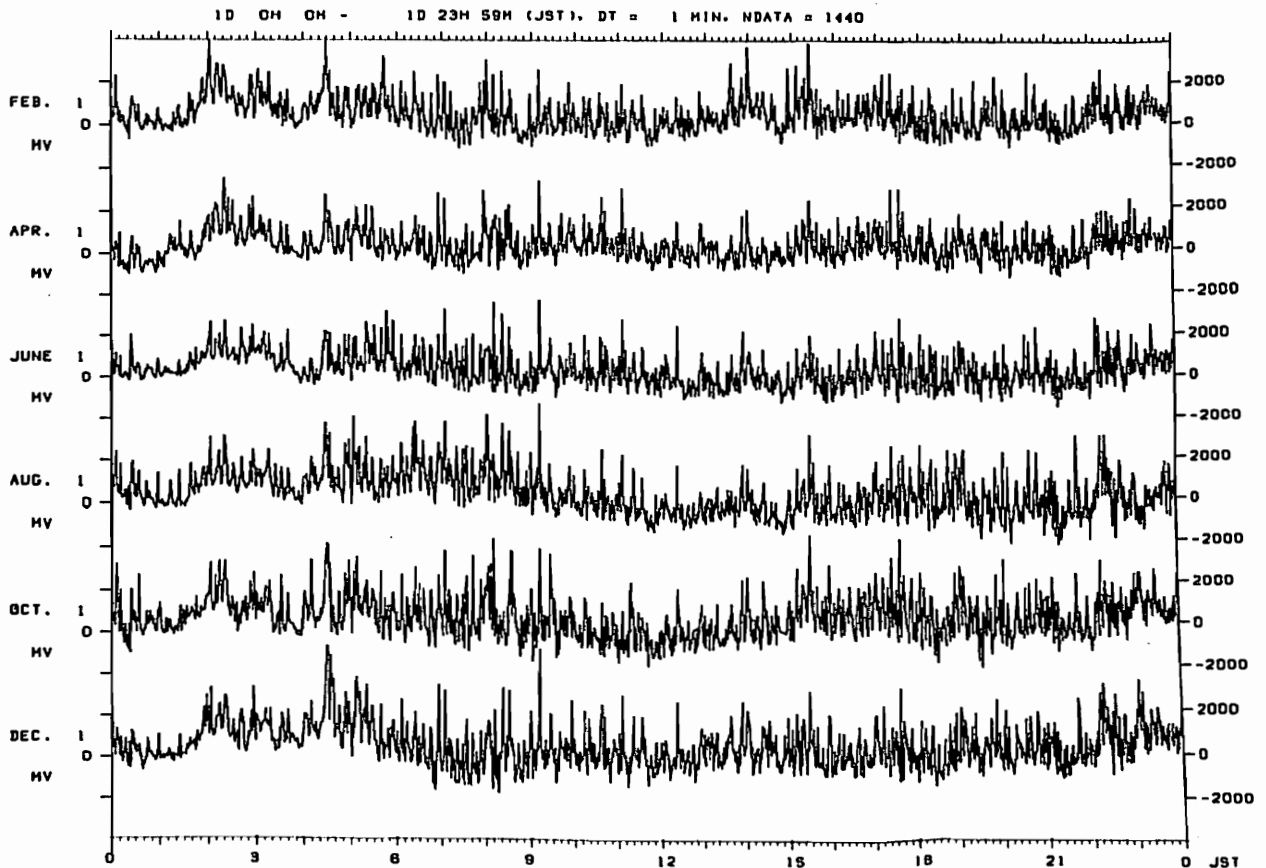
(気象研究所)

## ON THE ARTIFICIAL ELECTRIC NOISES IN GEOELECTRIC VARIATIONS AT NUMAZU

H. Takayama  
Meteorological Research Institute

Observations of geoelectric field with a long electrode span at Numazu have been carried out since August, 1985. Observed variations are considerably contaminated by artificial electric noises, because DC electric power is used in and around Numazu for the railway. In order to investigate the relation between geoelectric variations and crustal activities, the characteristics of artificial electric noises should be clarified. It seems that daily variations of artificial electric noises in different days are similar and their amplitudes are different each other.

1985年8月からNTT沼津ネットワークセンターで、沼津を基準として修善寺、伊東、熱海、小田原との間の長基線地電位を観測している。ここで測定された地電位は長期的に安定しているが、直流電化されているJR東海道本線・伊東線・御殿場線、小田急電鉄、伊豆急行、伊豆箱根鉄道、箱根登山鉄道や工場などの電気施設からと思われる人工的雑音が非常に大きい。この観測の目的である地殻活動との関連を考えるためにはその性質について調査する必要がある。人工的雑音の発生源は主に一日を周期としていると考えられる。下の図は2か月ごとの任意の一日の変化をプロットしたものである。パルス状の人工的雑音が大きな部分を占めている。しかし一日のうちにおける状態のパターンは良く似ており、その振幅は日によって異なっているように見える。



## On the origin of PSD moment in magnetite

Naoji Sugiura

Geophysical Institute, Faculty of Science, University of Tokyo

Remanent magnetization and induced moment (in 0.086 mT) in magnetite were measured at high temperatures using a superconducting second-gradient spinner magnetometer. All magnetite samples with grains larger than 5 microns (three natural and two synthetic; sealed in evacuated quartz tube) showed an "anomalous peak" in the continuous thermal demagnetization curves of thermoremanent magnetization (TRM). The peaks occur just below the Curie point and have a half width of  $< 3^\circ\text{C}$ . The peaks are an indication that magnetite crystals are inhomogeneous and that single-domain-like regions are present in the crystal. The peaks are very pronounced in larger grains ( $> 100 \mu\text{m}$ ) but are hardly detectable in smaller grains ( $< 10 \mu\text{m}$ ). The intensity of the peak, however, is nearly independent of the grain size. Therefore, the grain size dependence of the peak can be explained as due to a screening effect. About 40% of the TRM is carried by such single-domain-like regions in 5-10  $\mu\text{m}$  magnetite. In larger grains, due to screening (and negative interaction with the surrounding regions) the single-domain-like regions do not contribute at all to the TRM. It seems that the so-called PSD moment is in part (40%) carried by single-domain like regions, and the rest is carried by bulk domains.

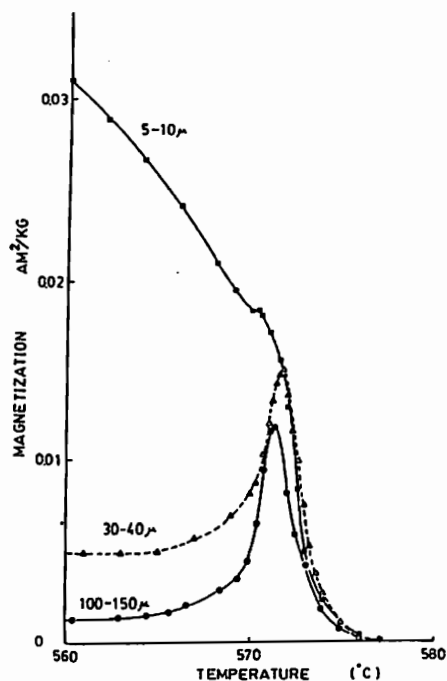


Figure 1 Details of the peaks observed on the continuous thermal demagnetization curves of TRM in the PD magnetite.

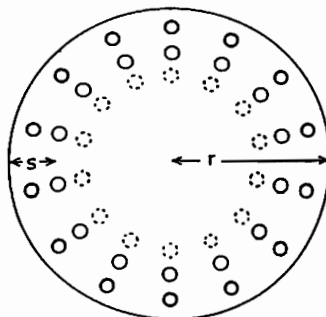


Figure 2 A model of a magnetite grain with single-domain-like regions (circles). Because of the screening effect the single-domain-like regions which are located deeper than the characteristic length  $s$  cannot be magnetically observed from outside.

# 単磁区粒子群による非履歴性残留磁化の獲得過程

福岡浩司  
(京大理)

## ANHYSTERETIC REMANENT MAGNETIZATION (ARM) ACQUISITION PROCESS IN SINGLE DOMAIN GRAINS

K. Fukuma  
Kyoto University

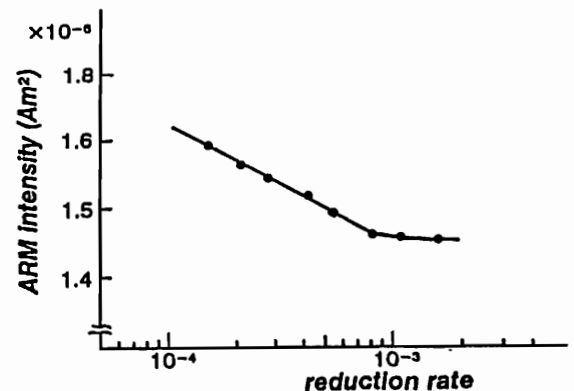
The acquisition process of an anhysteretic remanent magnetization (ARM) is investigated using the thermal fluctuation model for the assemblage of single domain grains. Numerical calculation gives a new insight to the behavior of magnetization in a reducing alternating magnetic field superposed by a weak steady field. It is shown that the resultant ARM intensity is variable with some parameters. A simple experiment shows the predicted relationship between the ARM intensity and the reduction rate of the alternating field. Although ARM is widely accepted as a good analog of TRM, the different angular dependence may offer more strict insight to understand ARM. This is interpreted that the thermal agitation has the random effect, whereas the alternating field has the axial one.

非履歴性残留磁化 (ARM) は、その獲得中に、磁性鉱物の化学的变化を伴わず、方法も簡単であるために、古地磁気・岩石磁気学の分野で広く使われている。今回、一軸性の異方性をもった単磁区粒子の集合体に対して熱ゆらぎモデルを基礎として、数値計算により、ARMの獲得過程を調べた。またこの結果を評価するために簡単な実験も行った。

数値計算により、減衰していく交流磁場中の磁化の振舞いを見た。交流磁場の極めて速い減衰は、直流磁場を反映しないバイアスのかかった磁化を残す。よって望ましいARMを得るには、比較的ゆっくりとした交流磁場の減衰が必要である。この条件が満たされた場合、ARMの獲得は、交流磁場の半周期中にほとんど全ての粒子の磁化が回転を受ける状態が、磁化の変化が無視できる状態へと、交流磁場の強さのかなり狭いが限ることのできない範囲で起こることによる。この範囲は、よく使われる「fixed switching」モデルから期待される臨界値よりも十分に低い。結果として得られるARMの強度は、いくつかの条件によって左右される。例えば、交流磁場の減衰率が小さくなると、ARMは強くなる。より安定な粒子ほど、大きなARMを獲得する。粒子の軸に対する交流磁場の角度は、ARMの強さに有意な効果をもたらすなどである。

また、実験は計算から期待されるARMと交流磁場の減衰の速さの関係を示した。

他の残留磁化、特に熱残留磁化とARMの間の類似性は、広く受け入れられ、多くの応用の基礎をなしている。今回の結果は、この類似性を一部で更に支持するが、その角度に対する依存性は互いに大きく異なる。これは、熱擾乱はランダムな効果を持つのに対して交流磁場は軸性の効果を持つためと解釈される。



Plot of ARM intensity against the reduction rate of alternating field. The reduction rate is represented as the normalized decrement by the coercivity in each half cycle. Solid circles indicate the measured values.

酒井英男<sup>1</sup>・船木寛<sup>2</sup><sup>1</sup>富山大理 <sup>2</sup>極地研

## REMAGNETIZATION OF BEACON SUPERGROUP AT JURASSIC AGE

H. Sakai<sup>1</sup> and M. Funaki<sup>2</sup><sup>1</sup>Faculty of Sciences, Toyama Univ. <sup>2</sup>National Institute of Polar research

Königberger-Thellier method was applied to the Beacon Supergroup around McMurdo Sound. Sandstones which are about 40 to 140 m apart from Ferrar Dolerite sill show the linear relation in NRM-TRM plots. The magnetic field intensities estimated by K-T method are concordant with the value obtained from the dolerite. These results indicate that the Beacon Supergroup around McMurdo Sound (Trans Antarctic Mountains) is remagnetized by the intrusion of Ferrar Dolerite.

南極マクマート・サント地域には、ジュラ紀からジュラ紀にかけての、砂岩層を主体とするビーコン累層群が広く分布している。ビーコン累層群について従来、得られている古磁極(VGP)はジュラ紀のVGPに近く、フェルトレイトの貫入により焼かれ再磁化した可能性が指摘されている(Turnbull:1959, Bull:1962, Funaki:1983)。

ビーコン累層群の磁化が堆積時のものであるか二次的であるかは、南極のジュラ紀からジュラ紀までのVGPの軌跡(古地理)を考える上で、重要である。そこで今回、古地磁気強度推定法(Königberger-Thellier法: K-T法)を手法として、ビーコン累層群の再磁化の検討を行った。

実験に用いた試料については、富山大学教育学部、相馬教授・丸山博士に御指導頂き、鏡下での観察も行った。

## 結果

Mt. Circeから採取された砂岩(トレイトシルから露頭での距離は40-100m)では、マグネタイトのキューリ点付近までNRM・人工TRM間に比例関係が得られ、熱消磁に伴う方向変化も殆ど見られなかった。またK-T法により見積られた磁場強度は熱残留磁化を持つフェルトレイト(Allan Hills, Wright Valley etc.)から得られた古地磁気強度と変わらなかった。これらの砂岩(orthoquartzite)には微量のbiotiteが認められ、dust-ringも広く存在しており、接触熱変成を被ったことは、鏡下からも支持された。

Mt. Knobheadの3地点から採集された砂岩についても、同様の実験を行った。Funaki(1983)によれば、これら3地点(A,B,C)の試料は、トレイトシルとの接触面に近いものほどNRM強度が強い。最も近い140m離れた地点Aの試料は、Mt. Circeと同程度の磁化強度であり、K-T法で得られた古地磁気強度値もほぼ等しかった。それより離れたB,C地点の試料の磁化強度はAの10分の1以下でありNRM:TRMには、明確な比例関係が得られなかった。しかし、200°CまでのTRM/NRMの比が、それ程大きく無いことから、加熱によるTRMも部分的にあるとも考えられる。この岩石にはbiotite結晶やdust-ringは認められなかった。

## まとめ

Trans-Antarctic mountainsのMt. CirceおよびMt. Knobheadに分布する砂岩(ビーコン累層群)は、かなりの範囲においてトレイトの貫入によるTRMを獲得していると考えられ、これらの古地磁気方位がジュラ紀のVGPに対応するというFunaki(1983)等の研究を支持する結果が得られた。

ジュラ紀の古地磁気強度としてはBriden(1983)によるフェルトレイト及びタスマントレイトからのデータがある(それぞれ11.9, 18.6nT)。今回、ビーコン層群・フェルトレイトから得られた値は35-65nTでありBridenの結果に比べかなり強い値となった。

Tanaka, Hidefumi, Dept. Applied Phys., Tokyo Inst. Tech.  
 Tsunakawa, Hideo, Inst. Res. & Dev., Tokai University  
 Kimura, Gaku, Dept. Earth Sci., Kagawa University  
 Yamagishi, Hiromitsu, Geol. Surv. Hokkaido

Paleomagnetic study was made for Miocene-Pliocene volcanic and sedimentary rocks from Shakotan Peninsula, West Hokkaido, Japan (Fig.1). Out of 20 sites, 18 were successful to reveal stable remanences but 3 were rejected because of their anomalous directions. Although most sites show in situ directions coinciding with the direction of the present earth's field (PEF), we avoided to apply the usual rejection criterion; the NRM direction which coincides with the PEF direction in an in situ frame should be automatically rejected. Our opinion is that as long as the primary origin of NRM is ascertained by both AF and Thermal demagnetization, there is no need to, rather better not to, reject such NRM directions. To support this idea we compared a decay curve of NRM in AF demagnetization with those of IRM and ARM (Fig.2). The total mean paleomagnetic direction ( $I=55.6^\circ$ ,  $D=14.7^\circ$ ,  $\alpha_{95}=9.5^\circ$ ) is a little eastward and gives a paleomagnetic pole ( $77.9^\circ N$ ,  $249.5^\circ E$ ,  $A_{95}=12.1^\circ$ ) which might suggest a clockwise block rotation. However, we conclude that this pole for middle Miocene to Pliocene is not significantly apart from the present geographical pole on 95 %

confidence level. On the same confidence level, the pole position agrees with some of the contemporary poles from Northeast Japan implying the same block of West Hokkaido and Northeast Japan. Still northerly direction revealed by the lowest formation which is older than 18 Ma might indicate that Northeast Japan rotated earlier than Southwest Japan.

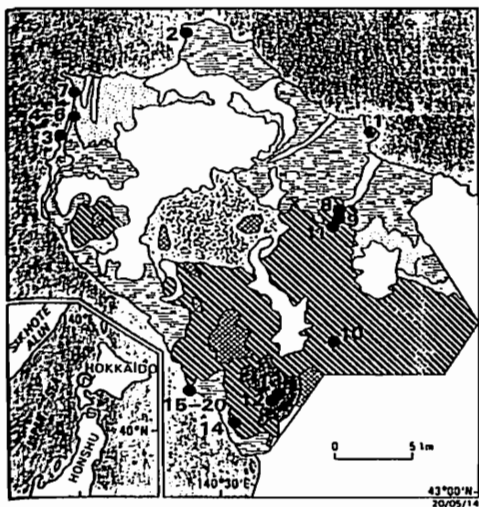
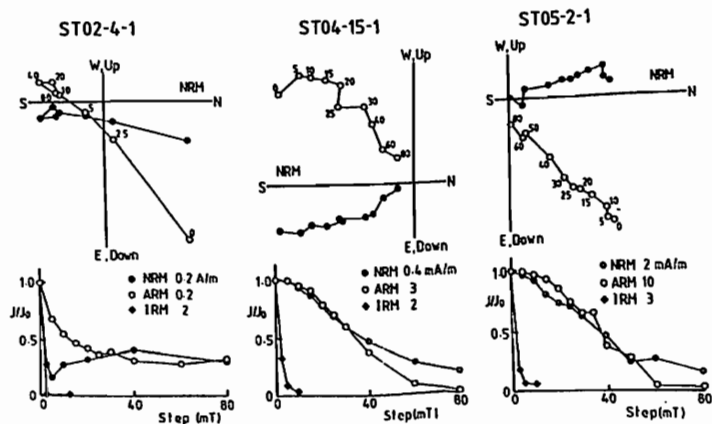


Fig.1 (left) Geological map with sampling locations and stratigraphy of Shakotan Peninsula. Fig.2 Comparisons of the AF demagnetization decay curves of NRM, ARM, and IRM among three kinds of specimens having (a) reversed NRM + large VRM, (b) reversed NRM, and (c) suspicious NRM giving in situ direction close to PEF.

AGE	FORMATION	SITES
QUATERNARY	Sediments, lavas	
PLIOCENE	Yobetsu Formation	→ ST07
LATE MIOCENE	Toyohama Formation	→ ST02 ( $9.2 \pm 0.6$ Ma) → ST15-20 → ST01
MIDDLE MIOCENE	Furuugawa Formation	→ ST03 ( $11.7 \pm 1.3$ Ma) → ST04-06
EARLY MIOCENE	Furubira Formation	→ ST14 → ST08, 09, 11 ( $15.1 \pm 1.5$ Ma) → ST10
	Kayenuma Formation	→ ST12, 13 ( $35.3 \pm 2.6$ Ma)
PRE-TERTIARY	Basement, intrusive rocks	



ROTATION OF THE PHILIPPINE SEA PLATE INFERRED FROM  
PALEOMAGNETISM OF THE PALAU AND THE YAP ISLANDS

Yasuhisa ADACHI, Hiroo INOKUCHI, Yo-ichiro OTOFUJI,  
Nobuhiro ISEZAKI and Katsumi YASKAWA

Department of Earth Sciences, Faculty of Science, Kobe University, Japan

The Philippine Sea is a marginal basin bounded on the east side by the Izu-Ogasawara-Mariana island arc-trench system. The Kyushu-Palau Ridge ranges nearly north and south on the center of the Philippine Sea Basin from the southeast of Kyushu to the Palau Islands (Figure 1). Paleomagnetic study for the Palau Islands on the southern end of the Kyushu-Palau Ridge and the Yap Islands on the western of the Caroline Ridge across the Yap Trench, was carried out to discuss the tectonic history of the Philippine Sea Plate. More than 180 samples were collected from 31 sites; 16 sites in the Palau Islands and 15 sites in the Yap Islands.

Natural remanent magnetization (NRM) of most specimens was stable and each primary component was obtained through thermal demagnetization treatment rather than alternating magnetic field demagnetization method. Paleomagnetic results from the Palau Islands reveal that the stable remanent magnetization of Eocene and Oligocene samples has an easterly declination of 60°-70° (Figure 2). On the other hand, the stable remanent magnetization of the samples from the Yap Islands also seems to have an easterly declination.

Paleomagnetic results from the Palau Islands indicate that this Islands had undergone clockwise rotation of about 60° since the Oligocene. The large easterly declination is not only found in paleomagnetic results from the Palau Islands but also in those from the Ogasawara (Kodama, 1981), Saipan (Fuller, 1980) and Guam (Kobayashi, 1972; Larson, 1975) islands. Therefore, the rotation of the Palau Islands is not due to tectonics of the only Palau but the tectonics of the West Philippine Sea: the easterly declination observed between the Palau and the Ogasawara Islands suggests that the whole Philippine Sea Plate was rotated. Clockwise rotation of the Philippine Sea Plate is supported by the evidence of the magnetic anomalies of the West Philippine Sea (Shih, 1980).

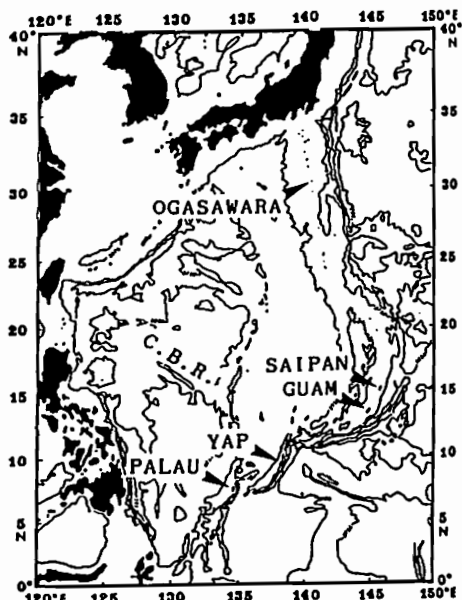


Fig.1 Outline map of the West Philippine Sea, showing major geomorphological features and location of the Ogasawara, Saipan, Guam, Yap and Palau islands. C.B.R. is the Central Basin Ridge.

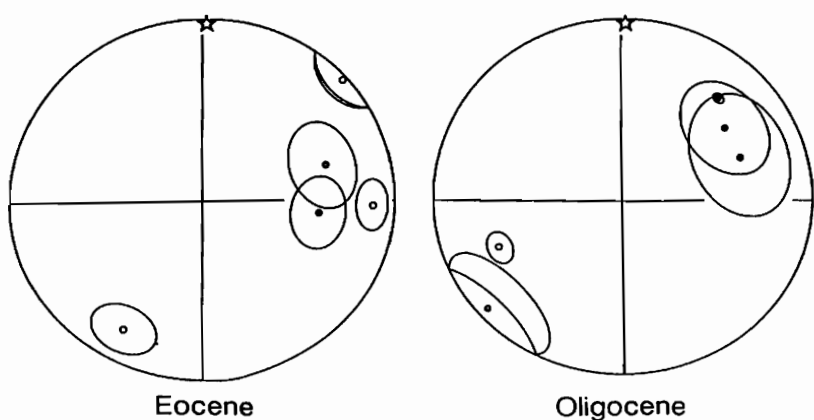


Fig.2 The directions of the remanent magnetization and 95% confidence circles of each site are shown for Eocene and Oligocene samples of the Palau Islands. Solid and open circles are on the lower and upper hemisphere of equal-area projection. Stars represent the direction of present geomagnetic field.

網川 秀夫  
東海大開発技研

POST-CRETACEOUS ROTATION OF CENTRAL ANDES AND ITS RELATION TO ANDEAN OROGENY

Hideo Tsunakawa  
Institute of Research and Development, Tokai University

Post-Cretaceous rotation of Central Andes is inferred from the recent paleomagnetic studies to have resulted in about 20° CCW of Peruvian block and about 19° CW of Chilean one. This deformation of continental lithosphere of South American plate would induce crustal shortening and anomalously large thickness of Andean crust. The author proposes its process from the viewpoint of plate motions and further discusses its implication to present-day tectonics.

最近の古地磁気学の進展によって、アンデス全域の白亜紀以降の変形をある程度系統的に議論できるようになった。しかしながら、古地磁気学から示唆される回転運動とアンデス造山運動とをシステムティックに説明したモデルは未だない。中部アンデス地域のジュラ紀末から白亜紀の古地磁気データを同時代の南アメリカ大陸安定地域のもものと比較すると、南緯5S-20S（ペルーブロック）は約20度の反時計回転運動、南緯23S-35S（チリブロック）は約19度の時計方向回転運動がおきたことを示す。白亜紀の火成岩の帯状分布が両ブロックで連続していることなどの地質学的事実から、この回転運動は中部アンデスで空間的連続性を持って行なわれたと考えられる。この場合地殻短縮・伸張の両極端の変形が考えられるが、地殻短縮を考えることが中部アンデスの現在の垂直・水平構造の特徴をうまく説明できる。つまり両ブロックの回転運動によって、その境界付近が最も短縮することになり、マスバランス的にはその付近の地殻が通常の大陸の2倍程度の厚さになってもおかしくはない。このような大規模な変形は、第三紀の古地磁気データを考慮すると漸新世後期ないし前期中新世までに完了している可能性が強い。

白亜紀には南アメリカプレートの西側にフェニックスないしファラオンプレートが位置していたと推定される。いずれの場合にも南アメリカプレート西縁における沈み込み速度は小さかったと推定され、また海嶺の沈み込みがあった可能性が高い。しかるに、第三紀前半の始新世から漸新世になると15cm/y程度の大きな沈み込み速度になる。この過程で、沈み込んだ海嶺によってあたためられダクタイルになった大陸リソスフィアが回転運動・短縮をおこし、それにもなって褶曲・断層運動もおきたと考えられる。特に変形した部分と安定であった部分との間には逆断層が発達したと思われる。前期中新世になるとファラオン・太平洋プレート間の海嶺はジャンプし、またココス海嶺が生まれて現在のナスカプレートに進化する。この頃は沈み込み速度が小さく、アンデス造山帯は隆起し始めアルチブラーノの星を模してきたただろ。鮮新世以後はナスカプレートが数cm/yで沈み込み、再び圧縮力が増大しアルチブラーノ・サブアンデス間の逆断層が活発化した。陸側プレートが第三紀前半のようにダクタイルではないので大規模な地殻短縮までにはいたらない。ただし重力異常から推定される地殻構造などからこの逆断層はリソスフィア深部にまで達すると思われる。また、地殻内の浅い地震もこの断層帯に沿って発生しており、いわばマイクロプレートのようにアンデス地域はふるまっている可能性がある。

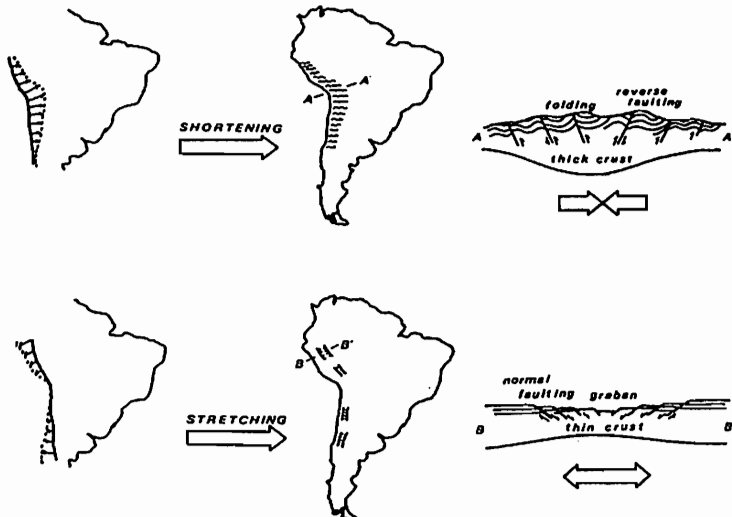


Fig.1 Possible deformation of Central Andes.

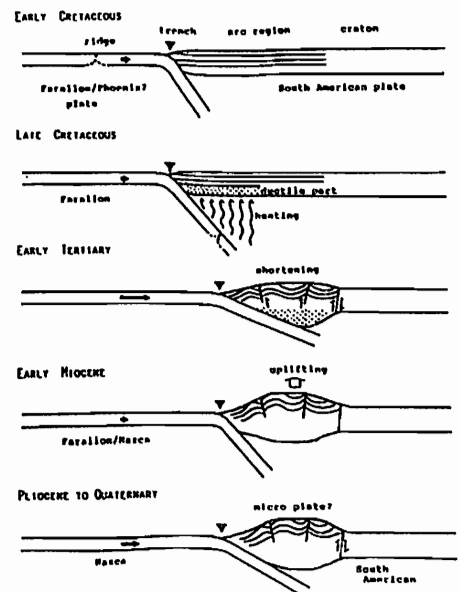


Fig.2 Proposed model of evolution in Central Andes.



大野正夫, 浜野洋三  
(東大地震研)

PALAEOMAGNETIC STUDY ON VOLCANIC ROCKS IN  
IZU-OSHIMA ISLAND (II)

Masao Ohno, Yozo Hamano  
(Tokyo Univ.)

From historical lava flows in Izu-Oshima island, we measured the intensities of ancient geomagnetic field during these 1500 years, using Thellier's method. Results are shown in Fig.2 with our previous measurements of direction, but number of measurements is still few and we have not come to the conclusion.

On the other hand, model calculation based on the analysis of geomagnetic secular variation by Yukutake(1987) shows good agreement with our direction measurement after 1300 A.D.(Fig.2 solid line).

伊豆大島には年代のよくわかった歴史溶岩が多数存在する。前回、過去1500年間の歴史溶岩から採取した試料で過去地球磁場方向の測定を行った結果を報告したが、同じ試料から過去地球磁場強度の測定を行った。まだ測定数は少なく結論に達していないが、方向の結果も併せ、地球磁場変動のモデルとの比較も試みた。

磁場強度の測定実験はテリエ(Thellier)の方法で行った。測定結果のNRM-TRM図の例をFig.1.に示す。前回報告したように試料の磁化は安定で大きな二次磁化の影響を受けているものではなく、テリエ法の実験においても低温で直線から外れるものは少なかった。また実験は空気中で行われたため、加熱による試料の磁気的性質の変質の目安とするために、帯磁率の測定を併せて行った。測定結果を直線性の善し悪し及び直線に乗る範囲の全体に対する割合から判断し、各サイト2~4個の信頼できる結果を得た。

結果を方向の結果と併せFig.2.に示す。Fig.2.において実線はYukutake(1987)のモデルに基づく計算結果である。このモデルは1550年以降の観測の結果から、地球磁場の非双極子項の永年変化を停滞成分、西方移動成分、東方移動成分に分けて解析したものである。但し双極子項に関しては全世界のデータを平均して得られたものを使用した。1300年以降の方向の測定結果とこのモデルとは調和的である。

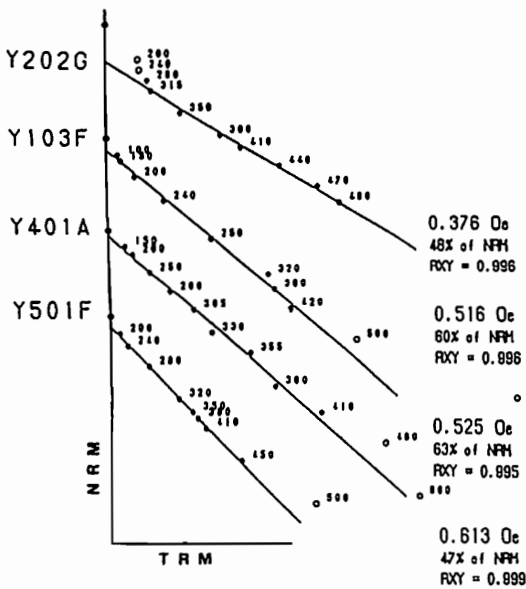


Fig.1. Typical results of measurement.

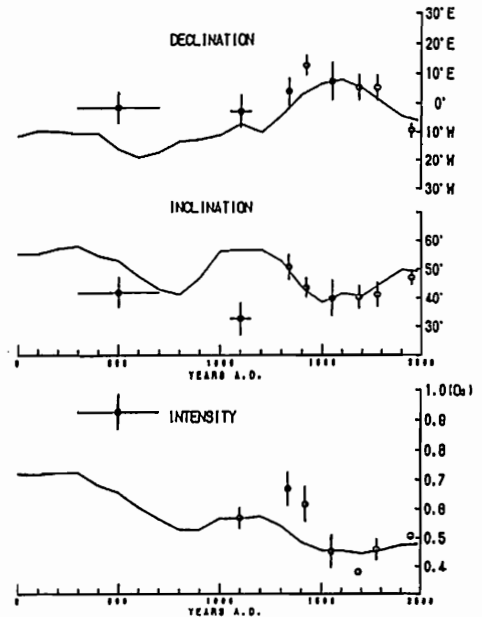


Fig.2. Result of this study (circle). Solid lines show model calculation.

高見友幸 津田敏隆 増田悦久 犬木久夫 加藤進 深尾昌一郎 佐藤亨  
(京大超高層) (電波研) (京大超高層)

MU RADAR/RASS OBSERVATIONS OF THE TROPOSPHERIC TEMPERATURE

T.Takami, T.Tsuda, Y.Masuda\*, H.Inuki\*, S.Kato, S.Fukao, T.Sato  
RASC Kyoto University, \* RRL

By using the MU radar/RASS, we simultaneously observed temperature and wind velocities in the middle troposphere every several minutes. The inversion layer of the temperature was found around the 5 km altitude from 1800 to 2030 on December 26, 1987, where the temperature fluctuated about 2 degrees per hour.

M U レーダー / R A S S によれば対流圏のほぼ全領域において大気温度と風速を同時に連続観測することが可能である。M U レーダー / R A S S 観測により得られた温度データがラジオゾンデ観測の結果とよい一致を示すことはすでに確認されている<sup>1)</sup>。

図1は1987年12月26日のM U レーダー / R A S S 観測により得られた視線風速と大気温度の時系列データの一例である。18時から23時まで2分間隔でR A S S 観測と風速の観測が交互に行なわれた。推定誤差を軽減するため視線風速と温度は10分間平均され、5分ごとの代表値として求められている。レンジ分解能は150mである。図2はこの観測により得られた対流圏中部における温度の高度分布であり、データは30分平均されている。高度5km付近に厚さ約300mの温度の反転層が存在し、この領域では1時間に約2°Cの温度ゆらぎが生じている。一方、他の高度領域では温度ゆらぎは小さく0.5°C程度である。図の直線は乾燥断熱温度減率の傾きを表しており、反転層より上部の高度では温度減率はほぼ乾燥断熱温度減率の値に等しく、この領域は対流状態にあると推測できる。図3は同じ時刻における水平風速の高度分布であり、データは1時間平均されている。反転層が存在する高度領域には大きな風のシアが生じており、シアは時間とともに減少している。

本講演では、M U レーダー / R A S S により得られた温度と風速の相関について詳細に検討し、対流圏における大気擾乱現象について議論を行なう。

参考文献

- 1) 高見、津田、増田、犬木、高橋、加藤、深尾、佐藤 (第82回 本学会講演予稿集)

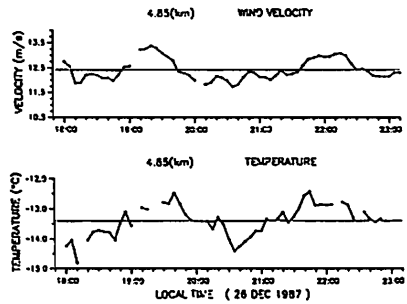


Fig.1 Time series of the temperature and the radial wind velocities observed by the MU radar/RASS.

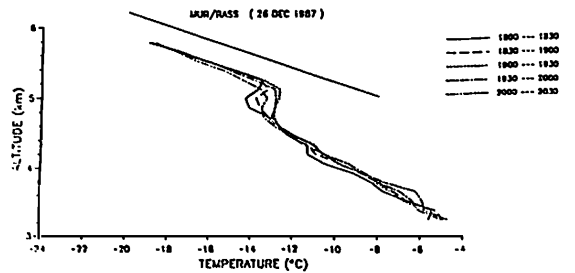


Fig.2 Temperature profiles observed by the MU radar/RASS from 1800 to 2030 on December 26, 1987

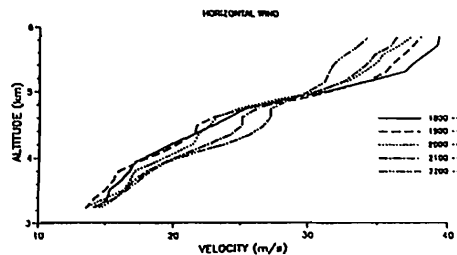


Fig.3 Horizontal wind profiles from 1800 to 2300 on December 26, 1987

A. Iwata, Y. Kondo, and M. Takagi

Research Institute of Atmospheric, Nagoya University, Toyokawa, Aichi 442, Japan

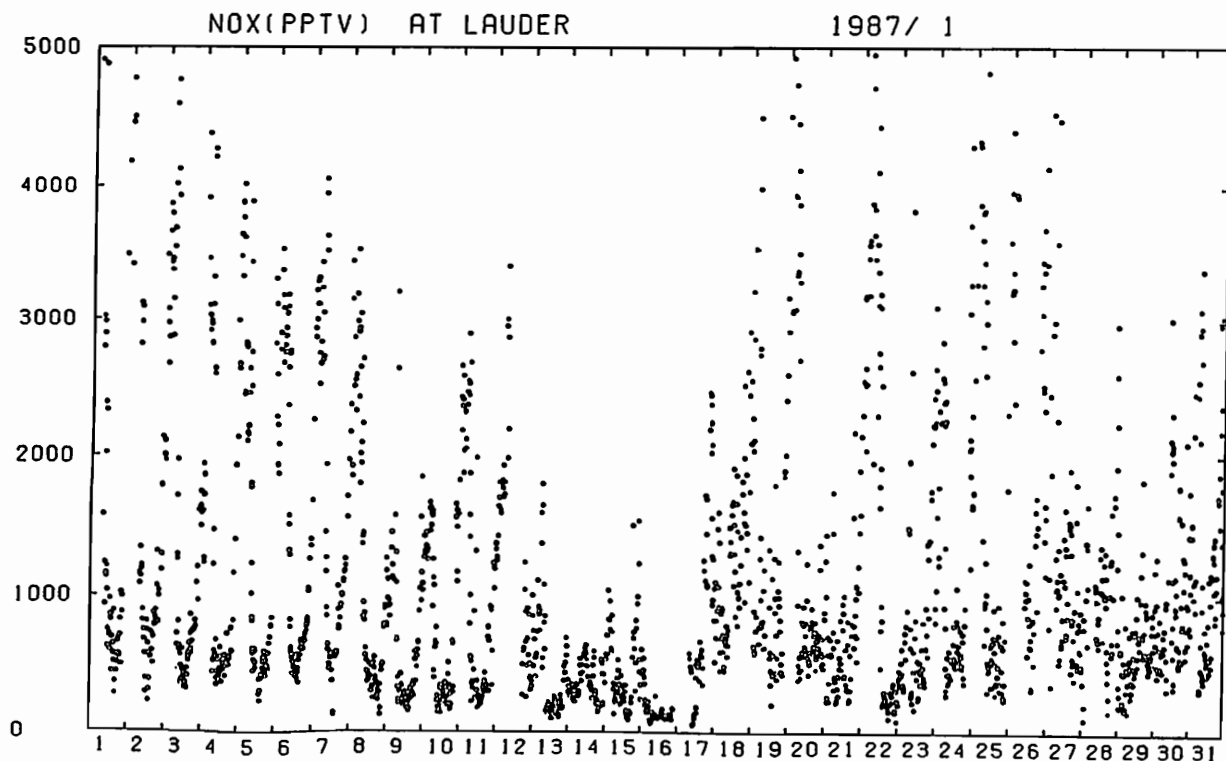
W. A. Matthews and N. B. Jones

PEL Lauder, DSIR, New Zealand

An in situ measurement programme of nitric oxide, nitrogen dioxide, ozone and aerosols binned into a number of size distribution commenced at the PEL Lauder site (45°S) in August 1986. NO<sub>2</sub> data from the in situ chemiluminescent instrument are presented and comparisons drawn with remote measurements of NO<sub>2</sub> made at the same site using a scanning monochromator and a distant light source. The temporal variations seen in NO and NO<sub>2</sub> are also discussed.

References

- Kondo, Y., W.A. Matthews, A. Iwata, Y. Morita, and M. Takagi, Aircraft measurements of oxides of nitrogen along the eastern rim of the Asian continent: winter observations, *J. Atmos. Chem.*, 5, 37-58, 1987.
- Kondo, Y., H. Muramatsu, W.A. Matthews, N. Toriyama, and M. Hirota, Tropospheric ozone and oxides of nitrogen over the north western Pacific in summer, *J. Atmos. Chem.*, in press.



鈴木勝久、渡辺 勉(横国大教育)・小池 真(東大理)

THE SEASONAL VARIATION OF THE UV RADIANCE  
OBSERVED "OHZORA" SATELLITE

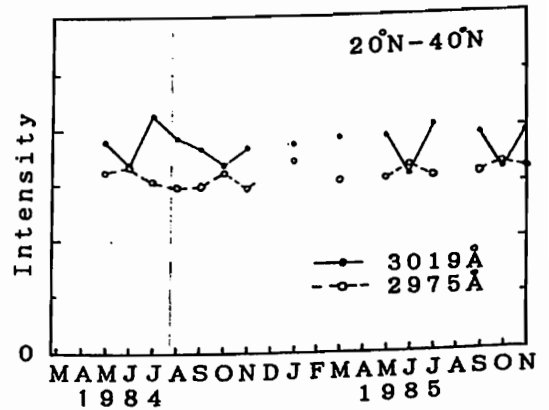
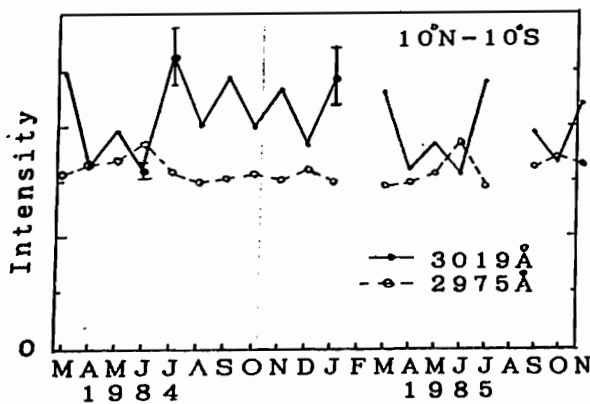
K. Suzuki, T. Watanabe (Yokohama Natinal Univ.)  
M. Koike (Univ. Tokyo)

The uv radiance scattered by terrestrial atmosphere are observed by "OHZORA" satellite. The five wavelength regions of the radiance are examined. The 3019A radiance in the equatorial region has significant seasonal variation compared with other wavelength radiances. The bimonthly variation and decreasing in spring at northern hemisphere are detected.

科学衛星「大空」に搭載された紫外分光器で得られた、紫外大気散乱光の強度変化について調べた。この散乱光は、太陽紫外光が地球大気により散乱されたもので、散乱過程においてオゾンによる吸収を受けている。

解析には観測より得られた、2500-3200 Åの波長域のスペクトル強度のうちの特定な5波長について、84年3月から85年12月までのデータを用いた。84年のデータのいくつかの特徴については、すでに報告してある。(1986年秋期学会) 今回は約2年間のデータの解析結果について述べる。図に波長3019Åと2975Åの月平均強度をしめす。

これから波3019Åの赤道付近の強度に2カ月の変動があることが認められる。また3-5月に強度が小さくなっている。このとき他波長の強度は増加し、逆相関が認められた。この様な変動は特定のレベルのオゾン密度の変動や散乱を起こす大気密度の変動の二つが考えられる。ここでは石垣島の気象データと比較し、原因について考察する。



半導体レーザーを用いた可搬型  
パルス変調ライダシステム

長沢親生、阿保 真、山本秀喜、金木利之、内野 修

(都立大工) (気象研)

PORTABLE DIODE-LASER PULSE-MODULATION  
LIDAR SYSTEM

C. NAGASAWA\*, M. ABO\*, H. YAMAMOTO\*, T. KANEKI\* and O. UCHINO\*\*

\*TOKYO Metro. Univ. \*\*Meteorological Research Institute

The diode laser is the most suitable candidate for a compact lidar system. Here we report construction of the practical portable diode-laser pulse modulation lidar system. A dual-beam lidar system which makes simultaneous DIAL (differential absorption lidar) measurements and usual aerosol measurements is proposed.

半導体レーザーを利用したライダの特徴は総重量を軽量にできる点と、電力消費量が極めて少ない点にある。衛星、気球への搭載には最適である。また地表においては測定点を簡単に移動して、高さ数kmまでのエアロゾル分布、水蒸気分布、視程、雲底高度などを手軽に測定できる。

パルスレーザーとしては、半導体レーザーは高出力化が図られて来たとは言え固体レーザー等 비해微々たる出力しか得られていないが、CW発振をパルス変調することによりその欠点を補い実用化することを試みた。

パルス変調ライダシステムの諸元表を右に示す。特徴はレーザー出力を2系統装備し、DIAL方式同時2波長のレーザー出力が可能となっている。また同波長2出力の場合、総出力はCW出力で最大100mwも可能である。同時2波長の場合、ラップトップマイクロコンピュータによる指令により、2台の半導体レーザーはそれぞれ異なる変調信号により変調されたレーザー光を、同時に送信する。2種の変調信号間には、相互相関はない。したがって、1台の受信装置で同時2波長の受信が可能である。

システム構成図を右に示す。受信信号の高速相関計算のために、専用の相関器を自作した。これにより、従来の観測処理時間を約1/10に短縮できた。

(参照文献) 竹内延夫 他、レーザー研究

Vol. 11, 763 (1983)

表 システム諸元

送信系	半導体レーザー : ID016MD 相当品 (SHARP社)
	出力 : MAX 50 mW × 2
	波長 : 820 nm (常温)
	波長制御 : 温度制御
	変調方式 : パルス変調
距離分解能 : 20 m	
受信系	受信鏡 : シュミット・カセグ レン式反射望遠鏡
	口径 : 280 mm
	PMT : R666S
	相関演算時間 : 0.5 ms / 点

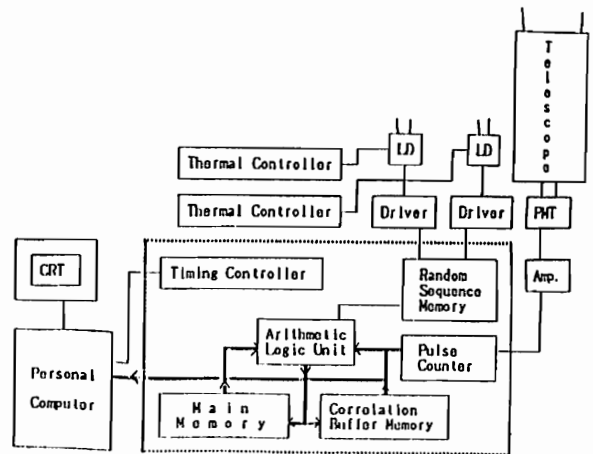


図 システム構成

P-17 夜間大気光 [OI] 6300 Å の異常励起 2次元パターン

金田栄祐\*・田鍋浩義#・宮下暁彦#

\* 東大理・地物研施設。 # 東京天文台

UNUSUAL ENHANCEMENT OF NIGHT AIRGLOW [OI] 6300 Å  
OBSERVED BY MONOCHROMATIC ALL-SKY IMAGING

Eisuke KANEDA\*, Hiroyoshi TANABE# and Akihiko MIYASHITA#

\* GRL, Univ. of Tokyo, # Tokyo Astronomical Observatory

Test observation of monochromatic all-sky imaging for principal night airglow emissions has intermittently been held at Kiso Astronomical Observatory since June, 1986. It have detected a unusual phenomena in 2-dimensional pattern of enhanced night airglow [OI] 6300 Å emission. This phenomena reveals apparently in wave-like signatures of crossing sky and propagating equatorwards and lasts for an hour to a few hours. For identification of phenomena characteristics, it would be necessary to examine possibilities as other type disturbances. Image data have been processed and analyzed in various ways for seeking parameters those are decisive for determinations of phenomena nature and origin.

1986年6月以降、東京天文台木曾観測所に於いて随時行って来た、夜間大気光全天単色撮像の実験観測で検出された。酸素原子禁制赤線 [OI] 6300 Å での、波動状増光現象に於ける水平方向の構造に関する解析結果を報告する。

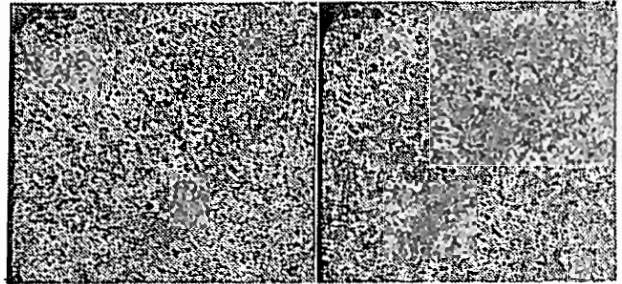
最初に、他では殆んど観測例の報告を見ない。この現象の説明を行って置く事にする。一般に、画像データ中のパターンとは、或るマトマリを有するものとして取扱う事が出来る。従って、時系列ごと与へられて居る画像データ内の輪郭のハッキリしたパターンの特徴抽出には、画像相互の減算が有効な場合がある。

以下に示したものは、この方針に従って、6300 Å での全天単色データに、フレームメモリーを使用し、video-rate での2次元光子計数法で5分間分を積分し、画像としての S/N比を向上させたデータ間で減算を行ったものである。減算は時間的に隣接して居るデータ間で行った。猶、二つの減算画像は、観測時刻で、10分の時間差がある。

減算画像は疑似カラーによって表示されて居る為、モノクロ印刷では、階調度が残る程度ツブれて居る可能性はあるが、画面内に右上方から左下方に向って走る明(増光)暗(減光)の数本の模様線の存在が認められる。更に、これとほぼ直交する向きで、模様線が左上方に向って移動する様相が、2枚のデータの比較から明らかである。

[OI] 6300 Å 時間差分値 2次元分布パターン (Jul. 26/27. 77)

i. (23°24'N) - (23°17'N) j. (23°34'N) - (23°21'N)



観測画像に含まれる背景光は、時間変動が緩やかである事から、本ノ近似として、画像減算によって除去されると考へられる。従って、上の例に見られる明暗の模様線とその移動は、[OI] 6300 Å 発光の2次元パターンの変動と、その空間的移動に対応づけ考へるべきである。この増光現象が、1) 見掛け通り、天空を次々に通過して行く波動的性质のものか、2) 多重の模様線構造の本質的で、これ等に沿って擾乱が伝播して行き、全体がドリフトして行くのかによって、その起源・発生機構が全く異なる事となる。

今回は、画像データの解析から、現象の特性を決定出来るパラメーターを抽出し、現象の発生源に関する考察を行う。

# イオンビームを用いた惑星表面遠隔探査 方法の基礎開発

矢守章, 佐々木進, 谷脇学, 三浦保範, 河島信樹  
宇宙研, 宇宙研, 東農工大, 山口大, 宇宙研

## LABORATORY STUDY OF REMOTE SENSING FOR PLANET'S SURFACE WITH ION BEAM.

Akino Yamori, Susumu Sasaki, Manabu Tanigaki, Yasunori Mizu, Nobuki Kawashima  
I.S.A.S, I.S.A.S, T.U.A.T, Yamaguchi University, I.S.A.S

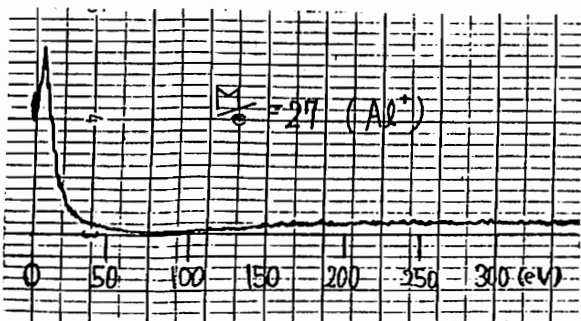
We plan to use SIMS (Secondary Ion Mass Spectrometry) for survey the moon in 1990's. To examine the change of the fundamental property during to the difference of distance between sample and mass spectrometer, we measured 1) energy spectrum of secondary ion 2) charging effect of ion charge 3) the angle dependence of incident ion beam 4) linearity of mass spectrometer signal vs primary ion beam quantity.

前回の学会にて月面及び小惑星表面における固体遠隔探査のためのSIMSを利用した探査方法の基礎実験を始めた事を述べました。その後の実験において

- (1) 二次イオンのエネルギー測定。
- (2) ターゲットが絶縁物の場合の一次イオンビームの帯電の影響。
- (3) 一次イオンビームの入射角依存性。
- (4) 一次イオンビーム量に対する質量分析器出力の直線性。
- (5) ビームスポット径に対する依存性。

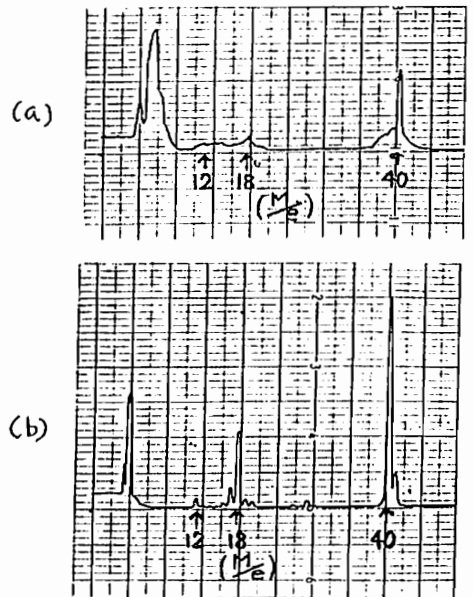
等を調べました。

[Fig-1]に1keVのAr<sup>+</sup>イオンビームをアルミ板に照射させた時の二次イオンのエネルギー分布を示します。5.16eV付近にピークをもっている事が分かります。絶縁物へのイオンビーム照射の場合の帯電の影響を



[Fig-1] Energy - Spectrum of secondary ion. Primary Ar<sup>+</sup> ion energy is 1 keV.

[Fig-2]に示しますが、イオンビームを中和させてやれば良い事が分かります。数十cmオーダーでのSIMSの基本的な事が実験的に確認されましたので、これより色々なサンプルを作り、定量的分析がどの位の精度で行えるのか、又宇宙での実用化の可能性を調べていきたいと思います。



[Fig-2] Comparison of mass spectrum obtained for (a) non or (b) complete composition of the primary ion charge.

# VOYAGER 2 / 海王星電波科学観測 データ処理手法の開発

水野英一、河島信樹、小山孝一郎、佐々木進、橋場孝  
(宇宙科学研究所、日本電子開発)

DEVELOPMENT IN METHOD OF DATA ANALYSIS  
FOR VOYAGER2/NEPTUNE RADIO SCIENCE OBSERVATION IN AUGUST 1989

E. Mizuno, N. Kawashima, K. Oyama, S. Sasaki, T. Hashiba  
(Institute of Space and Astronautical Science, Nippon Electronics Development)

Voyager2 is estimated to be occulted by Neptune in August 1989, when precious radio science data will be taken using 64 meter parabolic antenna at Usuda. ISAS is now constructing a data acquisition system for the observation in Usuda, and developing softwares for the data analysis. Data analysis procedure is divided in two parts. Part one is to acquire the time series of frequencies and amplitudes of the received downlink carrier from the received signal voltage, and part two is to calculate physical quantities concerning the planet (i.e. temperature of the atmosphere, electron density, ring thickness, etc.) from the frequencies and amplitudes. This paper summarizes the first part of the data analysis.

アメリカの衛星 Voyager 2号が1989年8月に地球から見て海王星の裏側を通ると軌道予測されている。この機会にオカルテーションを利用した電波科学観測が JPL 及び STANFORD 大学のグループによって行われる予定であるが、宇宙科学研究所も白田の64メートルパラボラアンテナを使って観測に参加する事になった。宇宙研では現在そのためのデータ取得システムを作成中であるとともにデータ処理、解析のためのソフトウェアも開発中である。ソフトウェアは大別して

- (1) 受信、記録された信号の電圧から、キャリアの周波数、振幅を求める
- (2) 周波数、振幅から海王星に関する物理量(大気温度、電子密度、リングの厚さなど)を求める。

の2つの部分に分けられるが、ここでは(1)について述べる。

受信された信号は Voyager2 のダウンリンクキャリアの他に熱雑音を伴っている。またキャリアの周波数は、受信機で補正しきれなかった軌道ドップラや惑星重力場による赤方変移、また大気による屈折などのために、振幅はリング粒子による散乱、大気による吸収などのためにそれぞれ時間変化している。従って受信信号は一般に

$$V_{obs}(t) = A(t) \sin(2\pi f(t)t) + N(t)$$

の形になる。実際のデータは A/D 変換した後、磁気テープに保存されるので、処理はすべて計算機で行われるが、データ処理によって行うことは、 $V_{obs}(t)$  から  $f(t)$  と A

(t) を求める事である。これは

- (a) A/D 変換されたデータをフーリエ変換する
- (b) ノイズパワーをバイアスとして差し引く
- (c) その波形に、中心周波数と振幅をパラメータとした sinc 関数を最小2乗フィットし、最適な中心周波数と振幅を求める。

という手順で行った。その結果、キャリアの周波数が時間変化していない場合、周波数算出精度として 1 mHz という値が得られたが、周波数の時間変化が大きい場合、この精度が著しく悪くなることがわかった。そのために、さらに(c)の段階で得られた周波数を1次近似として、これと同じ周波数変化をする一定振幅の正弦波をローカル周波数として元の A/D 変換されたデータにミキシング(かけ算)し、周波数変化をある程度止めたのちに改めて(b)、(c)のステップを踏んだ。

この様なステップを Voyager2 の天王星オカルテーション時のデータに適用した所、天王星のリングの散乱によると思われるキャリアパワーの落込みが観察された。

<参考文献> R.A. Simpson : Documentation on Archival Data Set (Voyager2 Radio Occultation by Uranus, 24-25 January 1986) Forwarded to NSSDC 21 August 1987



# 宇宙天気の子報

丸橋克英、宇宙天気予報グループ  
 郵政省通信総合研究所

## STUDY FOR ESTABLISHMENT OF SPACE WEATHER FORECAST SYSTEM

Katsuhide Marubashi, Space Weather Forecast System Working Group

Communications Research Laboratory, Ministry of Posts and Telecommunications

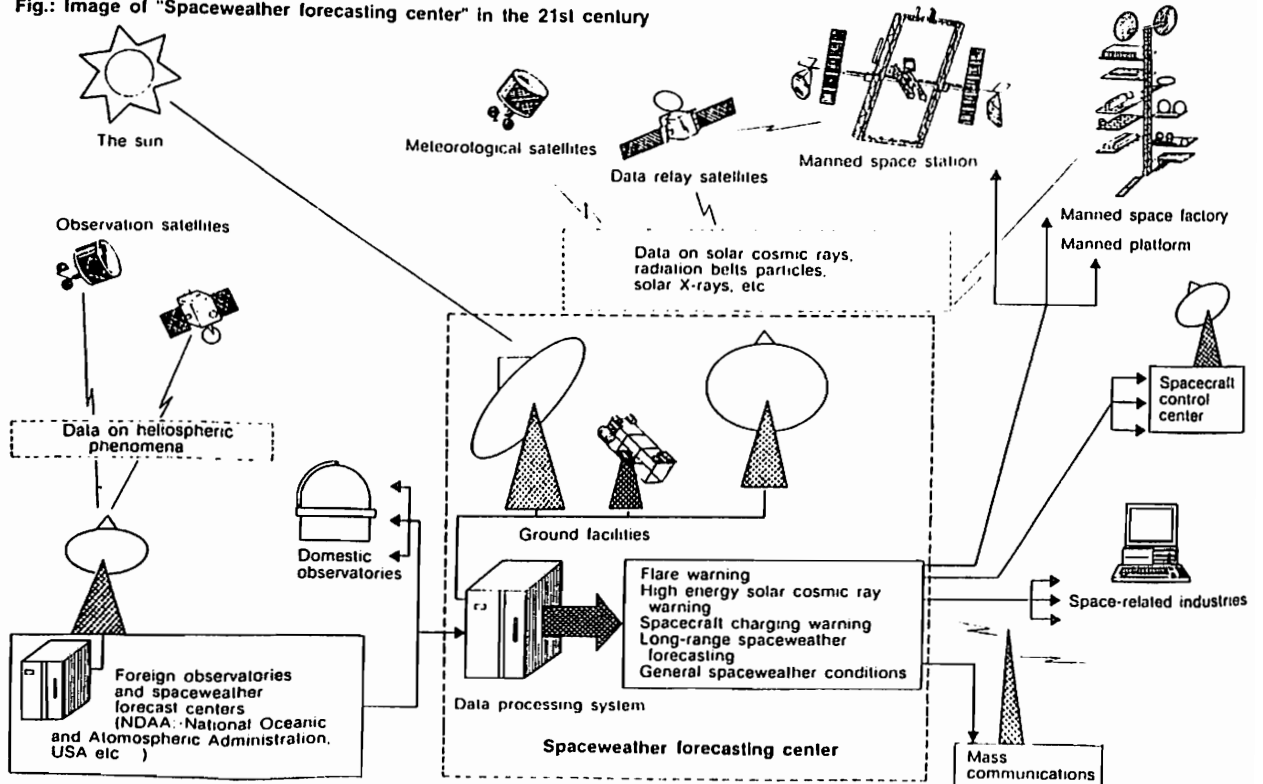
We made a grand plan in which we would start the full operation of the Space Weather Forecast System in the early 21st century. We will briefly summarize the plan.

スプートニクから30年、探査・探検から始まった宇宙開発は実用化・商業化の時代へと入ってきた。来世紀の初頭には産業化を中心とする大規模な宇宙活動の時代へと進み、今日では想像もつかないような多くの人々が宇宙での様々な活動に従事することになるであろう。有人宇宙活動の場となる地球大気の外側は、太陽から放射される放射線や粒子が直接降り注ぎ、人体にとって過酷な環境である。特に、大規模な太陽フレアが発生した場合には、人体への直接の危険や様々な宇宙機器・システムへの影響は増大する。このような宇宙環境の危険な要因を予測し、これを避けるために「宇宙天気予報」が必要となる。

宇宙空間の各種電磁波動、様々なイオンを含むプラズマ、荷電粒子、中性粒子、宇宙放射線など地球電磁気・地球惑星圏学会と重要な関わりを持つ宇宙環境の物理化学は、将来、宇宙気象学として無重力、高真空、極低温等と並び、宇宙環境科学の中で重要な位置を占めることが予想される。この宇宙気象学の中で特に宇宙の実利用に関わりのある宇宙環境の監視と予報が「宇宙天気予報」の目的である。

郵政省通信総合研究所では西暦2000年頃の完成をめざして、宇宙天気予報システムの研究開発を開始するのでその概要について報告する。

Fig.: Image of "Spaceweather forecasting center" in the 21st century





## 乗鞍における初期の宇宙線中性子計の資料 (1955-68年)

和田雅美, 今井加代, 川崎信吉

理化学研究所 宇宙線研究室

DATA OF COSMIC-RAY NEUTRON MONITOR DURING THE EARLY PERIODS AT MT. NORIKURA

Masami WADA, Kayo IMAI, and Sinkichi KAWASAKI

Cosmic Ray Laboratory, the Institute of Physical and Chemical Research

The observation of cosmic-ray nucleonic component at Mt. Norikura was started in July 1955. The monitor was exchanged to the IGY standard type in November 1956. The instrument was replaced to a super neutron monitor in August 1968. This report contains the result of data processing mainly during the period of the IGY monitor. Some of the contents of data book and the results of the analysis are given.

日本における宇宙線中性子モニターによる観測は名古屋大学において1954年6月に始まった(Kodama et al. 1957). 一方乗鞍の宇宙線観測所の開設とともに, その装置を乗鞍に移設, 定常観測を始めたのが1955年7月28日であった. IGY-1957-58の企画にともない, まず1956年7月26日に, 計数管のBF<sub>3</sub>ガスが濃縮したB<sup>10</sup>F<sub>3</sub>に変えられた. その間, IGY標準中性子モニターの製作が続けられ, 1956年11月1日より12本の計数管による観測が始められた. 最初の冬は, 屋根の積雪により中性子が吸収され, 強度の下がるが多かった. これを防ぐために特別設計の小屋を本館と独立に造り, 1957年9月10日に装置を移した. 1960年代になると大型中性子計が世界各地に設置され出した. 日本での計画はやや遅れたが, 1968年8月25日にIGYモニターによる観測を終了し, 新しい装置に移された.

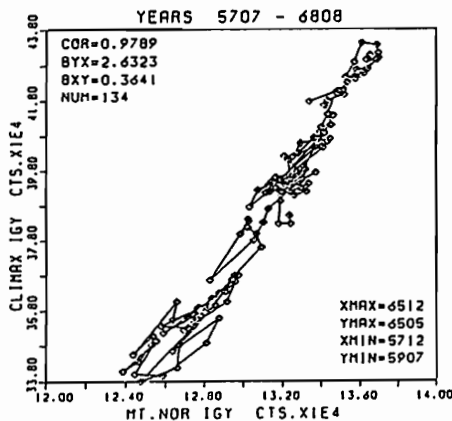


図. 月平均値相関図  
乗鞍とクライマックス  
図中Bは計数の相対値

観測資料の一次処理は, 自動的に記録されたものを用い, 毎日行われていた. 気圧補正もその場で済んでいた. しかし気圧の測定値に対する風の影響の補正は今度まとめて行った. 高層気象の資料が必要だからである. そのほか, 機械的な原因による観測値の変動を調べるため, 世界各地のモニターの強度変化と比較した(図参照). 結果は, 新しい小屋に移ってからは, 冬も安定していたといえる. また目立つ長期変動も見られない.

名古屋大学における1954年10月4日から1955年7月15日までと, 乗鞍における1955年7月28日から1968年8月25日までの統一的な資料処理が終わり, MTに保存された. この14年間の資料が, 近く東大宇宙線研究所の出版物として発行される. その内容と, いくつかの解析結果を報告する. なお大型中性子計(1968-80年)の観測資料はすでに出版されている(Kawasaki et al. 1983).

M. Kodama, K. Murakami, and Y. Sekido, J. Phys. Soc. Japan, 12, 122-125 (1957).

S. Kawasaki, K. Imai, and M. Wada, ICR-Report-109-83-03 Inst. Cosmic Ray Res. (1983).

宇宙線日変化スペクトルと IMF

宗像義教 (中部大工) 森 覚 (信大理)

Spectra Variations of Cosmic Ray Solar Diurnal anisotropy related to Interplanetary Magnetic Field

Y. Munakata and S. Mori\*

College of engineering, Chubu University  
\*Department of Physics, Shinshu University

Cosmic ray's solar diurnal anisotropies in free space are examined daily in 1974; using data from world-wide network of neutron monitors (17 stations) and surface multi-directional muon telescope at Nagaya.

It is obtained that those spectra sdistribute look at positive in the rising portion of solar wind speed in both IMF sector. In the portions of high and declining of wind speed, those spectra distribute positive in IMF toward sector, but negative an away sector.

高速太陽風の27日再帰性が顕著な1974年について、宇宙線太陽時日変化異方性を one-way best-fitted method によってもとめた。

用いたデータは world-wide neutron monitor (17 stations) と名古屋大学の多方向中間子線遠鏡による。

仮定として、日変化異方性は、uni-dirrectional でそのスペクトルは power law rigidity spectrum とし(1)で表わされるとした。

$$\Delta J(P)/J(P) = k(P/10)^{\gamma} \quad \text{for } P \leq P_u$$

$$= 0 \quad \text{for } P > P_u \quad (1)$$

ここにPは宇宙線の rigidity、P<sub>u</sub>は cut-off rigidity (GV)を表わす。best-fitted で得られたスペクトルを感星間空間磁場 (IMF) の方向別、太陽風の速度別に傾度を%で表1に表わす。P<sub>u</sub>については50GVの日が卓越している。太陽風の速度のR, H, D, Qについては図1の例による。表1より明らかに日変化異方性のスペクトルは太陽風の高速化時には正のべきをもつ。ところが太陽風速度の高速化時及び低速化時は IMF の方向に依ってそのスペクトルは相違し、Toward ではべきが正であるのに対し away では負である。

Table 1. Occurrence Frequency of  $\gamma$  (in %)

$\gamma$	Away				Toward			
	R	H	D	Q	R	H	D	Q
-0.5	10	28	50	39	6	10	14	28
-0.2	24	23	26	17	8	8	20	21
0.0	5	13	0	17	3	5	4	21
+0.2	24	15	11	4	28	21	10	10
+0.5	38	21	13	22	56	57	53	21

BARTELS Solar Rotation 1928 (22 JULY--17 AUGUST, 1974)

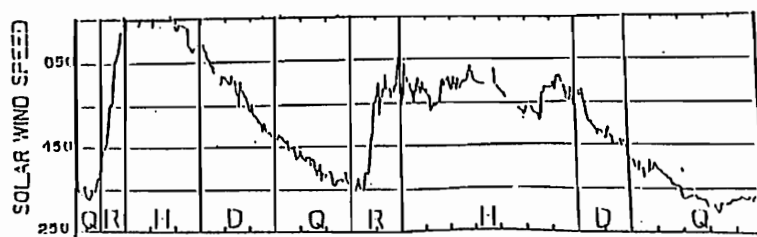


Fig.1 Portions' criterion of solar wind stream.

P-24 1984年における、H $\alpha$ フレアの  
シノプティックチャート

袴田和幸  
中部大工

SYNOPTIC CHART OF THE H $\alpha$  SOLAR FLARES IN 1984

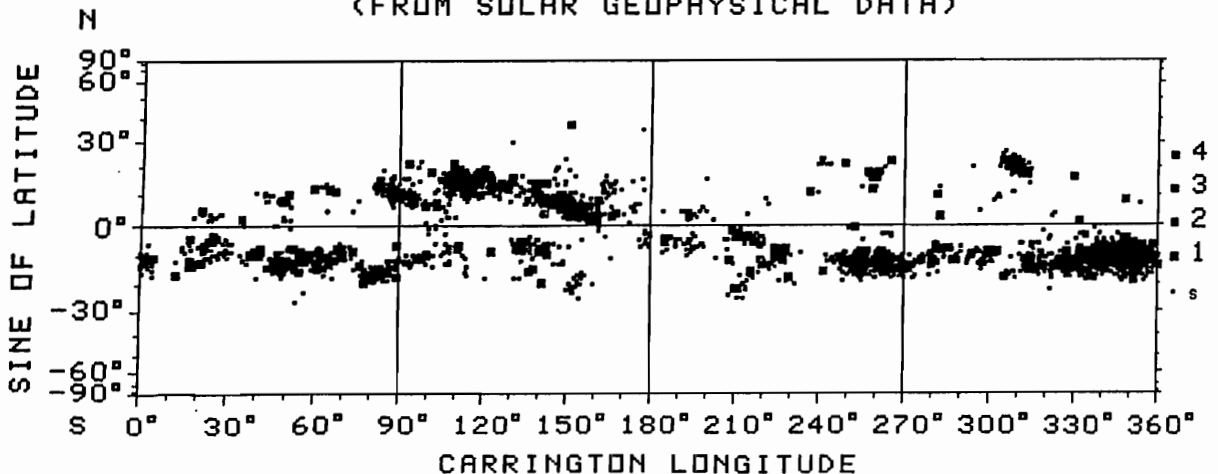
Kazuyuki HAKAMADA  
Chubu University

Since the H-alpha solar flares are usually represented by maps of daily observations, it is not easy to estimate large spatial distribution of flares on the solar surface from these daily maps. Then it is necessary to construct the synoptic charts of flares from daily observations published in the "Solar Geophysical Data". The synoptic chart of the solar flares thus constructed is compared with the synoptic charts of the sunspots and of the photospheric magnetic field constructed with the similar way reported by the same author in the spring meeting in 1987. It is found that both the flares and the sunspots show very similar distributions and are active near regions in which the average strength of photospheric magnetic fields is greater than 20 G.

太陽光球磁場やKコロナ等の太陽表面全体にわたる強度分布は、カリントンローティションを一周期とするシノプティックチャートの形で表わすことが多い。一方太陽フレアや黒点は日々の太陽面図や表などで表わされるのが一般的である。したがって、これらのデータを用いる限り太陽光球磁場やフレア、及び黒点などの太陽表面上の分布の様子を比較することは容易ではない。1984年のCR1748-1752の5ローティションの間シノプティックチャート上の太陽光球磁場の分布(Kitt Peak)やソースサーフェイス上の磁気中性線の形(Stanford)は比較的安定していた。今回はこの時期の日々のH $\alpha$ フレアの観測結果(Solar Geophysical Data)を用いて、フレアのシノプティックチャートを作り1987年春の学会で報告した太陽光球磁場や黒点のそれと比較した。

下図は1984年1月から12月までの重要度S~4までのすべてのH $\alpha$ フレアを同じシノプティックチャート上に重ね合わせたものである。縦軸は緯度角のSINE、また横軸はカリントン経度を表わしている。重要度Sのサブフレアは小さな点でそれ以上は大きな点でフレア発生位置を示してある。この図から、北半球では経度150度付近、また南半球ではそこから約180度離れた経度330度付近で太陽活動が盛んであるように見える。これは以前報告した、大きな黒点群が出現している領域と一致している。またこの付近は平均20G以上の強い双極型の磁場領域でもあり、光球磁場の磁気中性線もこの付近を通過している。ソースサーフェイス上の磁気中性線も又、この領域の上を通過していることもわかった。

SYNOPTIC CHART OF THE H-alpha FLARES 1984  
(FROM SOLAR GEOPHYSICAL DATA)





# 中波帯における棚の減衰の有無について

山田 秀章 満保 正喜 長野 勇 香川 幸雄 深見 哲男  
 ( 金沢大学 工学部 ) ( 石川高専 )

ON THE EFFECT OF THE LEDGE IN THE MEDIUM FREQUENCY BAND

H.Yamada M.Mambo I.Nagano Y.Kagawa T.Fukami  
 (Faculty of Technology, Kanazawa University) (Ishikawa Technical College)

The medium frequency waves had been observed at distance 700-900km from the broadcast stations at night-time in Japan for more than one year of low solar activity. Comparing the measured median values and the full wave calculation, the following results are obtained. Due to the ledge in the E layer of IRI model the predicted field strength calculated by the full wave technique in the low MF frequency shows attenuation of more than 10dB, compared with the high MF frequency. The observed data shows no effect of the ledge.

## 1. まえがき

国際参照電離層モデルに棚が存在するがこの棚の存在は不確かであるといわれている。もし、この棚が存在すれば中波夜間波電界強度にかなり影響を与える。実際に中波を観測して棚の影響の有無を調べたので報告する。

## 2. 観測装置と観測結果

現在金沢で中波21波を垂直ダイポールアンテナとスペクトラムアナライザを用いて観測し30分毎に統計処理し、その結果を磁気ディスクに記録している。尚、強度校正用にNHK金沢第一(1224kHz, 6.7km)を受信している。電界強度は毎日の21時~24時の50%値の月の中央値とその分布を示す。観測例を図1に示す。747kHzはNHK札幌第二(500kW, 840km)で棚の影響で減衰すると考えられ、1440kHzは札幌TV放送(50kW, 840km)で棚の影響を受けないと考えられるものである。

## 3. 理論計算値

観測期間は、1984.9~1987.10で太陽黒点最小期('86.6が最小月)に当たる。図2に昭和60年10月~61年9月のデータから求めたIRI-86電離層モデルと衝突周波数分布を示す。このモデルと棚のない場合は点線に示すモデルを用い、送受信間の中点の諸定数を用いて理論計算を行う。棚の影響は周波数及び距離特性をもち図3に棚の影響を受けると考えられる747kHzの反射係数特性を示す。IRI-86電離層におけるRay Path計算でE層への入射角は75.3度、F層へは61.5度となった。その合成強度は61.6dB $\mu$ V/mで観測値より13.4dB低い。所がE層下部が図2の点線の指数分布であると71dB $\mu$ V/mとなり約3dB低いだけである。他方1440kHzは観測値が59.8dB $\mu$ V/mに対し、棚のある場合はF層反射で56.5dB $\mu$ V/m、又、棚のない場合は57.5dB $\mu$ V/mで棚の有無にかかわらずほぼ一定である。このような棚の影響は九州地方の局に対してもいえる。

## 4. まとめ

IRI-86に棚が不確定ながら存在することになっている。が、約2年にわたる資料からその影響のあると思われる周波数の観測された電界強度と棚の影響のない周波数の観測資料の比較から同モデルには棚がないと考えられる。IRIモデルの下部を指数分布にすると観測値に概括的に合った。

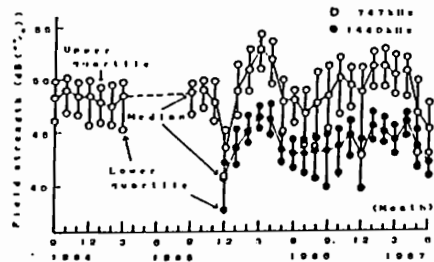


図1 観測結果

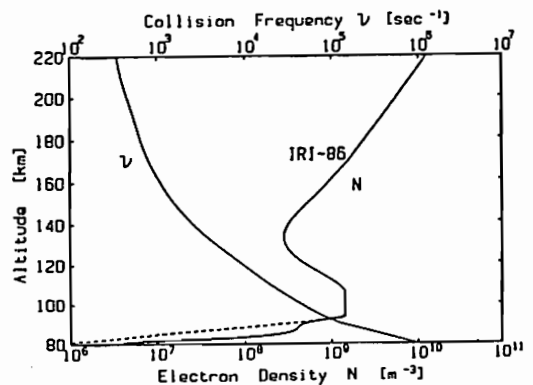


図2 計算に用いた電離層モデル

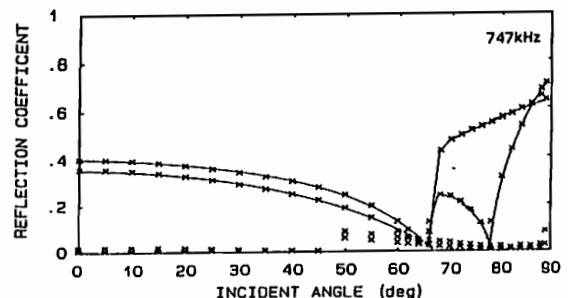


図3 反射係数特性

P-27 **NNSSテレメータ電波を用いた  
ブラジリアン・アノマリー-電離層擾乱の観測**

小野高幸, A. Foppiano, 小川忠彦  
(極地研) (Univ. Concepcion) (電波研)

OBSERVATION OF IONOSPHERIC DISTURBANCES NEAR THE BRAZILIAN  
ANOMALY REGION BY USING NNSS TELEMETRY SIGNALS

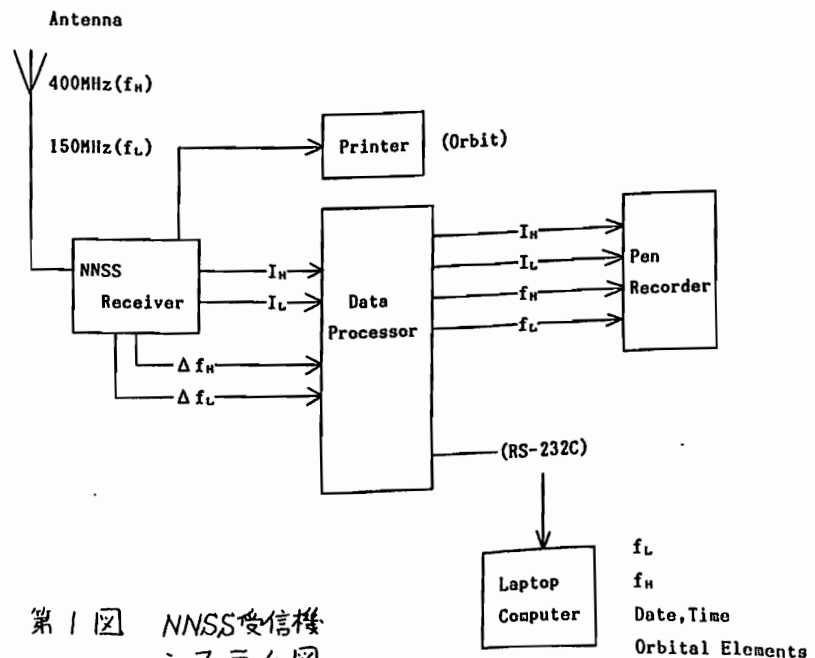
T. Ono, A. Foppiano, T. Ogawa  
(NIPR) (Concepcion Univ.) (Radio Research Lab.)

Ionospheric disturbances occurring near the Brazilian anomaly region were observed using the differential doppler measurements of NNSS telemetry signals. A compact data processing system was developed and successfully applied for the observation at Marsh Base (58° 58' W, 62° 12' S) in Antarctica, which is located near the southern boundary of the Brazilian anomaly region. During the observation period from January 11 to February 13, 1988, strong ionospheric disturbances which are attributable to TID's were observed in 11 days.

序 極域電離層擾乱の発生及び伝播の様相を観測するため、NNSS衛星テレメータ電波の強度から並びに差分ドップラー周波数を計測するコンパクトなシステムを開発した。新システムを用いた観測は1988年1月11日より2月13日までの約1ヶ月間、4りの南極基地Rodolfo Marsh (58° 58' W, 62° 12' S)にて行なわれた。マーシュ基地は地磁気座標の上では中緯度帯に属し(不変磁気緯度47.3°)、ブラジリアン・アノマリーの南端に位置している。これまでブラジリアン・アノマリーの観測は主として電離層トッサイドにおいて人工衛星によるプラズマあるいは高エネルギー粒子の観測が行なわれており、精力的に研究が進められてきた。本システムによる観測は7つのNNSS衛星群を用いて地上より準定常的に観測できるメリットを持っている。ここでは開発された機器並びに初期解析の結果を報告したい。

数される。パーソナルコンピュータへは、このドップラーカウント値が送られデータとして記録保存される。毎回のNNSS衛星のパスについて受信終了後に差分ドップラー周波数( $f_D = f_L - 3/8 f_H$ )の毎秒値が計算され、スクリーン画面に表示される。

観測 33日間の観測において168/パスのデータが取得された。1時間に平均2パス以上の受信が行なわれたこととなる。このうちの11日間は $f_D$ が4 Hz P-Pを超す。TIDと考えられる現象が現われており、 $K_p$ 値と強い関連を持つことが示された。



第1図 NNSS受信機システム図

観測システム 第1図に示す様にドップラー遷移を受けた150 MHz及び400 MHzのテレメータ信号は、標準的なNNSS航法受信機よりデータ処理部へと送られ各々のドップラー周波数が周波数カウンターにより計



貝沼昭司、小川忠彦、加藤仲夏、小泉徳次 (通信総研)、三宅 互 (通信総研平磯)、野尻英行 (通信総研稚内)  
磯部 武 (通信総研犬吠)、溝留博人 (通信総研山川)、井口俊夫 (通信総研沖縄)

HF DOPPLER MEASUREMENT DURING THE SOLAR ECLIPSE  
ON SEPTEMBER 23, 1987

Kainuma, S., T. Ogawa, C. Kato, T. Koizumi, W. Miyake, H. Nojiri,  
T. Isobe, H. Mitsudome, and T. Iguchi  
(Communications Research Laboratory)

HF Doppler data of 2.5, 5, 8, 10 and 15 MHz obtained at six stations (Wakkanai, Hiraiso, Kokubunji, Inubo, Yamagawa and Okinawa) in Japan during the solar eclipse on September 23, 1987 are analyzed. Comparing the Doppler data with the electron density profile deduced from ionograms, it is found that the Doppler variation with long period of about 2 hours can be well explained by the height variation of reflection point. Excitation of acoustic-gravity waves may be expected when a "cooling spot" associated with eclipse moves with a supersonic velocity. In our case, Doppler oscillations with periods of 8 - 16 minutes were recognized from spectral analysis. At this stage, however, these oscillations cannot be always related to the eclipse.

1. はじめに

通信総研のHFドップラー観測網 (稚内、平磯、国分寺、犬吠、山川、沖縄) により、1987年 9月23日の昼前に起こった日食によるJJY (2.5, 5, 8, 10, 15MHz) のドップラー変動が観測されたので、概要を報告する。日食時には一般に、日照の減少による電離層電子密度の低下に応じてJJYの反射高度が変化することによるドップラー及び日食の "スポット

(Cooling Spot)" が超音速で移動するため、大気波動が励起されることによるドップラーの2種類が混在して観測されるものと考えられる。これらの事を、おのおの、ドップラー・データとN(h)プロファイルとの比較解析及びドップラー・データの周期解析を基に調べた。

2. 日照変化によるHFドップラー

図の下部には、山川で観測された、ローパス・フィルタを通した後の各JJY周波数のドップラー変動の時間変化を、また上部には山川のイオノグラムのN(h)解析 (5-15分毎) から得られた電子密度の等高線図を示す。上図において両側の点線と中ほどの実線はそれぞれ日食の食始と食終そして食尽時刻を示す。

名崎からのJJY電波を山川で受信する場合、伝搬路の中心は和歌山付近となる。この地点での電離層の状態を山川と同じであると仮定し、この地点でそれぞれのJJY電波が反射される電子密度を求めてみると、例えば、5 MHz の電波はおよそ  $10 \times 10^{4-3} \text{ cm}^{-3}$  のトレースによって反射されることが分かる。次にこのトレースとドップラーの時間変化を調べてみる。食始後の電離層高度の上昇と共にドップラーの減少が始まり、10時40分頃、高度上昇速度が最大になった時点でドップラーは負の極大値に達している。その後、高度の変化は緩慢となるのでドップラーは負の極大値から向きを変え、高度が最大になって上昇が止まるとドップラーは零になっている。この後の変化は逆の過程をたどることになることが分かる。このことから日食による電離層の高度変化とドップラーの変化の関係を説明することができる。

他の8MHz, 10MHzについてもそれぞれ  $15 \times 10^{4-3} \text{ cm}^{-3}$ ,  $20 \times 10^{4-3} \text{ cm}^{-3}$  のトレースが対応しているので、同じようなドップラーの変化が予想されるが、周波数が高くなるにつれて通過する電離層の影響を受けるので、5MHzに見られるようなきれいな対応関係は崩れている。

3. 大気波動

短周期8~16分周期の波動が認められるがこれらが、日食の影響によるものかどうか判定が難しい。更に解析を進める必要がある。

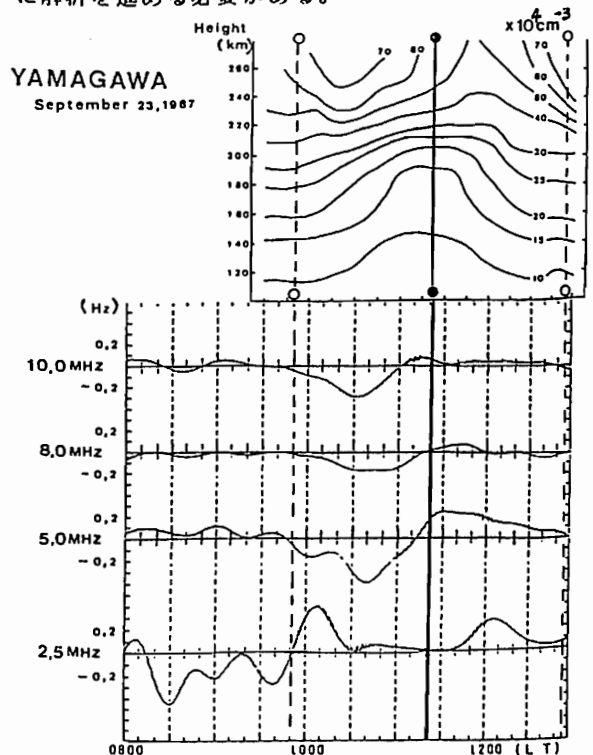


Fig. 1. Contour map of electron density deduced from N(h) analysis of ionograms (upper) and low-pass filtered HF Doppler variations of four JJY waves (lower) obtained at Yamagawa. The start, maximum and end hours of the eclipse are indicated by vertical broken, thick solid and broken lines, respectively.

# HF ドップラーデータにみられる 電離層長周期変動

吉村 康男\*, 柴田 壽\*, 小川 俊雄\*\*, 奥澤 隆志\*  
\*電通大      \*\*高知大理

## LONG-PERIOD IONOSPHERIC FLUCTUATIONS DETECTED FROM THE HF DOPPLER DATA

Y. Yoshimura\*, T. Shibata\*, T. Ogawa\*\*, and T. Okuzawa\*  
\*Denki Tsūshin Univ., \*\*Kōchi Univ.

Records of the HF Doppler (HFD) signals of JJY 8MHz observed at Kōchi, together with the horizontal component of the geomagnetic field at Kakioka and the foF2 at Kokubunji, from Feb. to Dec., 1986, have been handled to obtain both the auto and cross spectral estimates of the long-period ionospheric fluctuations in the period range of 2 to 60 days. The analyses yield interesting results; viz., (1) the HFD data contain several dominant periods in the range of 2 to 20 days, and (2) these dominant peaks are common among either the three or two kinds of the above data.

HF ドップラー (HFD) 観測に基づく電離層擾乱のスペクトル解析は、これまでのところ、大気波動に関連する周期数分から数十分の変動におもに力点が置かれてきた<sup>1)</sup>。ところで、たとえば電離層総電子量変動データの解析結果<sup>2)</sup>などで示されるように、電離層中には数日から数年のオーダーの長周期変動も存在する。ここでは、HFDデータがそのような長周期変動を含んでいるか否かを検証する目的で、HFDデータに加えて、同期間の地磁気水平成分(H)ならびにfoF2データについて、長周期(2~60日)指向のスペクトル解析を行った結果を報告する。

HFDデータは、JJY-8MHz波の高知における1986年2月~12月の連続観測(送受信点間地表距離:約860km)によるものである。H成分データは気象庁(柿岡)、foF2データは通信総合研究所(国分寺)のものを使わせて頂いた。なお、HFDについては夜間に電離層反射波がなく、昼間の数時間程度しか連続データが得られないため、毎日の昼間(11時,12時,13時)の値を選んで日値データとした。スペクトル解析には最大エントロピー法を用い、予測誤差フィルター項数は経験的にデータ窓の20%とした。入力データとしては、全体で334日の日値データから、180日のデータ窓(最大解析周期60日の3倍)を時間軸に沿って10日ずつずらして計16組用意した。同時刻帯のHFD、H成分、ならびにfoF2の三種の

データについて、それぞれの自己スペクトルピーク的位置を比較し、さらに相互スペクトルも計算してコヒーレンスを求めた。

Fig. 1は、自己スペクトルピークの出現頻度を上記の三種のデータについて比較したものである。

解析の結果、① HFDデータには地磁気H成分に顕著な約27日の卓越周期は検出されなかったが、② 2日~約20日にいくつかの三種あるいは二種に共通した卓越周期が存在し、とくに2日~約10日に高いコヒーレンス値をとることが確認された。

### 参考文献

- 1) 小川 徹 ほか; 第1回大気圏シンポジウム報告集, 30, (1987)
- 2) Titheridge, J.E.; Planet. Space Sci., 19, 1593, (1971)

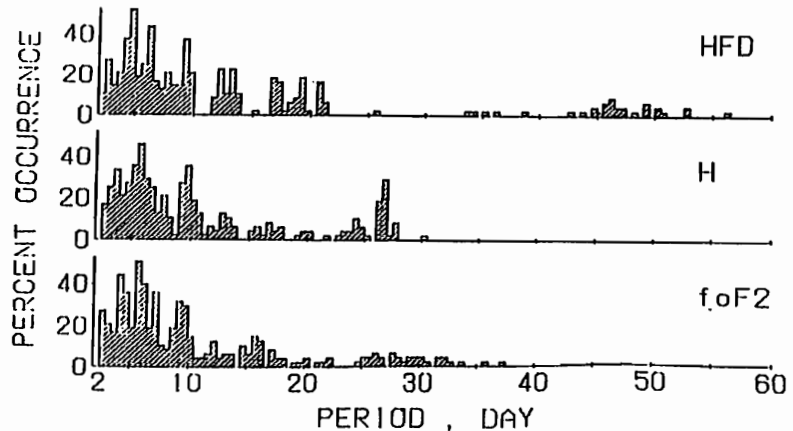


Fig. 1. Percent occurrence of spectral peaks against the fluctuation period.

白川達也・佐藤 亨・深尾昌一郎・津田 敏隆・加藤 進  
(京都大学超高層電波研究センター)

STUDY OF FIELD ALIGNED IRREGULARITIES  
IN THE IONOSPHERE USING THE MU RADAR

Tatsuya SHIRAKAWA, Toru SATO, Shoichiro FUKAO, Toshitaka TSUDA and Susumu KATO  
(Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University)

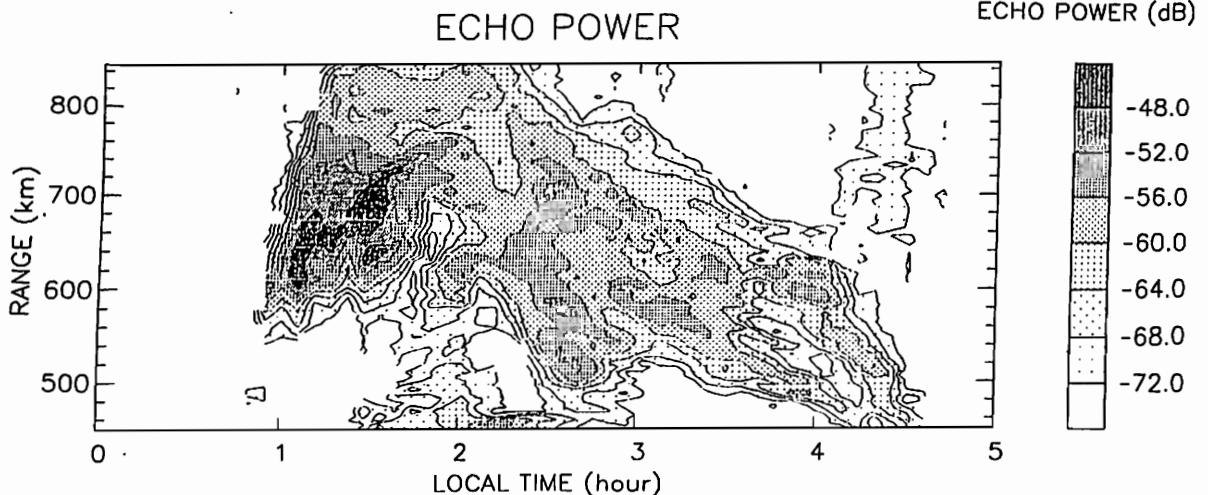
We observed Field Aligned Irregularities (FAI's) in the ionosphere by the MU radar during 12 nights in June of 1987. In this observation, we observed Doppler spectra from FAI's, so we calculated echo power and mean Doppler velocity of FAI's for the first time. There are two types of appearances of FAI's, one in short time period (about 30 minutes) and the other in longer (3 or 4 hours). A good agreement was found between the Doppler velocity and the apparent motion of the echos.

我々はMUレーダーを用いて中緯度における沿磁力線不均一質構造の観測を行なってきた。それらの観測では、短時間で変化するかなり強いエコーが観測されている。今回は反射エコーパワーのみでなく、ドップラースペクトルを得ることによってエコーパワー強度と同時に平均ドップラー速度を求めることに成功したので、その観測結果についての報告を行なう。

今回の観測は、1987年6月5日から17日にわたる12夜の連続観測である。ビーム方向は北向き天頂角 $58^\circ$ であり、ビームは高度約300kmで磁力線と直交している。12夜の観測中不均一質によるエコーが観測されなかったのは1夜のみであった。現れたエコーの形態について分類すると、400km~700km(レンジ)付近において突然発生し、突然消失するもの(20~30分間現れる)、400km~(レンジ)において広範囲にわたり長時間現れるもの(数時間にわたって観測される)と大きく分けることができる。

図は、広範囲、長時間にわたり現れた不均一質構造の反射エコーパワーの一例である。観測日時は、1987年6月6日午前0時43分~4時59分である。午前0時50分頃現れたエコーは時間とともに急速に上昇するが、その後30分ぐらいで上昇を止め、以後4時40分位までゆっくりと下降してくる様子がはっきりとわかる。これらの動きは平均ドップラー速度の時間変化ともよく一致しており、200m/secに及ぶ視線方向速度が観測された。

6-JUN-1987 00:43:31 - 04:59:08



1987年6月6日に得られたエコーパワーの等高線図

# 高緯度地方のSq解析

— 直交化SR法による —  
 門倉真二, 角村 悟  
 地磁気観

Analysis of the high latitude Sq by means of Orthogonalized SR Method

Shinji KADOKURA and Satoru TSUNOMURA  
 Kakioka Magnetic Observatory

The Orthogonalized SR Method (OSM) has been developed to derive Geomagnetic Solar Regular Variations (SR) on each day (SGEPSS 82nd lecture meeting). This method was applied to the data at Syowa (Geographic. 69.0°S, 39.6°E; Magnetic dipole -70.0°, 80.2°) to study the Sq pattern at high latitude. Fig.2 shows that the amplitudes of Sq in winter are very small as compared with that in summer.

著者らは、地磁気1分値データから各日の静穏日変化(SR: Solar Regular Diurnal Variation)を推定する手法を開発した(直交化SR法: OSM)。これを、K-indexを自動的に求めること(デジタルK)に応用し、栲岡のデータに関して十分に実用化可能な結果を得ている(SGEPSS 第82回講演会, 1987; II-43; この結果はその後更に改善され、hand-scaled KとデジタルKの差の分布は0, 1, 2が各々70, 30, 1%となった)。OSMでは、原理的には擾乱の大きな日のSRも推定可能であり、又中低緯度に限らず高緯度地方のSRも解析可能である。尚、SRの大部分がSqによるものと考えられるので、ここではSR = Sqとして扱う。

今回、昭和基地(SYW)のデータにOSMを

適用した結果を紹介する。Fig.1に、SYWのH成分について、SRの基底  $b_i(t)$  ( $t = \text{local time}$ )を、 $i=1 \sim 4$ まで示した。OSMでは、ある日のSRの推定値  $\hat{q}(t)$  は、

$$\hat{q}(t) = \sum_i \xi_i b_i(t) ; \xi_i = \frac{1}{7440} \int_0^{1440} b_i(t) x(t) dt$$

$x(t)$ : 地磁気データ。tの単位は分。

で得られる。ここで  $b_1$  はSRの平均的なパターンで、 $b_2, b_3, \dots$  はその補正項として、重要なものから順に並ぶ。 $b_1$  は栲岡などのSqに似ており、SYWでも中低緯度のパターンの延長上にあることがわかる。 $\xi_1$ の分布を月毎に示したのがFig. 2である。夏では平均的には10nT前後の値をとるが、冬には0nT付近に付分し、SRのパターンが異なることを明らかにしている。

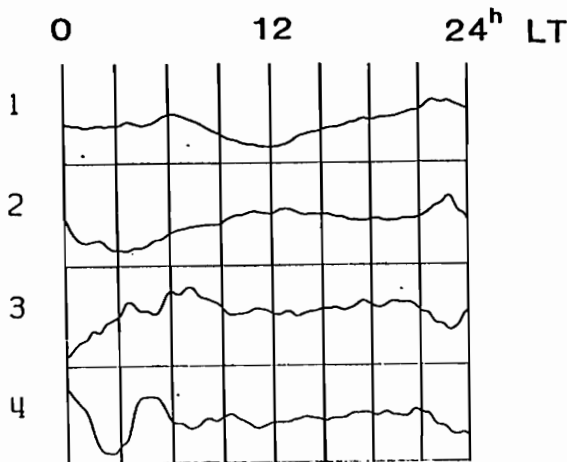


Fig.1 SR Basis at SYW

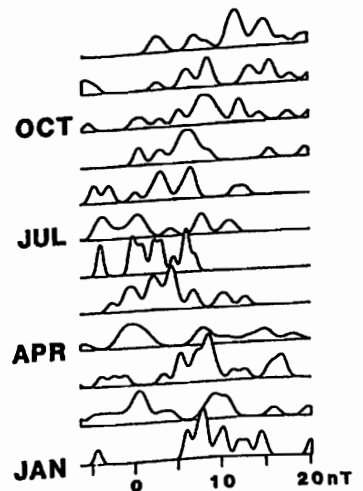


Fig.2 Seasonal Variation of the Distribution of the Coefficients for  $b_1$



小山孝一郎<sup>1</sup>、鈴木勝久<sup>2</sup>、梶井信力<sup>3</sup>、河島信樹<sup>1</sup>、生川俊則<sup>3</sup>

<sup>1</sup>宇宙科学研究所、<sup>2</sup>横浜国立大学、<sup>3</sup>武蔵工業大学

### DEVELOPMENT OF ULTRA-VIOLET LIGHT SOURCE

K.I.Oyama<sup>1</sup>, K.Suzuki<sup>2</sup>, T.Oikawa<sup>3</sup>, Y.Nakamura<sup>1</sup>, N.Kawashima<sup>1</sup>, and S.Teii<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ISAS, <sup>2</sup>Yokohama National Univ., <sup>3</sup>Musashi Institute of Technology

**Abstract:** Ultra-violet light source has been developed. The diameter of the light source is  $\approx 350$ mm and the wave length covers from 1000 Å to 2600 Å. The light intensity at the wave length of 1216 Å is nearly equal to the intensity of solar radiation. The purposes of the light source of large diameter are:

1. To simulate ionospheric D and E regions in order to study the interaction between charged particles and neutral species.
2. To simulate deep space environment in a density of  $\approx 10^{-10}$ cm<sup>-3</sup> in order to study the effect of secondary emission from a spacecraft.
3. To produce extremely quiet plasma by using nitric oxide gas. Overview of the light source is described together with preliminary data which were obtained during the study of interaction between molecular nitrogen and thermal electrons.

**装置の概要** 直径約350mmの口径を持つ紫外線光源を開発した。本紫外線光源は1000Å～2500Åの波長領域の紫外線を定常的に照射できる。紫外線光源は冷却できるステンレス容器に差し込まれた48本の小さな円筒状の重水素ランプよりなっている。小型重水素ランプの直径は約25mm、長さ約80mmで、先端部にMgF<sub>2</sub>の窓材を接着してある。これら48本の重水素ランプを装着した容器は更に直径400mmのステンレス製円筒に格納されている。この円筒内部では放ガスを極力少なくするように重水素ランプへの接続線は酸化アルミナのチューブで覆った。コネクター等は全て200℃までのベークに耐えられる。電源を組み込んだコントロール盤から、任意に点灯したいランプを押レボタンで選ぶことができ、また点灯しているランプを知ることができる。ランプは最高1KHzまでの周波数で外部からのコントロール信号によってON/OFFできる。また発振器が内蔵されておりこれによってもランプを点滅できる。以下これまで予備的に行った2つの実験について報告する。

**NOガスの電離** NOガスはこの重水素ランプを使用することによって電離できる。直径約1.5m、長さ2.5mの小型チェンバーに10<sup>-4</sup>TorrのNOガスを封入してこれに紫外線を照射すると、このチェンバーの場合10<sup>4</sup>cm<sup>-3</sup>の電子密度、及び600～1000Kの電子温度を持つプラズマを作る事ができる。図1はこのプラズマ中での探針特性から得られた片対数プロットである。片対数プロットした時の電圧に対する電流特性は3桁に亘って直線である(これほどマクスウェル分布しているプラズマは過去に得られていない)。またプラズマ中での雑音は1%以下である。電離されたNOガスを使ってD層で生じている種々の化学反応を研究する準備が今なされつつある。

**混合ガスプラズマ中での紫外線照射** N<sub>2</sub>とO<sub>2</sub>を混合して約10<sup>-4</sup>Torrでまず後方拡散型プラズマ源によって約1000°Kの電子温度を持つプラズマを作る。この状態では電子エネルギー分布にhigh energy tailの存在を示すような電圧-電流特性の振舞いは見られない。このプラズマに紫外線を照射すると電圧電流特性において0.3eV付近から高いエネルギーに向けて盛り上がりが見られる。これは紫外線照射によってhigh energy tailができたことを示している。この結果はO<sub>2</sub>のシューマンリンゲ連続吸収によってO('D)が生成され熱的電子がこれと相互作用したか、あるいはO('D)と窒素分子N<sub>2</sub>との衝突によってN<sub>2</sub>\*が生成され熱的電子がこれと作用してエネルギーを得たかのいずれかを示唆しているようであり、現在宇宙科学研究所の高柳先生のグループの理論面からのサポートを得つつ検討を行っている。この実験は高度100km付近での熱的電子と中性ガスとの相互作用を示すロケット実験の結果を実験室で再現する試みで続けられており講演では初期の実験結果について報告する。



平澤威男, 小野高幸  
 国立極地研究所

Temporal Variation of the Auroral Conjugacy in Syowa-Iceland Pair

Takeo Hirasawa, Takayuki Ono  
 National Institute of Polar Research

In order to evaluate the variation of conjugacy in Syowa-Iceland pair, Ono examined the secular variation of the geomagnetic absolute values at Syowa Station in Antarctica and Leivogur Magnetic Observatory in Iceland, and calculated the conjugate point of Syowa Station and Leivogur by carrying out the field line tracing with reliable geomagnetic and magnetospheric field models.

Figure 1 gives the secular variations in the conjugate points of Syowa Station from 1960 to 1990. The 'conjugate point' in Fig.1 is the point where a field line, starting from an altitude of 110 km above the station, reaches the same level in the opposite hemisphere. The position is calculated with the IGRF model for each year. As shown in Fig.1, the conjugate point of Syowa Station moved from a south-west area to a middle-north area (about 250 km in distance) in Iceland during the last 30 years. Especially after 1975, the movement of the conjugate point speeded up, in association with a rapid decrease in the westward declination at Leivogur.

This traveling feature affects the conjugacies of auroral, geomagnetic and CNA phenomena observed at a fixed conjugate-pair stations in Syowa-Iceland areas. The region of conjugate visible auroras observed at Husafell significantly shifted in latitude during 1970 to 1984. The shift is qualitatively consistent with the calculated results.

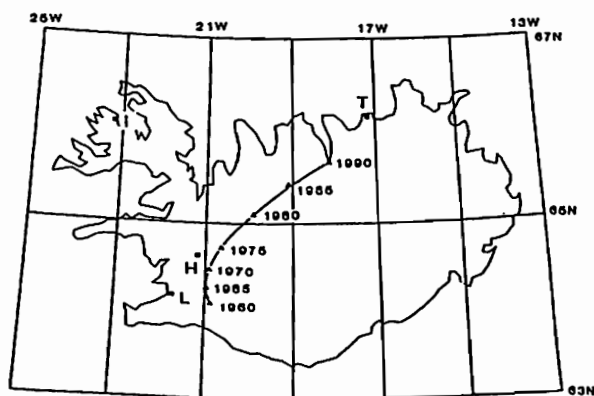


Fig. 1  
 Secular variation of the auroral conjugate point of Syowa Station from 1960 to 1990, calculated by using IGRF model. L, H, T, I, S, Mo, Mi are the locations of the observation stations for upper atmosphere physics named Leivogur, Husafell, Tjornes, Isafjordur, Syowa, Molodezhnaya and Mizuho respectively.



菊池 崇<sup>1</sup> 中村み<sup>2</sup> 大和田毅<sup>3</sup> 山岸久雄<sup>4</sup> 小口高<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 通信総合研究所 <sup>2</sup> 東京大学理学部 <sup>3</sup> 地磁気観測所 <sup>4</sup> 極地研究所

CNA PULSATION in the PC 5 RANGE ASSOCIATED with MORNING SIDE AURORA

T. KIKUCHI<sup>1</sup> R. NAKAMURA<sup>2</sup> T. OIWADA<sup>3</sup> H. YAMAGISHI<sup>4</sup> T. OGUTI<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Communications Res. Lab. <sup>2</sup> Tokyo Univ. <sup>3</sup> Kakioka Mag. Obs. <sup>4</sup> Nat. Inst. Polar Res.

The scanning beam riometer at Syowa station detected a new type of CNA pulsation in the Pc 5 range. This CNA pulsation propagates eastward in the morning sector, suggesting a close relation with pulsating auroras. Comparisons are made between the CNA pulsation and optical aurora observed in the post midnight sector. It is found that an eastward propagating CNA pulsation corresponds to an eastward drifting diffuse aurora with a large scale wave structure.

南極昭和基地で1986年2月から運用を開始した東西方向掃引ビームリオメータによって新しい型のCNA脈動が観測された(Kikuchi et al., GRL, in press)。10 MLTに観測されたCNA脈動の場合は周期4.5分、波長80kmであり、伝搬方向は東向きであった。これは従来のリオメータの多点観測網で観測される波長数1000km、伝搬方向が西向きのものと明らかに異なる種類のCNA脈動である。掃引ビームリオメータで観測されたCNA脈動が夜側から昼側へ伝搬することから、パルセーティングオーロラとの対応が考えられる。昭和基地で昼間にオーロラを観測することは不可能であるために、オーロラが観測され、なおかつ掃引ビームリオメータによってCNA脈動が観測される真夜中過ぎの時間帯で、CNA脈動とオーロラの対応を調べる。

掃引ビームリオメータが稼働した期間のうち1986年3月から9月の期間、昭和基地で高感度全天テレビによるオーロラ観測を行った。図1は掃引ビームリオメータで観測された東向きに伝播する(矢印)周期5分のCNA脈動を示す。このCNA脈動に対応して図2に示すように大規模な波状構造を持つディフューズオーロラが約1km/sの速度で東へ移動した。オーロラの弧状の構造が移動することにより、南北の掃引ビームリオメータで観測されたCNA脈動の伝搬方向は北向きから南向きへ変化している(矢印)。講演ではこの結果を用いて、夜間側のCNA脈動に対応するオーロラの形状と移動を推定できることを示す。

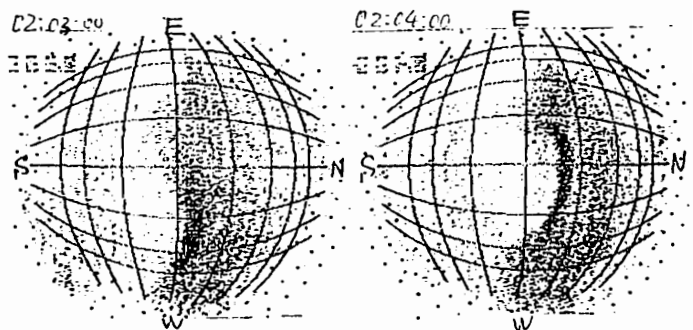
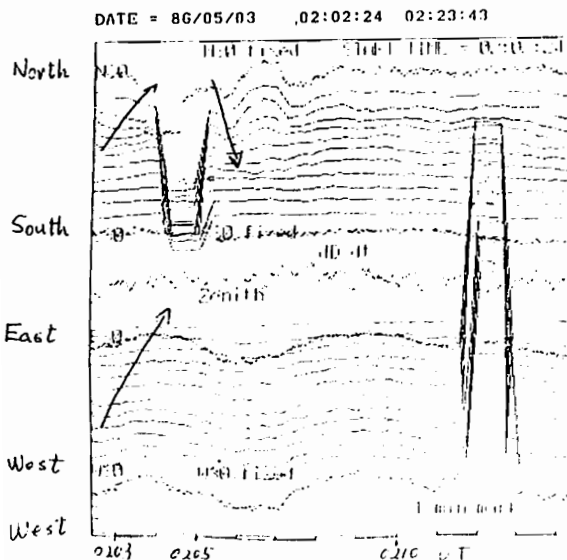


Fig.2 Diffuse aurora with a large scale wave structure. Eastward movement of this aurora caused the eastward propagating CNA pulsation shown in Fig.1.

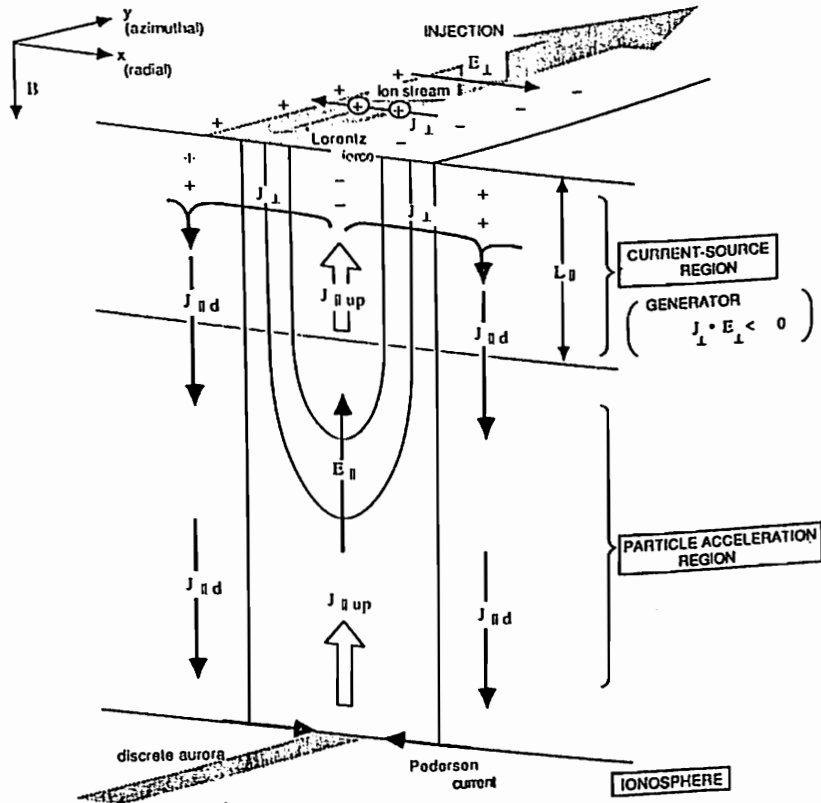
Fig.1 CNA pulsation observed with the scanning beam riometer in the post midnight sector (UT MLT). The arrows indicate propagation directions.

A SIMPLE KINETIC SOLUTION  
FOR THE DISCRETE AURORAL STRUCTURE

Takashi Yamamoto

Geophysics Research Laboratory, University of Tokyo

A simple kinetic solution to the quasi-steady magnetosphere-ionosphere coupling system is presented as modelling the discrete auroral structure. The quasi-steady magnetosphere-ionosphere coupling is primarily described by the magnetospheric and ionospheric current conservation and the field-aligned current-potential relation assuming adiabatic electron motion along the field lines. It is assumed that the plasma injection across the magnetic field induces space charges in the magnetosphere. The upward and downward field-aligned currents are then maintained by injection-induced space charges in the region of plasma flow reversal, where divergence of the magnetospheric electric field  $E_{\perp}$  is negative and positive, respectively. By taking into account the friction acting on the injected plasma filament, a specific relation between the dc field-aligned current density  $J_{\parallel}$  and the magnetospheric electric field  $E_{\perp}$  can be expressed as  $J_{\parallel} = -\sum_{dc} \text{div } E_{\perp}$  in terms of the effective conductance  $\sum_{dc}$ . It is shown that the above-described magnetosphere-ionosphere coupling system has a simple solution, which is responsible for the multiple structure of discrete auroras. It is also suggested that the plasma filament with a narrower latitudinal width can penetrate deeper in the azimuthal direction, which may account for the thin auroral arc elongating in the east-west direction.



Schematic illustration showing a model system of the magnetosphere-ionosphere coupling, in which the discrete auroral structure caused by the plasma injection across the magnetic field is indicated.

佐々木進、小山孝一郎、河島信樹、W.J.Raitt\*, P.M.Banks\*\*, P.R.Williamson\*\*, W.F.Sharp\*\*\*  
 宇宙研 \* ユタ州立大 \*\* スタンフォード大 \*\*\* ミシガン大

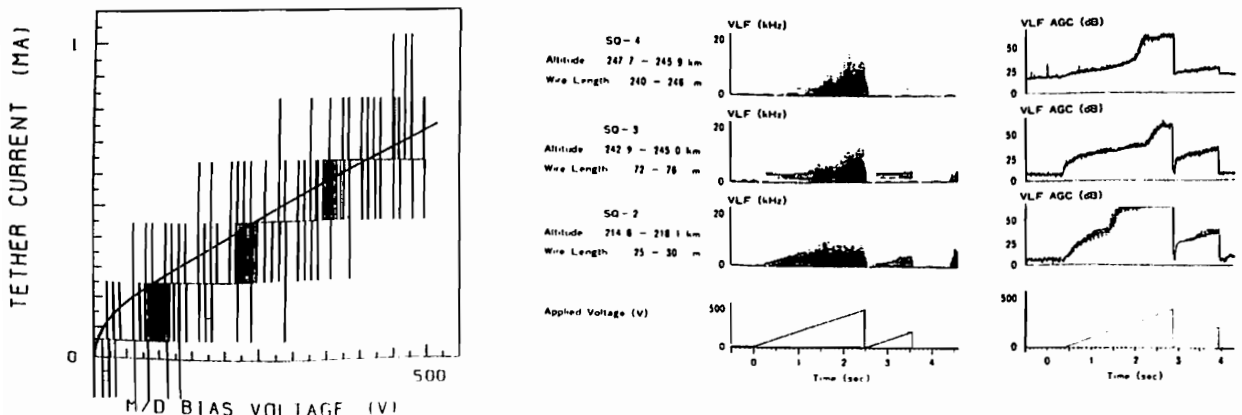
Electrodynamic Effects Observed in Tethered Rocket Experiment

S.Sasaki, K.I.Oyama, N.Kawashima, W.J.Raitt\*, P.M.Banks\*\*, P.R.Williamson\*\*, and W.F.Sharp\*\*\* Institute of Space and Astronautical Science, \* Utah State Univ., \*\* Stanford Univ. \*\*\* Univ. of Michigan

The tethered mother-daughter rocket experiment(CHARGE-2) was carried out at White Sands Missile Range in New Mexico in December 1985. An insulated conductive wire connecting the two payloads was deployed up to its maximum length of 426m during the flight. An electron beam up to 48 mA at 1 keV was injected from the mother payload. A voltage up to 500 V was applied between the two payloads with and without the beam injection. The measurements of voltage/current characteristics have been explained by a model in which the ion current to the negatively-biased payload effectively limited the tether current. The characteristic features of VLF emissions observed during the bias voltage application suggest that the lower hybrid instability driven by the potential difference was responsible for the wave generation.

1985年12月に実施された日米共同テザーロケット実験(CHARGE-2)では、426mまでの導電性テザーワイヤーを親子ロケット間に接続した状態で、親ロケットから最大1kV,48mAの電子ビーム放射実験を行なった。この報告では、本実験で観測された電気力学的現象について述べる。

テザーワイヤーを伸展した状態で最大+500Vまでの掃引電圧を親ロケットから子ロケットに印加した。観測された代表的な電圧電流特性とVLF帯の波動励起現象を下に示す。この場合の等価電気回路は、電源(V)と直列に接続された4つの抵抗(Rm:親ロケットと周辺プラズマのインピーダンス、Rp:親ロケットと子ロケット間の空間インピーダンス、Rd:子ロケットと周辺プラズマのインピーダンス、Rt:テザーワイヤーの抵抗)で表わされる。電圧電流特性が両ロケット間の距離に依存しなかったこと及び $R_m \gg R_d, R_t$ であることから、電流は、近似的に $I(V) = V/R_m(V)$ で表わされる。Rm(V)の関数形は、プラズマ中の負電位単電極のプローブ特性のモデルによって与えられる。第1図の特性が得られた高度でのプラズマ密度から計算されるイオン熱電流密度は、 $3.5 \mu A/m^2$ なので最大電流時のイオンシース表面積は230m<sup>2</sup>となり、これは球近似で半径4.3mの球表面積に相当する。一方イオンラーモア半径は、3.1mなので、地球磁場の存在は、イオン電流捕集に強い影響を与えない。磁場が無視できる場合の単電極プローブの電圧電流特性は、空間電荷制限で決り、Langmuir and Blodgettの理論によれば、電圧が充分高い場合、電流は電圧にほぼ比例する。第1図実線は、モデル計算結果を示したもので、観測事実をよく説明できている。テザー電流システムでの波動励起現象については、従来からプラズマ中を移動する電流ソースのCerenkov輻射によるアルペン波帯、低域混成波帯、高域混成波帯の波動励起が理論的に予測されているが、本実験で観測された波動はテザーシステムとともに動く受信機で観測されたものであり、また波動強度は、電流に逆比例したことから、Cerenkov輻射にもとづくものではないと思われる。周辺プラズマに対し電位のことなるロケットは、プラズマ中のイオンの運動を誘起し、低域混成波帯の波動を励起することができる。本実験で観測された狭帯域の波動は、(0.3-0.6)倍のLHIRに相当している。バリウム放射による低域混成波励起実験で観測される波動もこの帯域のものが最も強く、本実験で観測された波動は、イオン運動にもとづく低域混成波帯の波動であったと思われる。この波動は周辺プラズマとロケットの電位差がわずか数Vでも強力に励起されており、容易に帯電する飛翔体周辺では、この型の波動が励起され易いものと想定される。なお電子ビーム放射時に観測された波動については講演で述べる。



岡田 敏美、長野 勇、EXOS-D/GEOTAIL 波動及び電場チーム  
 名大空電研 金沢大・工

Ionospheric Plasma Wave measurements in Wide Frequencies by using a Sounding Rocket S-310-18

T. Okada, I Nagano, EXOS-D/GEOTAIL Plasma Wave & Electric Field Teams

Plasma waves in a wide frequency ranging from DC-electric field to 8 MHz were observed on board S-310-18 sounding rocket launched from Kagoshima Space Center, ISAS, on 26th January, 1988. This paper presents the overview of the experiment and observed results.

昼間に発生する電離層E領域付近の電子温度異常上昇のメカニズムを解明するために、中性大気粒子と電子の衝突回数の高度プロファイルを波動の伝搬特性から求める。本ロケット実験では、従来のVLF電波法のほかに、MF波、SW波の伝搬特性も加味して衝突周波数計測の精度を上げることを試みた。

一方、科学衛星EXOS-DおよびGEOTAILでは、DC電場を含む超低周波波動から1MHz以上にわたる広帯域観測を行う予定であるが、このような波動計測システムの動作チェック、特にセンサーのプラズマ中における振舞いを詳細に調べることを目的として、ロケット搭載機器の構成を図1のようにした。実験は完全に成功し、全てのサブシステムから有用なデータが得られた(図2)。これら実験システムおよび観測データの概要を報告する。

謝辞 本ロケット実験は宇宙科学研究所、伊藤富造教授をはじめとして多くの方々の協力により実現されました。関係各位に心より感謝します。

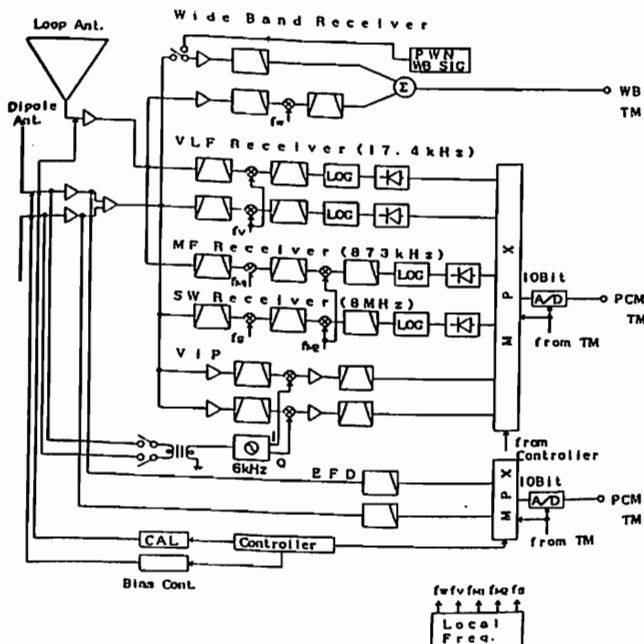


図1 システム構成

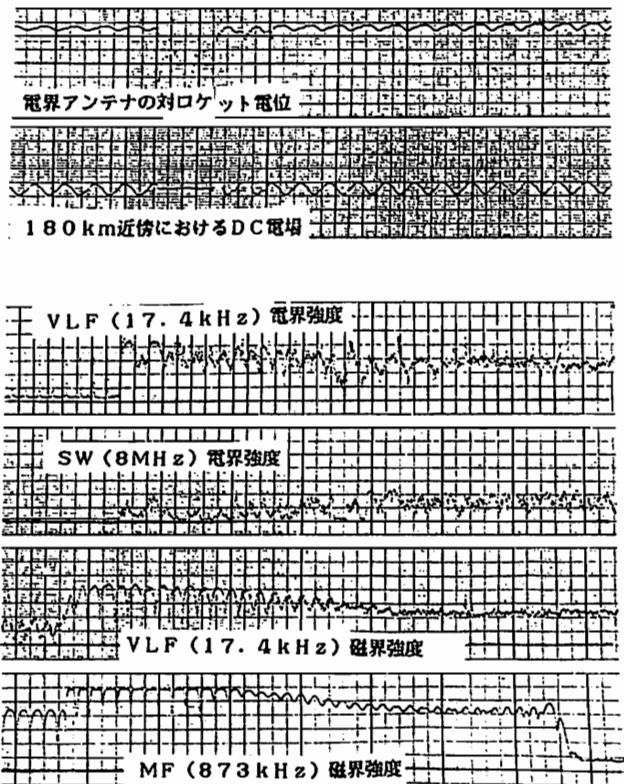


図2 各種波動の強度の高度変化

DE-1 PWI によって観測された高緯度  
磁気圏プラズマの微細構造

恩藤忠典、中村義勝、渡辺成昭

通信総合研究所

FINE STRUCTURES IN HIGH-LATITUDE MAGNETOSPHERIC PLASMA OBSERVED  
BY DE-1 PWI

T. ONDOH, Y. NAKAMURA and S. WATANABE

Communications Research Laboratory, Koganei, Tokyo, 184

VLF electric field data (650 Hz - 10 kHz) from DE-1 received at Kashima were analysed to obtain plasma densities in high-latitude magnetosphere. DE-1 passed through the high-latitude magnetosphere from a lower-latitude point (geocentric distance  $3.46 R_E$ , geomag. lat.  $63.4^\circ N$ , invariant lat.  $76.1^\circ$ , 2137 geomag. LT) to a higher-latitude point ( $2.96 R_E$ , geomag. lat.  $72.5^\circ N$ , invariant lat.  $80.3^\circ$ , 2039 MLT) between  $07^h30^m$  and  $07^h51^m$  UT on March 18 (77 days), 1985. In low-density magnetospheric plasma ( $f_H > f_N$ ), the upper limit frequency of whistler-mode waves is defined by the electron plasma frequency,  $f_N = 9\sqrt{N}$  kHz ( $N/\text{cm}^3$ ).

So, electron densities along the DE-1 pass of March 18 are estimated from the upper limit frequency of whistler-mode waves. The electron density estimated ranges from  $0.31/\text{cm}^3$  ( $f_N = 5$  kHz) to  $1.23/\text{cm}^3$  ( $f_N = 10$  kHz) or more ( $f_N > 10$  kHz). The electron density in high latitude magnetosphere varies quasi-periodically between about  $0.3/\text{cm}^3$  and about  $1/\text{cm}^3$  with invariant latitude except an enhanced density (above  $1.23/\text{cm}^3$ ) region which extends between invariant latitudes of  $76.8^\circ$  and  $77.8^\circ$ . The average latitudinal width of the electron density variation at the ionospheric altitude of 300 km is estimated at 22.3 km from 16 fine structures at invariant latitudes from  $76^\circ$  to  $80^\circ$  between geocentric distances of 3.46 and 2.96 Earth's radii. This average latitudinal width of the electron density variation in high-latitude magnetosphere is close to the latitudinal width of whistler ducts observed by ISIS satellites in mid-latitude topside ionosphere (Ondoh, 1976).

Geomagnetic Conditions on March 17 and 18, 1985 Kp indices

	0-3	3-6	6-9	9-12	12-15	15-18	18-21	21-0	UT
March 17	3-	1	1	1+	1-	0+	3	3	
March 18	4	3+	<u>2</u>	0+	1-	0+	3	3	

# 地上局 V L F 電波の電離圏上部における

## 電磁界強度分布の計算法

P-41

高畑 博樹 木村 磐根  
京都大学工学部

Calculations of EM field intensity  
of a ground-based VLF signal  
in the space above the ionosphere

Hiroki KOHATA Iwane KIMURA

Dept. of Electrical Eng. II, Kyoto University

Two methods ( wave hop method and wave guide mode method ) are compared for the calculation of EM fields of a ground-based VLF signal in the earth-ionosphere waveguide and in the space above the ionosphere. These results are discussed in reference to observed data. The reflection and penetration characteristics of the ionosphere are calculated by using the full wave method. In this calculation, an inhomogeneity of the electron density can be taken into account by using IRI ( International Reference Ionosphere ) model. Our analysis is aimed at confirming the signal intensity of ground-based transmitter signals to be observed by satellites.

本研究は、地上に波源を持つような V L F 電波の電離層-大地間の伝搬・減衰特性を求め、さらに電離圏透過特性を計算することにより電離圏上部における電磁界強度を算出することを目的としている。また来年2月に打ち上げ予定である科学衛星 EXOS-Dなどの人工衛星を用いて、地上局から送信された V L F 信号を受信する場合の解析にも役立つものと思われる。

電離層-大地間伝搬・減衰特性を計算する方法は二種類あり、一つは幾何光学的手法を用いた wave hop 法、もう一つは大地(電離層)に対してモード方程式を満たす複素数の角度を持つモードのみが伝搬特性に寄与すると考える wave guide mode 法である。どちらの方法に対しても電離層の反射係数は full wave 法を用いて計算しているので、電離圏は任意の電子密度分布を持つ異方性媒質として取り扱える。この二種類の方法を用いて計算した電界強度の伝搬・減衰特性と実際の観測データを比較した例を Fig. 1 に示す。Fig. 1 から明らかなように wave guide mode 法で計算した結果は観測データに非常によく一致している。また周波数や伝搬通路の異なる場合について上述の二種類の方法で計算を行った結果からも wave hop 法に比べ wave guide mode 法の方が観測データとよく一致することがわかった。

広範囲にわたり電離圏上部の電磁界強度分布を求める場合、電離圏中の磁場の向きや電子密度分布は経度、緯度方向に変化するため、現実に近いモデル計算を行うには、この磁場の向きや電子密度分布の位置依存性も考慮しなければならない。磁場の向きに関しては IGRFモデルを用いることで、また電子密度分布については今回新たに IRI( International Reference Ionosphere)モデルを用いることで、位置依存性を考慮した。以上の結果に基づいて wave guide mode 法により求められたモードの電離層への複素入射角を用いて full wave 法で電離

圏中の電磁界強度を計算すれば、地上局 V L F 信号に対する電離圏上部での強度分布が求められる。

今回の発表では地上局から送信された V L F 電波の広範囲にわたる電離圏上部での電磁界強度分布の計算結果を発表するとともに、上述の二種類の伝搬・減衰特性の計算法による結果を比較し、問題点などを報告する予定である。

謝辞 今回の計算で用いた full wave 法のプログラムは金沢大工学部長野 勇教授の開発によるもので、ここに感謝の意を表します。また IRI モデルのプログラムは通信総合研究所から提供して頂いた。同所の巖本 巖氏ならびに関連の方々には謝意を表します。

### 参考文献

- (1) Morfitt, D. G., J. A. Ferguson, and F. P. Snyder, AGARD Conf. Proc. No. 305, 32, 1982

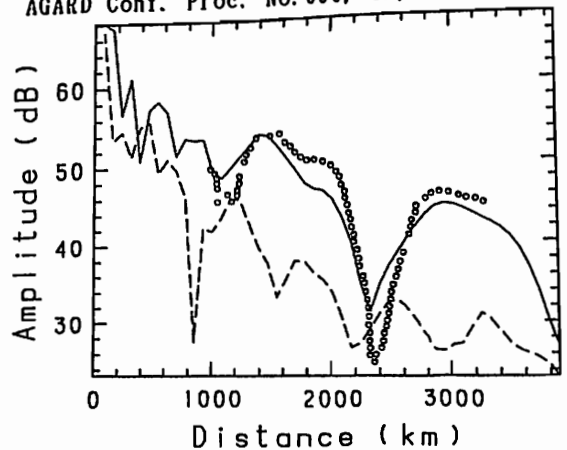


Fig. 1 Field strength at ground surface versus distance for 24.0 kHz transmission. The circles are the observed data (Hawaii to San Francisco, daytime, summer)<sup>(1)</sup>, the solid curve is the computed value by wave guide mode method, and the dashed curve is the computed value by wave hop method. The fields are normalized to a transmitter with a 1 kW radiated power. (1 dB = 1  $\mu$ V/m)

P - 42 ANALYSIS OF SPECTRAL BROADENING PHENOMENA OF VLF TRANSMITTER SIGNALS OBSERVED ON ISIS-2 SATELLITE

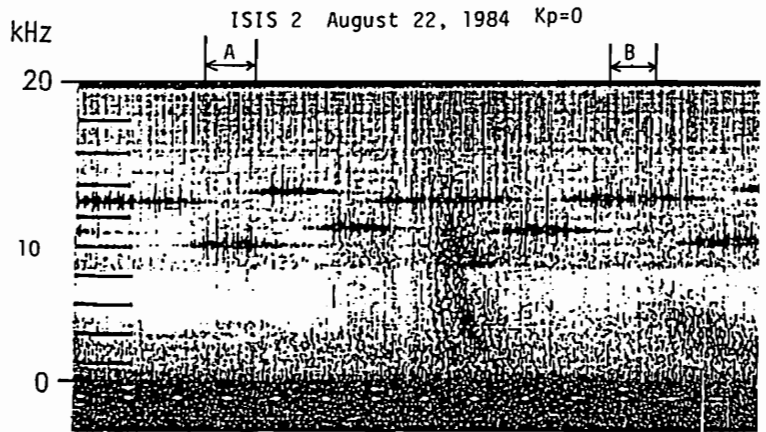
S. SHIMAKURA<sup>1</sup>, M. TAMAZAWA<sup>1</sup>, M. HAYAKAWA<sup>2</sup> and T. ONDOH<sup>3</sup>

1. Department of Electrical Engineering, Chiba University
2. Research Institute of Atmospherics, Nagoya University
3. Radio Research Laboratory

An example of spectral broadening phenomena of VLF signals transmitted from Tsushima is shown in Fig. 1, which was observed on ISIS-2 satellite at 1914:00 UT on August 22, 1984. The purpose of this paper is to examine the mechanism of the spectral broadening of VLF transmitter signals, whether such a phenomenon is produced by nonlinear wave-wave interaction or not. Fig. 2 shows the results of bispectral analysis. Bispectra A and B in Fig. 2 correspond to the results of signal intervals A and B to be analyze in Fig. 1, respectively. From the results in Fig. 2, we can

roughly decide that the spectral broadening phenomena of VLF signals are produced by nonlinear wavewave interaction between VLF transmitter signals and power line harmonic signals propagating in the ionosphere.

However, it will be necessary to analyse the signals in more enough frequency resolution in order to discuss clearly the mechanism of spectral broadening, because of the frequency resolution of 24.4 Hz in the present bispectral analysis.



1914:00 UT 0512 LT 0443 GMLT ALT 1420 km  
GM LAT 48.0°N GM LONG 210.6°E L=2.90

Fig. 1 Dynamic spectra of VLF signals with spectral broadening effect.

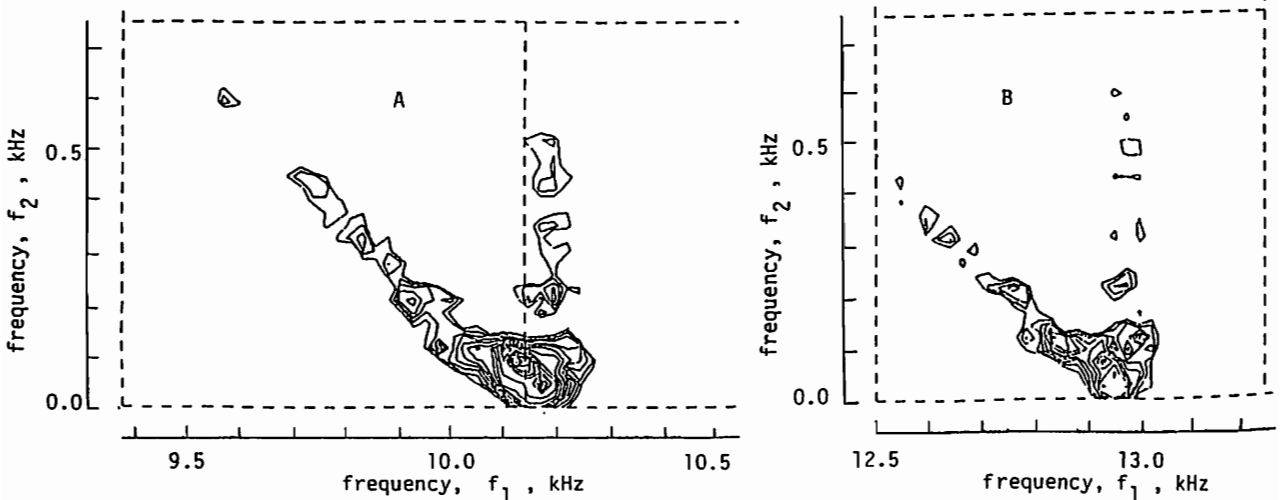


Fig. 2 Bispectra,  $B(f_1, f_2)$ , of VLF signals.  
(A)  $f_0=10.2$  kHz; (B)  $f_0=12.8$  kHz

## 磁気圏 V L F / E L F ヒスの統計的性質について

辻 伸治<sup>1</sup> 島倉 信<sup>2</sup> 早川 正士<sup>1</sup>

1 : 名古屋大学空電研究所

2 : 千葉大学工学部電気科

## STATISTICAL CHARACTERISTICS OF VLF/ELF HISS IN THE MAGNETOSPHERE

S.TSUJI<sup>1</sup>, S.SHIMAKURA<sup>2</sup> and M.HAYAKAWA<sup>1</sup>

1. Research Institute of Atmospheric, Nagoya University, Toyokawa, 442, Japan

2. Department of Electrical Engineering, Chiba University, Chiba, 260, Japan

The purpose of the present paper is to examine the statistical characteristics of VLF/ELF hiss emissions in the magnetosphere, including the coherence (incoherence), stationarity, Gaussian nature and so on. We use the hiss data obtained in Moshiri (Japan) and at Brorfelde (Denmark). This kind of statistical properties of hiss has never been investigated so far, which will be very useful in studying the essential difference between hiss and discrete emission (such as chorus) and also in obtaining the information whether the hiss is able to trigger the chorus or not.

磁気圏で発生する V L F / E L F 放射には、構造のないヒスと構造のあるコーラスがよく知られ、各々の発生機構はかなりよく研究されている。しかし、本質的な問題である「ヒスとコーラスの関係、即ちヒスとコーラスは本質的に同じなのか、それとも本質的に異なるのか」は全く未解明である。本問題に対する手始めとして、V L F / E L F ヒスの統計的性質を詳しく調べようというものである。V L F / E L F 放射のスペクトル推定を計算機を用いて行うには、Blackman-Tukey法、(相関関数法)、ペリオドグラム法(F F T法)、最大エントロピー法などがあるがいずれも信号の定常性とエルゴード性を仮定したものである。ヒスのような構造のない、白色雑音に近いものは、これらの仮定が十分にみたされているのか調査をする必要がある。また、能動実験においてヒスのシミュレーションを行うにもヒスの統計的性質を知ることは重要である。従って、本研究では母子里(磁気緯度 $35^\circ$ 、 $L=1.6$ )で観測されたE L Fヒス及びヨーロッパ・デンマーク( $55^\circ$ 、 $L=3.0$ )で観測されたV L F / E L Fヒスのコヒーレンス(インコヒーレンス)、定常性、振幅確率分布、短時間及び長時間スペクトル、一定の周波数の継続時間やこれらの相関といった統計的な性質についての詳細な調査を行った。結果は講演時に発表する。



## The Mode Identification and Propagation of Auroral Waves

Kozo Hashimoto\* and Wynne Calvert\*\*

\*Tokyo Denki University and \*\*The University of Iowa

The four electron wave modes which accompany the aurora are identified using DE-1 not only by their appearance on the satellite radio spectrograms, but also by measurements of their polarization and wave arrival directions, and by ray tracing models of their propagation behavior. The wave modes are analyzed using the polarization sense measured from two electric antennas, the arrival directions derived from the dip of the spin-modulated amplitude measurements, and the ray path calculations under the plasma cavity model, in addition to the conventional interpretation of wave cutoffs and resonances with the spectrograms. The most prominent, of course, is the auroral kilometric radiation. Next most prominent is the funnel-shaped whistler mode auroral hiss which originate below the altitudes of DE-1 and at frequencies well below the local cyclotron frequency. It is confirmed that their propagation directions are at the resonance cone angles. For a particular case studied in detail, these waves were found to originate from the same or similar field lines at the poleward edge of the auroral plasma cavity. The Z-mode auroral radiation was found to originate from approximately this same location, below the satellite and at the poleward edge of the cavity, and not from the local cyclotron frequency. Another O-mode component was identified within the cavity, which also seemed to be generated near its poleward edge and to be guided to higher altitudes. Their wave normal angles are small with respect to the geomagnetic field. Finally, at the funnel source field line, there seemed to be Z-mode emissions extending from near the Z-mode cutoff at quite low frequencies, up to and above the plasma frequency. Propagation characteristics of the guided O mode, the outer funnel of the W mode, and the Z mode near the cyclotron frequency are also discussed.

林 幹治 國分 征 小口 高山 本 遠人 GADCG' 4-7'  
東大理

GLOBAL GENERATION OF IPDP AND Pc1 ULF MAGNETIC PULSATIONS

\*K.Hayashi, S.Kokubun, T.Oguti, T.Yamamoto and #GADC research group  
\*\*#Univ. of Tokyo, #Kyushu Univ., #Univ. of Kyoto, #Takushoku Univ.,  
#National Inst. of Polar Res., #Univ. of B.C., #Univ. of Victoria,  
#Univ. of Sask., #S.Univ. of N.Y.A., #Univ. of Oslo

Multi-station data are used to examined the relation between development of IPDP source region in the evening sector and subsequent Pc 1 activities in the dayside and morningside sectors. The plasma injection causing IPDP events is considered also being a most probable source for generation of those Pc 1 emissions.

0. 1 ~ 5 Hz の周波数帯の Pc 1 地磁気脈動 (放射) には周期 1 ~ 2 分程度の波束の繰り返し構造が卓越する (periodic) ものと、IPDP (Interval of pulsations of diminishing period) や HM chorus と呼ばれるもののよう波束群中の際だった回帰性が見にくい (non-periodic) ものとは大きく分けることができる。従来これらの現象はその f-l スペクトルの形、発生する緯度・時間帯、磁気圏擾乱の条件の違いが現象論的特性として主に注目されて来た。

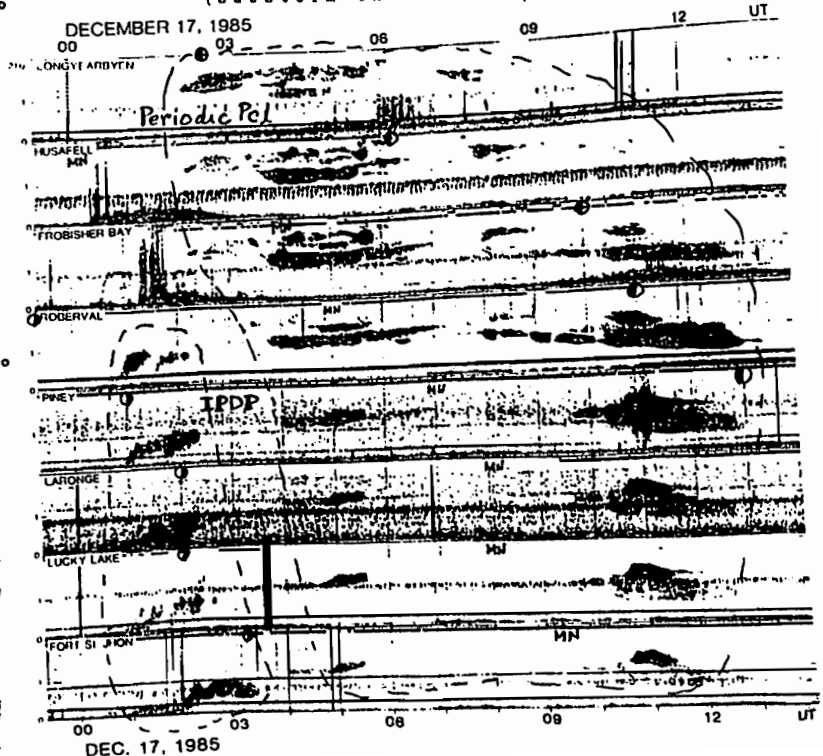
実際、多点観測に基づく統計結果は、周期的波束構造の発達には主に subauroral zone を中心とした plasmopause に沿った形の顕著な分布が見られ、周期構造が不明瞭な波束群の放射はその外側の子後側外部磁気圏に当たる地域で前者に比べて高い地磁気活動時に特徴的に発生することを明らかにした。

これら二つのタイプの Pc 1 放射の違いは発生機構の上からは殆ど解明されていない。広く受け入れられているプロトンサイクロトロン不安定による Alfvén 波の励起を線形の範囲で考える限り、波の成長率の違い、沿磁力線プラズマ密度ダクトの違いが可能性として指摘される程度である。発生機構のモデルについて、多点観測デー

タを利用した現象論の方からの拘束条件を増やす必要がある。

ここでは夕方の典型的な IPDP 現象にやや (0.5 ~ 1 時間) 遅れて昼側あるいは朝側に発生する強い periodic Pc 1 と、真夜中付近に見られる通常 IPDP として扱われている現象の中に見られる periodic Pc 1 の特性についてまとめる。

下図に IPDP 域 = 夜側 → 西方昼側、periodic Pc 1 域 = 朝側 → 夜側の動きの例を示す (substorm onset は ~ 0:30 ~ Pusafell)。



# P - 4 6 PERSONAL COMPUTER AIDED SPECTRAL ANALYSIS PROGRAM PACKAGE

SADAO MIYATAKE

UNIVERSITY OF ELECTRO-COMMUNICATIONS

It is easy to understand that an aid of computer is necessary to analyze a large amount of a spectral data and a big general-purpose computer system is particularly hard to deal with it since a frequent man-machine communication is required in order to distinguish a spectral peak from a lot of peaks in a spectral data.

PASA (Personalcomputer Aided Spectral Analysis program package), developed on a PC-9801 series personal computer by the author, is a powerful program package which has given rise to a progressive change in a large amount of spectral data analysis. It is capable of an automatic spectral analysis and also capable of making a easy man-machine communication to investigate in detail a spectral characteristic using various functions necessary for a spectral analysis. PASA, originally developed on N88-BASIC and now partly translated into FORTRAN on MS-DOS, consists of the basic programs, ADrec,SPrec,EDrec,CFsfa and EDsfa, and the utility programs, LPrec,AGsfa,LPsfa,HCsfa,FMsfa,GUsfa, FUsfa,GULBP,AOBD,MSTF as illustrated in Fig. 1.

At the core of PASA is CFsfa which is able automatically to discriminate a plural number of peaks on a spectrum recorded in a 'data file' and to output the sets of a discriminated spectral frequency, intensity and width on an 'output file'. Since CFsfa is able to process a successive spectral data, the essence of a large amount of spectral data under investigation is contained in a 'output file'.

CFsfa is capable of graphically displaying sequential spectrums of a 'data file' on CRT in a desired frequency and time range and is also capable of showing a spectral frequency, intensity and width of a desired spectral peak. It is a useful function to find a spectral feature and to select a group of the spectral peaks which should be investigated in detail. Once selected the plural spectral peaks from a large number of spectral peaks, CFsfa is able automatically to distinguish the peaks in a successive spectral data according to a given criterion and then to output the sets of a selected peak frequency, intensity and width to an 'output file'. CFsfa requires an operator's decision if a given criterion is not sufficient to a discriminate peak in a complicated situation, however, it is easy for an operator to make a suitable selection due to a graphically displayed situation.

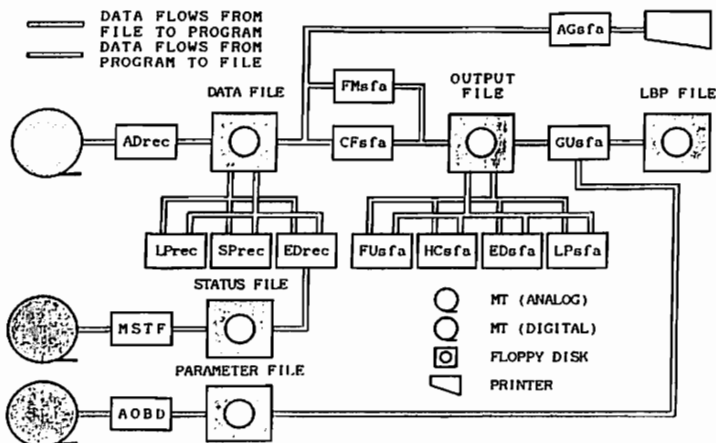


Fig. 1. Data flow, files and usage of programmes in PASA.

## ON THE CA EFFECT FOR GEOMAGNETIC VARIATIONS AT SYOWA

Satoru Tsunomura

Kakioka Magnetic Observatory

Ground effects for geomagnetic variations must be precisely discussed for the first step of quantitative analysis of geomagnetic phenomena. In general z component of geomagnetic variation reflects the nonuniformity of the electrical conductivity under the ground; that is conductivity anomaly (CA) effect. But in the auroral region and the polar cap, the localised field-aligned currents and the concentrated ionospheric currents can also produce z component.

In this paper, the author discuss the characteristics of the ground effect for geomagnetic disturbances at Syowa. SC's and SI's are mainly examined from the point of view of CA analysis.

Fig.1 shows the geomagnetic record at Syowa for Mar.01 1981. An SC occurs at 11h38m UT. The fact that z component resembles x component is reasonably explained by the coast line effect of Ryuzo Holm Bay. Fig.2 is for Aug.17 1982. In this event of SC which occurs at 00h46m UT, the shape of z component differs from that of x component. The simple CA mechanism cannot be adopted for this event. We must find another mechanism to produce z component which is not similar to x component.

At the lecture, the occurrence characteristics of the second type SC will be discussed.

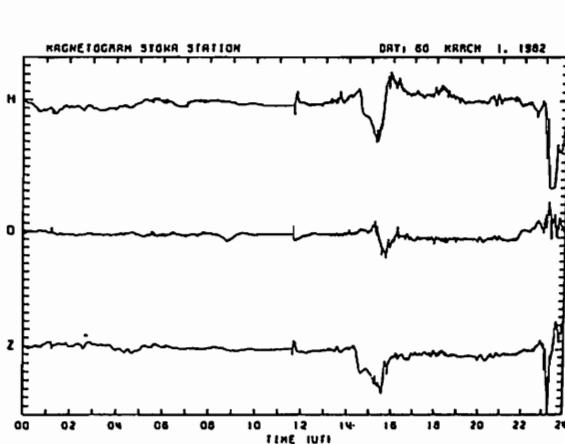


Figure 1 Geomagnetic record at Syowa on March 01 1982.

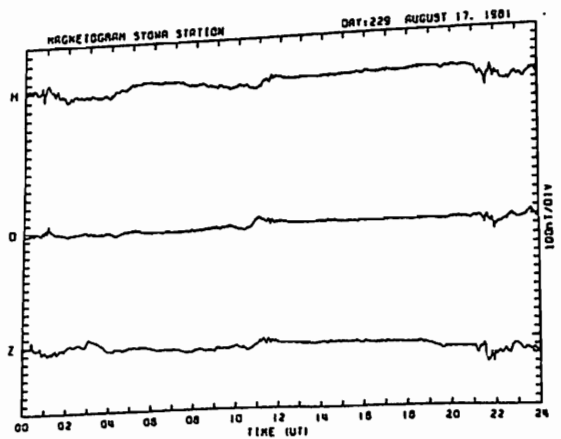


Figure 2 Geomagnetic record at Syowa on August 17 1981.