

# 第96回

地球電磁気・地球惑星圏学会講演会

96th SGEPPSS FALL MEETING

## 講演予稿集

### *ABSTRACTS*

と き 1994年10月18日(火)～21日(金)

ところ 名古屋大学東山キャンパス

*October 18-21, 1994*

*Nagoya University*

地球電磁気・地球惑星圏学会

Society of Geomagnetism and Earth, Planetary and Space Sciences

(SGEPSS)

# 地球電磁気・地球惑星圏学会

Society of Geomagnetism and Earth, Planetary and Space Sciences

(SGEPSS)

## 第96回総会・講演会プログラム

日時 1994年10月18日(火)～21日(金)

場所 名古屋大学東山キャンパス(豊田講堂及びシンポジオン)

〒052 名古屋市千種区不老町

Tel. 052-781-5111 (ex. 5107 or 5106)

Fax. 052-789-4313

会場	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
10/18 (火)	A		磁気圏プラズマ波動	(昼休み)	磁気圏 プラズマ波動	運営委員会(名大STE研東山分室会議室)								
	B		フォーラム	(昼休み)	フォーラム									
10/19 (水)	A		電離圏	(昼休み)	電離圏 磁気圏結合	オーロラ ダイナミクス	評議員会 (名大STE研 東山分室会議室)							
	B		ULF波動		電気伝導度・地殻活動電磁気学									
	C		太陽圏	(昼休み)	太陽風磁気圏 相互作用	SL9彗星の 木星衝突								
10/20 (木)		ポスターセッション(P会場)		(昼休み)	特別講演会 (A会場)	総会(A会場)		懇親会 (アメニティーハウス1F・ フレンドリー南館)						
10/21 (金)	A		磁気圏構造1・2		(昼休み)	磁気圏構造2(GEOTAIL)		外圏研究会 (会場は 別途通知)						
	B		固体惑星・ ダイナモ	岩石磁気・古地磁気・ 海洋磁気異常	(昼休み)									
	C		大気圏化学・放射		(昼休み)	大気圏力学								

注)・A会場(シンポジオン)、B会場(豊田講堂第1集會室)、C会場(豊田講堂第2集會室)、P会場(豊田講堂ロビー)  
・フォーラム及び小集會は10/21(金)午後のB会場もしくは昼休みの全会場を使用可。

- 講演時間12分(発表10分 討論2分)または講演時間6分(討論なし)を厳守して下さい。
- 講演時間6分の発表論文は、ポスターセッションでの発表も併せ行うことができます。
- 休憩時間中(24分休憩の前後6分間、休憩は合計36分間)に各セッションの座長の推薦によるポスターハイライトが講演されます。
- スライドプロジェクター、オーバーヘッドプロジェクター各1台が同時使用可能です。
- ポスターは、4日間展示できます。できるだけ初日より展示して下さい。
- 「フォーラム」の案内は、プログラム中にあります。



# PROGRAM AT A GLANCE

## 96th SGEPSS FALL MEETING

		9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
10/18(Tue)	A			Plasma Waves in the Magnetosphere	(Lunch)	Plasma Waves in the Magnetosphere					
	B			Forum	(Lunch)	Forum					
10/19(Wed)	A			Ionosphere	(Lunch)	Ionosphere-Magnetosphere Coupling		Auroral Dynamics			
	B			ULF Waves		Electric Conductivity & Tectonoelectromagnetism					
	C			Heliosphere	(Lunch)	Solar Wind-Magnetosphere Interaction		Collision of Comet Shoemaker-Lavvy 9 with Jupiter			
10/20(Thu)			Poster Session (P)	(Lunch)	SGEPSS Lecture (A)	Plenary Meeting (A)				Buffet Party	
10/21(Fri)	A			Magnetosphere 1 & 2	(Lunch)	Magnetosphere 2 (GEOTAIL)					
	B		Solid Planet & Dynamo	Rock Magnetism, Paleomagnetism & Marine Magnetic Anomaly	(Lunch)					Forum	
	C			Atmospheric Chemistry & Radiation	(Lunch)	Atmospheric Dynamics					

A (Nagoya Univ. Symposion) B (Toyoda Auditorium, R-1) C (Toyoda Auditorium, R-2) P (Toyoda Auditorium, Lobby)  
 Nagoya University Phone: 052-781-5111 Ext. 5107 or 5108 Fax: 052-780-4313

**講演番号の読み方**

オーラル ポスター発表付き

**A11-01P**

会場名: A 第1日 午前 (2:午後) 講演順

ポスター

**A11-P01**

関連セッション名 ボード番号

---

**Paper Information Key**

ORAL Oral+Poster

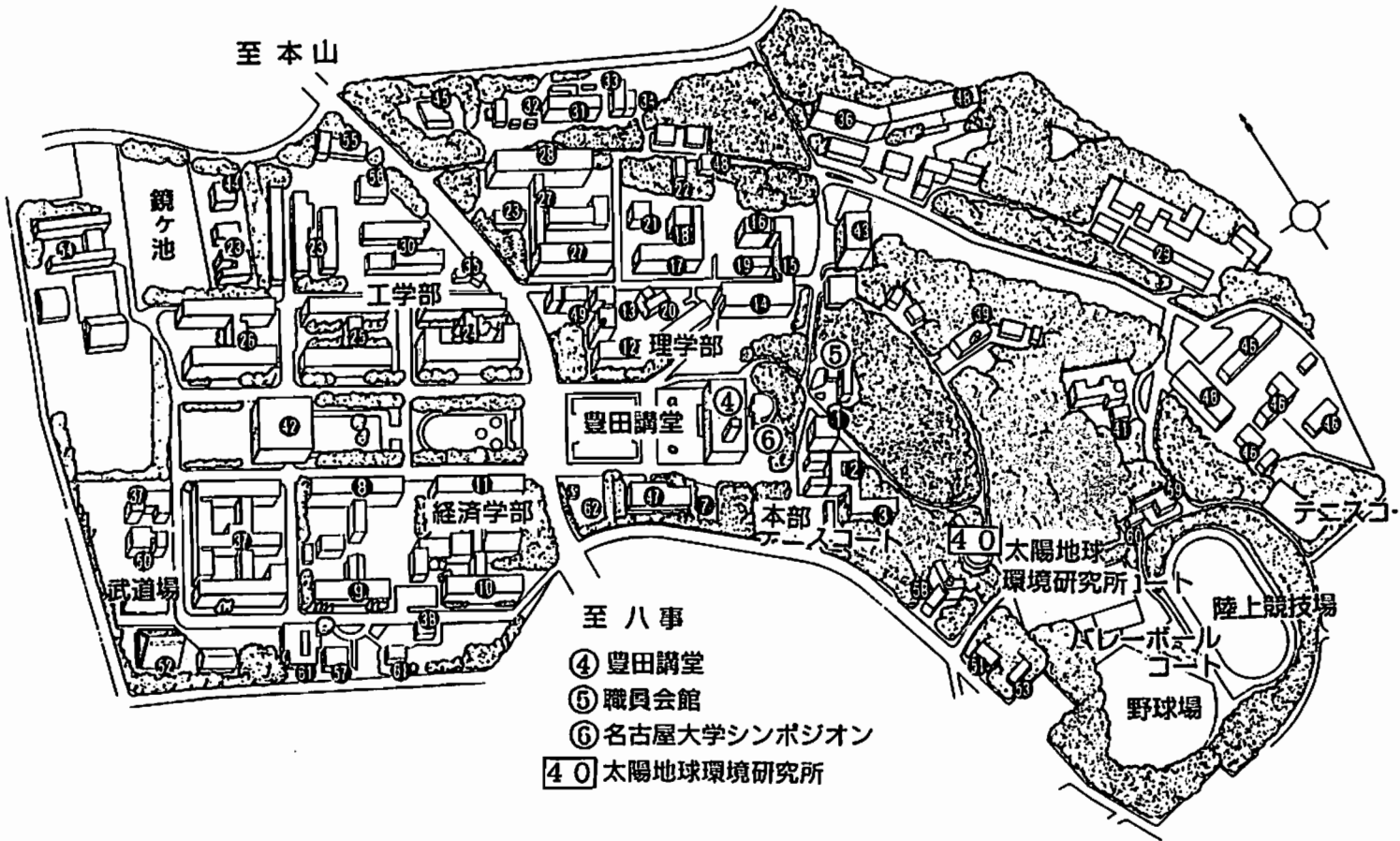
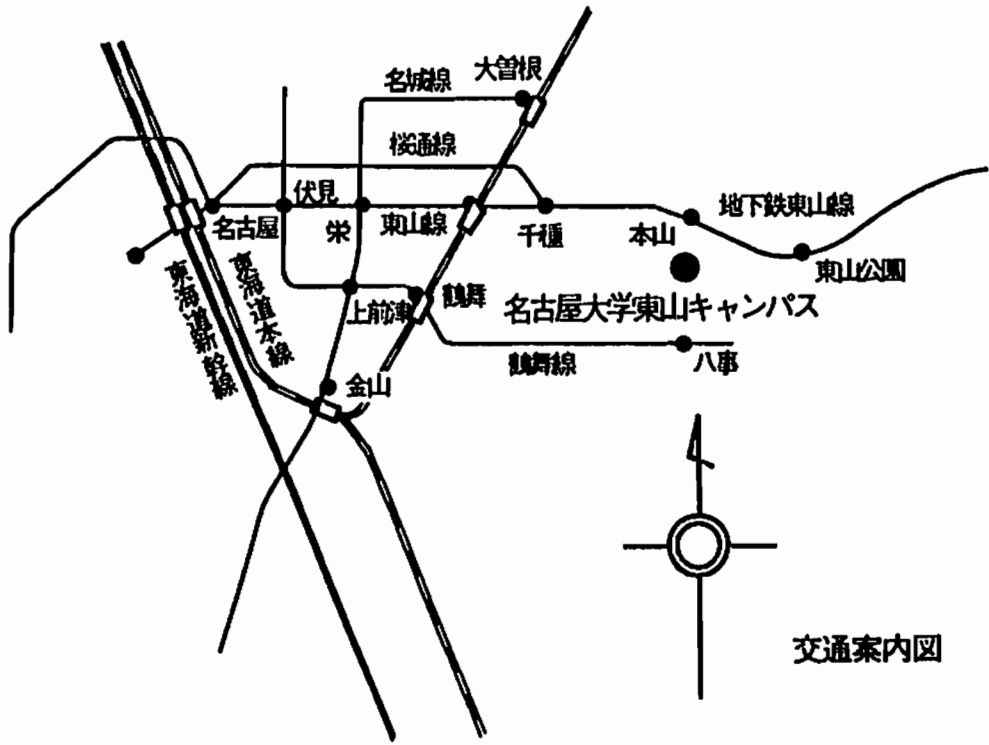
**A11-01P**

Hall-A The First Day AM (2:PM) Paper's Position

POSTER

**A11-P01**

Session Name Board Number





# 第 1 日 目

10月18日 (火)

開始時間	A 会場	B 会場	C 会場
		フォーラム	
		フォーラム 名称 極冠域の物理 世話人 林 幹治 (東大理) 小原隆博 (宇宙研) 塩川和夫 (名大STE研) 日時 10月18日 (火) 10:25~17:30 場所 B会場	
	A11 磁気圏プラズマ波動 座長 飯島雅英 (東北大理) 橋本弘蔵 (東京電気大)		
10:30	A11-01 静電的プラズマ波動から電磁波へのエネルギー変換過程におけるブルースター角の効果 飯島雅英、大家 寛		
10:42	A11-02 あけぼの衛星一地上同時観測によるオーロラ粒子降下に伴う静電的プラズマ波動の励起 小野高幸、大家 寛		
10:54	A11-03 AKR電波の放射角特性 森岡 昭		
11:06	A11-04 あけぼのVLFによる広範囲な領域でのアンテナインピーダンス測定 橋本弘蔵、木村磐根、岡田敏美、松岡彩子、長野 勇		
11:18	A11-05 あけぼの衛星で観測されたELF/VLF波動とイオンコネクスの関連 細田智久、笠原楨也、木村磐根、向井利典		
11:30	A11-06 Direction Finding for VLF/ELF Radio Waves Based on Bayesian Information Criterion M. Hirari、早川正士		
11:42	A11-07 $f > \frac{1}{2}f_H$ 領域におけるVLF波の磁気圏内伝搬について 松尾敏郎、木村磐根		
11:54	A11-08 あけぼの衛星で観測された低高度赤道域におけるオメガ信号の伝搬特性 大前拓也、引馬章裕、笠原楨也、木村磐根、長野 勇		
12:06	A11-09 Lightning and Whistler Waves in the Jovian Ionosphere and Magnetosphere 芳原容英、永井 健、太田健次、O.A. Molchanov、早川正士		
12:18	A11-10 ホイスラ波動法線分布の高度及び周波数依存性 中村義勝		

(●ポスター)

A11-P31 斜め伝搬プラズマ波不安定性の観測過程  
L. Borda de Água, 大村善治, 松本 絃, A.L.  
Brinca

A11-P32 プラズマポーズ域におけるELF波動の衛星観  
測 (EXOS-Dサーチコイルデータ解析)  
劉 洪, 林 幹治, 園分 征

(12:30 昼休)

A12 磁気圏プラズマ波動 — 続き —  
座長 中村 匡 (宇宙研)  
岡田雅樹 (極地研)

13:30 A12-01 On the Structure of Ducts for LF  
Whistlermode Signals as Deduced from Multi-  
stationed Measurements in the Magnetic  
Conjugate Area at Low Latitudes  
岩田 晃, 田中義人, 西野正徳

13:42 A12-02 外部プラズマ圏におけるホイッスル誘起ヒスの発  
生モデル  
恩藤忠典

13:54 A12-03 Stability of Intermediate MHD Shock  
Waves  
羽田 亨

14:06 A12-04 電波放射による再突入宇宙機近傍のプラズマ層  
計測の3次元計算機実験  
山根正也, 臼井英之, 松本 絃

14:18 A12-05 電離層加熱実験における不均一プラズマと高周  
波電磁波の相互作用に関する計算機実験  
上田裕子, 大村善治, 松本 絃

14:30 A12-06 任意境界電磁粒子コードの開発と応用  
岡田雅樹, 大村善治, 松本 絃, 江尻全機

14:42 A12-07 Can We Split Super-Particles?  
中村 匡

(14:54 ポスター説明+終了)

開始時間	A 会場	B 会場	C 会場
	A21 電離圏 座長 品川裕之 (名大STE研) 山本 衛 (京大超高層)	B21 ULF 波動 座長 利根川豊 (東海大工) 湯元清文 (名大STE研)	C21 太陽圏 座長 村木 綾 (名大STE研) 丸橋克英 (通総研)
9:00	A21-01 熱圏-電離圏結合モデル (1) 品川裕之	B21-01 Characteristics of Storm Time Geomagnetic Variations Observed in Low Latitudes 角村 悟	C21-01 On the Unsolved Problems of the Solar Activity G. コチャロフ
9:12	A21-02 熱圏大気ダイナミクスの計算機シミュレーション 藤原 均、前田佐和子、福西 浩、T.J. Fuller-Rowell、D.S. Evans	B21-02 Global Structure of Geomagnetic Pulsations Associated with SSC's 利光一郎、糸長雅弘、北村泰一	C21-02 Radial Gradients of the Galactic and Anomalous Cosmic Rays Observed from 1978 to 1993 藤井善次郎、F.B. McDonald
9:24	A21-03 MUレーダー観測による電離圏/熱圏重力波の分散関係 佐藤 充、深尾昌一郎、W.L. Oliver、高見友幸、津田敏隆、山本 衛	B21-03 SCの瞬間的伝播モードの存在と地磁気変化の Onset Timeの意味 荒木 徹、藤谷攝子、湯元清文、塩川和夫、D.Orr、D.K. Milling、G. Rostoker、H. Luhr、H. Singer、角村 悟、山田雄二	C21-03 太陽磁気圏尾部方向からの宇宙線の Excess Flux 藤本和彦、長島一男、R.M. Jacklyn
9:36	A21-04 MUレーダーによる電離圏E/F領域イレギュラリティの同時観測 山本 衛、深尾昌一郎	B21-04 Pi3型磁気脈動とマグネットポーズ変動の相関 松岡 均、高橋主衛、湯元清文、塩川和夫、園分 征、山本達人	C21-04 GEOTAIL 衛星による宇宙線異常成分の観測 高島 健、道家忠義、菊池 順、林 孝義、逸見憲史、長谷部信行、藤井雅之、小林正規、三島 靖、柳町朋樹、中本 淳、村上浩之、宗像一起、加藤千尋、永田勝明、柳田昭平、河野 毅、西田篤弘
9:48	A21-05 MUレーダーによるE領域沿磁力線イレギュラリティ準周期構造の研究 林 正則、山本 衛、深尾昌一郎	B21-05 GEOTAIL 衛星で観測された Pc3型地磁気脈動の空間分布 恒川達也、高橋主衛、湯元清文、園分 征、山本達人	C21-05 宇宙線太陽時及び恒星時日変化の南北両半球観測 宗像一起、安江新一、森 覚、北和田尚志、藤井善次郎、藤本和彦、榎原志津子、J.E. Humble、K.B. Fenton、A.G. Fenton、M.L. Duldig
10:00	A21-06 MUレーダーで観測された Es 層不規則構造の運動と乱流 小川忠彦、山本 衛、深尾昌一郎	B21-06 非等方伝導性電離層境界条件下の磁気圏空洞-磁力線結合振動 吉川順正、糸長雅弘、北村泰一	C21-06 1990年5月24日の太陽中性子現象 小井辰巳、村木 綾、佐藤元則、榎原志津子、柴田祥一、高橋一偉、M.A. Shea、D.F. Smart
10:12	A21-07 The MU Radar and the Freja Satellite Conjugate Observation of the Mid-latitude Electric Field Fluctuations 齊藤昭則、家森俊彦、L.G. Blomberg、G.T. Marklund、山本 衛、竹田雅彦	B21-07 Global Structure of ULF Waves Observed in the Polar Region 利根川豊、海老原祐輔、岩田直久、林 幹治 (10:24 ポスター説明+休憩)	C21-07 惑星間空間シンチレーションによる太陽風加速域での速度測定 徳丸宗利、近藤哲朗、森 弘隆、田中高史
10:24	(10:24 ポスター説明+休憩)		C21-08 惑星間空間シンチレーション (IPS) 観測による太陽近傍における太陽風プラズマのふるまい 山内洋平、三澤浩昭、小島正宜、森 弘隆、田中高史、近藤哲朗、徳丸宗利、P.K. Manoharan



10:36			<p>C21-09 A Fermi Acceleration Event at an Interplanetary Shock Wave on Feb. 21, 1994: GEOTAIL Observation 寺沢敏夫、斎藤義文、向井利典、ほかLEPチーム、前沢 潤、B. Wilken、永田勝明、ほかHEPチーム、山本達人、國分 征、ほかMGFチーム、西田篤弘、長井嗣信</p>
11:00	<p>A21-08 赤道電離圏のモデリング —<math>dh^+F/dt</math>はどこまで電場を表すか?— 丸山 隆</p>	<p>B21-08 周期的パルセーティングオーロラに伴う非共役性地磁気脈動 佐藤夏雄</p>	(10:48 休憩)
11:12	<p>A21-09 静穏日における中緯度F領域電場の日変動特性と磁気共役点効果 高見友幸、W.L. Oliver、深尾昌一郎</p>	<p>B21-09 EXOS-D Satellite Observation of FAC's and Associated ULF Waves in the Cusp Region in Response to Field Variations of IMF By Component 桜井 亨、岩田直久</p>	<p>C21-10P Minimum Entropy/Energy Production Rate Principle in the Wave-Shock System 羽田 亨</p>
11:18			<p>C21-11 M型地磁気嵐を起こす太陽 Flare Nestの対称性 斎藤尚生、森 洋介、松浦善博、小塚幸央、小島正宜</p>
11:24	<p>A21-10 ライダーによるNas層とイオノゾンデによるEs層の同時観測(1) 阿保 貞、長澤親生、五十嵐喜良、永山幹敏</p>	<p>B21-10 南極AGO無人観測網で観測されたPc1-2脈動 堀西 浩、田口 貞、林 幹治、L.J. Lanzerotti</p>	
11:30			<p>C21-12 Rotation of the Large-Scale Solar Magnetic Field and Its Influence on the Interplanetary Magnetic Field 小塚幸央、小島正宜、斎藤尚生</p>
11:36	<p>A21-11 赤道帯電離圏の電子温度・電子密度—観測と理論の比較— 蘇 元智、小山孝一郎、G. Bailey、高橋忠利、渡部重十、大家 寛</p>	<p>B21-11 Dependence of Pi2 Occurrence Probability on Solar Wind Parameters 伊藤孝夫</p>	
11:42			<p>C21-13P 太陽面活動域起源の惑星間空間磁場 中川朋子</p>
11:48	<p>A21-12 Study of E-region Neutral Wind with ELSCAT Radar Observations 野澤悟徳、上出洋介、藤井良一、アスゲイア・ブレッケ</p>	<p>B21-12 Characters of Pi 2 Pulsations Observed at Northern Stations of the 210° MM Chain 大崎裕生、湯元清文、堀川和夫、田中義人、S.I. Solov'yev、G. Krymskij、E.F. Vershinin、V.F. Osinin、210度地磁気多点観測グループ</p>	<p>C21-14 「ユリシーズ」で観測された回帰性低速太陽風の起源 渡辺 裕、小塚幸央、小島正宜</p>

開始時間	A 会場	B 会場	C 会場
12:00	A21-13 Derivation of Electron Spectra Derived from EISCAT CP Data at an sc 藤井良一、野澤悟徳、佐藤真理子、松浦延夫、A. プレッケ、C. ホール、T.L. ハンセン	B21-13 A Comparison Between Aurora Modulation and Equatorial Pi2 Geomagnetic Pulsation 渡辺 修、坂 翁介、北村泰一、門倉 昭	C21-15 金星軌道と地球軌道の太陽風磁場比較 丸橋克英
12:12	A21-14 Feasibility Study of Plasmaspheric Helium Observation by S-520-19 Rocket Measurement 吉川一朗、中村正人、山下廣順、国枝秀世、平原聖文、斎藤義文、山崎 孝、滝澤慶之、池田一昭	B21-14 Equatorial Localized Phase Differences of Pc4 Type Pulsations 篠原 学、法泉徳子、北村泰一	C21-16 太陽圏外圏における3次元磁場構造の研究 野澤 恵、鷺見治一
12:24	<p style="text-align: center;">(●ポスター)</p> A21-P53 低緯度電離層電場の IMF-Bx 依存性 家森俊彦、竹田雅彦、斉藤昭則、荒木 徹、橋本武志、田中良和  A21-P54 1964年地磁気(Sq場)のUT変化と逐日変化 竹田雅彦  A21-P55 S-310-23号機搭載ファラディ・カップおよびラングミュア・プローブの電気的特性 渡辺勇三  A21-P56 Ionospheric Tomography Campaign in Japan (1) Simulation and Case Study with Real Data 園武 学、大高一弘、石橋弘光、丸山 隆、森岡 昭、渡部重十  A21-P57 Nonperiodic Irregularities in the Mid-latitude Ionosphere Detected by NNSS Satellites 石橋弘光、大高一弘、園武 学、徳丸宗利、丸山 隆  A21-P58 方式の異なる二種類のGPS受信機による電離圏全電子数比較観測 大谷 晃、五十嵐喜良  A21-P59 電離層観測データ分散処理システムの開発 加藤久雄、五十嵐喜良、大谷 晃、水山幹敏  <p style="text-align: center;">(12:24 昼休)</p>	<p style="text-align: center;">(●ポスター)</p> B21-P73 A Strong Dawn/Dusk Asymmetry in Pc5 Pulsation Occurrence Observed by the DE-1 Satellite 能勢正仁、家森俊彦、杉浦正久、J.A. Slavin  B21-P74 ケルビンヘルムホルツ不安定性により生じたMHD波のスペクトル構造 藤田 茂、カールハインツ、グラスマイヤー  B21-P75 昼側Pc3脈動のあけぼの衛星と地上210°磁気計チェーンの同時観測の解析 郡司美智子、坂野井健、福西 浩、湯元清文、塩川和夫、早川 基  B21-P76 赤道Pi2と、それに対応する磁気圏ダイナミクス 坂 翁介  B21-P77 HFD観測データにみられるPi2領域の脈動(1) 中村祐史、柴田 喬、奥澤隆志  B21-P78 Spatial Variation of the Amplitude and Phase of Pi2 Pulsations 高橋主衛、大谷普一、B.J. Anderson  <p style="text-align: center;">(12:24 昼休)</p>	C21-17 惑星の衛星系へのTitius-Bodeの法則適用の可能性 高橋八郎、矢作直弘  <p style="text-align: center;">(●ポスター)</p> C21-10P Minimum Entropy / Energy Production Rate Principle in the Wave-Shock System 羽田 亨  C21-13P 太陽面活動域起源の惑星間空間磁場 中川朋子  <p style="text-align: center;">(12:36 昼休)</p>

13:00		<p>B22 電気伝導度・地殻活動電磁気学 座長 半田 駿 (佐賀大教養) 歌田久司 (東大地研)</p>	
13:12		<p>B22-01 2次元MTインバージョンにおけるブロックの個数について 本蔵義守、小川康雄</p>	
13:24	<p>A22 電離圏磁気圏結合 座長 小山孝一郎 (宇宙研) 三宅 互 (通総研)</p>	<p>B22-02 マントルの電気伝導度 松島政貴、山崎英樹、本蔵義守</p>	<p>C22 太陽風磁気圏相互作用 座長 南 繁行 (大阪市大) 高橋主衛 (名大STE研)</p>
13:30	<p>A22-01 高緯度/高高度における電子温度プロファイルの一般的描像 小山孝一郎、阿部琢美</p>	<p>B22-03 フィリピン海プレートの電気伝導度分布 (序報) 藤井郁子、歌田久司、湯元清文</p>	<p>C22-01 Influencing Factors on the Shape and Size of the Post-Terminator Magnetopause S.M. Petrinec、高橋主衛、C.T. Russell</p>
13:36		<p>B22-04 対馬海盆の電気伝導度構造 (I) 一北岳夫、歌田久司、神田 徑、伊勢崎修弘</p>	
13:42	<p>A22-02 EXOS-D/SMSによって観測された極域電離層上部でのイオン加熱 渡部重十、阿部琢美、佐川永一、B.A. Whalen、A. W. Yau</p>		<p>C22-02 Reconnection か Diffusion か 小口 高</p>
13:48		<p>B22-05 Preliminary Results of Two-Dimensional Inversion of Magnetotelluric Data of the North-eastern Part of the Japan Arc 川上則明、藤縄幸雄、T.H. Asch、高杉貞司</p>	
13:54	<p>A22-03 Multiple Structure of Polar Arc Observed from Akebono (EXOS-D) Satellite 小原隆博、向井利典、早川 基、鶴田浩一郎、西田篤弘、福西 浩、坂野井健</p>		<p>C22-03 太陽風磁場の磁気圏内侵入 松浦延夫</p>
14:00		<p>B22-06 地磁気擾乱水平成分振幅に見られる局地性 一島取泉中部、三朝 (MSS) の例 宮腰潤一郎</p>	
14:06	<p>A22-04 Band-like Lack of Ions Around 10 keV Observed by the Akebono and the GEOTAIL Satellites 白井仁人、前沢 洸、藤本正樹、向井利典、賀谷信幸</p>		<p>C22-04 Field-Aligned Current and Plasma for Northward IMF 中川雅之、飯島 健</p>
14:12		<p>B22-07 Three-dimensional Thin Sheet Model Study of the Induction Vectors Observed in the Vicinity of Japan 藤 浩明、藤原 智</p>	



# 第 2 日 目

10月19日 (水)

開始時間	A 会場	B 会場	C 会場
14:18	A22-05 Diffuse-Discrete オーロラ境界の磁気圏への投影とその磁気活動度依存性 浅井佳子、白井仁人、前沢 洵、向井利典、賀谷信幸		C22-05 磁気嵐初相の地磁気変化の南北非対称性について 湯元清文、松岡 均、塩川和夫、田中義人、210度地磁気観測グループ
14:24		B22-08 東北日本南部 (38~39° N) における地磁気変化観測 瀬戸正弘、北村保夫	
14:30	A22-06 Evaluation of the Anomalous Crossfield Diffusion in the Magnetosphere: Cause of the Triple Structure of Nightside Field-Aligned Currents 山本 隆、尾崎政男	(14:36 ポスター説明+休憩)	C22-06 磁気嵐の統計的性質 横山信博、上出洋介
14:42	A22-07 'Convection Dynamo' Theory of Geomagnetic Storms and Substorms: Energy Transfer Processes Involved in the Magnetospheric Convection 中川晃成		C22-07 地磁気活動度の日変化 坂井麻里子、前沢 洵
14:54	A22-08 PPB (Polar Patrol Balloon) X線観測と昭和基地・アイスランド地上観測による高エネルギー降下粒子脈動現象の解析 下林 央、平島 洋、鈴木裕武、村上浩之、山岸久雄、佐藤夏雄、西野正徳、山崎一郎、山上隆正、並木道義、小玉正弘		C22-08 サブストームと磁気中性面電流の分布 中井 仁、上出洋介
15:00		B22-09 別府一島原地溝帯西部でのCA 半田 駿	
15:06			C22-09 オーロラ活動度に及ぼす星間物質の長期変動 南 繁行、三尾野重義、鈴木 裕

(●ポスター)

A22-P60 Daytime Field-Aligned Current System  
During Vanishingly Small IMF Condition  
波辺正和、飯島 健、中川雅之、T.A. Potemra、S.  
Ohtani、P.T. Newell

A22-P61 あけぼの衛星で観測されたプラズマシート内  
部領域沿磁力線加速現象  
坂野井健、福西 浩、向井利典、早川 基、松岡彩  
子

A22-P62 夜側オーロラ・オーヴァル極側境界領域の沿磁  
力線電流と電離層電気伝導度  
長妻 努、福西 浩、向井利典、早川 基、松岡彩  
子

A22-P63 北向きIMFサブストーム  
佐藤良理子、上出洋介、J.D. Craven、L.A. Frank

A22-P64 Behavior of the Shear Alfvén Waves  
under the Comparable Condition of the Alfvén  
Wave Conductance and Ionospheric  
Conductivities  
吉川順正、糸長雅弘、北村泰一

A22-P65 イオンコニックの高度変化のモデル化  
三宅 互、向井利典、賀谷信幸

(15:06 ポスター説明+休憩)

15:12

15:24

15:36

A22 オーロラダイナミクス  
座長 西谷 望(名大STE研)  
石井 守(通総研)

15:42

A22-09 極域電離層におけるオーロラ脚度と電気伝導度  
との関係(IV)  
石井 守、家森俊彦、杉浦正久、木村和典、J.A.  
Slavin、J.D. Craven、L.A. Frank、J.D.  
Winningham

(●ポスター)

C22-P79 Dst index, Ap indexを考慮に入れた地磁気静  
穏日の判定についての一考察  
波辺優子、亀井豊水

C22-P80 平行衝撃波の再形成に関する計算機シミュレ  
ーション  
島津浩哲、町田 忍、田中基彦

C22-P81 A Case Study of Transient Event Motion  
in the Magnetosphere and in the Ionosphere  
G.I. Korotova、D.G. Sibeck、高橋主衛

C22-P82 Spotting FTEs: An Interactive Poster  
D.G. Sibeck、高橋主衛

(15:18 ポスター説明+休憩)

B22-10 雲仙岳の火山活動と地下熱水系の変動  
—自然電位と比抵抗—  
橋本武志、田中良和

B22-11 油壺における比抵抗変化の原因について  
歌田久司、吉野登志男、行武 毅

B22-12 見掛け比抵抗の時間変化  
—沼津付近の長基線地電位の場合—  
高山寛美

# 第 2 日 目

10月19日 (水)

開始時間	A 会場	B 会場	C 会場
15:48		B22-13 Electromagnetic Field Variations Associated with Pore Water Motion in the Focal Region Olga Mazhaeva、藤縄幸雄、Oleg Molchanov	C22 S-L9 彗星の木星衝突 座長 近藤哲朗 (通総研) 三澤浩昭 (名大STE研)
15:54	A22-10 サブストーム時のダイポーラリゼーションに伴う磁場ストレス変化の考察 飯島 健		C22-10 Shoemaker-Levy 第9彗星衝突時の木星面の光学観測 林 貞智、田口 真、高橋幸弘、長妻 努、山中 元、黒須 潔
16:00		B22-14 伊豆北東部での全磁力変化 —1993年5・6月群発地震活動以後— 大志万直人、笹井洋一、石川良宣、本蔵義守	
16:06	A22-11 Further Evidence for the Coexistence of Two Systems in the Equipotential Patterns During Substorms 上出洋介、B.A. エメリー	(16:12 休憩)	C22-11 S-L9 彗星の木星磁気圏通過及び衝突にかかわる木星デカメータ電波の極端増大 大家 寛、森岡 昭、飯島雅英、小野高幸、村尾 一
16:18	A22-12 低緯度オーロラ中のDMSP・あけぼの衛星観測 (L = 2.5 - 4 での異常な Substorm Onset) 塩川和夫、湯元清文、西谷 望、P.T. ニューウェル、C.I. メング、阿部琢美、小山孝一郎、松岡彩子、早川 基		C22-12 X-ray Observation of the Jovian Impact of Comet Shoemaker-Levy 9 寺田健太郎、根来 均、林田 清、北本俊二、常深 博、大家 寛、小野高幸、森岡 昭、田原 諒、向井利典、星野真弘、寺沢敏夫
16:24		B22-15 1986年伊豆大島火山噴火におけるマグマ貫入事件に伴う火山地磁気効果 笹井洋一	
16:30	A22-13 オーロラサブストーム時における地磁気変動の共役性 橋本久美子、佐藤夏雄		C22-13 Observations of Jovian Decametric Radiation in the SL9 Impact Period 前田耕一郎、時政典孝、黒田武彦
16:36		B22-16 北海道南西沖地震による地磁気変化の再検討 藤原 智	
16:42	A22-14 Corrected Two-Dimensional Dynamics of All-Sky TV Images 林 幹治		C22-14 HiRASによるSL9木星衝突時の木星電波観測結果 近藤哲朗、磯辺 武
16:48		B22-17 丹那地域空中磁気異常のノルム最小化逆解析 中塚 正	
16:54	A22-15 オーロラTV画像のニューラルネットワークによる認識 麻生武彦、松本孝史、Urban Brändström、Åke Steen		C22-15 GEOTAIL/SFAによるShoemaker-Levy 彗星・木星衝突時のキロメータ電波サーベイ 笠羽康正、小嶋浩嗣、松本 紘、筑波 聡、小泉純子、長野 勇、橋本弘蔵、村田健史、濱田宏昭、三宅社聡、堀山聡子



17:00

17:06

A22-16 Observations of the Formation of Two Auroral Arc System in the Premidnight Sector: A Case Study from Viking and DMSP Measurements  
西谷 望、H.B. Vo、J.S. Murphree、R.D. Elphinstone、P.T. Newell、S. Ohtani、F. Rich

17:12

17:18

A22-17 アニメーションによるグローバルオーロラダイナミックスの研究  
金田栄祐、篠原 育

(●ポスター)

A22-P66 教育用オーロラ発光演示装置  
南 繁行、鈴木 裕、上出洋介

A22-P67 昼側オーロラの特徴  
巻田和男、鮎川 勝、山岸久雄、江尻全機、西野正徳

A22-P68 プロトンオーロラとトーチ構造の関係  
高橋幸弘、福西 浩、向井利典

A22-P69 Magnetospheric Particle Simulation in a Large Magnetic Storm: Production of a 'Low Latitude' Aurora  
宮岡 宏、江尻全機

A22-P70 オーロラサブストーム時のCNA領域の運動の共役性  
藤田裕一、芳野超夫、山岸久雄、佐藤夏雄、行松 彰

A22-P71 電離層吸収測定のための静穏日変化の特性  
岩崎伸幸、西野正徳、田中義人

A22-P72 カスプ/クレフト域における電離層吸収とオーロラの対応  
西野正徳、田中義人、林 幹治、巻田和男、J.A. Holtet

(17:30 ポスター説明+終了)

B22-18 宮城県北部地震活動域における磁気異常と磁化構造モデル  
大谷冬彦、本蔵義守

B22-19 浅間火山の浅層磁化強度の推定  
牧野雅彦、中塚 正、大熊茂雄

(●ポスター)

B22-P01 キュリー点深度を変化させた時のBEM一表面積分法を用いたビエソ磁気効果の試算  
坂中伸也、大志万直人、住友則彦

B22-P02 EMSPACOM: ElectroMagnetic Study of the Pacific Asthenospheric Conductor and Oceanic Mass-transport-Part I. Magnetotelluric Results  
グラハム・ハインソン、藤 浩明、アントニー・ホワイト、瀬川爾朗

B22-P03 水平成分の地磁気変換関数の分布  
藤原 智、藤 浩明

B22-P04 阿蘇中岳火口近傍の地磁気全磁力変化(1994)  
田中良和、橋本武志、増田秀晴

(17:24 終了)

(●ポスター)

C22-P83 SL-9 彗星の木星への接近・衝突は木星磁気圏の高エネルギー電子量へ影響したか?  
三澤浩昭、波辺 裕、丸山一夫

C22-P84 SL-9 彗星の木星衝突に関わる木星デカメータ電波の干渉計観測  
村尾 一、大家 寛、森岡 昭、小野高幸、飯島雅英

C22-P85 S-L9 彗星の磁気圏通過にともなう木星電波特殊Sバーストの発生  
村上利幸、大家 寛、森岡 昭、小野高幸、飯島雅英

(17:06 ポスター説明+終了)

時 間	
8:30~12:00	ポスターセッション (P会場)
13:00~15:00	<p>特別講演会 (A会場)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 惑星物質の研究手法 東京大学宇宙線研究所教授 山越和雄</li> <li>2. プラズマ波動とマイクロ不安定の最近の研究 京都大学超高層電波研究センター長 松本 紘</li> <li>3. 大気化学と物質循環 名古屋大学太陽地球環境研究所教授 岩坂泰信</li> </ol>
15:00~17:00	第96回総会 (A会場)
18:00~21:00	懇親会 (アメニティーハウス1F・フレンドリー南部)

開始時間	A 会場	B 会場	C 会場
<p>9 : 00</p> <p>9 : 12</p> <p>9 : 24</p> <p>9 : 36</p>	<p>A41 磁気圏構造 1 座長 樋口知之 (統計数理研) 藤本正樹 (名大理)</p> <p>A41-01 Structure of the Polar Cap and Magnetosphere Depending on the IMF Orientation 萩野竜樹</p> <p>A41-02 Computer Simulation of Ring Current Proton Nose Formation 江尻全機、高村直也、遠山文雄、宮岡 宏</p> <p>A41-03 磁気圏境界に於けるケルビン・ヘルムホルツ不安定のマグネトシース中の磁場の向きに対する依存性 三浦 彰</p> <p>A41-04 Minimum Variance Analysisの推定誤差評価へのBootstrap法の応用 樋口知之、河野英昭</p> <p>(●ポスター)</p> <p>A41-P33 火星探査機 PLANET-B搭載用静電分析器の開発 (2) 伊藤容生、町田 忍、斎藤義文、早川 基、向井利典、三宅 互</p> <p>A41-P34 太陽風速度の変動に対する地球磁気圏の応答 榊原和征、萩野竜樹</p> <p>A41-P35 The Dependence of Magnetospheric Currents on the Dipole Tilt Angle 日下 拓、飯島 健、Potemra, J.A., Zanetti, L. J., Ohtani S.-I.</p> <p>A41-P36 「あけぼの」によって観測された極冠域に於ける熱的下降イオン 渡辺成昭、佐川永一、巖本 巖、B.A. ウェーレン、A.W. ヤウ、向井利典、早川 基</p>	<p>B41 固体惑星・ダイナモ 座長 横山由起子 (職業訓練大)</p> <p>B41-01 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>粒子の赤外吸収スペクトルと新生成法 埴内千尋、木村誠二、亀井和彦、芝 直基、齋藤嘉夫、小池千代枝</p> <p>B41-02 回転球殻中のMHDダイナモ 陰山 聡、渡辺國彦、佐藤哲也</p> <p>B41-03 On the Linear Stability of <math>\alpha^2\omega</math>-Dynamo for Various Inner Core Size 日向清孝、濱野洋三</p> <p>B41-04 地磁気逆転のカップルド・マップ・ラティスマデル 関 雅幸、伊東敬祐</p> <p>(●ポスター)</p> <p>B41-P05 地磁気30年変動の特徴と核-マントル結合機構の考察 横山由起子</p>	<p>C41 大気圏化学・放射 座長 岡野章一 (東北大理) 北 和之 (東大理)</p> <p>C41-01 春期の対流圏の湿度分布とエアロゾル 権 成顔、岩坂泰信、柴田 隆、小塩哲郎、酒井 哲、足立 宏</p> <p>C41-02 He-Neレーザーを用いた測定による水田からのメタン発生量の推定 佐野琢己、北 和之、藤原正智、村田 功、小川利敏</p> <p>C41-03 Ground Surface Measurements of Nitrogen Oxide and Ozone in New Zealand Rosalina、小池 真、近藤 豊、W.A. Matthews</p> <p>C41-04 PEM-West-B国際共同航空機観測 近藤 豊、小池 真、中島英彰、川上修司、家田正彦</p>



開始時間	A 会場	B 会場	C 会場
	<p>A41-P37 「あけぼの」RDMで観測された磁気嵐に伴う放射線帯粒子の構造変化(その2) 行松 彰、高木俊治、寺沢敏夫、長井嗣信、河野毅、楨野文命、江尻全機</p> <p>A41-P38 A Pair of Slow Shocksによる粒子の統計的加速(Monte Carlo Simulation) 島田延枝、寺沢敏夫</p> <p>A41-P39 2次元電磁ハイブリッドコードによる磁気再結合の研究 中林潤哉、町田 忍</p> <p>A41 磁気圏構造2(GEOTAIL) 座長 橘口知之(統計数理研) 藤本正樹(名大理)</p>		
9:48	<p>A41-05 Geotail Observvntions of Reconnection Events at the Dayside Magnetopause 中村正人、寺沢敏夫、平原聖文、松井 洋、河野英昭、藤本正樹、向井利典、斎藤義文、山本達人、鶴田浩一郎、西田篤弘、園分 征、町田 忍</p>	<p>B41 岩石磁気・古地磁気・海洋磁気異常 座長 野木義史(気象研) 小玉一人(高知大理)</p>	<p>C41-05 Measurement of NOy and NO in PEM-West (B) 中島英彰、近藤 豊、小池 真、川上修司、家田正彦</p>
10:00	<p>A41-06 昼側マグネトポーズで観測されたコーラスエミッションの屈折率およびポインティングフラックスの解析 八木谷聡、長野 勇、塩崎隆広、筒井 稔、橋本弘盛、松本 紘、小嶋浩嗣、A.T.Y. Lui、D.J. Williams</p>	<p>B41-05 汎用深海3成分磁力計の開発 藤本博巳、玉木賢策、佐柳敬造、富士原敏也</p>	<p>C41-06 インドネシアにおけるオゾンゾンデ観測 北 和之、藤原正智、小川利紘、Ninong Komala、Slamat Saraspriya</p>
10:12	<p>A41-07 GEOTAILプラズマ粒子データを用いた突発的電子サイクロトロン高調波の励起機構の検討 白井英之、小泉純子、松本 紘、L.A. Frank、向井利典、W.R. Paterson、町田 忍、斎藤義文、平原聖文、山本達人、園分 征、鶴田浩一郎、岡田敏美</p>	<p>B41-06 大西洋中央海嶺(23°30'N~25°00'N)の地磁気異常と磁化構造 富士原敏也、藤本博巳、古田俊夫</p>	<p>C41-07 インドネシアにおける成層圏オゾンとエアロゾルの観測(1993年11月・12月:ワトコセ) 岩坂泰信、林 政彦、渡辺征春、石坂 隆、Slamat Saraspriya、Sri Kaloka</p>
10:24	<p>(10:24 ポスター説明+休憩)</p>	<p>B41-07 南インド洋エンダビー海盆のフラクチャーゾーンと地磁気異常縞模様様の走向 野木義史、島 伸和、伊勢崎修弘、福田洋一</p>	<p>(10:24 ポスター説明+休憩)</p>

10:36		B41-08 Magnetic Anomaly of the Northern South China Sea (南シナ海北部域の地磁気異常) 仲佐ゆかり、田中朋子、佐柳敏造、木下 肇、日中共同南シナ海プロジェクトチーム	
10:48		B41-09 Jurassic to Mid-Cretaceous Apparent Polar Wander Path of the Pacific plate マサルデシデリウス、玉木賢瑛	
11:00	A41-08 磁気圏尾部境界(ローブ・シース)の構造 鶴田浩一郎、早川 基、松岡彩子、山本達人、中村正人、林 幹治、岡田敏美、園分 征	(11:00 休憩)	C41-08 東京におけるHC <sub>2</sub> 赤外分光観測 村田 功、岩上直幹、小川利敏
11:12	A41-09 マグネトシース領域における広帯域静電波のGEOTAIL衛星による観測 松本 紘、堀山聡子、小嶋浩嗣、筒井 稔、R.R. Anderson、向井利典、L.A. Frank、町田 忍、斎藤義文、平原聖文、K.L. Ackerson、W.R. Paterson、山本達人、園分 征	B41-10 岩石磁気研究用大型磁気シールドルームの製作 小玉一人、竹内 徹	C41-09 ピナツボエアロゾルによる成層圏NO <sub>2</sub> の減少 津久井健太、中島英彰、小池 真、近藤 豊、内野 修、永井智広、藤本敏文
11:24	A41-10 GEOTAILで観測された静電イオン波バースト 筒井 稔、小嶋浩嗣、G.K. Crawford、松本 紘、長野 勇	B41-11 せんだん帯にとまう自然残留磁化と磁気異方性の変化 中井睦美	C41-10 福岡上空のピナツボ起源エアロゾルのライダー観測 安井元昭、野中秀文、白石浩一、進 和美、名倉義信、藤原玄夫
11:36	A41-11 弱電子ビーム不安定性による非線形静電孤立波の励起 大村善治、三宅壮聡、松本 紘、小嶋浩嗣	B41-12 Identification of Greigite and Pyrrhotite in Fine Sediments by a Rock-magnetic Method (Ⅲ) 鳥居雅之、福岡浩二、洪 宗勝、李 徳貴	C41-11 アラスカにおける赤外レーザーヘクトダイン分光計による成層圏オゾン観測 田口 真、岡野章一、重松直子、福西 浩
11:48	A41-12 GEOTAILプラズマ波動観測から見た磁気圏尾部波動特性 濱田宏昭、小嶋浩嗣、村田健史、松本 紘、Greg Crawford、山本達人、園分 征、家森俊彦	B41-13 茨城県北浦における湖底堆積物の残留磁化 岡田 誠、天野一男、菊地義昭、糸田千鶴、萩原幸男	C41-12 Ozone Depletion in the Low Stratosphere Observed at Syowa Station in 1992 趙 永浄、近藤 豊
12:00	A41-13 遠尾部ローブ領域におけるプラズマの運動 松野陽一、向井利典、山本達人、斎藤義文、西田篤弘、園分 征、町田 忍	B41-14 アイスランド北部における鮮新世溶岩の古地磁気方位による溶岩対比の試み 広井 修、河野 長、田中秀文、小塚口剛博	C41-13 スバルバルにおける成層圏エアロゾルのライダー観測 藤原玄夫、白石浩一、岩坂泰信、柴田 隆、林 政彦、長谷正博、近藤幸治
12:12	A41-14 磁気圏尾部ローブ中の多成分イオン流の起源と輸送過程について 平原聖文、向井利典、山本達人、中村正人、町田忍、斎藤義文、寺沢敏夫、西田篤弘、園分 征	B41-15 中国四川省西部(西昌)の白亜紀の古地磁気 玉井雅人、乙藤洋一郎、劉 育燕、魯 連仲	C41-14 中間圏金属原子層に関するライダー測定 長澤親生、阿保 真  (12:24 昼休)
12:24	A41-15 GEOTAIL衛星によるPSBLの研究 家田章正、町田 忍、向井利典、斎藤義文、山本達人、西田篤弘、平原聖文、寺沢敏夫、園分 征	B41-16 Relative Motion between East Asia and Europe: Paleomagnetic Evidence 乙藤洋一郎、松田高明、P.S. ZIMIN	

開始時間	A 会場	B 会場	C 会場
	<p>(●ポスター)</p> <p>A41-P40 GEOTAIL 衛星に搭載された EFD-P による希薄なプラズマにおける電場測定の評価 松岡彩子、鶴田浩一郎、早川 基、山本達人、向井利典、斎藤義文、中村正人、岡田敏美、町田 忍、園分 征</p> <p>A41-P41 電子ブーメラン法 (EFD-B) による電場測定の評価 早川 基、鶴田浩一郎、松岡彩子、山本達人、向井利典、斎藤義文、中村正人、岡田敏美、園分 征、町田 忍</p> <p>A41-P42 Bow Shock 上流域における GEOTAIL-LEP 観測 杉山 徹、寺沢敏夫、河野英昭、向井利典、斎藤義文、他 GEOTAIL/LEP チーム、山本達人、園分 征、他 GEOTAIL/MGF チーム</p> <p>A41-P43 ELF Waves in the Up-stream of the Earth's Bowshock 林 幹治、松井 洋、山本達人、鶴田浩一郎、園分 征</p> <p>A41-P44 The Occurrence of ELF Waves in the Magnetotail and in the Magnetosheath : GEOTAIL Observation 松井 洋、林 幹治、山本達人、鶴田浩一郎、園分 征</p> <p>A41-P45 昼側マグネトポーズで観測されたコーラスエミッションの伝搬特性解析 長野 勇、八木谷聡、塩崎隆広、筒井 稔、橋本弘蔵、松本 紘、小嶋浩嗣、A.T.Y. Lui、D.T. Williams</p> <p>A41-P46 Dayside and Nightside Observations of the Low Latitude Boundary Layer 藤本正樹、西田篤弘、向井利典、斎藤義文、山本達人、寺沢敏夫、中村正人、河野英昭、平原聖文、町田 忍、園分 征</p>	<p>(●ポスター)</p> <p>B41-P06 大阪湾群海成層から得られた地磁気エクスカージョンの継続期間と年代 兵頭政幸、高次かおり</p> <p>B41-P07 深海底堆積物から得られたサスペンション法による古地磁気相対強度 福岡浩司、佐藤高晴</p> <p>(12:36 ポスター説明+終了)</p>	<p>(●ポスター)</p> <p>C41-P08 FID を用いた高速メタン・ノンメタンハイドロカーボン測定器の開発 北 和之、藤原正智、佐野琢己、遠嶋康徳、小川利敏</p> <p>C41-P09 衛星からの赤外分光観測による対流圏オゾン濃度の定量 今村 剛、小川利敏</p> <p>C41-P10 航空機搭載のための NO<sub>2</sub> 測定器の開発 家田正彦、近藤 豊、小池 真、中島英彰</p> <p>C41-P11 日本近海における総反応性窒素酸化物 (NO<sub>y</sub>) とオゾンの航空機観測 小池 真、近藤 豊、川上修司、家田正彦、中島英彰</p> <p>C41-P12 可視分光器による NO<sub>2</sub>、O<sub>3</sub> の比較観測 川口あかね、近藤 豊、小池 真、中島英彰、W.A. Matthews</p> <p>C41-P13 光散乱式粒子カウンターによる成層圏エアロゾル層の気球観測 杉田考史、近藤 豊、小池 真、中島英彰、テリー・デシュラー、今須良一</p> <p>C41-P14 中層大気 BrO 測定計画 岩上直幹</p> <p>C41-P15 インドネシアにおける成層圏 NO<sub>2</sub> 及び O<sub>3</sub> の分光観測 近藤 豊、小池 真、W.A. Matthews、S. Asiati、J. Soegijo、A. Budiyo</p> <p>C41-P16 気球搭載光学センサーによる成層圏オゾン観測—1994年春の三陸と夏のスピッツベルゲンにおける観測結果— 岡林昌宏、岡野章一、田口 真、福西 浩、H. Gernandt、山上隆正</p>

A41-P47 遠尾部磁気圏境界面の構造  
山本達人、向井利典、斎藤義文、西田篤弘、町田  
忍、寺沢敏夫、平原聖文、園分 征

A41-P48 GEOTAIL によるマグネトポーズの形状決定  
大久保夫、山本達人、向井利典、斎藤義文、園分  
征、町田 忍

A41-P49 Right-handed Ion/Ion Resonant Instability  
in the Plasmasheet Boundary Layer : GEOTAIL  
Observation in the Distant Tail.  
河野英昭、藤本正樹、向井利典、寺沢敏夫、杉山  
徹、山本達人、斎藤義文、町田 忍、園分 征、西  
田篤弘

A41-P50 磁気圏遠尾部 (X~200Re) で観測された薄い  
Current Sheet の構造  
篠原 育、寺沢敏夫、向井利典、斎藤義文、町田  
忍、他 LEP グループ、山本達人、園分 征、他  
MGF グループ

A41-P51 A Possible Tail Current Disruption Event  
in the Middle-Distance Magnetotail : GEOTAIL  
Observation  
寺沢敏夫、斎藤義文、向井利典、前沢 洸、平原聖  
文、中村正人、町田 忍、山本達人、長井嗣信、園  
分 征、西田篤弘

A41-P52 磁気圏尾部における Continuum Radiation の  
特性  
掛橋勇次、長野 勇、八木谷聡、橋本弘蔵、松本  
紘、小嶋浩嗣、PWI チーム

(12:36 昼休)

C41-P17 スピッツベルゲン島 (北緯 79°) における気球搭  
載光学オゾンゾンデによる成層圏上部オゾン観測  
岡野章一、岡林昌宏、田口 真、福西 浩、H.  
Gernandt、山上隆正

C41-P18 ラマンライダーと気象ゾンデを用いた湿度高度  
分布の比較観測  
柴田 隆、林 政彦、岩坂泰信、渡辺征春、酒井  
哲、梶 成顔、足立 宏

C41-P19 ラマンライダーを使った気温分布の測定  
岩坂泰信、柴田 隆、林 政彦、小塩哲朗、梶 成  
顔、酒井 哲、足立 宏、渡辺征春、奥原靖彦

C41-P20 北極圏ライダー観測 (1993/1994 年冬 : アラス  
カ)  
足立 宏、岩坂泰信、柴田 隆、林 政彦、小塩哲  
朗、酒井 哲、藤原玄夫、中根英昭、近藤孝治

C41-P21 S-310-22 号機による中間圏オゾン密度の観測  
(1)  
山本博聖、矢嶋健一、関口宏之、牧野忠男

C41-P22 蔵王での全天イメージング観測による OI557.  
7nm 大気光の夜間変化  
楢 俊光、岡野章一、高橋幸弘、新原洋祐、阿部利  
弘、福西 浩、木山喜隆

C41-P23 ハワイ・ハレアカラにおける大気光観測結果一  
その 3—  
木山喜隆、北 和之、岩上直幹、小川利紘

C41-P24 OI557.7nm ドブラーイメージング観測による  
下部熱圏風・温度の水平分布  
新原洋祐、岡野章一、福西 浩

C41-P25 S-520-19 号ロケットによる地球水素コロナ観測  
時の光学的厚さの見積り  
渡辺貞規子、川原琢也、岡野章一、福西 浩

C41-P26 S-520-19 号ロケット搭載 LAP による地球コロナ  
観測計画  
川原琢也、渡辺貞規子、岡野章一、阿部利弘、福西  
浩

C41-P27 S-520-21 号機 Multi-channel Aurora  
Photometer (MAP) によるオーロラ観測計画  
今井 正、岡野章一、福西 浩

C41-P28 搭載用中性ガス質量分析器の開発 (2)  
—モデル計算による測定特性の検討—  
藤川暢子、鶴田浩一郎、早川 基、阿部慎也、栗田  
謙治

開始時間	A 会場	B 会場	C 会場
	<p>A42 磁気圏構造 2 (GEOTAIL) —続き— 座長 松岡彩子 (宇宙研) 平原聖文 (東大理)</p>		<p>C41-P29 火星酸素コロナOI130.4nm 大気光のモンテカルロ・シミュレーション—III 篠崎憲二、岡野章一、福西 浩</p> <p>C41-P30 火星超高層大気の計算機シミュレーション—3. 熱収支の計算— 久保麻紀、藤原 均、福西 浩</p>
13:30	<p>A42-01 プラズマ境界層周辺で見られる広狭帯域静電波動: GEOTAIL プラズマ波動観測 筑波 聡、松本 絃、小嶋浩嗣、R.R. Anderson、大村善治、長野 勇、向井利典、L.A. Frank、町田 忍、斎藤義文、W.R. Paterson、山本達人、園分 征</p>		<p>C42 大気圏力学 座長 津田敏隆 (京大超高層) 前川察之 (大阪電通大)</p>
13:42	<p>A42-02 地球磁気圏尾部における Slow-mode Shock の観測 斎藤義文、向井利典、町田 忍、平原聖文、寺沢敏夫、西田篤弘、山本達人、園分 征</p>		<p>C42-01 境界層レーダーによるインドネシア赤道域 乾季・雨季キャンペーン観測 (2) 橋口浩之、津田敏隆、足立樹泰、堤 雅基、下舞豊志、吉野謙晃、山中大学、深尾昌一郎、渡邊 明、S. W.B. Harijono、H. Wiryosumarto</p>
13:54	<p>A42-03 Plasma Sheet Current Structure in Magnetotail: Doubly Humped Electric Current Sheet 星野真弘、山本達人、向井利典、西田篤弘、園分 征、GEOTAIL チーム</p>		<p>C42-02 Turbulence Structures Observed using Multiple Receiver Frequency Domain Interferometry on the MU Radar W.O.J. Brown、深尾昌一郎、山本 衛</p>
14:06	<p>A42-04 遠尾部における磁気圏対流 西田篤弘、向井利典、山本達人、斎藤義文、園分 征、町田 忍</p>		<p>C42-03 「MU レーダー実時間データ処理システム」用データ取得プログラムの開発 室 隆明、山本 衛、津田敏隆、中村卓司、山中大学、深尾昌一郎</p>
14:18	<p>A42-05 The Effect of Heavy Ions on the Slow Shocks in the Geomagnetotail 中村雅夫、藤本正樹、前沢 洸</p>		<p>C42-04 MU レーダー・ラジオゾンデ3週間連続観測結果のウェーブレット解析 下舞豊志、山中大学、深尾昌一郎</p>
14:30	<p>A42-06 シミュレーションから得られたプラズモイドの形 —ジオテイル衛星データとの比較の可能性— 前沢 洸、西田篤弘、斎藤義文、向井利典</p>		<p>C42-05 インドネシアにおける大気波動のラジオゾンデ観測 津田敏隆、清水 厚、A. ヌルザマン</p>
			<p>C42-06 MU-radar Observation of Mean Wind Influence on the Anisotropy of Internal Gravity Waves in the Middle Atmosphere N.M. ガブリロウ、深尾昌一郎、中村卓司、山中大学、山本 衛</p>



14 : 42	A42-07 GEOTAIL衛星のAKRおよびプラズモイド観測による磁気圏尾部のリコネクション点の推定 村田健史、小嶋浩嗣、松本 紘、長井嗣信、山本達人、R. Anderson	C42-07 中層大気から超高層大気へ注入される重力波運動量・エネルギー束の評価 (第3報) 山中大学
14 : 54	(14 : 54 ポスター説明+休憩)	C42-08 A Study on Vertical Propagation Characteristics of Upper Stratospheric Internal Gravity Waves 前川泰之、深尾昌一郎、山本 衛、山中大学、津田敏隆、ロナルド・ウッドマン  (15 : 06 休憩)
15 : 30	A42-08 プラズモイド先端における粒子の速度 Dispersion 雅楽隆基、前沢 洵、藤本正樹、道家忠義、B. Wilken、寺沢敏夫、斎藤義文、向井利典	C42-09 MUレーダーに附加する流星観測用電波干渉計の開発 中村卓司、堤 雅基、津田敏隆、山本 衛、深尾昌一郎
15 : 42	A42-09 Plasmoid on Average 風間洋一、中村 匡、長井嗣信、天野燕子、山本達人、園分 征	C42-10 流星を利用したレーダー観測による2日周期波の風速、温度変動同時観測 堤 雅基、津田敏隆、中村卓司、深尾昌一郎
15 : 54	A42-10 GEOTAILによるプラズモイドの磁場構造-1 長井嗣信、高橋主衛、河野英昭、山本達人、向井利典、園分 征、西田篤弘	C42-11 Simultaneous Observations of Mesospheric Gravity Waves with the MU Radar and Sodium Lidar S.P. ナンブースリー、津田敏隆、堤 雅基、中村卓司、長沢親生、阿保 真
16 : 06	A42-11 プラズモイド中のBy磁場に関して 町田 忍、向井利典、斎藤義文、山本達人、西田篤弘、平原聖文、寺沢敏夫、前沢 洵、園分 征	C42-12 夜光雲の振動形成にともなうポーカークラット・レーダーエコーの振動的振舞 杉山卓也、村岡良和、寒川尚人、深尾昌一郎
16 : 18	A42-12 プラズモイドにおけるCore Fieldの成因 向井利典、山本達人、星野真弘、斎藤義文、西田篤弘、町田 忍、寺沢敏夫、平原聖文、長井嗣信、園分 征	C42-13 Middle Atmosphere Observation with MF Radar at Yamagawa 五十嵐喜良、西牟田一三
16 : 30	A42-13 1993年1月25日磁気嵐時における磁気圏尾部構造の変化 中村るみ、園分 征、上出洋介、山本達人、鶴田浩一郎、松岡彩子、L.A. Frank、W.R. Paterson	C42-14 磁気嵐に伴う大気重力波の励起に関する研究 藤弘 篤、柴田 喬
16 : 42	A42-14 磁気嵐時の磁気圏尾部ローブ磁場変動 園分 征、上出洋介、中村るみ、山本達人、鶴田浩一郎、向井利典、西田篤弘、松本 紘	C42-15 EISCAT観測による極域電離圏における大気重力波の鉛直構造 坂出保雄、柴田 喬、K. Schlegel  (17 : 06 終了)
16 : 54	(16 : 54 終了)	

# ポスター発表一覧表 (ボード番号順)

## 電気伝導度・地殻活動電磁気学

- B22-P01 キュリー点深度を変化させた時のBEM—表面積分法を用いたピエゾ磁気効果の試算  
坂中伸也、大志万直人、住友則彦
- B22-P02 EMSPACOM : ElectroMagnetic Study of the Pacific Asthenospheric Conductor and Oceanic Mass-transport-Part I. Magnetotelluric Results  
グラハム・ハインリン、藤 浩明、アントニー・ホワイト、瀬川雨朗
- B22-P03 水平成分の地磁気変換関数の分布  
藤原 智、藤 浩明
- B22-P04 阿蘇中岳火山口近傍の地磁気全磁力変化 (1994)  
田中良和、橋本武志、増田秀晴

## 固体惑星・ダイナモ

- B41-P05 地磁気30年変動の特徴と核-マントル結合機構の考察  
横山由紀子

## 岩石磁気・古地磁気・海洋磁気異常

- B41-P06 大阪層群海成層から得られた地磁気エクスカージョンの継続期間と年代  
兵頭政幸、高次かおり
- B41-P07 深海底堆積物から得られたサスペンション法による古地磁気相対強度  
福間浩司、佐藤高晴

## 大気圏化学・放射

- C41-P08 FIDを用いた高速メタン・ノンメタンハイドロカーボン測定器の開発  
北 和之、藤原正智、佐野琢己、遠嶋康徳、小川利紘

- C41-P09 衛星からの赤外分光観測による対流圏オゾン濃度の定量  
今村 剛、小川利紘

- C41-P10 航空機搭載のためのNO<sub>2</sub>測定器の開発  
家田正彦、近藤 豊、小池 真、中島英彰

- C41-P11 日本近海における総反応性窒素酸化物 (NO<sub>y</sub>) とオゾンの航空機観測  
小池 真、近藤 豊、川上修司、家田正彦、中島英彰

- C41-P12 可視分光器によるNO<sub>2</sub>、O<sub>3</sub>の比較観測  
川口あかね、近藤 豊、小池 真、中島英彰、W.A. Matthews

- C41-P13 光散乱式粒子カウンターによる成層圏エアロゾル層の気球観測  
杉田考史、近藤 豊、小池 真、中島英彰、テリー・デシュラー、今須良一

- C41-P14 中層大気BrO測定計画  
岩上直幹

- C41-P15 インドネシアにおける成層圏NO<sub>2</sub>及びO<sub>3</sub>の分光観測  
近藤 豊、小池 真、W.A. Matthews、S. Asiati、J. Soegijo、A. Budiyo

- C41-P16 気球搭載光学センサーによる成層圏オゾン観測—1994年春の三陸と夏のスピッツベルゲンにおける観測結果—  
岡林昌宏、岡野章一、田口 貞、福西 浩、H. Gernandt、山上隆正

- C41-P17 スピッツベルゲン島(北緯79°)における気球搭載光学オゾンゾンデによる成層圏上部オゾン観測  
岡野章一、岡林昌宏、田口 貞、福西 浩、H. Gernandt、山上隆正

- C41-P18 ラマンライダーと気象ゾンデを用いた湿度高度分布の比較観測  
柴田 隆、林 政彦、岩坂泰信、渡辺征春、酒井 哲、榎成顔、足立 宏

- C41-P19 ラマンライダーを使った気温分布の測定  
岩坂泰信、柴田 隆、林 政彦、小塩哲朗、榎 成顔、酒井 哲、足立 宏、渡辺征春、奥原靖彦

- C41-P20 北極圏ライダー観測 (1993/1994年冬: アラスカ)  
足立 宏、岩坂泰信、柴田 隆、林 政彦、小塩哲朗、酒井 哲、藤原玄夫、中根英昭、近藤孝治

- C41-P21 S-310-22号機による中間圏オゾン密度の観測 (1)  
山本博聖、矢嶋健一、関口宏之、牧野忠男

- C41-P22 蔵王での全天イメージング観測によるOI557.7nm大気光の夜間変化  
椿 俊光、岡野章一、高橋幸弘、新原洋祐、阿部利弘、福西 浩、木山喜隆

- C41-P23 ハワイ・ハレアカラにおける大気光観測結果—その3—  
木山喜隆、北 和之、岩上直幹、小川利紘

- C41-P24 OI557.7nmドップラーイメージング観測による下部熱圏風・温度の水平分布  
新原洋祐、岡野章一、福西 浩

- C41-P25 S-520-19号ロケットによる地球水素コロナ観測時の光学的厚さの見積り  
渡辺真規子、川原琢也、岡野章一、福西 浩

- C41-P26 S520-19号ロケット搭載LAPによる地球コロナ観測計画  
川原琢也、渡辺真規子、岡野章一、阿部利弘、福西 浩

- C41-P27 S-520-21号機 Multi-channel Aurora Photometer (MAP) によるオーロラ観測計画  
今井 正、岡野章一、福西 浩

- C41-P28 搭載用中性ガス質量分析器の開発 (2)  
—モデル計算による測定特性の検討—  
藤川暢子、鶴田浩一郎、早川 基、阿部慎也、栗田謙治

- C41-P29 火星酸素コロナOI130.4nm大気光のモンテカルロ・シミュレーション—III  
篠崎憲二、岡野章一、福西 浩

C41-P30 火星超高層大気の数値シミュレーション  
—3. 熱収支の計算—  
久保麻紀、藤原 均、福西 浩

### 磁気圏プラズマ波動

- A11-P31 斜め伝搬プラズマ波不安定性の観測過程  
L. Borda de Água, 大村善治、松本 紘、A.L. Brinca
- A11-P32 プラズマポーズ域におけるELF波動の衛星観測  
(EXOS-Dサーチコイルデータ解析)  
劉 洪、林 幹治、園分 征

### 磁気圏構造 1

- A41-P33 火星探査機PLANET-B搭載用静電分析器の開発(2)  
伊藤容生、町田 忍、斎藤義文、早川 基、向井利典、三宅 互
- A41-P34 太陽風速度の変動に対する地球磁気圏の応答  
榎原和征、荻野竜樹
- A41-P35 The Dependence of Magnetospheric Currents on the Dipole Tilt Angle  
日下 拓、飯島 健、Potemra, J.A., Zanetti, L.J., Ohtani S.-I.
- A41-P36 「あけぼの」によって観測された極冠域に於ける熱的下降イオン  
渡辺成昭、佐川永一、巖本 巖、B.A. ウェーレン、A.W. ヤウ、向井利典、早川 基
- A41-P37 「あけぼの」RDMで観測された磁気嵐に伴う放射線帯粒子の構造変化(その2)  
行松 彰、高木俊治、寺沢敏夫、長井嗣信、河野 毅、植野文命、江尻全機
- A41-P38 A Pair of Slow Shocksによる粒子の統計的加速(Monte Carlo Simulation)  
島田延枝、寺沢敏夫
- A41-P39 2次元電磁ハイブリッドコードによる磁気再結合の研究  
中林潤哉、町田 忍

### 磁気圏構造 2 (GEOTAIL)

- A41-P40 GEOTAIL衛星に搭載されたEFD-Pによる希薄なプラズマにおける電場測定の評価  
松岡彩子、鶴田浩一郎、早川 基、山本達人、向井利典、斎藤義文、中村正人、岡田敏美、町田 忍、園分 征
- A41-P41 電子ブーメラン法(EFD-B)による電場測定の評価  
早川 基、鶴田浩一郎、松岡彩子、山本達人、向井利典、斎藤義文、中村正人、岡田敏美、園分 征、町田 忍
- A41-P42 Bow Shock上流域におけるGEOTAIL-LEP観測  
杉山 徹、寺沢敏夫、河野英昭、向井利典、斎藤義文、他GEOTAIL/LEPチーム、山本達人、園分 征、他GEOTAIL/MGFチーム
- A41-P43 ELF Waves in the Up-stream of the Earth's Bowshock  
林 幹治、松井 洋、山本達人、鶴田浩一郎、園分 征
- A41-P44 The Occurrence of ELF Waves in the Magnetotail and in the Magnetosheath: GEOTAIL Observation  
松井 洋、林 幹治、山本達人、鶴田浩一郎、園分 征
- A41-P45 昼側マグネトポーズで観測されたコーラスエミッションの伝搬特性解析  
長野 勇、八木谷聡、塩崎隆広、筒井 稔、橋本弘蔵、松本 紘、小嶋浩嗣、A.T.Y. Lui, D.T. Williams
- A41-P46 Dayside and Nightside Observations of the Low Latitude Boundary Layer  
藤本正樹、西田篤弘、向井利典、斎藤義文、山本達人、寺沢敏夫、中村正人、河野英昭、平原聖文、町田 忍、園分 征
- A41-P47 遠尾部磁気圏境界面の構造  
山本達人、向井利典、斎藤義文、西田篤弘、町田 忍、寺沢敏夫、平原聖文、園分 征
- A41-P48 GEOTAILによるマグネトポーズの形状決定  
大久保夫、山本達人、向井利典、斎藤義文、園分 征、町田 忍
- A41-P49 Right-handed Ion/Ion Resonant Instability in the Plasmasheet Boundary Layer: GEOTAIL

Observation in the Distant Tail.

河野英昭、藤本正樹、向井利典、寺沢敏夫、杉山 徹、山本達人、斎藤義文、町田 忍、園分 征、西田篤弘

- A41-P50 磁気圏遠尾部(X~200Re)で観測された薄いCurrent Sheetの構造  
篠原 育、寺沢敏夫、向井利典、斎藤義文、町田 忍、他LEPグループ、山本達人、園分 征、他MGFグループ
- A41-P51 A Possible Tail Current Disruption Event in the Middle-Distance Magnetotail: GEOTAIL Observation  
寺沢敏夫、斎藤義文、向井利典、前沢 洸、平原聖文、中村正人、町田 忍、山本達人、長井嗣信、園分 征、西田篤弘
- A41-P52 磁気圏尾部におけるContinuum Radiationの特性  
掛樋勇次、長野 勇、八木谷聡、橋本弘蔵、松本 紘、小嶋浩嗣、PWIチーム
- 電離圏
- A21-P53 低緯度電離層電場のIMF-Bx依存性  
家森俊彦、竹田雅彦、斎藤昭則、荒木 徹、橋本武志、田中良和
- A21-P54 1964年地磁気Sq場のUT変化と逐日変化  
竹田雅彦
- A21-P55 S-310-23号機搭載ファラディ・カップおよびラングミュア・プローブの電気的特性  
渡辺勇三
- A21-P56 Ionospheric Tomography Campaign in Japan (1) Simulation and Case Study with Real Data  
園武 学、大高一弘、石橋弘光、丸山 隆、森岡 昭、渡部重十
- A21-P57 Nonperiodic Irregularities in the Mid-latitude Ionosphere Detected by NNSS Satellites  
石橋弘光、大高一弘、園武 学、徳丸宗利、丸山 隆
- A21-P58 方式の異なる二種類のGPS受信機による電離圏全電子数比較観測  
大谷 晃、五十嵐喜良

A21-P59 電離層観測データ分散処理システムの開発  
加藤久雄、五十嵐喜良、大谷 晃、永山幹敏

### 電離圏磁気圏結合

A22-P60 Daytime Field-Aligned Current System During Vanishingly Small IMF Condition  
波辺正和、飯島 健、中川雅之、T.A. Potemra、S. Ohtani、P.T. Newell

A22-P61 あけぼの衛星で観測されたプラズマシート内部領域沿磁力線加速現象  
坂野井健、福西 浩、向井利典、早川 基、松岡彩子

A22-P62 夜側オーロラ・オーヴァル極側境界領域の沿磁力線電流と電離層電気伝導度  
長妻 努、福西 浩、向井利典、早川 基、松岡彩子

A22-P63 北向き IMF サブストーム  
佐藤真理子、上出洋介、J.D. Craven、L.A. Frank

A22-P64 Behavior of the Shear Alfvén Waves under the Comparable Condition of the Alfvén Wave Conductance and Ionospheric Conductivities  
吉川顕正、糸長雅弘、北村泰一

A22-P65 イオンコニックスの高度変化のモデル化  
三宅 互、向井利典、賀谷信幸

### オーロラダイナミクス

A22-P66 教育用オーロラ発光演示装置  
南 繁行、鈴木 裕、上出洋介

A22-P67 昼側オーロラの特徴  
巻田和男、鮎川 勝、山岸久雄、江尻全機、西野正徳

A22-P68 プロトンオーロラとトーチ構造の関係  
高橋幸弘、福西 浩、向井利典

A22-P69 Magnetospheric Particle Simulation in a Large Magnetic Storm: Production of a 'Low Latitude' Aurora  
宮岡 宏、江尻全機

A22-P70 オーロラサブストーム時の CNA 領域の運動の共役性  
藤田裕一、芳野超夫、山岸久雄、佐藤夏雄、行松 彰

A22-P71 電離層吸収測定のための静穏日変化の特性  
岩崎伸幸、西野正徳、田中義人

A22-P72 カサブ/クレフト域における電離層吸収とオーロラの対応  
西野正徳、田中義人、林 幹治、巻田和男、J.A. Holtet

### ULF 波動

B21-P73 A Strong Dawn/Dusk Asymmetry in Pc5 Pulsation Occurrence Observed by the DE-1 Satellite  
能勢正仁、家森俊彦、杉浦正久、J.A. Slavin

B21-P74 ケルビンヘルムホルツ不安定性により生じた MHD 波のスペクトル構造  
藤田 茂、カールハインツ、グラスマイヤー

B21-P75 昼側 Pc3 脈動のあけぼの衛星と地上 210° 磁力計チェーンの同時観測の解析  
郡司美智子、坂野井健、福西 浩、湯元清文、垣川和夫、早川 基

B21-P76 赤道 Pi2 と、それに対応する磁気圏ダイナミクス  
坂 翁介

B21-P77 HFD 観測データにみられる Pi2 領域の脈動 (1)  
中村祐史、柴田 喬、奥澤隆志

B21-P78 Spatial Variation of the Amplitude and Phase of Pi2 Pulsations  
高橋主衛、大谷普一、B.J. Anderson

### 太陽風磁気圏相互作用

C22-P79 Dst index, Ap index を考慮に入れた地磁気静穏日の判定についての一考察  
渡辺優子、亀井豊永

C22-P80 平行衝撃波の再形成に関する計算機シミュレーション

島津浩哲、町田 忍、田中基彦

C22-P81 A Case Study of Transient Event Motion in the Magnetosphere and in the Ionosphere  
G.I. Korotova、D.G. Sibeck、高橋主衛

C22-P82 Spotting FTEs: An Interactive Poster  
D.G. Sibeck、高橋主衛

### SL9 彗星の木星衝突

C22-P83 SL-9 彗星の木星への接近・衝突は木星磁気圏の高エネルギー電子量へ影響したか?  
三澤浩昭、渡辺 裕、丸山一夫

C22-P84 SL-9 彗星の木星衝突に関わる木星デカメータ電波の干渉計観測  
村尾 一、大家 寛、森岡 昭、小野高幸、飯島雅英

C22-P85 S-L9 彗星の磁気圏通過にともなう木星電波特殊 S バーストの発生  
村上利幸、大家 寛、森岡 昭、小野高幸、飯島雅英

### 太陽圏

C21-10P Minimum Entropy/Energy Production Rate Principle in the Wave-Shock System  
羽田 亨

C21-13P 太陽面活動域起源の感屋間空間磁場  
中川朋子

A会場

10月18日(火) 午前

# 磁気圏プラズマ波動

## Plasma Waves in the Magnetosphere

oral: A11-01~10

poster: A11-P31~P32

座長

飯島雅英 (東北大理)

橋本弘蔵 (東京電気大)

A11-01

静電的プラズマ波動から電磁波へのエネルギー変換過程におけるブルースター角の効果

○飯島雅英、大家 寛 (東北大理)

Effects of Brewster Angle on the Energy Conversion Processes from Electrostatic Plasma Waves into Electromagnetic Waves

○M. Iizima and H. Oya (Tohoku Univ.)

Since the initial studies on the connection of electrostatic plasma waves and electromagnetic waves through the channel of upper hybrid mode waves (Oya, 1971), mode conversion processes have been considered to be as one of the main processes to produce electromagnetic waves in the space plasma and have been investigated theoretically and experimentally. Among them, many observational evidences have been disclosed by PWS (Plasma Wave Sounder) experiment onboard the Akebono (EXOS-D) satellite in the equatorial region plasmasphere as well as in topside polar ionosphere being associated with the irregularities of plasma density (Oya et al., 1990). For further understanding of the mode conversion processes based on the observation of EXOS-D satellite, multi-layer model of plasma density distributions to represent the realistic density irregularities at the generation regions of electromagnetic waves have been developed. It has been found that the most efficient energy conversion takes place in the form of reflected ordinary mode waves when the incident angle of Z-mode waves match with Brewster angles for the given plasma irregularities. This condition is one

of the essential conditions for the efficient energy conversion from electrostatic plasma waves into electromagnetic waves in the space plasma.

序 宇宙空間プラズマにおける静電的プラズマ波動から電磁波へのモード変換過程は、大家(1971)によってこの両者が UHR モードの波動を介して結合している事実の発見以来、理論、実験の両面から研究が進められてきている。その中でもあけぼの衛星搭載のプラズマ波動実験装置(PWS)は赤道域プラズマ圏、極域電離層トッサイド、プラズマボーズ等でプラズマ密度の不均一に伴って、静電的プラズマ波動が電磁波に変換される、数多くのモード変換過程を実証する観測結果を得ている(Oya et al., 1990)。これらの観測結果を現実的なパラメータで理論と対比し、さらに詳細な検討を実施することが必要となっている。そこでモード変換において、数値的により近い結果をうるため電磁波放射源でのプラズマ密度を実際を反映するように表現するマルチレイヤーモデルを開発し、有効なエネルギー変換が起こる条件の究明を進めている。

数値計算のためのモデル及び計算結果 数値計算の結果、密度不均一領域に入射するZモード波の入射角がブルースター角に入るとき、反射波としてLモードへ変換されるエネルギー変換率が最大になることが見出された。特に、外部磁場が入射面に垂直に近づく場合にこの効果が大きくなる。入射するZモード波がブルースター角において有効なエネルギー変換が生ずるとは、宇宙空間プラズマ中のモード変換過程において有限長のスラブ状密度不均一における定常波の効果等とともに(SGEPSS, 1994 春期講演会)、本質的に重要性を持っていると考えられる。

Oya, H., Radio Sci., 6, 1131, 1971.

Oya, H. et al., J. Geomag. Geoelectr., 42, 411, 1990.

A11-02 あけぼの衛星-地上同時観測によるオーロラ粒子降下に伴う静電的プラズマ波動の励起

○小野高幸、大家 寛 (東北大学理学部)

Relationship Between Plasma Wave Phenomena on Board Akebono Satellite and Auroras Observed at Syowa Station, Antarctica

T. Ono, and H. Oya (Tohoku Univ.)

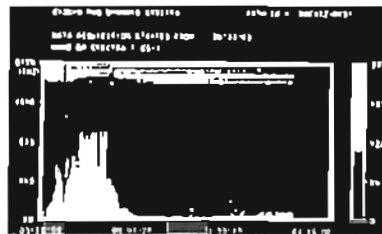
ABSTRACT

Plasma wave phenomena obtained by Akebono satellite in the polar ionosphere have been studied by comparing with auroral image data observed from the ground. The results of comparison of the satellite-ground conjunction show the following: 1) Broad band plasma wave emissions in E-S whistler mode rangearc almost commonly observed when Akebono satellite passes through the auroral region covering entire range of the whistler mode wave and z-mode wave branch. 2) The intense emissions are correlated with occurrence of the discrete auroral arcs. 3) Very short duration of plasma waves are often found in the lower altitude region displaying a group of intense dot type signatures in the dynamic spectra. The dotted emissions can be understood as the manifestation of the very short lived emission; the duration time is estimated in the range from 20 to 200 msec. Though the origin of this short duration emission is deferred for future studies, it can be inferred that auroral particles are precipitating into the upper atmosphere forming series of groups.

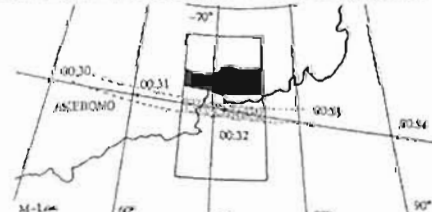
序 低高度オーロラ電離層領域はオーロラ粒子加速域とは対照的に、オーロラ粒子がそのエネルギーを解放し、プラズマ波動励起、オーロラ発光、電離層加熱といった物理プロセスが平行する重要な領域として位置づけられる。あけぼの衛星搭載のPWS観測によるプラズマ波動観測では、極域オーロラ帯の広範な電離層内に様々な形態を呈するプラズマ波動現象が検出されている。ここでは特に低高度電離層におけるPWSプラズマ波動観測結果と昭和基地・地上オーロラ観測結果とを比較解析することにより、プラズマ波動発生とオーロラの形態及び動態との関係の詳細を明らかにし、オーロラ粒子降下によってもたらされるビーム-プラズマ相互作用の解明を目的とする。

データ 1990年前半期にあけぼの衛星は南極上空に近地点を持つ軌道をとっており、このため南極昭和基地におけるオーロラTV、フェトメータなどによるオーロラ観測データとあけぼの衛星PWSによるプラズマ波動観測データとの直接比較が行われた。解析に用いたデータは高度1000km以下の比較的low高度におけるあけぼの衛星の観測データを比較対象とした。

結果と考察 ここでは主としてディスクリットオーロラに伴って発生する広帯域静電プラズマ波バースト並びに極めて短寿命の静電プラズマ波バースト現象を究明した。1)第1図にあけぼの衛星搭載のPWSによる広帯域静電プラズマ波バーストの例を示す。00:30(UT)より00:33(UT)にかけて、図に示されるようにホイッスラーモードの全周波数帯をカバーする広帯域にバースト現象が発生しており、オーロラTV観測との比較によって、このバースト現象がステープルアークを生成するオーロラ粒子降下によるビームプラズマ相互作用によって発生したものであることが確認された。ステープルアークは数keVのオーロラ電子降下によるが、フラックスが比較的弱いにもかかわらず第1図のような強いバースト現象が現れていることは興味深い。2)通常広帯域バーストの発生とは異なる限られた領域においては、20~200msecと極めて寿命の短い静電プラズマ波バースト現象が低高度電離層内に発生していることが見出された。この静電プラズマ波バーストの発生周波数はやはりホイッスラーモード領域に属するが、そのスペクトルはダイナミックスペクトル上でドット状の輝点群となって現れる事を特徴とし、強度の時系列変化は鋭い脈動状の変動を呈している。この静電バーストの原因たる電子降下の様子は、短時間にバースト的に降下する高速電子群の形態を持つことが考えられ、このような電子流形成のメカニズムは極めて興味深い問題と考えられる。



第1図 1990年4月2日、あけぼの衛星PWSによる広帯域静電バースト観測例



第2図 1994年4月2日同時観測によるオーロラ形態と衛星軌道の関係



森岡昭(東北大・理)

Characteristics of the emission cone angle of AKR

Akira Morloka

Upper Atmosphere and Space Research Laboratory  
Tohoku University, 980 Sendai, Japan

When Akebono satellite passes through the polar region across the auroral oval, the dynamic spectra of AKR show the characteristics of AKR emission cone. As the satellite moves into (goes out from) the oval region, the frequency of lower cut-off of AKR increases (decreases) gradually. From this nature, the characteristics of the emission cone of AKR were derived.

Figure 1 shows the schematic illustration of the AKR dynamic spectrum. The spectral component marked "W" shows the weak AKR which has both R-X and L-O mode polarization characteristics. The portion marked "I" in the figure shows the intense AKR which also has both R-X and L-O polarization. The source region of W- and I- AKR is identified to be the same one because the lowest frequencies of both AKR coincide each other. The emission cone angles of W- and I- AKR were derived from the profile of the lower cut-off frequency and satellite position as shown in Figure 2.

From this analyses it is concluded that AKRs are radiated through two different source mechanisms; one of them radiates an intense AKR with the narrow emission cone angle of about 30° and the other

one radiates a weak AKR with rather wider emission cone angle of about 50° (Figure 3).

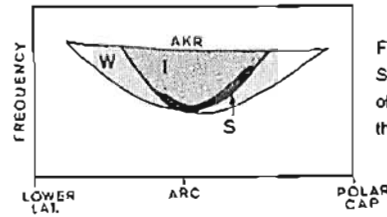


Fig. 1 Schematic dynamic spectrum of AKR observed across the auroral oval.

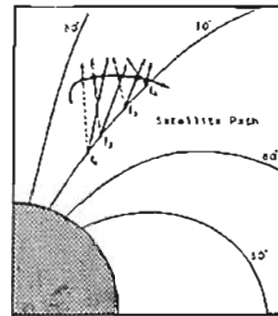


Fig. 2 Observed ray passes of AKR. Solid lines show intense AKR and broken lines show weak AKR.

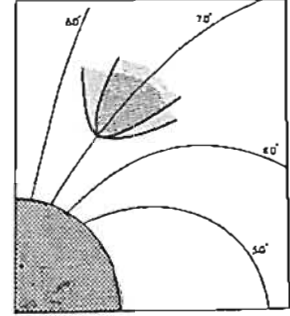


Fig. 3 Derived emission cone of AKR at a source region.

A11-04

あけぼのVLFによる広範囲な領域でのアンテナインピーダンス測定  
橋本弘敏(東京電機大学), 木村慶慎(京都大学),  
岡田敏美(富山県立大学), 松岡彰子(宇宙研), 長野勇(金沢大学)

EXOS-D VLF Antenna Impedance Measurement  
in a wide area

\*Kozo Hashimoto (Tokyo Denki Univ.), Iwane Kimura (Kyoto Univ.),  
Toshini Okada (Toyama Pref. Univ.), Ayako Matsuoka (ISAS), and Isamu  
Nagano (Kanazawa Univ.)

The antenna impedance by the VIP subsystem of the Akebono VLF instrument is measured for a lot of orbits. A database for the impedance has been created. The impedance on various parameters are discussed. Especially it depends so much on the bias voltage applied to the antenna.

あけぼの衛星に搭載されたVLF波動観測装置にはアンテナのインピーダンスをベクトル的に計測するVIP(Vector Impedance measurement)と呼ばれる機能が含まれている。この機能は、アンテナの複素インピーダンスを測定して、周囲のプラズマの様子を調べたり、ワイヤアンテナで受信された電波の電界成分の絶対的な電界強度を求めるためのものである。今回はVIPの観測のある多くの軌道から、アンテナ容量などが求められた場合について、インピーダンスと測定パラメータ、衛星軌道などからなるデータベースを作成し、インピーダンスの解析を行なった。

データベース作成に際しては、VIPで観測したアンテナ容量、抵抗値を観測時の周波数が一定の期間で、平均や最小値を取ったものである。校正がうまくできない、観測周波数が2kHz未満のもの、抵抗値が9.9MΩ以上だった時、観測点数が2点未満のものは除かれている。この結果VIPの観測のある400程度の軌道から、アンテナ容量などが一応求められた場合について、解析を行なった。インピーダンスと測定パラメータ、衛星軌道などからなるデータベースを作成し、インピーダンスの解析を行なった。

アンテナの複素インピーダンスは一つのエレメントとアース間の抵抗とコンデンサに等価的に表すことが出来る。容量分はプリアンプの入力容量 $C_m$ とアンテナ容量(シース容量) $C_s$ の和であり、抵抗分はシース抵抗 $R_s$ でプリアンプの分は無視できる。 $C_m$ は100pFである。文獻1)での初期の結果の概要は以下の表の通りであった。

Altitude	400~800 km	8000~9000 km
$C_s$	300~350 pF	230~250 pF
$R_s$	250~330 kΩ	350~500 kΩ

アンテナインピーダンスを求めるためには、アンテナに印加する周波数をスイープした場合に、測定されるインピーダンスが変化しないように補正をおこなっている。そして観測結果の再評価を多くの軌道に対して行なった。高い周波数の場合には、容量はうまく求まるが、少しの位相の誤差が大きな抵抗分の誤差となる。一方周波数の低い場合には、うまく校正できない。

アンテナ容量の観測結果の例を図1に示す。上段はEPDによるアンテナバイアス電圧が-2.4V以上の場合、下段がそれ以下の場合である。観測周波数は5kHz以上の場合のみを示している。図の記号は右端に示した磁気緯度に対応しており、記号の大きさは、24時間以前のKpの最大値に応じて大きくなっている。下段ではデータのばらつきが大きい、バイアスによってシースの大きさが変化し、容量が衛星の高度以外の条件に大きく左右されているものと考えられる。特に10,000 km近傍の大容量のデータは、-5Vのバイアス時である。その他は-2.5Vとなっている。上段では、ばらつきが少なくなっており、表に示した結果と矛盾しない高度依存性を示している。抵抗に関して、ほぼ同様の傾向である。

講演では、抵抗を含めた種々のパラメータ依存性や、バイアス電圧の効果についても述べる。

参考文献 1) K. Hashimoto et al., GRL, 18, 313, 1991.

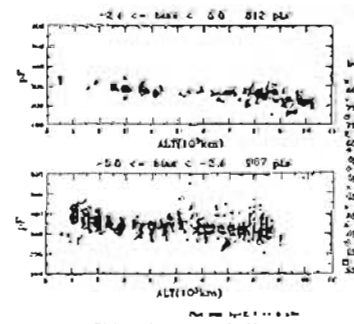


Figure 1: Bias voltage dependence of antenna capacitance

A11-05 あけぼの衛星で観測された ELF/VLF 波動と  
イオン コニックスとの関連  
\*細田 智久 笠原 直也 木村 登報  
(京都大学 工学部)  
向井 利典  
(宇宙科学研究所)

ELF/VLF Waves and Ion Conics  
Observed by the Akebono Satellite  
Tomohisa Hosoda Yoshiya Kasahara Iwane Kimura  
(Dept. of Electr. Eng. II, Kyoto Univ.)  
Toshinori Mukai  
(Institute of Space and Astronautical Science)

Several mechanisms on the relation between ELF/VLF waves and ion conics have been proposed, for example, the ion conics are associated with electromagnetic oxygen cyclotron waves and/or electrostatic lower hybrid waves. In order to examine these theories, we analyzed the data observed by the Akebono (EXOS-D) satellite statistically. We will also discuss on the numerically calculated dispersion relation of the ELF/VLF waves.

地球磁気圏極域において、さまざまな波動現象と荷電粒子との相互作用が知られており、これまでも数多くのメカニズムが提唱されてきた<sup>1-3)</sup>。ここでは彼らの理論を検証するために、あけぼの衛星で観測された ELF/VLF 波動と電離層を起源とするイオン コニックスとの関連性を調べる。

あけぼの衛星の MCA, LEP 観測装置で高度 6000 km, 11LAT 74°, MUT 7.4 付近において観測されたデータを示す。イオンのエネルギースペクトルにおいて、磁力線に対して垂直な方向と上昇する方向に低エネルギー (数 10 eV) のイオン コニックスが見られる。この時、電界成分では数 100 Hz あたりまで、磁界成分では数 10 Hz あたりまでの帯域で低周波の波動が観測されている。特に O<sup>+</sup> サイクロトロン周波数 ( $f_{cO^+}$ ) 以下の帯域における電磁波とイオン コニックスとの時間的対応が良い。また、電界成分において LHR 周波数以上の帯域でも波動が観測されており、さらにこの波動は電子のフラックスとの相関も見られる。こうした相関関係に対して、統計処理の結果について議論を行なう。

観測されたデータから線形分散関係を導き、波動のモード、成長率などを計算した。イオン コニックスのイオン組成を単純化して計算した結果、O<sup>+</sup> の占める割合が大きい場合に  $f_{cO^+}$  以下の帯域で波動が成長しやすく、サイクロトロン共鳴が起こっている可能性が高い。また、LHR 周波数以上の帯域の波動は

電子ビームの存在下で励起され、イオンを加熱する可能性がある。  
謝辞 分散関係求解プログラムの利用に関し、京都大学 超高層電波研究センターの松本 健教授に感謝する。  
参考文献 1) T. Chang and B. Coppi, *Geophys. Res. Lett.*, 8, 1253, 1981.  
2) M. André et al., *Geophys. Res. Lett.*, 15, 107, 1988. 3) P. M. Kintner et al., *Geophys. Res. Lett.*, 16, 739, 1989.

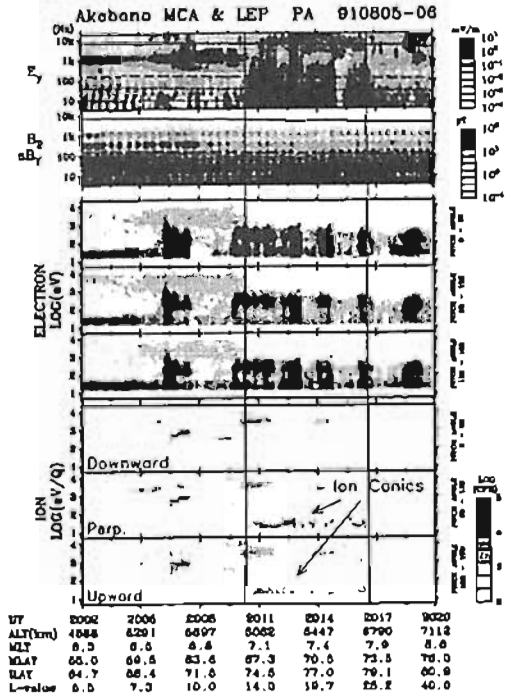


Fig.1: MCA & LEP observed in August 1991.

A11-06  
Direction Finding for VLF/ELF Radio Waves  
Based on Bayesian Information Criterion

Mehrez HIRARI and Masashi HAYAKAWA  
(早川研究室、電子工学、電気通信大学)

To investigate the generation and propagation of VLF/ELF radio waves, to study the dynamics of magnetoplasma, and to approximate the tomography of energy distribution within a limited range of electromagnetic waves at the ionosphere, the ground-based method of Wave Distribution Function (WDF) is very appealing. This method consists in the inversion of electromagnetic field statistics observed on the ground to estimate the exit region of the propagating wave by determining the corresponding energy distribution at the ionosphere.

Despite its simplicity and its experimental low cost, the WDF method is yet to be well used and this is mainly due to the difficulties encountered at the inversion level. More to the well known difficulties of the general inversion techniques, the present method suffers from a limitation in the observed data which leads its user to confront a very ill-posed inverse problem where the parameter number is much larger than the observations. For a given mode of propagation, at the frequency  $\omega$ , the wave distribution function is related to the statistics of the wave field by

$$S_{ij} = \iint a_{ij}(\omega, \cos \theta, \phi) F(\omega, \cos \theta, \phi) d \cos \theta d \phi \quad (1)$$

For a perfect conductive flat ground, only two magnetic and one electric field components can be observed enabling us to calculate mean statistical data  $\{Y\}$  from the mean auto- and mean cross- powers  $S_{ij}$  expressed below.

The statistical data  $\{Y\}$ , of a given electromagnetic field are related to the wave distribution function  $F$ , projected at the ionospheric base, through the kernel matrix  $A$  by

$$Y = AF \quad (2)$$

$Y = \{y_i\}$ ,  $i = 1, \dots, N$  and  $A$  is  $N \times K$  linear operator matrix and  $F$  is  $K$ -vector representing the wave distribution function. The ionospheric

projection area consists in a rectangle partitioned into  $K = K_x \times K_y$  pixels.  $F$  records the wave energy at each pixel and is the vector of unknowns to be reconstructed from the data  $Y$ .

The inversion was conducted using a method of regularization that minimizes the functional

$$U(F) = \|Y - AF\|^2 + \alpha^2 \|CF\|^2 \quad (3)$$

The core problem in this regularization scheme is the optimal choice of the regularizing term which consists in adequately choosing both the tradeoff parameter  $\alpha$  and the smoothing operator  $C$ . We propose here the use of Bayesian information criterion to choose the smoothing parameter.

For a given value of  $\alpha$ , the solution is obtained by deriving with respect to  $F$ , the functional  $U$  in Eq. (3) that gives

$$F_\alpha = [A^T A + \alpha^2 C^T C]^{-1} A^T Y \quad (4)$$

This consists in the inversion of a linear system. To this end, we used an L-U (Lower-Upper) decomposition algorithm and we repeated the inversion for different values of  $\alpha$ . The optimal solution is obtained with the value of  $\alpha$  that minimizes the Bayesian information criterion.

The inversion algorithm was tested on computer generated whistler emission resulting from a single and two Gaussian-shaped source waves. The reconstruction is made at a height of 80 km on a region of  $300 \times 300$  km<sup>2</sup> partitioned into  $20 \times 20$  pixels. Different tests were made by varying the relative source/sources position, their shape and with different smoothing operators  $C$ . The algorithm is very stable from a numerical point of view and the reconstructions are plausibly accurate giving prominence to the a priori information in the regularization methods in one hand, and bringing to the fore the necessity to the application of Bayesian methods in the reconstruction from limited data in the other hand.

S. Shimakuta, M. Hayakawa, et al., On the Estimation of Wave Energy Distribution of magnetospheric VLF Waves at the Ionospheric Base with Ground-Based Multiple Electromagnetic Field Components, *J. Geomag. Geoelectr.*, 44, 673-690, 1992

M. Hayakawa, Direction finding techniques for magnetospheric VLF waves: Recent achievements, *Trends in Geophys. Res.*, 1, 157-163, 1992



$f > \frac{1}{2}f_H$  領域における VLF 波の磁気圏内伝搬について

松尾敏郎、木村繁根 (京都大学工学部)

Wave Propagation in the Magnetosphere for  $f > \frac{1}{2}f_H$

T. Matsuo and I. Kimura (Kyoto University)

The effect of electron density gradient and the structure of the geomagnetic field on VLF wave trapping in depression ducts is evaluated for a frequency higher than half the electron cyclotron frequency. It is found that the resonance condition will result in a reduction of trapping effect due to density gradient.

ノンダクト伝搬で高緯度から電離層に入射した波は  $f > \frac{1}{2}f_H$  の領域を伝搬すると Ray 方向は急激に内側に曲げられ、wave normal 方向もレゾナンスコーンに近くになって減衰するため、中低緯度の高高度までしか伝搬できず、反対半球の磁気共役点近くには到達できない。しかし、昭和基地での ISIS-II 観測で Norway のオメガ信号が、ごくまれに波源の磁気共役点付近まで観測されることがある。この場合信号はダクト伝搬、または、PL モードでなければならないが、 $f > \frac{1}{2}f_H$  の領域で depression duct によるダクト伝搬の可能性があるかについて検討した。

背景の磁気圏の電子密度の空間勾配が wave normal 方向を磁力線に対して内側に向かせるようにはたらく効果を  $K_N$ 、地球磁場構造が wave normal 方向を外側に向かせるように働く効果を  $K_M$  とすると VLF 波の Wave Normal 方向の変化は両者の大小関係に依存する (Edgar, 1976)。従って、磁気圏内を伝搬している波の wave normal 方向がどちらを向くような力を受けているかを知ることができる。これを使って  $f > \frac{1}{2}f_H$  の範囲で特に depression duct 伝搬の可能性について調べた。

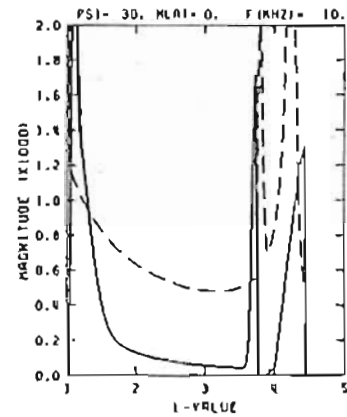
計算には電子密度モデルとして拡散平衡モデルを、また、磁場モデルとしてダイポールモデルを使い、depression duct の中心を  $L = 3.75$ 、ダクトの半値幅を  $0.05(L)$ 、depression factor を  $-0.0\%$ 、プラズマホーズを  $L = 4$  に置いている。周波数  $f$  として  $10\text{kHz}$  を選び、wave normal が磁力線となす角を  $30^\circ$  とした場合の上記  $K_N$ 、 $K_M$  を、トラップの伝搬条件が最も厳しい磁気赤道に沿って計算した結果を図 1 に示す。実線は  $K_N$  の大きさを、破線は  $K_M$  の大きさを  $L$  値の関数としてプロットしたものである。但し、depression duct の外側における密度勾配の効果は wave normal 方向を外に向けるので  $K_M$  の方に含めて描いた ( $L = 3.75$  におけるピーク)。  $K_N$  のピークと  $K_M$  のピークの高さが同程度であれば、両効果が釣りあって duct 伝搬出来ることになる。

この図で  $L = 4$  に近づくと波線の  $K_M$  が鋭く大きくなるが、これは  $f = f_H \cos \psi$  ( $f_H = \text{cyclotron freq.}$ ,  $\psi = \text{wave normal angle}$ )、すなわち共鳴条件に近づいたためである。この図から、 $0.5f_H$  以上の周波数でも、 $L = 3.75$  付近の depression duct によりトラップされることがわかるが、もしダクトの位置が  $L = 4$  に近づくと  $K_N$  の効果より  $K_M$  の効果の方が大きくなってトラップ出来なくなる。

なお上述のダクトトラッピングの条件は  $f > \frac{1}{2}f_H$  の条件を満足するという仮定のもとでのことで、depression duct が上記の条件を満たさない低高度まで伸びているとしても、そこで波がトラップされるという保証はない。むしろその範囲でのトラッピングは確しいと考えられる。

結論的には  $f > \frac{1}{2}f_H$  の条件での磁気赤道について対称な伝搬は容易ではない。

参考文献 Edgar, B.C., JGR 81, 3327, 1976



あけぼの衛星で観測された低高度赤道域におけるオメガ信号の伝搬特性

大前 拓也、引馬章裕、笠原 慎也、木村 繁根 (京都大学工学部)  
長野 勇 (金沢大学工学部)

Propagation Characteristics of Omega Signals Observed by Akebono in Low Altitude Equatorial Region

Takuya Ohnae, \*Akilhiro Hikuma, Yoshiya Kasahara, Iwane Kimura (Fac. Eng., Kyoto Univ.), Isamu Nagano (Fac. Eng., Kanazawa Univ.)

A special campaign was made by the Akebono satellite for the measurement of low altitude equatorial region in February 1994. The VLF group planned to observe Omega signals intensively in low altitude equatorial region. It was found that the signals penetrating the lower ionosphere and reaching Akebono from below, through wave guide mode propagation from North Dakota, Hawaii, and Tsushima transmitters are sharply cutoff at geomagnetic latitude of  $15^\circ$  or  $20^\circ$  N and below. This is not simply interpreted by the dip angle dependence of collision absorption and mode conversion factor through the lower ionosphere, but will also be due to a divergence factor of ray paths in low geomagnetic latitudes.

平成 6 年 1 月～3 月あけぼの衛星の近地点が赤道域に来る時期を選んで行なわれた低高度赤道域観測キャンペーンに、VLF グループとしては地上局オメガ信号の赤道域電離層内への透過特性を調べるための観測を行なった。

今回解析の対象とした期間は平成 6 年 1 月 31 日から 2 月 13 日までの 2 週間で、ES-Range(ESR)12 バス、Prince Albert(PA) 24 バス、(KSC) 18 バスの計 54 バスの軌道があるが、そのうち ESR 12, PA 6, KSC 7 の計 25 バスを解析した。データ取得は衛星搭載のバブルメモリ (BDR) によっており、観測時間は 1 軌道最大 17 分間となっている。

解析した軌道では対馬をはじめ、Australia, Hawaii, North Dakota, Norway, La Reunion の 6 局のオメガ信号が受信された。これらの信号の電界、磁界強度の軌道上の変化、信号の伝搬ベクトル方向、軌道上の屈折率、電子密度などが求められる。特に赤道真上の軌道に対して、地上局信号がどのように伝搬して衛星に到達するかは興味深い。

電波源から導波管モードで伝搬し、電離層を透過して下から衛星に達するモードについては衛星上では上向きに伝搬ベクトルをもって観測される。このモードは磁気緯度で  $15^\circ$  ないし  $20^\circ$  より低緯度側では衛星に到達できないという傾向が North Dakota, Hawaii の両局信号に明瞭に出ている。また、対馬局

と Norway については上述のカットオフ特性をもった軌道群と、磁気緯度  $10^\circ$  程度まで信号が受信される軌道群があり、Australia と La Reunion 局については  $15^\circ \sim 20^\circ$  でのカットオフがなく、 $10^\circ$  以下まで信号が検出されている。第 1 図は North Dakota 局信号の衛星軌道上の受信範囲を示す。

一方波源の付近で下部電離層を抜け、ホイスターモードで反対半球まで伝搬するものがある。これらは伝搬ベクトル方向も下向きとなるが、これらの信号強度が波源側で直接下から上がって衛星に達するモードに比べて強度が強いという傾向も見られて興味深い。これは磁気圏内のホイスターモード伝搬では減衰が少ないということを示している。

前述したオメガ信号が磁気緯度  $15^\circ \sim 20^\circ$  付近でシャープに切れる現象を理解するために full wave 法により collision 減衰と電離層下部でのホイスターモードへの変換効率の磁気緯度依存性を計算すると、磁気緯度  $30^\circ$  から  $9^\circ$  まででは減衰が緩やかに約  $10\text{dB}$  増加する程度であるが、それから先は  $1^\circ$  下がると  $5\text{dB}$  減衰が増加するという急峻な特性となる。この特性は上述の  $10^\circ$  程度まで受信された軌道に対応している。しかし  $15^\circ \sim 20^\circ$  付近でカットオフされる軌道については不十分である。地上  $300\text{km}$  程度の高度で更に減衰を大きくする要素として、電波の通路の広がりによる divergence factor が考えられる。これは電離層構造に依存するので、カットオフ軌道の位置 (特に経度) に依存することも説明できるかも知れない。

本報告ではこれらの検討結果を述べる。

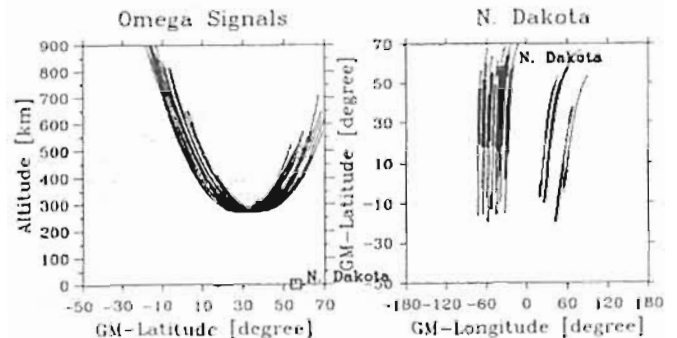


図 2 North Dakota 信号の検出範囲

A11-09

Lightning and Whistler Waves in the Jovian Ionosphere and Magnetosphere

\*Y.Hobara<sup>1</sup>, K.Nagai<sup>2</sup>, K.Ohta<sup>2</sup>, O.A.Molchanov<sup>1,3</sup>, and M.Hayakawa<sup>1</sup>

<sup>1</sup> The University of Electro-Communications

<sup>2</sup> Chubu University

<sup>3</sup> Institute of physics of the Earth (Moscow, Russia)

Lightning activity is a very important electrical process not only on the Earth, but also on other planets. The propagation characteristics of lightning-generated whistlers in the Jovian ionosphere and magnetosphere have been investigated by means of full-wave numerical computation and two-dimensional ray-tracing with amplitude information respectively. Previous researchers mainly paid attention to the dispersion constant D shown as follows.

$$D = t_g \sqrt{f} [\text{sec} \sqrt{Hz}]$$

where  $t_g$  is group travel time and  $f$  is wave frequency. But, estimating intensity information is highly required to study the characteristics of the lightning source, its effect on the Jovian atmosphere (lightning synthesis), the ionospheric and magnetospheric density distribution and type of the propagation (ducted or nonducted), Jovian electromagnetic environment. And those results could be combined with reexamination of Voyager observation.

We take full-wave numerical computation to investigate the propagation in the Jovian ionosphere. The three different models (one irregular profile derived by Pioneer Venus measurement and two rather smooth profiles from Voyager measurement) were examined. The ionospheric transmission loss is strongly dependent on the following factors. 1.Wave frequency: At higher frequencies the loss become larger. 2.Day-night variation: higher transmission loss at daytime. 3.Latitudinal dependence: Extremely higher loss in lower latitudes, but at higher latitudes (higher than 60 deg), loss is almost negligible. And the presence of an additional layer yields an oscillating frequency dependence in the transmission loss.

Ray-tracing technique is in principle a good strategy to study the propagation in the magnetosphere, but usually it doesn't consider the amplitude of the wave field. Here is the first attempt of ray-tracing with all the amplitude

factors, which consist of focussing and defocussing, polarization, and interactive damping (Landau damping and Cyclotron damping). Related equation is shown as follows

$$A = A_0 \sqrt{\frac{n_0}{n}} K_{pe} K_f K_a$$

$A$ ,  $A_0$  is an amplitude of wave field,  $n, n_0$  is the refractive index,  $K_{pe}$  is the polarization coefficient,  $K_f$  is focussing and defocussing coefficient and  $K_a$  is the interactive damping coefficient. All those factors are taken into account in our calculation. We focused on the observed lightning-generated whistlers and set the observation points where Voyager detected them as one of the initial conditions. Then we estimate the amplitude variation along the ray trajectories and until the location of the spacecraft. One of the examples of estimated wave attenuation is shown in Figure 1. According to this result, we have a good agreement between the estimated upper and lower frequency limit and experimental result. To deduce the Jovian lightning parameters, we will soon get the Voyager PWS data. And this could be the good prediction for the forthcoming Galileo mission. Furthermore, this idea is able to apply to any other planets, and together with estimating the radiation mechanism, it will contribute a lot to understand the planetary ionosphere and magnetosphere of our solar system.

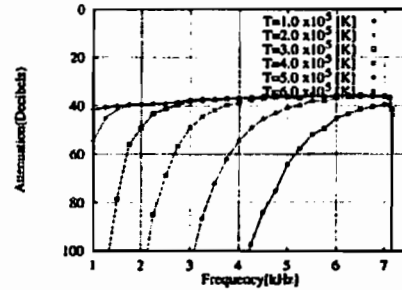


Figure 1: The frequency variation of total wave attenuation expected at Voyager spacecraft

A11-10

ホイストラ波動法線分布の高度及び周波数依存性

中村 毅 勝  
通信総合研究所

Height and frequency dependences of wave normal distributions at the duct exit of a whistler

Yoshikatsu NAKAMURA

Communications Research Laboratory, Koganei, Tokyo, 184

According to calculations based on the ducted propagation (Fig.1), two kinds of wave normal distributions of a whistler occur at the duct exit. The one is an upward distribution and the other is a downward distribution. Especially, in the downward distribution at the duct exit, an area where wave normals are almost vertically downward occurs due to the effect of the ionospheric vertical gradient added in the propagation in the duct. Fig.2 shows wave normal distributions at the duct exit for 450% duct and 300% duct, assuming the duct exit height of 150 km (Nakamura, 1993). In case of 450% duct, in the range of position measured from the duct center of  $-0.8\Delta$  to  $0.9\Delta$  and in case of 300% duct, in the range of position of  $-0.2\Delta$  to  $0.5\Delta$ , ( $\Delta$  is a half width of duct), the areas of vertically downward wave normals occur.

ダクト伝播モデルによる計算によれば、ダクト出口には、上方及び下方向きの二種類の波動法線分布が生じる。特に、下方向きの波動法線分布においては、ダクト中において加わる電離層鉛直勾配の効果により、ダクト出口に波動法線がほとんど鉛直下方向を向く傾城が生じる。450%ダクトについて出口の高度を上部電離層(高度400km)に仮定したとき、ダクト中心から測って $-0.7\Delta$ から $0.5\Delta$ の位置範囲( $\Delta$ はダクト半値巾)で、伏角 $89^\circ$ を超える伏角 $89^\circ \sim 92^\circ$ のほとんど鉛直下方向きの波動法線の傾城を生じる。地上で受信されるホイストラの場合、ダクト出口の高度は

下部電離層に下がっていると推定されるが<sup>1)</sup>、図2は450%及び300%のダクトについて出口の高度150kmを仮定して計算した波動法線分布である。450%ダクトの場合、 $-0.8\Delta$ から $0.9\Delta$ の位置範囲において出力波動法線伏角は $89^\circ$ から $92^\circ$ の範囲にあり、300%ダクトの場合 $-0.2\Delta$ から $0.5\Delta$ の位置範囲で波動法線伏角は $89^\circ$ から $91^\circ$ の範囲内にある。更に周波数依存性について検討する。

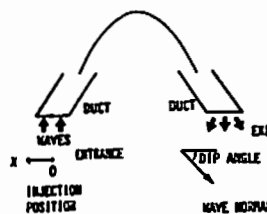


Fig.1

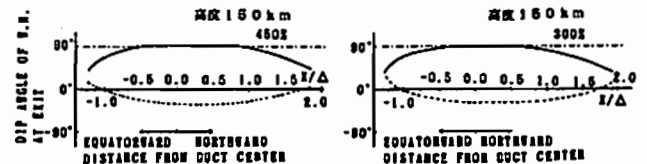


Fig.2

参考文献

1) Nakamura, Y., Ray-tracing studies of the arrival direction and the ionospheric penetration of whistlers at low latitudes. *J. Geophys. Res.*, 88, A9, 15729, 1983.

斜め伝搬プラズマ波不安定性の競合過程

° L. Borda de Águia, 大村 善治, 松本 敏  
 京都大学超高度電波研究所  
 A. L. Brinca  
 リスボン工科大学, ポルトガル

Competing processes of oblique plasma wave instabilities

° L. Borda de Águia, Y. Omura, H. Matsumoto  
 Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University  
 A. L. Brinca  
 Centro de Electrodinâmica, Instituto Superior Técnico, Lisboa, Portugal

A magnetoplasma made up of a background of isotropic electrons and protons and a beam of anisotropic electrons ( $T_{\perp}/T_{\parallel} > 1$ ) can feed different unstable modes. Numerical solution of the dispersion equation reveals in the wavenumber plane,  $k = k_{\perp} + k_{\parallel}$ , a complex topology for several parameters (growth rate, real frequency, and polarization) with islets of oblique growth unconnected to the unstable parallel modes. Computer simulations with one-dimensional full particle code (KEMPO1), for specific angles, recover the results of linear analysis and show competing processes among the coexisting unstable waves. Each instability has different temporal and spatial scales. The mechanisms involved in the growth and saturation of the fastest instability do not necessarily exclude later developments of other instabilities. The correct description of competing instabilities with different temporal and spatial scales requires a large number of timesteps and grid points, precluding at the moment the use of two-dimensional full particle codes.

磁化プラズマ中を伝搬する温度異方性をもった電子ビームは、平行伝搬のみならず、外層磁場に対して斜めに伝搬する様々な静電波及び電磁波を励起する。我々は、プラズマの鏡形分散関係の数値解法により、様々なパラメータに対する鏡形成長率、周波数、偏位の波数空間におけるトポロジーを明らかにした。不安定なモードの中には、平行伝搬のモードとは独立して、十分大きな成長率を持った斜め伝搬特有のモードも存在している。我々は、さらに1次元電磁粒子コード(KEMPO1)を用いて、特定の伝搬角においてプラズマ波動不安定性の計算機実験を行った。初期段階では鏡形成長率を確認し、さらに長時間発展においては、共存する複数の不安定性の競合過程を観た。各々の不安定性は、固有の時間および空間スケールをもっており、最も大きい鏡形成長率をもったモードが成長し飽和しても、他の不安定性が生き残ることを確認した(図参照)。

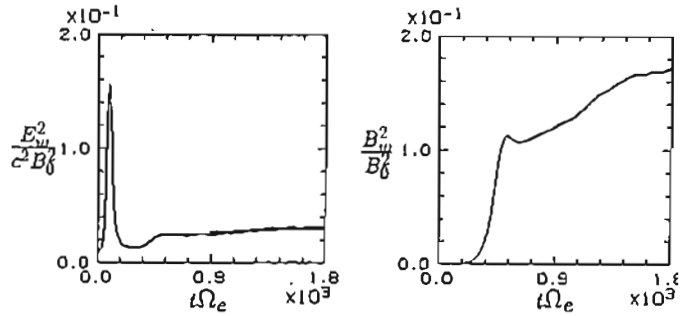


図1: 伝搬角 35 度における励起波の電場及び磁場エネルギーの時間発展: Time evolution of the electric and magnetic field energies of waves propagating obliquely ( $\theta = 35^\circ$ ) to the ambient magnetic field.

こうした異なった時間・空間スケールの不安定性の競合関係を調べるには、十分な数の空間グリッドと非常に多くの時間ステップが必要であり、2次元の計算機実験を実行することは容易ではない。

プラズマポーズ域における ELF 波動の衛星観測

EXOS-D サーチコイルデータ解析

°劉 洪 林 幹治(東大STP) 関分 征(名大STE)

Data Analysis of the Low-frequency Electrostatic Noise in the Vicinity of the Plasmapause

°H.Liu, K.Hiyashi

Department of Earth and Planetary Physics, University of Tokyo  
 S.Kokubun  
 Solar Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University

It is well known that various plasma waves in the ELF range occur around the polar region by satellite observations. We will present here a general survey of the Akebono(EXOS-D) search-coil wave measurements for the vicinity of the plasmapause encounters from 1989 to 1991. We found the low-frequency electrostatic noises observed in the altitude of several thousand kilometers around magnetic latitudes of  $60^\circ$ . The noise phenomenon is observed specially in the down and dusk sectors of the local time. A clear dependence on the magnetic activity has not been found.

地球の極域近傍には様々なプラズマ波動が存在することが人工衛星の観測で報告されている。特に低周波数帯 ELF の波動について Broad Electrostatic Noise と呼ばれる静電波のような現象が EXOS-D サーチコイルでもよく観測される。しかし、EXOS-D のデータを見ると、こ

のような現象は多くの場合に磁場の変動成分も伴い、その周波数範囲は観測限界の 100Hz 以上に伸びる。

今回の学会で報告するのはプラズマポーズ近傍に観測される完全に静電的な現象で周波数範囲が数 Hz までしか伸びないものである(図1)。この現象は高さ 3000km から 10000km までの間に観測され、特にローカル時間の朝方と夕方に集中的に現れ、磁気緯度の約  $60^\circ$  よりやや低緯度側に限定されている(図2)。また、磁気活動の依存性については今のデータ解析で明確な様相が見られない。

このような局在化した独特な静電的ノイズについて今までのスペクトル解析による統計的な結果を踏まえて、さらに衛星のスピンによるノイズの波形や強度などの変化を統計的に求め、現象の特性を明らかにするのが本研究の目的である。この解析に用いたデータセットは 1989 年の 8 月から 12 月までの五カ月と、1991 年の 5 月から 9 月までの五カ月とを合わせて、約十カ月間のデータであった。

今後の課題として、同時観測されている電場データとプラズマポーズの位置関係との比較することによって、現象の発生機構及び発生源を、さらに発生域に存在するポテンシャルの変化或いは粒子密度の変化による構造的なものを明らかにしていきたい。

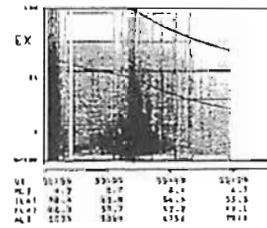


図1

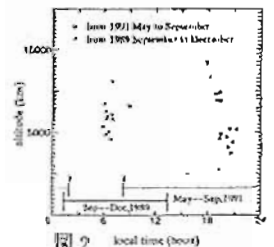


図2

A会場

10月18日(火) 午後

# 磁気圏プラズマ波動 —続き—

## Plasma Waves in the Magnetosphere

oral: A12-01~07

座長 中村 匡 (宇宙研)  
岡田雅樹 (極地研)

A12-01

On the Structure of Ducts for LF Whistler-mode Signals as Deduced from Multi-stationed Measurements in the Magnetic Conjugate Area at Low Latitudes

Iwata, A. (E.C.I.P., Nagoya Univ.), Y. Tanaka and N. Nishino (STEL, Nagoya Univ.)

Whistler-mode signals transmitted from a Decca station (Biel, L=1.54, fc=85.725kHz) were measured simultaneously at three observation points in the magnetic conjugate area of the transmitter: the conjugate point about 40km eastward from Birdsville, Birdsville and Morney about 200km eastward from the conjugate point. The below table indicates a summary result from the simultaneous observation carried out for July 15-September 18, 1991. The whistler-mode signals were simultaneously detected at Birdsville and the conjugate point, whose characteristics were almost similar in occurrence time, intensity, polarization and Doppler shift. This may suggest the duct dimension of several tens kilometers. When the signals were intense enough, the whistler-mode signals could be identified even at Morney, which may imply a sheet-like duct structure extended in the longitudinal dimension.

Also, direction finding results and 3-dimensional ray tracing results will be presented.

Table: Circle indicates a simultaneous detection with the similar characteristics, triangle different features, cross no detection, and for no observation.

Date	40km east	Birdsville	Morney
JUL 17	○	○	-
18	○	○	-
19	○	○	-
26	○	○	△
AUG 01	○	○	×
05	○	△	○
10	○	○	×
12	○	○	×
13	○	○	×
15	○	○	△
16	○	○	△
18	○	○	△
SEP 08	○	○	×
10	○	○	○
11	○	○	○

A12-02

外部プラズマ圏におけるホイッスル誘起ヒスの発生モデル

恩藤 忠典 (通信総合研究所)

Generation model of whistler-triggered hiss in outer plasmasphere

T. Ondoh  
Laboratory for Radio Science, Communications Research Laboratory, Tokyo, 184

Whistler triggered hiss was observed by DE-1 at geomagnetic latitude from 2.7°N(1937:40 UT, Inv. lat. 52.2°, L = 2.67 0645 MLT, Alt 10840 km) to 0.8°N(1940:00 UT, Inv. lat. 51.6° L = 2.59, 0646 MLT, 10407 km) on May 11, 1990 (Kp = 3+) in outer plasmasphere (Ondoh and Nakamura, 1993).

The whistler triggered hiss appeared at frequencies from about 14 kHz to a few kHz for about 2 seconds after the whistler trace. So, the whistler triggered hiss is not a superposition of whistler echoes which appear at frequencies below about 3 kHz. When non-ducted whistlers are scattered by plasma irregularities near the equatorial plasmapause (Horwitz et al., 1986), scattered whistler waves have large wave normal angles to the geomagnetic field lines near the resonance cone for frequencies above the lower hybrid resonance frequency. The scattered whistler waves with large wave normal angles have large electric field components parallel to the wave vectors. In the above period, the DE-1 crossed obliquely the equatorial geomagnetic field lines in the outer plasmasphere.

The satellite motion produces a Doppler shift in the electrostatic wave components, resulting in a spectrum broadening for the scattered nonducted whistler-mode waves (Bell et al., 1983). The spectrum broadening at whistler frequencies will continue during a whistler passage through the region of equatorial plasma irregularities.

The Doppler shifted spectrum broadening is estimated at 83 Hz for  $f_H = 45$  kHz,  $f_p = 201$  kHz ( $N = 500/cm^3$ ),  $\theta = 75^\circ$ .

$n = 30$  and satellite velocity of 5 km/s at 2.5 earth's radii where  $\theta$  is the wave normal angle to the geomagnetic field line, and  $n$  the whistler mode refractive index.

The whistler waves of short wavelength quasi-electrostatic mode exhibit the spectrum broadening of about 100 Hz for frequencies above the LER frequency of about 1 kHz for the above parameters. This is consistent with the whistler triggered hiss observed above a few kHz.

Nonlinear whistler spectrum broadening is caused by oscillations of ambient electrons trapped in potential well of oblique whistler wave electric fields with large wave normal angles to the geomagnetic field (Draganov and Taranenko, 1991). The nonlinear VLF spectrum broadening is given by the oscillation frequency of trapped electrons and is proportional to the square root of the whistler wave intensity. The spectrum broadening is estimated at 14 Hz for whistler wave intensity of 3 mV/m and the same parameters as the previous scattering calculation.

The nonlinear spectrum broadening decreases with frequency since the whistler wave intensity decreases with frequency. This may explain the upper limit frequency of the whistler triggered hiss. The Landau resonant interaction of whistler waves with ambient thermal electrons acts continuously in a limited interaction region near the equatorial outer plasmasphere. As the whistler propagates toward the ionosphere from the limited equatorial interaction region, the Landau interaction becomes inactive due to considerable parameter changes. However, the Doppler shifted spectrum broadening of scattered electrostatic whistler waves produced by the satellite motion is about ten times larger than the nonlinear spectrum broadening of oblique whistlers. Therefore, the former process seems to explain the whistler triggered hiss observed by the DE-1.



STABILITY OF INTERMEDIATE MHD SHOCK WAVES

Tohru Hada

Department of Applied Physics, Faculty of Engineering
Kyushu University at Ropponmatsu
Ropponmatsu, Fukuoka 810 Japan
e-mail: hada@rc.kyushu-u.ac.jp
tel: 092-771-4161 ext.282; fax: 092-731-8745

The evolutionary conditions in the dissipative magnetohydrodynamic (MHD) system are discussed, and the results are applied to argue stability of MHD intermediate shock waves. When dissipative wave modes are included, arbitrary perturbations given to the shock can be expressed as a superposition of outgoing wave modes from the shock: thus, intermediate shocks are evolutionary in dissipative MHD. The matching conditions of incoming and outgoing wave modes at the shock give an under-determined set of equations, which defines a unique solution when the minimum dissipation principle is imposed.

Hada, T., Geophys. Res. Lett., in press, 1994.

電波放射による再突入宇宙機近傍のプラズマ層計測の3次元計算機実験

山根 正也 白井 英之 松本 敏
京都大学超高度電波研究センター

Three-Dimensional Computer Experiments on the Measurement of a dense Plasma Layer near Reentry Vehicle using Radio Wave Emission
Masaya YAMANE Hideyuki USUI Hiroshi MATSUMOTO
Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University.

To study the electromagnetic environment in the vicinity of a reentry vehicle, we have been performing computer experiments using our three-dimensional electromagnetic particle code (KEMPO-3D).

In order to avoid the signal blackout during the reentry phase it is necessary to understand the characteristics of a dense plasma layer created near the reentry vehicle quantitatively. So far, fluid dynamics analysis has been carried out for the estimate of the characteristics of the plasma layer. Practically we also need to develop methods of direct measurement of the plasma layer which can be utilized on board of the reentry vehicle. However probe measurement is impossible because of heat which can melt its material.

As a new method, we propose to use high frequency radio waves emitted from a point source on the vehicle surface, which enables us to examine the characteristics of the dense plasma layer such as the density, the thickness, and the location from the vehicle surface. In order to test this method, we performed 3D computer experiments.

In the present paper, we will introduce the methods for the study of the characteristics of dense plasma layer by using the radio wave emission. We will also show some of the results obtained in the computer experiments.

我々は、電磁粒子コード (KEMPO) を用いた計算機実験により、再突入宇宙機近傍のブラックアウト時の電磁環境を解析している。

再突入宇宙機が大気圏に再突入する際、宇宙機前方に発生する衝撃波により圧縮され高温になった大気の一部は電離され、高密度プラズマの層ができる。ブラックアウトとは、このプラズマ層により、宇宙機から発信された電波が、反射、減衰され生じ、通信途絶現象のことである。この現象は、テレメータデータの欠落を引き起こすだけでなく、電波による宇宙機の誘導精度にも影響を与える。したがって、再突入宇

宙機の開発を行う上でブラックアウトの発生とその影響を予測することは通信系及び誘導系の最適設計を行う上で必要不可欠である。

そのためには、まず再突入時に発生する高密度プラズマ層の状態を知ることが必要である。現在のところ、プラズマ層の状態は実在気体効果を含む流体解析によって推定されている。しかし、実際になんらかの方法で宇宙機上から直接観測することも必要である。プラズマ層をプローブ等を用いて直接計測することは、プローブのシースの影響や高温となるための材質の問題等で困難である。そこで、宇宙機表面からの電波放射によって、再突入時に発生する高密度プラズマ層の様々なパラメータを測定する方法を開発することを考えた。今回は、機体面上の点放射源から測定点に到達する電波の直接波とプラズマ層による反射波による干渉縞からプラズマ層までの距離を推定する方法に注目した。また、この方法の性能を確認するため、3次元計算機実験を行った。図1は機体表面での電界強度に波源からの距離をかけたものの分布を示しており、その干渉パターンからプラズマ層までの距離が推定できることが示された。

今回の講演発表では、この電波放射による測定法を紹介する。また、計算機実験による結果を示し考察を加える予定である。

参考文献

- (1) 山根 等, 第 94 回 SGPSS 講演会予稿集

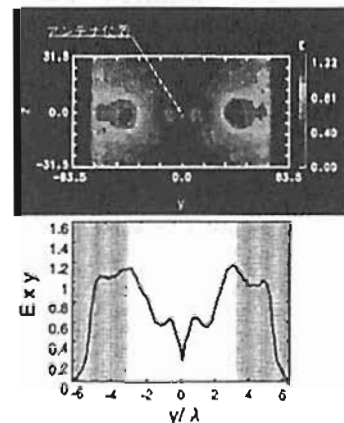


図1: 機体表面上の電波強度 (干渉縞)

電離層加熱実験における不均一プラズマと高周波電磁波の相互作用に関する計算機実験

上田 裕子<sup>1</sup>, 大村 善治<sup>1</sup>, 松本 敏<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 千葉大学工学部, <sup>2</sup> 京都大学超高層電波研究センター

Computer Experiments for Interactions of Inhomogeneous Plasma and HF electromagnetic waves on Ionospheric Heating Experiments

Hiroko UEDA<sup>1</sup>, Yoshiharu OMURA<sup>1</sup> and Hiroshi MATSUMOTO<sup>1</sup>  
<sup>1</sup> Chiba University, <sup>2</sup> RASC, Kyoto University

We examine direct conversion (DC) process of O-L mode pump wave into upper hybrid (UH) waves by pre-existing density irregularities during ionospheric heating experiments by means of electromagnetic particle simulations. It has been suggested that the UH modes involve various wave processes exciting stimulated electromagnetic emissions (SEE) on the ionospheric F-region. The field aligned density irregularity has been considered to play a key role in DC process. We investigate conditions for the process of the UH waves excitation.

電離層に高エネルギーの高周波電磁波を照射する電離層加熱実験では、ポンプ周波数またはその高調波の上下の周波数帯にこれまでに知られている機構のみでは説明できないSEE (Stimulated Electromagnetic Emission) と呼ばれる励起波が観測されている。BUM(Broad Upshifted Maximum) などSEE の特徴的な励起波は、ポンプ周波数が反射高度付近のサイクロトロン周波数の整数倍に極めて近い場合にのみ観測される。このことから、SEE は高域混成(UH)波が関与する波動相互作用により励起されると考えられている。

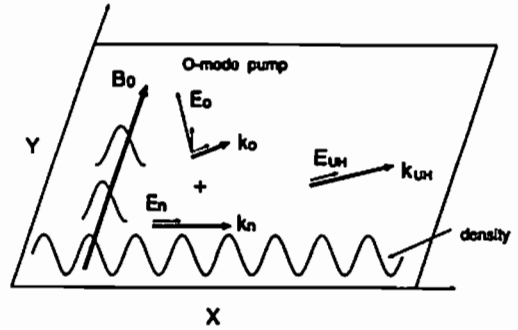


図1: 計算機実験モデル

一方、電離層における様々なスケールの密度不均一が多くの観測により報告されているが、外部磁場に対して垂直方向にポンプ波の波長程度の不均一が存在するプラズマ中をO-Lモードのポンプ波が伝搬する場合にUH波が励起されるというプロセス、DC (Direct Conversion) が提案されている<sup>1</sup>。

そこで本研究では、SEEを励起するのに十分な強さのUH波がDCによって生ずるかどうかを電離層加熱実験を想定した計算機実験を用いて検討する。図1に計算機実験のモデルを示す。DCとはすなわち、密度不均一を外部磁場B0に垂直方向の波数knを持ち周波数がゼロである波と考え、これとB0に対して斜めに伝搬するO-Lモード波およびUHモード波の三波相互作用とすることができる。このように二次元的な三波相互作用の問題を定量的に解析することは基礎物理学的にも興味深いと考えられる。

1) S. N. Autani, et al., Geophys. Res. Lett., 18, 2285, 1991.

A12-06 任意境界電磁粒子コードの開発と応用

岡田 雅樹<sup>1</sup>, 大村 善治<sup>2</sup>, 松本 敏<sup>2</sup>, 江尻 全樹<sup>1</sup>

<sup>1</sup>: 国立極地研究所 <sup>2</sup>: 京大超高層電波研究センター

Development and Applications of the Boundary-Fitted Electromagnetic Particle Code

Masaki OKADA<sup>1</sup>, Yoshiharu OMURA<sup>2</sup>, Hiroshi MATSUMOTO<sup>2</sup> and Masaki EJIRI<sup>1</sup>

<sup>1</sup>: National Institute of Polar Research

<sup>2</sup>: Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University

abstract

We have developed a new algorithm for a boundary-fitted electromagnetic particle code to take into account more realistic shape of a spacecraft for the spacecraft-plasma interaction. Triangular mesh is used for the discretization of the electric field and the magnetic field. Two algorithms for calculating the current density from the particle position and the velocity have been formulated.

First, we formulate the two-dimensional and the three-dimensional scheme of the new code. The central difference scheme is adopted for the discretization of time. We can introduce arbitrary shape of a spacecraft as a model by utilizing the triangular mesh system for the spatial grid. Vector rotations of the electric and the magnetic fields are discretized by applying Stokes' theorem to each triangular element (See Figure 1). We also formulate two kinds of the current calculation methods. One is the charge conservation method (CCM), which rigorously conserves the charge in each triangular element. The other is the area sharing method (ASM). We adopted ASM to the code because of its simplicity.

The two-dimensional boundary-fitted electromagnetic particle code has been programmed and has been evaluated the performance. We have performed a series of test runs with 64x64 grids and compared with the results of the orthogonal grid code, KEMPO. First, the CFL condition has been checked for the light wave propagation in the vacuum. The energy conservation and Poisson's equation solver have been evaluated with a test particle. Finally, we performed a test simulation with 4096 plasma particles. We confirmed the total energy has satisfactorily conserved during the 1024 simulation steps.

We will discuss the applications of the boundary-fitted electromagnetic particle code to the spacecraft mission such as the Solar Probe and SPU (Space Flyer Unit).

人工衛星等を用いた電離層環境の調査を行なう場合には、必ず衛星自身が周辺のプラズマ環境にあたる影響を考慮しなければならぬ。衛星は一般的に非常に複雑な形状をして

おり、周辺の電離層環境はその複雑な形状に大きく影響される。そこで、我々のグループではこれまで任意の形状の電離層環境を計算機実験のモデルとして取り扱うことができる任意境界電磁粒子コードを開発してきた。

まず、2次元の実験空間において三角形要素を用いたマックスウェル方程式を離散化する手法、および3次元の実験空間において4面体要素を用いたマックスウェル方程式を離散化する手法を定式化した。電界および磁界ベクトルの回転は、三角形要素にストークスの定理を適用することによって離散化を行なった。(図1参照) 時間発展は電場および磁場を中心差分により交互に解き進めるリープフロッグ法を用いた。また、プラズマ粒子の取り扱いには電荷保存法(CCM)および面積比例配分法(ASM)の二通りの手法を定式化した。以上の定式化によって予想される計算スキームの安定性についても検討を行なった結果、従来の直交座標系を用いた場合と同程度の精度が得られることが確認できた。

続いて、3次元の任意境界電磁粒子コードを実装し、性能評価を行なった。本コードでは簡単のため、電場密度および電荷密度の計算方法としてはASMを用いた。まず、プラズマ粒子が存在しない真空中での電磁場の伝播特性およびCFL条件を評価した。次に、テスト粒子をシステム内に配置し、静電場および静磁場が正確に求められることを確認し、さらに、4096個のプラズマ粒子を実験空間内部に配置し、プラズマ波の伝播特性の評価を行なった。計算精度の評価基準としては、プラズマ粒子の数値加熱の割合を目安とした。

本講演では、この任意境界電磁粒子コードをソーラープローブあるいはSPU(Space Flyer Unit)などの実際の宇宙観測計画に応用した場合の応用例についても発表を行なう予定である。

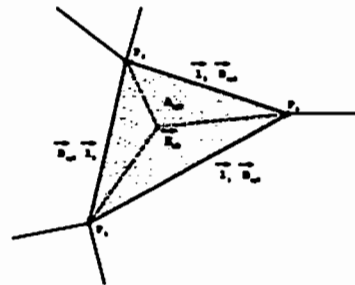


図1: Discretization of the  $\nabla \times B_y$  component.

T. K. Nakamura

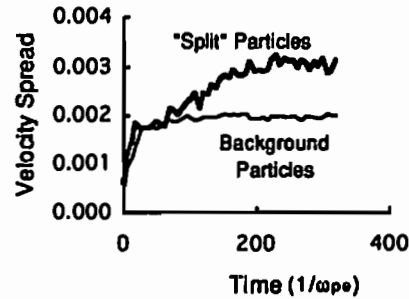
*Institute of Space and Astronautical Science, 3-1-1  
Yoshinodai, Sagami-hara, Kanagawa 229, Japan  
Email : tadas@gtl.isas.ac.jp*

A method called "splitting" is used in numerical simulations to study behavior of minor population of particles. In this method the mass and charge of a super-particle are changed with keeping the charge-mass ratio ( $q/m$ ;  $q$ : charge,  $m$ : mass) constant. For example, when one wish to examine the time evolution of a low density beam, say 5% density of the background, he/she assigns the same number of super particles to both beam and background particles. If he/she sets the charge and mass of the beam super-particle to 1/20 of the background super particle, the beam super-particles can represent 5% population of the background. Here it is assumed that the motion of a super particle is not modified by changing the super particle charge and mass as long as the charge-mass ratio is kept constant.

This assumption is true when the super particles are accelerated by coherent fields, however, no more valid for stochastic acceleration like in thermalization process. In the limit of the thermal equilibrium, for instance, the particle distribution is a Maxwellian ( $\propto \exp[-\frac{1}{2}m v^2 / k_B T]$ ;  $k_B$ : Boltzman constant,  $T$ : temperature), which is different for different mass of super particles. Therefore, splitting method may give inaccurate results when applied to thermalization problems.

To demonstrate this, we perform a simple one dimensional electrostatic particle simulation with periodic boundary condition. We simulate classical two stream electron instability where ions are treated as immobile background. Two groups of super-particles are used in one run, both of them have the same charge-mass ratio. We set mass and charge of a particle in one group ("split" particles) to 1/32 of those in another group (background particles), but other parameters (initial velocity, temperature, etc.) are the same. Therefore the time evolution of both groups must be the same if the splitting method can give a correct result.

The following figure shows the velocity spread ( $\langle (v - \langle v \rangle)^2 \rangle$ ;  $\langle \dots \rangle$  means average) of the particles in two groups. We see that the thermalization process is quite different.





A会場

10月19日(水) 午前

# 電離圏

## Ionosphere

oral: A21-01~14

poster: A21-P53~P59

座長

品川裕之 (名大STE研)

山本 衛 (京大超高層)

品川裕之 (名大・STE研)

Thermosphere-Ionosphere Coupling Model (1)

H. Shinagawa  
(Solar-Terrestrial Environment Laboratory,  
Nagoya University)

The ionosphere and the thermosphere are strongly coupled both dynamically and energetically. Various theoretical models of the ionosphere-thermosphere system have been constructed during the last decade, and significant progress has been made in our understanding of ionosphere-thermosphere coupling processes. However, improvement is still necessary to realistically simulate the coupling processes. Outstanding issues and the future of theoretical modeling of ionosphere-thermosphere coupling are discussed.

近年の衛星観測および地上観測などにより、熱圏と電離圏はイオンと中性粒子の衝突などを介して結合し、特に高緯度領域においては互いに大きな影響を及ぼし合っていることが明らかになってきた。しかしながら、熱圏と電離圏の相互作用は一般に非常に複雑な非線型過程であり、一方を経験的モデルで与えて他方を調べるというモデリングの方法では不十分であることが指摘されてき

た。最近になり、熱圏と電離圏を相互作用も含めて同時に扱うグローバルな3次元数値モデルが米国のNCARや英国のUCL/Sheffield大などのグループで開発され、基本的な物理過程の理解が進みつつある。これらの数値モデルは、超高層大気の代表的、平均的な構造を明らかにするという点では大きな成果を上げているものの、入力パラメータや境界条件、その他の仮定・近似などは必ずしも現実的なものとは言えない。特に、磁気圏や中層・下層大気からの影響をどのように取り入れるかに関しては多くの課題が残されている。

我々のグループでは特に熱圏・電離圏の結合過程に重点を置いたグローバルモデルを現在開発中であり、最終的には磁気圏および中層・下層大気との結合モデルを目指している。今回の発表では、これまでの熱圏・電離圏結合モデルにおける問題点を議論し、今後の展望を考える。

熱圏大気ダイナミクスの計算機シミュレーション

・藤原 均<sup>1</sup>、前田佐和子<sup>2</sup>、福西 浩<sup>1</sup>、  
T. J. Fuller-Rowell<sup>3</sup>、D. S. Evans<sup>3</sup>

- 1) 東北大学理学部
- 2) 京都造形芸術大学
- 3) NOAA/SEL

Numerical Simulation of the Thermospheric Dynamics

・ H. Fujiwara<sup>1</sup>, S. Maeda<sup>2</sup>, H. Fukunishi<sup>1</sup>,  
T. J. Fuller-Rowell<sup>3</sup>, D. S. Evans<sup>3</sup>

- 1) Department of Astrophysics and Geophysics, Tohoku University
- 2) Kyoto University of Art and Design
- 3) NOAA/SEL

We have revised the solar heating code in the 2-dimensional model for the use of a newly developing 3-dimensional code. The advanced solar heating code includes the effects of EUV and UV absorption by O, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> and O<sub>3</sub>. Using this code in the 2-dimensional model, we calculate temperature, wind and composition under the conditions of solar minimum and maximum. Furthermore, we will discuss the properties of gravity wave propagation under these conditions.

我々はこれまでに、2次元モデルを用いた計算機シミュレーションにより、オーロラ活動の変化に伴う熱圏大気の大気過程について調べてきた。これらの解析に加えて、我々は独自の3次元モデルの開発に取り組んでいる。従来の2次元コードでは太陽放射のフラックスを自由に変更することが不可能であったが、新3次元モデルの開発の一環

として太陽放射のフラックスを容易に変化させることが出来るとともに、下部熱圏でのオゾンの加熱も考慮したコードに変更を行なった。図1に緯度70度における経度平均した太陽加熱率と2次元モデルでのジュール加熱率を示す。圧力レベル7(約108 km)より上部では太陽活動やオーロラの活動によって大気の加熱率が大きく変化するほか、圧力レベル3(約82 km)付近ではオゾンの加熱の寄与が大きくなるのがわかる。今回は、これまで用いていた2次元モデルに新たな太陽加熱のコードを適用し、太陽活動度の違いによる大気の大気物理量の変化や、その際に、電離圏のジュール加熱によって励起される大気重力波の伝搬特性について議論する予定である。

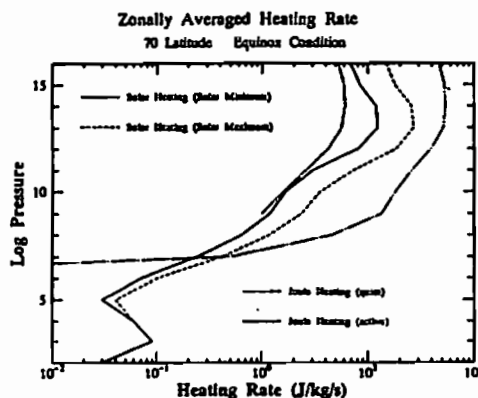


図1 緯度70度における経度平均した大気の加熱率。3次元的に計算可能なコードによって得られた太陽活動度極小 ( $F_{10.7} = 7.1$ ) 及び、極大 ( $F_{10.7} = 24.3$ ) 時の太陽放射による加熱率と従来の2次元モデルによって計算されたジュール加熱率。

MU レーダー観測による  
電離圏/熱圏重力波の分散関係

佐藤 充<sup>1</sup> 深尾 昌一郎<sup>1</sup> W. L. Oliver<sup>2</sup> 高見 友幸<sup>1</sup> 津田 敏隆<sup>1</sup> 山本 剛<sup>1</sup>  
<sup>1</sup> 京都大学超高度電波研究センター <sup>2</sup> ボストン大学

The Dispersion Relation for Ionospheric/Thermospheric Gravity Waves  
by the MU Radar Observations

M. Sato<sup>1</sup> S. Fukao<sup>1</sup> W. L. Oliver<sup>2</sup> T. Takami<sup>1</sup>  
T. Tsuda<sup>1</sup> M. Yamamoto<sup>1</sup>  
<sup>1</sup> RASC, Kyoto University <sup>2</sup> Boston University

By observing simultaneously in multiple beams with the MU radar, we have been able to track the passage of gravity waves and measure their propagation characteristics. We investigate the dispersion relation for these waves, and make a comparison between this and Ionosonde Observations<sup>1)</sup>. We will discuss these data in comparison with theoretical dispersion based on gravity wave theory.

MU レーダーでは多ビーム同時観測により、電離圏 F 領域電子密度の時間的変化・空間的変化を区別して観測できる。これまでの解析によれば、地磁気静穏日において、日中の F 領域の電子密度の揺らぎがたいていの場合連続する波状構造となること、および、その特徴が大気重力波の性質をかねそなえていることがわかってきている<sup>2)</sup>。これは、電離圏/熱圏大気もまた中層大気・対流圏でこれまで観測されてきたように重力波に揺らしていることを示している。

本研究では、太陽活動極小期(1987, 1994年)・極大期(1989, 1990年)にわたり延べ14日分蓄積されたF領域電子密度観測データにつき解析を行い、各観測日において重力波の性質をもっていることを確認した上、高度200~300kmにおける重力波の分散関係を調べてみた。周期に依存する波の特性を調べるため、狭帯域バンドパスフィルターを使用し、その後、時系列の相互相関を計算することで、特定の周期に対する伝搬ベクトルを求めた(Fig. 1)。なお、狭帯域バンドパスフィルターの中心周期は、40, 50, ..., 140分とし、それぞれのフィルターのバンド幅は10分である。図中の実線は3ステーションのアイオノゾンデ観測により得られた分散関係である<sup>1)</sup>。MUレーダーの観測結果とアイオノゾンデの観測結果は良く一致しており、ともに周期の長い波ほど、

水平波長が長くなることわかる。分散関係が太陽活動度に依存しないこともわかる。

講演では、消散効果を考慮した重力波の理論的な分散関係についても言及し、本解析結果と比較する予定である。

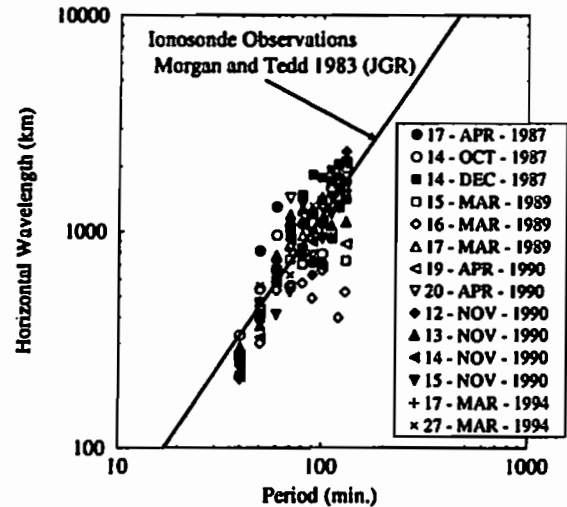


Fig.1 : MU レーダー IS 観測で得られた分散関係 (周期-水平波長) ただし、水平波長は周期に水平位相速度をかけたもの。

参考文献

1. Morgan, M. G. and Tedd, B. L., The dispersion of traveling ionospheric disturbances, *J. Geophys. Res.*, 88, 10253-10258, 1983
2. 山本 他, 第 92 回 SGEPPS 講演予稿集, 1992

MU レーダーによる  
電離圏 E/F 領域イレギュラリティの同時観測

山本 剛, 深尾 昌一郎  
(京都大学超高度電波研究センター)

Simultaneous Observations of Ionospheric E/F-Region  
Irregularities with the MU Radar

M. Yamamoto, and S. Fukao  
(Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University)

Recent studies of mid-latitude ionospheric field-aligned irregularities (FAI) have revealed that both E- and F-region FAI show large dynamic structure, which seem to be attributed to the modulation of the ionosphere due to atmospheric gravity waves. In this study, we have utilized the MU radar to conduct simultaneous multibeam observations of ionospheric E- and F-region irregularities in July 14-17, and 21-22, 1994. We steered the antenna beam in five directions for each region with the range resolutions of 600 m (E-region) and 4.8 km (F-region). During four nights of experiments, F-region FAI echoes were detected in two nights of July 14-15, and 21-22. E-region FAI echoes were detected in all nights, while they were less active in the nights when F-region echoes were not obtained. It was also found that each event of F-region echo appearance was for 2-3 hours, which corresponds to the period when E-region FAI were enhanced.

中緯度域における電離圏イレギュラリティは、従来、磁気赤道域やオーロラ帯のそれらと比べて観測例が少なく、その理解は必ずしも十分ではなかった。我々は、MUレーダーのアンテナビーム方向を地球磁力線に直交させることによって、中緯度域においても電離圏 E (高度 90~120 km) 及び F (高度 200~500 km) 領域からの強いコヒーレント・エコーが観測可能であり、活発なイレギュラリティが存在することを示してきた (例えば Fukao et al., *J. Geophys. Res.*, Vol. 96, 1991; Yamamoto et al., *J. Geophys. Res.*, Vol. 96, 1991)。

現在までの MU レーダー観測によって、F 領域ではイレギュラリティ

は空間スケールが数 100 km に達する巨大なバブル状の構造を持つことが明らかになった他、E 領域においては、イレギュラリティが高度 90~130 km の範囲を周期 5~10 分の変動を伴って下方へ伝搬するという準周期的構造が発見されている。これらの構造の発生メカニズムとしては、まずグラディエント・ドリフト不安定によって生じる電離圏 E 領域イレギュラリティに見られる準周期的波動構造については、中性大気と電離大気の相互作用によって生じるとのモデルが提唱されている (Woodman et al., *Geophys. Res. Lett.*, Vol. 18, 1991; Tsunoda et al., *Radio Sci.*, Vol. 29, 1994)。一方、F 領域イレギュラリティにはパーキンス (Perkins) 不安定が重要な役割を果たすと考えられる。しかしながらその成長率は大きくないため (Kelley and Fukao, *J. Geophys. Res.*, Vol. 96, 1991)、これにも P 領域下部において大気重力波による seeding (種付け) 効果が働いていると考えられる。以上のように、それぞれ中性大気中の重力波に密接に関連すると見られる構造を示す E/F 領域 FAI には、相互の関連がある可能性がある。ところで E 領域 FAI の発生には顕著な太陽活動度依存性は見られないが、F 領域 FAI の活動度は太陽活動度と負の相関を持つことが知られている。よって数年前までの太陽活動極大期には F 領域 FAI の観測が不可能な状況が続いていたが、太陽活動度が低下しつつあるここ数年間は E/F 領域 FAI の相関を研究する好機となりつつある。

今回、我々は MU レーダーによる電離圏 E/F 領域イレギュラリティの同時観測を実施したので報告する。観測は 1994 年 7 月 14 日~17 日及び 21 日~22 日の合計 4 晩に実施された。このうち F 領域 FAI 観測は、レンジ分解能 4.8 km、ビーム方向は高度約 300 km において地球磁力線と直交する 5 方向に設定され、E 領域観測はレンジ分解能 600 m、ビーム方向は高度約 100 km において地球磁力線と直交する 5 方向に設定された。観測の結果、F 領域 FAI エコーは 7 月 14 日~15 日及び 21 日~22 日の 2 晩のみ検出された。E 領域 FAI エコーは全ての夜間に観測されているが、F 領域 FAI エコーが検出できなかった日は相対的に E 領域 FAI の活動度も低い特徴が見られた。更に F 領域 FAI エコーが検出されたそれぞれ 2~3 時間の時間帯には E 領域 FAI の活動度が増大している。現在の観測データはまだ極めて限られており、今後数年間の継続観測を必要とすると考えられるが、観測結果から、E 及び F 領域のイレギュラリティには一定の相関があると考えられる。

## A21-05 MU レーダーによる E 領域沿磁力線イレギュラリティ準周期構造の研究

林 正則 山本 衛 深尾 昌一郎  
京都大学超高度電波研究センター

### Study of Quasi-Periodic Structure of Field-Aligned Irregularities in the E-Region Observed with the MU Radar

M. Hayashi, M. Yamamoto, and S. Fukao  
Radio Atmospheric Science Center Kyoto University

We have studied quasi-periodic radar backscatter from field-aligned irregularities in the E-region based on the multibeam and interferometry observations with the MU radar. They have shown that the appearance of the echoes during the postsunset period is intermittent with periods of a few to 10 min, and that they propagate toward the radar. This is why these echoes are called "quasi-periodic (QP)" type. Now, two models are proposed for QP echoes by R.F. Woodman et al. (1991) and R.T. Tsunoda et al. (1994). Both models show that the QP echo patterns are due to sporadic E layers modulated in altitude by atmospheric gravity waves. In this study, we analyzed mean Doppler velocities and spectral widths of QP echoes as well as their echo powers in order to investigate the quasi-periodic structure in more detail and clarify its mechanism of generation by comparing their characteristics with the proposed models.

#### 1. はじめに

我々は、MU レーダーを用いて中緯度電離層 E 領域沿磁力線イレギュラリティ (FAI: Field-Aligned Irregularities) の観測を行ってきた。その結果、FAI エコーは夏季の夜間に最も活発であり、周期数分から 10 分で発生と消滅を繰り返しながら、レーダー方向へ伝搬する「準周期構造」を示すことが明らかとなった。この準周期エコーの領域は、多ビーム観測によりほとんどが西向き、東西伝搬特性を示し、干渉観測により筋状に北西から南東に 10~20km の間隔で分布し、南西方向の伝搬特性を示すことが分かっている。また、1993 年に行なわれた MU レーダーと可搬型 VHF レーダーによる同時観測により、エコー

領域が北西-南東にのび、南西に伝搬することがわかった。

以上のような準周期エコーの生成については、2つのモデルが提唱されている。それらのモデルはどちらも、QP エコーのパターンはスプラディック E 層が磁力線直交方向南向きに伝搬する大気重力波によって高度変調されるために生ずるとしている。2つのモデルのうち、R.F. Woodman et al. (1991) によって提唱されたものは、数層あるスプラディック E 層が数 km 程度の高度変調を受け、重力波の非線形効果によりスプラディック E 層に磁力線と平行になる部分ができるというものである。もう 1つのモデルは、R.T. Tsunoda et al. (1994) によって提唱され、スプラディック E 層が前者のモデル程急峻ではないが数十 km 程の高度変調を受け、分極効果によって QP エコーが生じるとしている。

これまでの研究は、観測パラメータのうちエコー強度の時間高度分布にもとづいたものがほとんどであったが、今回我々は残された平均ドップラー速度、スペクトル幅といった観測量の詳細な解析を行なって、上述した様な提唱モデルとの比較を行なったので報告する。

#### 2. 解析結果

現在までに行なわれた多ビーム観測の解析結果によると、エコーパワーについては、エコー領域が時間とともにレーダーに近づくことがわかっていて、平均ドップラー速度については、1時間程の平均を行なった値からの変動量を取り上げると、エコーパワーが最大となる位相において正負が反転する現象が多々みられ、スペクトル幅については、エコーパワーの極大時に狭くなることしばしばみられた。エコー強度の時間高度分布に見られる準周期エコーの伝搬パターンは筋状になるが、平均ドップラー速度、スペクトル幅はその筋に沿ってほぼ一定値となっている。さらに、平均ドップラー速度の値を用いて約 1時間程度の平均の東西成分を最小 2 乗法により求めると、西向き成分をもつことが多いことがわかった。また、まれにはあるが、エコー領域が時間とともにレーダーから遠ざかるパターンもみられたが、そこでは東西伝搬特性及び平均ドップラー速度が東向きを示すことがあった。

上述の解析結果と提唱されているモデルとの比較を行なうと、まず、QP エコーの筋に沿ってパラメータの値がほぼ一定値となる点については、電界が磁力線に沿ってマッピングすることを考えると、Tsunoda のモデルより Woodman のモデルに近いと考えられる。エコー領域が時間とともにレーダーから遠ざかるパターンについては、逆に Woodman のモデルでは説明できないが、Tsunoda のモデルでは説明がつく可能性がある。また、エコー強度極大時のドップラー速度の反転については、どちらのモデルにおいても触れられていない。

## A21-06 MU レーダーで観測された Es 層不規則構造の運動と乱流

小川 忠彦<sup>1</sup>, 山本 衛<sup>2</sup>, 深尾 昌一郎<sup>2</sup> (†通研研, †京大超高研)

### Turbulence and movement of sporadic E irregularities observed with the MU radar

T. Ogawa<sup>1</sup>, M. Yamamoto<sup>2</sup>, and S. Fukao<sup>2</sup>

(†Commun. Res. Lab., †Radio Atmos. Sci. Ctr., Kyoto Univ.)

Mid-latitude E region field-aligned irregularities (FAI) in summer were continuously observed on June 17-19, 1989 by the MU radar provided with five narrow beams in order to investigate spatial and temporal behaviors of the 3.2-m scale FAI. Using Doppler spectrum, mean Doppler velocity, and echo intensity data that were obtained with a range resolution of 600 or 150 m and a time resolution of about 20 s, we present some new features of the plasma turbulence and irregularity movement pertinent to two types of echoes: "continuous" and "quasi-periodic" echoes. Their characteristics are summarized as follows:

#### Continuous echoes

(1) Continuous echoes were observed at night and in the morning. They appeared at 90-100 km altitudes and had a SNR less than 15 dB.

(2) Apparent movements of the echoing patches (patterns) were eastward with speeds of 95-140 m s<sup>-1</sup>.

(3) Echo intensities and mean Doppler velocities were modulated with periods of 5-20 min, suggesting an important role of gravity waves to the modulation.

(4) Mean Doppler velocities were within ±50 m s<sup>-1</sup> corresponding to an apparent east-west electric field component of 2.5 mV/m (≅ dynamo field). They were toward the radar between 2000 and 0200 LT, but away from the radar between 0300 and 0830 LT.

(5) Some enhanced echoes were located within the region where the mean Doppler velocities tend to be close to zero. On several occasions there was velocity shear across the enhanced-echo region.

(6) Doppler spectra were almost symmetrical about mean Doppler velocities and had spectral widths narrower than 100 m s<sup>-1</sup>. These characteristics are similar to those of type 2 echoes due to the gradient drift instability in the equatorial and auroral E regions.

#### Quasi-periodic (QP) echoes

(7) QP echoes were observed at 95-125 km altitudes and only at night.

(8) Most of the QP echoes had periods of 5-15 min and consisted of many striated discrete echoing regions that moved toward the radar with range rates of 30-100 m s<sup>-1</sup>. The QP echoes observed during 0310-0400 LT on June 18 had periods of 20-30 min and range rates of 10-15 m s<sup>-1</sup>. Sometimes the echoing regions moved away from the radar.

(9) QP echoing regions usually moved westward at 60-180 m s<sup>-1</sup> whereas some moved eastward at 70-110 m s<sup>-1</sup>. With increasing westward speed of the QP echoing region, the period becomes shorter and the echoing region moves toward the radar faster.

(10) Echo intensities and mean Doppler velocities were modulated with periods of 5-20 min (same as item 3).

(11) Mean Doppler velocities were mostly within ±100 m s<sup>-1</sup> and sometimes reached 200 m s<sup>-1</sup> for a short interval in limited regions. Signs of the velocities were very changeable in both space and time, and were unpredictable, were unrelated to the movement of the echoing region.

(12) Some enhanced echoes were located within the region where the mean Doppler velocities tend to be close to zero. On several occasions there was velocity shear across the enhanced-echo region. These characteristics are similar to item 5.

(13) Doppler spectral widths were between 60 and 150 m s<sup>-1</sup> and sometimes reached 200 m s<sup>-1</sup>. The widths were variable in time and space. Very narrow spectral widths of 20 m s<sup>-1</sup> occasionally appeared within a localized region.

(14) Structured QP echoing regions have spatial scale-lengths of 150 m (the minimum range resolution used) or less.

These results are compared with previous radar observations of mid-latitude E region FAI and recent theories of a generation mechanism of echoes.

## The MU Radar and the Freja Satellite Conjugate Observation of the Mid-Latitude Electric Field Fluctuations

\*A. Saito<sup>1</sup>, T. Iyemori<sup>1</sup>, L. G. Blomberg<sup>2</sup>,  
G. T. Marklund<sup>2</sup>, M. Yamamoto<sup>3</sup>, and M. Takeda<sup>1</sup>

1. Faculty of science, Kyoto University

2. Dept. of Plasma Physics, Royal Institute of Technology, Sweden

3. Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University

The conjugate observation by the MU radar and the Freja satellite was made at two nights between April 26 and April 28 in 1994. The purpose of this observation is to clarify the relationship between the mid-latitude electric field fluctuations observed by satellites and the other ionospheric phenomena observed by radars.

The mid-latitude electric field fluctuations were found by the DE-2 satellite observation. They mainly appear at nighttime and between 25 and 40 degrees invariant latitude. Its simultaneous appearance at conjugate points in both hemisphere indicates that these fluctuations occurs throughout the geomagnetic field line. This characteristic is confirmed by the Freja satellite observation of the same type of electric field fluctuations over 1300 km altitude which is higher than the DE-2 satellite orbit. In order to see the background condition of the appearance of these electric field fluctuations, the MU radar and the Freja satellite simultaneously observed the elec-

tron density profile and electric field, respectively, on the same geomagnetic field line at the night of May 18 in 1993. The observation of the MU radar was in the standard mode for the ionospheric observation, which observe 4 directions of ionosphere.

Another set of conjugate observation was made in April 1994. In this observation, the MU radar observed ionosphere in a special mode, in which 8 directions of ionosphere are observed simultaneously. The beam directions are north, south, east and west with two zenith angle, 10 and 30 degrees. The 512  $\mu\text{sec}$  single pulse is used and its observation altitude is between 150 and 650 km. It can observe the electron density structure of the region whose diameter is 440 km at 380 km altitude. At the night of April 28, the F-region ionosphere had horizontal gradient of the plasma density in east-west direction. Ionograms which were taken at the MU radar site show spread-F echoes when the horizontal gradient existed. Same type of horizontal gradient were also observed in the conjugate observation in May 1993 at the footpoint of the electric field fluctuation. These horizontal gradient of the plasma density in the F-region could cause the electric field fluctuations through plasma instabilities such as Perkins instability or E $\times$ B instability.

## 赤道電離圏のモデリング - $dN'/dt$ はどこまで電場を表すか? -

丸山 隆 (通総研)

### Modeling Study of Equatorial Ionosphere

T. Maruyama (Commun. Res. Lab.)

In the ionospheric F region at the equatorial latitudes, the strength of zonal electric fields in the evening hours is tightly connected with generation of equatorial spread F and plasma bubbles. Many researchers discuss the electric fields and dynamics of the ionosphere based on the electric fields derived from the time derivative of virtual height of the F layer ( $dN'/dt$ ). This paper reinvestigates the accuracy of the zonal electric field derived by the above method. Model calculation of ion concentration in the ionosphere shows that heights of the bottomside of the F layer significantly change due to the effect of trans-equatorial thermospheric wind, which has been considered to be negligible.

#### 1. 序

電離圏 F 領域の状態を決める因子として、化学的な電離の生成と消滅の他に、電場と熱圏風が重要である。日没後、再結合係数の大きい下部 F 領域の電離が消滅した後は電場と風の効果が直接現れる。赤道電離圏においては、電場が水平であるために、東西方向の電場による E $\times$ B ドリフトによって電離圏高度が大きく変化するが、熱圏風による直接的な高度変化は無いとされている。この事に基づいて、多くの研究者が電離圏垂直観測 (イオンゾンデ) で得られる  $N'$  の時間微分 ( $dN'/dt$ ) から東西電場を議論している [Batista et al., 1990; Hanumath et al., 1994]。

太陽活動極大期においては、日没前後の電場は東向きであり、西向きに反転する直前に東向き電場が強まる (evening enhancement) のが一般的である。この時に、Rayleigh-Taylor 及び E $\times$ B 不安定によって、プラズマバブルが形成され強い不規則構造 (赤道スプレッド F: ESF) が現れる。筆者は、かつて ESF 発生の季節・経度による変動を調べるために、不安定性成長率の数値計算を行った [Maruyama, 1988]。そこでは、電場として Jicamarca の IS レーダの結果と Fortaleza での  $dN'/dt$  から推定した値を用いた。それぞれの観測地点で ESF 発生特性の季節変動は定性的に説明がしたが、Fortaleza の計算結果

は Jicamarca に比べて常に大きな成長率を示し、経度特性を定量的に説明することができなかった。そこで、 $dN'/dt$  から電場を推定することに疑問を残した。

今までになされた議論では、熱圏風の赤道電離圏高度 ( $N'$ ) への影響は無視できるとされているが、本論文ではモデル計算により赤道を横断する熱圏風 (夏半球から冬半球へ) の影響が無視できないことを示す。

#### 2. モデル計算

対象は赤道 F 領域であるから、プラズマは磁力線に完全に凍結されているとし、各磁力線に沿って連続の式と運動方程式を解いて赤道上空の電子密度高度プロファイルを求める。 $N'$  と比較するため、 $N = 1.24 \times 10^6 \text{ cm}^{-3}$  に対応する高度を 15 分毎に求める。比較的密度の低い領域を考慮するので O<sup>+</sup> イオンの他に分子イオンも計算に含めた。電場モデルは太陽活動極大期の典型的な日変化を用い、熱圏風モデルとして NCAR の TGCM の結果を用いて風の影響と  $N'$  の変動を比較した。

#### 3. 結果

もともと  $dN'/dt$  から電場を推定するに、生成消滅の効果が無くなる夜間で、再結合効果が無視できるだけの高度にある必要がある。したがって、この方法の適用は日没直後から 2400LT 頃までが限界である。計算の結果は、熱圏風を含めない場合、evening enhancement の付近でモデルとして入力した電場と  $N'$  から逆に求めた結果は 10% 程度の誤差 (後者が大きい) で、電場を推定する方法としてほぼ妥当であることが確認された。しかし、風の影響をいれると  $N'$  から逆算した電場は最大で約 40% の増加となる。さらに、風を 2 倍にした場合、100% 以上の増加となつて、 $N'$  から電場を推定することは殆ど不可能になることが分かった。この原因は以下のように考えられる: 赤道横断風により磁力線に沿うイオン密度分布が南北非対称となる。その結果、高度の低下した半球側での再結合効果が指数関数的に大きくなり、磁力管全体の平均再結合率を増加させる。その効果は短い磁力線 (赤道高度が低い) ほど大きいため、見かけ上電離圏高度上昇 ( $N'$  の増加) を招く。従って、不用意に  $N'$  から推定した電場で赤道電離圏のダイナミクスを議論することは危険である。

#### References

- T. Maruyama, *J. Geophys. Res.*, 93, 14,611-14,622, 1988.  
I.S. Batista, M.A. Abdu, and R.A. Medrano, *Annales Geophysicae*, 8, 357-364, 1990.  
J. Hanumath, H.N.R. Rao, V.V. SomayaJulu, and H. Chandra, *Geophys. Res. Lett.*, 9, 825-828, 1994.



A21-09 静穏日における中緯度 F 領域電場の  
日変動特性と磁気共役点効果

高見 友幸<sup>1</sup> W. L. Oliver<sup>2</sup> 深尾 昌一郎<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 京都大学超高度電波研究センター <sup>2</sup> ボストン大学

Characteristics of the Quiet-time F Region Electric Fields  
at Mid-latitudes

T. Takami<sup>1</sup> W. L. Oliver<sup>2</sup> S. Fukao<sup>1</sup>

<sup>1</sup> RASC Kyoto University <sup>2</sup> Boston University

We have examined the quiet-time behaviors of the F region electric fields at middle latitudes, using the average F region perpendicular plasma drifts obtained with the Arecibo, Shigaraki MU and St. Santin radars. The F region electric fields are significantly related to conjugate effects.

最近相次いで世界各地の IS 観測データの統計解析が公表されたことにより、F 領域電場の日変動特性及びその生成機構についての新しい理解が得られつつある。本研究では、Arecibo、宿禰 MU、St. Santin レーダーで観測された F 領域プラズマドリフト速度の磁力線に垂直方向東向き成分 ( $V_{E1}$ ) 及び北向き成分 ( $V_{N1}$ ) の平均日変動・季節変動について解析し、以下の点に注目した ( $V_{E1}$ 、 $V_{N1}$  はそれぞれ磁力線に垂直方向南向き、東向き電場に対応する)。

- (1) Arecibo、宿禰 MU、St. Santin の  $V_{E1}$  及び  $V_{N1}$  の日変動に系統どった夏・冬類似性が現れること。
- (2) 太陽活動極小期の夜間に見られる  $V_{E1}$  の一時的減少及び  $V_{N1}$  の一時的増大。
- (3) 6-12 LT における  $V_{E1}$  の一時的増大と  $V_{N1}$  の極大との相関。

(1) の一例として図 1 に示される  $V_{E1}$ 、 $V_{N1}$  について、夜間では、夏の Arecibo の変動と冬の宿禰の変動が非常に類似しているのがわかる。これは電場生成に磁気共役点効果が強く関わっていることを示しており、この場合は夏半球側が電場生成に支配的であると考えることで説明がつく。すなわち、冬の宿禰の電場は、そのとき夏である磁気共役点で生み出された電場がマップされてきたと考える。宿禰の磁気共役点は Arecibo の地理緯度にほぼ等しい (表 1)。F 領域ダイナモ電場を生み出す熱圏風は地理緯度だけに依存し南北半球で逆が

ないとすると、夏の Arecibo で生じる電場と、宿禰の磁気共役点 (夏) で生じる電場はほぼ等しく、従って冬の宿禰の電場と夏の Arecibo の電場は類似することになる。

Arecibo-宿禰 MU に見られるレーダー位置と磁気共役点についての対応関係は、宿禰 MU-St. Santin や Arecibo-St. Santin についても見られ (表 1)、 $V_{E1}$  と  $V_{N1}$  の日変動にはやはり見事に夏・冬類似性が現れる。講演では、Arecibo、宿禰 MU、St. Santin の  $V_{E1}$  と  $V_{N1}$  に見られる磁気共役点効果を左記 (2)、(3) の観点とともに議論したい。

表 1 IS レーダーの緯度と磁気共役点

	地理緯度 (磁気共役点)	地磁気緯度
Arecibo	18°N (45°S)	30°N
宿禰 MU	35°N (17°S)	26°N
St. Santin	45°N (35°S)	43°N

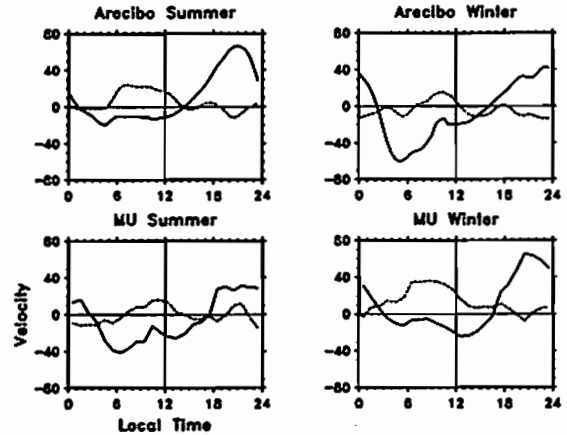


図 1 Arecibo(上)と宿禰 MU(下)で観測された太陽活動極大期の夏(左)・冬(右)における  $V_{E1}$  (実線) 及び  $V_{N1}$  (点線) の平均日変動

A21-10 ライダーによる Nas 層とイオノゾンデ  
による Es 層の同時観測 (1)

阿保 真、長澤 親生 (都立大・工)  
五十嵐 喜良、永山 幹敏 (通総研)

Simultaneous Observations of Nas layers with a Lidar  
and Es layers with an Ionosonde (1)

M. ABO\*, C. NAGASAWA\*, K. IGARASHI\*\* and M. NAGAYAMA\*\*  
\*Tokyo Metropolitan University  
\*\*Communications Research Laboratory

Abstract: Sporadic sodium (Nas) layers are frequently observed with a lidar in the mesopause region over Tokyo. We observed the Nas layers with the lidar and the sporadic E (Es) layers with the specific ionosonde located at CRL(Kokubunji) simultaneously. We could find good correlation between the Nas layer above about 95km height and the Es layer, and no good correlation between the Nas layer below about 95km height and the Es layer. They may suggest that the mechanism of the Nas occurrence varies with the height region.

はじめに 我々はライダー観測により、従来中緯度ではあまり発生しないとされてきたスボラディック Na (Nas) 層が東京においては頻繁に発生することを報告した。更に、Nas 層の発生頻度の季節変化がスボラディック E (Es) 層の季節変化と良く一致しており、両者の関連性を指摘した。今回は Nas 層と Es 層の詳細な比較を行うために、ライダーと通常より短い時間間隔と高さ分解能を持つイオノゾンデの同時観測を行った。まだ初期的な結果しか得られていないが、その結果を報告する。

同時観測概要 ライダー観測は都立大 (八王子) においておよそ 4 分間隔、高度分解能 100m で行われ、イオノゾンデによる観測は、そこから約 10km 離れた通総研 (国分寺) で通常 15 分間隔で行われているものを特別に 5 分間隔、高度分解能 1.5~3km により行った。同時観測は 1994 年 6 月から 8 月にかけて数回行われた。

観測結果 Fig.1 にライダーによる 1994 年 7 月 5-6 日の Na 密度分布を示す。空白は大気の状態の変化により観測できなかった部分である。23 時

と 01 時頃に Nas が発生しているのが分かる。Fig.2 にこの時の Nas の密度ピーク値と Es のトップ周波数 (ftEs) の時間変化を示す。23 時頃の Nas は Es と相関が良いが、01 時前後の Nas は対応する Es の変化が見られない。Fig.3 に Nas と Es の高度変化を示す。23 時頃の Nas は 98km 付近にあり、Es と発生高度は異なるものの、高度の低下は Es と相関が良い。01 時前後の Nas は 95km 以下に発生しており、Es と直接的な相関は見られない。Nas の発生高度により Es との相関が異なることから Nas の発生機構が高度により異なることが推定される。

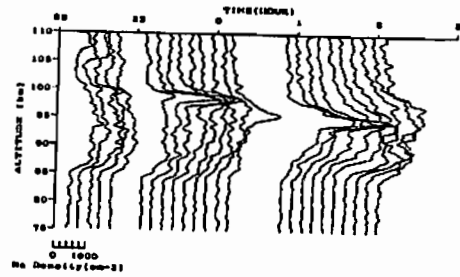


Fig.1 Sequence of Na density profiles of the sporadic Na (Nas) layers observed on 5-6 July 1994.

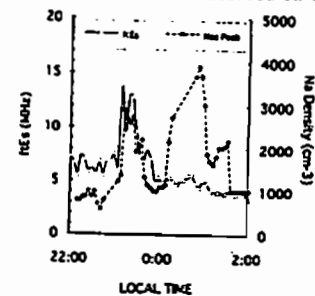


Fig.2 Temporal variation of the Na density at the peak of Nas layers and the top frequency of Es layers.

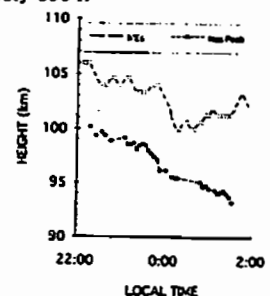


Fig.3 Temporal variation of the height of the peak of Nas layers and the height of Es layers.

A21-11 赤道帯電離圏の電子温度・電子密度

— 観測と理論の比較 —

○蘇元智<sup>1</sup>、小山孝一郎<sup>2</sup>、G. Bailey<sup>3</sup>、高橋忠利<sup>4</sup>、  
渡部重十<sup>5</sup>、大家寛<sup>4</sup> (1中国武漢物理研究所、2宇宙科学研究所、  
3シェフィールド大学、4東北大学、5北海道情報技術研究所)

Electron Temperature and Density at Equatorial-Anomaly Latitudes: Modelling Studies and Hinotori Satellite Observations

Y. Z. Su<sup>1</sup>, K. I. Oyama<sup>1</sup>, G. J. Bailey<sup>2</sup>, T. Takahashi<sup>3</sup>, S. Watanabe<sup>4</sup> and H. Oya<sup>5</sup>

<sup>1</sup>The Institute of Space and Astronautical Science, 3-1-1 Yoshinodai, Sagami-hara, Kanagawa 229, JAPAN

<sup>2</sup>The School of Mathematics and Statistics, Applied Mathematics Section, The University of Sheffield, The Hicks Building, Sheffield S3 7RH, U. K.

<sup>3</sup>Tohoku University, Sendai, JAPAN

<sup>4</sup>Hokkaido Institute of Information Technology, Ebetsu, Hokkaido 069, JAPAN

It is well known that the low latitudinal ionosphere is characterized by the equatorial anomaly. The effects of equatorial anomaly in the behavior of F2 peak electron density and total electron content have been studied using experimental observations and modelling techniques. In the most of the previous modelling studies of the equatorial anomaly, the energy balance equations for ions and electron has not been used in the calculation. Thus the coupling between the electron density and temperature cannot be investigated in a self-consistent way.

Recently, A low and mid- latitudes plasmasphere-ionosphere model has been

developed by Sheffield Group. In the model coupled time-dependent equations of continuity, momentum and energy balance for 6 ions and electrons are solved. In the present study, the coupling between electron temperature and density at equatorial anomaly latitudes is investigated using the Sheffield University Plasmasphere-Ionosphere Model (SUPIM). The model results carried out are for December solstice at solar maximum.

The model results at 600km between 25°S to 25°N latitudes are compared with the electron temperature and density observed by Hinotori satellite. The model values show that the observed features that the electron density is higher in summer hemisphere and temperature is higher in the winter hemisphere, is principally caused by the summer-to-winter component of the meridional wind. Closer agreement between the modelled and observed values of the density and temperature is obtained when the meridional wind, as given by the HWM90 model, reduces the summer-to-winter component and shift the phase of the daytime polarward component toward afternoon sector in northern hemisphere and morning sector in southern hemisphere. The model calculations show that the altitude variations of the vertical E×B drift velocity play an important role in the development of the ionospheric equatorial anomaly. In order to reproduce the observations, the altitude variations of the drift velocity should be taken into account in the model calculation.

The altitude distributions (from 150 to 2000 km) of the electron temperature and density are investigated using the values from the model. It is found that, The electron temperature also show the anomaly latitudinal and altitude distributions at low latitudes due to the equatorial anomaly in electron density. The north-south asymmetries of the electron temperature and density at equatorial latitudes vary with altitude. Higher temperature (density) can appear in opposite hemisphere at different altitude ranges. The modelled altitude variations can generally reproduced the local time and seasonal variations of the electron temperature and density observed by incoherent scatter radars at Shigaraki (MU radar), Arecibo and Jicamarca.

A21-12 Study of E-region neutral wind with EISCAT radar observations

○Satoru NOZAWA, Yohsuke KAMIDE, Ryoichi FUJII  
Solar-Terrestrial Environment Lab.,  
Nagoya University

and

Asgeir BREKKE  
The Aurora Observatory,  
The University of Tromsø

E-region neutral wind is a key parameter for understanding the electrodynamic processes in the auroral E-region. Since the density of neutral particles is much larger than that of ion particles, neutral particles can strongly influence on ion particles through collisions. Several studies on E-region neutral wind have been already made by using EISCAT Common Program (CP) data (e.g., Williams and Virdi 1989, Kunitake and Shlegel 1991, Virdi and Williams 1993, Brekke et al. 1994, and Nozawa and Brekke 1994). Most of these works studied mainly characteristics of the quiet-time neutral wind in terms of tidal oscillations and the mean wind. Kunitake and Shlegel (1991) and Nozawa and Brekke (1994) studied characteristics of disturbed-time neutral wind and presented that the neutral winds above 109 km show significant enhancements during disturbed period defined by Kp (Ap) index.

These previous works have used datasets mainly to analyse the tidal oscillations as well as the mean component of the neutral wind, and did not pay much attention to characteristics of the neutral wind for shorter duration (a few hours). This paper presents characteristics of shorter period neutral wind at disturbed times defined by magnetic field disturbances observed at Tromsø, in a relation to other physical parameters such as ionospheric currents, conductances and electric fields.

We have analyzed twenty-one CP-1 data sets and magnetometer data at Tromsø obtained from November 1988 till December 1991. From the CP-1 data sets, about 140 data sets each having about 30 minutes ~ 2 hours

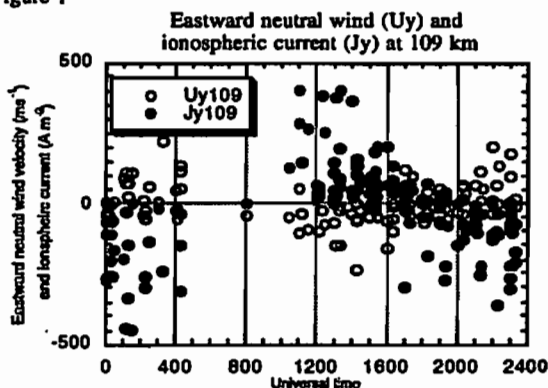
duration are picked up and divided into three categories such as Quiet time, Eastward current time ( $\Delta H > 0$  and  $\Delta E_{\text{north}} > 0$ ) and Westward electrojet current time ( $\Delta H < 0$  and  $\Delta E_{\text{north}} < 0$ ).

Figure 1 shows eastward neutral wind velocities and ionospheric currents at 109 km which are averaged for their duration as a function of Universal time (Local time = Universal time + 1hour). In general, the direction of neutral wind is eastward during westward current time (16UT ~ 04UT) and westward during eastward current time (10UT ~ 16UT).

References

- Brekke, A., S. Nozawa and T. Sparr, *J.G.R.*, 99, 1994  
Kunitake, M. and K. Shlegel, *Ann. Geophys.*, 9, 143, 1991  
Nozawa, S. and A. Brekke, submitted to *J.G.R.*  
Virdi, T.S. and P.J.S. Williams 1993, *J.A.T.P.*, 55, 697, 1993  
Williams, P.J.S. and T.S. Virdi, *J.A.T.P.*, 51, 569, 1989

Figure 1



\*R Fujii, S Nozawa, M Sato, N Matuura, A Brekke,\* C Hall,\* and T L Hansen\*

STEL Nagoya University \*The Auroral Observatory, University of Tromsø

A previous comparison study between electron energy spectra calculated, through CARD, from electron density profiles obtained from the EISCAT Common Program One (CP 1) and those obtained simultaneously from in-situ observations by DMSP satellites at the top of the ionosphere has shown that CARD provides quantitatively realistic spectra. As an application of CARD, changes of spectra associated with an SC is studied, which have shown significant hardening of precipitating electrons with energies higher than 20 keV when the SC occurred.

It was rather seldom that a well-identified SC (listed in the Solar-Geophysical Data issued by National Geophysical Data Center, Boulder) occurred during EISCAT CP-1 operations and few data sets are available during 1987-1992.

An SC occurred at 0821 UT (-10 MLT) on June 12, 1990 when the geomagnetic condition had been continuously quiet since 04 UT. The H-component of the magnetic field started to increase at 0821 UT and reached a maximum ( $\Delta H \sim +100$  nT) at 0823 UT, and then decreased ( $\Delta H \sim -200$  nT), while the Z-component of the magnetic field first decreased ( $\Delta Z \sim -30$  nT) and then increased ( $\Delta Z \sim +80$  nT). The major disturbances in the H- and Z-components, associated with the SC, were confined during 0820-0825 UT, although the disturbances in the D-component appeared to continue until about 0900 UT.

Shown in Figure 1a are five successive electron density profiles obtained by EISCAT at 0810-0815 UT, 0815-0820 UT, 0820-0825 UT, 0825-0830 UT and 0830-0835 UT. The spectra obtained from these electron density profiles, through CARD, are also displayed in Figure 1b. As is obviously seen in Figure 1a, the electron densities at altitudes lower than 100 km high, were suddenly enhanced at 0820-0825 UT and then went back to the pre-SC background level. The spectrum at 0820-0825 UT is denoted by the thickest line. In lower energy range below 15 keV these spectra appear to be similar without any particular changes associated with the SC, while in higher energy range above 20 keV the fluxes at 0820-0825 UT are significantly (2-8 times) larger than those at the other four time intervals. This may suggest that the SC was a cause of the hardening of the energy of the precipitating electrons associated with the magnetic compression.

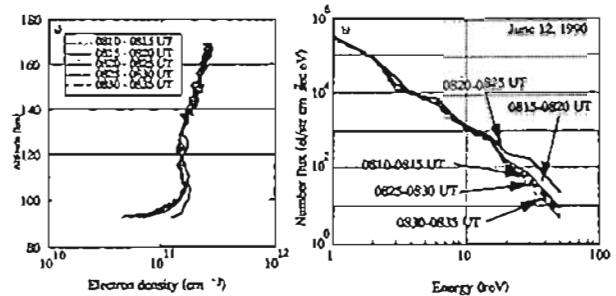


Fig. 1: a) Successive electron density profiles at 0810-0815 UT, 0815-0820 UT, 0820-0825 UT, 0825-0830 UT and 0830-0835 UT, and b) their spectra obtained by CARD.

Feasibility Study of Plasmaspheric Helium Observation by S-520-19 Rocket Measurement

吉川一朗 (東大理) 中村正人 (東大理) 山下廣順 (名大理) 國枝秀世 (名大理) 平原聖文 (東大理) 斎藤義文 (宇宙研) 山崎孝 (名大理) 滝澤慶之 (学習院理) 池田一昭 (名大理)

I.Yoshikawa<sup>1</sup> M.Nakamura<sup>1</sup> K.Yamashita<sup>2</sup> H.Kunieda<sup>2</sup> M.Hirahara<sup>1</sup> Y.Saito<sup>3</sup> T.Yamazaki<sup>2</sup> Y.Takizawa<sup>4</sup> K.Keda<sup>2</sup>

1.Department of Earth and Planetary Physics, University of Tokyo  
2.Nagoya University  
3.Institute of Space and Astronautical Science  
4 University of Gakushuin

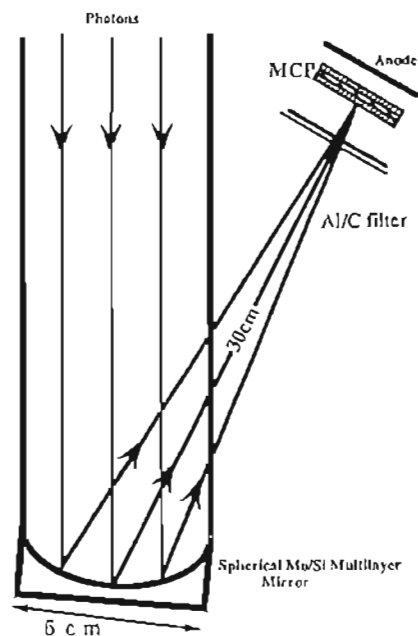
Measurement of intensity and spatial variation of Extreme Ultra Violet (XUV) emission lines in the earth's shadow represents an important, perhaps unique, observation for determining the global distributions of neutral particles and ions in the plasmasphere. A large number of rocket experiments have been conducted to observe XUV line intensity in the earth's shadow for several years. Our interest has been centered on an intense emission feature attributed to singly-ionized helium resonance line at 304 Å.

S-520-19 Rocket will be launched at the beginning of February 1995. We are planning to observe this line intensity with the instrument (Helium Emission scanner, HEM). HEM consists of a Spherical Mo/Si Multilayer Mirror of 6cm diameter and 30cm focus distance and a MCP(Micro Channel Plate) with multi anode and an Al/C filter. The filter is needed to eliminate competing signals at 584Å from atomic helium, 834Å from singly-ionized oxygen, 1216Å from atomic hydrogen and visible rays.

The expected intensity of the 304Å radiation ( $10^6$  photons  $\text{sec}^{-1} \text{cm}^{-2} \text{column}^{-1}$ ) is given by  $I = g \int n \, dl$  in Rayleighs, where  $n$  is number density of  $\text{He}^+$ ,  $l$  is line of sight direction,  $g$  is a constant which depends on resonant scattering wave length.

In this paper, we present the motivation of the study and discuss feasibility of determining the global distribution of  $\text{He}^+$  ions in the nightside plasmasphere.

Fig.1 (configuration of HEM)





# 低緯度電離層電場の IMF-Bx依存性

・ 斎藤俊彦・竹田雅彦・斎藤昭則・荒木徹・橋本武志・田中良和  
(京都大学理学部)

IMF-Bx EFFECTS ON LOW-LATITUDE IONOSPHERIC ELECTRIC FIELDS

T. Iyecori, M. Takeda, A. Saito, T. Araki,  
T. Hashimoto and Y. Tanaka  
(Faculty of Science, Kyoto University)

The IMF-Bx effects having statistical confidence greater than 99% were detected in the low-latitude (L=1.25) ion-drift data obtained by the WU radar for the period from 1987 to 1993 (total about 200 days). It was found that the IMF-Bx component most strongly correlates with the north-south component of the electric field on the night-side. For more positive (i.e., sunward) IMF-Bx, the electric field is more southward/downward in the northern hemisphere. It is shown that this IMF-Bx dependence holds for both positive and negative IMF-By polarity indicating that this dependence is not the IMF-By effect. The IMF-Bz also has significant correlation in limited local time zones.

極域の電離層電流・電場が太陽風磁場 (IMF) に強く依存していることは良く知られているが、中低緯度電離層の電流・電場と IMF の関係については、DP 2 型磁場変動と IMF-Bz の変動が同期していることや、Sq 電流系の IMF 極性依存性以外、明白な関連についての報告はない。地磁気擾乱と関連させた報告はあるが、それが IMF-Bz 依存性と区別するのは容易ではない。

1987年から1993年までの、電流MUレーダーで観測されたイオンドリフトから推定した電離層電場データ約200日分を用いて、その IMF および地磁気擾乱との関連を統計的に解析した。その結果、18-02LTの南北方向の電場と IMF-Bx 成分の間に明白 (99%以上の確率で有意) な相関のあることがわかった。そして、この関係は、IMF-By 成分の正負には依存しないことも示される。また、IMF-Bz ととも、限られた時間帯ではあるが、統計的に有意な結果

を得た。

IMF-Bz との相関が、Bz < 0 の時に限られるのに対し、IMF-Bx は、その正負にかかわらず、電場の南北成分との間に同様の相関係数を与える。すなわち、Bx > 0 のときでも Bx < 0 のときにも、Bx が増加 (減少) すると、電場はより南向き (北向き) に変化する。もし、南半球と電場の向きが反対称になっているとすると、両半球の間にかなりの (kV以上) の電位差が存在することになる。

講演では、電場が誘導されるメカニズムおよび地上磁場変化との関連についても議論する。

Table 1. CORRELATION COEFFICIENTS WITH IMF

LT	N	Es (EQUATORWARD/DOWNWARD)			Ee (EASTWARD)		
		Bx	By	Bz	Bx	By	Bz
0-2	100	<u>.321</u>	<u>-.284</u>	.006	<u>-.075</u>	<u>.098</u>	<u>.191</u>
2-4	92	<u>.018</u>	<u>-.148</u>	.170	<u>-.013</u>	<u>.276</u>	<u>-.045</u>
4-6	80	<u>.059</u>	<u>.062</u>	<u>-.099</u>	<u>-.159</u>	<u>.151</u>	<u>-.363</u>
6-8	119	<u>.126</u>	<u>.080</u>	<u>.082</u>	<u>-.092</u>	<u>.172</u>	<u>-.019</u>
8-10	114	<u>.064</u>	<u>.009</u>	<u>.214</u>	<u>-.126</u>	<u>.120</u>	<u>-.129</u>
10-12	108	<u>.014</u>	<u>-.016</u>	<u>.408</u>	<u>-.090</u>	<u>-.070</u>	<u>-.103</u>
12-14	117	<u>.097</u>	<u>-.139</u>	<u>.038</u>	<u>-.007</u>	<u>-.173</u>	<u>-.089</u>
14-16	104	<u>.027</u>	<u>.017</u>	<u>-.070</u>	<u>-.002</u>	<u>.001</u>	<u>.074</u>
16-18	121	<u>.363</u>	<u>-.150</u>	<u>.217</u>	<u>-.107</u>	<u>.207</u>	<u>-.364</u>
18-20	127	<u>.353</u>	<u>-.208</u>	<u>.108</u>	<u>-.215</u>	<u>.123</u>	<u>-.226</u>
20-22	115	<u>.262</u>	<u>-.256</u>	<u>.144</u>	<u>-.064</u>	<u>-.025</u>	<u>.054</u>
22-24	100	<u>.327</u>	<u>-.241</u>	<u>-.125</u>	<u>-.152</u>	<u>.105</u>	<u>.209</u>
MEAN	108	0.169	0.134	0.140	0.092	0.127	0.155

Table 1: Single linear-correlation coefficients between the ionospheric electric field components Es and Ee and the IMF-Bx, By and Bz components. The correlation coefficients with more than 95% correlation probability are underlined. The averages of the absolute value of the correlation coefficients for all local time zones are also shown.

# 1964年地磁気Sq場の UT変化と逐日変化

竹田雅彦 (京大・理)

UT and Day-to-Day variation of the Geomagnetic Sq Field in 1964  
M. Takeda (Faculty of Science, Kyoto University)

Equivalent Sq current system at each UT on every day in 1964 is estimated by the method of Takeda (1984) with the extension to the asymmetrical case. UT variations are obtained by the average throughout every for each UT, and day-to-day variation is studied by the same method as in the previous presentations.

前回 (第94回地球電磁気・地球惑星学会講演会・1993年秋) の発表では、地磁気Sq場のUT変化を調べるために1984年12月1か月間について、Takeda (1984) の方法を赤道について非対称な場合に拡張した球面座標解析によりUT1時間毎にSq等価電流系を求め、そのUT変化及び逐日変化を議論した。今回は、同様の解析を1964年1年分通して行い、UT変化の季節依存性や1か月以上の期間についての逐日変化を調べた。解析方法は前回までと全く同様であり、UT変化については、各月・UT別に1か月通した平均場を求めて各月毎にその特徴を調べた。その結果、例えば8月の地球外部電流系はUT6-8時頃には南北対称に近くなる一方、UT20-22時頃には南半球の電流渦がほぼ消滅し、北半球に中心を持つ一つの電流渦で表されることがわかった。この南北対称に近い電流系と一つ渦に近い電流系とのUT別出現特性は、前回報告した12月の時とほぼ半日の位相のずれであり、主に地理緯度と地磁気緯度のずれに起因するとして前回の推定を裏付けている。また、逐日変化の解析も、前回と同様に各月を単位として、24時間×その月の日数だけの数の等価電流の、先に求めた各月・各UT平均場への付加場の変動として調べた。逐日変化についての結果は学会時に述べる。

References

Takeda, M., *J.G.G.*, 30, 216-228, 1984.

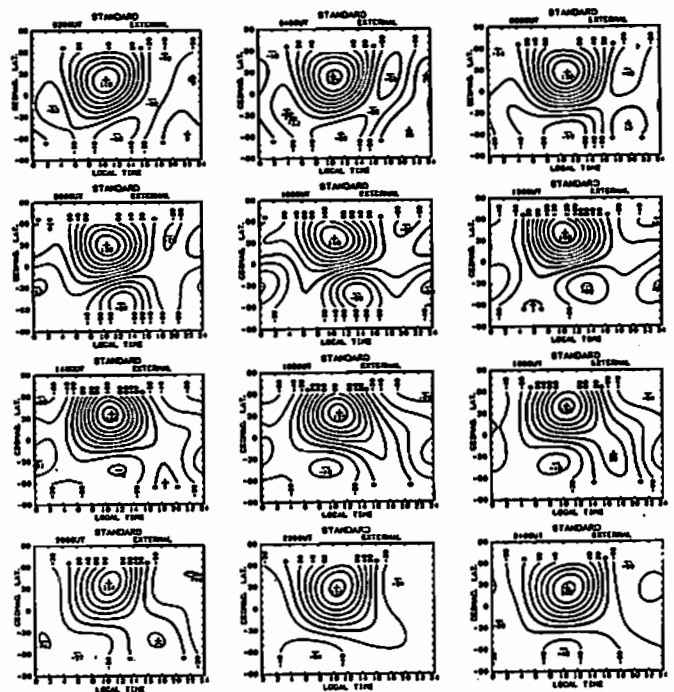


Fig. 1 UT variation of the external equivalent Sq current system in June 1964.

Faraday Cup and Langmuir Probe installed on the S-310-23  
Yuzo WATANABE [ISAS]

Characteristics of the Faraday Cup (FC) and the Langmuir Probe (LP) on the S-310-23 launched from Andoya in Norway are presented. Ne, Te and energy distribution are observed by the LP from 95 km to apex in the auroral ionosphere. Ni<sub>+</sub> and Ni<sub>0</sub> are measured by the FC from 50 to 95 km where the neutral particles and Ni<sub>+</sub> are increased and Ne decrease in number.

I 実験計画

昨年について極域下部電離層を観測する。D層は中性大気密度増大と電子密度減少と負イオン存在が特徴である。プローブ測定の場合には衝突周波数の影響が無視できない。D層下部領域の無電子プラズマの特性は基礎物理の観点からも興味を持たれている。負イオンの存在はプラズマ化学や電子密度、オゾン密度、さらに電波伝搬などに影響を与える。さらに低高度ではエアロゾルとも相互作用する。オゾン層の破壊抑制のための電磁波の放射実験では人工電離層によるオゾン生成や塩素の負イオン化が注目されている。

今迄、ロケット搭載の質量分析器、ガーディアン・プローブ、ファラデーカップなどで測定されている。E層以上では窒素の振動励起エネルギーによる非熱的電子の生成や電子加熱機構の究明が試みられている。D層下部～50 kmの強制同軸型特殊気球によるイオン密度測定のための基礎データを蓄積することも目的としている。

II 観測機器

電離層低高度領域の正負イオン密度分布を測定するために前号機と同一のファラデーカップを搭載する。95 km以上では、ラングミュア・モードでコレクターとグリッドを一掃にして三角波掃引電圧を印加してプローブ特性から電子の密度と温度を求め、また、二次微分法でエネルギー分布を測定する。ロケットの昇降時とも95 km以下では、ファラデー・カップモードで正負固定バイアス電圧を印加して両極和イオン電流からイオン密度の測定を行なう。機器の試験と較正は真空チェンバーで行ない負イオン混在プラズマを生成させて特性を得る。

① センサー部分

センサーの寸法は、100mmφ×30mmHで、80mmφ 100メッシュSUSのグリッド、5mm間隔のコレクター、浮動電位を高インピーダンスで検出するカバー部分、並びに、汚染防止のためにアルゴンを低圧封入した上蓋から構成されカップの底の部分に100mmφ×20mmHの低雑音プリアンプが装着されている。以上がバネで展開する約30cmのアーム先端に固定されている。

② 電気回路部分

三角波掃引(0.4秒:周期、±4V)電圧信号発生回路、交流信号発生回路、二次微分成分検出回路、並びに複数の利得の電子、或は、イオン電流増幅回路で構成されている。他に電源安定化回路とリレー回路がある。テレメーターで印加電圧、電子、或は、イオン電流、二次微分成分、浮動電位、並びに、較正信号が電送される。以上の電気回路機器が、216mm×216mm×100mmの容器に収納されている。

III 観測モード

昇降時に電離層の高度95 kmでモードの切り替えを行なう。

- ① FCモード:グリッドとコレクターには各々±6Vと±12Vを0.1秒毎に正負を切り換えて電流は5MΩで受け、6桁の範囲で増幅する。1μAが4乗レンジで5V信号になる。
- ② LPモード:グリッド、コレクターを接続し、-1.5~+2.5Vの三角波掃引信号を印加する。
  - ②-1:エネルギー分布測定:掃引の上昇時には振幅が0.2Vで6.5kHzと9kHzの交流信号を重畳し二次微分係数に相当する2.5kHzを選択、増幅、検波して6桁の範囲で測定する。
  - ②-2:ラングミュア測定:掃引の下降時には、20kΩ抵抗で電圧-電流特性を6桁の範囲で測定する。
- ③ 電位モード:カバー部分の浮動電位を、高インピーダンスFETで検出して2桁の範囲で測定する。
- ④ 較正モード:60秒毎に基準回路に接続して、0.1秒較正信号を出す。

終りに

ノルウェイから発射されるロケットに搭載の機会を与えられた実験主任、及びロケット実験の申込の機会を与えられた理研の雨宮宏先生、並びに搭載機器を開発作製された佛A.Dの田村さんと大西さんに感謝致します。

IONOSPHERIC TOMOGRAPHY CAMPAIGN IN JAPAN

(1)simulation and case study with real data

°M. Kunitake<sup>1</sup>, K. Ohtaka<sup>1</sup>, H. Ishibashi<sup>1</sup>, T. Maruyama<sup>1</sup>, A. Morioka<sup>2</sup>, and S. Watanabe<sup>3</sup>

- 1. Communications Research lab., 2. Tohoku University
- 3. Hokkaido Information Institute of Technology

The first ionospheric tomography campaign in Japan was conducted by using 3 NNSS receiving stations (Wakkanai [Geographic lat. 45.40°N, long.141.68°E], Sendai[38.25°N,140.85°E], and Kokubunji[35.70°N, 139.48°E]) from May to July in 1992 by Communications Research Laboratory in cooperation with National Institute of Polar Research and Tohoku University. The second campaign was from February to June in 1993. We have maintained four stations since setting another receiver at Ebetsu[43.09°N,141.58°E] in November of 1993.(Fig. 1)

The reconstruction of two dimensional electron density distribution requires inversion techniques. As there are some limitations in ionospheric tomography (no horizontal ray path, limited number of receiving stations, finite receiving apertures etc.), the reconstruction is in the category of ill-posed inversion problem. Generally, the regularization technique is effective in solving ill-posed problems. We applied Modified Truncated Singular Value Decomposition [MTSVD] method to ionospheric tomography. Some a priori conditions can be incorporated into the calculation in this method.

Our simulations(reconstruction from TEC simulated from models) showed that the method could reconstruct model structures rather well (Fig. 2(a) and (b)).

After the experience of the simulations, MTSVD algorithm was applied to reconstruct the structure from the TEC observations(Fig.3) on May 2, 1994. An unusual ionospheric structure in a magnetically disturbed condition was reconstructed (Fig.4).

Acknowledgements One of the authors (M. Kunitake) thanks Prof. M. Hayakawa for his suggestion about regularization technique. M. K.



Fig. 1 Distribution of observing stations

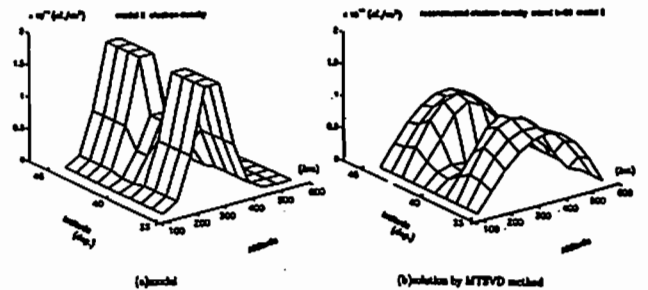


Fig.2 Reconstruction from TEC simulated from model 2.

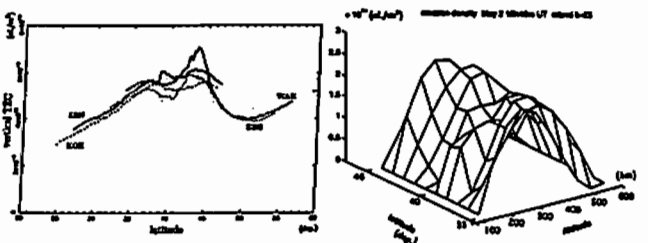


Fig.3 Absolute TEC profile from 16h46m UT in May 2 (after two station method)

Fig.4 Reconstruction from TEC observed from 16h46m UT by MTSVD method.

Nonperiodic irregularities in the mid-latitude ionosphere detected by NNSS satellites

Hiromitsu Ishibashi, Kazuhiro Ohtaka,

Manabu Kunitake, Munetoshi Tokumaru, and Takashi Maruyama

Hiraiso Solar Terrestrial Research Center, Commun. Res. Lab.  
3601 Itozaki, Nakaminato, Ibaraki 311-12, JAPAN

Traveling ionospheric disturbances (TID's), well-known phenomena in mid-latitudes, have been observed by various methods including ionosondes, HF Doppler measurements, total electron content measurements by Faraday rotation, and in situ measurements of electron density [Yeh and Liu, 1974; Francis, 1975; Hunsucker, 1982]. There are two categories of TID's, large-scale and medium-scale. Large-scale TID's are characterized by higher speeds (400-1000m/s) and longer periods (0.5-3hours) with wavelengths exceeding 1000km. Medium-scale TID's, on the other hand, are characterized by lower speeds (100 and 250m/s) and shorter periods (15min-1hour) with wavelengths of several hundred km.

Differential Doppler measurements of signals from NNSS satellites are also used for study of TID's [Evans *et al.*, 1983; Ogawa *et al.*, 1987]. Medium-scale TID's have been frequently observed in the differential Doppler signals with the quasi-periodic perturbations. On the other hand, some records also show isolated perturbations that are clearly not of a periodic nature. It is of much interest to know whether this class of irregularities differs significantly from the periodic type. The main purpose of this presentation is thus to provide a study of the occurrence and characteristics of nonperiodic irregularities.

REFERENCES

Yeh, K. C., and C. H. Liu, Acoustic-gravity waves in the upper atmosphere, *Rev. Geophys. Space Phys.*, 12(2), 193, 1974.  
Francis, S. H., Global propagation of atmospheric gravity waves: A review, *J. Atmos. Terr. Phys.*, 37, 1011, 1975.  
Hunsucker, R. D., Atmospheric gravity waves generated in the high-latitude ionosphere. A review, *Rev. Geophys. Space Phys.*, 20, 293, 1982.  
Evans, J. V., J. M. Holt, and R. H. Wand, A differential-Doppler study of traveling ionospheric disturbances from Millstone Hill, *Radio Sci.*, 18, 435, 1983.  
Ogawa, T., K. Igarashi, K. Aikyo, and H. Maeno, NNSS satellite Observations of medium-scale traveling ionospheric disturbances at southern high-latitudes, *J. Geomag. Geoelectr.*, 39, 709, 1987.  
Titheridge, J. E., Nonperiodic Irregularities in the ionosphere, *J. Geophys. Res.*, 76, 6955, 1971.

A21-P58 方式の異なる二種類の GPS 受信機による電離圏全電子数比較観測

大野 真, 五十嵐 啓  
通信総合研究所

A Comparison of Ionospheric Total Electron Content Observations with Code and Codeless GPS Receivers

A. Ohtani and K. Igarashi  
Communications Research Laboratory

We compared measurements of ionospheric total electron content (TEC) obtained with Codeless-type and Code-type GPS receivers, referred to as receiver A and receiver B in this paper. The results obtained with receiver B showed that TEC always changes proportionally with  $f_{oF2}$ , but with receiver A it does so only in some cases. It is our belief that receiver A tracks stronger signal in several satellites, and that consequently receiver A is suitable for measuring average TEC by using all GPS satellites, while receiver B is suitable for measuring TEC precisely by using each GPS satellite separately.

GPSによる電離圏全電子数 (TEC) の測定装置による違いを調べるために、二種類のTECメータによるTECの観測を実施した。本文では従来上、装置A、装置Bのように区別した。二つの異なる種類の観測装置を調べる方法は装置AではPコードの観測を用いる方法 (Codeless type) であるのに対し装置BではPコードの観測を比較して算出している (Code type)。

実際のTECの測定結果を Fig. 1 に示す。図 (a) の衛星番号9による観測では装置A、装置B共に  $f_{oF2}$  に比例してTECが変化している。装置Bの観測は観測値の日変動による測定で  $f_{oF2}$  との相関が見られない。図 (b)、(c) の衛星番号25、26による観測例では装置Bは  $f_{oF2}$  にほぼ比例しているが装置Aでは相関が見られない。装置Aでは観測の誤差能力が低いので観測値に異なる結果を受けている (観測値の強い変動を捕捉している) 可能性が高い。従って装置Aでは  $f_{oF2}$  を区別して観測する方法には不向きであるが、全衛星を測定した平均的なTECの観測には及ばないといえる。装置Bは観測値による測定では、観測の誤差を考慮する必要があるが観測の誤差能力が高いためTECの観測値も相関が得られる。

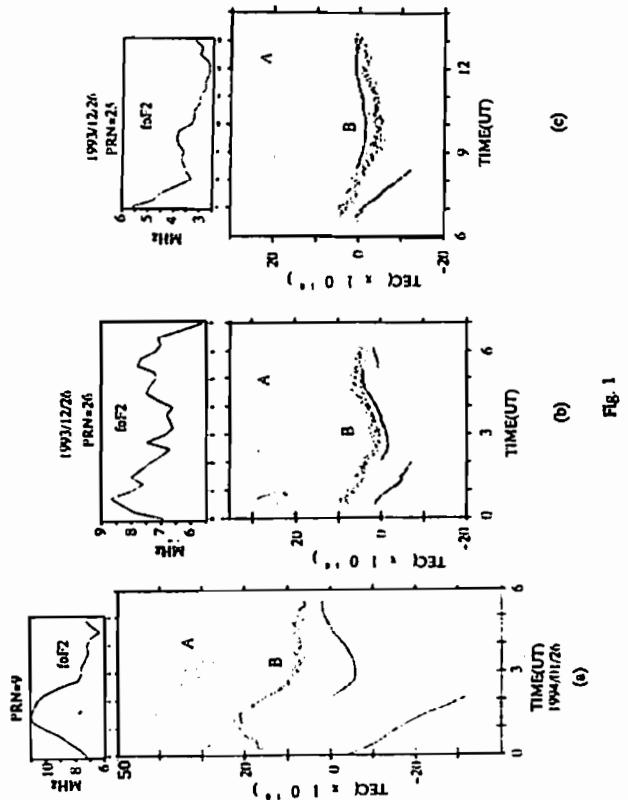


FIG. 1

・加藤 久雄、五十嵐 喜貞、大谷 茂、永山 時敏  
(郵政省 通信総合研究所)

Development of the distribution processing system  
for the ionospheric sounding data

・ N. Kato, E. Igarashi, A. Ohnari, E. Nagayama  
(Communications Research Laboratory)

We developed a new ionospheric sounding data network (IONET). This network system are composed of four ionosondes with workstation, and uses ISDN for ionospheric data collection. Collected ionospheric data have already finished first processing of the ionogram data at each stations. So the realtime data services are available right away.

平成5年度より開発を進めてきた電離圏探測データ分散処理システムについて報告する。本システムは国内4観測所(稚内/国分寺/山形/沖縄)に分散設置された電離圏探測機/ワークステーション及び国分寺に設置されたサーバワークステーション等で構成されている。また、各観測所とサーバワークステーション間はISDN回線によって接続されている。毎時15分間隔で実施される電離圏探測によって得られたイオノグラム画像データは、ただちに一次処理を併せてサーバワークステーションに収集されるため、最新の各種データをほぼリアルタイムに利用する事が可能となっている。このシステムにより収集された観測データの試験的なサービスをEOSAIC (address: <http://eve.cri.go.jp>) で開始したので利用していただきたい。今後、イオノグラムの読みとり結果等のデータ公開もネットワークにより行うようにしていく計画である。

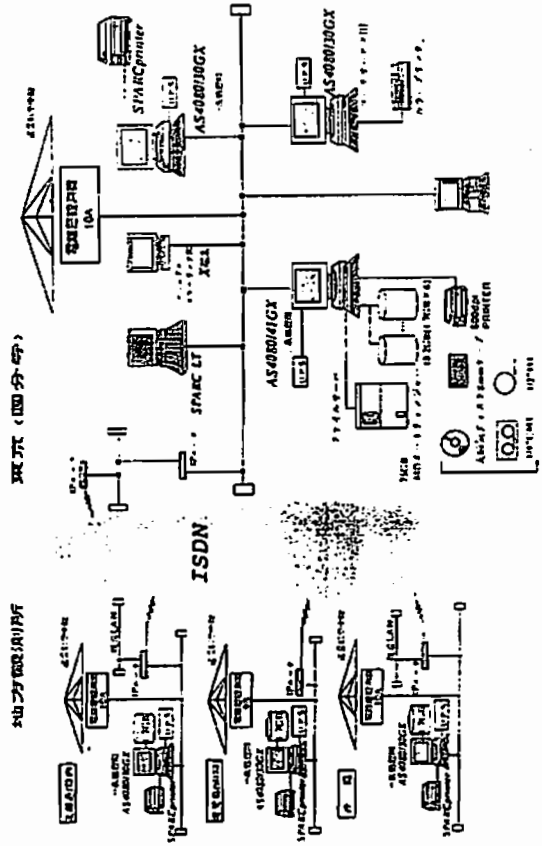


図1. 電離圏探測データ分散処理システムの全体構成図

A会場

10月19日(水) 午後

# 電離圏磁気圏結合

## Ionosphere-Magnetosphere Coupling

oral: A22-01~08

poster: A22-P60~P65

座長 小山孝一郎 (宇宙研)  
三宅 亙 (通総研)

○小山孝一郎 (宇宙科学研究所)、阿部琢美 (青山学院大学)

GENERAL FEATURES OF ELECTRON TEMPERATURE AT HIGH LATITUDE

Koh-ichiro Oyama(Institute of Space And Astronautical Science), Takumi Abe(Aoyama Gakuin University)

Huge amount of electron temperature data up to the heights of ~8000 km is being accumulated by a Japanese satellite "AKEBONO". Since its launch in 1989, the data is being retrieved from four tracking stations (Kagoshima, Esrange, Prince Albert and Showa Station) and the observation covers all latitudes up to 75 degree, longitudes and local time. In this paper we describe a general features of the height profiles of electron temperature at high latitudes. Morphology of the  $T_e$  in the low/mid latitudes was discussed (Oyama et al., 1994a; Oyama and Abe, 1994b). Electron temperature is obtained by the second harmonic method (Abe et al, 1990) by using two planar electrodes. The second harmonic method applies a small signal to the probe bias and pick up the second harmonic current from the probe current which is distorted due to the nonlinearity of the sheath resistance. The second harmonic current gives the second derivative of the curve. The electrodes are located at the ends of two solar cell paddles. The two probes are orthogonal and therefore one can study anisotropy of the energy distribution function (or electron temperature) if it is needed. Four second harmonic curves which are obtained during both increasing and decreasing biases in a second for each

electrodes are transmitted to the ground every four seconds. In order to study the height profile of  $T_e$ , we averaged electron temperatures which are calculated in the height range of (h-125)km and (h+125)km, where h is the height at which we would like to plot  $T_e$ . We studied  $T_e$  profiles thus obtained from the invariant latitudes of 54 degrees to the polar region with respect to local time and season. The height gradient of  $T_e$  shows maximum around the midlatitude trough. In the latitudes lower than trough,  $T_e$  shows a normal diurnal variation, whilst  $T_e$  at night is higher than  $T_e$  at daytime beyond the trough, which might suggest that the electron temperature in the polar region is controlled not by sunlight but by precipitation of charged particles. More details will be discussed in this paper.

References

1. Oyama, K.-I., T. Abe, Y. Sakaide, I. Kutiev, T. Okuzawa and Y. Choi, Electron Temperature Distribution in the Plasmasphere, Proceedings of the 18th ISTS, May, 1994.
2. Abe, T., K.-I. Oyama, S. Watanabe, T. Okuzawa and K. Schlegel, Measurement of temperature and velocity distribution of thermal electrons by AKEBONO, J. Geomag. Geoelectr., 42, 537, 1991.
3. Oyama, K.-I. and T. Abe, Electron temperature at high latitude (INVITED), presented to 1994 COSPAR in Hamburg, also will appear in Adv. Space Res.
4. Oyama, K.-I., T. Abe, Y. Sakaide, I. Kutiev, T. Okuzawa and Y. Choi, Feature of electron temperature of the innerplasma sphere, presented to 1994 COSPAR in Hamburg, also will appear in Adv. Space Res.

A22-02 EXOS-D/SMSによって観測された極域電離層上部でのイオン加熱

- 渡部重十 (北海道情報技術研究所)
- 阿部琢美 (青山学院大学)
- 佐川永一 (通信総合研究所)
- B.A. Whalen, A.W. Yau (Herzberg Institute of Astrophysics)

Observations of Transverse Ion Energization by the EXOS-D satellite

- S. Watanabe (Hokkaido Institute of Information Technology)
- T. Abe (Aoyama Gakuin University)
- E. Sagawa (Communication Research Laboratory)
- B.A. Whalen, A.W. Yau (Herzberg Institute of Astrophysics)

The Suprathermal Ion Mass Spectrometer (SMS) on the EXOS-D satellite observed the thermal and suprathermal ion energy distributions in and near the Transverse Ion Energization (TIE) region. From the thermal ion energy distributions we estimated the parallel and perpendicular ion velocities to the local magnetic field line, densities and temperatures for major and minor ion species around the TIE region. We present here the TIE and the related phenomena observed by the other instruments, the electric field, the magnetic field, the high energy ion and electron, the plasma density and temperature and the VLF waves, on the EXOS-D satellite. The TIE occurs frequently in the low energy range (< 20eV) and near the dayside cusp or auroral regions over ~2,000km altitudes and the latitudinal range is less than 100km. In this region, all ions (major and minor species) are energized to approximately the same energy perpendicular to the local magnetic field lines and expand outward along the magnetic field lines forming conic distributions. The TIE region is, therefore, identified by the occurrence of conic with 90 degrees conic angle. We investigated the phenomena around the 90 degrees conic region. The results indicate that the TIE occurs in the shear region between eastward and westward convections associated with auroral region, where the very low frequency waves are observed. In the dayside the light ions (H<sup>+</sup> and He<sup>+</sup>) flow along the magnetic field line in the equatorward region of the TIE with 90 degrees conic angle. The flow seems the classical polar wind. However, all ions including the O<sup>+</sup> ion (major specie) flow in the poleward region of the TIE with 90 degrees conic angle.

EXOS-D衛星に搭載された低エネルギーイオン質量分析器 (SMS) によるイオンのエネルギー分布関数の測定から、極域電離層上部で磁力線に垂直な方向のイオン加熱が頻りに観測されている。発生領域は2000km高度以上で、緯度方向には100km以下の広がりである。この領域は経度方向に極をとりかこむように定常的に広がっており、すべての種類のイオンが同時に加熱され磁気圏へと流出している。EXOS-D衛星に搭載された他の観測装置による測定結果と比較したところイオン加熱は極域対流のシア領域で発生し、そこではVLF領域の波が発生している。同時に沿磁力線電流も観測された。図1に示すように昼側でのイオン速度はシア領域の極端でO<sup>+</sup>の流れが発生している。この結果は極域でのO<sup>+</sup>がシア領域でのイオン加熱と深く関係していることを示唆している。

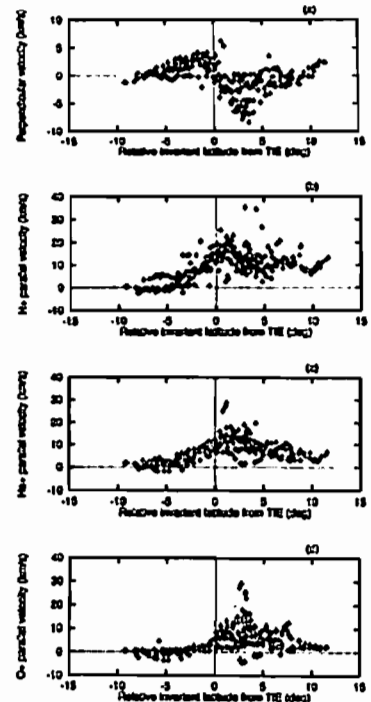


図1. EXOS-D/SMSによって測定されたイオンドリフト速度。(a) ExB速度 (b) 磁力線方向のH<sup>+</sup>速度 (c) 磁力線方向のHe<sup>+</sup>速度 (d) 磁力線方向のO<sup>+</sup>速度



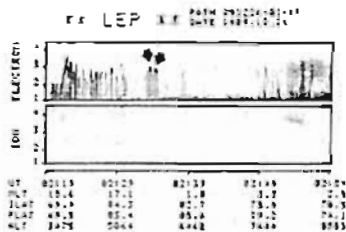
A22-03 Multiple structure of polar arc observed from Akebono (EXOS-D) satellite

T. Obara, T. Mukai, H. Hayakawa, K. Tsuruda, A. Nishida (ISAS), H. Fukunishi and T. Sakanoi (Tohoku Univ.)

Akebono observations revealed that the polar arcs sometimes split into multiple precipitation regions, forming multiple arcs. Spacing of the multiple arcs is in a range from 30km to 100km, showing a strong dependence on hardness of electron precipitation.

A small-scale electrodynamic of multiple polar arcs has been studied. Results indicate that the downward field aligned current existed between intense upward current regions (arcs).

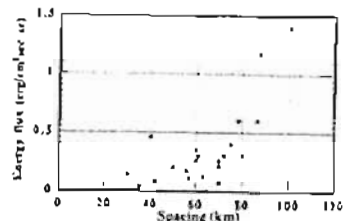
これまでの、あけぼの衛星によるポーラーアーク域での電場構造の観測結果から、noon-midnight方向に細長く伸びた独特の電位構造をポーラーアークが有している事が分かって来ている(小原他、南極資料, Vol. 38, P147)。これはポーラーアークが基本的にsheet-typeあるいはshear-typeのアークである事を示している。sheet-typeのオーロラに対してはオーバル域では、何枚も同時に現れると言った多重構造が一般的であるが、この様な、multiple structureがポーラーアーク域に見られるかどうかと言う観点で、あけぼのの観測結果を調べたところ、約10%のポーラーアークが、第1図に見られるようなsplitを起こしていた。Spacingは、30 km



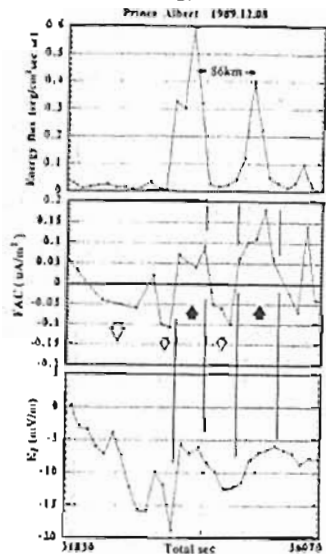
第1図：ポーラーアークがSplitを起こしている例(矢印の部分参照)。

から100 kmに渡って分布しており、更に興味深い事にSplitの距離は、降下電子のhardnessに依存していた(第2図参照)。第3図にアーク域での観測諸物理量を示す。衛星はこの時、duskからdawn方向にアーク域をクロスしている。注目したい事は、アークに挟まれたせまい領域に下向きに沿磁力線電流が存在している事である。さらに電流は、電場の勾配ともconsistentであった。観測された電場の勾配から、diveを求め、電流値を割って、積分されたペダーソンconductivityを推定したが0.3~1 mhoであった。

ポーラーアークのSpacingに関して、確固とした理論的説明はまだ無い現状であるが、あけぼののin-situの観測結果は、ポーラーアークの多重化の研究に大きく貢献するものと期待される。



第2図：Spacingと降下電子のenergy fluxの関係



第3図：Multiple arc領域での諸物理量

A22-04 Band-like lack of ions around 10 keV observed by the Akebono and the GEOTAIL satellites

H. Shirai, K. Maczawa, M. Fujimoto (Dept. Physics, Nagoya Univ., Chikusa, Nagoya 464-01, JAPAN)  
 T. Mukai, (Institute of Space and Astronautical Science, Yoshinodai, Sagami-hara, Kanagawa 229, JAPAN)  
 N. Kaya (Kobe Univ., Nada, Kobe, 657, JAPAN)

A band-like (almost monoenergetic) lack of ions around 10keV, which we call "ion lack band", has been observed by two satellites of Akebono and GEOTAIL. The ion lack band observed by the Akebono satellite at the altitude of about 5,000 to 10,000 km is identified as a sharp and deep dent at about 10 keV in the ion spectra which continues over the latitudinal width of several degrees or more. It is observed in the diffuse auroral region and mostly on the dawn side. Such a characteristic lack of ions that continues almost at a constant energy has never been reported before Akebono. Recently, the GEOTAIL satellite also observed a similar feature in the energy spectra of ions while it was surveying the prenoon sector at about 8 to 9 R<sub>L</sub> around the geomagnetic equator. In this paper, the band-like lack of ions observed by the two satellites is studied in detail. Comparing the ion lack bands observed by the two satellites, we reasonably conclude that both are the same phenomena. We also made simulations of ion drift motions to understand the formation of the ion lack band. The formation is explained in terms of the open/closed character of the drift orbit which depends on the ion energy. The position of the ion lack band is understood by this explanation.

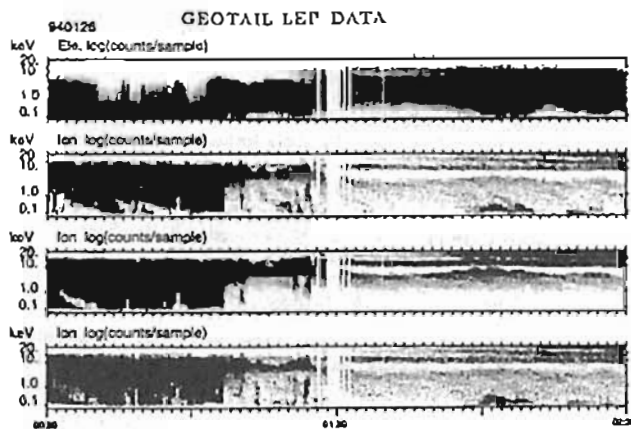


Figure 1. The LEP data obtained on January 26, 1994 by the GEOTAIL satellite. Energy-time diagrams of electrons (top panel) and ions (bottom three panels) are shown. The ion lack band has been observed for the interval of about 1:20 UT to 2:57 UT, and is seen as a white band around 10 keV in the ion panels.

A22-05 Diffuse-Discrete オーロラ境界の  
磁気圏への投影とその磁気活動度依存性

浅井 佳子, 白井 仁人, 前沢 例 (名古屋大学理学部),  
向井 利典 (宇宙科学研究所), 賀谷 信幸 (神戸大学工学部)

Mapping of Diffuse-Discrete Auroral Boundary  
to the Magnetosphere  
and its Dependence on Geomagnetic Activity

K. Asai, H. Shirai, K. Maczawa (Nagoya Univ.),  
T. Mukai (ISAS), N. Kaya (Kobe Univ.)

We examine the latitudinal position of the diffuse-discrete auroral boundary and the equatorward diffuse auroral boundary from LEP (low-energy-particle) data of EXOS-D satellite. The results are averaged for different MLT and Kp bins, and projected onto the magnetospheric equator using Tsyganenko's magnetic field model. It is found that the equatorial position of the two boundaries depend on Kp, but the latitudinal width of the diffuse aurora does not depend much on Kp.

あけぼの衛星で観測される粒子のデータより Diffuse Aurora と Discrete Aurora の境界の磁気緯度(ILAT)を読み取り、各 Magnet Local Time と地磁気擾乱度としての Kp 指数をパラメーターにして平均値を求めた。同時に Diffuse Aurora の赤道側境界の ILAT も読み取り、同様に平均を取って、Diffuse-Discrete Auroral Boundary との緯度差を比較した。

これらの平均 ILAT を各 Kp ごとに Tsyganenko の磁気圏モデルを用いて磁気赤道面へ投影し、2つの境界の磁気圏での位置を調べた。右図のAが Diffuse-Discrete Auroral Boundary、Bが Equatorward Diffuse Auroral Boundary をプロットしたものである。

Aurora Oval の形と磁気活動度に伴う変動はほぼ予想されるとおりで、真夜中付近では dawn および dusk 側に比べて緯度が低く、また Kp の値が大きくなるにつれて Oval が低緯度側に広がっていくのかわかった。ただし境界 A と境界 B との緯度差は、Dawn 側では大きく Dusk 側では小さい傾向があったが、明らかな Kp 依存性は見られなかった。

一方、磁気赤道面への投影した場合、境界 B は Kp の増加とともに全体が地球側に寄るだけで形の変化はさほどないが、境界 A には明らかな Kp 依存性が見られ、特に Kp が小さい時には MLT=5 または 9 あたりで磁気圏内側にくらんで見える。磁気赤道面での境界の位置の違いについて、Injection Boundary との比較を踏まえて考察した。

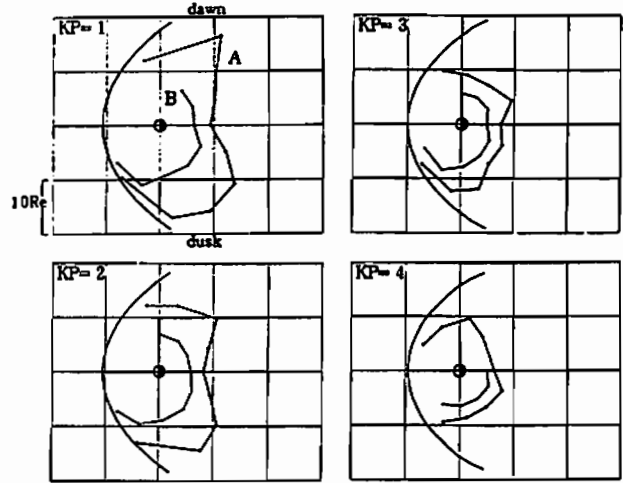


Figure 1: Projection of diffuse-discrete auroral boundary (A) and equatorward diffuse auroral boundary (B) to the magnetospheric equator

A22-06 Evaluation of the anomalous cross-field diffusion  
in the magnetosphere: cause of the triple structure of  
nightside field-aligned currents

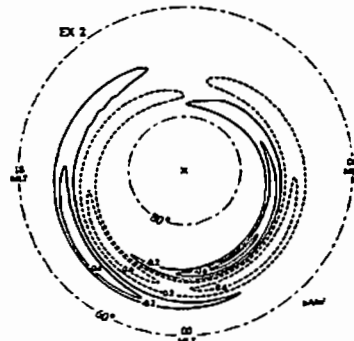
\*T. YAMAMOTO<sup>1</sup> and M. OZAKI<sup>2</sup>

1: Department of Earth and Planetary Physics, University of Tokyo  
2: Institute of Industrial Science, University of Tokyo

Yamamoto and Ozaki (NIPR Sympo; 1993) have proposed that a pair of the region 1 and region 2 field-aligned currents (FACs) can be generated as a result of natural distortion of the hot plasma torus due to the solar wind convection. Using the two dimensional numerical simulations, they have also shown that the pattern of the paired region 1 and region 2 FAC is modified by the effect of anomalous cross-field diffusion of the plasma particles, namely the appearance of the triple FAC structure (i.e., upward FAC zone intervened between two downward FAC zones) in the midnight sector, which agrees with the observations [Iijima and Potemra, 1978]. Figure (right) shows an example of the computer produced FAC pattern on the ionospheric plane. (Dashed and solid equicontours are for the upward and downward FAC densities, respectively.) In the present paper, we evaluate the anomalous cross-field diffusion in the magnetosphere and show that the diffusion coefficient averaged over the flux tube can be comparable with the Bohm diffusion rate, at least in the active period.

The recent satellite observations have shown that the auroral flux tube is filled with the low-frequency electric and/or magnetic noise. On the basis of DE 1 measurements, Gurnett et al. [1984] found that the electromagnetic noise has a power spectral density [PSD] increasing toward lower frequencies (down to 1.78 Hz), and that the noise always occurs in regions of auroral electron precipitation/field-aligned currents. More recent measurements of even lower frequency (down to 0.05 Hz) electric fields from the Viking satellite [Lundin et al., 1990] showed that the PSD peaks around 0.5 Hz and it reaches  $10^3$  (mV/m)<sup>2</sup>/Hz. A similar PSD has also been obtained by the low-altitude (~850 km)

satellite measurements [Chmyrev et al., 1985; Dubinin et al., 1985, 1988]. From these observations, we can postulate that the low-frequency noise prevailing in the auroral flux tube is characterized by the PSD peaked at ~0.5 Hz, large amplitudes of 1-10 mV/m both in the azimuthal and radial electric fields, and perpendicular scale lengths greater than the cyclotron radius of the plasmashet ions.



As a theoretical model, for sufficiently slowly varying electric fields  $\delta E$ , the anomalous cross-field diffusion coefficient  $D$  is given by  $D = 2\tau_e < \delta E^2 > / B_0^2$  [Spitzer, 1960], where  $\tau_e$  is the self-correlation time of the fluctuating fields. Since the thermal velocity of the plasmashet ions is smaller than the Alfvén velocity, which may be the propagation speed of the auroral noise,  $\tau_e$  must be of the order of  $f^{-1} \sim 2$  sec. Taking  $\delta E \sim 5$  mV/m and  $B_0 \lesssim 300$  nT (at relatively high altitudes), the ion diffusion coefficient in the presence of the auroral noise is estimated as  $D \gtrsim 1.1 \times 10^9$  m<sup>2</sup>/s. On the other hand, the Bohm diffusion rate for 6 keV ions is given by  $kT/16eB_0 \sim 1.25 \times 10^9$  m<sup>2</sup>/s. Considering the larger cross sectional area of a flux tube at higher altitude, we can strongly suggest that the ion diffusion coefficient averaged over the flux tube volume can be comparable with the Bohm rate. (Due to shorter correlation time for the electrons, the electron diffusion is insignificant.)



'Convection dynamo' theory of geomagnetic storms and substorms: Energy transfer processes involved in the magnetospheric convection

Nakagawa Akinari

Faculty of Science and Technology, Ryukoku University, Seta, Otu 520-21, Japan

1. The importance of the Hall term in magnetohydrodynamic modeling of the magnetospheric convection

Magnetohydrodynamic (MHD) models of the magnetospheric convection are usually given in terms of MHD equation and Frozen-In Condition (FIC). However, it is not necessarily correct to employ FIC along with MHD eq. even in its fluid treatment; to keep consistency with MHD eq., we should employ Generalized Ohm's Law (GOL), which at least includes the Hall term. Regarding the magnetospheric convection, we show the following three statements are mutually equivalent:

- i) energy transfer by electric currents is essential;
- ii) particle drifts other than  $E \times B$ -drift cannot be ignored;
- iii) MHD equation and Frozen-In Condition (FIC) are inconsistent even for its fluid modeling.

It is well-established that FIC is inappropriate either when the conductivity term cannot be ignored near magnetic neutral points because of null magnetic field or when there exist potential differences along magnetic lines of force. What we are engaged in is the third situation in which the validity of FIC is evacuated.

Alfvén [1977, 1981] has claimed that in understanding various macroscopic processes occurred in cosmic plasmas critical is the concept of energy transfer by electric currents. The conductivity term can be usually ignored in collisionless, magnetized plasma; instead, it is the Hall term of GOL that is involved in energy transfer by electric currents.

We show that the Hall term of GOL is indispensable for the description of macroscopic phenomena in a collisionless, magnetized plasma in which energy transfer by currents is essential. These remarks are appropriate not only for the magnetospheric convection discussed above, but also for other problems, for example, those of the heating of the solar upper atmosphere (coronal heating) or the acceleration of the solar wind.

2. 'Convection dynamo' theory of geomagnetic storms and substorms: Energy transfer processes involved in the magnetospheric convection

A theory is presented that both geomagnetic storms and substorms occur as energy transfer processes necessarily arising from the ionospheric response to the magnetospheric convection. What is required here is the recognition to the role played by the ionosphere as an energy load to the magnetospheric convection and the viewpoint on the magnetospheric convection that it is a process that inevitably involves energy transfer from the magnetosphere into the ionosphere. Energy supplied by the solar wind and circulating around the magnetospheric-ionospheric coupling system once experiences the form of the thermal energy of magnetospheric particles. Current circuits in the magnetospheric tail, which are maintained by *magnetopause dynamo* on the tail magnetopause, transfer the kinetic energy of the solar wind's bulk motion into the thermal energy of magnetospheric plasmas. In the outer magnetosphere, the thermal energy of magnetospheric plasma is further converted into the electromagnetic energy by means of *convection dynamo* powered by the magnetospheric convection. Magnetic storms and substorms are energy transfer processes maintained by current circuits in the magnetospheric-ionospheric coupling system, in which the electromagnetic energy arising in the magnetosphere in the form of transverse currents is liberated into the ionosphere as Joule dissipation. A classification is given of geomagnetic disturbances into two Categories based on the form of current circuits in the outer magnetosphere in which *convection dynamo* operates. The theory described here does not require as a direct cause of substorm onsets night side mergings of geomagnetic force lines.

PPB (Polar Patrol Balloon) X線観測と昭和基地・アイスランド地上観測による高エネルギー降下粒子脈動現象の解析

○下林 央、平島 洋、鈴木裕夫、村上浩之 (立教大理)、山岸久雄、佐藤真雄 (極地研)、西野正徳 (名大S T E研)、山崎一朗 (通総研)、山上隆正、並木道義 (宇宙研)、小玉正弘 (理研)

Pulsation Phenomena of Energetic Precipitation Particle Deduced from PPB (Polar Patrol Balloon) X-Ray Observation and Ground-Based Observations at Syowa Station and in Iceland

○H. Shimobayashi, Y. Hirasima, H. Suzuki, H. Murakami (Rikkyo Univ), H. Yamagishi, N. Sato (NIPR), M. Nishino (Nagoya Univ, STEL), I. Yamazaki (CRL), T. Yamagami, M. Namiki (ISAS), M. Kodama (IPCR)

The auroral X-ray observation with PPB was performed by the 34th Japanese Antarctic Research Expedition. X-ray counting rates per one second were obtained at real time near Syowa Station. Ground-based observation data, magnetograms, CMA, ELF, ULF, VLF, and Imaging Riometer data, were available at Syowa Station and in Iceland. Simultaneous pulsations of 5 sec, 30 sec, and 5 min periods about X-ray counting rates and ground-based data of VLF and ULF were observed. Correlations between auroral X-rays and MW waves are analyzed and discussed.

1993年1月に南極観測34次隊によりPPB (Polar Patrol Balloon) 観測が行われ、6号機の大気球は南極大陸を一周半飛行した。この大気球にはオーロラX線を測定するために1"φ×5mmthのNaI(Tl)シンチレーション・カウンタが搭載されていた。測定エネルギー範囲は30~120keVでエネルギーは4チャンネルに分けられた。このX線検出器の幾何学的因子は5.2.7cm<sup>2</sup>srで全視野角は165度

であった。PPBのデータ取得はARGOS/NOAAによって行われ、30秒の時間分解能であるが、昭和基地付近でのデータ取得はリアルタイムで行われ、5日の1000~1500UTでは1秒の時間分解能でX線の計数値が得られた。大気球はまだ昭和基地付近にいたため、昭和基地での地上観測データ即ち磁場・CNA・ELF・ULF・VLF・Imaging Riometer Data が得られている。また、北極域地磁気共役点付近のアイスランドのHusafellとTjornesでのこれらの地上観測データも得られている。X線の計数値をみると、図1の最上段の図でわかるように、1310UTの前と後で時間変化のパターンが急激に変わっている。図2で示されたように、1209UT、1214UT、1219UT付近で起こっているオーロラX線バーストでは、同時に昭和基地でのULF、TjornesでのVLFが増加している。これらの脈動を詳しく解析し高エネルギー電子降下と波動との相互関係を調べる。また、昭和基地とアイスランドのTjornesでのImaging Riometerによる降下粒子の空間分布の時間変化が得られており降下領域の移動のダイナミクスが明確できる。

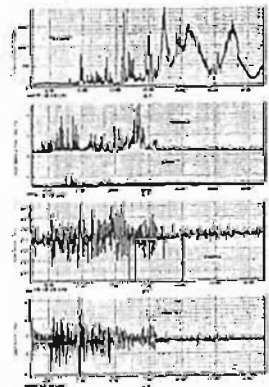


図1. X線、VLF、ULFの時間変化 (0930-1600UT)

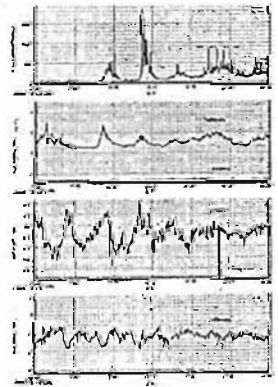


図2. Pulsation events時のX線、VLF、ULFの時間変化

\*M. Watanabe, T. Iijima, and M. Nakagawa

(Department of Earth and Planetary Physics, Graduate School of Science, University of Tokyo)

T. A. Potemra, S. Ohtani, and P. T. Newell

(The Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory)

It is well-known that the geomagnetic activity is controlled by the interplanetary magnetic field (IMF). During  $B_z < 0$  period, the efficiency of energy transfer from the solar wind to the magnetosphere is extremely enhanced, resulting in many brilliant phenomena, such as aurora breakup. On the other hand, during  $B_z > 0$  period, there occurs another type of energy transfer which enhances the polar cap activity, such as sun-aligned arc. IMF  $B_y$  component also controls the magnetosphere; for example, midday field-aligned current system is perfectly governed by IMF  $B_y$ . The IMF control of the magnetosphere is well interpreted in terms of the reconnection between the interplanetary and the geomagnetic field. Thus, it is believed that the energy transfer from the solar wind to the magnetosphere is minimized when  $B_y = B_z = 0$  because the reconnection rate becomes minimum in this configuration. The main purpose of this paper is to investigate such magnetospheric ground state, or baseline magnetosphere.

For this study, we picked up four events of prolonged geomagnetic quiescence which satisfy the following condition:

- (1)  $0 \leq B_z \leq 1.5$ ,  $|B_y| \leq 1.5$
- (2)  $Kp = 0$

Using the magnetic field data from MAGSAT and DMSP-F7 satellites, the energetic particle ( $30 > \text{keV}$ ) data obtained by TIROS-N, NOAA-6, and NOAA-10 satellites, and the low-energy ( $< 30 \text{ keV}$ ) precipitating particle data acquired with DMSP F6 and F7 spacecrafts, we have investigated the spatial

distribution pattern of plasma domains and field-aligned currents. The important results are summarized as follows:

- (a) From the energetic particle data, we determined (1) trapping boundary (TB) which is defined by the flux drop-off of  $> 30 \text{ keV}$  electrons with pitch angle  $90^\circ$ , which gives us a good measure of open/close boundary (e.g. McDiamid et al., *J. Geophys. Res.*, 77, 1103-1108, 1972); (2) circum polar isotropic energetic ion (30-80 keV) region, which is indicative of strong pitch angle diffusion and acceleration due to the nonadiabatic motion in the current sheet (e.g. Lyons et al., *J. Geophys. Res.*, 92, 6147-6151, 1987). The dayside isotropic energetic ion (IEI) region is located poleward of the trapping boundary, whereas the main body of night side IEI region is confined within the trapping boundary; this suggests the different sources of IEI between daytime and nighttime sector.
- (b) From the precipitating low-energy particle data, we determined three characteristic plasma domains: (1) inner plasma sheet (IP) which occurs at equatorwardmost part of precipitation region and is filled with hot ( $> 1 \text{ keV}$ ) ions, (2) cusp which is characterized by high flux of magnetosheath particles, and (3) boundary plasma region (BPR) which occurs poleward of the IP and exhibits cleft/mantle-like precipitation. The TB defined above resides near BPR/IP boundary both on daytime and nighttime hours, therefore, the dayside BPR seems to be identical to the IEI region.
- (c) Daytime field-aligned current system shows classic pattern, that is, from the lowest latitude, Region 2, Region 1, and "cusp region" current for both prenoon and postnoon sector. However, its intensity is fairly small ( $\approx 200 \text{ nT}$ ) and further weakens toward dawn and dusk sector. In contrast to the  $B_z < 0$  case, the region 1 and "cusp region" current are balanced in intensity and occurs within BPR/IEI region, which indicates that the two current systems are coupled in the magnetosphere. We will propose a model of coupling mechanism in the talk.

A22-P61 あけぼの衛星で観測された

プラズマシート内部領域沿磁力線加速現象

坂野井 健<sup>1</sup>、福西 浩<sup>1</sup>、向井 利典<sup>2</sup>、早川 基<sup>1</sup>、松岡 彩子<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>東北大学理学部 <sup>2</sup>宇宙科学研究所

Electron and Ion Field-Aligned Acceleration Events in the Inner-CPS Region Observed by the Akebono Satellite

T. Sakanoi<sup>1</sup>, H. Fukunishi<sup>1</sup>, T. Mukai<sup>2</sup>, H. Hayakawa<sup>2</sup>, A. Matsuoka<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Department of Astrophysics and Geophysics, Tohoku University  
<sup>2</sup> Institute of Space and Astronautical Science

We have analyzed electron and ion field-aligned acceleration events in the inner-CPS region using particle, magnetic field and electric field data obtained by the Akebono satellite during the period from November 1989 to March 1990. We selected 20 orbits in which parallel potential drops estimated from electron and ion peak energies were small ( $\sim 50\text{--}500\text{V}$ ). In the dawn sector, it is evident that the equatorward boundary of the acceleration region coincides with the poleward boundary of the region showing a band-like lack of  $\sim 10 \text{ keV}$  ions. This suggests that the acceleration event occurs in the open trajectory region of ions. In the dusk sector, high-energy ( $> 10 \text{ keV}$ ) ring current ions appear equatorward of the acceleration region. In both the sectors, ULF waves often occur in the equatorward of the field-aligned acceleration region.

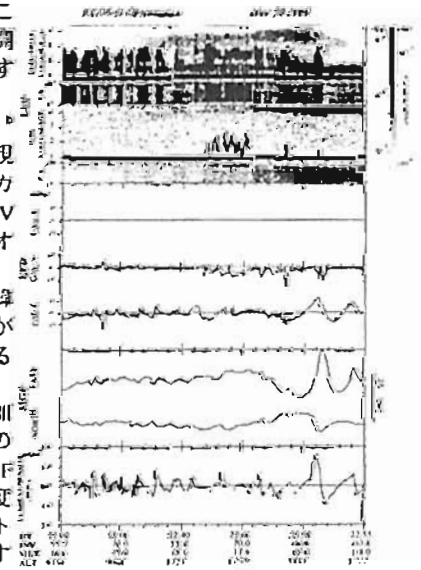
これまでの低高度衛星の観測から、オーロラ粒子降下領域は、沿磁力線加速電子の存在する BPS 領域と、数 keV 電子のバンド構造の存在する CPS 領域に大別されることが知られている。しかし、あけぼの衛星により高度数千 km の領域で低緯度側のプラズマシート内部領域においても電子、イオンの沿磁力線加速がしばしば観測されている。本研究は、この沿磁力線加速現象の特徴および成因の解明を目的としている。

私たちは 1989 年 11 月から 1990 年 3 月の期間のあけぼの衛星粒子、磁場および電場観測データを用いて、プラズマシート

内部領域における沿磁力線ポテンシャル差の小さい ( $\sim 50\text{--}500\text{V}$ ) 加速現象の解析を合計 20 例行った。その例を図 1 に示す。高緯度から低緯度にわたり、約 100keV 程度の加速電子のディスクリートの降り込みが CPS 的な構造に重なって観測されている。この加速現象の最も低緯度側付近 ( $\sim 2251\text{UT}$ ) にリングカレントと思われる高エネルギーイオンが存在し、またこの領域では磁場、電場データに ULF 的な波動が見られる。今回、20 例の解析から以下の特徴が明らかになった。

- (1) 午前側 (2<sup>h</sup> - 6<sup>h</sup> MLT) では、最も低緯度側の加速現象と、数 keV イオンのバンド状欠落現象の領域の高緯度側境界が良く一致する。これは、この加速現象がイオンの開いた軌道の領域で発生することを示唆する。
- (2) 午後側 (17<sup>h</sup> - 21<sup>h</sup> MLT) では、この加速現象の低緯度側にリングカレントと思われる 10keV 以上の高エネルギーイオンバンドが存在する。
- (3) この加速現象の低緯度側に ULF 的な波動が観測されることがある (20 例中 5 例)。

結論では、これらに加えてこの加速現象発生の MLT 依存性、また ULF 波動のアルフヴェン速度やポインティングベクトルの解析について発表する予定である。図 1. 1990 年 3 月 20 日のあけぼの衛星の電子、電場、磁場観測



A22-P62

### 夜側オーロラ・オーヴァル極側境界領域の 沿磁力線電流と電離層電気伝導度

長妻 秀<sup>1</sup>、福西 浩<sup>1</sup>、向井 利典<sup>1</sup>、早川 基<sup>1</sup>、松岡 彩子<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>東北大理 <sup>2</sup>宇宙科学研究所

### Field-Aligned Currents and Ionospheric Conductivities in the Poleward Boundary Region of the Nightside Auroral Oval

T. Nagatsuma<sup>1</sup>, H. Fukunishi<sup>1</sup>, T. Mukai<sup>1</sup>, H. Hayakawa<sup>2</sup>,  
A. Matsuoka<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Astrophysics and Geophysics, Faculty of Science,  
Tohoku University

<sup>2</sup>Institute of Space and Astronautical Science

We have studied field-aligned currents associated with Alfvén waves in the poleward boundary region of the nightside auroral oval. To confirm the origin of the field-aligned currents in this region, field-aligned current densities calculated from magnetic field were compared with those calculated from electric field and  $\Sigma_P$ . Ionospheric conductivities were estimated from particle data using an empirical equation proposed by Robinson et al. [1987]. It is found that field-aligned current densities derived from  $\Sigma_P$  and electric field are much larger than those derived from magnetic field. This result suggests that Alfvén waves are a dominant source of field-aligned currents in this region.

我々は今までにあげほの衛星の磁場・電場データをスペクトル解析し、それぞれの周波数成分における磁場と電場の比及び位相差から夜側沿磁力線電流領域の特性を調べてきた。今回はあげほの衛星の粒子データから電離層の電気伝導度 ( $\Sigma_P$ ,  $\Sigma_H$ ) を計算し、これを電場データと組み合わせて磁場とは独立に沿磁力線電流の推定を行った。もし、沿磁力線電流が static ならば、電場と電気伝導度が

ら求めた沿磁力線電流の大きさは磁場から計算した沿磁力線電流の大きさと一致する。一方、沿磁力線電流が Alfvénic ならば、電場と電離層の電気伝導度から求めた沿磁力線電流は磁場から求めた沿磁力線電流より大きな値をとる。降下粒子のスペクトルから電離層の電気伝導度を見積もるためには電離層の衝突周波数の高度プロファイル等を考慮した詳細な計算が必要であるが、今回は Robinson et al. [1987] の経験式を用いて降下粒子のエネルギーフラックスと平均エネルギーから計算を行った。図 1 に解析結果の一例を示す。19:02:30-19:06:30 UT において、磁場から計算した沿磁力線電流に対し、電場と  $\Sigma_P$  から計算した沿磁力線電流の方が電流密度の値が大きく、変動パターンも異なっている。このことは観測されている沿磁力線電流は電気伝導度の小さい (インピーダンスの大きい) Alfvén 波的特徴を強く示していることを意味する。

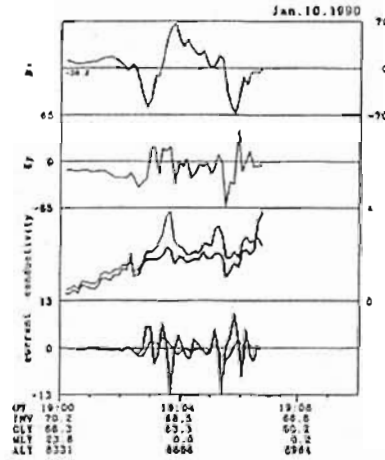


図1 2つの方法で求めた沿磁力線電流変動。上段から磁場の東西成分、電場の南北成分、電離層電気伝導度 (太線:  $\Sigma_H$ 、細線:  $\Sigma_P$ )、沿磁力線電流密度 (太線: 電場と  $\Sigma_P$  から求めた沿磁力線電流、細線: 磁場から求めた沿磁力線電流)

A22-P63 北向き IMF サブストーム

佐藤真理子、上出洋介 (名古屋大学太陽地球環境研究所)、  
J.D. Craven (アラスカ大学)、L.A. Frank (アイオワ大学)

### Substorms during northward IMF

Mariko Sato<sup>1</sup>, Y. Kamide<sup>1</sup>, J.D. Craven<sup>2</sup> and L.A. Frank<sup>3</sup>

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

<sup>2</sup>Geophysical Institute and Dept. of Physics, University of Alaska

<sup>3</sup>Dept. of Physics and Astronomy, University of Iowa

A substorm can be recognized as manifestation of two physical processes that occur in solar wind/magnetosphere/ionosphere coupling: the "directly driven" process and the "loading-unloading" process. An important issue is to understand how the two processes couple. It is quite important to examine substorms which occur when the IMF is directed northward, because magnetospheric convection relating to the directly driven process is expected to be minimal under such conditions. This paper utilizes aurora imagery from DE 1 and ground-based magnetometer data from some 40 high-latitude stations to discuss northward-IMF substorms.

磁気圏サブストームは、"directly driven" と "loading-unloading" とよばれる太陽風/磁気圏/電離層相互過程を反映している。この2つの主要なプロセスがどのようにカップルしているかを知ることは、サブストーム研究の重要な課題の一つである。"Directly driven" プロセスを反映するプラズマ対流は、IMF が北向きのときに極端に小さい。本研究の目的は、IMF 北向き時のサブストームを使って、"directly driven" 効果を除いての "unloading" プロセスを調べることである。

今回はケーススタディとして、1981年11月8日に起きたIMF北向き時のサブストームについての解析をおこなった。使用したのは、Dynamics

Explorer-1 (DE-1) 衛星のオーロラ UV イメージと極域43点での地上磁場のデータである。サブストームのおきる2時間半前から約10 nTの北向き IMF がつづいていたことが、ISEE-3衛星によって観測されている。このイベントの特徴は以下のとおりである。(1) サブストーム活動をとおして、西向きオーロラジェット電流が流れている領域は真夜中付近に限られている。朝側、夕側での地上磁場の擾乱は数10 nT程度しかない。(2) 成長相とよばれる、オンセット前のプラズマ対流の発達過程はみられない。このことは、図1に示す AU/AL 指数でもみることができる。ただし、この AU/AL 指数は、極域43点のデータを重ね合わせたものである。(3) |AL| のピークは500 nTに達しているにもかかわらず、サブストームの継続時間は1時間と比較的短い。

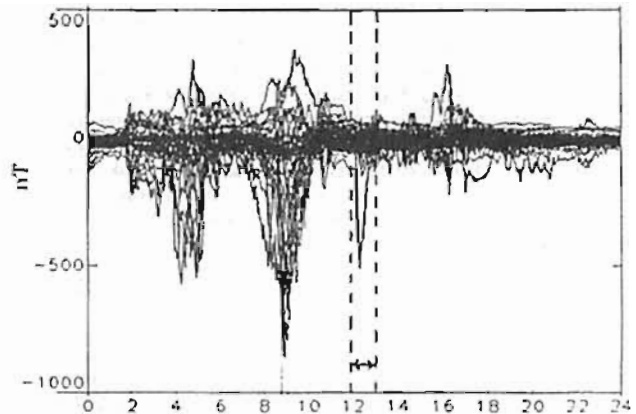


図1 極域43点における磁場変動 (H成分) の重ね合わせ。矢印は北向き IMF サブストームの期間を示す。

A22-P64 Behavior of the Shear Alfvén Waves  
Under the Comparable Condition of the Alfvén  
Wave Conductance and Ionospheric Conductivities.

A. Yoshikawa<sup>1</sup>, M. Itonaga<sup>2</sup>, and T. Kitamura<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Department of Physics, <sup>2</sup>Computation Center, and

<sup>3</sup>Department of Earth and Planetary Sciences, Kyushu University

tion condition.

The control of field aligned structure of the shear Alfvén waves by the change of reflection coefficient have been discussed. The shear Alfvén waves carry the divergent electric field to the ionosphere and reflect back to the magnetosphere. Usually, the increasing of Pedersen conductivity means the decreasing of ionospheric divergent electric field by the connection of field aligned current with the ionospheric divergent current. However, in the case of insulator like ionosphere ( $\Sigma_p < \Sigma_A$ ), our simulation results show that the increasing of Pedersen conductivity accompanies the increasing of the ionospheric divergent electric field relative to the magnetospheric one. Then, in the case of conductor like ionosphere ( $\Sigma_p > \Sigma_A$ ), the increasing of Pedersen conductivity leads the ionospheric divergent electric field to decreasing. Under the comparable condition of the Alfvén wave conductance and ionospheric conductivities, the Alfvén wave has very complicated wave form and spatial phase structure even in a straight and homogeneous field line. We concentrate our discussion on this transi-

A22-P65

イオンコニックスの高度変化のモデル化

三宅 互 (通信総研)・向井 利典 (宇宙研)・賀谷 信幸 (神大工)

Modeling the Evolution of Ion Conics along the Field Line

W. Miyake (CRL), T. Mukai (ISAS), and M. Kaya (Kobe Univ.)

We obtained the altitude variation of ion conics with the pitch angle near 90° from Exos-D observation. Assuming that all the ion conics are created at the pitch angle of 90° and move upward conserving adiabatic invariant, we calculate the variation of ion conics with altitude. This calculation shows a clear difference from the observation of altitude variation of ion conics.

Exos-D搭載LEPの3年間の観測データの解析から、イオンコニックスの高度変化の様子が明らかになってきた(図の左側)。特に、断熱変化のモデルでは、ピッチ角90°近いコニックス(図の左上)は各高度におけるコニックスの生成率を仮すもので興味深い。この90°近いコニックスの高度変化をモデル化し(図の右上)、断熱変化の仮定で、他のピッチ角をもつコニックスの高度変化を計算してみた(図の右側)。結果は、1)ピッチ角が小さいコニックスの数(出現頻度)と90°近いコニックスの差が大きくなりすぎる、2)40°-60°のコニックスではピークが高度10,000 km以下にあることが予想されるが実際は高度10,000 km以下ではまだピークに達していない、の2点で観測と異なる。このうち、1)は古いコニックスが消滅したとすると説明可能だが、消滅は積分で効くため、それを考えないモデルとの差は高い高度でより顕著となり、2)のピークが10,000 km以下に現れてしまうことの改善になるとは限らない。これに対し、高度の上昇に伴うピッチ角変化が断熱変化よりも遅いと考える。仮に、図右側の40-50°及び50-60°のコニックスのパネルで高度4,000 kmを10,000 kmと読みかえてみると、1)および2)が共に改善されることに気付く。講演では、消滅と角度変化の遅れを適当にモデル化し、何をどの程度見込めば、観測結果が説明できるかを議論する。

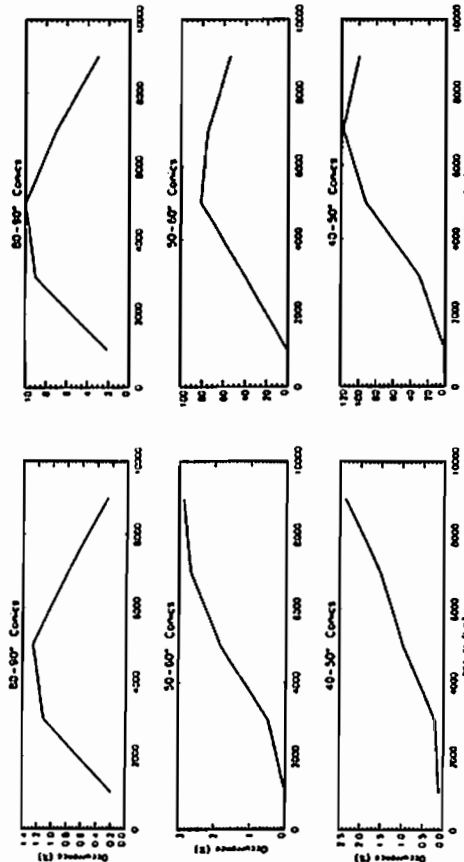


Fig.1 Altitude variation of ion conics at three ranges of pitch angle obtained from Exos-D observations (left side). The right side shows a simple model for altitude variation of ion conics under the assumption of upward motion of conics conserving adiabatic invariant.

A会場

10月19日(水) 午後

# オーロラダイナミクス

## Auroral Dynamics

oral: A22-09~17

poster: A22-P66~P72

座長 西谷 望 (名大STE研)  
石井 守 (通総研)



A22-09 極域電離層における  
オーロラ輝度と電気伝導度との関係(IV)

石井 守(通称研)、家森俊彦(京都大理)、杉浦正久(東海大開発技研)、  
木村和典(京都大理)、J.A. Slavin(NASA/GSFC)、J.D. Craven(77幼大)、  
L.A. Frank(74幼大)、J.D. Winningham(SRI)

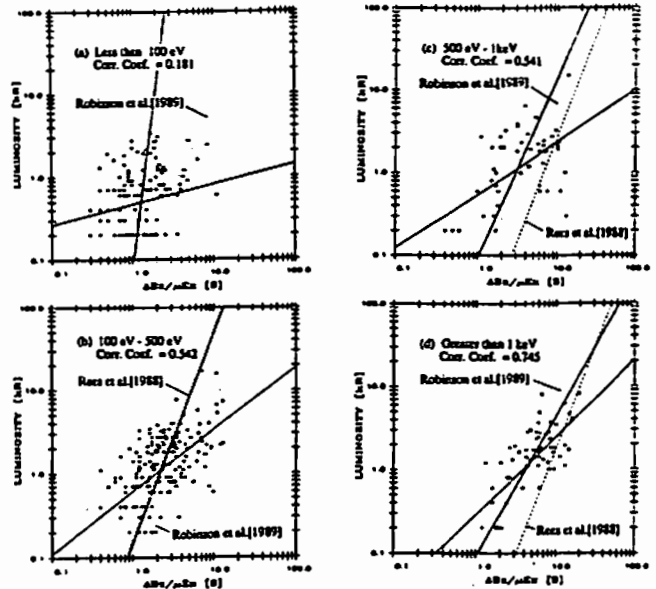
Quantitative Relationship Between Auroral Luminosity and  
Ionospheric Conductance in the Polar Region (IV)

M. Ishii (CRL), T. Iyemori (Kyoto Univ.), M. Sugiura (Tokai Univ.),  
K. Kimura (Kyoto Univ.), J.A. Slavin (NASA/GSFC), J.D. Craven (Univ. of Alaska),  
L.A. Frank (Univ. of Iowa), J.D. Winningham (SRI)

We attempt to obtain the relation between the polar ionospheric conductance on the nightside and the auroral luminosity deduced from DE satellite observations. The auroral luminosity,  $I_{123W}$ , is obtained from the DE-1 FUV imager, and the ionospheric Pedersen conductance,  $\Sigma_p$ , is deduced from the ratio between the magnetic and electric field perturbations observed by DE-2. The following results have been obtained: (1) With respect to the energies of precipitating electrons the  $I_{123W}$ - $\Sigma_p$  relation shows a clear tendency. That is,  $\Sigma_p$  increases with increasing energy of precipitating particles for the same value of  $I_{123W}$ . This result is consistent with the characteristic energy dependence of  $I_{123W}$  and  $\Sigma_p$  suggested by Rees et al. [1988], namely, when the characteristic energy is greater than about 2 keV, both  $I_{123W}$  and  $\Sigma_p$  decrease with increasing characteristic energy and the  $I_{123W}$ - $\Sigma_p$  relation becomes insensitive to the characteristic energy. For characteristic energies less than about 2 keV,  $I_{123W}$  decreases but  $\Sigma_p$  increases with increasing characteristic energy of precipitating electrons. Thus the  $I_{123W}$ - $\Sigma_p$  relation is sensitive to the electron energy. (2) The  $I_{123W}$ - $\Sigma_p$  relation shows a systematic invariant latitude dependence in many cases. That is, the peak of  $I_{123W}$  is located at a latitude higher than that of  $\Sigma_p$  in most cases; but this relation is reversed in some special cases.

私達はこれまで、DE-2 の電場・磁場擾乱の観測結果から電気伝導度を推定し、DE-1 のオーロラ輝度と比較する方法を用いて、電離層電気伝導度とオーロラ輝度との定量的な関係について調べてきた。これまでの解析により、以下の事実が明らかにされた。(1) オーロラ輝度とペダersen電気伝導度( $\Sigma_p$ )との関係は、オーロラを形成する降下粒子のエネルギーに依存する。降下粒子

のエネルギーが増加すれば、同じオーロラ輝度にたいして  $\Sigma_p$  は増加する。この事実は、Rees et al. [1988] が示したモデルにより説明できる。降下粒子エネルギーが 2 keV 以上のときは、輝度、 $\Sigma_p$  共にエネルギーの増加に伴って減少するため、両者の関係はエネルギー依存性が低い。一方、エネルギーが 2 keV 以下のときはエネルギー増加に従い輝度は減少するが  $\Sigma_p$  は増加するために、両者の関係はエネルギー依存性が高くなる。(2) この事実により、オーロラ輝度と  $\Sigma_p$  との関係は、オーバルの領域によって大きく変化する。多くの場合、降下粒子エネルギーの高い高緯度側では同じオーロラ輝度にたいして  $\Sigma_p$  は高くなるが、エネルギーの分布が逆転している例では、低緯度側で  $\Sigma_p$  が高くなる。



Relationship between auroral luminosity and  $\Delta Bz/\mu Ex$  for the characteristic energies: (a) less than 100 eV, (b) 100 - 500 eV, (c) 500 - 1 keV, and (d) greater than 1 keV.

A22-10 サブストーム時のダイポーラリゼイションに伴う磁場ストレス変化の考察

飯島 健 (東京大学大学院理学系研究科)

An implication of magnetic stress change associated with  
substorm dipolarization

Takeshi Iijima (Graduate School of Science, The Univ. of Tokyo)

I have determined substorm-associated change of magnetic stress in the near-equatorial, near-Earth magnetotail, using the AMPTE CCE vector magnetic field experiment. It is now confirmed that earthward-directed magnetic tangential stress in the plasma sheet often exhibits an increase on and after the dipolarization onset, suggesting an expansion of earthward plasma flow region toward higher Z.

夜側磁気圏ではサブストームに伴い、地球磁場分布は最初引き伸ばされた形状を示し、その後急速に双極子型形状に近づく(ダイポーラリゼイションとも呼ばれる)。この現象は、磁気中性面を中心に朝方から夕方に向かって流れるクロステイル電流が最初強化されその後崩壊する為、地球向きの  $J \times B$  力(又は、プラズマシート内の  $xy$  面で  $x$  方向に働く磁場の接線応力  $B \times B_z / \mu_0$ ) が急減すると暗黙のうちに解釈されることが多い。本研究はダイポーラリゼイションが頻発する磁気圏中央部 ( $L < 9$  Re) で計測された磁場データを

活用し、ダイポーラリゼイションの発生前後にわたって  $B \times B_z / \mu_0$  を解析した。磁場ストレス変化を、磁気中性面からの距離を考慮して決定した結果、 $B \times B_z / \mu_0$  はダイポーラリゼイションによって減少するとは限らず、逆に増加する場合が多く存在する事実を発見した。

この磁場ストレス増加とバランスする為には、ダイポーラリゼイションの最中に地球に向かって流れるプラズマが  $Z$  の大きい方に向かって広がっていくことが示唆され、この時期にプラズマシート自体がエクспанションを示す事柄と密接に関係しているものと解釈したい。

Further Evidence for the Coexistence of Two Systems in the Equipotential Patterns During Substorms

Y. Kamide,<sup>1</sup> and B. A. Emery<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Netsu-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University, Toyokawa 442, Japan  
<sup>2</sup>High Altitude Observatory, National Center for Atmospheric Research, Boulder, CO 80307, U. S. A.

In their recent paper, Kamide et al. [1994] have shown that two physically different systems coexist in the global convection pattern during magnetospheric substorms. The changes in the convection pattern during substorms indicate that the large-scale potential distribution is indeed a two-cell mode, representing the importance of dawn-dusk electric fields in the interplanetary medium. However, the high potential cell in the night-morning sector has two peaks, one in the midnight sector and the other in the late morning hours, corresponding to the substorm expansion and the convection enhancement, respectively. For a schematic illustration of the coexistence of the two systems, see Figure 1.

Kamide et al. [1994] have deduced the instantaneous patterns of ionospheric electric fields and currents at high latitudes by combining satellite and radar measurements of the ionospheric drift velocity, along with ground-based magnetometer observations. For that purpose, an updated version of the assimilative mapping of the ionospheric electrodynamics technique has been utilized.

The present paper gives further evidence indicating that Figure 1 is fairly soundly based. We attempt to obtain a series of "subtraction" diagrams between

any potential pattern and the "baseline" equipotential pattern, assuming that the global two-cell distribution changes only slowly whereas the substorm expansion pattern changes rapidly.

ELECTRIC POTENTIAL

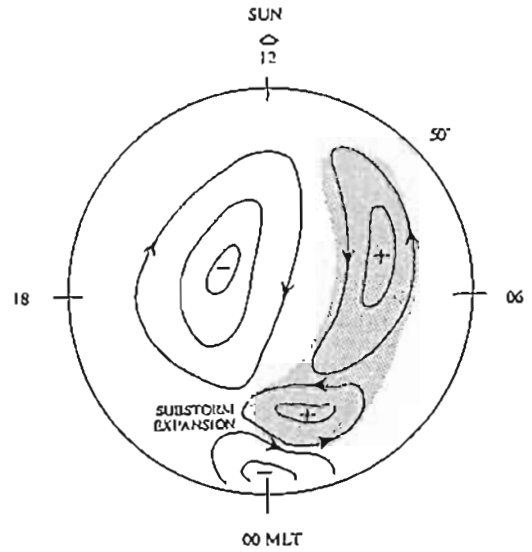


Fig. 1. Schematic diagram showing two pairs of the electric potential cells, representing the effects of enhanced plasma convection and of the substorm expansion. The high potential area combining the two effects is hatched.

低緯度オーロラ中の  
DMSP・あけぼの衛星観測  
(L=2.5-4での観測とsubstorm onset)

堀川和夫、藤元博文、西谷望、P. T. Newell<sup>1</sup>, C.-I. Meng<sup>2</sup>, 阿部英彦、  
 (名大STE研) (APL, JHU) (南学大)  
 小山孝一朗、松岡彩子、早川誠 (宇宙研)

The Substorm-Associated Low-Latitude Aurora

- Unusual Substorm Onset at L=2.5-4 -

Shikawa, K.<sup>1</sup>, Y. Yuzuta<sup>1</sup>, M. Nishitani<sup>1</sup>, P. T. Newell<sup>2</sup>, C.-I. Meng<sup>2</sup>,  
 T. Abe<sup>3</sup>, K. Oyama<sup>4</sup>, A. Matsuoka<sup>4</sup>, and H. Bayakawa<sup>4</sup>

<sup>1</sup>STE Lab., Nagoya Univ., <sup>2</sup>APL, Johns Hopkins Univ., <sup>3</sup>Aoyama-gakuin Univ., <sup>4</sup>ISAS

A red-colored low-latitude aurora was observed at Rikubetsu, Japan on May 10, 1992 during the main phase of a great geomagnetic storm. The aurora appeared in the northern sky of Rikubetsu 2-minutes after a substorm onset, which is defined by a P12 magnetic pulsation observed at low-latitude stations. During the aurora appearance, particle data observed by the DMSP satellites show a drastic enhancement of precipitating electrons for whole 30keV-30keV energy range at latitudes of 50-60° MLAT (L=2.5-4). The energy flux of electrons reaches up to 1\*10<sup>13</sup> (eV/cm<sup>2</sup>/s/sr). From electron temperature measured by the EXOS-D satellite, the region of L=2.5-4 corresponds to just outside the plasma trough (possibly, just outside the plasmapause). From these results, we conclude that the substorm-associated low-latitude aurora is caused by unusual substorm onset which takes place at a very near point to the Earth (L=2.5-4) during the main phase of geomagnetic storms.

低緯度オーロラに関する研究はこれまでほとんどが地上観測データのみを基にしており、低緯度オーロラが起きている最中の人工衛星による宇宙空間の直接観測は、Miyake et al. (1990)のDMSP衛星によるオーロラ粒子観測を除いてこれまでほとんど行われていなかった。本研究では、1992年5月10日の大磁嵐 (Dst 1~-3 Gdn T) 中に北海道の観測所で観測された低緯度オーロラに対して、EXOS-D衛星による電場、電子温度、DMSP衛星によるオーロラ粒子の観測データが得られたので、その結果を発表する。1992年2月や5月に北海道で観測された低緯度オーロラは、地上観測においてどれも、1. P12で定義されるサブストームオンセットの後、数分以内に現れる、2. 観測場所のほぼ付近で起こる、3. 継続時間は1時間程度、4. 6300Åの赤い光が主である、という共通した特徴を示していた。

1992年5月10日の低緯度オーロラ時のDMSP衛星のオーロラ粒子データをP12区、1に示す。上が低緯度オーロラが起こる1時間前、下がP12が起こってから8-1

2分間で北海道でオーロラが最も明るくなる(なかつた野の降り込み電子のE-Tダイアグラムである。下は南半球のデータであるが磁力線のトレースを行うとちょうど北海道の高緯度帯に対応する。低緯度オーロラの発生時には30eV-30keVの全てのエネルギー範囲にわたって降り込み電子のフラックスが大きく増大していることが分かる。この異常な1uxの増大は磁気緯度50-60度(L=2.5-4)にわたって見られており、またEXOS-D衛星の電子温度のデータから、この異常な電子降り込み現象はプラズマポーズの位置を示していると思われる電子温度トラフの高緯度帯に対応していることが分かった。降り込み電子によって引き起こされるオーロラ発光量をモデルを用いて計算することにより、この異常な降り込み電子が観測されたオーロラを引き起こしていることも確認された。これらの解析結果を総合すると、これまで日本で何回か観測されてきた磁嵐中にサブストームと同時に起こる低緯度オーロラ(the substorm-associated low-latitude aurora)は、地球に非常に近いところ(L=2.5-4)で起きている異常なサブストームによって引き起こされている、ということが本研究によって新しく結論づけられた。

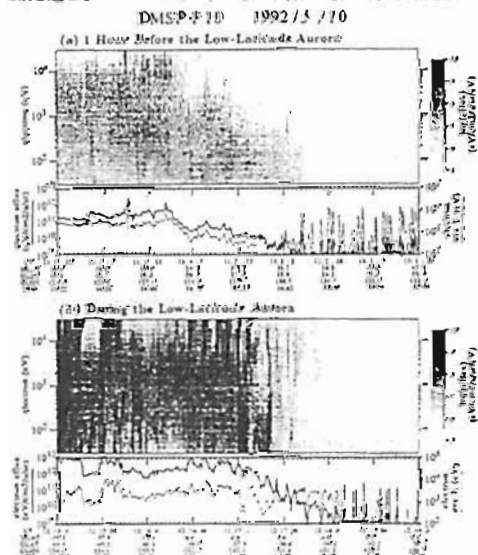


Figure 2. Energy-time spectra of precipitating electrons observed by the DMSP-70 satellite (a) at 1 hour before the appearance of the aurora and (b) during the appearance of aurora, on May 10, 1992.



A22-13

オーロラサブストーム時における地磁気変動の共役性

橋本久美子<sup>1</sup>、佐藤夏雄<sup>2</sup>

<sup>1</sup>九州大学理学部、<sup>2</sup>国立極地研究所

Conjugacy of Geomagnetic Field Variations  
at the Onset of Auroral Substorms

HASHIMOTO Kumiko<sup>1</sup> and SATO Natsuo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kyushu Univ., <sup>2</sup>NIPR

The purpose on this study is to examine the conjugate signatures of dynamics of auroral disturbances which are expected to be influenced by ionospheric conductivity at conjugate hemisphere. We used fluxgate magnetometer data at 3 stations in Iceland and 2 stations in Antarctica, and all-sky camera data mostly observed at Syowa and Asuka. Using these data, we analyzed the relation between dynamics of aurora and magnetic field variations at conjugate stations. The differences of onset time of auroral substorms at conjugate stations are also examined.

南北両半球の極域で生じるオーロラサブストーム等の擾乱現象の研究には、南北共役点でのオーロラ光学観測が重要である。しかし、唯一オーロラ帯に位置する昭和基地-アイランド地磁気共役点観測点において、その地理的な条件や天候などにより、オーロラの両観測点における同時観測は容易でない。そこで我々は、共役点でのフラックスゲート磁力計による地磁気変動データと昭和基地の可視オーロラ画像データを用いて、オーロラにともなう電流系の変化から、南北両極域における擾乱現象の対称・非対称性に関する手がかりを得ようとした。

1987年9月16日2052UT~2340UTに、共役点観測点において非常に特徴的な地

磁気の変化が観測された。2時間半程続く西向きオーロラジェット電流の成分の中に、20分程度の短いタイムスケールの変化がみられる(図1)。この時間帯には昭和基地とあすか基地のオーロラ画像データが得られており、地磁気データとの比較を行った。図2のオーロラ強度の増加は、それぞれウエストワード・トラベリング・サージとその後に次々と南北に伸びた形状のオーロラが昭和基地の全天カメラの視野を東から西に通過していくのに対応している。このイベントは共役観測点で典型的に共役性が非常に良い例である。これは、南北両半球のオーロラ帯で、サブストーム時のオーロラ擾乱領域と構造の共役性が非常に良い事を示している。

また、我々は特に、この擾乱領域の西の極側境界に位置するウエストワード・トラベリング・サージに注目し、共役観測点に対する到達時間のズレや、緯度方向のズレについて解析を行った。3月から9月の間、サージの到達時刻は共役観測点でほぼ同時か、昭和基地が先行する傾向がみられた。

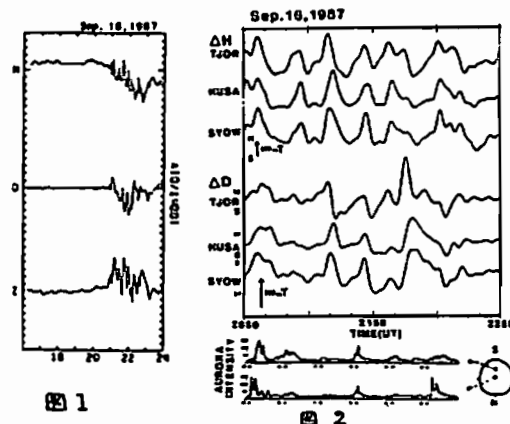


図 1

図 2

A22-14

Corrected Two-dimensional Dynamics  
of All-sky TV images

\*K. Hayashi, STEP Polar Network group

Department of Earth and Planetary Physics, University of Tokyo

We know that auroral displays in the sky tell us so much about magnetospheric processes in their forms and dynamic patterns that are frequently complained too much. Characteristics in the patterns and their dynamics have been studied and described with terms; oval, folding, surge, expansion, omega, drift, propagation, stream, pulsations so on. They are literally characteristics of auroral borealis but are not well understood in the physical meanings except small part of them; e.g. a part of "drift" can be ascribed to drift motion of ambient plasma in the magnetosphere caused by large scale electric field.

All-sky TV camera based on high sensitive imaging devices provide us neatly to capture real time images of auroral display, although pattern in the low elevation angle is highly distorted and usually in black and white. All-sky TV network of the STEP polar network was planned to capture auroral dynamics in the oval scale by chaining the image field of recorded video data. Practically we have to make use portion of images in the low elevation angle to achieve global coverage because the number of our camera sites is limited. In our simple data processing a fixed alti-

tude with the maximum luminosity near the lower border, typically 110 km, is assumed for locating auroral position in the two-dimensional picture of all-sky image.

Since intensity of each pixel of data is height-integration of a solid angle in a selected direction the spatial resolution of auroral location is heavily degraded in the low elevation angle. But assuming that the maximum luminosity at 100 km is mapped along the magnetic lines of force as a function of altitude we can estimate the luminosity near 110 km of selected lines of forces as follows. We can remove the contribution from the higher altitude along a selected line of sight by mean of weighted integration of auroral luminosity along a reduced integral path at 110 km mapped along magnetic lines of force from a selected line of sight.

Starting from boundary data at a low elevation angle we complete the integral conversion except near the magnetic zenith. The up-mapping function can be determined by cross-correlation analysis. Further improvement for the more reliable correction is expected when color or multiple of monochrome image data are available.

オーロラTV画像の  
ニューラルネットワークによる認識

“麻生武彦” 松本孝史” Urban Brändström” Åke Steen”  
\*京都大学工学部、\*\*スウェーデンスペース物理研究所

Recognition of Auroral TV Images Using Neural Networks

Takahiko Aso\*, Takashi Matsumoto\*, Urban Brändström\*\*, and Åke Steen\*\*  
\* Dept. Electrical Eng., Kyoto University, Kyoto 605-01, Japan  
\*\* Swedish Institute of Space Physics, S-981 28, Kiruna, Sweden

High time resolution auroral TV imaging in recent years makes it possible to look closely into rapidly changing auroral structures. This inevitably gives enormous amount of image data. To classify and add some labels or keywords to each image for searching the image database thus created, computerized recognition and classification of images is required which can substitute for expert aurora physicist. Here, some schemes for the classification of band-like and diffuse aurora by using multi-layer neural network are studied and generalization ability for particular network configuration is presented.

オーロラ撮像装置としてCCDを用いた高感度のTVカメラが各所で用いられるようになり、高い時間分解能で時間・空間的に激しく変動するオーロラの様相を捉えることが可能となってきた。これにより多量の画像データが得られ、いわゆる画像データベースが作られるが、それぞれの画像のヘッダーレベルとして観測パラメータだけでなく一定の分類法に従ってその様相を表すキーワードを付加することは、データの検索、総合解析等に強く望まれる所である。とくにデータが1分間に数画像以上と多量となる場合、これを後で人手による分類を行うのではなく計算機によりリアルタイムで自動的に画像の識別を行えば観測の上でも有用性は大きい。オーロラは非常に多様な形態を取るため、同程度の画角の画像に対して汎化能力の高い分類アルゴリズムを得ることが必要であり、我々が持っているオーロラ画像計測<sup>[1]</sup>ならびにニューラルネットワークのSTPへの応用研究<sup>[2]</sup>の一環としてニューラルネットワークを用いたシステムの構築を目指すものである。

まず最初のステップとして図1に示したような比較的単純な構造のアーキまたはバンド状オーロラと深く広がったディフューズオーロラをニューラルネットワークを用いて識別することを目指す。いわゆる“Area-based”なアプローチとしては、各領域の画像のグレイレベルをそのままネットワークの入力層に導く手法が考えられる。この場合、明確な構造をもつバンドについても傾きの形状・大きさ・傾きをもつ光芒を識別するには多数の画像データによる学習が必要である。次に、定量的な画像の特徴量を抽出



図1: 典型的なアーキおよびディフューズタイプのオーロラ画像例。

しこれをネットワークに与える“Feature-based”な手法について検討する。2つのタイプの画像を特徴づける量として2次元FFTによる空間周波数スペクトラムの広がり、明るい領域の円形度、濃度ヒストグラムのオーロラ像と周辺領域の分離度、濃度勾配の平均値、さらには発光領域ないし濃度曲線のフラクタル次元などの中から最適なものを選択する。出力層はアーキとディフューズに対応した2ユニットで、適当なユニット数の中間層をもつ3層のネットワークを用いる。ニューラルネットワークのソフトウェアとして“PlaNet”<sup>[3]</sup>を用い、ロジスティック関数で入出力特性が表されたユニット間の結合パラメータを通常の誤差逆伝搬学習法により定める。

1991年11～12月のアイスランド・ステレオ観測で得られた画像<sup>[1]</sup>を用い、アーキおよびディフューズタイプそれぞれ5つ、計10画像からなる2つのセットを作り、学習用、テスト用を入れ替えて入力層4ユニット、中間層を可変とし上記アルゴリズムによる汎化能力を調べた。この結果中間層6ないし8の場合、薄いアーキの一例のみについて判断が困難であったがそれ以外について100%の正答率が得られた。断片的特徴量として適切なものを選べば、それだけでかなりの識別が可能であるが、オーロラ画像は多様多様であり普遍的な分類を行うためにはニューラルネットワークの手法が不可欠と考えられる。今後はスパイラルや線状(ray)などより複雑な構造のオーロラの認識に向けて検討を進めて行く予定である。

参考文献 [1] 麻生, 江尻, 宮岡, 小野, 飯, 六車, 橋本, 安藤: アイスランド・オーロラステレオ観測と画像のトモグラフィ解析, 宇宙論D-II, Vol.377-D-11, No.1, pp.69-78(1993). [2] Aso, T., T. Ogawa, and M. Abe: Application of back-propagation neural computing for the short-term prediction of solar fares, *J. Geomag. Geoelectr.*, 46(1994), in press. [3] Miyata, Y.: A user's guide to PlaNet Version 5.0. A tool for constructing, running and looking into a PDP Network(1991). (第04号地球環境研究・地球物理学会報告書1994年8月)

Observations of the Formation of two Auroral Arc Systems in the Premidnight Sector: A Case Study From Viking and DMSP Measurements

\*N. Nishitani (STELab, Nagoya Univ.)

H.B. Vo, J.S. Murphree, and R.D. Elphinstone (Univ. of Calgary)

P.T. Newell and S. Ohtani (JHU/APL)

F. Rich (Phillips Lab., Geophysics Dir.)

A case study of Viking UV images of the midnight auroral oval just after the peak of the geomagnetic activity is done to illustrate the formation of the two arc systems. Shortly after the first brightening which occurred in the poleward boundary, a large scale latitudinal splitting of the arc was observed to form two arc structures within a time span of a few minutes, as shown in Figure 1. Discrete, almost periodically spaced vortex-like features were observed in the two arc system which could be interpreted as manifestations of the Kelvin-Helmholtz instability on small-scale shear layers. Eastward motion of auroral forms in the equatorward arc was seen while features in the poleward arc system moved west. The speed of motion of both forms was 1.6 km/s and 1.2 km/s respectively. The presence of the velocity shear between the poleward and equatorward arc system suggests the possibility that the splitting was caused by the large-scale velocity-shear instability.

The latitudinal distribution of field-aligned currents and auroral particles from a DMSP-F7 pass during this time places the equator-

ward arc at the interface region between morningside region 1 and 2 current system and an overlap region of structured and unstructured particle precipitation. The poleward arc system is matched with a region of structured particle precipitation on the poleward boundary of the downward current sheet.

The ground magnetic field during that period showed the presence of eastward and westward electrojets. The boundary of eastward and westward electrojet (Harang discontinuity) was located around two arc system. The IMF was almost constantly southward for about 1 hour before this event. The AMPTE/CCE satellite was located in the pre-midnight sector at the radial distance of 5.5 Re at that time. It showed no outstanding substorm signature during the formation of two arc systems. On the basis of these data sets, the characteristics of this event is discussed.

TWO ARC FORMATION

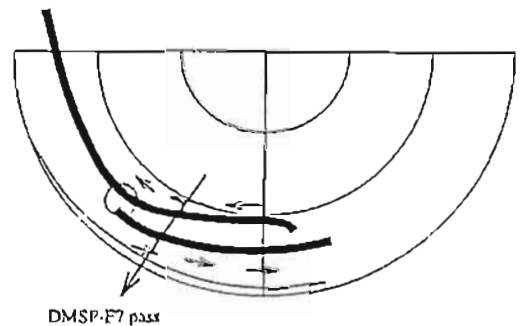


Figure 1. Schematic view of the two arc formation event.

アニメーションによるグローバルオーロラダイナミックスの研究

・ 金田栄祐・篠原 育

(東大理、地球惑星物理)

Study of Global Aurora Dynamics  
by Computer Graphic Animation

E. Kaneda and I. Shinobara

Dept. Earth and Planet. Phys., Univ. of Tokyo

For investigations of global aurora dynamics, we newly introduced method of computer graphic animation based upon morphing. It is applied to successive AKEBONO UV-aurora images in normalized polar-plot format. In morphing corresponding points between two original images are deliberately selected to avoid unwillful biased effects to resultant animation. Severer checks are required to conclusions of this analytical research in statistical context than to those of ordinary research.

オーロラのグローバルダイナミックス研究の為に、衛星からの紫外線画像観測に取り組んで来た。“きょっこう”に於いては128秒毎のスナップショットを取得する事に成功したが、画像内のオーロラの動きは予想を遥かに上回るものであった。この為、“あけほの”衛星に於いては、8秒間隔の撮像動作を必本性能とする装置を搭載してデータの取得を行った。

各周回のオーロラのグローバルな様相のクイックルックが作成されたのを承けて改めて、i) 受信画像フォーマット内のノイズ画像抽出、ii) グリッディング、iii) 取得画像のアスペクト効果を考慮した極座標系、更には球面座標系への写像変換のソフトウェアパッケージを完成させて、グローバルダイナミックス研究への準備は一応の区切りを迎えた。

画像データに基づくダイナミックスの研究に於いては動画表示によるトレンドの把握が不可欠となる。この場合、時系列画像のスライドショーでは効果は殆ど期待不可能である。亦、複数の残像効果を利用した時系列画像の“バラバラ

活動写真”では再現性に於いて問題が大きい。パソコンでのコンピューター・グラフィックス(CG)機能を利用したアニメーションは手軽にアクセス出来る上、デジタル画像であるオーロラ画像データはそのまま原画として使用出来、繰り返し表示に於いても全く問題は生じない等の利点がある。

オーロラ画像データをそのまま使用したCGアニメーションでは8秒かんかくの“あけほの”衛星のデータでも時定数任超率が大きい為トレンドの把握に困難を生じさせる。これを避ける為には内挿画像を介在させるのが比較的簡単な手段である。CGでは二つの画像間に一定数の内挿画像(中割り)を作成・挿入する morphing と呼ばれる手法が存在する。本研究に於いてもこの手法を使用してCGアニメーションの作成を行った。

この様にして作成されるアニメーションの仕上がりを左右する最大の要因は morphing に於ける二原画像間の対応点の設定である。設定の仕方によってはオーロラの動きを左右する対応点は、本研究では表示座標系中の視野外縁を取り囲む様に選定し、視野内はナイーブに内挿した中割りが生産される様にした。

上述の様な設定で作成されるアニメーションの解析から得られる結論に於いては、通常よりも鋭しい統計的吟味を重ねる必要がある。亦、多様な特徴を徒に見逃す事の無い様に、同一のイベントに於いて種々のパレットを使った複数の疑似カラーアニメーションを基に解析を行う事も要求される。

今回はCGアニメーションの例示を含めて最初の解析結果に就いて述べる。

教育用オーロラ発光演示装置

・ 南 繁行、鈴木 裕 (大阪市大)

上出洋介 (名大STE研)

Demonstrative Laboratory Auroral Display Device

S. Minami, Y. Suzuki (Osaka City Univ.)

Y. Kamide (STE Lab. Nagoya Univ.)

Abstract:

A laboratory auroral display device was made to demonstrate properties of auroral illumination. The detail of the device is presented.

1. まえがき

学生や、一般の宇宙科学に興味をもつ人達に、オーロラの発光の様子を眼で見てもらうための実験装置を試作した。この装置では、オーロラの発光が(1)中性ガスの放電によること、(2)発生したプラズマが磁力線によって曲げられること、(3)磁気ダイポールへの降下粒子の正、負によって軌道が異なることを演示する。このような装置を最初に作ったのは、云うまでもなくビルケランド先生である [Birkeland, 1908]。そのほか電子ビームをつかったステルマートロンとよばれる装置もつくられたが、これらには実際の電気回路などの記述がない。我々は科学館などでも簡単に無調整で長時間演示ができる、再現性の良い装置の試作をおこなったので紹介する。

2. オーロラ演示装置

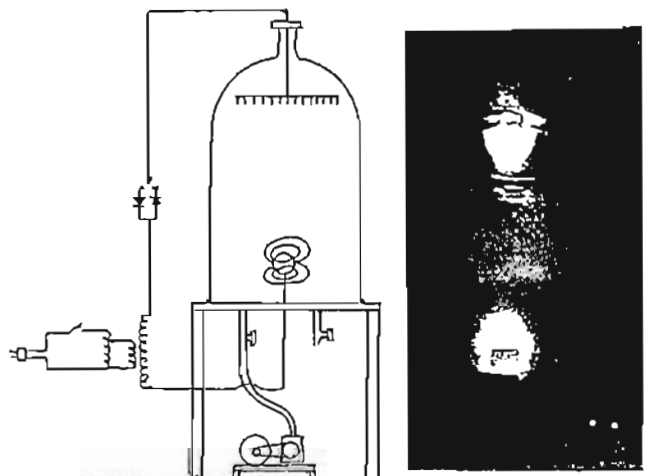
多数の人の前で見せるために比較的大きな装置にした。第1図は装置の模式図である。真空チャンバとしてはQ.V.F社(岩城ガラス輸入)のV2300/500という、300リットル、50cmのバイレックスガラス容器をもちいた。

装置のパラメータは以下の通りである。

磁気ダイポール	直径7cm、高さ3cmのNEOMAX 永久磁石 極磁場は3kGである。金属半球で包む 上部4cmホートより金属円盤に金属針を 多数取り付け、電界放出で放電を発生 ネオントランス(15kV, 20mA)にダイオ ードを通し、正または負の電圧を印加 1mmHgから0.1mmHg、残留空気を利用
対電極	
電極	
真空度	

上部電極、ダイポール付近、およびその中間の3領域で粒子の電離による発光が見られる。上部電極付近は輝紫に発光する。ダイポール付近では、降下粒子が電子のときはダイポール磁場に沿って薄い赤紫色に発光する。イオンの場合は赤道領域にバンド状の発光が生じる。また中間の領域では定在橋ができ、たくさんの赤色の層状発光がおきる(第2図)。定在橋の発生や全体の発光強度は真空度とスライダックによる放電電圧によって変化する。電極への配線には市販の30kV耐圧のシリコン被覆コードを用いることで安全性を高めた。本装置の全高は2mあるが目的によっては変更すればよい。

Birkeland, K., The Norwegian Aurora Polaris Expedition 1902-1903. Christina, A.W. Kroeggers Printing Office, 1908.



第1図 オーロラ演示装置概念図

第2図 放電の様子

## A22-P67 昼側オーロラの特徴

・巴田 和男(拓大工)、秋川 幹・山岸 久博・江沢 全雄(機油研)  
西野 広徳(北大・太陽地球環境研)

### Characteristics of dayside aurora

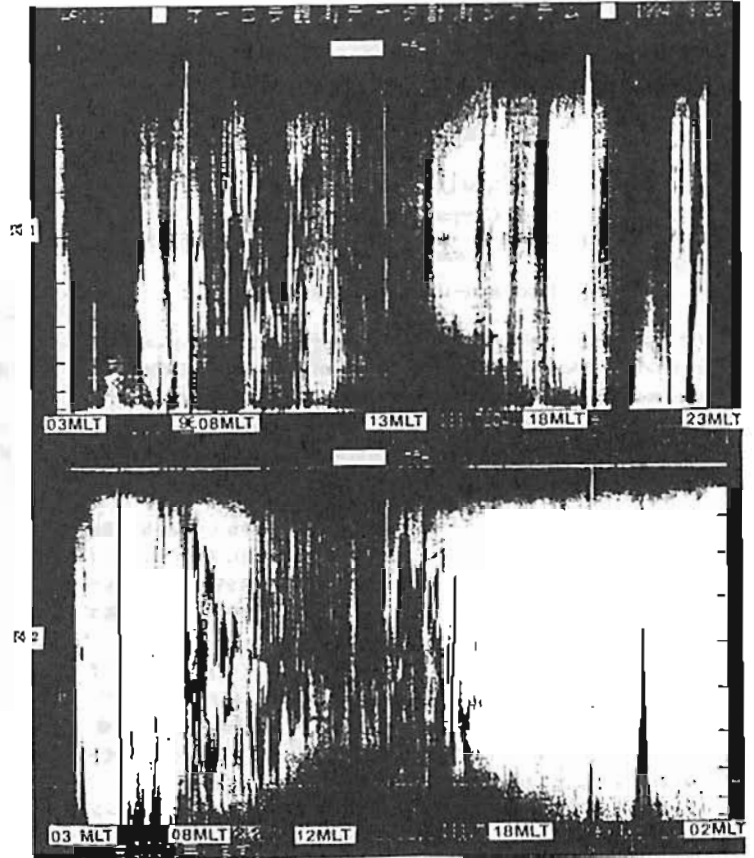
Wakita K., Akiyama K., Yamaguchi K., Iizumi T., Hishino T.

<sup>1</sup>Tohoku University  
<sup>2</sup>National Institute of Polar Research  
<sup>3</sup>Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University

On the basis of ground auroral data obtained at Greenland and Spitzbergen, the characteristics of dayside auroral phenomena are examined. It was found that the occurrence frequency of the morning corona aurora is increasing as the station reaches near the noon sector. After 18LT, the occurrence of the corona is decreasing and the broad like aurora appears from the dayside direction. These broad like aurora are bright and move to the poleward periodically. After 18LT, the occurrence frequency of dayside aurora becomes low.

最近の衛星観測や地上観測により昼側オーロラの特徴が次第に明らかになってきた。我々はSIT観測中に得られた地上のオーロラデータをもとに、昼側オーロラについての研究を進めている。ここでは午前側と午後側のオーロラの特徴について比較した結果を報告する。一般に昼側のオーロラは夜側のオーロラに比べて輝度が低く、そのスケールも小さいが、その動きは遅く、とここで、昼側オーロラは12MLTをほとんど必ずしも対称的に起るわけではない。調査、解析途中でありまだ最終的な結果は得られていないが、以下に示すような傾向が見られる。

右の2枚の図1, 2は、Alaskaにおいて得られたオーロラTVデータに的して、南北方向の子午線に沿っての強度変化を取り出したものである。なお、濃い部分がオーロラの明るい部分に対応している。図1は1990年12月17日00時(03MLT)から20時(23MLT)までのデータであり、図2は1990年12月19日00時(03MLT)から23時(02MLT)までのデータである。これによると、昼側のオーロラは08MLT頃より強い傾向、16MLT頃には減少する。この出現時刻については対称的であるが、午後側では、明るいバンド状のオーロラが局所的に夜側から発達することがよく見られる。これに対して午前側では、輝度の低いアーチ状オーロラが見られることが多く、オーロラの輝度と形状という点で非対称が見られる。この非対称性の出現時刻は、午前側にやや片寄っている傾向も見られる。このような非対称性が磁気圏の構造や粒子現象などのように結びついているのかという点を今後明らかにする必要があろう。



## A22-P68 プロトンオーロラとトーチ構造の関係

・高橋幸弘<sup>1</sup>、福西 浩<sup>1</sup>、向井利典<sup>2</sup>

1. 東北大学 理学部、 2. 宇宙科学研究所

### Relationship between Proton Auroras and Torch Structures

・Y. Takahashi<sup>1</sup>, H. Fukunishi<sup>1</sup>, T. Mukai<sup>2</sup>

1. Faculty of Science, Tohoku University  
2. Institute of Space and Astronautical Science

Using the all-sky image data of proton auroras (H $\beta$  emissions) obtained with a multicolor all-sky imaging system at Syowa station, we have investigated the relationship between proton auroras and eastward moving torch ( $\Omega$  band) structures which are sometimes seen in the midnight and morning sectors. We found 11 events of torch structures on 9 nights during the interval of May 1992 to September 1992. These events can be classified into 3 types; Type 1: Proton auroras and torch structures are enhanced in almost the same region. Type 2: Proton auroras are mainly enhanced in the region between torches ( $\Omega$  bands) and partially overlap the westside torch. Type 3: Proton auroras show no changes in brightness and shape when torches move eastward. It is found that Type 1 events are observed before 2h MLT while Type 2 events after 3h MLT. Type 3 events are seen only on magnetically quiet days.

我々は、南極昭和基地でMAISを使って得られたプロトンオーロラ(H $\beta$ )と、SITカメラによる電子オーロラの全天画像を用い、プロトンオーロラと東向きに移動するトーチ構造(オメガバンド)の関係を調べている。1992年5月から9月の観測期間(29夜)に計11回(9夜)顕著なトーチ構造が観測された。それらはプロトンオーロラとの関係に注目すると、次の3つのタイプに分けることができる。タイプ1:プロトンオーロラはトーチとほぼ同じ領域で増光する

(Figure 1a.)、(5例)

タイプ2:プロトンオーロラはトーチとトーチの間(オメガバンドに囲まれた領域)で明るいが、発光領域はそのすぐ西側のトーチの一部と重なっている(Figure 1b.)、(3例)

タイプ3:トーチの通過に伴うプロトンオーロラの光度および形状の変化はない、(3例)

タイプ3は磁場の擾乱が比較的小さい静穏な日に観測される。地磁気活動度の高い日は、タイプ1またはタイプ2が観測される。タイプ1は2h(MLT)以前に、タイプ2は3h(MLT)以降にのみ見られることから、タイプ1が東向きに移動しながら2-3hにタイプ2に時間発展することが推測される。

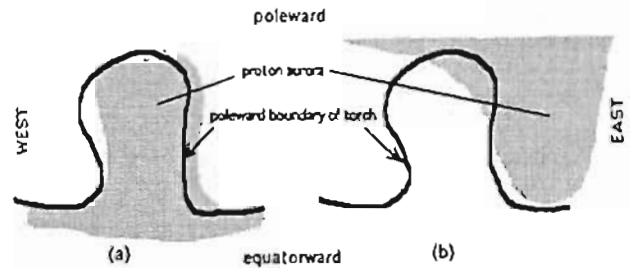


Fig. 1 Schematic figure indicating the relationship between proton auroras (hatched region) and torch structures ( $\Omega$  bands). (a) Type 1: The proton aurora region almost coincides with the torch structure. (b) Type 2: The proton aurora shows enhancement in a region between the torches with an overlap in the eastward portion of the torch structure.

A22-P69 Magnetospheric particle simulation in a large magnetic storm : Production of a 'low latitude' aurora

°H. Miyaoka and M. Ejiri  
(National Institute of Polar Research)

The previous analysis of DMSP satellite data has revealed that a 'low latitude' aurora appeared on October 21, 1989 was produced by the enhanced low energy (10eV-1keV) electrons precipitating at the equatorward boundary of auroral oval which had expanded extremely lower latitude during the main phase of a large magnetic storm [Miyaoka et al., 1993]. The next puzzle to be explained was what kind of physical processes contributed to this selective low energy electron precipitations at the equatorward boundary of auroral oval To examine a promising scenario shown in Fig.1 for this extraordinary intense 630nm-dominant aurora, a magnetospheric particle simulation was applied to the storm/substorm event with an improved energetic particle tracing code including;

- multiple particle energies,
- multiple particle pitch angles,
- time varying convection electric fields,
- cold plasma distribution (plasmasphere).

The dynamical behavior of energetic electrons and ions has been successfully simulated in a realistic storm/substorm electric field model estimated from solar wind and geomagnetic parameters .

Main outcome of the simulation are;

- (1) a front of injected electrons reached around at L=2 in the inner magnetosphere from pre-midnight to dawnside as a storm progressed,
- (2) a local injection from a substorm current disruption was possible to cause the localized auroral breakup in the pre-midnight sector,
- (3) strong pitch angle anisotropy was found in the vicinity of a boundary region between the injected particles and the plasmasphere. The wave-particle interaction caused by this anisotropy is considered as the most primary mechanism for the massive and selective

precipitation of low energy electrons in the 'low latitude' aurora on Oct. 21, 1989.

Miyaoka et al., JEAPS Joint Meeting, 141-02, 1993

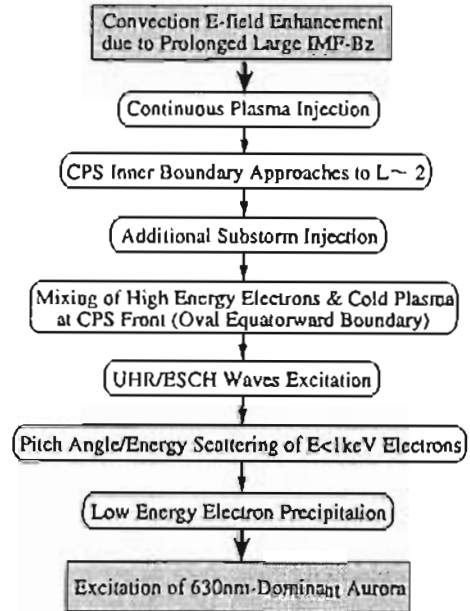


Fig.1 A scenario for 'low latitude' aurora production

A22-P70

オーロラサブストーム時の  
CNA領域の運動の共役性

- ・ 藤田 裕一(1) 山岸 久雄(2)
- 行松 彰(2) 佐藤 夏雄(2)
- 芳野 樹夫(1)
- 1 電気通信大学 2 国立極地研究所

Conjugacy of dynamic behavior of CNA associated with auroral substorms

Yuiti Fujita(1) Hisao Yamagishi(2)  
Akira Yukimatu(2) Natsuo Sato(2)  
Takeo Yoshino(1)

- 1 The University of Electro-Communications
- 2 National Institute of Polar Research

The shapes and motion of CNA(Cosmic Noise Absorption)can be obtained by imaging riometers. The conjugacy of CNA phenomena associated with auroral substorms are analyzed using the data of imaging riometers observed at Syowa in Antarctica and Tjornes in Iceland from MAY 1992 to APR 1993.

地磁気共役点では、南北両半球で同じような宇宙電波雑音吸収(CNA)現象が観測されると考えられている。したがって、両共役点付近の観測点で同じような吸収現象が観測されれば、その時期における共役点の正確な位置を観測から求めることができる。イメージングリオメータは吸収量の2次元分布を観測しているため、観測点間で吸収域の形や動きの比較ができる。また、数10MHzの電波を使うため、天気によらず日中でも、観測を継続できる利点がある。昭和基地では1992年から、その共役点に近いアイスランドのチャルネスでは1990年から、8x8要素のイメージングリオメータが設置され、観測を行っている。

今回は、1992年5月から1993年4月までの1年間のデータを用い、吸収域の形と動きに注目して、オーロラサブストームに伴うCNA現象の共役性を調べる。地磁気変化の

開始とともに両共役点付近で類似した吸収域がみられるが、短時間のうちに類似性が崩れる場合があることがわかってきている。図1はその一例であり、1993年2月18日2030-2130UTの地磁気擾乱(図2)に伴う両半球のCNAを示している。2058UTの地磁気擾乱の始まりと共に両半球で吸収域が種方向に移動しているが、2017UTには北半球側だけに吸収域がみられる。

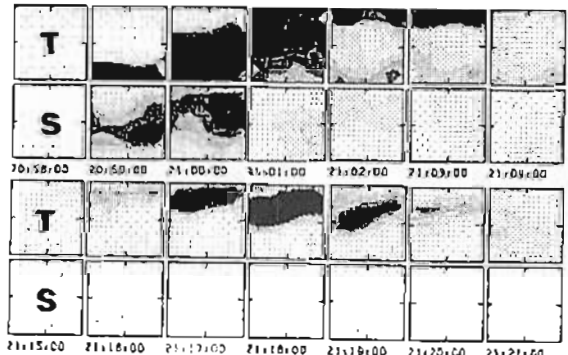


図1a(上) 1993/2/18 2058-2104UT のCNA画像  
図1b(下) 1993/2/18 2115-2121UT のCNA画像  
Tチャルネス、S昭和 上が高緯度側 右が東側

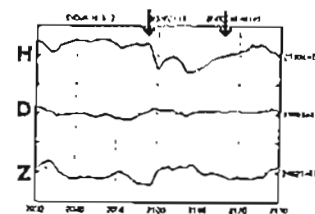


図2 1993/2/18 2030-2130UT の地磁気変化(昭和基地) 500[nT/div]

## A22-P71 電離層吸収測定のための 静穏日変化の特性

岩崎 伸幸 西野 正徳 田中 義人  
(名古屋大学 太陽地球環境研究所)

### Characteristics of quiet-day variations for measurements of ionospheric absorption

N.Iwasaki M.Nishinino Y.Tanaka  
(STEL, NAGOYA UNIV.)

On observation of imaging riometer, it is necessary to determine accurately the quiet day curve(QDC). We study about seasonal variations of QDC using data obtained at Ny-Alesund(invariant lat. 75.4°) from September,1991 to May,1993.

銀河電波雑音を受信し、オーロラ粒子降下による電離層吸収現象(CNA)を二次元的に観測する装置をイメージングリオメータと呼んでいる。

観測された銀河電波雑音の時間変化よりCNA現象を抽出するには粒子の降下がない静穏状態時の吸収量の日変化(QDC)を正確に求めることが必要である。また、CNAをリアルタイムで観測するためにその月日のQDCを確立しておくなければならない。本研究は各月のQDCを正確に確立するため、QDCの季節変化特性の解明を目的としている。

今回はノルウェーのNy-Alesund(地磁気緯度75.4°)で1991年9月から1993年5月までに観測された銀河電波強度のデータを用いている。使用されたイメージングリオメータは天空±45°の範囲で東西8方向南北8方向、計64方向から入射する銀河電波の強度観測が可能である。

QDCデータは、約一か月分の観測データを恒星時に関して重ね合わせて一定時間間隔の強度のヒストグラムを求め、そのピークの強度よりも強い方の変曲点を静穏時レベルとしてプロットしていく方法(変曲点法)で月ごとに作成した。

図1は北から6番目、東から7番目(N6E7)の方向のQDCを4ヶ月分重ねて表示したものである。JAN(冬)とJUL(夏)で約0.4dBの差がみられる。このことは、この観測法が通常約0.1dB以上の現象抽出を目的としているので、現象が起こった日以外の月に作成されたQDCをバックグラウンドとして用いることができないことを示している。図2は同方向で1991年12月を基準としたときの各月との差を示したものである。また、図3はその平均値を相対的に、月を横軸

にとって示したものである。この2つの図によると、12月付近でレベルが最も高く、6月付近では最も低くなっているが、このような特徴は方向に関わらず全般的に表れている。しかし、最高値と最低値の幅は方向により若干異なっている。また、図2に注目すると7月の方は1月との差が一定ではなく時間的に変化しているのが分かる。このことは、QDCの季節変化が日照時間や太陽天頂角に大きく依存していることを示している。これらの変化を定量的に説明することが今後の検討課題である。

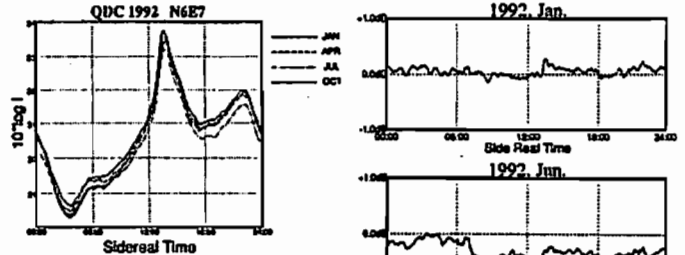


図1 N6E7方向のQDC(1月、4月、7月、10月)

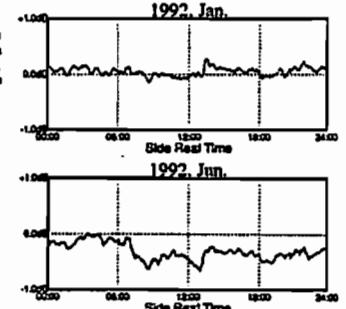


図2 N6E7方向の1991年12月を基準としたときの1月と7月との差



図3 QDCの平均レベルの月変化(N6E7方向)

## A22-P72 カスプ/クレフト域における 電離層吸収とオーロラの対応

西野正徳<sup>1</sup> 田中義人<sup>1</sup> 林 幹治<sup>2</sup> 巻田和男<sup>3</sup>  
J. A. Holtet<sup>4</sup>

1:名古屋大学太陽地球環境研究所 2:東京大学理学部  
3:拓殖大学工学部 4:オスロ大学

### Comparison between Ionospheric Absorptions and Auroras in the Polar Cap/Cleft

M. Nishino<sup>1</sup>, Y. Tanaka<sup>1</sup>, K. Hayashi<sup>2</sup>, K. Makita<sup>3</sup>  
and J.A. Holtet<sup>4</sup>

1:STEL Nagoya Univ. 2:Univ. Tokyo 3:Takushoku Univ.  
4:Univ. Oslo

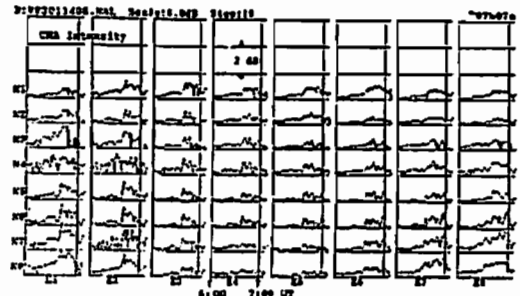
Ionospheric absorptions observed by the imaging riometer and simultaneous auroras observed by all sky TV at Ny-Alesund(invariant lat., 75.4°) are compared with regards to dayside events around the magnetic noon. The auroral intensity in a small area of the field of view is analyzed in detail by computer-aid image analysis system.

昨年秋の学会でニールスン基地(75.4°MLAT, L=16)で観測されたイメージングリオメータ(30MHz)による昼間側電離層吸収とオーロラ全天カメラによるオーロラ画像の比較を行いその特性を記した。しかしオーロラ画像の質の不良のため、その対応を明確にすることはできなかった。今回は、高性能なオーロラ画像計測システムを用いて詳細に解析し、また、630.0nm, 557.7nmのフォトメ

タ及び磁場データを用いて解析した結果を示す。

電離層吸収データは1993年1月14日のPre-noon及び1月13日のPost-noonの時間帯である。電離層吸収量は0.5~1.5dBの範囲であり、吸収の領域、強度変動は557.7nmのオーロラの発光領域、強度変動とはほぼ一致する。この事実はイメージングリオメータが、夜側のサブストームにともなわれた強いオーロラ電子降下(数keVのエネルギー)の検出のみならず、昼間側カスプ/クレフト領域におけるオーロラ電子降下の検出にも十分有用であることを証明している。しかしオーロラの強度は強いが発光時間の短い動きの早いオーロラに対しては電離層吸収が観測されない例もあった。この理由はイメージングリオメータのアンテナビーム幅が狭い(半値幅13度)ため、短時間では、電離層吸収と同定するほどの電子フラックスを検出していないと考えられる。講演では上記現象の解析結果の比較を示す。

### JAN 14 1993, NAL





A会場

10月21日(金) 午前

# 磁気圏構造 1

## Magnetosphere 1

oral: A41-01~04

poster: A41-P33~P39

座長

樋口知之 (統計数理研)

藤本正樹 (名大理)



Structure of the Polar Cap  
and Magnetosphere  
Depending on the IMF Orientation

Tatsuki Ogino

Solar-Terrestrial Environment Laboratory,  
Nagoya University

Orientation of the interplanetary magnetic field (IMF) is considered to have an important effect on structure of the polar cap and the magnetosphere. The polar cap, namely the open field region shrinks for northward IMF and expands for southward IMF. It shows a remarkable dawn-dusk asymmetry for dawnward or duskward IMF. Moreover the plasma sheet is inclined in the tail cross section and a plasma flow across the noon-midnight meridian generates in the magnetotail. We have studied the characteristic features and the causes of the asymmetry from a 3-dimensional global MHD simulation of interaction between the solar wind and the earth's magnetosphere.

As the IMF rotates from northward ( $\theta = 90^\circ$ ), dawnward ( $180^\circ$ ) to southward ( $270^\circ$ ), the merging region moves from the magnetopause behind the cusp, northern dawn magnetopause to subsolar point in the northern hemisphere. The plasma sheet rises on the dawn side and de-

scends on the dusk side from the equator for dawnward and northward IMF. The plasma sheet is rather thick and the dawnward convection generates in the northern lobe due to decrease of the magnetic pressure in the region of high latitude tail reconnection. For the sake of existence of IMF By component the reconnected field lines are open, that is, the one edge is connected with the earth's ionosphere however the other edge extends to the interplanetary space.

The plasma sheet still rises on the dawn side and descends on the dusk side from the equator for dawnward and southward IMF, however it becomes thin by the enhanced lobe magnetic pressure. The dawnward and equatorward convection again generates in the northern lobe due to the added magnetic flux in the northern dusk hemisphere. The near-earth neutral line is formed at  $x = -15R_E$  and a strong earthward flow generates on the earth side of the neutral line. And a helical plasmoid is ejected down the tail.

The existence of a IMF By component looks like making the tail configuration unstable. That is, the magnetic field highly fluctuates and the plasma pressure easily separates several lumps. Moreover, a strong IMF By component creates a remarkable dawn-dusk asymmetry in the polar cap and magnetotail. That is, the dawnward flow in the northern lobe is intensified for dawnward IMF, which enhances the transport of the plasma source and the magnetic flux from frank magnetopause to the central plasma sheet. On the contrary a duskward flow appears in the southern lobe.

Computer Simulation of Ring Current  
Proton Nose Formation

M. Ejiri (NIPR), N. Takamura<sup>o</sup>, F. Tohyama (Tokai Univ.)  
and H. Miyaoka (NIPR)

The early observations by Explorer 45 revealed the characteristic E-t spectrum of energetic ions, called as "nose structures". Ejiri [1978] explained some of those characteristics though he used a single particle simulation. We have developed a computer simulation code which calculates a differential energy flux vs energy along particle trajectories, and re-examined the observed characteristics for both ions and electrons.

Here we summarize the previous study of the nose characteristics. A typical spectrogram of  $90^\circ$  electrons and ions in the dusk side magnetosphere is shown in Fig.1, which gives pertinent features of the events: (1) nose structure begins at lower L values with flux increase in the energy range 15-25 keV; (2) the flux increase spreads to both higher and lower energies at larger L values; (3) nose structure always extends into the plasmopause; (4) for particles with energies less than 20-30 keV the large pitch angle particles are detected at lower L value positions than the small pitch angle particles; the difference in position increases with time; (5) there is a large rapid flux increase in the 1- to 50-keV electrons at larger radial distances than the nose structure and a simultaneous increase of 1- to 2-keV ions.

By examining the successive nose structures, the following features emerge: (1) when a nose event appears in the outbound orbit, a nose structure will usually appear in the inbound orbit also; (2) nose edge energies at earlier local times are higher than those at later local times at later universal times.

The basic simulation scheme is identical to those of the particle injection model which was presented at the previous JEAPS Joint Meeting [Ejiri, 1994]. But, this time, we have made a version-up of the simulation code which gives a particle differential energy flux (particles/cm<sup>2</sup>·s·sr·keV) vs energy for a given pitch angle at the

specified position (L value and MLT) and time (UT) in the equatorial magnetosphere.

One example of the results is shown in Fig.2 for an energy distribution function of a proton differential energy flux with a pitch angle of  $45^\circ$ .

The nose with its edge energy of about 30 keV is first appeared at  $L=3.5$ . The upper and lower energy boundaries are increasing and decreasing respectively, with the increase of L value. At larger L value ( $L=5$  for example) the lower energy band (its energy being around 0.6 keV) is appeared. Other characteristics which can be explained by this simulation are also presented.

Ejiri, M., JGR, **83**, 4798-4810, 1978  
Ejiri et al., JGR, **85**, 653-663, 1980  
Ejiri et al, JEAPS Joint Meeting, J41-10, 1994

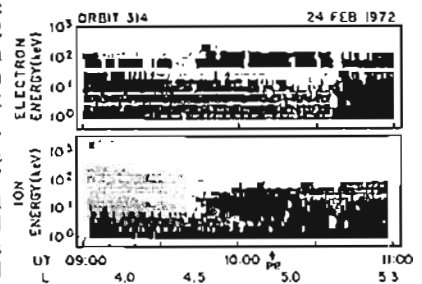


Fig.1 Ion and electron energy spectrograms for Explorer 45 orbit. The grey shading is a measure of the flux (particles/cm<sup>2</sup>·s·sr·keV) after Ejiri et al (1980).

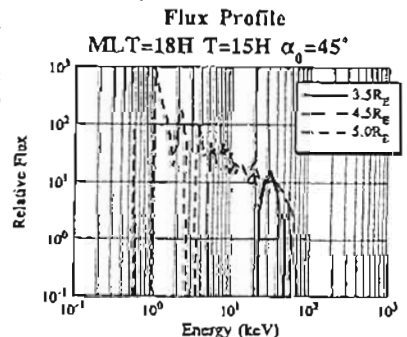


Fig.2 Proton differential energy flux distributions at  $L=3.5, 4.5$  and  $5.0$  for the event of Feb. 13, 1972 (15 UT).

Dependence of the Magnetopause Kelvin-Helmholtz Instability on the Orientation of the Magnetosheath Magnetic Field

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

By taking account of an observed fact that the unperturbed magnetosheath magnetic field rotates across the magnetopause and becomes a northward magnetic field in the magnetosphere, the dependence of the magnetopause K-H instability on the orientation of the magnetosheath magnetic field has been investigated by a 2-D MHD simulation. Simulation results show that the growth rate of the K-H instability and the thickness of the velocity boundary layer, generated by the K-H instability, inside the magnetopause, are larger when the magnetosheath Bz is northward. Relevance of the simulation results to observations will be discussed.

昼間側マグネトポーズでの磁気再結合はIMFが南向きの時のほうが起こりやすいことは良く知られているが、マグネトポーズでの速度シアによって助起され、運動量輸送(粘性的相互作用)の一つの重要な機構と考えられるK-H不安定が、どのようにマグネトシース中の磁場の向きに依存するかは明らかでなく、暗黙の内にK-H不安定はIMFの向きには依存しないと考えられてきた。然しながら、流れに平行な磁場はK-H不安定の安定化に働き、垂直な磁場は安定化に働かないことを考慮に入れるとK-H不安定もマグネトシースの0次の磁場の向きに依存することが予想される。

昼間側マグネトポーズの観測によれば(Sonnerup and Ledley, 1979)、マグネトシース中の0次の磁場は連続的に回転して磁気圏内の北向きの磁場に遷移する。この事実を考慮に入れた2次元のMHDシミュレーションにより、マグネトシース中の0次の磁場が北向きの時の方が南向きの時よりもK-H不安定の線形成長率は大きく、K-H不安定によってマグネトポーズの内側に生ずる速度境界層の幅も厚いことが明らかとなった(図1)。これはマグネトシース中の0次の磁場が南向きの時には、磁場の回転によって流れに平行な磁場ができ、この磁場がK-H不安定の安定化に働くためである。

シミュレーションによって得られた結果は、マグネトシース中の磁場が北向きの時の方が低緯度磁気圏境界層(LLBL)の厚さは厚い

(Mitchell et al., 1987)という観測結果と、LLBL内の磁気圏尾に向かうE×Bの流れに対応するポテンシャル登が北向きの時の方が大きい(Reiff and Lubmann, 1986)という観測結果をうまく説明しうる。この事実はLLBLがマグネトポーズのK-H不安定によって広げられることを示唆し、K-H不安定がLLBL内の磁気圏尾に向かう流れの主要な成因であることを示唆する。図2はローカルなシミュレーション結果(Miura, 1992)に基づいて得られたK-H不安定の赤道面内でのグローバルな描像であり、マグネトシースの磁場が強い北向きの時にはこのような描像が卓越すると予想される。境界でのK-H不安定に関連するとと思われる他の物理現象のIMFのBz依存性との関係についても触れる予定である。

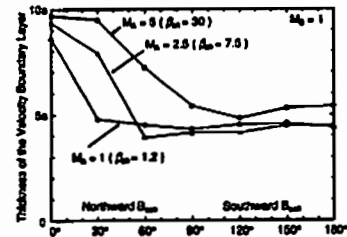


図1. 速度境界層の幅のマグネトシース中の磁場の向きに対する依存性。

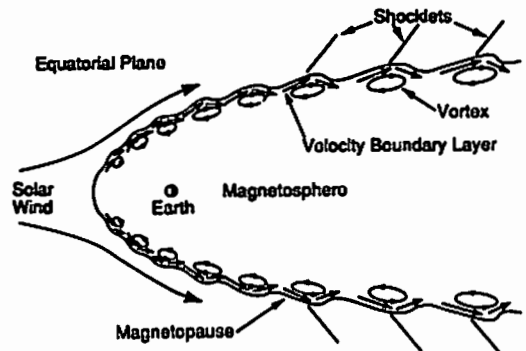


図2. Miura (1992) のローカルなシミュレーションに基づく、赤道面内でのグローバルなK-H不安定の描像。矢印は流れの向きを表す。

とんど役に立たなかった。1979年にEfron[2]によって提案されたBootstrap法[2,3]は、このような従来理論や数式に基づいた解析的アプローチが難しかった問題に対して、解析的導出を計算機を用いた大量反復計算で置き換えることで接近する方法である[8]。本発表では、MVAで吟味される事の多いパラメーター、例えばMinimum Variance方向への平均磁場成分等の推定誤差評価[7]にBootstrap法を応用する事を提案し、同時にその結果を示す[5]。

参考文献

- [1] Anderson, T. W., *An introduction to multivariate statistical analysis*, John Wiley & Sons, New York, 1958.
- [2] Efron, B., Bootstrap methods: Another look at the jackknife. *Annals of Statistics*, 7, 1-26, 1979.
- [3] Efron, B., and R. J. Tibshirani, *An introduction to the bootstrap*. Chapman & Hall, New York, 1993.
- [4] Hotelling, H., Analysis of a complex of statistical variables into principal components, *Journal of Educational Psychology*, 24, 417-441 and 498-520, 1933.
- [5] Kawano, H., and T. Higuchi, The Bootstrap method for the minimum variance errors in space physics, submitted to *GRL*, 1994.
- [6] Sonnerup, B. U. O., and L. J. Cahill Jr., Magnetopause structure and altitude from Explorer-12 observations, *JGR*, 72, 171-183, 1967.
- [7] Sonnerup, B. U. O., Magnetopause structure during the magnetic storm of September 24, 1961, *JGR*, 76, 6717-6735, 1971.
- [8] Kubokawa, T., S. Eguchi, A. Takemura, and S. Konishi, Recent developments of the theory of statistical inference. *Journal of Japan Statistical Society*, 22, No.3, 257-312, 1993 (in Japanese with English Abstract).

Minimum Variance Analysis の推定誤差評価への Bootstrap 法の応用

樋口 知之 (統計数理研)

河野 英昭 (IGPP, UCLA, USA)

The Bootstrap Method for the Minimum Variance Errors

T. Higuchi (Institute of Statistical Mathematics)

H. Kawano (IGPP, UCLA, USA)

The minimum variance analysis technique is a useful tool in space physics. However the statistical errors appearing in this method is difficult to estimate accurately because of the complicated form of the eigenvalue decomposition. To deal with this problem, we apply the bootstrap method to the estimation of the statistical errors in the minimum variance direction and the average component in the minimum variance direction, and show that this method accurately estimate the errors.

Minimum Variance Analysis(MVA)[6]は、Space Physics Data 解析において頻繁に用いられる解析技法であるが、実は統計の多変量解析の重要な手法の一つである主成分分析[1,4]と全く同じである。主成分分析で得られた推定結果の誤差評価の研究は、そのほとんどが、データ分布が正規分布であるという仮定のもとで行われてきた。従って、現実にはMVAが適用される状況—少数サンプル・非ガウス性のノイズの存在—においては、統計学で得られる諸結果はほ

火星探査機 PLANET-B 搭載用  
静電分析器の開発 (2)

伊藤 容生<sup>1</sup>、町田 忍<sup>1</sup>、齋藤 義文<sup>2</sup>、早川 基<sup>3</sup>  
向井 利典<sup>2</sup>、三宅 互<sup>3</sup>

1. 京都大学理学部 2. 宇宙科学研究所 3. 通信総合研究所

Development of Electrostatic Analyzers  
Onboard Mars Mission PLANET-B (2)

Itô Yasuo<sup>1</sup>, Machida Shinobu<sup>1</sup>, Saito Yoshifumi<sup>2</sup>, Hayakawa Hajime<sup>2</sup>,  
Mukai Toshifumi<sup>2</sup>, and Miyake Wataru<sup>3</sup>

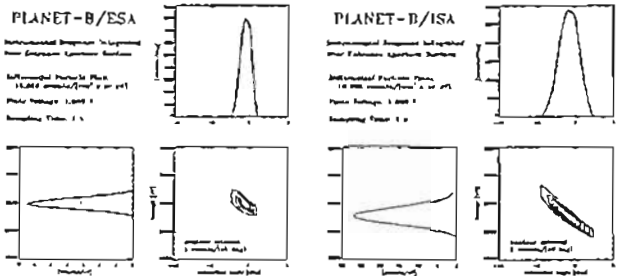
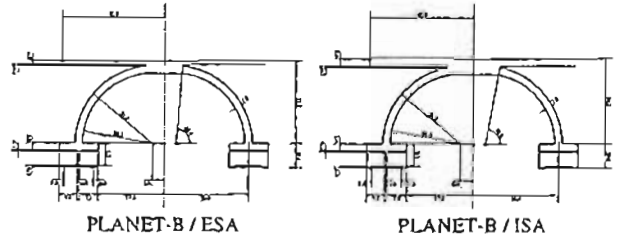
1. Kyoto Univ. 2. ISAS 3. CRL

We have developed new type electrostatic energy analyzers for Mars mission PLANET-B, and it is in the final stage of sensor designing. In order to investigate the Martian plasma environment, PLANET-B will carry two electrostatic analyzers: Electron Spectrum Analyzer (ESA) and Ion Spectrum Analyzer (ISA). With these instruments we shall measure accurate three-dimensional phase space density of low-energy charged particles over the energy-per-charge range of several eV/Q up to ~20 keV/Q for both ESA and ISA. Thus, the instruments are required to have high performance with regard to energy resolution, angular resolution of incident particles and time resolution. To satisfy all those demands, however, is difficult because there are constraints of the instrumental resources, in particular volume and weight budget is quite restricted.

To optimize the instrumental capability under given constraints, we employ toroidal top-hat electrostatic analyzers since a toroidal top-hat analyzer is superior to a spherical one by virtue of a large g-factor, focusing condition, energy-angle response, weight etc. In addition a top-hat analyzer has intrinsically 2π radian field of view, and can sweep 4π steradian solid-angle in a half spin of the spacecraft. Using numerical ray-tracing methods, we have surveyed the instrumental response

of the toroidal top-hat analyzers, and have found the preferable designs for ESA and ISA. Moreover, the same design for ISA is employed for the electron experiment of sounding rocket S-520-21 which will be launched on November, 1994.

In this paper, we will present instrumental response obtained by numerical calculations for ESA and ISA including their optimum designs, and also report on the results of the calibration experiments for S-520-21 sounding rocket.



太陽風速度の変動に対する  
地球磁気圏の応答

横塚 和征 佐野 竜樹 (名古屋大学 太陽地球環境研究所)

Response of the earth's magnetosphere  
due to variation of the solar wind velocity

K. Sakakibara T. Ogino  
(Solar Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University)

<Abstract>

We have studied the response of the earth's magnetosphere by using 3-dimensional MHD model, when the solar wind increase or decrease. Increase of the solar wind velocity impinges the dayside magnetopause and intensifies the energy flux in the midnight region of polar cap.

1. はじめに

地球磁気圏の擾乱の原因の一つとして太陽風のプラズマ速度の変動が重要であるとされている。惑星空間磁場 (IMF) を伴って地球方向に流れて来た太陽風のプラズマ速度の変動に対する地球磁気圏の応答を、超並列計算機 (ADENART: 松下電器株式会社製) を用いた3次元の電磁流体力学的 (MHD) シミュレーションにより調べた。

2. シミュレーションモデル

シミュレーションモデルの座標系は、太陽方向をX軸正、夕方方向をY軸正、北極方向をZ軸とし、磁気軸をZ軸にとり、MHD方程式をmodified leap-frog法を用いて初期値境界値問題として解いた。90R<sub>e</sub> × 60R<sub>e</sub> × 60R<sub>e</sub>のシミュレーション領域においてIMFの大きさ B<sub>r</sub> = 0nT、プラズマ速度300km/sの太陽風を180分間流した後、プラズマ速度が1.5倍に増大、即ち450km/sに変化した場合について、それぞれIMFの大きさがB<sub>r</sub> = ±5, 0nTという条件下で計算を行なった。

メッシュサイズはΔX = ΔY = ΔZ = 0.5R<sub>e</sub>とし、時間ステップはΔt

はプラズマ速度の変化直後の応答を詳しく見るために、Δt = 0.084s ~ 0.250sと選択した。

3. シミュレーション結果

一例としてIMFの大きさはB<sub>r</sub> = 0nTのまま、プラズマ速度が300km/sから450km/sに変化する直前と、変化してから15分後のシミュレーション結果を(図1)に示す。

プラズマ速度の増加により磁気圏境界が押しつけられ、エネルギー束 (Energy Flux) も特に夜側で増加しているのが見られる。特に増加後15分間は、過激的に磁気圏尾部のプラズマ圧力や速度が著しく増大している。

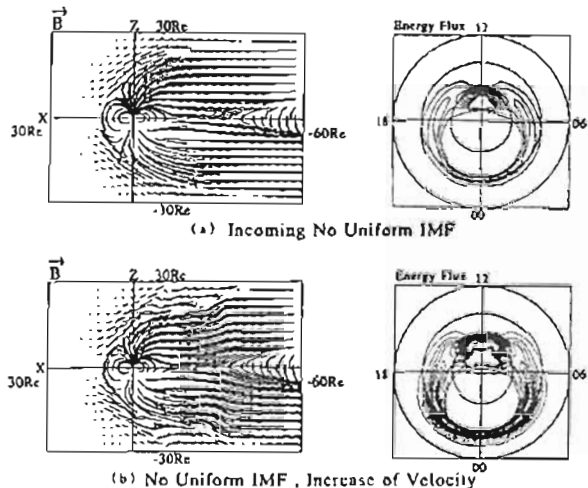


図1 地球磁気圏の磁場構造 (X-Z断面図) と Energy Flux 分布 (極冠投影図)  
(a) V = 300 km/s, B<sub>r</sub> = 0 nTの太陽風を流してから180分後 (変化直前)  
(b) V = 450 km/sに増加してから15分後

A41-P35 The Dependence of Magnetospheric Currents on the Dipole Tilt Angle

° KUSAKA Hiraku<sup>1</sup>, IJIMA Takesi<sup>1</sup>,  
POTEMRA, J.A.<sup>2</sup>, ZANETTI, L.J.<sup>2</sup>,  
and OHTANI Shin-Ichi<sup>2</sup>

1. Department of Earth and Planetary Physics, Graduate School of Science, The University of Tokyo
2. Applied Physics Laboratory, The Johns Hopkins University

We have determined characteristics of near-earth near equatorial magnetospheric currents from  $L = 4.5 - 8.5RE$  using the AMPTE/CCE vector magnetic field data during years of 1984 - 1988. We have already reported them that were obtained in both geomagnetically quiet periods ( $|AL| < 100nT$ ) and active periods ( $|AL| > 100nT$ ) when the dipole tilt angle  $T$  was in medium range (i.e.  $12^\circ < T < 24^\circ$ ). The main purpose of our present study is to determine magnetospheric currents during periods of small dipole tilt angle ( $0^\circ < T < 12^\circ$ ) and compare them to the previous results. Characteristics determined here include the following: (1) Neutral sheet changes its position by dipole tilt angles, dramatically on the nightside

and scarcely on the dayside. Its vertical change is up to  $\sim 0.5RE$  on the nightside and is at most  $\sim 0.2RE$  on the dayside. (2) Equatorial currents of radial and azimuthal components flowing between  $z = -0.5RE$  and  $z = 0.5RE$  have nearly the same intensities during both ranges of small and medium dipole tilt angle. This suggests that the equatorial current is thicker than  $\sim 1RE$ . (3) Plasma pressure distribution inferred from  $j \times B$  has shown the existence of two peaks. One is located near 2100MLT in both quiet and active geomagnetic conditions. The other is on the dayside, located  $\sim 1200MLT$  in quiet periods and  $\sim 0900MLT$  in active periods. Two pressure peaks persist during both ranges of small and medium dipole tilt angle.

A41-P36 「あけぼの」によって観測された極冠域に於ける熱的下降イオン

Down-going Thermal Plasma in the Polar Cap Region Measured by Akebono Satellite

° Shigeaki Watanabe<sup>1</sup>, Eiich Sagawa<sup>1</sup>, Iwao Iwamoto<sup>1</sup>, Brian A. Whalen<sup>2</sup>, Andrew W. Yau<sup>2</sup>, Toshifumi Mukai<sup>3</sup>, Hajime Hayakawa<sup>3</sup>

- 1: Communications Research Laboratory, Tokyo, Japan
- 2: Herzberg Institute of Astrophysics, N. R. C. C. Ottawa, Canada
- 3: Institute of Space and Astronautical Science, Sagamiherashi, Japan

Abstract

Precipitating suprathermal ( $E > 25$  eV) mass per unit charge  $M/Q = 2$  ( $He^{++}$ ) ions are normally near or below the detection threshold of the Suprathermal Ion Mass Spectrometer (SMS) on the Akebono spacecraft. However, at times large fluxes are observed near the polar cusp when the Interplanetary Magnetic Field (IMF) has a large southward component. We present comparisons between the IMP-8 IMF observations and the Akebono Low Energy Particle (LEP) detector, Electric Field Detector (EFD) and SMS which suggest that the IMF direction controls the degree to which solar wind alpha particles penetrate the magnetosphere. It is also shown that suprathermal  $He^{++}$  ion precipitation appears over a much wider latitudinal region than keV ions and at times covers a substantial fraction of the polar cap. These observations are interpreted in terms of time-of-flight dispersion associated with the combined effects of convection and low field aligned velocities of the  $He^{++}$  ions.

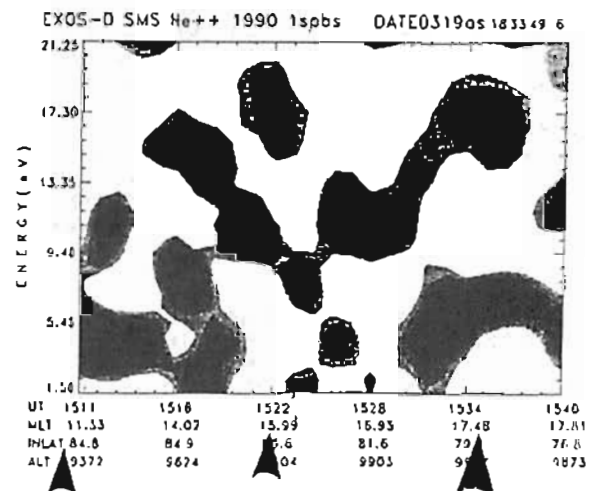
太陽風起源の熱的イオンの振る舞いを EXOS-D に搭載した熱的イオン質量分析器 SMS によって観測した。太陽風は侵入熱的イオンをコントロールする。LEP による太陽風速度イオン (平均 300-400 km/秒。数 keV) に比べ、出現領域はほぼ昼側極冠全域にわたっている。尚、カスプから EXOS-D までの距離を 10-15 Re 程度とすれば、熱的イオンは減速無しの場合約 30 分以内はそれ以上貫く。又、地上の 1 S レーダー等では磁分対流のパターンが変化する。これらが時定数となる。太陽風がこれ以上大

きな変化が無い定常状態の時には、LEP の低エネルギー部に熱的イオンが出現する。熱的イオンの分散図も単純速度フィルタで説明出来る。実際の太陽風は一様でない場合が多い。

- しかし、一般的に  $He^{++}$  のエネルギー時間分散パターンの傾向は
- \* 速度ベクトル変化の激しい所でパターンは極大、極小値をとる場合が多い。特に極冠境界に近いところでは相対的に低い場合が多い。
- \* MLT が 12 時付近、過ぎでは極大値をとりやすい。
- \* 流れが反太陽方向 ( $IMF: B_z < 0$ ) の時は低い値を採る事が相対的に多い印象が強い。

又、 $He^{++}$  のおおよそのパターンは  $H^+$  のパターンに較べ相対的に高エネルギーにシフトしている時が多いが、必ずしもそうとは言い切れない場合がある。

下図は速度ベクトルが大きく変化している時 (矢印) の様子を示している。



# A41-P37 「あけぼの」 RDMで観測された 磁気嵐に伴う放射線帯粒子の構造変化 (その2)

行松 彰 (国地理)、高木 俊治 (東北大)、伊沢 勉夫 (東京大)、長井 康徳 (東工大)  
岡野 毅 (理化学研)、藤野 文命 (宇宙研)、江尻 全儀 (理化学研)

## Structural Variations of Radiation Belts Associated with Magnetic Storms Observed by RDM aboard AKEBONO (EXOS-D) (2)

Takasato A., Takagi T., Terasawa T., Nagai T., Echino F., Makino M., Ejiri K.  
National Institute of Polar Research  
Geofront Center, Tohoku University  
Geophysical Institute, University of Tokyo  
Earth and Planetary Sciences, Tokyo Institute of Technology  
Institute of Physical and Chemical Research  
Institute of Space and Astronautical Science

Dramatic structural variations of the radiation belt was observed by RDM (Radiation Monitor) instrument aboard AKEBONO (EXOS-D), resulting from arrival of the shock at the Earth on March 24, 1991. We found the formation of the new peak of  $\alpha$ -particle belt just after this SC event as well as those of electron and proton belts. Quite different from new proton/electron belts that remained even after the end of CMEs mission, this new  $\alpha$  belt moved inward and seems to have decayed and/or have been added to the existent  $\alpha$  belt within several days. The formation of new peaks associated with such a large SC event was not a rare case. We can find other several events similar to this kind of phenomenon. We discuss the formation and decay processes of radiation belts.

1991年3月24日のSCイベントに伴って、放射線帯の構造が変化したことがCRRRES衛星の観測により報告されている。高エネルギー電子、陽子の観測で、新しいベルトの形成があったことが示され、従来の観測がなされている。

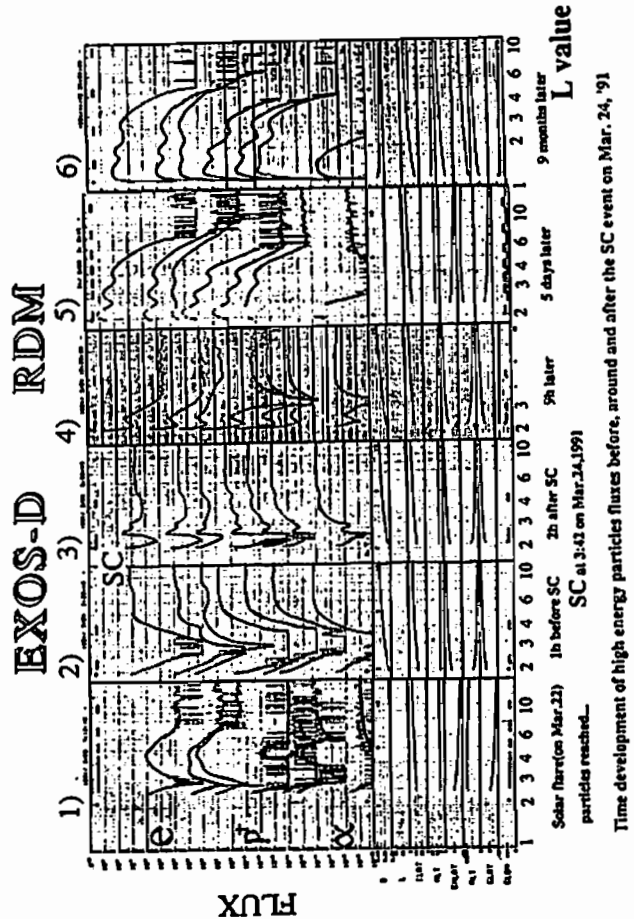
「あけぼの」衛星搭載の放射線モニター、RDM観測器は、高エネルギー粒子検出器 (HPM) 及び半導体の放射線検出器 (RIC) からなっている。今観測も前者、HPMは、高エネルギーの電子 (>0.3MeV)、陽子 (1-12 MeV) 及び、 $\alpha$ 粒子 (11-12 MeV) のフラックスの観測を行っており、「あけぼの」衛星の軌道、高度約 280kmから 1100kmの粒子分布を見ることができ、磁気嵐1度のため、各L殻における粒子変動を測ることが出来る。

3月24日のSCに先立ち、23日に起こった太陽フレア (あるいは起こったと思われるCME) に伴う高エネルギー粒子が23日には磁気圏内に侵入してきていたことが、電子、陽子、 $\alpha$ 粒子の各データに現れている。放射線帯より外側はこれらの粒子で満たされていたものと想われる。この状態は、SC後は減少し乍ら、3月30日頃までは持続していたことがわかる。(右図参照)

SCの後CRRRES衛星で観測された電子及び陽子の新帯は、「あけぼの」RDMでもはっきり捉えられていたことがわかる。この電子、陽子の新帯は、その形成1年以上に亘って、CRRRES衛星に記録した(1991年10月)以降も維持されていたことがわかる。

更に、 $\alpha$ 粒子においても、新帯に似たものが形成されていたことが明らかになった(右図参照)。しかも、放射線帯で観測されていた電子、陽子の新帯とはほぼ同様に長くなっている。この $\alpha$ 粒子の新帯は、SCの直後に放射線帯より外側の粒子分布から分離するように現われ、磁気圏とともに内側に移動してゆき、数日以内に崩壊したか(またはするとともに)、既存の $\alpha$ 粒子のベルトに吸収合併されていったように見えて、これに伴い既存のベルトの分布も変化したものと想われる。この、電子、陽子との大きな相違は、磁気嵐における放射線帯の観測を知る上で、重要な手掛かりを考へるものと思われる。

この1991年3月のSCは非常に大きなものであったが、この様な新帯の形成はごく稀な現象であると考へられていたが、1989年以降の「あけぼの」RDMの観測データから、この他にも同様の現象がいくつか見つかった。これらは高エネルギー太陽粒子の磁気圏侵入及びSCと関連して起こっているが、必ずしも大きなSCであった訳ではなく、またいつでもこの様な現象が見られる訳でもないことから、何が新帯の形成を引き起こすかについては、他の観測データも用いて考察を行う予定である。



# A41-P38 A Pair of Slow Shocks による 粒子の統計的加速 (Monte Carlo Simulation)

○島田 延枝、寺沢 敏夫 (東大)

## Stochastic Acceleration Process at A Pair of Slow Shocks (using Monte Carlo Simulation)

○N. Shimada and T. Terasawa (U. of Tokyo)

We showed that a slow shock is capable to accelerate particles to relatively high energy through stochastic acceleration process (at the last SGPSS spring meeting). These results are now extended to the case of a pair of slow shocks as seen in reconnection region (Fig.1), which is found more effective in accelerating particles than a single slow shock.

前回の SGPSS に於いて、single slow shock によって粒子が統計的にある程度高エネルギーにまで加速されることが示された(衝撃波上流のアルフェン速度を持つ粒子が inject された場合、その10数倍の速度の速度を持った粒子が得られた)。より現実的な議論にする為に、今回これらのシミュレーションを reconnection region に見られるような slow shock pair に拡張した (Fig.1)。直観的にも明らかではあるが slow shock pair を仮定したほうが、加速の効率は良くなり、しかも single shock と遠い下流の散乱条件にあまりよらずに粒子が高エネルギーにまで、加速されることが分かった(上流のアルフェン速度の3.0倍)。但し、上流の散乱の有無は重要な条件であり、断熱性を仮定した理論的取扱いとシミュレーションの両方から、粒子が加速を受けるには上流の散乱は不可欠であることが示されている。Shock angle の大きな衝撃波を考へているため(〜85°)、断熱性は一部を除いて破れており、衝撃波をきるときエネルギー

変化は、粒子の pitch angle のみではなく gyro-phase angle にも依存する結果となっている。

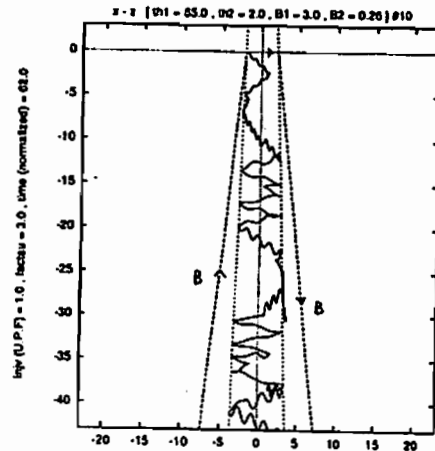


Fig.1 Shock angle  $\Psi_1 = 85^\circ, \Psi_2 \sim 2^\circ$  の対称な slow shock pair 中に上流から inject された粒子の軌道。外側の2本の点線は磁力線を表し、その内側の点線は2枚の slow shock を示している。粒子は、bulk flow に流されながら衝撃波を横切ったり散乱を受けたりし、その度に pitch angle と gyro-phase angle が変化する。粒子のエネルギー変化は、衝撃波をきるとき curvature drift (加速) と gradient B drift (減速) の大小関係によって決まり、上流から下流にぬける粒子は、そのときの pitch angle によって減速、または加速を受け、下流でミラー反射される粒子は常に減速、また下流から上流にぬける粒子は常に加速を受ける。従って、粒子が加速される為には、上流で散乱されて pitch angle や gyro-phase angle が変化を受ける必要がある。

A41-P39

## 2次元電磁ハイブリッドコードによる 磁気再結合の研究

°中林 潤哉 町田 忍 (京大・理)

### A Study of the Magnetic Reconnection Process with the $2\frac{1}{2}$ Dimensional Electromagnetic Hybrid Code Simulation

°J. Nakabayashi S. Machida  
Dept. of Geophysics, Kyoto Univ.

A plasma acceleration mechanism at the substorm onset near the Earth magnetotail was studied. In current MHD models of reconnection process assume a very compact diffusion region and two pair of slow mode shocks which extend from the diffusion region. Particles are accelerated toward downstream of shocks.

In the plasmashet, magnetic field strength is so weak that the Larmor radius of ions reach several hundred kilometers. This value may be large compare to the diffusion region, hence kinetic effects of ions may become important. And the y component of magnetic field frequently observed in plasmoids may be formed by kinetic effects in the reconnection process.

To analyze those processes, we carried out a  $2\frac{1}{2}$  dimensional hybrid code simulation. We added Dawn-to-Dusk electric field to a equilibrium state of the plasmashet solution and assumed anomalous resistivity in

a developed current sheet. We will report time evolutions of our simulation, in particular, concerning a connection between diffusion region and slow mode shocks, as well as generation mechanism of  $B_y$  component.

磁力線再結合過程は地球磁気圏尾部において、蓄積された磁場のエネルギーを開放する役割を果たすものと考えられている。従来知られているMHDモデルでは、Neutral Sheetに極めてコンパクトな拡散領域が生じ磁場のつながり変えが起こり、この領域からSlow Shockが拡大して、Shockの下流に向け粒子を加速する。我々はこの過程を、 $2\frac{1}{2}$ 次元Hybrid Codeによる数値実験を用い解析した。

磁気圏尾部、特に磁力線再結合が起こっていると考えられるPlasma Sheetでは、磁場強度が小さい。そのため、Plasma Sheetにおけるイオンのラーマー半径は数百kmのオーダーに達する。これは極めてコンパクトとされる拡散領域や、その周辺の空間構造のスケールに対し無視できない大きさであり、粒子の運動論的效果が重要となる。また、磁力線再結合の結果生じていると思われるPlasmoidでは、磁場のy成分が観測されているが、その成因は明らかになっていない。

これらの問題を扱うため今回の数値実験に当たっては、静穏時の状態のPlasma SheetにDawn to Dusk方向の外部電場を加え、その結果発達したCurrent Sheetに数値的な異常抵抗を強制的に与えた。本講演では数値実験の結果から、現象の時間発展と共に、イオンの慣性長程度の空間スケールを持つ衝撃波面とコンパクトな拡散領域との結合・磁力線再結合に伴う磁場のy成分の生成過程に関して議論する。



A会場

10月21日(金) 午前

# 磁気圏構造 2 (GEOTAIL)

## Magnetosphere 2 (GEOTAIL)

oral: A41-05~15

poster: A41-P40~P52

座長 樋口知之 (統計数理研)  
藤本正樹 (名大理)



A41-05 Geotail Observations of Reconnection Events at the Dayside Magnetopause

○ M. Nakamura, T. Terasawa, H. Matsui, H. Kawano, M. Hirahara (University of Tokyo), M. Fujimoto (Nagoya University), T. Mukai, Y. Saito, T. Yamamoto, K. Tsunoda, A. Nishida (ISAS), S. Kokubun (STEL, Nagoya University), S. Machida (Kyoto University)

The first reconnection model of the magnetosphere was proposed by Dungey in 1961. In his suggestion, the Earth's dipole magnetic field reconnects with the magnetic field in the solar wind both in the dayside and the nightside of the magnetosphere where the magnetic fields are in anti-parallel directions. Later Levy et al [1964] studied the magnetopause reconnection theoretically in detail. In their study, only a small portion of the incident magnetic flux in the solar wind is reconnected. A rotational discontinuity (RD) is resulted from the reconnection at the magnetopause and the reconnected field lines are transported in north/southward direction with the solar wind due to the  $J \times B$  force where  $J$  is the surface current at the magnetopause.

In early observational studies, the moment data of the plasma instruments were used to check the reconnection theory. Paschmann et al studied the magnetopause reconnection region with ISEE satellites [1979] and showed that the plasma flow velocity is in good agreement with the expected values from the theory, i.e.,  $\vec{V} = V_{\perp} \hat{e}_1 + B / \mu_0$  where  $V_{\perp} = E_{\perp} / B$ ,  $E_{\perp}$  is the tangential component of the electric field, and  $B$  is the normal component of the magnetic field to the magnetopause. Later the ion distribution function observed by ISEE and AMPTE satellites have been studied which also suggest the reconnection at the dayside magnetopause [e.g., Cowly, 1982, Fuseler et al. 1991].

The Geotail spacecraft was launched for the study in the tail region of the magnetosphere in 1992. It has already made magnetopause skimming several times. Especially the dayside magnetopause observation on 25-26 January, 1994 was the first opportunity that the low energy particle data of LEP was available. In this paper, we report the signature of the dayside magnetopause crossings observed by Geotail during this event, focusing on the distribution function observed by LEP.

We use the low energy particle data (LEP), the magnetic field data (MGF) and the electric field data (EFD) on board the Geotail spacecraft in this study. The spacecraft flew along the expected magnetopause and it was inside the magnetosphere until 0326UT and moved outward to the magnetosheath. It returned back into the magnetosphere at 0335UT. This is the first magnetopause crossing event on this date (hereafter event number 1). The second magnetopause crossing event (hereafter event number 2) occurred at 0632 until 0650UT. The Geotail spacecraft moved from the magnetosheath into the magnetosphere, and later moved back to the magnetosheath. The compression

and the expansion of the dayside magnetosphere caused the relative motion of the spacecraft to the magnetopause. On both events, we observed the signature of the reconnection at the magnetopause, but in this report we just concentrate on the second event in which the phenomena is more clearly seen.

Figure 1 shows the plasma and magnetic field data from 0620 to 0700UT. An ion distribution function cut in the equatorial plane at 0651UT is shown in the right top panel. The plasma jet is flowing in the duskward direction. The right bottom panel shows the ion phase space density in the plane shown by the broken line in the right top panel. We see 2 ion components in this plot, i.e., the cold component is the sheath plasma flowing dusk-tailward and the hot component with a low energy cut off at 3keV is the leakage ions originated from the magnetospheric plasma. The level of the lower energy cut off of the leakage ions increases as the spacecraft moves outward (not shown here) and these events are most consistently interpreted in terms of the velocity filter effect.

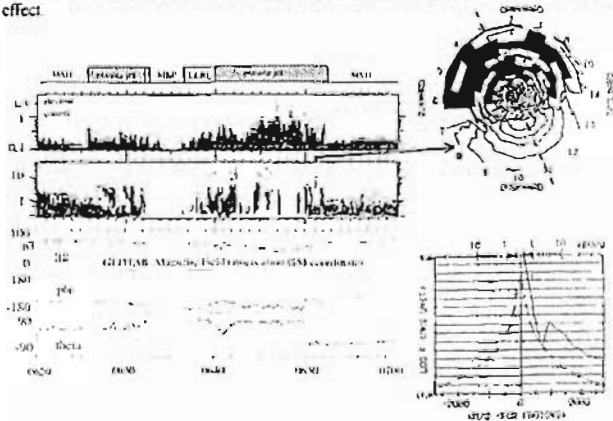


Figure 1 (Left panel) top, tentative region identifications, MSH: Magnetosheath, MSP: Magnetosphere, LLBL: low latitude boundary layer, and the region where the plasma jets are observed (shaded area with oblique lines). Second and third panels: Omnidirectional electron and ion Energy-Time diagram. Bottom three panels: magnetic field magnitude, azimuthal angle ( $\phi$ ) and elevation angle ( $\theta$ ) in SM coordinate. (Right top panel) contour plot of the phase space density in the equatorial plane at 0651UT. (Right bottom panel) phase space density in the plane shown in the broken line in the right top panel. I count level is indicated with the broken line.

A41-06 昼側マゼトポーズで観測されたコーラスエミッションの屈折率およびポインティングフラックスの解析

○八木 聡<sup>1</sup>, 長野 勇<sup>1</sup>, 塩野 隆広<sup>1</sup>, 高井 健<sup>2</sup>, 橋本 弘毅<sup>3</sup>, 松本 健<sup>4</sup>, 小嶋 浩嗣<sup>5</sup>  
A. T. Y. Lui<sup>5</sup>, D. J. Williams<sup>5</sup>

<sup>1</sup>金沢大工 <sup>2</sup>京都産業大 <sup>3</sup>東京電機大 <sup>4</sup>京大超高度  
<sup>5</sup>APL, The Johns Hopkins University

Refractive Indices and Poynting Flux of Chorus Emissions Observed by GEOTAIL at the Dayside Magnetopause

○S. Yagitani<sup>1</sup>, I. Nagano<sup>1</sup>, T. Shiozaki<sup>1</sup>, M. Tsutsui<sup>2</sup>, K. Hashimoto<sup>3</sup>, H. Matsumoto<sup>4</sup>, H. Kojima<sup>4</sup>, A. T. Y. Lui<sup>5</sup>, and D. J. Williams<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Kanazawa University, <sup>2</sup>Kyoto Sangyo University, <sup>3</sup>Tokyo Denki University, <sup>4</sup>ILASC, Kyoto University, <sup>5</sup>APL, The Johns Hopkins University

Five electromagnetic components observed by the Wave Form Capture (WFC) onboard GEOTAIL are correctly calibrated by using a self-calibration function of the Plasma Wave Instrument (PWI). In particular, plasma sheath impedances of two types of electric dipole antennas, wire antenna and probe antennas, can be correctly determined to give refractive indices, k-vector directions, and Poynting flux of electromagnetic waves such as chorus emissions observed during GEOTAIL dayside magnetopause skimming. The 8.7sec observations by the WFC receiver reveals time variation of such parameters for each element of the chorus emissions. We will discuss mainly refractive indices and Poynting flux of the chorus emissions, as well as their propagation characteristics along the dayside magnetopause, comparing those with energetic (>34 keV) electron data obtained by the Energetic Particle and Ion Composition instrument (EPIC).

昼側マゼトポーズにおいて、GEOTAIL 衛星により多数のコーラスエミッションが観測されている。衛星搭載のプラズマ波動観測装置 (PWI) の表示補正受信機 (WFC) を用いると、これらコーラスの電界 2 成分および磁界 3 成分の 10Hz~4kHz の帯域における波形が、8.7 秒間にわたって観測される。

PWI は電界および磁界の観測値を校正するために、いくつかの周波数の方角波を用いたセルフキャリブレーション機能を持っている。この機能を用いると、通常はプラズマシースの存在のために測定が困難な電界アンテナのインピーダンスを精密に求めることができる。これにより、WFC 観測波形に対する電界の絶対値が求まり、コーラスエミッションの屈折率、kベクトルおよびポインティングフラックスを精密に評価することが可能となる。

図 1 に、1993 年 4 月 30 日に観測された Rising tone のダイナミックスペクトルを示す。また、図 2 に、図 1 の中央に見られる Rising tone の、590~600Hz の成分に対する電界および磁界の波形、屈折率および kベクトルの地球磁場とのなす角度の時間変化を示す。屈折率は、その実数部 (実線) が約 1.4 と一定になっており、虚数部 (点線) は 0 となっている。これは、コーラス発生時のプラズマ屈折率およびサイクロトロン周波数のデータを用いて理論的に計算したホイッスラーモードの屈折率 1.41 と一致して

おり、電界および磁界の較正が正しく行なわれていることを示している。一方、このとき kベクトルはほぼ地球磁場と平行になっている。

発表では、いくつかのコーラスエミッションに対して、同様の解析を行なった結果を示し、オンガードキャリブレーションの較正について検討を行なう。また、それにより求められたポインティングフラックスの時間変化や地球磁場に対する角度依存性と、EPIC(Energetic Particle and Ion Composition Instrument) により観測された粒子データとの比較を行ない、コーラスエミッションのエネルギー伝播特性を調査する。

f-t diagram

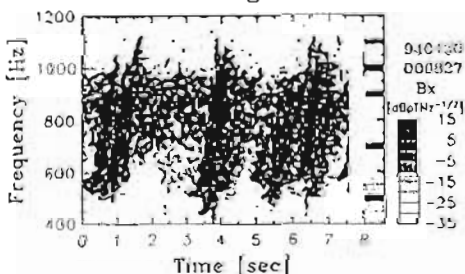


図 1 1993 年 4 月 30 日に観測された Rising tone のダイナミックスペクトル

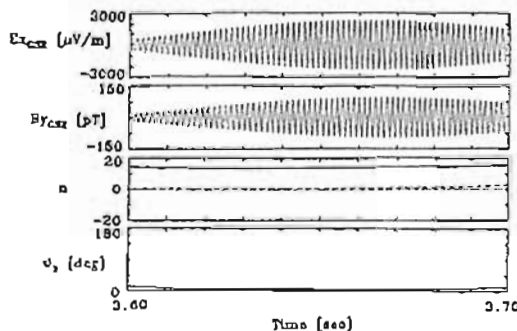


図 2 図 1 の Rising tone に対する電界、磁界波形および屈折率、kベクトルと地球磁場のなす角の時間変化

# GEOTAIL プラズマ粒子データを用いた突発的電子サイクロトロン高調波の励起機構の検討

○白井 英之<sup>1</sup> 小泉 純子<sup>1</sup> 松本 益<sup>1</sup> L. A. Frank<sup>2</sup> 向井 利典<sup>3</sup>  
 W. R. Paterson<sup>2</sup> 町田 忍<sup>4</sup> 斎藤 真文<sup>5</sup> 平塚 聖文<sup>5</sup> 山本 達人<sup>6</sup>  
 園分 征<sup>6</sup> 藤田 浩一郎<sup>7</sup> 岡田 敏美<sup>7</sup>  
 1) 京都大学超電層電波研究センター 2) アイオワ大学  
 3) 宇宙科学研究所 4) 京都大学理学部 5) 東京大学理学部  
 6) 名古屋大学 STE 研究所 7) 富山県立大学

## Study on the Sporadic Emissions of Electron Cyclotron Harmonic Waves using Plasma Particle Data of GEOTAIL

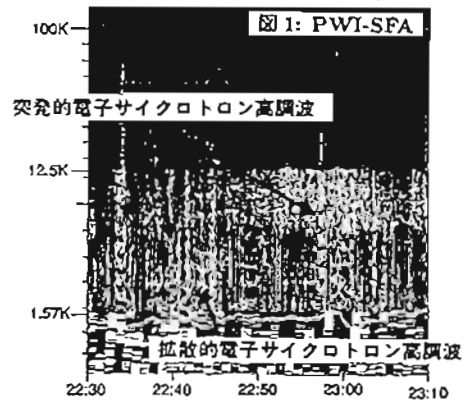
○H. USUI<sup>1</sup> J. Koizumi<sup>1</sup> H. Matsumoto<sup>1</sup> L. A. Frank<sup>2</sup> T. Mukai<sup>3</sup>  
 W. R. Paterson<sup>2</sup> S. Machida<sup>4</sup> Y. Saito<sup>5</sup> M. Hirahara<sup>5</sup> T. Yamamoto<sup>5</sup>  
 S. Kokubun<sup>6</sup> K. Tsuruda<sup>6</sup> T. Okada<sup>7</sup>  
 1) RASC, Kyoto University 2) The University of Iowa  
 3) ISAS 4) Kyoto University 5) University of Tokyo  
 6) STE Laboratory, Nagoya University 7) Toyama Prefectural University

We had reported sporadic emissions of the Electron Cyclotron Harmonic Waves (ECH) observed with the Plasma Wave Instrument (PWI) onboard GEOTAIL spacecraft in skimming the dayside magnetopause. The emissions are characterized by (1) a strong magnetic component, (2) existence of emission in the base band below the gyrofrequency, (3) multiple gyroharmonics bands up to much above the plasma frequency, (4) high intensity of the order of  $-100 \text{ dB}(V/m/\sqrt{Hz})$ , and (5) sporadic and intermittent occurrence (1 or 2 minutes duration). In order to understand the generation mechanism of the sporadic ECH emission, we have been performing correlation studies using the field and plasma particle data obtained with GEOTAIL. In the present paper, we will focus on the plasma particle data and report the results of correlation study between the PWI wave data and the CPI particle data. The LEP data are also utilized for this study. According to the analyses, we will also discuss possible sources for the sporadic ECH emissions and suggest a model for computer simulation which enables us to study the physical process of the wave generation.

これまでに GEOTAIL 衛星は数回磁気圏側マグネトポーズを横切る軌道をとったが、その際、マグネトポーズ内側において電子サイクロトロン高調波 (ECH) がプラズマ波動器 (PWI) により観測された。特徴的なものは 1992 年 10 月 17 日に観測された

ように、突発的に励起された電磁的な成分を伴う ECH 波動であり (図 1 参照)、これらの波動特性についてはすでに報告を行なった [1]。

ECH (Electron Cyclotron Harmonics)  
1992 / 10 / 17



また、この日の GEOTAIL 衛星近傍のプラズマ環境に関しては、EFD、MGF 班及び CPI 班のデータにより地球磁場に垂直な  $E \times B$  プラズマドリフトの存在、そして電界方向の時間的変化による、ドリフト方向の約 5 分周期交差が明らかになり、それによる突発的 ECH 波動の励起についての議論を行なった [2]。

しかし、プラズマ粒子データに関して、速度分布、温度、その異方性等の詳細が未知であったため、突発的 ECH の発生原因について断定することは困難であった。

今回の観測では、CPI 班からのより詳細なプラズマ粒子データをもとに、突発的電子サイクロトロン高調波の発生原因について考察を行なう。また、1994 年 1 月 3 日に観測された突発的 ECH 波動にも着目し、LEP 班のプラズマ粒子データを用いて波動励起原因について考察を行ない報告予定である。また、解析結果より突発的電子サイクロトロン高調波観測時のプラズマ環境についてのモデルを考え、波動の励起機構に関する計算機シミュレーションに役立てる。

### 参考文献

- [1] 西村 益, 第 04 回 SGPSS, 探偵子機関
- [2] 白井 英, 1994 年 合同大会, 探偵子機関

# A41-08 磁気圏尾部境界 (ローブ・シース) の構造

○藤田浩一郎、早川基、松岡彰子、山本達人 (宇宙研)、中村正人、林修治 (東大理)、岡田敏美 (富山県立大)、園分征 (名大 STE 研)

## Structure of Sheath-Lobe Boundary of the Distant Tail

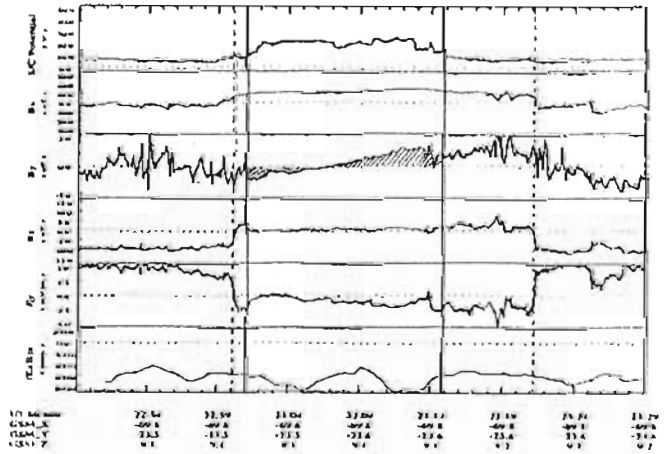
K. Tsuruda, H. Hayakawa, A. Matsuoka, T. Yamamoto (ISAS), M. Nakamura, K. Hayashi (U. Tokyo), T. Okada (Toyama Pref. Univ.) and S. Kokubun (STE Lab)

Geotail crossed the lobe-sheath boundary more than 10 times at a distance of about  $-70 R_e$  in 24 hours from 16:00 UT, August 16, 1993. Characteristic variation of  $B_y$  from negative to positive was observed for almost all crossings. This  $B_y$  variation is interpreted in terms of the inflation of tail structure associated with the passage of plasmoid

1993 年 8 月 16 日から 17 日にかけて、Geotail 衛星は約  $-70 R_e$  の磁気圏尾部でシース・ローブの境界を 16 日 16:00 UT から 17 日 16:00 UT までの 1 日間に 10 回以上通過した。衛星電位から判定したローブ領域とシース領域の境界 (密度での判定) と磁場構造による判定は一般に一致せず、シースと略同程度の密度を持った境界層が存在する。今回、報告する現象は低密度領域 (境界層の内側) で見られる  $B_y$  の特徴的な変化である。この間、Geotail 衛星は、午前側で大部分シースの中において時折北側のローブに入っていたことが  $B_x$  からわかる。衛星が低密度領域に入ると、殆ど全ての場合、 $B_y$  は、負から正への変化を示した。太陽風の磁場は 17 日の 07:00 UT 頃まで南向きで、地上の観測の磁場データはサブストームが多発していたことを示している。我々は、この  $B_y$  の特徴的な変化をサブストームに関連したプラズモイド通過による尾部の形状変化で説明出来ると考えている。例は少ないが午後側と同じ様な位置に衛星がいるときの  $B_y$  の変化は逆の傾向を示しており

この考えに有利である。しかし、 $B_z$  に系統的な変化が現れないことからプラズモイド通過時の尾部の変形が  $y$  方向に限られるという理由の説明が必要となる。

GEOTAIL SP. Ex B and D  
930816:225000 - 930816:233000



境界通過の例。上から、衛星電位 (値が大きいほど密度が低い)、磁場の 3 成分、 $B_y$  の特徴的な変化は斜線で強調してある。電場の  $y$  成分、 $E \times B$  から計算したプラズマの  $x$  方向の速度。いずれも衛星座標 (略 G S 座)。図中、低密度領域は実線で、境界領域は破線で示してある。

A41-09

### マグネトシース領域における広帯域静電波の GEOTAIL 衛星による観測

松本 絃<sup>1</sup> 堀山 聡子<sup>1</sup> 小嶋 浩嗣<sup>1</sup> 筒井 稔<sup>2</sup> R. R. Anderson<sup>3</sup> 向井 利典<sup>4</sup>  
L. A. Frank<sup>3</sup> 町田 友<sup>3</sup> 斎藤 義文<sup>4</sup> 平原 聖文<sup>4</sup> K. L. Ackerson<sup>3</sup>  
W. R. Paterson<sup>3</sup> 山本 達人<sup>4</sup> 園分 佐<sup>1</sup>  
1. 京大・超高層 2. 京都産業大・計算機科学研 3. アイオワ大 4. 宇宙研  
5. 京大・理 6. 東大・理 7. 名大・STE研

#### GEOTAIL Observations of the Broadband Electrostatic Waves in the Magnetosheath Region

H. Matsumoto<sup>1</sup> S. Horiyama<sup>1</sup> H. Kojima<sup>1</sup> M. Tsutsui<sup>2</sup> R. R. Anderson<sup>3</sup>  
T. Mukai<sup>4</sup> L. A. Frank<sup>3</sup> S. Machida<sup>4</sup> Y. Saito<sup>4</sup> M. Hirahara<sup>4</sup>  
K. L. Ackerson<sup>3</sup> W. R. Paterson<sup>3</sup> T. Yamamoto<sup>4</sup> S. Kokubun<sup>7</sup>  
1. RASC, Kyoto Univ. 2. Kyotosangyo Univ. 3. The Univ. of Iowa 4. ISAS  
5. Kyoto Univ. 6. Univ. of Tokyo 7. STE Lab., Nagoya Univ.

The magnetosheath is one of regions where the intense broadband electrostatic waves are commonly observed. From the frequency domain observations using Sweep Frequency Analyzer (SFA) and Multi-Channel Analyzer (MCA) onboard GEOTAIL spacecraft, we found that observed spectra of the broadband electrostatic waves in the magnetosheath are classified into 2 different types of emissions. We termed them Type I and Type II emissions, respectively. The spectra of the Type I emissions are similar to those observed in the PSBL region and their uppermost frequencies is less than a few kHz. On the other hand, in the Type II emissions, we find voids of spectra in the lower frequency part (less than a few hundreds Hz) of emissions.

Further, we successfully observed their wave forms using our Wave Form Capture (WFC) receiver. Our wave form observations showed that wave forms of these two emissions are completely different.

In the present paper, we will introduce our results of wave form observations, and discuss the difference of generation mechanism of two emissions based on the correlation studies with Plasma and Magnetic field measurement.

GEOTAIL 衛星は、地球磁気圏尾端を探索する衛星であるが、その長楕円に近い軌道の性格上、マグネトシース領域に滞在する時間が長い。従って、磁気圏内部のみでなく、マグネトシース領域の観測を行う上でも、非常に良い条件にある。

GEOTAIL プラズマ波動観測では、これまで磁気圏内部のプラズマシート境界層 (PSBL) における広帯域静電波の観測・研究を行い、その波形が孤立した静電波が

ンシャルの流れによって観測されていることを示し、更に、計算機実験によりその孤立ポテンシャル構造が電子ビーム不安定性の非線形発振により生成されうることを示した [1, 2]。

磁気圏内部で頻繁に観測されるこの広帯域静電波であるが、マグネトシース領域においても頻繁に観測することができる。そして、このマグネトシースで観測される広帯域静電波は、そのスペクトルの形状から、大きく 2 つの種類に分類されることが、GEOTAIL の観測からわかった。それらをここで、Type I, Type II と呼ぶとすると、Type I は、PSBL で観測されるものと同様で、低周波から数 kHz 程度までそのスペクトルがのびており、Type II では、スペクトルが周波数空間である程度孤立しており、低周波部分が抜けている。周波数帯で考えると、Type I は、そのスペクトルがイオン音波の周波数レンジ (500Hz 以下) に主に分布し、一方、Type II は、数 kHz を中心として 1kHz 程度のバンド幅をもっているが、これも、ドップラーシフトしたイオン音波と考えることもできる。

GEOTAIL では、これらのスペクトルによる観測に加え、波形による観測にも成功した。この波形捕捉受信器 (WFC) の観測によれば、Type I の波形は、PSBL で観測されたような ESW (Electrostatic Solitary Wave) になっており、Type II は、周波数空間の加わった連続波形であることがわかり、両者は、まったく異なった波形からなりたっていることがわかった。

また、更に、プラズマ粒子、磁場観測データとの相関解析により、Type I の波動が観測されるときは、プラズマフローと磁場の向きがそろっており、また、Type II の観測時には、それらの向きがそろっていない (平行になっていない) ことがわかってきた。

本講演では、プラズマ粒子観測から得られるプラズマパラメータをもとに、これらの波動がイオン音波であることの可能性を定量的に検討し、更に、PSBL での ESW model と比較しながら、磁場とプラズマフローの配位の違いによるこれらの波動エミッションの違いを説明するようなモデルについて検討を加える。

#### 参考文献

1. H. Matsumoto et al., Electrostatic solitary waves (ESW) in the magnetotail - BEN Wave Forms -, in press, *Geophys. Res. Lett.*, 1994.
2. Y. Omura et al., Computer simulations of electrostatic solitary waves in the magnetotail: A nonlinear model of broadband electrostatic noise, in press, *Geophys. Res. Lett.*, 1994.

A41-10

### GEOTAIL で観測された静電イオン波バースト

筒井 稔<sup>1</sup> 小嶋 浩嗣<sup>2</sup> G. K. Crawford<sup>3</sup> 松本 絃<sup>2</sup>  
長野 勇<sup>4</sup> GEOTAIL PWI チーム  
1) 京都産業大学 計算機科学研究所  
2) 京都大学 超高層電波研究センター  
3) SRI International 4) 金沢大学工学部

#### Electrostatic Ion Wave Bursts Detected by GEOTAIL in the Magnetosphere.

Minoru TSUTSUI<sup>1</sup> Hirotsugu KOJIMA<sup>2</sup> Gregory K. Crawford<sup>3</sup>  
Hiroshi MATSUMOTO<sup>2</sup> Isamu NAGANO<sup>4</sup>

- 1) Institute for Computer Sciences, Kyoto Sangyo University
- 2) Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University
- 3) Applied Electromagnetics and Optics Laboratory, SRI International
- 4) Department of Electrical and Computer Engineering, Kanazawa University

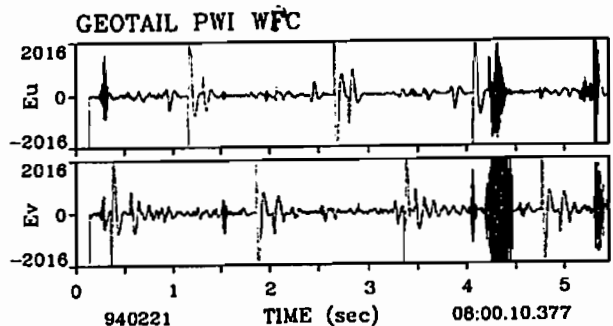
The wave property of Electrostatic Noise at frequencies above the proton plasma frequency has been examined by using WaveForm Capture (WFC) data observed by GEOTAIL. Properties of the similar noise which had been observed by ISEE-3 was analyzed in detail<sup>1</sup>, in which the frequency extent of the noise was regarded as the Doppler effect due to a relative velocity between the plasma flow and ISEE-3 under a hypothesis of omnidirectionally propagating ion acoustic waves. However, the present study has shown that the frequency extent is caused by a crowd of short bursts with various frequencies (see Fig. 1). The wave mode of the bursty noise is regarded as the ion acoustic wave because the same bursty waveforms were observed in the Ion Foreshock region in the Inter Planetary shock.

ISEE-3 により地球磁気圏の低緯度境界層で観測されたイオンプラズマ周波数より高い周波数領域で観測される静電ノイズに関する新たな情報が GEOTAIL PWI の波形捕捉データにより明らかになってきた。ISEE-3 のデータによる詳細な解析<sup>1</sup>では、その静電ノイズは極めて Impulsive であり、放射周波数範囲がイオンプラズマ周波数から 1 桁高い周波数まで広がっていることを示した。そしてその周波数広がり

については 1 つの仮説を立てた。即ち、「ISEE-3 と相対速度を持ったプラズマ流内で励起されたイオン音波がその系内において等方的に伝播している」と、そのような波動に ISEE-3 が遭遇した場合、観測した受信信号は励起周波数を中心に正負のドップラー効果による広がりを持った信号として捉えられたというものである。ところが GEOTAIL による観測でこの種のノイズの性質が一層明らかになってきた。GEOTAIL で静電ノイズが観測された時の周波数ダイナミック・スペクトル (SFA データ) では、周波数の広がりを持ったスペクトルがプラズマ周波数 (Continuum Radiation の下限周波数) に同期して変動していることが見られる (ここでは図を省略)。そしてこの時の現象を波形データ (WFC) で見てみると図 1 のような持続時間が極めて短いバーストの集まりである事が判った。この波形は Inter Planetary Shock 時の Ion Foreshock 内でのそれと同様のスペクトル及び波形を示している事から、個々のバーストはモノトーンに近いが、様々な周波数を持ったイオン波バーストの集まりであることが明らかとなった。本報告ではこれらの詳細について述べる。

- 1) Tsutsui et al, Wave Mode Identification of Electrostatic Noise Observed with ISEE-3 in the Deep Tail Boundary Layer. *JGR*, 96, 14065, 1991.

Fig. 1 図 1



弱電子ビーム不安定性による非線形静電  
孤立波の励起

大村 善治 三宅 壯聡 松本 絃 小嶋 浩嗣  
京都大学超高層電波研究センター

Nonlinear Electrostatic Solitary Waves  
Generated by Weak Electron Beam Instability

Y. Omura T. Miyake B. Matsumoto and H. Kojima  
Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University.

By performing one-dimensional electrostatic particle simulations, we found that a relatively weak electron beam traveling along the static magnetic field can generate Electrostatic Solitary Waves (ESW) as observed by GEOTAIL spacecraft in the magnetotail [Matsumoto, et al., 1994].

The two-stream instability with electron beams with small thermal velocities requires relatively high beam densities for formation of ESW [Omura et al., 1994]. A weaker electron beam causes excitation of a coherent Langmuir wave with its saturation due to nonlinear electron beam trapping and subsequent quasi-linear diffusion by Langmuir waves with smaller phase velocities. However, when one of the electron beams has a large thermal velocity comparable to the drift velocity of the other electron beam, which forms a bump-on-tail velocity distribution function, the nonlinear saturation of the coherent Langmuir wave leads to formation of ESW rather than the quasi-linear diffusion.

We found even a very weak electron beam with a few percents of the total electron density, can give rise to the ESW. The thermal velocity of the electron beam must be much smaller than the drift velocity, while the thermal velocity of the majority electrons must be large realizing a bump-on-tail distribution function as the total electron population.

Reference

1. Omura, Y., H. Kojima, and H. Matsumoto, Computer simulation of electrostatic solitary waves: A nonlinear model of broadband electrostatic noise, *Geophys. Res. Lett.*, in print, 1994.
2. Matsumoto, H., H. Kojima, T. Miyake, Y. Omura, M. Okada, and M. Tsutsui, Electrostatic solitary waves (ESW) in the magnetotail: BEN wave forms observed by GEOTAIL, *Geophys. Res. Lett.*, in print, 1994.

GEOTAIL プラズマ波動観測から見た  
磁気圏尾部波動特性

濱田 宏昭<sup>1</sup> 小嶋 浩嗣<sup>1</sup> 村田 健史<sup>1</sup> 松本 絃<sup>1</sup> Greg Crawford<sup>1</sup>  
山本 茂人<sup>2</sup> 岡分 征<sup>3</sup> 冢森 俊彦<sup>4</sup>  
1.京大・超高層 2.宇田研 3.名大・STE研 4.京大・理

Characteristics of Plasma Waves in the Magnetotail  
by the GEOTAIL Plasma Wave Observation

H.Hamada<sup>1</sup> H.Kojima<sup>1</sup> K.Murata<sup>1</sup> H.Matsumoto<sup>1</sup> Greg Crawford<sup>1</sup>  
T.Yamamoto<sup>2</sup> S.Kokubun<sup>3</sup> T.Iyemori<sup>4</sup>  
1.RASC,Kyoto Univ. 2.ISAS 3.STE Lab.,Nagoya Univ. 4.Kyoto Univ.

The lower cutoff frequency of the Continuum Radiation obtained with the SFA (Sweep Frequency Analyzer) onboard GEOTAIL spacecraft is equivalent to the local electron plasma frequency. This frequency provides us the local plasma density, which enable us to infer which region of the magnetotail GEOTAIL is located.

In June 1993, GEOTAIL was located 200R<sub>E</sub> downstream away from the earth and at the center of the magnetosphere. So it is thought that GEOTAIL was in the magnetosphere. However, it sometimes observed high density events which is expected in the magnetosheath. Some of those events occur corresponding to the increase of Kp index and the intensity of the magnetic field.

In the present paper, we will report the detail of the data analysis concerning these events. Based on the statistical analysis of the local plasma density, we will also discuss the dynamics of the magnetotail.

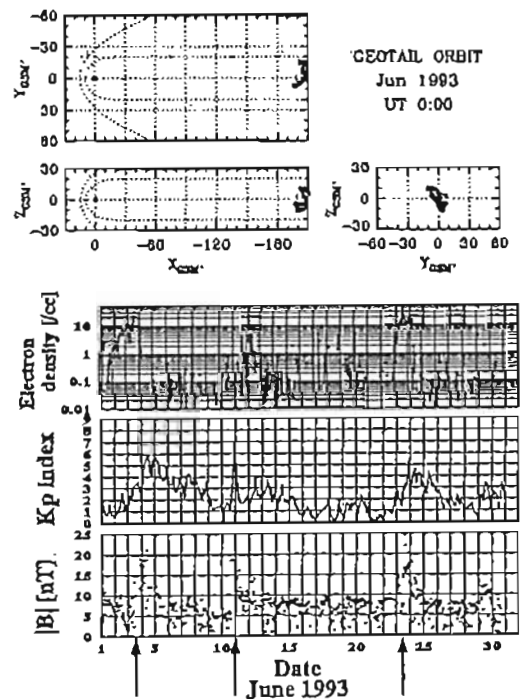
磁気圏尾部探査衛星 GEOTAIL は、1992 年 7 月 24 日に打ち上げられ、現在も多大な観測データを送り続けている。我々、GEOTAIL PWI team では、プラズマ波動の観測および解析を行っている。

GEOTAIL に搭載している SFA (Sweep Frequency Analyzer) は、周波数分解能に優れた観測装置である。そこで、このデータを用いて、Continuum Radiation の Lower Cutoff 周波数を読み取ると、これは電子プラズマ周波数にほぼ一致するので、これよりその地点での電子密度を知ることができる。この時間的変化を見ることで、GEOTAIL がどのような領域を通過したかを知ることができる。

右に、1993 年 6 月の GEOTAIL の軌道と、この期間について上記の方法で 1 時間ごとに求めた電子密度、Kp Index、および GEOTAIL MGF team により求められた、磁場のデータのプロットを示す。GEOTAIL はこの期間中、200R<sub>E</sub> 以遠で、ほぼ磁気圏の中心部にとどまっている。したがって GEOTAIL は磁気圏内部にあると考え

られるが、電子密度の変化を見ると、電子密度が数個/cc 以上の、磁気圏の外部と考えられる部分を観測していることが分かる。これらの例のうち、6 月 3 日、11 日、23 ~ 24 日のイベントでは、Kp index と磁場強度もほぼ同時に高くなっている。これらは、Inter Planetary Shock によるもので、太陽活動により地球磁気圏が大きく影響を受け、地球では地磁気の擾乱、磁気圏尾部はなんらかの変形を受けていると考えられる。しかし、地磁気擾乱や磁場強度の変化を伴わないイベントもある。

本講演では、このようなイベントの例を詳しく解析し、また、電子密度の統計解析の結果などとともに、磁気圏尾部の変動の原因について検討する。



遠尾部ローブ領域におけるプラズマの運動

松野 隆一、 向井 利典、 山本 達人、 新島 義文、 西田 英弘  
(宇宙研)、 國分 征 (名大STE研) 町田 忍 (京大理)

Plasma dynamics in the distant tail lobe

\*Y. Matsuno<sup>1</sup>, T. Mukai<sup>1</sup>, T. Yamamoto<sup>1</sup>, Y. Saito<sup>1</sup>,  
A. Nishida<sup>1</sup>, S. Kokubun<sup>2</sup>, S. Machida<sup>3</sup>  
<sup>1</sup> ISAS, <sup>2</sup> STE lab., Nagoya Univ., <sup>3</sup> Kyoto Univ.

Based on GEOTAIL observations of magnetic fields and plasma velocity moments in the distant tail lobe ( $-200R_E \leq X \leq -100R_E$ ), we have found out a relation between the ion density ( $n$ ) and the parallel component of the ion bulk velocity ( $u_{\parallel}$ ):

$$u_{\parallel} \propto \log n \quad (1)$$

We have also found that the density in the lobe, at times, decreases according to expression (1) for  $\sim 30$  min prior to the encounter of a plasmoid. These relations in  $n$  and  $u_{\parallel}$  seems to be associated with the variations in GSM-z component of  $u_{\perp}$ .

磁気圏遠尾部ローブ領域におけるプラズマの運動を調べることは、磁気圏研究において重要である。また、プラズモイドの通過に伴う変化は、尾筋の構造変化の観点からも興味ある問題である。今回我々はこの観点から  $-200R_E \leq X \leq -100R_E$  の領域で GEOTAIL の LEP と MGF のデータを用いて統計的解析を行った。LEP のデータのうちでは特にイオンの速度モーメントデータを使用し (今回使用したのはおもに密度とバルク速度)、バルク速度に関しては磁場に平行な成分  $u_{\parallel}$  と、磁場に垂直な成分  $u_{\perp}$  とに分けて解析した。

図2は、 $n$  と  $u_{\parallel}$  との相関をプロットしたものである。これから明らかに  $u_{\parallel} \propto \log n$  (1) の関係が認められる。我々は、大部分の遠尾部ローブのプラズマにおいて (1) 式の関係が成り立っていることを今回新たに発見した。

図1のBと記した時間では、イオンの密度が連続的に減少している。この間にも (1) 式の関係が成り立っている。Cと記した時間にはプラズモイドが観測されている。しほれば、GEOTAIL が連続的にローブに滞在した後でプラズモイドを観測した場合には、プラズモイドにさきだつてこのような密度の減少が観測されていることが見いだされた。この密度の減少は平均的にはプラズモイドが見えはじめる時刻の30分前からはじまっている。また、この間  $u_{\perp}$  の  $z$  成分が系統的な変化を示す。これらの観測結果を磁気圏対流と尾筋構造の全体的変動の観点から議論する。

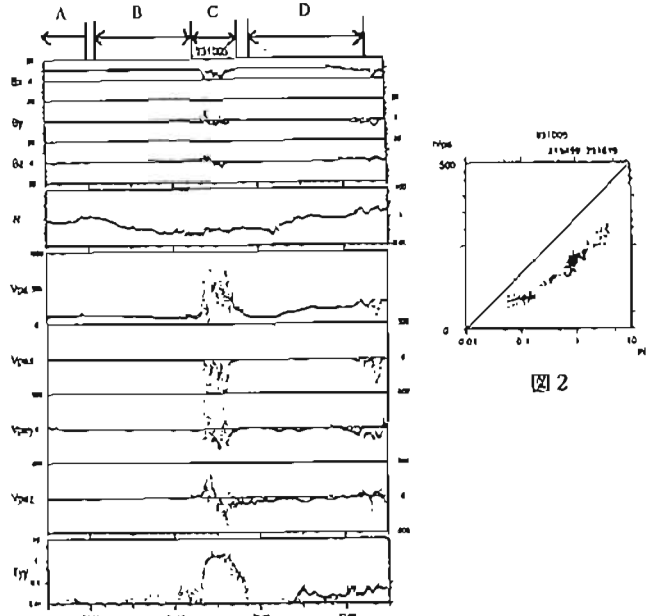


図1: MGFと、LEPのイオン速度モーメントデータのプロット。磁場の位置は  $X \sim -130R_E$ 。上から3つのパネルはそれぞれ  $B_x$ ,  $B_y$ ,  $B_z$  (nT)。その下のパネルは  $n$  (cc)。続く4つのパネルはバルク速度 (km/s)。  $V_{px}$  は  $u_{\parallel}$  の大きさ。  $V_{py}$ ,  $V_{pz}$  はそれぞれ  $u_{\perp}$  の  $x$ ,  $y$ ,  $z$  成分。  $T_{yy}$  は温度 (KeV)。衛星がローブに滞在している時間が長い。また、大部分の時間で低高温密度のプラズマが観測されている。A: 密度減少がはじまる前のローブ。 B: イオン密度が減少している時間。 C: プラズモイド。 D: 図2参照。

図2: 図1でDと記した時間での、 $n$  (cc) と  $u_{\parallel}$  (km/s) の相関のプロット。

磁気圏遠尾部ローブ中の多成分イオン流の起源と輸送過程について

\*平原 聖文、向井 利典、山本 達人、中村 正人、町田 忍、  
(京大理) (宇宙研) (宇宙研) (京大理) (京大理)  
新島 義文、寺沢 勉夫、西田 英弘、國分 征  
(宇宙研) (京大理) (宇宙研) (STE研)

Possible Source and Transport of Tailward Cold Dense Ion Flows Observed by GEOTAIL in the Distant Tail Lobe

\*M.Hirahara<sup>1</sup>, T.Mukai<sup>2</sup>, T.Yamamoto<sup>2</sup>, M.Nakamura<sup>1</sup>, S.Machida<sup>3</sup>,  
Y.Saito<sup>1</sup>, T.Terasawa<sup>1</sup>, A.Nishida<sup>2</sup>, and S.Kokubun<sup>4</sup>

1. Department of Earth and Planetary Physics, Faculty of Science, the University of Tokyo, Hongo 7-3-1, Bunkyo-ku, Tokyo 113, Japan
2. Institute of Space and Astronautical Science
3. Institute of Geophysics, Faculty of Science, Kyoto University
4. Solar Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University

The GEOTAIL satellite observed tailward Cold Dense Ion Flows (CDIFs) frequently in the distant tail lobe regions. Density, temperature, and flow speed of the CDIFs are  $0.01\text{--}2/\text{cm}^3$ ,  $20\text{--}300\text{eV/q}$ , and  $100\text{--}500\text{km/sec}$ , respectively, and they gradually increase as the spacecraft approaches to the magnetopause. The density and flow speed of the CDIFs become higher also as the observation point is further away from the Earth, and particularly the density is comparable with or often higher than the density of the plasma sheet [Zwickl et al., 1984; Yamamoto et al., 1994]. It is difficult to interpret all of the high-density ( $\sim 1/\text{cm}^3$ ) CDIFs in the distant lobe as the ionospheric ions though low-density cold ion beams in the near-earth tail lobe are thought to be of the ionospheric origin [Eastman et al., 1984; Mukai et al., 1994].

Through the crossing of the magnetopause, the features on energy spectra smoothly change to those of the solar wind and there are no significant differences between the characteristics of the solar wind and those of the CDIFs with respect to the plasma parameters. These results suggest that most of the CDIF population may be of the solar wind origin. However, in several percents of the whole observations of the CDIFs, it has been also confirmed that the CDIFs are constituted by multiple components which are regarded as low-energy  $\text{H}^+$ , high-energy  $\text{O}^+$ , and sometimes intermediate-energy  $\text{He}^+$  because their velocities both parallel and perpendicular to the magnetic field are similar on the assumption that the CDIFs consist of these ion species. Their flow speeds are nearly the same with  $\sim 20$  percent error. Frank et al. [1977] have also reported similar events (ion density:  $\sim 1\text{--}10/\text{cm}^3$ ) observed near the Earth ( $\sim 35R_E$ ). The clear multi-component signatures can be seen also just inside the magnetopause, but not in the magnetosheath. These results imply that not only the solar wind plasmas but also the ionospheric plasmas may contribute to the CDIF population. A case of the CDIFs near the magnetopause is shown in Figure 1. As evident from the magnetic field data, the

regions of  $-1725$  and  $1919\text{--}2022$  UT are identified as the magnetosheath. In the lobe, two-component CDIFs can be seen clearly.

A possible scenario of the CDIF formations is that the solar wind penetrates across the magnetopause and/or through the cusp, sometimes interacting with small-speed ionospheric plasmas (UFI or polar wind), and finally flows tailward in the lobe. In this picture, the lobe plasmas must be convected toward the inner magnetosphere and injected into the plasma sheet [Eastman et al., 1985], being accelerated in the plasma sheet boundary layer [Hirahara et al., 1994]. Here we estimate electric field drift by analysis of velocity component perpendicular to the magnetic field and discuss the source regions and transport processes of the CDIFs in order to diagnose the global convection model. In addition, the behavior of the  $\text{O}^+$  ions near the magnetopause is also important to determine the injection region of the CDIFs. Since in the regions where the plasmas of the solar wind penetrate into the magnetosphere and accelerate the ionospheric ions, the velocities of them are not necessarily equal and wave activity may be high because of two-stream instability, we calculate time constant necessary to compensate the velocity differences and compare it with the data of the CDIFs.

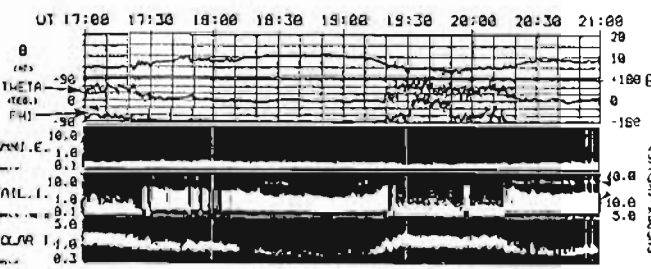


Figure 2 Magnitude and directions of the magnetic field and Energy-time diagrams of electrons and ions. Ion spectra are measured simultaneously by two sensors of different energy ranges and acceptance angles; LEP-EA1 and LEP-SW. In the magnetosheath, since energy mode of EA is changed from wide-energy range ( $32\text{eV/q--}40\text{keV/q}$ ) to high-energy range ( $5\text{--}43\text{keV/q}$ ), the data obtained by the SW sensor should be referred.

References  
Eastman et al., JGR, 89, 1553, 1984. Eastman et al., JGR, 90, 9541, 1985.  
Frank et al., JGR, 82, 129, 1977. Hirahara et al., GRL, in press.  
Mukai et al., GRL, 21, 1023, 1994. Yamamoto et al., GRL, in press.  
Zwickl et al., JGR, 89, 11007, 1984



GEOTAIL 衛星による PSBL の研究

\* 家田 孝正、町田 忍 (京大理)、向井 利尚、斎藤 敏文、  
山本 達人、西田 真弘 (宇宙研)、平原 聖文、  
今沢 敏夫 (京大理)、園分 征 (名大 STEP)

Study of Plasma Sheet Boundary Layer (PSBL) through GEOTAIL observation

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

We study the structure of Plasma Sheet Boundary Layer (PSBL) through analysis of LEP and MGF data from the GEOTAIL spacecraft. We will report inferred characteristics of PSBL, by showing various key parameters plotted as a function of plasma  $\beta$  for ions. We found that the region with  $\beta = 1$  as a critical point.

Plasma Sheet は、Plasma Sheet Boundary Layer (PSBL)、及び Central Plasma Sheet (CPS) より成り、PSBL から CPS に向かうとプラズマの速度分布関数はコリメートした beam 状から isotropic に近い状態へと変化して行く事が知られている。

GEOTAIL 衛星搭載の低エネルギー粒子観測器 (LEP) 及び磁場計測器 (MGF) が取得した 1994 年 1 月 10 日から 1 月 20 日の期間のデータを用いて Plasma Sheet の構造を調べた。この時期には、GEOTAIL は地球から尾筋方向に約 90 $R_E$  前後の所であった。観測をイオンのベータ値で整理したところ、 $\beta = 1$  付近でプラズマの速度及び磁場の値が大きくなる事が分かった (図 1 (a),(b),(c))。

この結果の意味することは、PSBL では磁場が支配的であり、CPS ではプラズマが支配的であるということである。 $\beta$  に関してプラズマの速度と磁場のなす角を調べると、flow は、 $\beta > 1$  では磁力線方向であり、 $\beta < 1$  では磁力線方向とは限らない事が分かる (図 1 (d))。従って、PSBL と CPS の境界を  $\beta = 1$  で定義することを提案したい。

GEOTAIL / LEP&MGF

DATE 940117  
UT 12:52 - 20:20

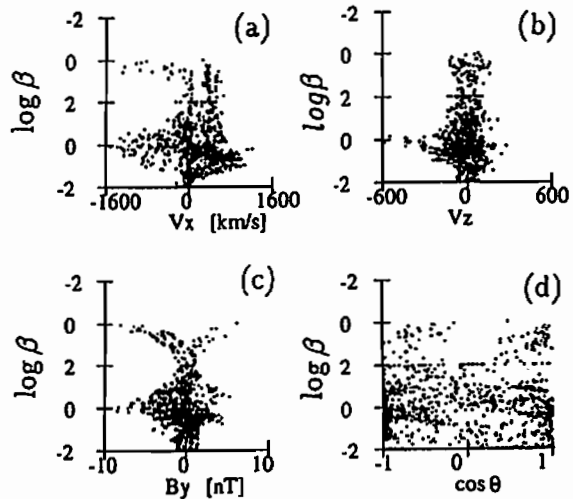


図 1: イオンの  $\beta$  値で整理したプラズマ及び磁場データ。1994 年 1 月 17 日に得られた約 7 時間半の間のデータを示す。データの sample time は約 12 秒である。縦軸は  $\beta$  (log scale で 0.01 ~ 100) である。 $B_z \geq 0$  の時は図の上半分に、 $B_z < 0$  の時は下半分に分けて示してある。(d) における  $\theta$  は flow と磁場のなす角。

A41-P40 GEOTAIL 衛星に搭載された EFD-P による希薄なプラズマにおける電場測定の評価

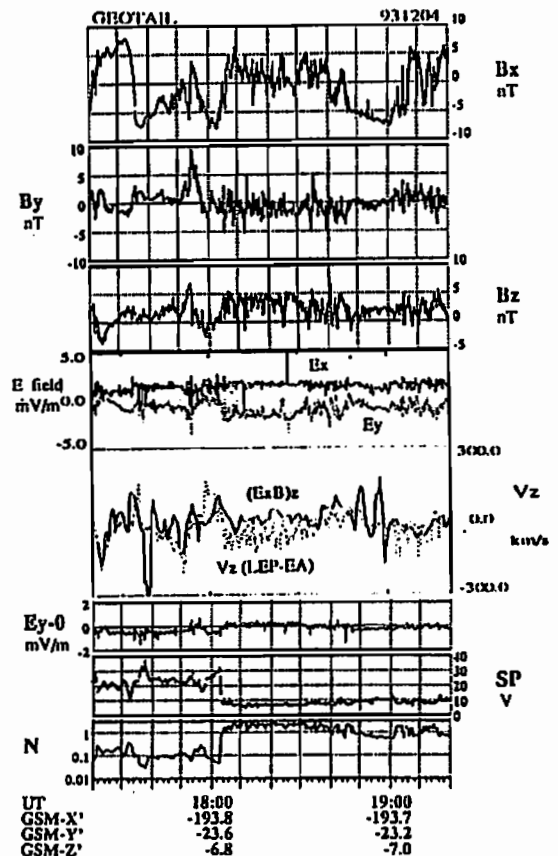
\* 松岡 彰子、鶴田 浩一郎、早川 隆、山本 達人、向井 利尚、斎藤 敏文 (宇宙研)  
中村 正人 (京大理)、岡田 敏夫 (岡山県立大)、町田 忍 (京大理)、園分 征 (名大 STEP)

Evaluation and calibration of the electric field data measured by EFD-P onboard the GEOTAIL satellite

A. Matsuoka, K. Tsuruda, H. Hayakawa, T. Yamamoto, T. Mukai, Y. Saito (ISAS)  
M. Nakamura (Univ. of Tokyo), T. Okada (Toyouma Prefectural Univ.)  
S. Machida (Kyoto Univ.) and S. Kokubun (STE Lab.)

Double probe technique has been used as a standard method of direct electric field measurement by the satellites. The effect of the photo electron sheath around the satellite body makes the measurement difficult in the tenuous plasma of the density below 10/cm<sup>3</sup>. The electric field data measured by EFD-P onboard the GEOTAIL satellite are, however, possibly available even in the distant magnetotail after proper correction. We are now developing the method to calibrate the EFD-P data by comparing them with the momentum data obtained by LEP-EA.

数密度が 10 個/cm<sup>3</sup> より少ない希薄なプラズマ中では、光電子の影響等によりダブルプローブ法による DC 電場の測定は困難であると考えられてきた。GEOTAIL 衛星に搭載されている一対の球プローブによる電場の測定 (EFD-P) は過去の ISEE-1,2 衛星等と比べても良質のデータを取得しており、これまで難しいとされた磁気圏尾における DC 電場の観測が適切な補正を加えることにより場合によれば可能であることを示唆している。右図は GEOTAIL 衛星が X<sub>g</sub> = -194 $R_E$  付近の磁気圏尾を観測した一例である。磁場の 3 成分 (GSM)、電場の 2 成分 (衛星スピニング面内で X が太陽方向)、EFD-P と MGF のデータから算出した (E × B)<sub>z</sub> と LEP-EA により測定されたイオンの速度の Z 成分、LEP-EA によるイオンの速度から計算された (-V × B)<sub>y</sub> と EFD-P による E<sub>y</sub> との差、シングルプローブ (衛星電位)、プラズマ密度がプロットされている。密度は 0.1 ~ 1 程度と希薄であるが、(E × B)<sub>z</sub> と V<sub>z</sub> は所によりよく一致している。E<sub>y</sub> の差は 1mV/m 程度あり、EFD-P による測定はその程度の誤差を含んでいる可能性があることを示している。EFD-P データと LEP データとの一致性とその時のプラズマの条件、EFD-P データの補正の可能性、補正後のデータで調べた希薄なプラズマ中 (例えばローブ中) での電場について議論する。



A41-P41 電子ブーメラン法 (EFD-B) による電場測定の評価

早川 基、藤川 浩一郎、松岡 彰子、山本 達人、向井 利典、斎藤 義文 (宇宙研)、中村 正人 (東大理)、岡田 敏美 (富山県立大)、国分 征 (名大STE研)、町田 忍 (京大理)

Evaluation of the Electric Field Measurements Performed by EFD-B onboard GEOTAIL

H. Hayakawa, K. Tsuruda, A. Matsuoka, T. Yamamoto, T. Mukai, and Y. Saito (ISAS)  
M. Nakamura (Univ. of Tokyo), T. Okada (Toyama Pref. Univ.)  
S. Kokubun (STE Lab., Nagoya Univ.), S. Machida (Kyoto Univ.)

Electric field direction determined by the boomerang technique often show rapid change due to the change of return beam direction. Results of the evaluation of this rapid direction change will be discussed. Boomerang technique is expected to determine magnetic field strength when both  $T_+$  and  $T_-$  data are available. Calibrations of the MGF data will be attempted by comparing Tg data derived from boomerang technique. Evaluation of the electric field data derived from boomerang data and calibrated MGF data will be discussed.

電子ブーメラン法を用いて測定された電場は図1に示すように、しばしば戻りビームの検出がそれまでとは180度違った方向でなされる事による急激な方向の変化を示す。この方向の変化は数分乃至10数分の間隔を持って繰り返される事が多く見られる。これらの現象が自然現象を反映しているか否かの検討を、プローブ法のデータ及び粒子のモーメントデータ・磁場データの組み合わせとの比較により行い結果を報告する。

また、ブーメラン法はその原理より $T_+$ と $T_-$ のペアが有り、自前で磁場強度が決定できる場合には高精度で磁場強度が求められる。この事はブーメラン法による1対のTOFデータを基に求められた磁場強度データと磁場の高時間分解能のデータとを比較する事によって、磁場データの校正を行える事を示唆している。この方法による磁場データの校正を行い、その結果に基づきTOFデータが片方だけのデータと磁場データを用いて電場データの導出をする。プローブ法や粒子データ・磁場データ等のデータと比較に基づき電場データの評価を行い磁場データの補正等の妥当

性について検討を行う。

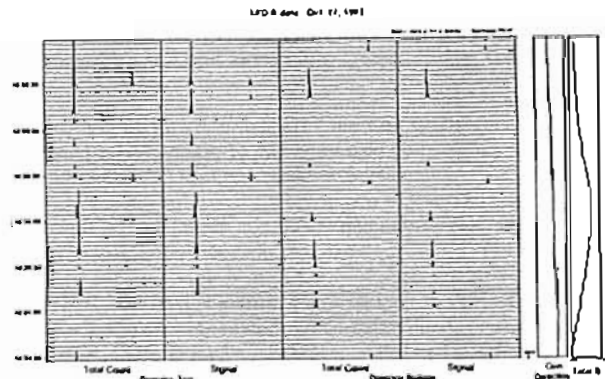


図1. 93年10月23日に観測された戻りビームの方向が急に变化する例。ビームの打ち出し角はほぼ45度方向。

A41-P42 BOW SHOCK上流域における GEOTAIL-LEP観測

杉山 敏、守沢 敏夫、河野 英昭 (京大理)  
向井 利典、斎藤 義文 (宇宙研)、他 GEOTAIL/LEP チーム、  
山本 達人 (宇宙研)、国分 征 (STE研)、他 GEOTAIL/MGF チーム

Upstream Events of the Earth's Bow Shock.

Of. Sugiyama, Y. Terasawa, H. Iwano (Univ. of Tokyo),  
T. Mukai, Y. Saito (ISAS) and GEOTAIL/LEP team,  
T. Yamamoto (ISAS), S. Kokubun (STE lab) and GEOTAIL/MGF team

The Data from Low Energy Particle (LEP) instrument show many return particles from the Bow Shock. The energy dispersion near the foreshock region was observed at 30. June 1994 (Figure 1). The intensity of diffuse ions observed at radial IMF direction decrease with distance from the subsolar point. We will present some upstream events.

GEOTAIL衛星の低エネルギー粒子観測器 (LEP) によって観測された地球の Bow Shock から上流域へ流れるイオン流、イオン流が観測されているときの太陽風の状態等、について報告する。94年8月までに、GEOTAIL衛星は、朝側、夕方側の上流域をそれぞれ2回観測しており、さまざまなタイプのイオン流を観測した。図に示すように、イオンの foreshock 境界域付近で観測されたエネルギー分散もその1例である。IMFの向きが時間と共に変化し、分散と diffuse タイプがみられる。また、94年2月に夕方側の上流域を観測した時、IMFが radial であったときを選びイオン流の強度を比べたところ、IMFと衝撃波との交点が subsolar point から遠ざかるにつれて弱くなっていった。

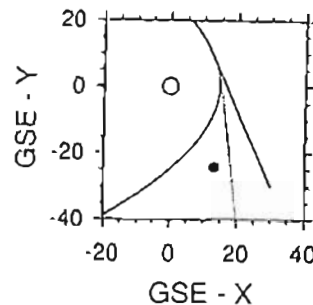
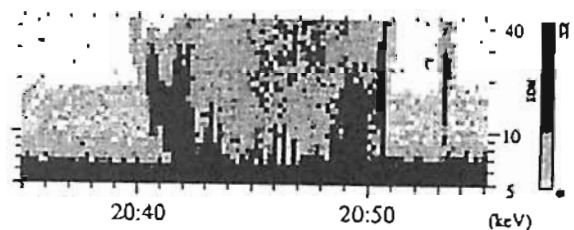


図1 (上) : 1994年6月30日に観測したイオンのE1図。エネルギー分散 (5~40 keV) の時間変化をカウント数/12秒サンプルの濃淡表示で示す (カウント数の高低が色の濃淡に対応)。  
図2 (下) : 上記 dispersion が観測されたときの配置図。直線: IMFの向き、点線: foreshock boundary (20 keV) 曲線: 衝撃波の位置、黒点: 衛星の位置。



## ELF waves in the up-stream of the Earth's bowshock

\*K.Hayashi, H.Matsui

Department of Earth and Planetary Physics, University of Tokyo  
T.Yamamoto, K.Tsuruda

Institute of Space and Astronautical Science  
S.Kokubun

Solar-Terrestrial Environmental Laboratory, Nagoya University

In a frequency range between 3 Hz and 50 Hz are shown varieties of spectral and propagation characteristics of plasma waves observed by the search coil magnetometer on board the GEOTAIL for the special periods when the satellite was in the up-stream of the bow-shock. We can determine polarization and orientation of propagation direction for each plane waves given as Fourier components from wave-form data detected by tri-axial sensors. Electric field data detected by a single component (PANT) of the two double probes is used here to determine sense of propagation direction because there are difficulties in the data of the other (WANT) component on the signal to noise ratio and on the dynamic range being close to the least significant bit of data in the above frequency range.

Spectral shapes of ELF waves in the up-stream region of the bow-shock are categorized into the following 3 types as seen in f-t display. LCBrl: Low frequency ( $f < 8\text{Hz}$ ) continuous band lasting about 10 minutes with right-handed or left-handed polarization.

MCBr: Intermediate continuous band ( $8\text{Hz} < f < 40\text{Hz}$ ) with right-handed polarization and with enhancement and cut off at the low frequency border. There is a type having similarity to the right-handed band waves lasting more than a few tens minutes in the magnetosheath.

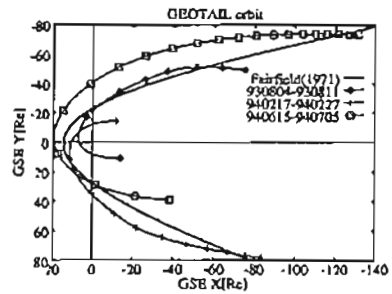
DGSr: Intermediate and high frequency emission with right-handed polarization and with discrete impulsive structure lasting one minute

or less, which looks like group of thin vertical bars. There are sub-categories in the spectral feature of long bars, short bars and thick bars.

Summary for the two orbit periods

[August 04-11, 1993, in the morning side] Aug. 04; just in the up-stream of shock crossings LCBrl's are found. Aug. 05; Intense DGSr's appear just in the upstream and following a few hours. Two LCBrl's are registered. Aug. 06; plenty of DGSr's are observed and their enhancements are weakly correlated with LCBrl below 4 Hz. Aug. 07; DGSr and LCBrl just in the up-stream of several times of shock crossings. MCBrl's are relatively high in the frequency and intense. Aug. 08; mostly in the up-stream and DGSr almost steadily lasts occasionally in association with LCBrl. Aug. 09; only brief time in the up-stream DGSr shaped emissions in high frequency are observed in the in the magnetosheath.

[February 18-27, in the afternoon side] Feb. 18,19; weak DGSr of short bars occasionally associated with LCBrl. Feb.20; DGSr's and MCBrl. Feb.21; Unusually intense and frequent MCBrl's. Feb. 22; frequent shock crossings and LCBrl's are observed up to 10 Hz probably due to intense total magnetic field as much as 15 nT in the up-stream. Feb. 23, 24; LCBrl's in high frequency.



## A41-P44 The occurrence of ELF waves in the magnetotail and in the magnetosheath : GEOTAIL observation

\*H.Matsui, K.Hayashi

Department of Earth and Planetary Physics, University of Tokyo  
T.Yamamoto, K.Tsuruda

Institute of Space and Astronautical Science  
S.Kokubun

Solar Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University

Occurrence of ELF(3~50[Hz]) waves observed by GEOTAIL MGF search coil magnetometer is investigated statistically with focus on polarization in the magnetotail and in the magnetosheath. The period of the data set used here is 17 months from Sep. 1992 to Feb. 1994. Figure shows the occurrence frequency of the waves deduced from power spectral density for  $-100 < x < -10[\text{Re}]$  region in modified GSM coordinate system. Waves are widely observed in the outer region beyond 20[Re] from the center of the magnetotail and less frequently observed in the low |z| region, and they correspond to the magnetosheath and the plasma sheet region, respectively. The occurrence frequency of waves in the magnetotail lobe is much smaller than one in the plasma sheet region. The magnetotail (lobe) and the magnetosheath is bounded clearly in the near earth region and the estimated tail radius is about 20[Re]. But the boundary becomes less clear beyond 100[Re] from the earth in reference of wave characteristics, and the magnetotail and the magnetosheath seem to be mixed.

The waves are discriminated between right-hand polarized waves and linearly-polarized waves. In the magnetosheath, both types of waves are more frequently observed in the near earth region than in the distant tailward region, whereas quasi-linearly polarized waves are more dependent on the distance from the earth than right-hand polarized

waves. Dependency in the radial direction also exists for linearly polarized waves. The linearly polarized waves are more frequently observed as the distance from the center of the magnetotail becomes larger. This fact suggests that the source of the linearly polarized waves are in the bow shock region or that there are plasma flows for generating waves from the bow shock region.

We can classify spacecraft positions into the magnetosheath, the plasma sheet region and the tail lobe with density information from EPD single probe data and magnetic field variation information from MGF fluxgate magnetometer data. The occurrence of waves will be shown more precisely for each region.

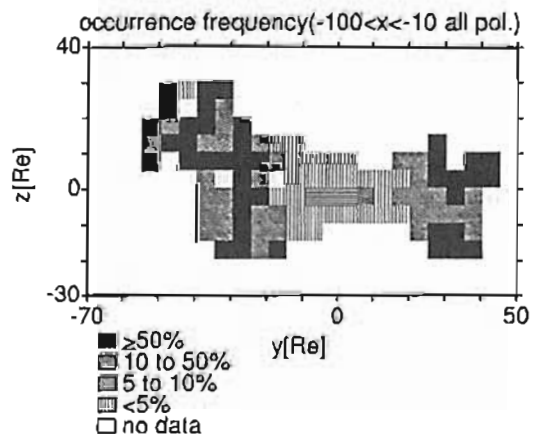


Figure. The occurrence frequency of the waves for the near earth region ( $-100 < x < -10[\text{Re}]$ ). The data are shown for each  $5 \times 5[\text{Re}]$  bins.

A41-P45 昼側マグネトポーズで観測された

コーラスエミッションの伝播特性解析

長野 勇<sup>1</sup> 八木 聡<sup>2</sup> 堀崎 隆広<sup>3</sup> 筒井 俊<sup>2</sup> 橋本 弘成<sup>3</sup> 松本 雄<sup>4</sup> 小嶋 浩明<sup>5</sup>  
 A. T. Y. Lui<sup>2</sup> D. J. Williams<sup>5</sup>

<sup>1</sup>金沢大工 <sup>2</sup>京都産業大 <sup>3</sup>東京電機大 <sup>4</sup>京大電研

<sup>5</sup>APL, The Johns Hopkins University

Propagation Characteristics of Chorus Emissions Observed by GEOTAIL at the Dayside Magnetopause

<sup>1</sup>I. Nagano<sup>1</sup>, <sup>2</sup>S. Yagihara<sup>2</sup>, <sup>3</sup>T. Shiozaki<sup>3</sup>, <sup>4</sup>M. Tsutsui<sup>4</sup>, <sup>5</sup>K. Hashimoto<sup>5</sup>,

<sup>6</sup>H. Matsumoto<sup>6</sup>, <sup>7</sup>H. Kojima<sup>7</sup>, <sup>8</sup>A. T. Y. Lui<sup>2</sup>, and <sup>9</sup>D. J. Williams<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Kanazawa University, <sup>2</sup>Kyoto Sangyo University, <sup>3</sup>Tokyo Denki University,

<sup>4</sup>RASC, Kyoto University, <sup>5</sup>APL, The Johns Hopkins University

The GEOTAIL spacecraft has observed many chorus emissions at the skinning of the dayside magnetopause. Most of the chorus emissions observed were rising tones and structures, while sometimes hooks and few distinct falling tones existed. Five electromagnetic waveforms acquired by the Wave Form Capture (WFC) on the Plasma Wave Instrument (PWI) onboard GEOTAIL are used to calculate k vectors for each of the chorus emissions. The k vectors for a typical falling tone are confined within 20° off the geomagnetic field line, while those for typical rising tones and hooks have broader angular distributions with respect to the geomagnetic field line. We will present a detailed analysis of propagation characteristics for the chorus emissions observed along the dayside magnetopause, comparing it with energetic electrons (>34 keV) during the WFC observations, observed by the Energetic Particle and Ion Composition instrument (EPIC) onboard GEOTAIL.

現在までに、GEOTAIL 衛星は何回か昼側マグネトポーズを skimming しているが、その全ての軌道において、非常に強いコーラスエミッションが観測されている(図1の実験部分)。それらはほとんど Rising Tone および Structureless であるが、時々 Hook も観測されており、ごく稀には Falling Tone も存在している。

GEOTAIL 衛星に搭載されているプラズマ波動観測装置 (PWI) の波形捕獲装置 (WFC) を用いて、いくつかのコーラスエミッションに対する電界2成分および磁界3成分の波形が観測されている。これら電磁界5成分の波形情報を用いることにより、各コーラスエミッションに対するホイスターモード波のkベクトルの方向を厳密に計算することができる。

図2に、1997年10月17日に昼側マグネトポーズで観測されたコーラスエミッション (Falling tone) の一例を示す。(a)は8.7秒間のダイナミックスペクトル、(b)はその Falling tone におけるkベクトルと地球磁場とのなす角度の分布を示す。Falling tone に対しては、kベクトルは地球磁場に対して20°以内でほとんど平行になっている。これに対して、Rising tone や Hook などにおいては、kベクトルはより地球磁場の周りに広がる傾向がある。このようなkベクトルの角度分布などを解析することにより、コーラスの到来方向などの伝播特性、ひいては発生領域の情報を定量的に得ることが

可能となる。

発表では、各コーラスエミッションに対する詳細なkベクトルの解析結果を紹介し、GEOTAIL 衛星搭載の EPIC (Energetic Particle and Ion Composition instrument) により同時観測された 34 keV 以上のホットな電子分布の情報との比較を行なって、昼側マグネトポーズにおけるコーラスエミッションの伝播特性を議論する予定である。

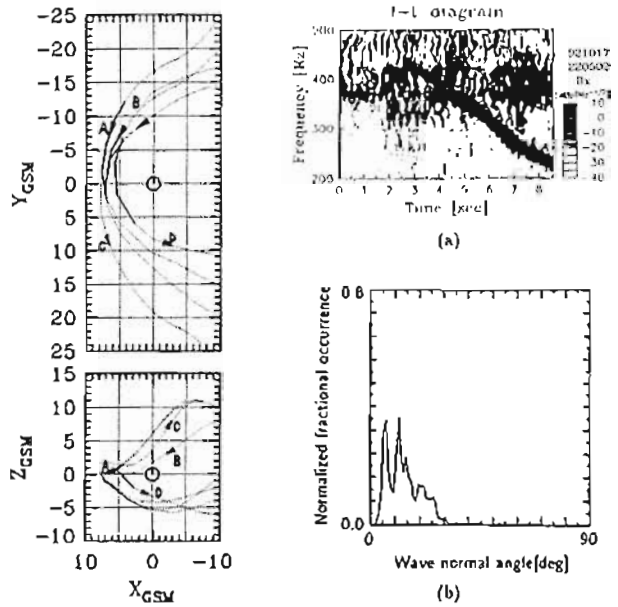


図1 コーラス観測時の GEOTAIL 図2 1997年10月17日に観測された衛星の軌道。 Falling tone の (a) ダイナミックスペクトルおよび (b) kベクトルの地球磁場とのなす角度の分布  
 A: 1992/10/17-18  
 B: 1992/11/4-5  
 C: 1993/4/29-30  
 D: 1993/8/25

A41-P46

Dayside and nightside observations of the low-latitude boundary layer

M. Fujimoto (Dept. Phys., Nagoya Univ., Chikusa, Nagoya 464-01)

A. Nishida, T. Mukai, Y. Saito, T. Yamamoto (ISAS)

T. Terasawa, M. Nakamura, H. Kawano, M. Hirahara (Dept. Earth and Planetary Physics, Univ. of Tokyo)

S. Machida (Dept. Geophys., Kyoto Univ.)

S. Kokubun (STEL)

Because of its importance, intense observational studies of the low-latitude boundary layer (LLBL) have been done to understand its structure and dynamics. The studies so far, however, have been made only in the dayside portion of it, since the data have been provided by the near-earth orbiting satellites. Because the Geotail has its apogee far down in the tail, we are able to analyse the data obtained in the nightside LLBL. In addition, as its orbit is designed so as to skim along the average magnetopause, detailed analysis of the dayside LLBL is also possible. In this paper, taking these advantages, two datasets of the LLBL are studied. One is obtained on the duskside flank at  $X \sim -30 R_E$ . The region there is found to consist of two layers, the outer BL which is sheath-like, and the inner BL, sandwiched between the outer and the plasma sheet. In contrast to the outer, the inner BL is almost stagnant and is filled with bi-directional electrons with energies < 100 eV. The plasma sheet ions are also detected in this region. Reconnection between the outer BL and the plasma sheet field lines is a possible mechanism for its formation. A report on the detailed analysis of the other dataset from the morning-side LLBL will also be given.

A41-P47 遠尾部磁気圏境界面の構造

山本 達人・向井 利典・斎藤 義文・西田 篤弘 (宇宙研)  
町田 忍 (京大理)・寺沢 敏夫・平原 聖文 (東大理)・隈分 征 (名大STE研)

Structure of Distant Tail Magnetopause: GEOTAIL Observations

T. Yamamoto, T. Mukai, Y. Saito, A. Nishida (ISAS),  
S. Machida (Kyoto Univ.), T. Terasawa, M. Hirahara (Univ. Tokyo)  
S. Kokubun (STE Lab., Nagoya Univ.)

The magnetopause structures in the distant magnetotail are discussed by using GEOTAIL magnetic field and plasma data, with a focus upon plasma/momentum transfer across the boundary. The magnetopause often shows tangential discontinuities, but this is not always the case. We often see hot plasma sheet particles which directly face with the magnetosheath plasmas.

磁気圏遠尾領域でのシースとの境界は、シースからのプラズマ粒子・運動量の輸送を通して、磁気圏遠尾構造の維持・尾部領域のプラズマの起源に対し、重要な役割を持つと考えられる。この様な視点から、GEOTAILのデータの解析を現在行っている。解析手法としては磁場・プラズマデータをもとに境界面の法線方向を決定し、境界面の傾き/運動・境界面を通してのプラズマの流出入を観測的に明らかにする事に主眼を置いている。

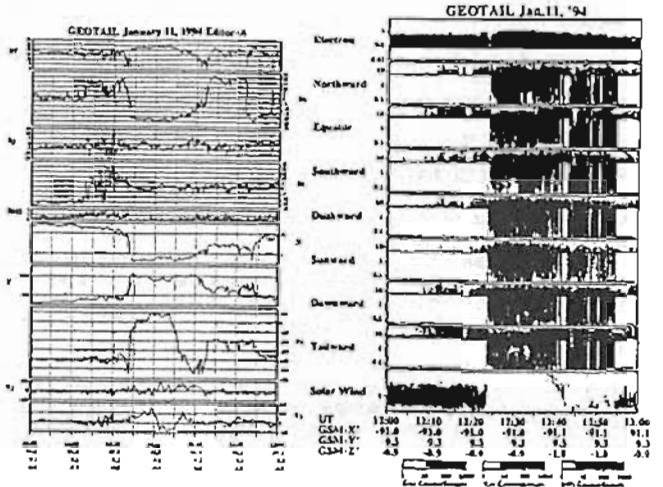
GEOTAILの軌道の関係上、低緯度の境界(近地球での低緯度境界層の延長と理解出来る領域)でのクロッシングが多い事もあり、磁場・プラズマで見た境界面は見かけ上、色々の形態をとるものが観測されている。定性的にみた境界面の構造としては、現在まで以下の様なものが確認されている。

- 境界の内側でテイルワードに流れる高密度低速プラズマが非常にしばしば観測される。このプラズマはシースプラズマが減速されて進入している様にも見られるが、しばしば同時に加速されて進入していると思える成分が存在する観測例もある。後者は磁気圏内の高速プラズマと必ずしも連続的につながっている訳ではなく、境界面付近での加速を示唆している様である。
- 磁場・プラズマで見ると境界面は多層構造をなす事が多い。その場合、内側はタンジェンシャルな境界、外側にローテーション的な境界である事が多い。境界面を通してのプラズマの流出入の方向は観測例により多様であり、現在の所境界条件による差異は明白ではない。
- 境界付近のシース側で磁場の大きい擾乱と加熱されたプラズマがしばしば同時に観測される。磁気圏内には同じ様な温度をもったプラズマは必ずしも観測はされない。これらのプラズマは境界面付近のシースでローカルに加熱されたものであるか、より地球に近い領域で磁気圏から流出したものと推察される。

・プラズマシートの高温プラズマが直接シースプラズマと接している観測例が多くある。これは、サブストームに伴うプラズモイド的な構造が夕方側或いは朝方側の尾部境界面に達し、シースに吹き出したものを観測していると考えられる。

下図に高温プラズマが直接シースプラズマと接している例を示す。左にGSM系での磁場・プラズマの諸量、右は衛星座標(座標はほぼGSE)でのE-Uダイアグラムである。12:24 UTに衛星はシース領域からいきなり高温のプラズマ領域に突入している。この時衛星はX=9.1 REの夕方側でZの小さい所に位置していた。シース側では12:10 UT頃より、磁場の激しい擾乱と加熱されたプラズマが観測され、また、磁気圏側では12:35まで高温のプラズマとシース起源と思われる低温で反地球方向に流れるプラズマの混在した領域が見られる。この例では、境界面を通してのプラズマの流出入はあまり大きくないが、一般的に遠尾領域で高温のプラズマシートプラズマが直接シースプラズマと接する事があるという観測は、シースプラズマのプラズマシートへの流入・プラズモイドの反地球方向への運動に対し、重要な事実といえる。

境界面の傾き/運動・境界面を通してのプラズマの流出入を含め解析結果の報告を行う。



A41-P48

GEOTAILによるマグネトポーズの形状決定

大久保 天、山本 達人、向井 利典、斎藤 義文 (宇宙研)  
隈分 征 (名大STE研) 町田 忍 (京大理)

Identification of the magnetopause based on GEOTAIL data

T. Ohkubo T. Yamamoto T. Mukai Y. Saito (ISAS)  
S. Kokubun (STE Lab., Nagoya Univ.) S. Machida (Kyoto Univ.)

GEOTAIL satellite has been making observations in the distant magnetotail since September 1992, and gives us a comprehensive data set with high time resolution.

We investigated what criterion we should use for the identification of the magnetopause boundary in the magnetotail by GEOTAIL data. Then, we study shape of magnetopause in the magnetotail.

地球磁気圏境界における物理過程の研究は磁気圏内部への太陽風の粒子、運動量、エネルギーの流入出を決定するために重要である。特に磁気圏尾部での物理過程はオーロラを代表とする磁気圏諸現象を引き起こす太陽風からのエネルギーのとりこみ、貯蔵という意味で重要である。

1992年9月以来 現在まで GEOTAIL 衛星は磁気圏尾部のデータを取り続けている。とくにイオンの高時間分解能のデータは磁気圏尾部に対して新しい知見をもたらしつつある。

地球磁気圏境界は地球の昼側に関しては過去に観測データが

得られているものの、磁気圏尾部を主目的とした本格的な観測は GEOTAIL 衛星がはじめてである。本研究では GEOTAIL 衛星のデータを用いて磁気圏尾部での基本的な性質を明らかにすることを目的とする。特に磁気圏境界面の性質について検討する。

具体的に磁気圏境界の1つの判断基準の方法として、LEPの太陽風データを用いた。地球の昼側においては、最も単純なモデルとして、太陽風の動圧と磁気圏の磁場の圧力との釣り合いにより磁気圏境界面は決定される。このモデルを仮定すると、磁気圏内はプラズマが希薄であると考えられ、その境界は太陽風粒子のフラックスの急激な変化によって判定される。しかし、磁気圏尾部において、その境界面はほぼ太陽風の速度方向にほぼ平行であると予想される(単純には太陽風粒子の熱運動による圧力と磁場の圧力が釣り合う。)ので、昼側と同様な判断基準をもって磁気圏境界を評価してよいものか検討を必要とする。我々はまず、太陽風粒子のフラックス変化により磁気圏境界を評価し、磁気圏尾部におけるマグネトポーズの決定を考察した。さらに磁場のデータをも用いて検討を進めている。

Right-handed ion/ion resonant instability in the plasma sheet boundary layer: GEOTAIL observation in the distant tail.

H. Kawano, \*M. Fujimoto, T. Mukai, T. Terasawa, T. Sugiyama, T. Yamamoto, Y. Saito, S. Machida, S. Kokubun, and A. Nishida

Geotail has been observing magnetic waves with periods of 9 - 40 s in the magnetotail. Preliminary analysis of the waves with 3-s magnetic field data shows that the waves tend to be propagating parallel to the ambient magnetic field and to have a right-handed polarity. Tsurutani and Smith [GRL, 1984, p331] and Tsurutani et al. [JGR, 1985, p12159] identified similar waves in the data of ISEE 3, and suggested that the waves were caused by tailward streaming ion beams in the plasma sheet boundary layer (PSBL) through the right-handed ion/ion resonant instability. However this interpretation was not necessarily decisive since the properties of the beam ions were deduced from the data of the high energy particles, not directly taken from those of the low energy ions.

An excellent example of the right-handed ion/ion resonant instability is observed on October 8, 1993, when Geotail was in the distant tail of  $X_{GSM} = -142R_E$ . Preceding and following a passage of a plasmoid, magnetic noises having a right-hand circular polarity with the frequencies around the proton cyclotron frequency are detected. Especially, the event after the passage lasted for more than 10 min., and the ion plasma in this boundary layer was composed of a tailward streaming cold dense plasma and a warm tail-

ward beam coming presumably from the plasma sheet, drifting at 1000 km/s relative to the former along the field line. We have used this distribution as a source function for a linear Vlasov analysis, and confirmed that the generation mechanism of the waves can well be explained in terms of the resonant interaction with the beam.

Statistical analysis of the waves is also under way to survey the nature of the waves in more detail. So far we have visually identified more than 100 wave events having periods of 9 - 40 s in the 3-s magnetic field data of Geotail. Spatial distribution of the wave events, distribution of wave periods, propagation directions, and rotational polarities are surveyed and presented at the meeting. We are also interested in whether or where we can find waves associated with earthward-streaming ion beams.

A41-P50 磁気圏遠尾部 (X~200Re) で観測された薄い current sheet の構造

\*篠原育, 寺沢敏夫 (東大理), 向井利典, 斎藤善文 (宇宙研), 町田忍 (京大理), 他LEPグループ, 山本達人 (宇宙研), 関分匠 (STE研), 他MGFグループ

Observation of the thin current sheet in the distant magnetotail (X~200Re)

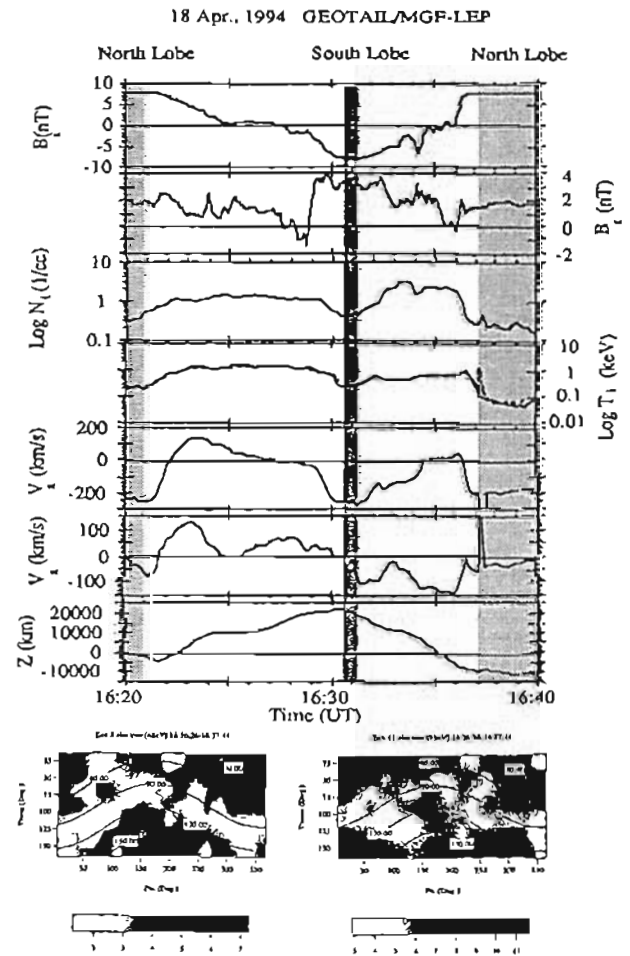
\*O. Shinohara, T. Terasawa (Univ. of Tokyo), T. Mukai, Y. Saito (ISAS), S. Machida (Univ. of Kyoto), LEP group, T. Yamamoto (ISAS), S. Kokubun (STE Lab.), and MGF group

GEOTAIL satellite often observed a fast transition between the north and south lobe in the distant magnetotail. We select such current sheet transition events and estimate thickness of the current sheet.

94年4月に GEOTAIL 衛星は地球から約 200 Re の位置で磁気圏尾部の current sheet を観測した。この観測では、数分以内に current sheet を横切って、南の lobe から北の lobe、あるいは、北から南へとぬけることがしばしば観測された。本研究では、そのような current sheet を横切って反対側の lobe へ衛星がぬけるような観測例を選び出し、current sheet の厚さの推定と current sheet の電流について解析をおこなう。

右図は、94年4月18日に観測された current sheet crossing の観測例である。16:20 から16:31 にかけて衛星が北の lobe から南の lobe へぬけ、16:32 から16:37 にかけて再び南から北の lobe へ衛星が戻ってきた例である。上から7枚目の panel はLEPで計られたプラズマの  $V_z$  を積分して得られた Z 方向の相対的な移動距離である。これによると current sheet の厚さは約 3 No である。

下の2枚の panel には energy channel が 48, 93 eV の electron の pitch 角分布を示す。1回目の crossing に対応する部分では electron の磁力線方向への bi-streaming が観測されており、electron の curvature current の cross-tail current への寄与が示唆されている。以下では、異方性 electron の出現頻度と current sheet の厚さとの関係について議論をおこなう予定である。



# A Possible Tail Current Disruption Event in the Middle-Distance Magnetotail: GEOTAIL Observation

寺沢敏夫<sup>1</sup>, 斎藤義文<sup>2</sup>, 向井利典<sup>3</sup>, 前沢潤<sup>4</sup>, 平原聖文<sup>1</sup>, 中村正人<sup>1</sup>, 町田忍<sup>1</sup>, 山本達人<sup>2</sup>, 長井嗣信<sup>3</sup>, 園分征<sup>4</sup>, 西田篤弘<sup>1</sup>, 東大理<sup>1</sup>, 宇宙研<sup>2</sup>, 名大理<sup>3</sup>, 京大理<sup>4</sup>, 東工大理<sup>5</sup>, 名大STE研<sup>6</sup>

<sup>1</sup>T. Terasawa<sup>1</sup>, Y. Saito<sup>1</sup>, T. Mukai<sup>1</sup>, K. Moezawa<sup>2</sup>, M. Hirahara<sup>1</sup>, M. Nakamura<sup>1</sup>, S. Machida<sup>1</sup>, T. Yamamoto<sup>2</sup>, T. Nagai<sup>3</sup>, S. Kokubun<sup>3</sup>, and A. Nishida<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>DEPP, U. Tokyo, <sup>2</sup>ISAS, <sup>3</sup>Dept. Phys. Nagoya U., <sup>4</sup>Dept. Geophys. Kyoto U., <sup>5</sup>Dept. Earth and Planet. Sci., Tokyo Inst. Tech., <sup>6</sup>STEL, Nagoya U

On January 14, 1994 GEOTAIL was in the middle-distance magnetotail around (X,Y,Z)=(-96, +9, -4) Re in the GSM coordinate, where we observed a tailward-to-earthward ion flow reversal at 1450 UT within the plasma sheet (Fig. 1a and b). We can interpret this ion flow reversal in terms of the passage of an X-type reconnection region retreating tailward. A unique feature of this X region encounter is the observation of counter-streaming ions (<40 keV/q) and electrons (< several keV): In Fig. 1c, the difference

$$dV_x = (V_{x,ion}) - (V_{x,ele}),$$

is shown. Between 1445 and 1447 UT,  $(V_{x,ion}) < 0$  (tailward) and  $(V_{x,ele}) > 0$  (earthward) so that  $dV_x < 0$ . After the ion flow reversal (to earthward) the electrons flowed tailward between 1452 and 1457 UT so that  $dV_x$  became positive. The behaviors of the ions and electrons were normal and there was no significant difference in their bulk velocities for the whole period of the same day (14-20 UT when the plasma and magnetic field data were available) except the above intervals. We interpret these velocity differences between ions and electrons in terms of a field aligned current generation process expected to occur at the dawnward edge of the tail current disruption event.

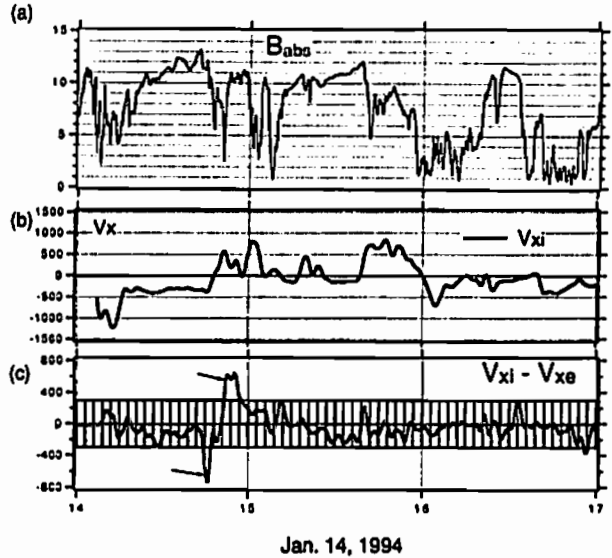


Fig. 1a (top): Magnitude of the magnetic field |B|. The interval when  $|B| < 8-10$  nT indicated that GEOTAIL was in the plasma sheet. Fig. 1b (middle): X component of the ion bulk velocity. Fig. 1c (bottom): Difference in the X components of ion and electron bulk velocities,  $dV_x$ . Owing to the statistical fluctuation, difference with  $|dV_x| < 300$  km/s is not statistically significant (hatched). A valley ( $\sim 1446$  UT) and a peak ( $\sim 1452-53$  UT), both pointed by arrows, showed existence of field aligned currents..

## A41-P52. 磁気圏尾部における Continuum Radiation の特性

梶岡剛次<sup>1</sup>, 長野 勇<sup>1</sup>, 八木谷 聡<sup>1</sup>, 橋本弘康<sup>2</sup>, 松本 敏<sup>2</sup>, 小嶋 浩明<sup>3</sup>, PWI team  
<sup>1</sup>金沢大工, <sup>2</sup>東京電機大, <sup>3</sup>京大超高層

### Characteristics of Unusual Continuum Radiation in the Magnetotail

<sup>1</sup>O. Kakehi<sup>1</sup>, I. Nagano<sup>1</sup>, S. Yagitani<sup>1</sup>, K. Hashimoto<sup>2</sup>, H. Matsumoto<sup>3</sup>, H. Kojima<sup>3</sup>, PWI team  
<sup>1</sup>Kanazawa Univ., <sup>2</sup>Tokyo Denki Univ., <sup>3</sup>RASC, Kyoto Univ.

#### Abstract

Continuum Radiation (CR) with two distinct band structures was observed in the tail lobe region by the Sweep Frequency Analyzer (SFA) onboard GEOTAIL. A snap shot of the f-t diagram taken by the Wave Form Capture (WFC) reveals a possibility that the lower band emissions of the CR is generated by mode conversion from  $(n + \frac{1}{2})$ th electron cyclotron harmonic waves. In order to confirm this, we solve a hot plasma dispersion equation using particle data observed simultaneously with the CR.

Continuum Radiation (CR) は、放射線帯の外側、朝側の磁気赤道近傍に発生源を持ち、磁気圏内を伝播する電磁波であるといわれている。CR の周波数スペクトルは地球周辺では 500kHz~100kHz 以上に広がり、太陽風の電子密度によるプラズマ周波数より高い周波数の escaping 成分と、それより低い周波数の trapped 成分に分けられる。trapped 成分の下側周波数はその領域のプラズマ周波数を表すといわれている。

GEOTAIL 衛星は、1993/1/26 に地球から 90 $R_E$  離れた磁気圏尾部のロープを飛行しており 12:40~13:10[UT] にかけてプラズマシート、プラズマシート境界層 (PSBL) を横切った。図 1 は周波数掃引受信器 (SFA) によって観測された電界の周波数スペクトルである。Trapped CR が 1~4kHz と 0~20kHz の 2 つの明確なバンド構造を持っていることが分かる。これは 1~4kHz と 0~20kHz の波動的発生源が異なる可能性を示唆している。また、1~4kHz の波動的強度は、400Hz の狭帯域の波動的強度と相関がある。図 2 は、波形捕捉受信器 (WFC) によって観測された 8.7 秒間の電界のダイナミックスペクトルである。図の下の方の矢印はアンテナが地球磁場と平行になった時を表す。また、周波数軸に示された  $n/f_H$  は電子サイクロトロン周波数とその n 倍高調波を表す。図 1、図 2 に共に見られる 400Hz の波動的強度は丁度  $f_H$  と  $2f_H$  の間にあることが分かる。図 2 の 1.5~2.4kHz に広がるハーモニック構造の波動的強度もまた電子サイクロトロン高調波 ( $n/f_H$ ) の間にあることから、これらが  $(n + \frac{1}{2})f_H$  高調波に相当するこ

とが分かる。また、 $(n + \frac{1}{2})f_H$  高調波はプラズマ周波数の近くで強くなることが知られているため、図 2 のプラズマ周波数はおよそ 1.5~1.8kHz であるといえる。

GEOTAIL 衛星に搭載されている磁界センサの感度がこれらの電界に相当する磁界を受信するには十分でないため、残念ながら観測された波動的強度が静電波か、電磁波かを決定することは出来ないが、地球近傍のプラズマボーゾの外側で観測された波動的強度から [1][2], 400Hz の  $\frac{3}{2}f_H$  に相当する波動的強度は 1.5~2.4kHz に広がるハーモニック構造の波動的強度であると推測できる。また、図 1 における CR の上側のバンドと下側のバンドの発生源が異なること仮定すれば、図 2 の  $(n + \frac{1}{2})f_H$  高調波が磁気圏尾部のロープ領域における CR の低い周波数成分の発生源になっている可能性が高いといえる。もし、 $(n + \frac{1}{2})f_H$  高調波が CR の発生源になっているとすれば、PSBL において静電波から電磁波にモード変換されるメカニズムが働いていると考えられる。 $(n + \frac{1}{2})f_H$  の静電波が観測される時、イオンビームや電子ビームが存在していることが多い [2]。この時は、イオン、電子の速度分布を考慮したホットプラズマ仮説を考える必要がある。調旗発表では、観測された粒子のデータを用いることによって粒子の速度分布関数を決定し、ホットプラズマの分散関係式を解き、CR の磁気圏尾部での発生可能性について検討する予定である。

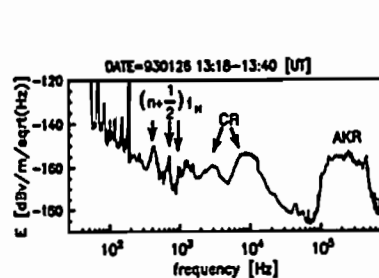


図 1 SFA による電界の周波数スペクトル

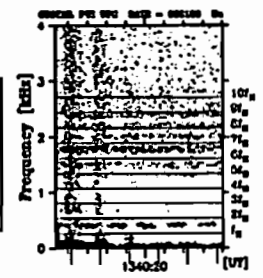


図 2 WFC による電界のダイナミックスペクトル

#### 参考文献

- [1] Gurnett and Shaw, JGR, 78, pp8136-8149, 1973
- [2] Gurnett and Frank, JGR, 81, pp3875-3885, 1976



A会場

10月21日(金)午後

# 磁気圏構造 2

(GEOTAIL) —続き—

## Magnetosphere 2 (GEOTAIL)

oral: A42-01~14

座長 松岡彩子 (宇宙研)  
平原聖文 (東大理)



プラズマシート境界層周辺でみられる

広・狭帯域静電波動:  
GEOTAILプラズマ波動観測

・ 筑波 聡<sup>1</sup> 松本 雄<sup>1</sup> 小嶋 浩嗣<sup>1</sup> R. R. Anderson<sup>2</sup> 大村 智治<sup>1</sup> 長野 勇<sup>3</sup>  
向井 利典<sup>4</sup> L. A. Frank<sup>2</sup> 町田 忍<sup>5</sup> 齋藤 義文<sup>6</sup> W. R. Paterson<sup>2</sup>  
山本 遼人<sup>4</sup> 園分 征<sup>4</sup>

(1) 京都大学超高周波電波研究センター (2) アイオワ大学 (3) 金沢大学工学部  
(4) 宇宙科学研究所 (5) 京都大学理学部 (6) 名古屋大学 STE 研究所

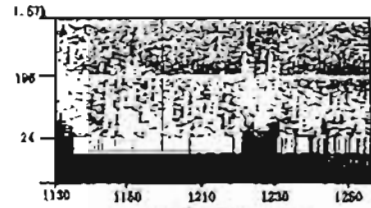
GEOTAIL observation of Narrowband Electrostatic Noise (NEN) in the plasmashet boundary layer

・ Satoshi Chikuba<sup>1</sup>, Hiroshi Matsumoto<sup>1</sup>, R. R. Anderson<sup>2</sup>, Yoshiharu Omura<sup>1</sup>,  
Hirotsugu Kojima<sup>1</sup>, Isamu Nagano<sup>3</sup>, Toshifumi Mukai<sup>4</sup>, L. A. Frank<sup>2</sup>,  
Shinobu Machida<sup>5</sup>, Yoshifumi Saito<sup>6</sup>, W. R. Paterson<sup>2</sup>,  
Tatundo Yamamoto<sup>4</sup>, Susumu Kokubun<sup>6</sup>

(1) Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University. (2) Univ. of IOWA  
(3) Univ. of Kanazawa (4) ISAS (5) Univ. of Kyoto  
(6) STE Lab, Univ. of Nagoya

In the plasmashet region, so called Narrowband Electrostatic Noise (NEN), as well as BEN, has been often observed with the Plasma Wave Instrument (PWI) onboard GEOTAIL spacecraft. The characteristics of NEN are different from those of BEN and are characterized as follows. (1) narrow bands approximately from 20Hz to 2KHz, (2) sinusoidal wave form, (3) dependence on spin, and (4) dependence of the central frequency on the local ion plasma frequency. Taking it into account that either cold ion beam or two types of ion flow whose energies are different from each other is detected when NEN is observed, ion acoustic instability and its associated wave can be responsible for the NEN generation. In the present paper, we will introduce the characteristics of NEN observed with GEOTAIL in the plasmashet and discuss its generation mechanism in terms of ion acoustic instability.

我々、GEOTAIL PWI team ではこれまで、プラズマシート境界層における広帯域静電波 (BEN) に対しての研究を行ってきた。WFC による実波形解析により BEN はスパイク状の波動 (ESW) であることがわかり、さらにその発生メカニズムも BGN モードにより説明しうるということが明らかになりつつある。またこれとは別に、BEN の観測される領域で BEN とは異なった波動特性をもつ狭帯域静電波も観測されてい



930529

図 1: SFA, MCA, WFC からみた狭帯域静電波

る。この波動は BEN と同様にプラズマシート境界層およびそのすぐ外側の Tail lobe 領域およびプラズマシート中で観測されている。この波動は  
(1) 狭帯域の静電波 (2) 波形は正弦波的 (3) スピン依存性がある  
(4) 中心周波数がイオンのプラズマ周波数に依存している  
などの特徴があり、これらよりイオン音波であると考えられる。また、この狭帯域静電波が観測される時の背景イオンのエネルギーの特徴としては  
(1) Cold-ion beam が存在。  
(2) 2種類のエネルギーをもつ Ion flow が存在。  
のどちらかであることが今回わかった。以上の特徴と波動特性の関係について考察し、その結果について発表する。

地球磁気圏尾部における SLOW-MODE SHOCK の観測

・ 齋藤 義文 (宇宙研) 向井 利典 (宇宙研) 町田 忍 (京大理) 平原 聖文 (東大理)  
寺沢 敏夫 (東大理) 西田 篤弘 (宇宙研)  
山本 遼人 (宇宙研) 園分 征 (名古屋大 STE 研)

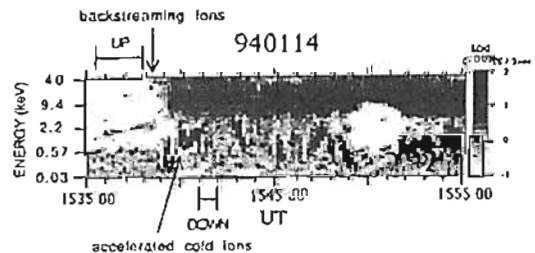
Identification of Slow-Mode Shocks in the Earth's Magnetotail

・ Y. Saito (ISAS) T. Mukai (ISAS) S. Machida (Kyoto Univ.)  
M. Hirahara (Univ. of Tokyo) T. Terasawa (Univ. of Tokyo)  
A. Nishida (ISAS) T. Yamamoto (ISAS) and S. Kokubun (STE Lab.)

We have identified slow-mode shocks between plasma sheet and lobe at the mid-tail to the distant-tail regions by using three-dimensional magnetic field data and three-dimensional plasma data including density, velocity, temperature, and heat flux of both ions and electrons observed by GEOTAIL satellite. At the upstream side of the slow-mode shocks, leakage of the electron heat flux is observed, and at the downstream side of the shocks, flat-top distribution functions of electrons are observed. We have found backstreaming ions at the upstream side of the slow-mode shocks, which may be important in understanding the dissipation mechanism of the slow-shocks in collisionless plasma. We have also found acceleration of cold ions between the upstream and the downstream of the slow-mode shocks which may reflect the kinetic structure of the slow-mode shock.

地球磁気圏は地球固有の双極子磁場と太陽風が相互作用することによって形成されている。地球磁気圏のリコネクションモデルは、この相互作用を磁力線のつながりかえによって説明しようとするものである。太陽風中の磁場が南向きになると、地球磁気圏前面で地球固有の磁場と反平行になり磁力線のつながりかえが起こる。つながり変わった磁力線は太陽風と共に地球磁気圏尾部に運ばれるが磁気圏尾部で再び北側から磁気圏尾部の中央部に入り込む磁力線と南側から入り込む磁力線が反平行となり、つながりかえを起こす。この磁力線のつながりかえが起こる場所は X-type neutral line と呼ばれているが、この場所を取り巻くプラズマシートとロープの境界は slow-mode shock となることが理論的に予測されている。本研究

では GEOTAIL 衛星を用いて地球磁気圏尾部、プラズマシート-ロープ境界の直接観測を行い、この境界が slow-mode shock であるかどうかの判定を行った。slow-mode shock の判定には、GEOTAIL 衛星搭載磁場観測器 MGF から得られる 3 次元の磁場データと低エネルギー粒子観測器 LEP から得られる 3 次元のプラズマ速度モーメント、具体的には電子とイオンの密度、バルク速度、温度、ヒートフラックスを用いた。ショック上流 (ロープ) とショック下流 (プラズマシート) の間で 1 次元 Rankine-Hugoniot の関係が成立するかどうかの判定をショック静止系で行い、その上でショック面に流入するプラズマの速度が  $V_{1s} < V_{1n} < V_{1md}$  かつ  $V_{2s} > V_{2n}$  ( $V_{1,2}$  はそれぞれショック上流、下流をあらわす。  $V_{1s}$  は slow-mode velocity,  $V_{1md}$  は intermediate velocity.) の関係式を満たすかどうかによって slow-mode shock の判定ができる。更に、境界が slow-shock であるとすると磁力線がプラズマシートとロープの間でつながっており、下流から上流へ電子のヒートフラックスが漏れ出すこと。また shock に存在する電場で電子が加速され、flat-top 型の分布がみられることなどが予測されるがこれらの点についても確認を行った。この結果 slow-mode shock と判定できた例のイオンの E<sub>h</sub> ダイアグラムを下図に示す。slow-mode shock の上流では、shock から上流に流れ出すイオンが観測され、またショックの上流と下流の間では、ロープでしばしば観測される cold ion の加速が観測された。これらのイオンの分布は slow-shock の dissipation mechanism や構造を反映しているものと考えられる。



940114

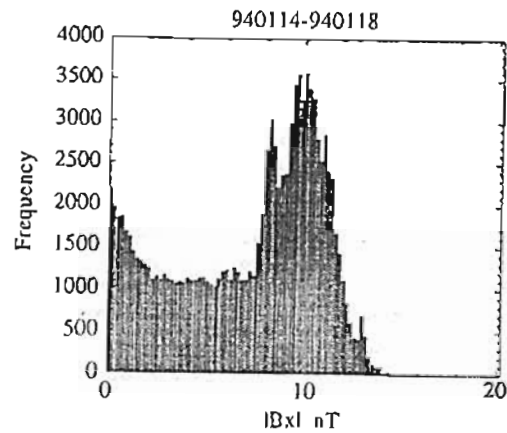
A42-03 Plasma Sheet Current Structure in Magnetotail: Doubly Humped Electric Current Sheet

° M. Hoshino, T. Yamamoto, T. Mukai, A. Nishida (ISAS), S. Kokubun (Nagoya Univ. STEL) and GEOTAIL Team

We discuss the structure of plasma sheet in the distant magnetotail observed by the GEOTAIL satellite. By taking an ensemble average of the magnetic field data in the magnetotail, we obtain that the statistical structure of the plasma sheet can be expressed as a doubly humped current sheet, which is quite different from the standard Harris-type current sheet. We also shortly discuss a possible model to explain the formation of the doubly humped current sheet.

The earth's magnetotail is confined to an approximately cylindrical volume due to the interaction between the solar wind and the earth's magnetic field, and the region of weak field and hot plasma which is known as the plasma sheet is formed in the equatorial plane. Such a plasma sheet used to be approximated by the Harris solution, which is known as an equilibrium solution in the Vlasov description. By looking at individual neutral sheet crossing of magnetic field data observed by satellites, however, one can find that the plasma sheet structure is complicated and is not simply described by the Harris-type solution. Main reason may be attributed to the irregular, flapping motion of the magnetotail probably excited by the external, turbulent solar wind pressure. The irregular, flapping motion makes the measurements of magnetic field structure complicate. However, if we could take an ensemble average of the neutral sheet crossing events, peculiar structures can be smeared out, and the statistical plasma sheet structure would be obtained.

Using magnetic field data during the GEOTAIL satellite covered the plasma sheet region, we make the histogram of frequency of occurrence distributions of the magnetic field. Since we may assume that the satellite can cover equally the plasma sheet regions by taking into account of many different types of the neutral sheet crossing events, the events number of the occurrence distribution of  $B_z$  should be proportional to the region size as a function of  $B_z$ . If the plasma sheet could be approximated by the Harris-type structure, the occurrence frequency should be almost equally distributed, except for the lobe region with about 10 nT. However, we can clearly observe two peaks of frequency both in the weak magnetic field regime and in the strong magnetic field regime, which correspond respectively to the neutral sheet region and the lobe region. We can conclude that the distribution having two peaks of the occurrence frequency suggests a doubly humped electric current sheet.



A42-04 遠尾尾における磁気圏対流

西田真弘\*, 向非利典, 山本達人, 斎藤雅文 (宇宙研)  
因分 征 (名大STE研), 町田 忍 (京大理)

Magnetospheric Convection in the Distant Tail

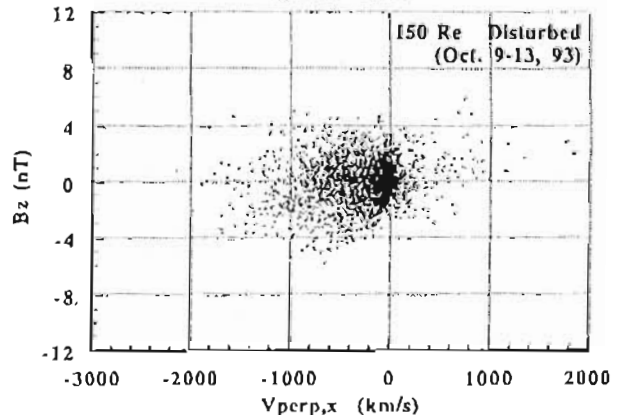
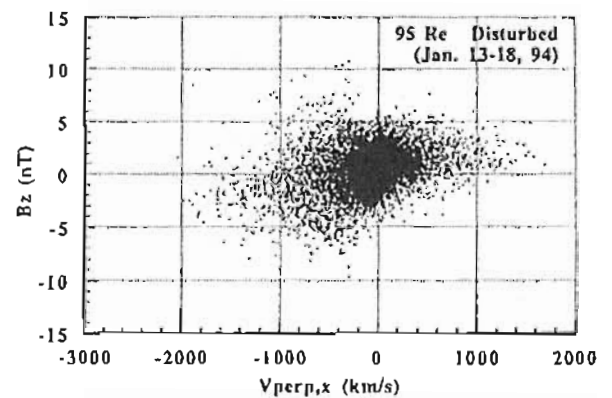
A. Nishida, T. Mukai, T. Yamamoto, Y. Saito (ISAS),  
S. Kokubun (STE lab), S. Machida (Kyoto Univ.)

Profile of magnetospheric convection in the distant tail at  $x = -75$  to  $200 R_e$  is studied with the combined MGF and LEP data of Geotail s/c for quiet ( $K_p = 0$  to 2) and moderately disturbed ( $K_p = 3$  to 5) times.

Geotail衛星データの組織的な解析によって、磁気圏尾尾における対流の様相を明らかにしたい。まず  $K_p$  指数を用いて静穏状態 (1日以上にわたって  $K_p = 0$  ないし 2の時) と中程度の擾乱状態 (1日以上にわたって  $K_p = 3$  ないし 5の時) を特定する。なるべく2日間以上にわたって同様の状態が継続し、IMFの  $B_y$  成分の日平均値の符号が一定に保たれていた期間を選ぶ。観測データが豊富に得られた領域は  $x = -75 R_e$  から  $-200 R_e$  の遠尾尾部である。プラズマのデータとしてはLEPによる1.2秒値のモーメント値を用いる。

付図は、中程度の擾乱時について、磁力線の速度の  $x$  成分と磁場の  $z$  成分をプロットしたものである。第一象限は「北向き磁力線の地球向きの流れ」に対応する。95  $R_e$  では「北向き磁力線の地球向き流れ」がかなりの割合 (38%) で存在するのに対して、150  $R_e$  ではその割合が非常に少ない (12%) ことから、distant neutral lineの位置が、多くの場合において、95  $R_e$  と 150  $R_e$  の間であることがわかる。また、150  $R_e$  における第二象限 [北向き磁力線の反地球方向の流れ] と第三象限 [南向き磁力線の反地球方向の流れ] の比較によって、開いた (open) 磁力線がどの程度 reconnectionによって閉じているかを知ることができる。

講演では、さらに擾乱時と静穏時の相違、中性面からの距離 ( $B_x$  によって表現) による対流特性の変化、南北の対称・反対称性、対流速度の  $yz$  面内成分、およびこれらのIMFの  $y$  成分への依存性、等について論ずる。



The effect of heavy ions on the slow shocks in the geomagnetotail

M. Nakamura<sup>1</sup>, M. Fujizoto and K. Maezawa  
 Department of Physics, Nagoya University, Nagoya, Japan

The effect of heavy ions on the slow shock, which is considered to accompany the reconnection in the geomagnetotail, is investigated using one-dimensional hybrid code simulation (ion particle, charge neutralizing massless electron fluid). When all ions are protons, the slow shock has an ion cyclotron wave train in its downstream region in accordance with the two-fluid theory. This wave train, however, is not observed by the spacecraft excursions in the geomagnetotail. Then we include Oxygen ions in the lobe population with the density fraction as small as 2% of the total. This results as follows: (1) An Alfvénic precursor is induced upstream of the slow shock by the kinetic effect of Oxygen ion and propagates ahead of the slow shock. (2) This Alfvénic precursor changes the state of the incident ions and disrupts the ion cyclotron wave train. A parametric

survey of this heavy ion effect is also made. These results suggest that the effect of heavy ions is one of the possible mechanisms which explain the discrepancy between two-fluid theory and the observations.

A42-06 シミュレーションから得られたプラズモイドの形---ジオテイル衛星データとの比較の可能性---

前沢 潤 (名古屋大), 西田 篤弘, 齋藤 義文, 向井 利典 (宇宙研)

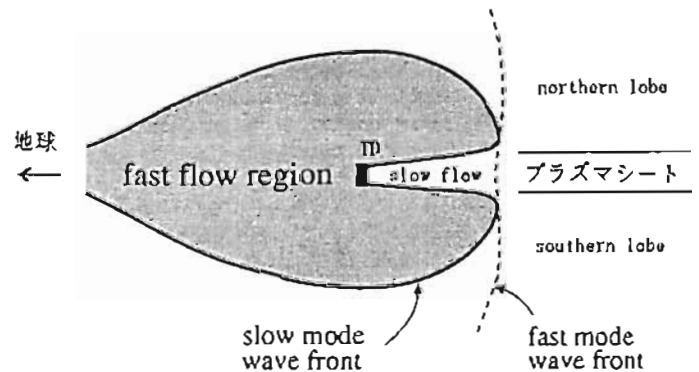
Characteristics of the Plasmoid Shape Obtained from MHD Simulation

K. Maezawa<sup>1</sup>, A. Nishida<sup>2</sup>, Y. Saito<sup>2</sup> and T. Mukai<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Nagoya University <sup>2</sup>ISAS

Characteristics of plasma flows initiated by a sudden enhancement of reconnection in a tail neutral sheet are studied by means of MHD simulation. It is found that, depending on the beta value of the plasma, the resultant plasmoid takes a characteristic shape that has a dip at the equator on the leading edge of the plasmoid. The formation of this dip is discussed on the basis of the propagation characteristics of the various MHD wave modes. Possibility of comparisons with the GEOTAIL observation is discussed.

MHDシミュレーションにより先に導いた、テイル中のプラズモイドの形や内部構造を、ジオテイル衛星のデータと比較できる可能性ができたので、もう一度その物理的意味を考察する。初期条件を完全に反平行の磁場とし、ニュートラルシートの中で急に電気抵抗を人工的に上げてリコネクションをおこすと、テイルのモデルにあるようなプラズモイドが形成される。このプラズモイドの成長をシミュレーションで追う。十分時間が経つと、プラズモイドの前面の形は、真ん中（ニュートラルシートの対称軸）にへこみをもつ銀杏の葉型になることがわかる。下図にその大まかな形とプラズモイドの構造をMHD不連続面

の性質から解釈できることを示す。ニュートラルシートの近くでは、アルフヴェン速度がおそく、プラズモイドを形どる Slow Wave の波面が強くカーブして、特徴的なへこみができる。プラズモイドの前面には fast mode の波面があり、プラズモイドの外側でゆるやかな変化を生じさせる。（これを lobe でみると TCR の始まりになる）。また、プラズモイドの内部には接触不連続面(TD)と、プラズマのβ値により、fast mode shock ができる。波面の向きを直接観測から出すことはむずかしいが、接触不連続面、fast shock、プラズモイド境界などでのプラズマや磁場のパラメータの変化をジオテイルのデータと比較することによってこのモデルの正しさを検証できる可能性がある。



GEOTAIL 衛星の AKR およびプラズモイド観測による  
磁気圏尾部のリコネクション点の推定

○村田 健史 (1) 小嶋 浩嗣 (1) 松本 敏 (1)  
長井 嗣信 (2) 山本 達人 (2) Roger Anderson (4)  
(1) 京都大学超高度電波研究センター (2) 東京工業大学理学部  
(3) 宇宙科学研究所 (4) アイオワ大学

Estimation of Tail Reconnection Points by AKR Onsets  
and Plasmoid Entries observed with GEOTAIL spacecraft

Takashi MURATA Hirotsugu KOJIMA Hiroshi MATSUMOTO  
Tsugunobu NAGAI Tatsundo YAMAMOTO and Roger ANDERSON  
(1) Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University,  
(2) Earth and Planetary Science, Tokyo Institute of Technology,  
(3) The Institute of Space and Astronautical Science  
(4) Department of Physics and Astronomy, The University of Iowa

Plasmoids and AKR (Auroral Kilometric Radiation) emissions detected by GEOTAIL are studied in conjunction to substorm onset. The observed plasmoids are assumed to be released at the near earth reconnection point and are ejected tailward at the onset of the magnetic substorms. The magnetospheric substorm onset is normally identified by a sudden enhancement of energetic particle flux on the geosynchronous orbit. We compared the substorm onset with AKR power flux measured by GEOTAIL Plasma Wave Instrument. During the pre-onset time of substorm, AKR power flux is often not zero but remains at low level. However the AKR power flux jumps up to a substantially high level at the time of substorm onset. Examination of the AKR activities revealed that the time of the sudden enhancement of the AKR power flux (AKR onset time) turns out to be consistent with the time of the energetic particle flux enhancement on the geosynchronous orbit. This indicates that the AKR intensity enhancement can be another good measure of the substorm onset. GEOTAIL often detects single or multiple plasmoids with a certain time delay after the substorm onset. Knowing the time of the substorm onset and those of the leading and trailing edges of the plasmoid, we could estimate the location of the earthside and tailside edges of the plasmoid at the time of the plasmoid release associated with the substorm onset: This earthside location is so-called a near earth X-point. For the estimation, however, we need to estimate the traveling speed of the plasmoid, which is more or less related to the Alfvén velocity on the passage of the plasmoid. To this end, we used a value of the local Alfvén velocity in the vicinity of the spacecraft. As a result of 9 event studies, the location of the earthside of the

plasmoid edge is distributed around  $x = -35 [R_E]$  in the GSM coordinates. These values show that the location of the plasmoid release is deeper down the tail than those estimated in previous studies. The size of the plasmoid are  $10 \sim 50 [R_E]$  in the  $x$  direction. The size does not depend on the GEOTAIL location indicating that the propagation velocity of the plasmoid does not vary significantly in the deep tail in the plasma sheet.

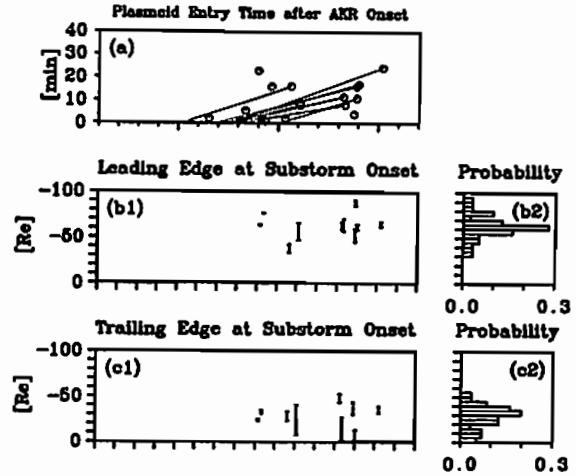


Fig. (a) Relation between the location where the GEOTAIL encounters plasmoids in the plasma sheet and the time of flight of the plasmoids. Circle marks are the time differences measured by AKR onset observed by the GEOTAIL spacecraft. The slope of each solid line is derived from the plasmoid velocity which is calculated from the  $|B|$  and plasma frequency at the head of the plasmoid. (b1) The bar represents a expected location of the tailside X-point. Each bar corresponds to each plasmoid event. The length of each bar comes from the ambiguity of propagation velocity estimation. (b2) Probability of tailside X-point location. One can see the location is mostly probably around -55 [Re] down the tail. (c1) The bar represents a expected location of the near earth X-point. Each bar corresponds to each plasmoid event as same as in panel (b1). (c2) Probability of near earth X-point location as same as in panel (b2). One can see the location is mostly probably around -35 [Re] down the tail.

A42-08 プラズモイド先端における粒子の  
速度Dispersion

○雅楽隆基, 前沢湧, 藤本正樹 (名古屋大), 道家忠義 (早稲田大)  
B. Wilken(MPAe), 寺沢敏夫 (東大), 斎藤義文, 向井利典 (宇宙研)

Velocity Dispersion at the Leading Edge of Plasmoid

○T. Uta, K. Maezawa, M. Fujimoto (Nagoya Univ.), T. Doke (Waseda Univ.), B. Wilken(MPAe), T. Terasawa (Univ. Tokyo), Y. Saito and T. Mukai (ISAS)

We report the results of velocity dispersion analysis of energetic particles observed at the leading edge of plasmoids by using Low Energy Particle (LEP) and High Energy Particle (HEP) measurements on board the Geotail spacecraft. Assuming only a time of flight effect, the source location is estimated from a theoretical fitting to the observed velocity dispersion. Fig.3 is an example of a successful fitting. However, a simple time of flight effect does not give a reasonable source location for most cases. It is suspected that the spatial structure of the plasmoid is equally important for making the observed dispersion.

GEOTAIL衛星に搭載されている低エネルギー粒子観測器 (LEP) と高エネルギー粒子観測器 (HEP) のデータを用いてプラズモイド到来時の粒子のVelocity dispersionについて調べた。粒子のtime of flightの効果によりdispersionが生ずるものとして、いくつかのイベントについてsource regionを求めてみた。Time of flightにより説明できる例が Fig. 1である。これは、1994年1月11日にLEP (<44 KeV) によって観測されたプラズモイドと思われるイベントのE-tダイアグラムである。(GSM-X -90.7 Re, GSM-Y 15.7 Re, GSM-Z -1.8 Re) 16:00頃プラズモイドに遭遇する直前の15:54 UT

頃から、電子のdispersion、その後、15:57 UT頃からイオンのdispersionが観測されている。Fig. 2は、HEPによって得られた粒子 (>30 keV) のカウントである15:56 UT頃から、粒子数が増大している。イオンのdispersionについて、縦軸を  $1/v$ 、横軸を電子増加からの時間にとりプロットした図がFig. 3である。これより求めたsourceの位置は、GSM-X 30.5Re付近である。しかし、time of flight では説明できないdispersionも多数存在する。これらはプラズモイドの空間的構造によるdispersionであると考えられる。

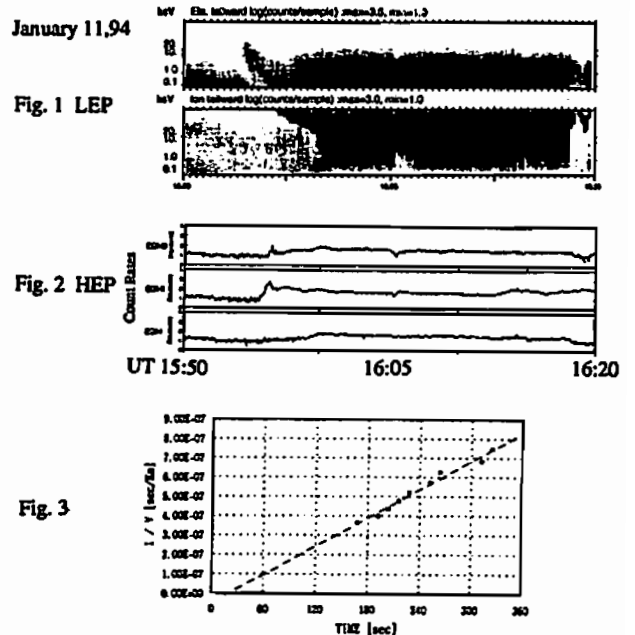


Fig. 3

Plasmoid on Average

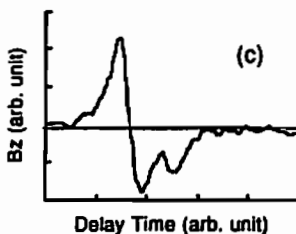
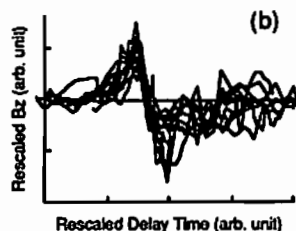
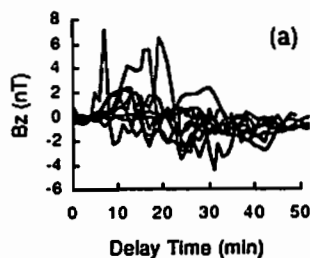
Y. Kazama<sup>1</sup>, T. K. Nakamura<sup>1</sup>, T. Nagai<sup>2</sup>,  
K. Amano<sup>1</sup>, T. Yamamoto<sup>1</sup>, and S. Kokubun<sup>3</sup>

- (1) Institute of Space and Astronautical Science, 3-1-1 Yoshinodai, Sagami-hara, Kanagawa 229, Japan
- (2) Dept. of Earth and Planetary Sciences, Tokyo Institute of Technology
- (3) Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University

A new fitting method has been developed and applied to the plasmoid observation by the GEOTAIL satellite. This method, which we call "soft fitting method", is regarded as one kind of least square method, and it can determine both the fitting function and fitting parameters at the same time.

Ten  $B_z$  bipolar structures observed right after substorm onsets [Nagai et al. 1994] are plotted in Figure (a) as an example. In each event, the time  $t = 0$  is the substorm onset time. By adjusting the scaling parameters with our method, we can rescale these events as shown in Figure (b). Averaging of these data gives the most probable picture of plasmoid  $B_z$  bipolar structure, which is plotted in Figure (c).

Reference: Nagai, T., K. Takahashi, H. Kawano, T. Yamamoto, S. Kokubun and A. Nishida, Initial Geotail survey of magnetic substorm signatures in the magnetotail, *Geophys. Res. Lett.* in press, 1994.



A42-10

GEOTAILによるプラズモイドの磁場構造-1

長井嗣信 (東工大)、高橋主衛 (STE研)、河野英昭 (東大)、山本達人 (宇宙研)、向井利典 (宇宙研)、國分 征 (STE研)、西田篤弘 (宇宙研)

Magnetic Field Structure of Plasmoid Observed with GEOTAIL -1

T. Nagai (Tokyo Int. Tech.), K. Takahashi (STE Lab.)  
H. Kawano (Univ. of Tokyo), T. Yamamoto (ISAS),  
T. Mukai (ISAS), S. Kokubun (STE Lab), A. Nishida (ISAS)

For plasmoid events (tailward plasma flows associated with substorms) in the magnetotail  $X < -50$  Re,  $B_z$  often shows a bipolar structure (70%). A half of the events have strong and regular  $B_y$  deflection. The core structure is not common (20% of the bipolar  $B_z$  events) and it is associated with the strong  $B_y$  deflection. The estimated tailward velocity of plasmoids is approximately 560 km/s and the estimated location of their generation is around -33 Re.

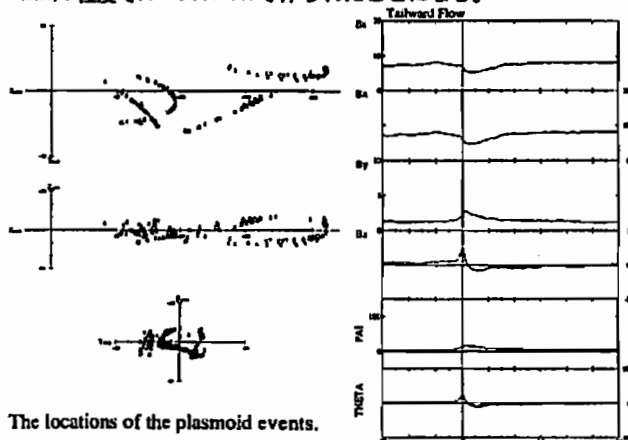
この論文は、磁気圏尾部においてサブストームに伴って作られるプラズモイドの三次元的な磁場の構造( $X < -50$  Re)を明らかにしようとする研究の一環である。

静止軌道と地上でのデータから決めた305のサブストーム(1993年9月-1994年2月の日本の夜間のもの)に対して、GEOTAIL LEPのプラズマ観測を調べてみる。これによると、45%はシースとその周辺にいて、38%はプラズモイド(tailward plasma flow)に遭遇し、17%は磁気圏内にいたにもかかわらずプラズモイドを観測していない。従って、プラズモイドは磁気圏尾部全体に影響を及ぼす大きさを持つとは限らないと考えられる。

プラズモイドの一般的性質を調べるため、LEPのデータからtailward plasma flowsの202例(上記のものとはonsetの正確な決

定はできないがサブストーム中のもの)について、その磁場構造を調べる。これらの75%でイベント中で $B_x$ の符号が変わることから、衛星はプラズモイドの中心近くに接近することがわかる。逆にこのことは、プラズモイドが反地球方向に進むとき、南北運動もしていることを示している。 $B_z$ については、70%がbipolar構造を持ち、5%が $B_z > 0$ のまま、14%が $B_z < 0$ となり、11%が不規則な変動を示す。また、 $B_y$ については、15%が $B_y > 0$ の変動を示し、22%が $B_y < 0$ の変動を示し、11%がbipolar変動を示すが、52%は5nT以下の変動しか示さない。ただし、 $B_y$ は必ず変動すると考えるべきもので、どのような規則性があるかを明らかにしなければならない。磁場強度に現われるcoreについては、bipolar- $B_z$ 構造をもつものの20%に見られるだけであり、強い $B_y$ の変動と対応している。

なお、サブストームのonset timeとtailward flowの到着時刻との差と衛星の位置から推定すると、プラズモイドの速度は560 km/s程度で $X = -33.1$  Reで作られたことになる。



The locations of the plasmoid events.

The average magnetic field variation for the plasmoid events.





Magnetotail configuration change during January 25, '93 storm

R. Nakamura, S. Kokubun, Y. Kamide (STEL/Nagoya Univ.)

T. Yamamoto, K. Tsuruda, A. Matsuoka (ISAS)

L.A. Frank, W. R. Paterson (Univ. Iowa)  
IDA Study Team

Using extensive ground-based magnetic field data and data obtained by GEOTAIL we have examined dynamical change of the tail during a storm which started on January 25, 1993. GEOTAIL was at  $X = -90 R_E$  near the center of the tail. Ground based magnetic field data are used to identify substorm and storm timings as well as the distribution of the associated current systems. The magnetic field magnitude at GEOTAIL increased up to 35 nT during the initial phase. During the main phase, during which several substorms took place, GEOTAIL entered frequently into the magnetosheath-like region. By performing minimum variance analysis we examined the normal angle to the boundaries. It is shown that the contribution of the solar wind dynamic pressure, and therefore the effect of flaring, becomes important only for the later magnetosheath entries. We discuss possible evolution of the magnetotail structure related to the storm/substorm disturbances.

Horizontal component of the high-latitude magnetograms, GEOTAIL magnetic field data of January 25 1993 are shown in Figure 2. The beginning of the main phase of a storm started around 1100 UT after compression. After the neutral sheet crossing at 0810 UT GEOTAIL entered into northern lobe with strong field (17 ~ 20 nT). In the auroral zone, weak negative bay started from ~0930 UT and onset of strong westward electrojet enhancement of ~500 nT took place from 1220 UT. GEOTAIL observed plasmoid signature from ~1140 UT and from 1330 UT, and tail field decreased. During the period of the subsequent electrojet enhancements, GEOTAIL observed several entries into a very dense plasma and disturbed field region such as around 1500 UT, 1530 UT, 1850-1905 UT, and 1940-1950 UT, which are identified as magnetosheath entries as indicated in the figure.

We examined the possible direction of the boundary during the magnetosheath crossing by performing a minimum variance analysis. Figure 2 shows the obtained normal vectors of the boundary. It can be seen that the boundary that was crossed before 1800 UT was nearly aligned to the X-Z plane, but the boundary afterwards significantly changed its direction. This systematic change in the boundary direction may suggest the accumulation of the flux of the tail, and therefore the importance of the dynamic pressure during this period. We further discuss the possible evolution of the magnetotail configuration during the storm period.

Acknowledgments. We thank T. Iyemori, K. Hayashi, K. Tomoto, H. Luehr, E. Friis-Christensen for providing ground magnetic field data.

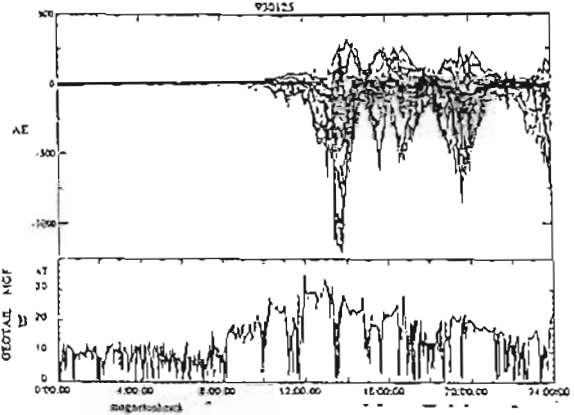


Figure 1 Horizontal component of the high-latitude magnetograms, GEOTAIL magnetic field data of January 25 1993

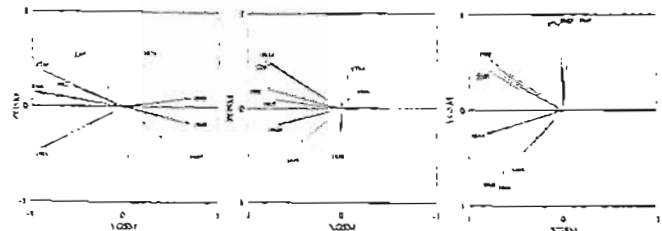


Figure 2 The normal vectors of the boundary associated with entries into the magnetosheath.

A42-14 磁嵐時の磁気圏尾部ローブ磁場変動

園分 征, 上出洋介, 中村ろみ (名大S T E研)

山本達人, 鶴田浩一郎, 向井利典, 西田篤弘 (宇宙研)

松本 純 (京大R A Sセンター)

Structures of the Distant Magnetotail During Magnetic Storms

Kokubun, S., Y. Kamide, and R. Nakamura (STEL Nagoya University)

T. Yamamoto, K. Tsuruda, T. Mukai, and A. Nishida (ISAS)

H. Matsumoto (RASC, Kyoto University)

On the basis of GEOTAIL magnetic field observation during the first one year period, the average profile of the magnetic field strength in the distant tail lobe is confirmed to approximately fit to the power law,  $B(X) = 125 \times |X|^{-4.33}$  ( $X \leq -130 R_E$ ), derived from the ISEE 3 observation [Slavin et al., 1985]. The lobe magnetic field intensity is usually in the range of 7 - 10 nT in the distance beyond  $150 R_E$ . However, we occasionally observed large field magnitudes of more than 20 nT in the distant tail lobe. From the scan of daily plots of GEOTAIL data we selected intervals when total intensities of magnetic field in the magnetotail were larger than 20 nT. These events occurred during periods of enhanced magnetic activity. The largest field magnitude was observed at a position of  $X_{GSM} = -184 R_E$  on March 9, 1993, when a moderate magnetic storm was in progress.

Figure 1 shows GEOTAIL and IMP-8 magnetic field data obtained on March 8-9, 1993. A sudden change of sheath magnetic field was observed with GEOTAIL at 2208.10 UT at a distance of  $X_{GSM} = -183.9 R_E$ . During the interval shown in Figure 1 GEOTAIL was located at a position of  $29 R_E$  from the nominal center of the magnetotail ( $Y_{GSM} = 14.1-20.0, Z_{GSM} = 26.3-19.5$ ). A series of entries of GEOTAIL into the tail lobe were observed in intervals of 0112-28, 0147-0210, 0406-15, 0439-52 and 0548-0705. The largest value of the lobe magnetic field, 53.0 nT, was observed at 0121-03 UT during the first lobe entry.

In comparison between the magnetic data from GEOTAIL and IMP-8 we note that IMF variations were strikingly similar to magnetic variations in the distant magnetosheath as observed with GEOTAIL, although field magnitudes in the distant magnetosheath were slightly smaller than those of

IMF. It is important to note that both  $B_z$  components of IMF and sheath magnetic field were southward during certain intervals before the lobe entries of GEOTAIL.

If lobe field of about 50 nT is caused by the compression due to the external pressure without additional magnetic fluxes to the average state, the radius of the tail would be a half of the average radius,  $\sim 12 R_E$  (the average lobe field is about 10 nT). If a directional change of the solar wind causes the spacecraft entry into the tail for such a compressed magnetotail, deflection change is estimated to be about  $8^\circ$ . Another possibility is so magnetic flux increase not to reduce the tail radius. As noted above we observed that spacecraft entries were preceded by southward sheath magnetic fields during a growing stage of ring current activity. This suggests that the dayside merging of southward IMF contributes an increase of magnetic flux in the distant tail down to about  $-200 R_E$ .

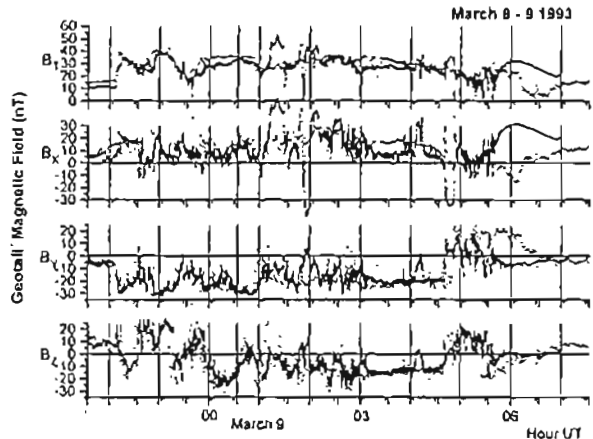


Figure 3. Time for GEOTAIL data is shifted by 34 min taking into account an approximate propagation time of IMF effect to the distant tail

B会場

10月19日(水) 午前

# ULF 波動

## ULF Waves

oral: B21-01~14

poster: B21-P73~P78

座長

利根川豊 (東海大工)

湯元清文 (名大STE研)

B21-01 Characteristics of storm time geomagnetic variations observed in low latitudes (2)

Satoru Tsunomura ( Yakloka Magnetic Observatory )

Characteristics of geomagnetic variations associated with SSC's and SI's observed in low latitudes are examined using one minute magnetic data at Yakloka (1976-1992), Mexambetsu (1985-1992), Yanoya (1985-1992) and Chichijima (1989-1992).

It was shown at the spring meeting that high occurrence frequency (90 % or more) of positive (eastward) variation in D component at SSC's and SI's for all local time ranges reported at Yakloka from 1976 to 1992 is reduced to 60 to 70 % if the data are converted to geomagnetic dipole coordinate from the routine observation coordinate which is based on local declination.

Moreover, the superposed variation of SSC's and SI's show anomalously large, eastward variation in D component in local morning hours (Fig. 1) compared with those in other local times. Variations in D component at SSC's and SI's are primarily thought to be attributed to ionospheric origin of current which is driven by field-aligned source currents connecting high latitude ionosphere with the magnetosphere. The equivalent current system would take a form of twin vortices and might cause the anti-symmetric variation sense in D component with respect to the noon-midnight meridian.

Effect of the large deviations in D component of SSC's and SI's in the morning hours causes not positive variation in D component in the summation of all the events in all local times. In the existing model of the equivalent current system of SSC's and SI's there may be no divergence of currents in low latitudes. It will be necessary to take into account some other effects, such as field-aligned current in the magnetosphere to explain this result.

In the paper, the characteristics of D component variation in the morning hours will be discussed more precisely and some speculations will be presented.

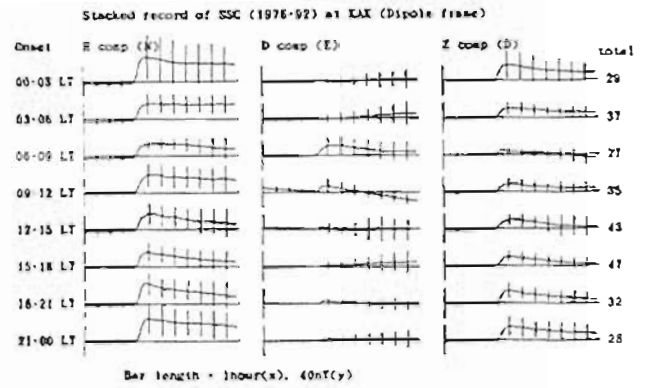


Fig. 1 Superposed variations of wave forms of SSC's onset times of which are divided to eight groups of local time ranges. Time span of each graph is one hour and the onset is positioned at 20 minutes after the beginning of the curve. The length of longitudinal bar at the left side of each curve corresponds to 40 nT variation. On each curve standard deviations are denoted every 5 minutes.

B21-02 Global Structure of Geomagnetic Pulsations Associated With SSC's

利光 一郎<sup>1</sup> 糸長 雅弘<sup>2</sup> 北村 泰一<sup>3</sup>  
(<sup>1,2</sup>九州大学理学部 <sup>3</sup>九州大学中央計数施設)

• I. Toshimitsu<sup>1</sup>, M. Itonaga<sup>2</sup> and T. Kitamura<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Department of Physics, <sup>2</sup> Computation Center and <sup>3</sup> Department of Earth and Planetary Sciences, Kyushu University

We studied geomagnetic pulsations associated with five storm sudden commencement (SSC) events observed at equatorial and low latitude ground stations as well as at four high-latitude ones (Syowa, Husafell, Tjornes and Aedey) from 1992 to 1993.

Geomagnetic pulsations were obtained as residuals from raw geomagnetic data using a piecewise cubic polynomial (PCP) filter which can extract oscillating parts more suitably than the classical linear filters. Assuming a model composed of exponentially damped sinusoids:

$$s_n = \sum_{k=1}^N A_k e^{-\alpha_k n} \cos(\omega_k n + \phi_k) \quad (n = 0, 1, \dots, N-1)$$

for a 5 min ( $N = 100$ ) interval of the residual data obtained by the PCP filter, we estimated the parameters (damping factors  $\alpha_k$ , angular frequencies  $\omega_k$ , initial amplitudes  $A_k$  and initial phases  $\phi_k$ )

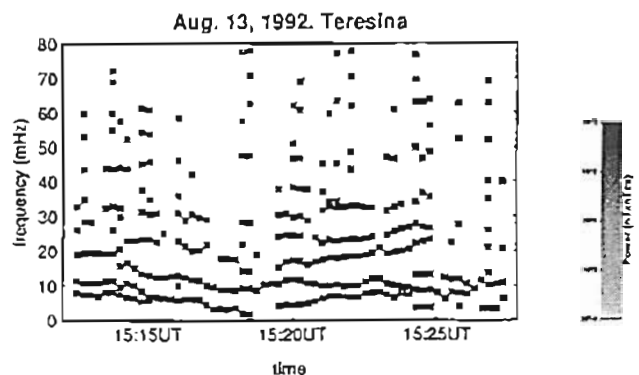


Figure 1: The power of each sinusoid integrated over 5 min interval is plotted with gray scale.

in each interval using a modified Pisarenko method while sliding the interval by 15 s.

Figure 1 shows a temporal variation in frequency of the sinusoids estimated for the H component at Teresina (Brazil) from 15:12UT to 15:28UT on Aug. 13, 1992. Characteristic frequency components are clearly seen around 15:22UT. In addition, the dominant frequencies are almost the same for all stations including four high-latitude ones in each SSC events we analyzed.

荒木 徹・藤谷 慎子 (京大理), 湯元 清文・堀川 和夫 (名大STE研)  
D.Orr・D.K.Milling (ユーク大学), G.Rostoker (7M'-9大学)  
H.Luhr (フランクフルト工科大学), H.Singer (NOAA)  
角村 悟・山田 健二 (柿岡地磁気観測所)

Instantaneous Propagation Mode of SC and Meaning of Onset Time of Geomagnetic Variations

T. Araki, S. Fujitani (Kyoto Univ.), K. Yumoto, K. Shiokawa (Nagoya Univ.), D.Orr, D.K.Milling (York Univ.), G.Rostoker (Univ. Alberta), H.Luhr (Technical Univ. Braunschweig), H.Singer (NOAA), S. Tsunomura, Y. Yasuda (Kakioka Geomag. Obs.)

An exceptionally sharp and large pulse of the H-component was observed in the very beginning part of an geomagnetic sudden commencement on March 24, 1991 (Figure 1). The amplitude was 202nT at Kakioka (geomag. lat = 26.6°) near noon while the maximum amplitude of SC ever observed there was 124nT. The duration was 60-80 sec. From analysis of available high time resolution digital data we concluded that this pulse was caused by an anomalously strong compression of the magnetosphere and propagated from dayside to nightside with the compressional HM wave velocity (Araki et al., 1994).

Figure 2 shows 4 min plots of the H-component observed along the 210° meridian chain near noon and SAMNET in UK in early morning on the expanded amplitude scale. Time delay of the pulse in the two magnetometer chains can be easily seen by time difference of two horizontal bars. The delay is 30-40sec which corresponds to propagation velocity of 350-450km/sec around the ionosphere.

If we check carefully the onset time of the pulse, however, we notice that the onset is almost simultaneous in the two chains (around 0341:30 UT). Although it is difficult to determine the onset time more precisely, because of the finite sampling time (5sec for SAMNET and 1 sec for the 210° chain), ambiguity of the onset time is much less than the delay time of the pulse (30-40sec). This suggests that there exists an 'instantaneous' propagation mode. We consider that a precursor of the pulse is propagated as the zeroth order electromagnetic waveguide mode in space between the ionosphere and

the earth as suggested by Kikuchi and Araki (1979) although most of energy of the pulse is transmitted by a HM wave in and above the ionosphere.

In general the onset time of a geomagnetic variation should not be considered as arriving time of front of the wave producing the variation. It is an instant when the variation amplitude reaches observable level. Even if the wavefront arrives, no variation will occur if the amplitude is less than threshold level of the detector. We consider that the case described above is a rare case where the geomagnetic variation occurred almost simultaneously with arrival of the wavefront at all observing sites globally distributed. This might be due to anomalously steep rise of the pulse.

References

Araki et al., GBRSC News 1994  
Kikuchi, T. and A. Araki, J. Atmos. Terr. Phys. 41, 927-936, 1979

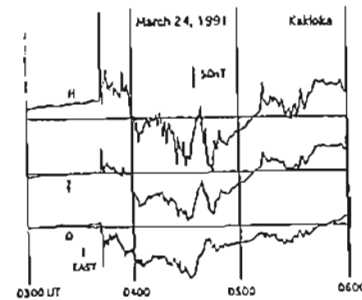


Fig. 1

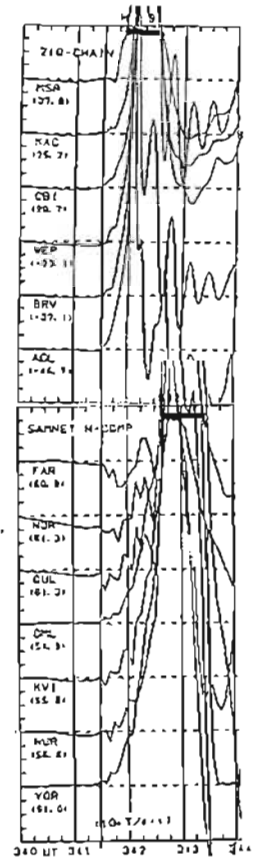


Fig. 2

Pi 3型磁気脈動とマグネトポーズ変動の相関

松岡 均, 高橋 主衛, 湯元 清文, 堀川 和夫, 園分 征 (名大STE研)  
山本 達人 (宇宙研)

Correlation between Pi 3 Magnetic Pulsations and Magnetopause Motion

H. Matsuoka, K. Takahashi, K. Yumoto, K. Shiokawa,  
S. Kokubun (STEL), and T. Yamamoto (ISAS)

Recently we found that Pi 3 magnetic pulsations in the magnetosphere are observed in association with variations in the solar wind dynamic pressure. In this paper we compare magnetopause motion observed by GEOTAIL and Pi 3 pulsations observed by a magnetometer network on the ground and demonstrate that magnetopause location changes are correlated with Pi 3 magnetic field variations. The correlation suggests that Pi 3 pulsations in the magnetosphere are driven by changes of magnetopause surface current.

前回の学会では、磁気圏のPi 3型磁気脈動が、太陽風動圧の変化に対応して発生していることを示した。今回は、太陽風動圧の変化によるマグネトポーズの変動とPi 3型脈動の関係を調べるために、地上の多点観測網の磁場データと昼側のマグネトポーズ付近の衛星の磁場データの比較を行なった。解析結果は、磁気圏のPi 3型脈動が、マグネトポーズの変動に対応した表面電流の変化によって引き起こされていることを裏付けるものである。

図1は、昼側のマグネトポーズ付近に位置するGEOTAIL衛星と正午付近の地上の磁場変動を示している。GEOTAIL衛星の磁場変動から、衛星が磁気圏内とマグネトポーズの間を数回にわたり往復していることがわかる。それと対応して、地上の多点観測網でPi 3型脈動が観測さ

れている。地上のPi 3型脈動の磁場変動は、衛星がマグネトポーズと交差する変化と同期して起こっている。このことは、太陽風動圧の変化と対応してマグネトポーズの位置が移動し、それによって表面電流の大きさが変動したことがPi 3型脈動の成因であるという前回の結論と一致している。講演では、地上の磁場変動の値を用いて計算したマグネトポーズの位置変化と、衛星の磁場データから推定されたマグネトポーズの変動を比較して、地上のPi 3型脈動からマグネトポーズの変動を予測する可能性を議論する。

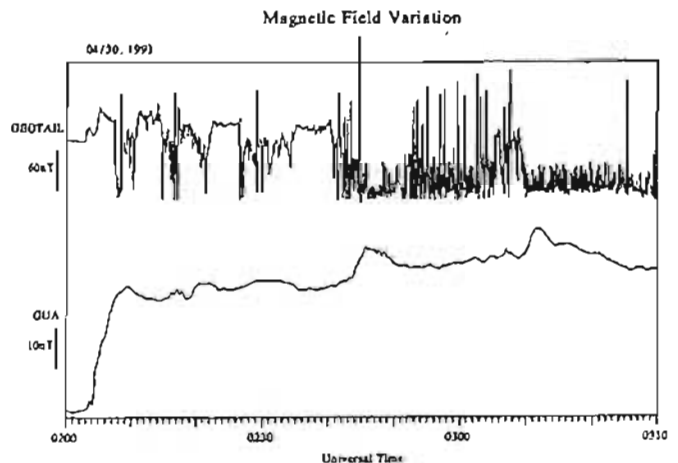


図1. 210°多点観測網で観測された磁場の南北成分と GEOTAIL 衛星で観測された磁場のトータル成分の変動。

GEOTAIL 衛星で観測された Pc 3 型  
地磁気脈動の空間分布

恒川 達也、高橋 主衛、湯元 清文、関分 征 (名大STE 研)  
山本 達人 (宇宙研)

Spatial Distribution of Pc3 Pulsations  
Observed by the Geotail Satellite

T. Tsunokawa, K. Takahasi, K. Yumoto,  
and M. Kokubun(STEL) T. Yamamoto(ISAS)

We have studied the spatial occurrence pattern of Pc 3 magneto-sonic pulsations observed between September 1992 and September 1993 in the dayside magnetosphere by the Geotail Satellite. The Pc 3 pulsations were observed most often when the satellite was in the 08-12 local time sector.

これまでの研究により Pc 3 の振幅が太陽風の速度や惑星間空間磁場 (IMF) の方向に依存していることが分かっている。しかし Pc 3 が磁気圏内をどのように伝搬していくかは未だに解明されていない。Geotail 衛星の初期のデータ解析より Pc 3 が磁気音波モードで伝わっている例が報告されているが、本研究ではその様な例を統計的に解析し、Pc 3 の振幅の空間変化より Pc 3 の磁気圏中での伝搬経路を明らかにする事が目的である。

解析に用いたのは、1992年9月~1993年9月の間で Geotail が地球磁気圏内の昼側を通った8軌道についての磁場データである。このデータからダイナミクススペクトルを計算し、Pc 3 の周期で磁気音波的伝搬をしているものを抽出した。

磁気音波的 Pc 3 は、全体で約6時間観測された。この観測例を統計的に調べた結果、振幅は0.25nT~0.30nT が最も多く観測された。0.4nT 以上の例はほとんど観測されなかった。周期では30mHz~35mHzの例が最も多く観測された。衛星の位置では、local time で8時~12時の間でよく観測された。このことより parallel bow shock の近くで発生する UHF 波動が Pc 3 の原因であるとする説は支持されることになる。

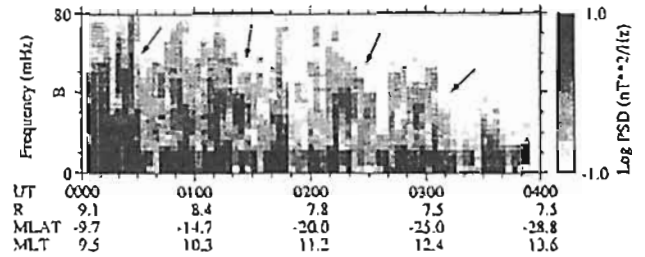


図1. Pc 3 が観測されたダイナミクススペクトルの例。図中の矢印の時間で Pc 3 が観測された。

非等方伝導性電離層境界条件下の  
磁気圏空洞-磁力線結合振動

吉川 顯正<sup>1</sup> 糸長 雅弘<sup>2</sup> 北村 泰一<sup>1</sup> (九大<sup>1</sup>理学部<sup>2</sup>中央計数施設)

The Coupled MHD Oscillations of Magnetospheric Cavity and Field-Line with an Anisotropic Conducting Ionosphere

A. Yoshikawa<sup>1</sup>, M. Itanaga<sup>2</sup>, and T. Kitamura<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Physics, <sup>2</sup>Computation Center, and

<sup>3</sup>Department of Earth and Planetary Sciences, Kyushu University

The coupling oscillations between the shear Alfvén wave and the compressional wave with an anisotropic conducting ionosphere have been discussed. The global compressional mode can excite the shear Alfvén mode in a wide region of the magnetosphere. The ionospheric divergent current can control the field aligned wave length of the shear Alfvén waves and the ionospheric rotational current can exchange the energy of compressional mode into shear Alfvén mode or vice versa. It means that a new coupled mode have been arisen. The ionospheric Hall and Pedersen conductivities control the efficiency of coupling between the shear Alfvén mode and the compressional mode.

磁力線共振振動のフリーエネルギーの供給源として、磁気圏前面でのグローバルな圧力変化などで駆動された compressional mode oscillation と shear Alfvén mode との結合機構が議論されているが、この考え方が比較的広く受け入れられているのは、離散化された単一-compressional mode を強制振動項と考えることによって、本質的に連続スペクトルである Shear Alfvén mode の自由度を明確に制限できることにある。この様な解構造を表現するためには、磁気圏システムの固有状態を調べなければならないが、数値実験の立場からは、3次元磁気圏構造をコード化するには至らず、経度方向の構造を波数 m で表現することによって2次元問題に置き換えられている。今回の発表では、非等方性電離層シート電流に囲まれた、cold magnetized

plasmaの磁気圏ボックスモデルの下で得られたcoupled modeの性質について述べる。ここで述べるcoupled modeとは、結合のない場合には互いに独立であるcompressional modeによって、その近傍に固有値の存在する shear Alfvén modeが、本来持っている性質を失わない程度の弱い結合の下で引き込まれ、mergeした結果出現するモードのことである。従来調べられてきた完全導体の境界条件の下では、shear Alfvén modeの沿磁力線方向の波数が量子化条件によって決定されるため、global compressional modeに引き込まれるshear Alfvén modeの分布が特定のL殻に制限されることになるが、非等方伝導性電離層境界条件の下では、任意の波数構造の存在が可能であり、且つ電離層を通してのcompressional waveによるshear Alfvén waveの励起が可能であるため、複数のL殻にまたがっての磁力線振動が可能となる。この中において、ホール、ペダーセン伝導度は各L殻での振動強度に対して相対的エンハンスメントのパラメータとなる。

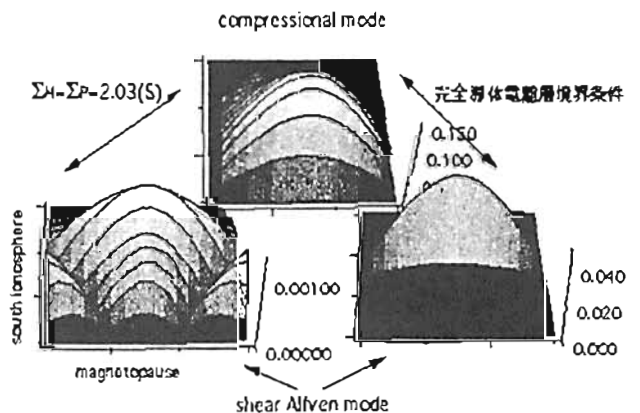


Fig 1. compressional modeに引き込まれたAlfvén modeの空間分布 (電場の絶対値) 節線が連続波数構造の存在を示している

## B21-07 Global Structure of ULF Waves Observed in the Polar Region

Y. Tonegawa, Y. Ebihara, N. Iwata  
(Tokai University)

K. Hayashi  
(University of Tokyo)

In order to investigate generation and propagation mechanisms of ULF waves, we are using magnetic field data observed at STEP polar network and Syowa-Iceland conjugate stations, as well as a few ordinary magnetic observatories. The stations are distributed globally in the polar region, and they are also composed sub-network with locally dense distribution.

At most of the stations, ULF waves in the Pc 5 frequency range were observed in the morning side for three successive days of January 1 to 3, 1993. We are going to analyze global and dynamic structures of the wave characteristics.

Stations	Abr.	Geographic		Geomagnetic	
		Lat.	Long.	Lat.	Long.
Whitehorse	(WHS)	60.7	224.9	63.2	227.1
Fort St. John	(FSJ)	56.2	239.1	62.0	294.9
Lucky Lake	(LCL)	51.0	252.9	59.6	314.1
Parkseite	(PKS)	52.2	252.8	60.8	313.6
La Ronge	(LRG)	55.2	254.6	64.2	315.1
Kiruna	(KIR)	67.8	20.4	64.5	103.2
Syowa	(SYO)	-69.0	39.6	-66.2	71.8
Sanae	(SNA)	-70.3	357.7	-60.6	44.4
Narsarsuaq	(NAQ)	61.2	314.6	66.7	44.0
Goose Bay	(GSB)	53.3	299.6	62.0	23.1
Schefferville	(SFV)	54.8	293.1	64.5	14.6

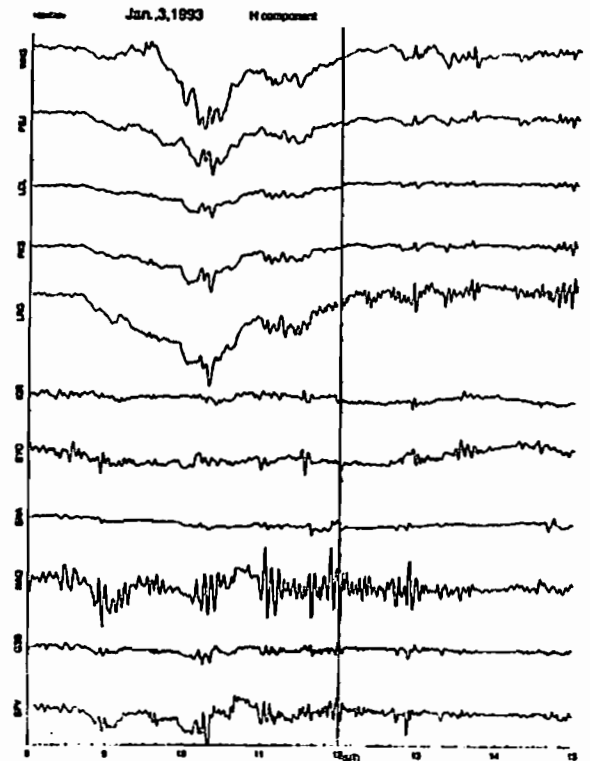


Figure 1. Wave forms observed at global network stations in the polar region on January 3, 1993. It is shown that the wave activity is dominant in the local morning at high latitudes.

## B21-08

### 周期的パルセーティングオーロラに伴う 非共役性地磁気脈動

佐藤夏雄 (国立極地研究所)

### Non-conjugacy of magnetic pulsations associated with regular period pulsating auroras

Natsuo Sato (National Institute of Polar Research)

Regular period pulsating auroras (T~15sec) were observed at Husafell in Iceland by fixed direction photometers. Regular period magnetic pulsations were also observed associated with the pulsating auroras at 3 stations in Iceland. However, magnetic pulsations observed at Syowa, conjugate point of Iceland, showed non-conjugacy, and their period was about 2 times longer than that in Iceland.

観測例は極めて少ないが、パルセーティングオーロラは共役性が良く、それに伴って地上で観測される地磁気脈動も共役性が良いものと考えられていた。しかし、それを裏切る明確な観測事実は今報告されていない。

一般的に、活発なパルセーティングオーロラが出現する時は、多数のパルセーティング・パッチが空に広がり、かつ、それぞれのパッチが勝手に点滅を繰り返す。そのため、個々のパルセーティング・パッチと地磁気脈動との一対一の対応づけは困難である。ましてや、その共役性を解析し議論する事は難しい状況であった。今回報告する観測例は大変周期的である特殊イベントである。この観測イベント例は12月であるため、アイスランド側 (フッサフェル) のみでオーロラの光学観測を行っていた。地磁気脈動観測データはアイスランド側は3点、及び共役点の昭和基地1点のデータである。このイベント例を図に示し、この現象の特徴と周波数解析結果を以下にまとめた。

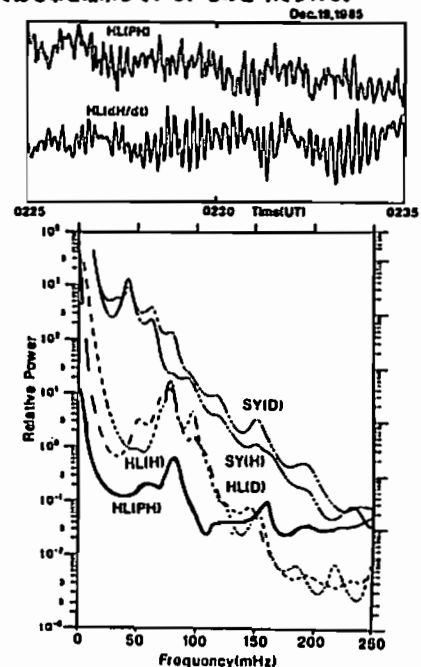
#### Dec. 19, 1985 イベントの特徴

- ・ 周期的 (周期的15秒) なパルセーティングオーロラである。
- ・ 地磁気子午線に沿った3固定方位 (45°S、天頂、45°N) フォトメータ間の強度変化は同位相であり、かつコヒーレンシが大変良い (0.8以上)。
- ・ 地磁気脈動はパルセーティングオーロラに伴って、大変周期的な波形をしていた。
- ・ アイスランド3観測点でのこの地磁気脈動は、強度の差異は存在するが、同じ波動が観測されていた。
- ・ 昭和基地側で観測された地磁気脈動は、その周期がアイスランド側の約2倍であった。

上記の特徴から、このイベントの最も興味深い点は以下の事である。

- 1) この周期的の良いパルセーティングオーロラは、磁気圏内において地磁気脈動により変動を受けて生じているのか? 逆に、パルセーティングオーロラに伴う電離層電流変動により、地磁気脈動が生じているのか?
- 2) この地磁気脈動は非共役であり (アイスランド側では広範囲で観測されているのに、...)、かつ南半球の昭和基地での周期はアイスランド側の2倍である。なぜか?

この事実は、パルセーティングオーロラ (昭和基地側では同時観測データないが) も非共役である事を暗示している、ものと考えられる。





# B21-09 EXOS-D Satellite Observation of FAC's and Associated ULF waves in the Cusp Region in Response to Field Variations of IMF By Component

°T. Sakurai and N. Iwata (Tokai University)

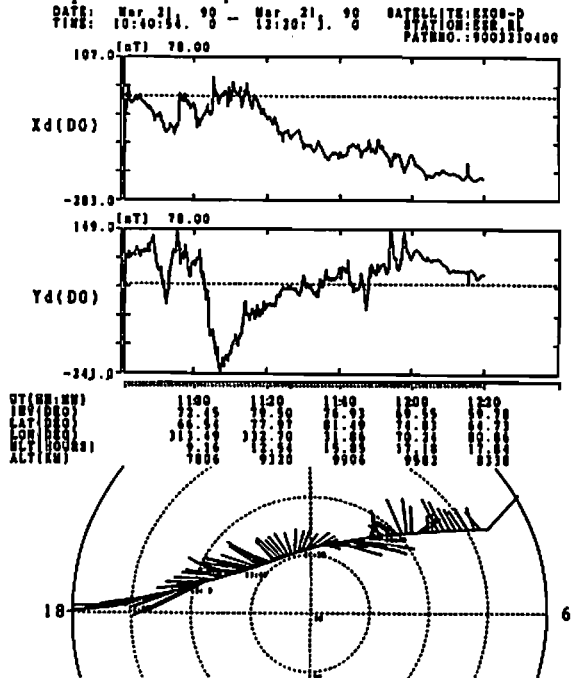
We have studied field-aligned currents (FAC's) and associated ULF waves in the cusp region of the magnetosphere observed by the EXOS-D satellite and resulting DPY field variations (disturbed polar region magnetic field variations due to the interplanetary magnetic field (IMF) By component) observed on the ground, and their relationship to the IMF variations.

In this report both individual and statistical studies were carried out. A statistical study reveals that a weak linear relationship is found to exist between the current intensity of the cusp region FAC's, and the north-south component Bs irrespective to the polarity of the east-west component By of the IMF's.

However, several events of the FAC's with a strong current intensity showed a clear relationship to the polarity of By of the IMF's. Westward (negative) deflection of By component of the IMF's causes strong FAC's. Such an IMF By dependence of the FAC intensity can be clearly demonstrated. In a case of a small positive By of the IMF's, a pair of weak FAC's (upward current in higher latitude side and downward current in the lower latitude side) was observed in the cusp region confined in a narrow region in both of the magnetic local time (around 9 - 12 MLT) and of the latitude (77° - 88° Inv. lat). While in a case of large negative IMF-By component a pair of strong FAC's and associated ULF wave enhancement were observed. Flow direction of the FAC's reverses to that of the FAC'S in the small positive By component. In response to the large negative excursion of the IMF By component the DPY magnetic field variations and enhanced ULF wave activities were observed on the ground in the cusp region.

In conclusion the DPY field variations can be interpreted as the ground-based magnetic field variations resultant from the ionospheric Hall currents caused by the FAC's in the magnetosphere when the IMF

By component turned to the westward (negative) polarity with a large deflection. ULF wave activities also enhanced in association with these DPY field variations. Figure shows an example of the magnetic field variations observed by the EXOS-D satellite (top two pannels). The large negative deflection of the Yd(By) component of the magnetic field indicates the strong FAC's, which occurred in association with a sudden westward deflection of IMF By component. The observed horizontal magnetic field vectors are plotted along the satellite trajectory in the polar map in the bottom pannel.



# B21-10 南極 AGO 無人観測網で観測された Pc 1-2 脈動

°福西 浩<sup>1</sup>, 田口 真<sup>1</sup>, 林 幹治<sup>2</sup>, L. J. Lanzerotti<sup>3</sup>

1. 東北大学理学部, 2. 東京大学理学部, 3. AT&Tベル研究所

Pc 1-2 Pulsations Observed with the AGO Network in Antarctica

°H. Fukunishi<sup>1</sup>, M. Taguchi<sup>1</sup>, K. Hayashi<sup>2</sup>, L. J. Lanzerotti<sup>3</sup>

1: Faculty of Science, Tohoku University  
2: Faculty of Science, University of Tokyo  
3: AT & T Bell Laboratories

The first AGO (Automatic Geophysical Observatory) was Deployed at P2 (geographic lat., 85.7° S, long., 46.4° W; geomagnetic lat., -70.0°, long., 18.6°; altitude, 1860 m) in December 1992. A search coil magnetometer which is one of six instruments installed at AGO P2 observed magnetic pulsations in the frequency range of 0.001 - 1.0 Hz continuously from December 25, 1992 to May 31, 1993. The dynamic spectra showed occurrences of various kinds of Pc 1-2 pulsations in the frequency range 0.1 - 1.0 Hz. The features of Pc 1-2 pulsations observed on quiet and disturbed days are shown.

米国 NSF は南極大陸内陸部の地球物理現象を無人観測する AGO (Automatic Geophysical Observatory) の開発計画を 1985 年に開始し、AGO を用いた最初の研究計画としてメリーランド大学の T. J. Rosenberg をリーダーとする PENGUIN 計画 (Polar Experiment Network for Geophysical Upper Atmosphere Investigations) を 1990 年にスタートさせた。この計画は図 1 に示すように南極大陸内陸高原部の 6ヶ所 (P1-P6) に無人観測所を設置し、カスプや極冠域の地磁気・オーロラ現象を研究しようとする大規模な計画である。6ヶ所とも同一形式の無人観測所であり、各 AGO に設置される観測器は、フラックスゲート磁力計、サーチコイル磁力計、全天オーロライメージャー、イメージングリオメーター、ELF/VLF 観測器、LF/HF 観測器の 6 種類である。この観測器によって 1 年間に取得されるデータ量は約 2.2 ギガバイトになり光磁気ディスクに記録される。

記録システムも含めた AGO の全電力消費は約 50 W である。日本側は、サーチコイル磁力計を担当しており、カスプ・極冠域の地磁気脈動、特に Pc 1-2 脈動の研究を進めることになっている。

最初の AGO は 1992 年 11 月に南極マクマード基地にてインテグレーション作業が行われ (日本側からは田口が参加)、12 月に P2 地点 (85.7° S, 46.4° W, 磁気緯度 70.0° S, 経度 18.6° E, 1860 m) に設置され、1992 年 12 月 - 1993 年 5 月の間連続でデータを取得した

(それ以降は光磁気ディスクの故障のために記録中断)。さらに、1993 年 11 - 12 月に、P2 記録システムの修理と P1 (83.9° S, 129.6° E, 28.7° m)、P4 (82.5° S, 96.8° E, 3570 m) 地点への AGO の設置を行い、現在は 3ヶ所の AGO が順調に観測を続けている。

AGO に設置したサーチコイル磁力計はパーマロイコアに 13000 回巻いた 3 本のコイルをセンサーとし、X、Y、Z 成分の磁場変化を 2Hz のサンプリングで記録する。感度、S/N も十分高く、P2 からは良好なデータが得られている。今回は、P2 から回収された 5 カ月分のデータを解析し、高緯度 Pc 1-2 脈動の発生・伝搬機構を議論する。図 2 は地磁気静穏時のダイナミックスペクトルの例で Periodic Pc 1 や non-periodic Pc 1 の出現がみられる。

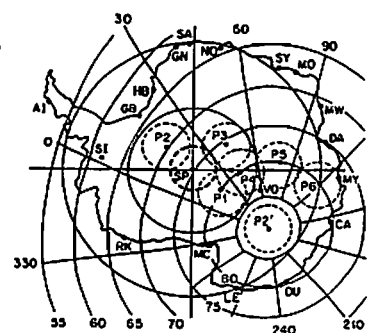


図 1. AGO P1-P6 の設置地点

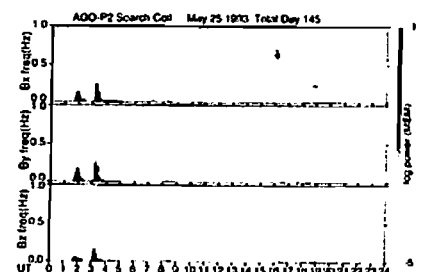


図 2. 1993 年 5 月 25 日のダイナミックスペクトル

伊藤孝夫 (長野工業高校)

DEPENDENCE OF P12 OCCURRENCE PROBABILITY  
ON SOLAR WIND PARAMETERS

TAKAO ITOH (NAGANO TECHNICAL HIGH SCHOOL)

The conditions for the occurrence of the P12 pulsations at Memambetsu (geomagnetic latitude 34.6°) are investigated using solar wind 1-hour value data for the period 1965-1990. The following results are obtained: The occurrence probability of the P12 pulsations increases roughly linearly with decreasing Bz component of the interplanetary magnetic field (IMF) for the range of  $B_z < 4nT$ . It also increases with increasing solar wind velocity (V). This V dependence is approximately expressed to be proportional to  $V^3$ , and becomes steeper when the dipole tilt angle

( $\alpha$ ) approaches zero. The P12 occurrence probability is higher for the positive By case of the IMF than for the negative By case when  $\alpha$  is negative, and the situation is reversed when  $\alpha$  is positive. The solar wind density (D) increases the probability, and its dependence is approximately expressed to be proportional to  $D^{0.8}$ .

The dependence of the P12 occurrence probability on solar wind parameters and the dipole tilt angle above mentioned has a lot of similar character to that of AL and an indices, which are considered to represent the intensity of substorms. The similarity suggests a close relationship between the occurrence probability of substorms and the input rate of the solar wind energy into the magnetosphere.

B21-12 Characters of Pi 2 Pulsations

Observed at Northern Stations of the 210° MM Chain

°H.OBAKI<sup>1</sup>, K.YUMOTO<sup>1</sup>, K.SHIOKAWA<sup>1</sup>, Y.TANAKA<sup>1</sup>,

S.I.SOLOVYEV<sup>2</sup>, G.KRYVSKII<sup>2</sup>, E.F.VERSHININ<sup>3</sup>, V.F.OSININ<sup>3</sup>

and

210° MM MAGNETIC OBSERVATION GROUP

<sup>1</sup>Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University, Toyokawa, Aichi 442, Japan

<sup>2</sup>Institute of Cosmophysical Research & Aeronomy (IKFIA), Yakutsk, 677891, Russia

<sup>3</sup>Institute of Cosmophysical Research & Radiowaves Propagation (IKIR), Kamchatka, 684034, Russia

In order to clarify the correlation of high- and low-latitude Pi 2 pulsations, we have analyzed 1-s magnetic data from Chokurdakh ( $\Phi = 64.75^\circ$ ), Magadan ( $\Phi = 53.70^\circ$ ), and Moshiri ( $\Phi = 37.76^\circ$ ) stations along the 210° magnetic meridian (MM). It is found that the H-component Pi 2 amplitudes were of almost the same order from Moshiri to Magadan, and became 5~10 times larger at Chokurdakh. The D-component amplitudes, on the other hand, increased exponentially from Moshiri to Chokurdakh.

The data of the lower latitude stations ( $|\Phi| \leq 50^\circ$ ) of the 210° MM chain also have been analyzed in order to clarify the similarity among the low-latitude Pi 2's signatures. It is found that amplitudes of the H-component low-latitude Pi 2 pulsations were almost the same and were independent of magnetic latitude, while D components depended on magnetic latitudes and increased exponentially from low to high latitudes.

It is found that these two results were consistent with each other. As a result the H-component amplitude is almost the same from Guam ( $\Phi =$

$9.02^\circ$ ) to Magadan but increases at Chokurdakh. The D-component amplitude, on the other hand, increases exponentially from Guam to Chokurdakh.

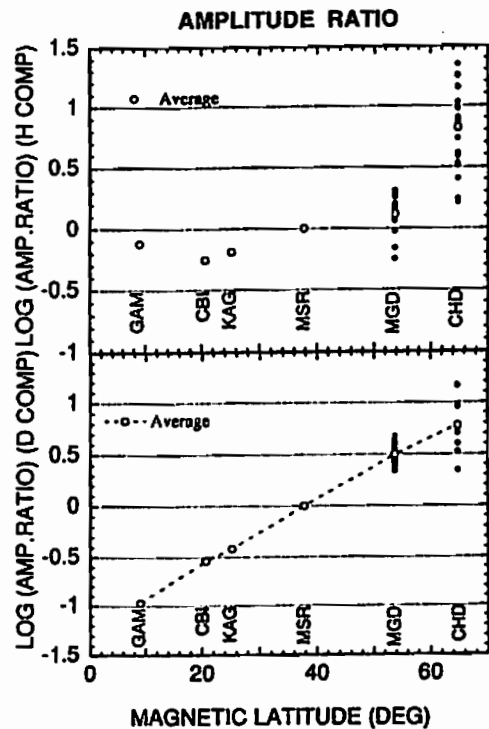


Fig.1. Pi 2's ratio of amplitudes with respect to Moshiri observed at northern stations (Guam, Chichijima, Kagoshima, Moshiri, Magadan, and Chokurdakh) of the 210° MM chain.

### A Comparison Between Aurora Modulation and Equatorial Pi2 Geomagnetic Pulsation

渡辺 修、坂 翁介、北村 泰一 (九大 理)  
門倉 昭 (極地研)

O.Watanabe<sup>1</sup>, O.Saka<sup>1</sup>, T.Kitamura<sup>1</sup>, A.Kadokura<sup>2</sup>

<sup>1</sup>) Dept. of Earth and Planetary Sci., Kyushu Univ., Fukuoka.

<sup>2</sup>) Aurora Data Center, National Institute of Polar Research, Tokyo.

Occurrence of low-latitude Pi2 pulsations measured by fluxgate magnetometer at Huancayo, Peru (dip-equator) and at Kuju, Japan (L=1.2) is compared with the auroral images obtained at Syowa station, Antarctica (L=6.7) during the auroral break-up's in the pre-midnight sector. The auroral break-up's started in the field of view of Syowa station are picked up in this report. The Pi2 oscillation begins with the increase of H component at the onset of WTS and continues during the course of WTS. WTS is often followed by North-South oriented auroral arc structures which may turn on and off sporadically during the substorm life time. We found a modulation of these structures may be correlated to the equatorial Pi2 pulsations. We suggest that the equatorial Pi2 pulsation is not only the signature of the break-up onset but also represents the HM processes taking place during course of the auroral substorm.

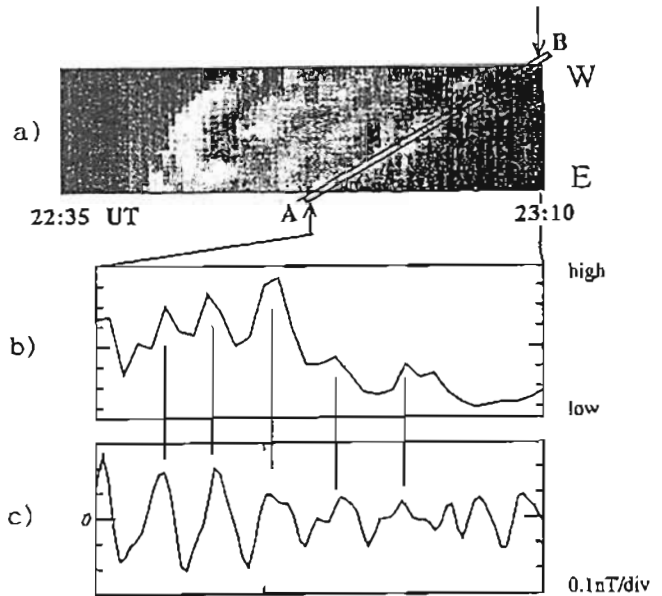


Fig. a) Position-time display of aurora on June 16, 1986 at Syowa. b) Aurora luminosity along the westward motion (from A to B). c) Magnetic oscillation at Huancayo (40-150 sec).

Notice the good correlation between aurora luminosity and Pi2 !!

### Equatorial localized phase differences of Pc4 type pulsations

森原 学 法泉 徳子 北村 泰一  
九州大学理学部

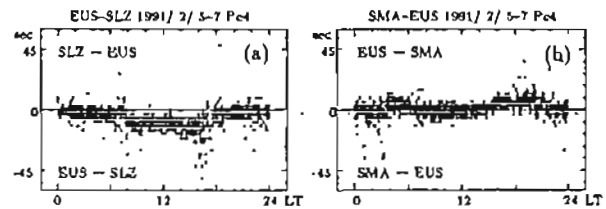
M. Shinohara, N. Hosen and T.-I. Kitamura  
(Dept of Physics, Kyushu Univ, Fukuoka 812, Japan)

The latitudinal phase structure of Pc4 type ULF wave were studied statistically in low and equatorial latitudes. The data used here were taken from the Brazilian array which consists of five stations, and extends latitudinally from the dip equator to 25 degrees south.

The results were summarized as follow. Pc4 type pulsations were found to occur in phase at the stations of the array on the night side hemisphere. On the other hand, there were some phase differences of pulsations between the dip and off dip stations on the day side hemisphere. The phase of pulsations on the dip equator delays with respect to that in other regions during daytime (6h to 18h local time). This phase shift occurs within a latitudinally narrow region, which is several degrees in width. This behavior is same as that of Pi2 pulsations in this region.

我々のグループでは、磁気赤道の非常に狭い領域で昼側の Pi2 波動に位相のずれが生じる事を明らかにした。今回、同様の解析を、同じ周期帯の ULF 全般に対して行った。

低緯度、赤道領域では、Pc4 帯 (45~150 秒) の磁場変動はよく観測される。また、観測点間の相関も高い。経度的にも緯度的にも、広



い観測網で同じ波動が観測されている。九州大学と INPE によるブラジル磁力計チェーンのデータより、緯度の異なる観測点の ULF を比較した。

図 (a) は、磁気赤道の SLZ と、磁気赤道から約 2 度南に位置する EUS との Pc4 帯 ULF の位相の時間差を調べたものである。横軸はブラジルの地方時をとっている。縦軸は、観測点間の ULF の位相の時間差である。この値は、40~150 秒のバンドパスデータを 5 分刻みに相互相関をとることで求めた。計算結果は、1991 年 2 月 5~7 日の 3 日間のデータを重ね合わせている。夜の時間帯では、2 点はほぼ同位相として ULF が観測されている。しかし、昼の時間帯では、磁気赤道の SLZ は EUS に対し 10 秒程度遅れて観測されている事が分かる。図 (b) は、EUS と、磁気赤道から 26 度南へ離れた SMA との比較である。緯度的にはこちらの方がより大きく開いているが、この 2 点間には昼夜共に位相差は見られない。

これらは、Pi2 の結果と一致するものである。そして、昼側の電離層伝導度の、Cowling conductivity によるエンハンスと関係すると思われる。

## A STRONG DAWN/DUSK ASYMMETRY IN Pc5 PULSATION OCCURRENCE OBSERVED BY THE DE-1 SATELLITE

\*M. Nosé<sup>1</sup>, T. Iyemori<sup>1</sup>, M. Sugiura<sup>2</sup> and J. A. Slavin<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Geophysical Institute, Faculty of science, Kyoto University

<sup>2</sup> Institute of Research and Development, Tokai University

<sup>3</sup> Goddard Space Flight Center

Using the magnetic field data obtained by the DE-1 polar orbiting satellite, statistical characteristics of transverse Pc5 pulsations in the inner magnetosphere have been examined. It was found that the occurrence distribution has a strong dawn/dusk asymmetry. The occurrence is most frequent in the region around 72° invariant latitude (ILAT) between 0800 and 1000MLT. The distribution shifts to lower ILAT both in the early morning and in the afternoon sectors.

The dependence of the transverse Pc5 occurrence on solar wind velocity was also investigated. Results show that the higher the solar wind velocity, the more frequent the Pc5 occurrence. This fact is consistent with the idea that the energy source of these Pc5's is in the Kelvin-Helmholtz instability on the magnetopause.

However, if only the solar wind speed controls the occurrence of the Kelvin-Helmholtz instability, Pc5 would occur most frequently on both flanks, and the distribution would be symmetric with respect to the noon-midnight meridian. There may be other mechanisms to explain the strong dawn/dusk asymmetry. The dependence of the Pc5 occurrence on the angle between the solar wind velocity and the IMF in the ecliptic plane was investigated. It was found that

this angle controls the magnetic local time of Pc5 appearance when the solar wind velocity is small. This dependence may be explained by the low threshold of Kelvin-Helmholtz instability due to an influence of a quasi-parallel bow shock.

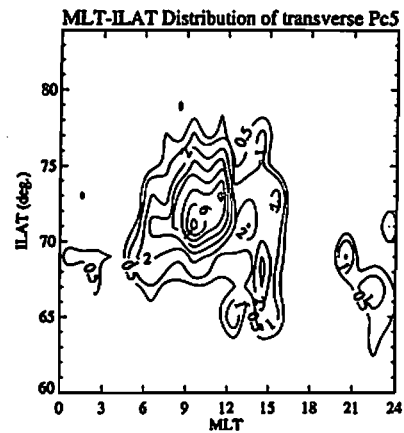


Figure 1. MLT-ILAT distribution of occurrence probability. The probability is given by the occurrence number of transverse Pc5 divided by the number of orbits in each mesh of one hour of MLT by 2 degrees of ILAT. The numerals indicated on contour lines represent roughly one half of the probability in percentage. The actual probability is at least double the indicated number because the average duty cycle of the DE-1 magnetometer is less than 50 %. We can see a strong dawn/dusk asymmetry in the distribution.

ケルビン-ヘルムホルツ不安定波により生じた  
MHD波のスペクトル構造

藤田 茂 (筑波大学校、柏市超町)  
カール・ハインツ グラスマイヤー  
(ブ라운シュヴァイク工科大学、ドイツ)

The spectral structure of the MHD waves generated by the  
Kelvin-Helmholtz instability

Shigeru Fujita  
(Meteorological College, Kashiwa, Chiba)  
K.-H. Glassmeier  
(Braunschweig University, Germany)

A linear analysis of the Kelvin-Helmholtz instability is performed by assuming that one of the plasma regimes (magnetospheric side) separated by a velocity shear layer of zero thickness is spatially nonuniform and bounded. There are two kinds of the K-J unstable waves; the surface mode wave and the ducted mode wave. The surface mode wave is evanescent and the ducted mode wave is not in the magnetosphere.

As for the surface mode wave, we obtain that the growth rate varies from 0 at the lower critical flow speed to the maximum, then becomes reduced when the bulk flow speed increases. There is no upper critical flow speed beyond which the two-dimensional wave propagating along the shear flow direction is stable, in contrast with the case of the Kelvin-Helmholtz instability in semi-infinite uniform compressible plasmas separated by the velocity shear layer of zero thickness. We also reveal that the wave generated by the

Kelvin-Helmholtz instability has a bounded spectrum when the flow speed is sufficiently large because the growth rate is maximized at a certain frequency. Therefore, the Kelvin-Helmholtz instability can determine the frequency of the magnetohydrodynamic waves in the magnetosphere. The maximum growth rate is enhanced when there is coupling between the fast magnetosonic wave and the Alfvén wave.

As for the ducted mode wave, the basic character is the same. This mode has characteristically the lower cutoff frequency. This mode appears only when the magnetosphere is bounded.

B21-P75 昼側 Pc 3 脈動のあけぼの衛星と地上  
210°磁気計チェーンの同時観測の解析

○ 郎司実智子<sup>1</sup>、坂野井 健<sup>1</sup>、福西浩<sup>1</sup>、湯元清文<sup>2</sup>、  
塩川和夫<sup>2</sup>、早川基<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>東北大学理学部 <sup>2</sup>STEL 研 <sup>3</sup>宇宙科学研究所

Coordinated Observations of Dayside Pc 3 Pulsations with the  
Akebono satellite and the 210° Magnetometer Chain

○ M. Gunji<sup>1</sup>, T. Sakanol<sup>1</sup>, H. Fukunishi<sup>1</sup>, K. Yumoto<sup>2</sup>,  
K. Shiokawa<sup>2</sup>, H. Hayakawa<sup>3</sup>  
1 Department of Astrophysics and Geophysics, Tohoku University  
2 STEL, Nagoya University  
3 Institute of Space and Astronautical Science

To study the propagation paths of daytime Pc 3 pulsations in the magnetosphere, we have analyzed the magnetic and electric field data obtained by the Akebono satellite and the 210° magnetometer chain. The satellite data clearly demonstrated that Pc 3 waves exist from the outer magnetosphere to the inner magnetosphere with intensity enhancements in the dayside cusp region.

ULF 波動の磁気圏での伝搬経路や発生機構を理解するためには地上観測に加え、磁気圏の中での直接観測が不可欠である。しかし、これまでは、静止軌道衛星 (L = 6.6) や AMPTE/CCE などにより高高度では観測がなされてきたが、数千 km 高度での観測はほとんど行われていない。そこで磁気圏での Pc 3 脈動の発生・伝搬機構を理解するために、あけぼの衛星と地上との同時観測の解析を試みた。今回は、1991年8月-9月の期間の遠地点 8,000 km のあけぼの衛星の磁場・電場データと同時の地上磁場観測データを比較することで、波のモードや空間依存性、時間依存性を明らかにしていく。地上磁

場観測は 210°磁気子午線チェーンの鹿兒島 (KAG, MLAT = 25.2, MLON = 202.0)、母子里 (MSR, MLAT = 37.8, MLON = 213.0) を主に用いた。

衛星磁場データに関しては、衛星座標での観測値を磁気線方向とそれに直交する2軸に変換し、スピン周期 (8秒) のスライディングアベレージを行った後、スペクトル解析を行った。衛星は位置を急激にかえていくことから、データ長の短い場合のスペクトル解析にすぐれているMEM法を用いた。図1はその例で、バンド幅のかなり狭い周期約40秒のPc3脈動が若干の周波数変動をもって午前側の緯度70°付近から昼のカusp領域を通り午後側の62°付近まで連続的に出現していることがわかる。強度はカusp付近で最も強い。講演ではPc3脈動の衛星と地上の関係、ポインティングベクトルの方向等について報告する。

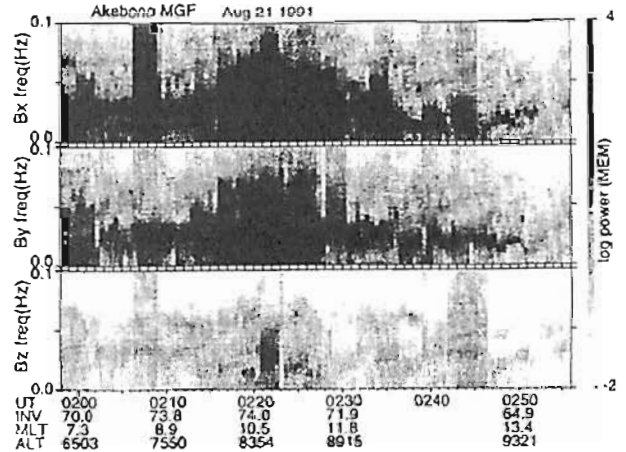


図1. 1991年8月21日あけぼの衛星で観測された 0 - 0.1 Hz 帯の磁場変動のダイナミックスペクトル

B21-P76 赤道Pi2と、それに対応する磁気圏  
ダイナミクス  
坂 翁介 (九大・理)

Low Energy Particle and Field Variations at  
L=6.6 During Onset of Low-Latitude Pi2  
Pulsations  
O.Saka (Dept. Earth & Planet. Sci. Kyushu  
Univ.)

The energetic particle and magnetic field variations associated with low-latitude Pi2 onset are examined at geosynchronous orbit during PROMIS period (March 13-June 16, 1986). Ground magnetometer data from Huancayo (dip-equator, 75W) are utilized to monitor the magnetic pulsations, while the particles (electron, 30-300keV; proton, 145-560keV) and magnetic fields in space are monitored by geosynchronous satellites S/C1982-019, S/C1984-129, S/C1984-037, and GOES-5/6. Pi2 events were selected when the ground station located in the afternoon to morning sector (13-06LT). Of 154 Pi2 events surveyed, 97 (54) events are found to occur in the vicinity of the electron (proton) flux enhancement, and 50 events are found to have a concurrent onset of the field-aligned current (FAC) that resembles the traditional current-wedge

model. Although 86% of the Pi2 events (132) indicate either flux or FAC signature, 22 events have no such indications. We discuss taking account of the particle trajectories in the nightside magnetosphere a probable site of the particle injections responsible for the present Pi2 onset.

赤道域Pi2脈動の発生と同時に起こる磁気圏夜側の現象を、静止軌道衛星の粒子と磁場のデータを使って調べた。沿磁力線電流系の形成と、KeVエネルギー帯の粒子の出現が、サブストームの条件とすれば、86%の赤道Pi2の発生がそれにあてはまる。しかし、その条件を持たない残りのPi2に関してはより遠い夜側磁気圏でそれらが発生したとすればよい。電子と陽子の軌道モデルからもその事が推測される。

B21-P77

HFD 観測データにみられる Pi2 領域の脈動 (1)

中村 祐史・柴田 喬・奥澤 隆志  
(電気通信大学)

Pi2 Pulsations Observed in HFD Variations (1)

Nakamura, Y., T. Shibata, and T. Okuzawa (Denki-Tsushin University)

The HF Doppler (HFD) response of the hydromagnetic waves in the Pi2 range has been studied by correlation analyses of the data of HFD at Chofu and those of magnetogram from Kakioka, Japan.

There are several examples which show excellent correlation in the power spectra between magnetic Pi2 pulsations and HFD oscillations, while the phase differences between the two varied from event to event. This implies that different events have different mechanisms for the HFD response of the Pi2 pulsations at middle latitudes.

磁気脈動 Pi2 が電磁圏の電波探査にかかったという報告はまだほとんどない (T. Kikuchi, 私信)。ましてやその現象論が確立されているとはいえない。

一方理論面では、電磁圏の磁気流体波 (HMW) の HFD 応答が 3 つの要因に分けられて、Poole や Sutcliffe 等の手により定式化されている。

今回は、1991 年 1 月から 1992 年 2 月までに観測された HFD 振動事象 (20 例) を柿岡の H 成分の 1 秒値 (両者とも差分値) とを対比させて、スペクトル解析し、コヒーレンスや位相関係を調査した現象論的な結果について報告する。

一例として、1991 年 7 月 13 日の事象を図 1 に、その解析結果を図 2 に掲げる。図 2 中、(a) それぞれの自己パワースペクトル、(b) 相互パワースペクトル、(c) 相対位相、(d) コヒーレンスである。

なお、位相関係が事象ごとに異なる結果が得られているので、各場合ごとの理論予測と比較して HMW の HFD 応答の要因を明らかにする作業が進行中である。

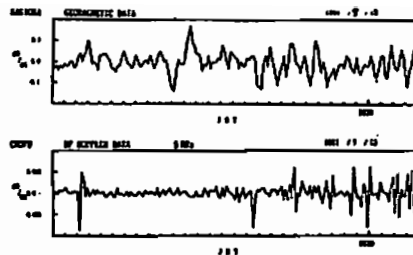


図 1

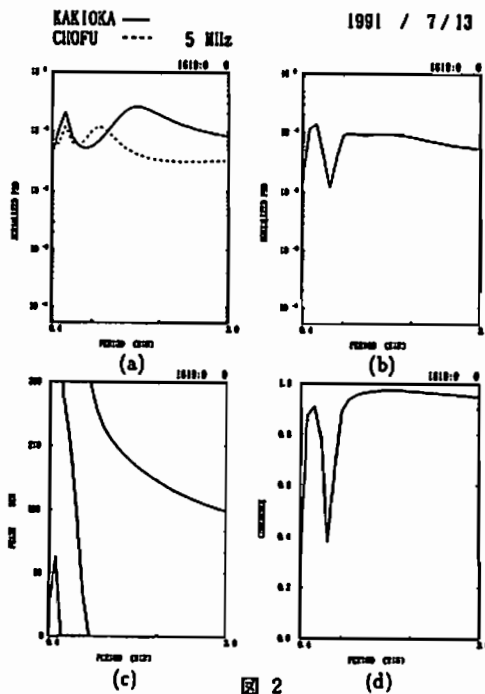


図 2

B21-P78

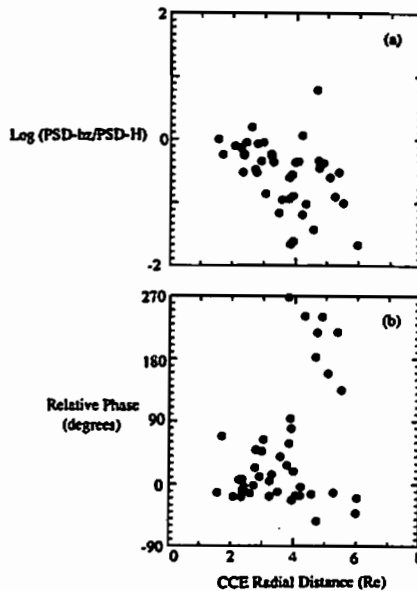
Spatial Variation of the Amplitude and Phase of Pi 2 Pulsations

○Kazue Takahashi  
Solar-Terrestrial Environment Laboratory  
Nagoya University

Shin-ichi Ohtani and Brian J. Anderson  
The Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory  
U.S.A.

Previous examination of AMPTE CCE data has resulted in a number of Pi 2 pulsations showing waveforms identical to those seen on the ground. In the present study a large amount of combined magnetic field data from the CCE spacecraft and the Kakioka ground station for 1984-1987 have been analyzed to determine the spatial variation of the phase and amplitude of Pi2 pulsations. We have selected 250 Pi 2 events in the Kakioka data by imposing conditions including sudden rise in AE, short-duration Pi 2 spectral enhancement in the Kakioka H-component, and CCE location Earthward of L = 6.5. Of these events 50 showed a Pi 2 pulsation at CCE that is coherent with the ground signal. 85 % of the high-coherence events occurred when CCE was on the nightside, confirming our previous finding that in the magnetosphere Pi 2 pulsations do not propagate to the dayside. The amplitude and phase of Pi 2 signal at CCE depends on the radial distance of the satellite, as illustrated in Figure 1. The amplitude appears to have a minimum near L = 4, and the distribution of the phase also changes at this distance.

Pi 2 Pulsations at CCE and Kakioka  
High (> 0.6) coherence, Nightside



(a): The spectral density of magnetic field magnitude at CCE normalized to that of the Kakioka H component as a function of the frequency of a Pi 2 pulsation seen at Kakioka, as a function of radial distance of CCE. (b): Same as (a) except that the relative phase is taken as the variable.



B会場

10月19日(水) 午後

# 電気伝導度・ 地殻活動電磁気学

## Electric Conductivity & Tectonoelectromagnetism

oral: B22-01~19

poster: B22-P01~P04

座長 半田 駿 (佐賀大教養)  
歌田久司 (東大地震研)

B22-01 2次元MTインバージョンにおける  
ブロックの個数について

°本蔵義守 (東工大理)・小川康雄 (カナダ地調)

On the Number of Blocks in 2-D MT  
Inversion

°Y. Honkura<sup>1</sup> and Y. Ogawa<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Tokyo Institute of Technology

<sup>2</sup> Geological Survey of Canada

In 2-D MT inversion, such as ABIC and Occam inversions, an optimum model is searched for by minimizing the misfit between the data and a model with a certain kind of smoothness constraint. In these inversion methods, the structure is approximated by a number of discrete blocks without much consideration on the effect of the number on an optimum criterion. Here we try to study this problem by introducing "AIC" for trade-off between the number of blocks and the other information.

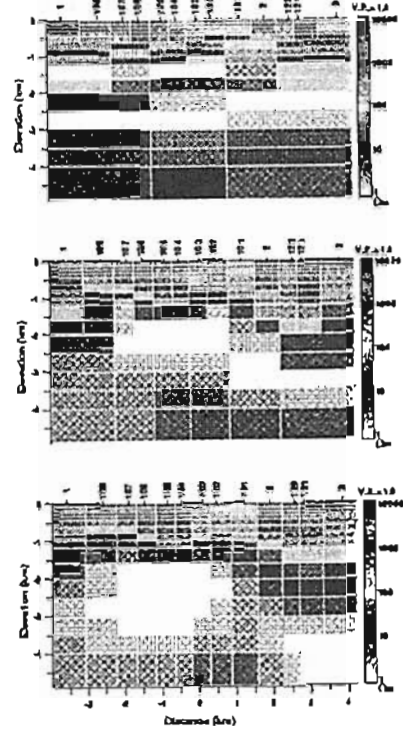
2次元MTインバージョンは最近ではごく普通に使われている。通常は、何かあるゆらかさを表す量に制限を加えることによって、単にデータとモデルレスポンスとの残差を小さくするだけでなく、滑らかさと残差との兼ね合いで最適と思えるモデルを捜している。

このこと自体は合理的であろうが、問題が一つ隠されていると我々は考えてきた。それは、このようなモデリングにおいて、まず構造を有限個のブロックで表現するが、その個数と最適モデルとの関係が明瞭でないことである。そこで、我々は赤池の AIC を用いてこの問題に対する一つの対応法を考えてみた。

用いたデータは、MT-DIW2 において配布されたバブアーニューギニア (PNG) データである。図にブロック数の異なるモデルを示す。ブロック数は上から順に、134, 184, 234 である。それぞれのモデルは、ABIC

最小化に基づいて得られたものである。AIC はやはり上から順に、2341, 2280, 2399 となり、2 番目のモデルがこれら 3 つの中では最適と判断される。

ここでは、3 つの場合についてのみ計算を行ったが、この方式がうまく適用できそうなので、さらに多くの場合について計算を行い、ブロック数を含めた最適モデルの求め方について考察する予定である。



B22-02 マントルの電気伝導度

°松島政貴・山崎英樹・本蔵義守 (東工大理)

Electrical Conductivity in the Mantle

°M. Matsushima, H. Yamazaki and Y. Honkura

Department of Earth and Planetary Sciences,  
Tokyo Institute of Technology

We have examined the electromagnetic response of the Earth by analyzing long-period geomagnetic variations, using daily-mean data covering 10 years from 59 stations over the globe and more than 20 years from 9 stations. Applying a remote reference method, we have obtained a response function  $i/e$  for the Earth. We here determine the electrical conductivity in the mantle by an inverse method, dividing the mantle into spherical shells.

これまで地磁気長周期変動を解析し、地球の電磁応答を調べてきた。まず、全世界にわたる 59 観測点の 10 年間の地磁気日平均データを取り扱った。低周波領域における精度を上げるため、9 観測点の 20 年以上の地磁気日平均データを解析した。ほとんどの周波数で、 $P_3$  近似が妥当であることが確かめられたので、これを基に、データのノイズを除去するために remote reference の手法を適用した。

ここでは、このように計算した応答関数  $i/e$  を用いて、マントルの電気伝導度をインバージョンにより求める。計算を簡単にするために、マントルにおいて層構造、つまりマントルを球殻に分割したモデルを考える。また、核は完全導体であると仮定する。

第一段階として、 $1.2 \times 10^{-3} \sim 4.4 \times 10^{-2}$  c/day の周波数領域に対し、マントルを 4 層に分けてインバージョンを行った。その結果を Fig. 1 に示す。最下部の電気伝導度の値は約 50 S/m となっているが、 $1.2 \times 10^{-3}$  c/day という最低周波数を考慮して、最下部の厚さを 1500 km と大きく取ったためであろう。また、最上部の電気伝導度の値は Banks

などのものよりも大きくなっている。マントル深部の電気伝導度をより精度よく求めるために、より低周波の応答関数を取り入れ、浅部の電気伝導度をより精度よく求めるために、より高周波の応答関数を取り入れて計算を進めていく予定である。

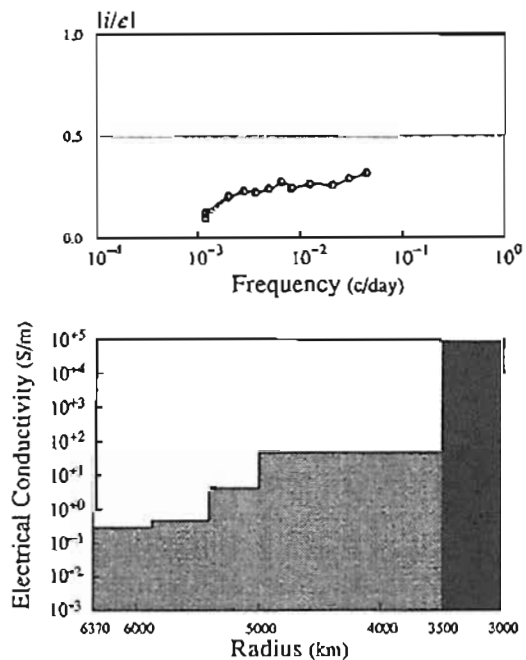


Fig. 1. Response function and a determined electrical conductivity profile in the mantle.

B22-03 フィリピン海プレートの  
電気伝導度分布 (序報)

藤井郁子、歌田久司 (東大地震研)、  
湯元清文 (名大STE研)

Preliminary report of a conductivity  
distribution on the Philippine sea plate

Ikuko FUJII, Hisashi UTADA (ERI, Univ. of Tokyo) and  
Kiyohumi YUMOTO (STE lab., Nagoya Univ.)

Voltage measurements using two submarine cables in  
Philippine sea enable us to get an overview of conductivity  
distribution at the area. Magnetotelluric responses at periods  
up to several hours are inverted into 1-D conductivity models  
averaged over wide areas.

1993年9月から、運用停止後の海底ケーブルを用いてグ  
アムーフィリピン間の電位差観測が始まった。3年目に入  
ったグアムー二宮間の電位差観測と併せて、南北 (グアムー  
二宮)、東西 (グアムーフィリピン) の電位差がフィリ  
ピン海プレート上で連続的に計測されていることになる。グ  
アムー二宮のケーブルでは、中継器の性能を維持するため  
の給電がSN比を著しく下げ、長周期の解析を難しくして  
いる。しかし、グアムーフィリピン間のケーブルは無給電  
で使われており、比較的容易に計算を進めることができた。  
1993年春の報告では、グアムー二宮の電位差を用いて、

柿岡、グアムの地球地場に対する応答関数を求め、それを  
最もよく説明する電気伝導度分布を一次元で計算した (図  
1)。本研究では、グアムーフィリピン間の電位差につ  
いても同様の解析を行い (図2)、フィリピン海プレートの  
電気伝導度分布について概観する。

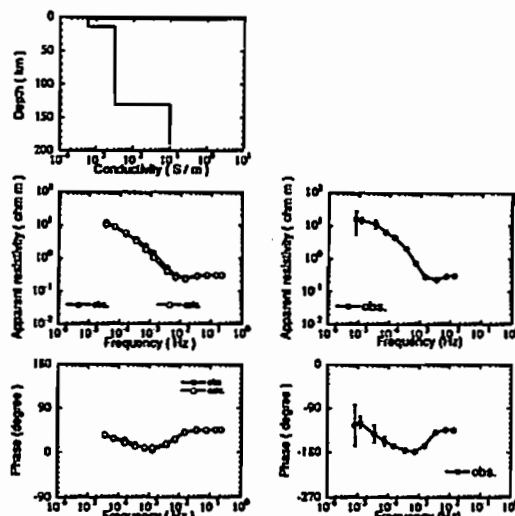


図1  
グアムー二宮間の  
電気伝導度分布 (上)、  
見かけ比抵抗 (中)、  
位相 (下)。黒丸は実  
測値、白丸は計算値を  
表わす。

図2  
グアムーフィリピン間  
の見かけ比抵抗 (上)  
と位相 (下)

B22-04 対馬海盆の電気伝導度構造 (I)

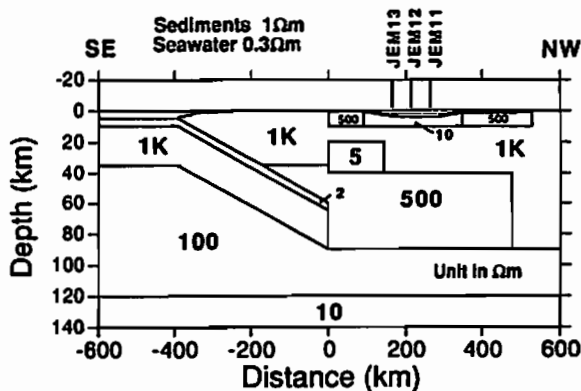
○一北岳夫、歌田久司、神田徑 (東大地震研)、  
伊勢崎修弘 (千葉大理)

Conductivity structure beneath the  
Tsushima Basin of the Japan Sea (I)

○Takeo Ichikita, Hisashi UTADA, Wataru KANDA (ERI,  
Univ. of Tokyo) and Nobuhiro Isezaki (Faculty of  
Science, Chiba Univ.)

We carried out sea floor MT experiment in the  
Tsushima Basin of the Japan Sea in September 1992. Three  
ocean bottom electromagnetometers (OBEMs) were deployed  
in the experiment and natural electric and magnetic field  
variation at geomagnetic disturbance was recorded. Sampling  
interval was 10 seconds, so we estimated impedance tensors  
and geomagnetic transfer functions for the period range of 100  
to 7680 seconds. Induction arrows and principal axes of the  
impedance tensors apparently show two-dimensionality of the  
conductivity structure whose strike direction is NE-SW. But  
these parameters are probably influenced by 3-D  
electromagnetic effect because the studied area is surrounded  
by the Korean Peninsula, the Tsushima strait and Japanese  
Islands. The observed induction arrows point to the direction  
clearly different from that of the arrows estimated by

Toh(1992) from thin-sheet approximation. Nevertheless we  
think it is meaningful to estimate 2-D conductivity structure  
first as a initial model in order to construct a final 3-D  
conductivity model around this region. Figure shows optimum  
2-D model we estimated. This model suggests that conductivity  
of upper crust is higher than 0.01S/m and that the depth to the  
mantle conductor, if it exists, cannot be smaller than 80km  
which was estimated as 160km by 1-D inversion. It is  
important that conductive region whose conductivity is 0.2 S/m  
is needed in the lower crust on back arc side. This feature  
possibly relates to the depth of subducting Philippine Sea Plate.



Optimum 2-D Model beneath the Tsushima Basin

B22-05

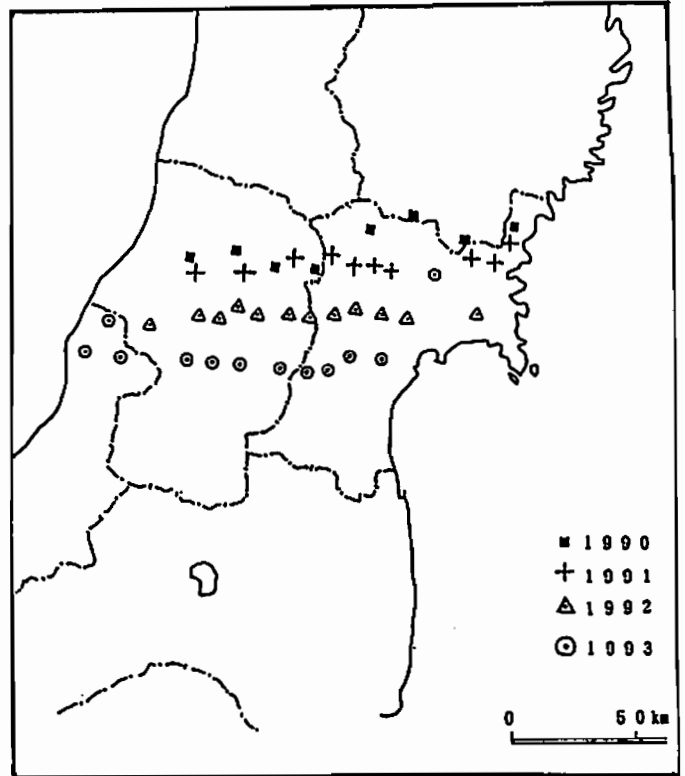
Preliminary Results of Two-Dimensional Inversion of Magnetotelluric Data of the North-eastern Part of the Japan Arc

Moriaki Kawakami (GERD, NIED), Tokio Pojinava (NIED)  
T. B. ASCH (GERD), Shinji Takasugi (GERD)

Three magnetotelluric (MT) transects have been obtained in the central Tohoku district of the north eastern Japan, where the Pacific plate subducts beneath the Eurasian plate. Broadband magnetotelluric sounding data (0.00005 - 3.000s period) were collected on land from some 12 sites on each transect of about 140 km length running approximately east-west. Each transect about 30 km apart. Measurements at two sites on each transect spaced about 70 km apart were conducted simultaneously for the sake of remote-reference data analysis. Every site was carefully chosen so as to avoid cultural noises as far as possible.

Though impedance- and tipper strikes show variable distributions both in space and frequency suggesting complex features for the geoelectrical structure in the region, we assessed a two-dimensional structure running roughly north-south. Both strike-parallel and strike-perpendicular components of the MT apparent resistivity and phase data of the broadband were subjected to the Rapid Relaxation Inversion to obtain an approximate two-dimensional smooth geoelectrical model for the southernmost transect. This transect was chosen as the first one to be rendered to the two-dimensional analysis because it seems to have a simpler structure among the three transects from a geological point of view and from the one-dimensional Bostick Inversion results.

We are going to conduct supplementary MT measurements at another 14 points along the northernmost transect to make the spacing of the observations denser in 1994. Similar measurements will be made for the other two transects in 1995 and 1996.



Broad-band magnetotelluric sounding along the three transects.

B22-06

地磁気擾乱水平成分振幅に見られる局地性  
-----鳥取県中部, 三朝 (MSS) の例-----

宮腰潤一郎 (鳥取大学教養部)

Enhancement in the horizontal intensity of the geomagnetic sub-storm locally observed in Misasa, Tottori Prefecture

Jun'ichiro Miyakoshi (Inst. Earth Science, Tottori Univ.)

Enhancement in the horizontal intensity of the geomagnetic sub-storm, 40~50% higher for the case of Y component especially, was observed using the flux-gate magnetometer in Misasa, which is close to the epicenter of the earthquake of M=6.3 occurred on October 31, 1983.

The enhancement was quite localized character, that is, it was not observed in TOT and in SKO (see Fig.1) and also as for the frequency characteristic, it was not clearly seen in the geomagnetic pulsation.

1983年10月31日、鳥取県中部に位置する三朝温泉のほぼ直下を震源とするM=6.3の地震が発生し僅かながら被害も生じた。我々はその直後から三朝 (MSS) に地球電磁気観測室を設け、電場観測に関しては現在も継続中である。

電場観測に関しては、フラックスゲイト型磁力計により観測したサブストームに際して周期約30分の変化の振幅が、MSSから東へおよそ30km離れた鳥取 (TOT) と比較して、X成分に関しては約20%、Y成分に関しては約40~50%大きいことを見いだした。両地点におけるこの振幅差を調べるため、1985年から1989年にかけてインダクション磁力計を用いて地磁気脈動 (周期数10秒) の観測を行ったが、著しい振幅差は認められなかった。更に1993年には、振幅差の地域的広がりを知ることを目的に、MSSの西方約15kmの関金 (SKG) とTOTにおいてフラックスゲイト型磁力計による比較観測を行ったが、水平成分の振幅は殆ど同じであった。

即ちMSSにおいてはT=30分の周期の磁場変化に際して、水平成分、特にY成分の振幅が異常に大きいと言うことになる。電場変化に関しては、MSSではTOTと同様にBX成分が卓越しているが恐らくこれは両地点の北側の日本海のせいであろう。なお地層の厚さは、TOTでは300m程度でありMSS、SKGでは花崗岩基盤が露出している。

MSSにおいてこの様な磁場変化を作り出すメカニズムは、1983年の地震の余震の配列が単純な東西方向ではない (1984, 西田) ことと関係があるのではなからうかと考えている。

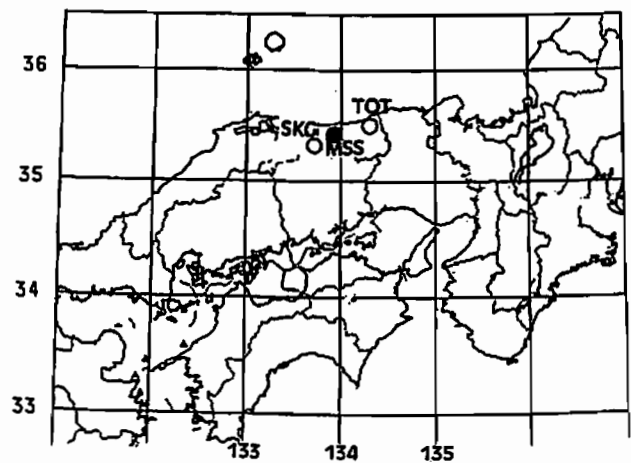


Fig.1

B22-07

日本周辺で観測されたインダクションベクトルの3次元薄層モデルによる解釈

○藤 浩明 (東大海洋研)、藤原 智 (国土地理院)

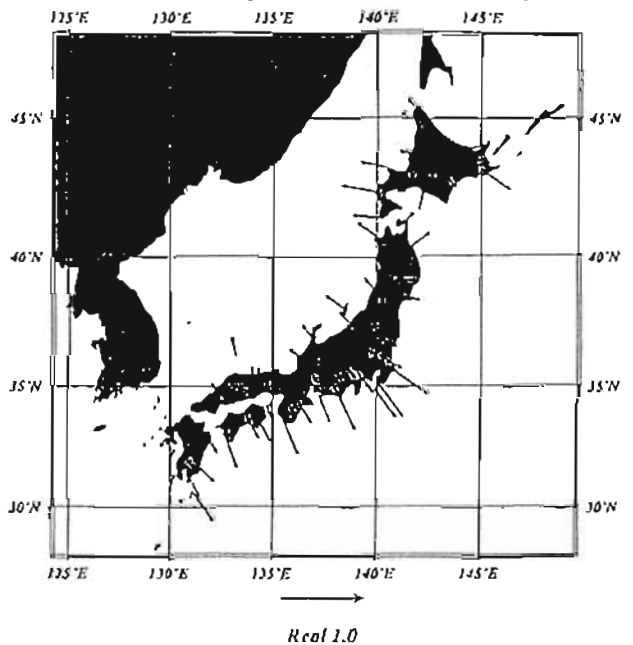
Three-dimensional Thin Sheet Model Study of the Induction Vectors Observed in the vicinity of Japan

○H. Toh (ORI) and S. Fujiwara (GSI)

In our previous study, we compared the induction vectors observed around Japan with those calculated by McKirdy et al's (1985) thin sheet algorithm (Fig. 1), which yielded significant differences between the observed and estimated induction vectors. This implies that distribution of the observed induction vectors can not be explained by simply incorporating the ocean/continent distribution in the vicinity of Japan. McKirdy et al's thin sheet algorithm is based on the Fredholm integral equation of the second kind and hence requires very time-consuming evaluation of Green's tensors. However, once the Green's coefficients are evaluated, they are valid for any conductance distributions within the thin sheet provided the period and the one-dimensional conductivity structure beneath the top thin sheet are fixed. Hence, we decided to search the optimized

conductance distribution within the thin sheet which explained the observed induction vectors well. As a result, conductance anomalies were found at the northern tip of the Izu-Bonin arc and off Kyushu District.

Fig. 1 3D thin sheet estimates of the geomagnetic transfer function for the period of 32 min around Japan.



B22-08 東北日本南部 (38~39° N) における地磁気変化観測

瀬戸正弘・北村保夫 (東北工大)

GEOMAGNETIC VARIATION MEASUREMENTS IN SOUTHERN PART OF THE NORTHERN HONSHU Masahiro SETO and Yasuo KITAMURA (Tohoku Institute of Technology)

In southern part of the Northern Honshu temporary measurements of the variations of geomagnetic three components have been carried out during more than ten years. In order to make clear the characteristics of the geomagnetic variations in the area, the induction arrows of the measurement points were calculated. The distribution of the induction arrows shows several interesting characteristics.

東北日本においては、これまでに数多くの研究者により、種々の地球電磁気学的観測が行われ、電気的・磁気的地下構造についての研究が行われてきた。

我々も主に北緯38度と39度の範囲の東北日本において、詳細な地磁気変化の様子を知り、地下構造について考察するために、多くの一時的な観測点で地磁気三成分変化観測を行ってきた。

1990年春の本学会において、それまでに得られた観測結果について報告したが、その後も観測を継続しており、今までに得られた観測結果を報告する。

図は観測点分布を黒丸で示している。また、各観測点で得られた三成分変化記録を用いて、変換関数を求めた。その中から、周期50分の実数部の変換関数を用いて得られたインダクション・ベクトルを図に示した。図において、観測点だけ示し、ベクトルの示されていない点があるが、観測結果を現在検討している点である。

内陸部ではベクトルが小さく、方向に規則性がないことなど、図から、いくつかの地域の地磁気変化の特徴をいくつか見ることができる。

ここでは先ず、社尾半島周辺、仙台平野周辺の地磁気変化について考察した。仙台平野を南北に流れる集中誘導電流によって、この地域の地磁気変化は説明できると思われる。

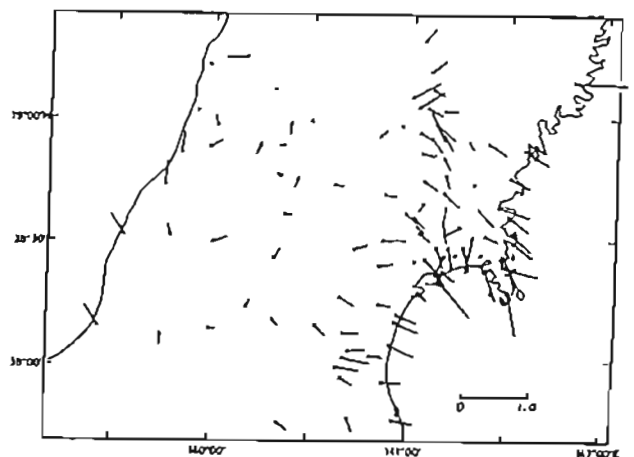


Fig. Distribution of the induction arrows at the period of 50 minutes in southern part of the Northern Honshu.

## B22-09 別府-島原地溝帯西部でのCA

半田 駿 (佐賀大学・教養部)

The conductivity anomalies in the western part  
of the Beppu-Shimabara graben

Shun Handa (College of Liberal Arts, Saga Univ.)

The MT and GDS(Geomagnetic Depth Sounding) observations have been made in the eastern area of the Beppu-Shimabara graben in the central Kyushu, Japan. The induction vectors obtained at the periods shorter than about 3 minutes indicate that anomalous currents flow possibly along the Matuyama-Imari tectonic line running in the east-west direction.

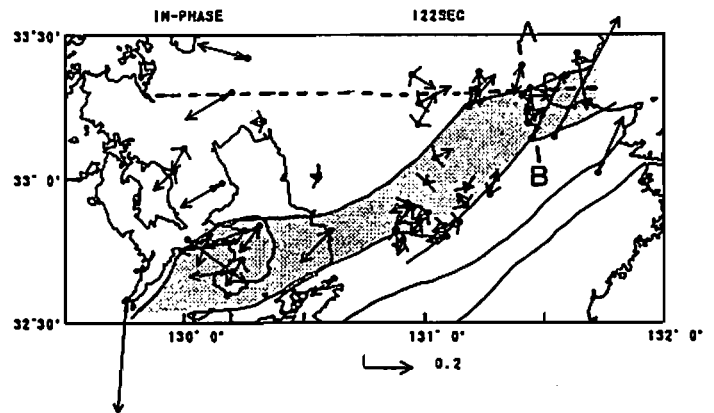
別府-島原地溝帯(図の網目部分)は九州中部を北東-南西に横切り、東は別府湾から、阿蘇火山を經由して島原半島中央部に至る。地溝帯沿いには、第四紀火山が分布し、また多数の正断層の分布、発震機構から、ここでは南北伸張の場にある拡大軸との指摘もある。この地溝の東端には、多くの東西性正断層群からなる早見、崩平山、万年山地溝があり、崩平山地溝内では、1975年大分中部地震(深さ15km、M=6.4)が発生している。

図は、別府-島原地溝帯沿いのインダクション・ベクトル(実部、周期約2分)の分布を示したものである。ベクトルは、Handa et al.(1992)、およびそれ以後観測されたものを示した。

1993年7月~12月に、鶴見岳、由布岳を横切る、地溝に直交する測線AB(総延長は30km)上の6地点で、ULF-MT観測を実施した。図のように、地溝内の南北端から2番目の測点間(幅

約15km)で、周期約3分以下のベクトルに逆転が見られる。MTの結果は、まだ十分には解析されていないが、測線中央の2地点では、電流が強く東西方向に制限されており、3次元性も高い。これは、ここに東西方向の異常電流が流れていることを強く示唆する。見かけの比抵抗分布は、測線全域で浅部が低比抵抗であることを示唆するが、通常CAに伴う低比抵抗帯の存在は明確でない。おそらく、この異常電流の原因は、ULF帯より高周波部分、つまり地殻のごく浅部にあると思われる。

このインダクション・ベクトルの逆転は、図のように日田市付近まで追跡でき、そこでは、別府-島原地溝帯からずれているように思える。むしろ、九州の地形・地質構造上の地域区分として用いられる、いわゆる「長崎三角地帯」の北端を限る「松山-伊万里構造線」(破線)に沿っているようである。この、ベクトルの逆転がさらに西にまで続くのか、CAを生じさせる比抵抗構造はどのようなものか、それと構造線との関係は、等解決すべき今後の課題は多い。



## B22-10 雲仙岳の火山活動と地下熱水系の変動 -自然電位と比抵抗-

橋本武志・田中良和(京都大学理学部)

Temporal variation of subsurface hydrothermal system  
associated with the volcanic activity in Unzen volcano  
- self-potential and ground resistivity -

Takeshi HASHIMOTO and Yoshikazu TANAKA (Fac.Sci., Kyoto Univ.)

We have been conducting self-potential observation on Unzen volcano since 1991. In the previous papers<sup>1,2</sup> we have reported a large positive SP anomaly near the lava dome and its growth preceding the first extrusion of the lava. After 1992, the SP near the dome continued to increase, whereas the SP in the west of the dome showed gradual decrease. The decrease amounts to -600mV per two years. Since November of 1993, the trend of SP change reverted from decrease to increase. At the same time we observed SP increase in the southwest of the dome, too (see figure.1). In this period the positive SP anomaly around the lava dome was intensified. This fact suggests that the hydrothermal upflow under the dome was enhanced or the area of the upflow was horizontally enlarged. The spatial distribution of hydrothermal upflow and its temporal variation will be discussed with the results of repeated measurements of the ground resistivity and those of the SP profile along Kunimi-Miyoken-Nita line.

若者は、1991年9月から雲仙普賢岳の火口周辺における自然電位分布とその経時変化を調査してきた。過去の観測では、普賢岳溶岩ドーム近傍に1000mVを超える正の自然電位異常があり、1991年5月の溶岩ドーム出現に先だって周辺部の自然電位が急上昇したこと、更にこれらの現象が、溶岩ドーム地下に推定される熱水の上昇とその発達によってもたらされた可能性が大きいことを指摘した<sup>2)</sup>。

本観測では1992年以降の自然電位変動について焦点を当てる。1992年以降も溶岩ドームの近傍では電位の上昇が継続したが、ドームの約500m西側の領域では徐々に電位が低下し、その変化量は2年間で最大約-600mVに達した。1993年11月以降は溶岩ドーム西方の電位低下が上昇に転じると同時にドームの南西側でも有為な電位上昇が見られるようになった(図1参照)。

ドーム近傍の正の電位異常が強くなっていることから、最近の雲仙岳ではドーム直下での熱水活動が活発化している、あるいは熱水の上昇域が拡大していると思われる。

観測では、最近行った直流電気探査の繰り返し測定の結果と雲見岳、妙見岳の自然電位分布も考慮して熱水上昇域の分布やその変動についても述べる。

発表本誌: 1991年雲仙岳における自然電位観測, 地球惑星科学地質学会合同大会, Apr.1992  
発表本誌: 雲仙岳における自然電位観測(総論), 地球電気気・地球惑星科学会, Oct.1992

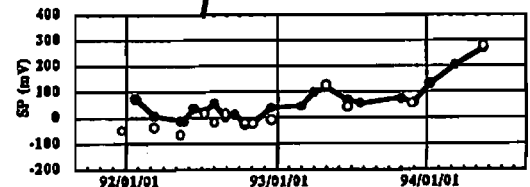
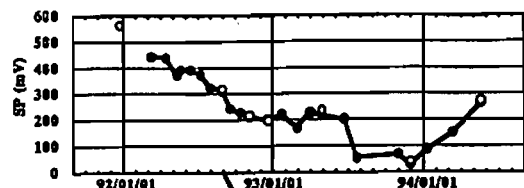


図1: 1992年以降の自然電位変動(経路は仁田前)。代表的な2点を選んで示した



B22-11 油壺における比抵抗変化の原因について

○歌田久司、吉野登志男 (東大震研)  
行武 毅 (九大理)

On seismic resistivity changes recorded at  
Abratsubo, central Japan  
Hisashi UTADA, Toshio YOSHINO (Univ. Tokyo) and  
Takesi YUKUTAKE (Kyushu Univ.)

Earth's resistivity variation has been continuously recorded in a vault of Abratsubo Crustal Deformation Observatory, Earthquake Research Institute, University of Tokyo, since 1968. It is well known that the record usually shows a tidal variation, and sometimes shows coseismic resistivity changes even to very distant large earthquakes. These changes are so far explained as reflecting the strain sensitivity of partially saturated rock's resistivity. Moreover, Yamazaki (1980) and Yamazaki(1983) reported that 30 coseismic events of total 60 events recorded were accompanied by unusual preseismic variations.

By using the recent 10 years' record obtained partially by a digital recorder, we attempted to investigate more details on the nature of the seismic resistivity changes. New

implications so far obtained are as follows:

- (1) Coseismic resistivity change starts at an arrival of S-wave. Its polarity shows no correlation to the source mechanism of an earthquake, but shows a seasonal variation; i.e., resistivity increases in summer and decreases in winter.
- (2) Unusual gradual variation (with duration of several hours-a few days) does not always precede an earthquake, but is usually accompanied by a bad weather, instrumental trouble, etc.. No precursor has been found in the ten years' record excluding these effects.
- (3) There is a seasonal variation in the Earth's resistivity with minimum and maximum in October and April, respectively.

These results strongly suggest a significant effect of water in the ground, but not of mechanical strain, on the observed resistivity changes.

In the present paper we are going to present a model to account for the cause of seasonal variations of the resistivity and the polarity of coseismic change at the same time. In this model the temperature dependence of the pore water is supposed to be the major cause for the observed phenomena. The model remains, however, at a stage of qualitative evaluation. To reveal the physical mechanism of the changes needs further effort.

B22-12 見掛け比抵抗の時間変化  
- 沼津付近の長基線地電位の場合 -  
高山寛美 (気象研究所)

Time variation of apparent resistivity  
- on the geoelectric field around Numazu -  
Hiromi Takayama (Meteorological Research Institute)

We have observed geoelectric variations by making use of telegraphic facilities of the NTT (the Nippon Telegraph and Telephone Company) since 1985. Location of observation points are shown in Fig.1. The observed geoelectric variations are very stable over a long time. Time variations of apparent resistivity and phase were investigated. Everyday 256-data, which were sampled every minute from 0000 to 0415, were used. Geomagnetic variations used were data at the Kakioka Magnetic Observatory. Multiple regression model was fitted to geoelectric and geomagnetic variations in time domain. Parameters were estimated by the method of least squares and model order was determined to minimize the AIC. Apparent resistivity and phase were obtained by Fourier-transforming parameters of the estimated model. Geoelectric variations observed around Numazu include artificial noises, for example leakage currents from railways using direct current power and industrial electric facilities. Then, estimates of apparent resistivity and phase vary widely. Dispersions of estimates for ITO-SUZ (13.7km, N275°E) are comparatively small. By criteria that partial and multiple coherencies between geoelectric and geomagnetic variations were both larger than 0.4, coherency between geomagnetic two components was smaller than 0.6 and errors of apparent resistivity and phase were factor of 2 and 10°, respectively, good estimates were selected. The result is shown in Fig.2. Observations were missed in intervals of October 5 to November 18, 1988 and February 20, 1992 to October 1, 1993. Means of apparent resistivity for 32, 64 and 128 minutes are 2730, 3550 and 4160 Ω-m, respectively.

Fig.1  
Location map of observation points. Circles are repeater stations of the NTT and square is the Kakioka Magnetic Observatory.

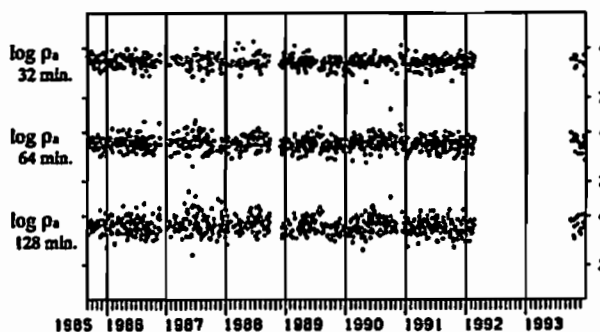
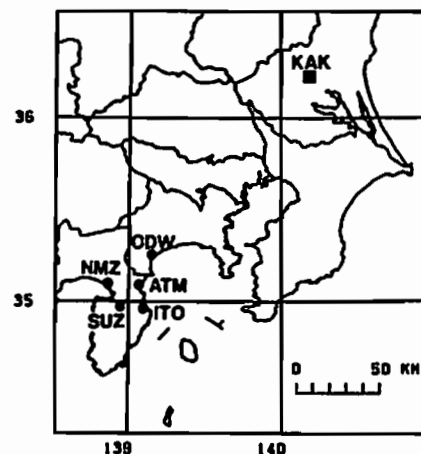


Fig.2 Time variation of apparent resistivity for ITO-SUZ.

B22-13 Electromagnetic field variations associated with pore water motion in the focal region

Olga Mazhaeva (NIED), Yukio Fujinawa (NIED),  
Oleg Molchanov (UEC)

We consider the role of pore water in the process of electromagnetic field generation taking into consideration that crustal rocks in the region of active faults under real conditions are commonly wet. An estimation is made for the case when the pore fluid conductance is large in comparison to that of the rocks and when the fluid is incompressible. Two approaches are taken:

a) The motion of fluid inside a dilatant region might be described by magnetohydrodynamic equations. Influence of geomagnetic field on the highly conductive underground water flow can lead to magnetic field variations. The magnetohydrodynamic model of one dimensional narrow conductive layer, originally proposed by Draganov *et al.* (GRL, 1991, 18,1127-1130) will be extended to the case of two or three dimensional time dependent fluid motion. If the rate of void pore volume increase via dilatancy is slower than the velocity of water penetration into the dilatant region the low-frequency fluctuations of the water motion over the large space of the earthquake preparatory zone, are seemed to be efficient electromagnetic generators.

b) The electric potentials are induced in the neighbourhood of rocks through which electrolytic fluids are moving during earthquake preparatory processes in the focal zone. It leads to an electric potential anomaly and produces a magnetic field near the earthquake preparation region. Influence of the geomagnetic field on the focal electric current flow and resultant low-frequency electromagnetic field variations will be estimated using magnetodynamic equations based on models of mechanical fracturing processes.

B22-14 伊豆北東部での全磁力変化  
1993年5-6月群発地震活動以後

大志万直人<sup>○</sup>・笹井洋一・石川良彦・本蔵義守  
(京大防災研) (東大盛研) (東工大理)

Geomagnetic Changes in the North-Eastern Izu Region since the occurrence of the earthquake swarm in May-June, 1993,

N.Oshiman(D.P.R.I., Kyoto Univ.), Y.Sasai(E.R.L., Univ. Tokyo),  
Y.Ishikawa(E.R.L., Univ. Tokyo), and Y.Honkura(Tokyo Inst. of Tech.)

We have observed the total intensity of the geomagnetic field in the north-eastern part of Izu peninsula with using a dense network of proton magnetometers since the sea-floor eruption in 1989.

After the occurrence of the earthquake swarm in May-June, 1993, the total intensity at several continuous geomagnetic sites (ABD, OSK, YKW, SWG, YOB) started to increase coinciding with the anomalous changes in the crustal movements in the inland of the peninsula.

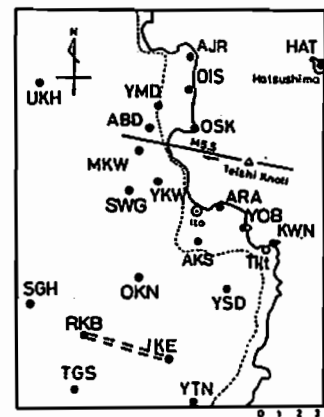
1989年の伊東沖での海底噴火以降、高密度の全磁力連続観測を伊豆北東部で実施して来た。これまでの結果については、既に、SGEPSSの92春、92秋、93春の学会等で報告して来たが、今回は、1993年5-6月の群発活動以降の変化について、報告する。

1993年5-6月の群発活動は1989年の群発活動と海底噴火以降で、最も規模の大きな活動であった。この活動以後、93年10月頃から、伊東周辺の観測点で、南で顕著な増加(ABD, OSK, YKW, SWG, YOB)、北側で減少(OIS, YMD(?))を示す、全磁力変化が観測された。ちょうどこの頃、国土地理院のGPSによる伊東周辺での長辺連続観測でも、異常な伸びが観測されている。

一方、1990年5月に設置された、観測点YMDは、JR伊東線のトンネルの直上に位置し、電車のノイズが大きく、これまで、この観測点での観測データを十分に生かしきれていなかった。

伊東周辺での観測では、ほとんどの観測点が、JR伊東線等の電車の線路からそれほど距離がなく、これまで、これからのノイズを避けるため、夜間値を用いて、伊東周辺での、全磁力変化を議論して来たが、観測点YMDでのノイズは、他の測点と比べて、著しくノイズ強度が大きく、他の測点と同様のノイズ処理を行なうだけでは、真の全磁力変化を、逆に落としてしまうことになっていた。

今回、このノイズが、各測点で非常に良い相関を示すという特徴を用いたノイズ除去方法を試み、良好な結果を得ているので、これについても言及する。



1986年伊豆大島火山噴火における  
マグマ貫入事件に伴う火山地磁気効果  
笹井洋一 (東大・地震研)

VOLCANOMAGNETIC EFFECT  
DUE TO AN INTRUSIVE EVENT  
IN THE 1986 ERUPTION OF IZU-OSHIMA VOLCANO  
Yoichi SASAI (Earthq. Res. Inst., Univ. Tokyo)

Magnetic changes at the time of the Phase II activity during the 1986 eruption of Izu-Oshima Volcano are reexamined. SASAI et al. (1990) attributed the magnetic changes to piezomagnetic effect due to stresses caused by magma intrusion. Modeling algorithm for tensile faulting was revised by SASAI (1991). However, the revised formula fails to interpret the observations with a single dyke model. The model is updated to consist of three different dykes, two of which are those associated with the fissure eruption, while the remainder represents an intrusive dyke beneath the southeastern side of the island. The model explains the data very well, which strongly supports the occurrence of an intrusive event at the final stage of the 1986 eruption.

1986年伊豆大島火山噴火は、2つのフェイズ(Phase)に分けられている。Phase Iは山頂噴火で、11月15日から19日の5日間に3700万トンの溶岩を噴出した。Phase IIは割れ目噴火で、11月21日5時間のうちに4500万トンを出した。割れ目火口は三原山の北麓からカルデラ内を西西北西方向に走り、カルデラ外部の山腹にも生じた。

南側山腹の二子山(FUT)のプロトン磁力計は、割れ目噴火に伴って5nTの全磁力減少を記録した。詳細を見ると、この減少は割れ目噴火の約2時間前、14h頃から始まっており、割れ目の体積歪計(気象庁)と北外輪の傾斜計(地震研)の異常変化、激しい地震活動の発生と同時期に起こっている。

11月21日の深夜に割れ目噴火も終了した後で、FUTの全磁力は再び減少を始め、11月23日までに-6nTに達した。この変化に対応するような表面の火山活動は起こっていない。しかしこれは伊豆大島の南東部に群発地震が発生し、地割れも生じて、全島民避難のきっかけとなった事件に伴うものと考えられる。この全磁力変化はまた、波浮における傾斜計(防災科技研)の異常変化ともよく対応する。

SASAI et al. (1990)はFUTにおける一連の地磁気変化を、ダイク貫入に伴うピエゾ磁気効果によるものと解釈した。その後ダイクによるピエゾ磁気変化の式に戻りが見つかって、改訂版が出された(SASAI, 1991)。改訂された式を使うと、単一ダイクモデルでは、FUTの全磁力変化を全く説明出来ない。しかし実際の火山活動の推移を考えると、北東部の割れ目噴火と南東部の事件はそれぞれ独立した出来事とした方がよい。それに対応するように、地磁気変化も二段階に分かれて、起こっている。そこで前半の全磁力減少はB、C火口のダイク貫入によるもの、後半はカルデラ東側から南東にむけてマグマの貫入があったとすれば、定量的にも地磁気変化が説明できることが判った。玄武岩質火山では、プロトン磁力計が歪計として機能する場合もあることを、実証した事例といえる。

11月21日の深夜から、大島の南東部にマグマの貫入があったか否かについては、現在に至るまで決着のついていない問題である。FUTの全磁力変化がピエゾ磁気効果で説明されることは、少なくとも開口割れ目で作られるような応力場が生じたことを強く支持する。線形弾性論の範囲では、引っ張り(伊豆大島の受けている広域応力)による受動的なクラックの開口とクラックの内圧の高まり(マグマの貫入)による強制的な開口による応力場は同等である。しかし結合力の弱い複合物質としての地殻では、後者によってのみ十分大きな圧縮力が生まれると想像される。つまりFUTの全磁力変化は、南東部で実際にマグマの貫入が起こったことを強く支持するデータと捉えよう。

北海道南西沖地震による地磁気変化の再検討

藤原 智 (国土地理院)

Reexamination of the geomagnetic changes concerned with the 1993 south-west off Hokkaido Earthquake  
Satoshi FUJIWARA (Geographical Survey Institute)

The Geographical Survey Institute carried out the first order geomagnetic survey in south-west Hokkaido to detect geomagnetic phenomena associated with the 1993 earthquake. The author reexamined the geomagnetic changes before and after the earthquake. The results show the possibility that the conductivity and intensity of geomagnetic field of the aftershock region changed in connection with the earthquake.

国土地理院が実施した一等磁気測量から1993年北海道南西沖地震による地磁気の変化を検出したことについてはすでに報告している。一等磁気測量では柵岡(気象庁地磁気観測所)のデータを使用して全国共通な変化を取り除く補正計算を行っているが、北海道のように柵岡から遠く離れるほど補正の精度が低下する。前回の報告では、地磁気の永年変化については一番近い観測所である女満別を基準にして補正を行ったが、1日ごとの日変化については柵岡による補正のみであった。柵岡との日平均値の差を女満別、水沢および柵岡について調べてみると、女満別では標準偏差で2nTほどのばらつきが存在する(図-1)。したがって、補正の精度を上げるために、今回は日変化についても女満別のデータを使用して補正を行った(図-3)。その結果、前回の補正で顕著に表れていた地磁気北向き成分や下向き成分の変化は目立たなくなり、見かけ上の変化が存在していたことが判明したものの、地震をはさんで約1ヶ月前と約1ヶ月後に観測が行われた松前では地磁気西向き成分にはっきりした変化が見られた。

フラックスゲート磁力計の毎分値データより地磁気変換関数を求めた結果では、インダクションベクトルも水平成分の地磁気変換関数でも周期6.4分では、地震により震源域での電気伝導度が下がった可能性を示すものとなった。

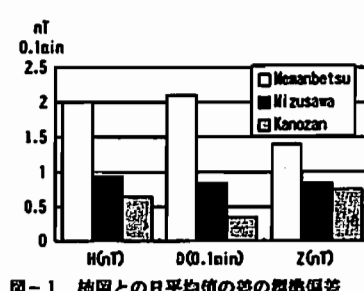


図-1 柵岡との日平均値の差の標準偏差

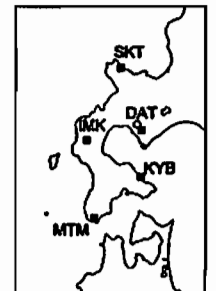


図-2 測定を行った磁気点

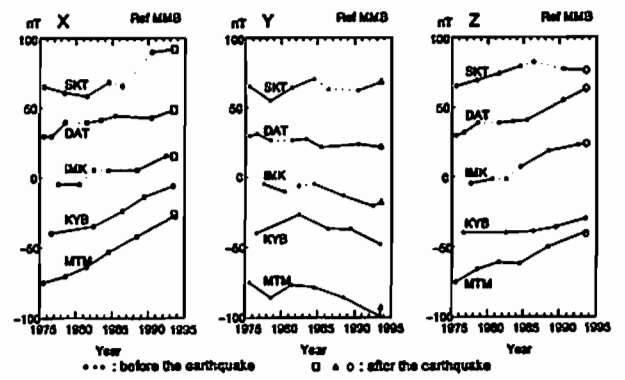


図-3 地磁気各成分の変化(女満別基準、位置は図-2参照)

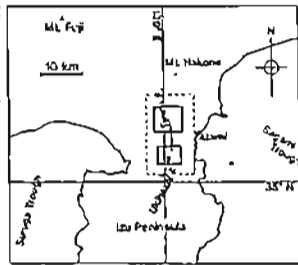
丹那地域空中磁気異常  
のノルム最小化逆解析  
中塚 正 (地質調査所)

Minimum Norm Inversion of  
Aeromagnetic Anomalies in Tanna Area  
T. Nakatsuka (Geol.Surv.Japan)

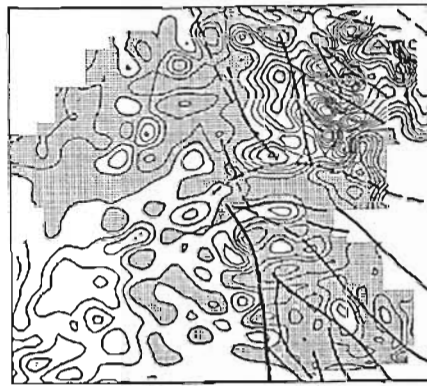
An improved method of magnetization intensity mapping is proposed to interpret magnetic anomalies in terms of subsurface structure, where the side effect of source bodies surrounding the observation area is taken into consideration. The underdetermined problem can be solved by CG method, and the asymptotic iteration gives minimum Euclidean norm solution. This scheme was applied to aeromagnetic data in Tanna area to discuss tectonic implication.

Silva and Hohmann (1984) や Okuma et al. (1984) の示した磁化強度マッピングの手法においては、観測域の外側のソースの影響が問題になることがわかり、周辺ソースの影響を考慮にいたした磁化強度マッピングの方法を開発した。周辺ソースを考慮すると、連立一次方程式の不定問題を解くことになるが、その問題は、例えば Jackson (1972) や 百藤 (1983) によって、行列の特異値分解の問題として議論されており、ランチョスの一般化逆行列を用いて解自体のノルムが最小となる最小自乗解を求めることができる。現実には、パラメータ数が巨大な場合に一般化逆行列を求めることは難しいが、共役勾配法(CG法)によって“初期値に最も近い”漸近解を求めることができ、初期値0の採用によりノルム最小の解が得られる。

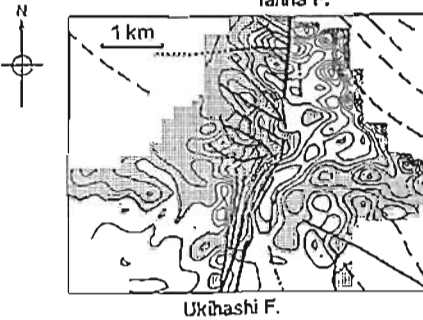
この手法を、モデル磁気異常に適用して、ソースが観測範囲からはみだした場合にも良好な解析結果の得られることが確認された。



丹那断層地域(左図)におけるヘリボン磁気探査から導かれた磁気異常の解析にこの手法を適用した。まず、地形の平均的な磁化強度をGrauch (1987)の方法で見積り、その効果を除去した残差について、地表に沿った磁化強度分布の平均からのずれを、上記の周辺ソースを考慮した磁化強度マッピングの手法で解析した。その結果を右図に、星野ほか(1978)による活断層分布とともに示す。この図から、



- ① 活断層は、磁化強度の低下している領域(影をつけた部分)またはその境界に対応すること、
  - ② 丹那断層では、その北東側と南西側で磁化強度の低下域があり、左横ずれ断層に伴う高い圧縮応力場を反映していると考えられること、
  - ③ 浮橋断層では、断層砕砕帯が中央部に集中する傾向にあること
- などが読み取れる。これらの結果は、Ogawa et al. (1994) による比抵抗構造や大久保(1990)による重力構造の解析結果と整合的である。



宮城県北部地震活動域における  
磁気異常と磁化構造モデル

大谷冬彦・本蔵義守 (東工大理)

Magnetic Anomaly and Magnetization Structure in a Seismically Active Area in Northern Miyagi Prefecture

F. Ohtani and Y. Honkura  
Department of Earth and Planetary Sciences,  
Tokyo Institute of Technology

We examine a magnetization structure in a seismically active area in northern Miyagi Prefecture, using a 3-D inverse method. A model is obtained so as to minimize ABIC (Akaike's Bayesian Information Criterion). Our structure model implies a normal fault which extends in the east-west direction.

前回、宮城県北部の地震活動域における全磁力測量によって得られた磁気異常分布図 (Fig. 1) から、2次元ダイクモデルを用いて地下基盤の断層構造のインバージョンを行なった。その結果、北東-南西方向の逆断層の存在が示唆された。今回は、別の解釈を試みる。すなわち、プリズムモデルを用いて3次元の地下基盤の起伏のインバージョンをABIC最小化法を用いて試みる。

ここではプリズムの深さが未知数となるが、方程式が非線形となるために、まず初期値を与え、計算された初期値からのずれがある値以下に収束するまで繰り返し計算した。しかし、データの誤りのためか完全な収束解は得られなかった。実際には繰り返しの中で ABIC の値が最小になったときを解とした。さらに、この計算を様々な平滑パラメータについて行ない、最終的に ABIC の値が最小になるモデルを求め

た。ここでプリズムに与える磁化率や深さの初期値については、東大工によって行なわれた観測地域付近のボーリング調査結果を参照した。

Fig. 2に ABIC が最小になったときのモデルを示す。この地域は、本来ならば東西圧縮にともなう南北方向の逆断層が期待される。しかしモデルでは、ほぼ東西方向を境界とし、北側が落ち込んでいる正断層のように見える。これは、東西方向の圧縮力の分布が南北方向に対して不均一であれば起こりうるであろう。

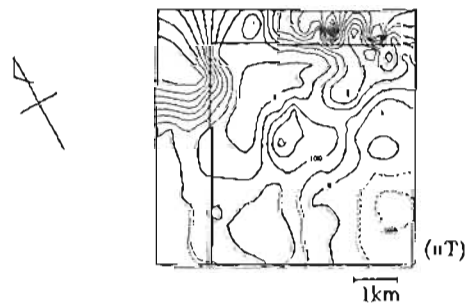


fig 1 Contour map of the total intensity anomaly. The model is obtained inside of the solid line.

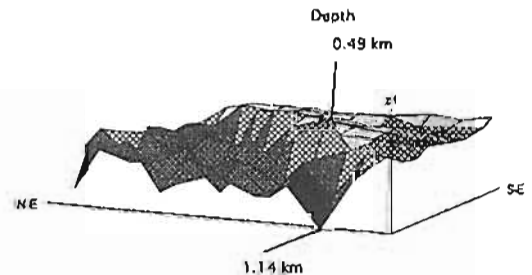


fig. 2 The obtained model which minimizes ABIC.

・ 牧野 雅彦・中塚 正・大塚 茂雄 (地质調査所)

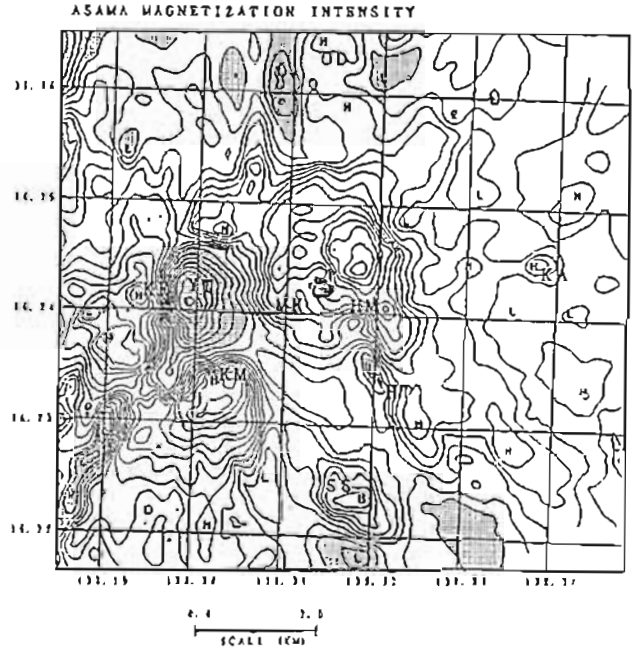
Estimation of shallow magnetization intensity around the Asama Volcano

M. Makino, T. Nakatsuka and S. Otsuka (Geological Survey of Japan)

We observed local magnetic anomalies around the Asama Volcano. In 1992. The height of observation was highly variable because of steep terrain. From the equivalent source (anomaly) distribution on the ground, we used harmonic function and reconstructed the magnetic anomalies at a constant height above the ground. And from the same equivalent source, we made reduction to the pole which removes anomaly asymmetry caused by the inclined Earth's magnetic field and locates anomalies above the causative bodies. This reduction to the pole was used to obtain estimates of the shallow (depth 300m) magnetization with handy inverse techniques.

浅間火山において地形に沿って飛行したヘリコプターによって得られた地磁データは相異なる高度によって測定されているので、これをポテンシャル論に基づいて高度補正する必要がある。今回はその高度補正の方法として、調和関数  $(1/2\pi) \cdot r/(r^2+y^2+z^2)^{1.5}$  を用いて地磁に等価のソースを置き、反復繰り返し計算によって等価のソースを求めた。一度、等価のソースを求めると任意の高度における磁気異常を計算でき、高度補正を実施できる。

また、同じ等価のソースを用いて任意の高度に磁気異常を計算することもできる。対地高度200mの磁気異常を計算し、地殻から厚さ300mの磁化層を想定し、磁化ソースを垂直ラインソースで近似し、その磁化強度を反復繰り返し計算によって求めた。得られた磁化強度分布から浅間火山の山体構造を推定することができる。Nagata(1940)の岩石磁気異常結果と比較して興味深い関係が見いだされた。



第1図 浅間火山の磁化強度分布。コンター間隔は 0.5 A/m。影の部分はいの領域である。KF: 鳳凰山。YT: 薄ノ平。KM: 剣ヶ峰。MK: 前岳山。OD: 鬼押出。SS: 石鼻山。HM: 奥前岳山。HT: 仏岩。KA: 小浅間山。

B22-P01 キュリー一点深度を変化させた時の

BEM-表面積分法を用いたピエゾ磁気効果の試算

・ 坂中伸也、大志万直人、住友則彦 (京都大学防災研究所)

An Estimation of Piezomagnetic Effect Varying with Curie Depth Isotherm Using BEM-Surface Integral

S.Sakanaka, N.Oshiman and N.Sumitomo (DPRJ)

The BEM-surface integral method has an advantage in estimating the piezomagnetic effect on arbitrarily shaped elastic bodies subjected to arbitrary distribution of stresses. We found that previous results applying to the so-called Yukutake model were a little distorted due to a minor program mistake of this method. According to recalculation by revised program, the striking change of magnetic fields varying with Curie depth isotherm is found as shown in Figure 1. Results are also compared with the results of Oshiman(1990) Suzuki and Oshiman(1990) etc. in which the classical magnetic dipole method is used.

BEM-表面積分法による最大の利点は、任意の形状を有する磁化物体に、任意の応力分布を与えたときのピエゾ磁気効果(応力磁気効果)を見積もることができる点である。前回は Mogi model(1957) の二次元版である Yukutake model(1967) にこの方法を適用したが、キュリー一点深度が十分に深いときにはピエゾ磁化による応力分布を一見正しく見積もっているかに見えた。しかし、キュリー一点深度を変化させた時に、別の計算方法によって確認されている Oshiman(1990) や Suzuki and Oshiman(1990) の結果との整合性が全く見られないことが判明した。今回、プログラムのバグを発見したので、結果の再確認を行う。前回と比べて、キュリー一点深度の深い場合の

磁場変化の、Yukutake and Tachinaka(1967) や Oshiman(1990) との差は小さくなった。しかし、伏角が0°、偏角が0°の時の磁場変化の南北成分は、最大2倍程度の違いがある。これは、単に方法による違いと考えられる。BEM(境界要素法)によって与えられた歪み成分と、解析解による歪み成分が幾分差があるためである。事実、BEMの領域を十分に広く設定しても、地表でのピエゾ磁気効果による磁化の鉛直成分は最大1.5倍程度BEMの方が大きくなってしまふ。

また、再び Yukutake model を用いて、キュリー一点深度を変化させた時の顕著な振る舞いを、古典的な方法で求めた Oshiman(1990) や Suzuki and Oshiman(1990) の結果と比べながら示す。図1にキュリー一点深度を変化させた時の内部静水圧のかかったシリンダー直上での磁場変化を示す。XHは初期磁化の伏角が0°のときの水平北向き成分、ZVは伏角が90°の時の鉛直下向き成分である。なお、Yukutake model でのシリンダーの深さは10km、半径は5km、内部静水圧は10MPa、初期磁化の強さは  $3.0 \times 10^{-3}$  emu/cc、応力-磁化係数  $1.0 \times 10^{-10}$  cm<sup>2</sup>/dyn、剛性率  $1.0 \times 10^{12}$  cgs、ポアソン比0.25を用いた。

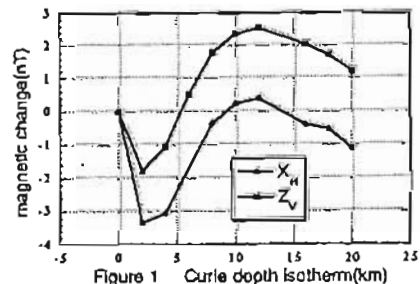


Figure 1 Curie depth isotherm(km)

B22-P02 EMSPACOM計画-1. 海底MT観測の結果

○クラハム・ハインソン (濠・フリンダース大)、藤 浩明 (東大海洋研)、アントニー・ホワイト (濠・フリンダース大)、瀬川 翻朗 (東大海洋研)

EMSPACOM: ElectroMagnetic Study of the Pacific Asthenospheric Conductor and Oceanic Mass-transport - Part I. Magnetotelluric Results

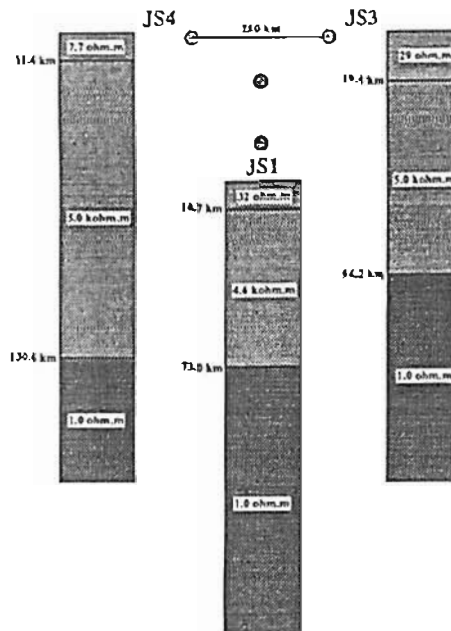
○G. S. Heinson(Flinders Univ.), H. Toh(ORI), A. White (Flinders Univ.) and J. Scgawa(ORI)

EMSPACOM project was conducted from July to November in 1993 to probe the electrical conductivity structure of the old (125 Ma) Pacific Plate and to detect motionally induced electromagnetic signals. Seven instruments (three OBE's and four OBM's) were deployed on the seafloor 500 km off Tohoku District, Japan. The deployment sites were chosen to lie just below the satellite tracks of TOPEX/POSEIDON as well as to distribute at each vertex of an equilateral triangle with a 280 km side. McKirdy et al.'s 3D thin sheet algorithm had also been utilized to determine the observation framework, which yielded small lateral conductance contrasts around this area. Seafloor EM fields were sampled every minute with resolutions 0.05 mV/km and 0.1 nT and resulting data lengths range from 30 days to 125 days.

The triangular distribution of the sites allowed us three methods to probe the electrical conductivity structure of the Pacific Plate, namely, Magnetotellurics (MT) and Horizontal and Vertical Gradient Sounding (HGS and VGS) using simultaneous land magnetic data collected at Mizusawa. As a

result, this area was found to have a very thick and resistive oceanic lithosphere (Fig. 1), which qualitatively coincides with the age of the seafloor. Detailed comparison of the three results will be further discussed.

Fig. 1 1D conductivity structures of the Pacific plate at sites JS1, JS3 and JS4 derived by the observed VGS estimates.



B22-P03

水平成分の地磁気変換関数の分布

藤原 智 (国土地理院)・藤 浩明 (東大海洋研)

Geomagnetic transfer functions of the horizontal field in Japan

Saloshi FUJIWARA (Geographical Survey Institute) and

Hiroaki TOH (Ocean Research Institute, Univ. Tokyo)

The Geographical Survey Institute is conducting the first order geomagnetic survey in Japan. We calculated the geomagnetic transfer functions of the horizontal field at each station. These transfer functions mean geomagnetic anomalous horizontal field.

国土地理院で実施している全国の一等磁気測量よりCA変換関数を求めたことは昨年秋の学会で報告した。今回は同じデータを用いて水平成分間の地磁気変換関数を求めた。参照観測点として柿岡 (気象庁地磁気観測所) を用いており、柿岡の水平成分を基準とした各磁気点ごとの地磁気各成分の振幅異常を求めた。

図-1に周期6.4分の地磁気水平成分の振幅異常を柿岡を基準にしてベクトル表示した。南北成分の異常を南向き正に、東西成分の異常を西向き正にとっている。ベクトルの大きさ0はその方向の地磁気の振幅が柿岡と同じであることを示し、南西 (左下) を向くほど、地磁気の振幅が大きく、また、このベクトルと直交する方向に誘導電流が流れやすいことを示す。

日本周辺では高電気伝導度を持つ海水中に誘導電流が流れやすいので、数値計算より海の影響を取り除いた。これには前回同様3D薄層モデルを用い、水深によって20段階の電気伝導度を与えた。図-1の実測値より海の影響を取り除いたものを図-2に示す。磁気点が柿岡から離れることによって地球外部磁場が異なることによる見かけ上の異常分布が存在することも考えられるので注意が必要である。しかし、北海道では東西方向の振幅が柿岡の1.5倍にも達する場所があるなど、地下の電気伝導度構造異常と関連があることが考えられる。

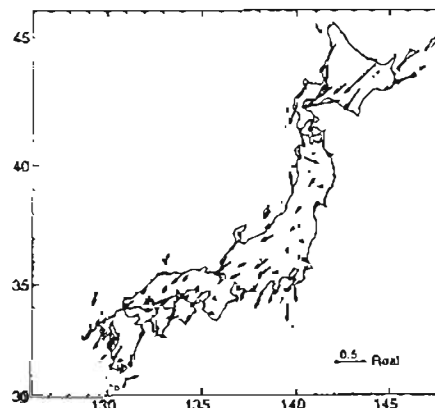


図-1 水平成分の地磁気変換関数の観測値 (周期6.4分, 実数部)



図-2 図-1から海の影響を取り除いたもの



○田中良和・橋本武志・増田秀晴 (京大理)

Geomagnetic Changes on Aso Volcano, 1994

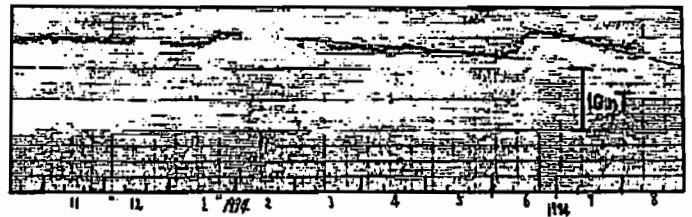
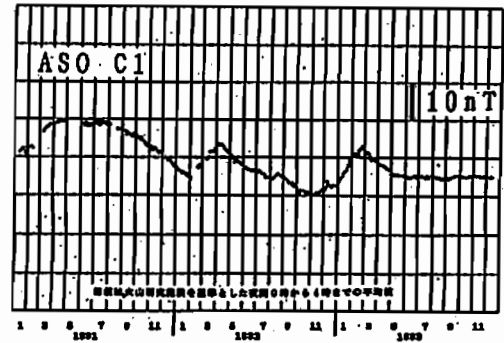
Faculty of science, Kyoto University

Yoshikazu TANAKA, Takeshi HASHIMOTO and Hideharu MASUDA

Geomagnetic observations have been performed with proton precession magnetometers near the crater of Aso volcano. Recent volcanic activity was seen in 1989 to 1990. Although the activity was calm in 1991, small-scale eruptions arised on December, 1992. Feature of the volcanomagnetic changes were revealed through those events and we can possible to know the thermal state beneath the crater with the geomagnetic changes. Although no eruption of Aso-nakadake has been took place and a water pool has been formed in the crater since 1993, the geomagnetic changes showed occurrences of thermal ejection (calm eruption) on January and June, 1994. Similar event was seen on Feb.-Mar. 1992. Such calm eruptions will be discussed with thermal magnetic model.

筆者らは阿蘇中岳火口の近傍で、プロトン磁力計を用いて地磁気全磁力の連続観測を行っている。最近の阿蘇の大きな火山活動は1989年～90年にみられた。その後、1991年の静穏期を経て、1992年12月に赤熱、開口し、小規模の噴火活動を呈した。これらの時期を異にする火山活動を通じて、中岳火口直下での磁化の消長の特質が明らかにされた。現時点では、地磁気の消長から火口直下に蓄積されている熱の状態を把握できるようになったと考えられている。1992年12月の活動以後、阿蘇中岳は噴火せず、火口

底は湯だまり状態にあるが、地磁気変化からみると、1994年1月と6月に熱の放散(穏やかな噴火)をしたと判断できる。類似の現象は1992年2～3月にもみられる。講演では1994年夏までの観測結果に基づいて、阿蘇火山における穏やかな噴火と熱磁気モデルの妥当性を検証する。



B会場

10月21日(金) 午前

# 固体惑星・ダイナモ

**Solid Planet & Dynamo**

oral: B41-01~04

poster: B41-P05

座長 横山由紀子 (職業訓練大)

## B41-01 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 粒子の赤外吸収スペクトルと新生成法

° 堀内千尋、木村誠二、亀井和彦、芝直基(立命館大理工)  
齋藤嘉夫(京工繊大)、小池千代枝(京都薬大)

IR spectra of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> particles and a new production method of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> particles

C. Kaito, S. Kimura, K. Kamel, N. Shiba, Y. Saito<sup>1)</sup>, C. Koike<sup>2)</sup>  
Ritsumeikan Univ. Kusatsu, Shiga, 525  
Kyoto Institute of Technology, Kyoto, 606<sup>1)</sup>  
Kyoto Pharmaceutical Univ. Kyoto, 607<sup>2)</sup>

### abstract

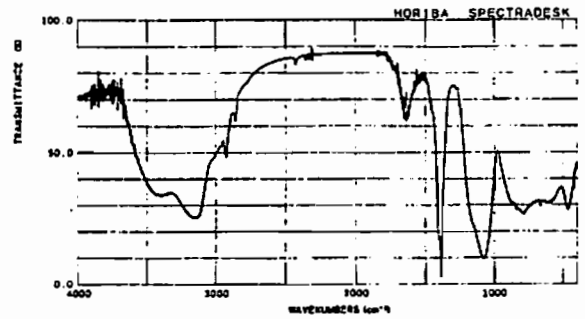
IR spectra of three kinds of  $\gamma$ -Alumina particles were measured. Two samples showed very broad peak at 13 $\mu$ m which corresponds to  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> peak.  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> particles produced by a new production method due to the oxidation of Al particles in smoke showed a lot of absorption peaks. Some peaks correspond to unidentified infrared emission features observed astronomical objects. The experimental details for the production method of  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> have been introduced.

太陽系組成のガスから最初に凝縮する鉱物はAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>粒子である。アルミナについて、ペロブスカイト、メリライト、スピネル等アルミニウムやカルシウムを含む鉱物が出現する。アルミナはスピネルの出現にともなって消失する(化学平衡凝縮)。したがって、隕石中にはアルミナの相は非常にまれである。最初Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>グレインがマーチソンC、コンドライトの中に見いだされ、イオンマイクロプローブ質量分析によるグレインの解析結果は初期太陽系における<sup>10</sup>や<sup>26</sup>Alが存在していることが示された。一方SN1987Aのエジェクターの中にAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Mg<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>やFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>のグレインが凝縮していることが示された。このようにアルミナは重要な鉱物であるにもかかわらず粒子の赤外吸収に関する系統的研究はなされていない。今回、新しいAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>粒子の作製法とその赤外吸収および種々の方法で作ったAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>粒子のスペクトルを調べた結果について示す。

日本エアロジル社製のアルミナ(200Åサイズ)と宇宙研の固体燃料の燃焼生成物であるアルミナ(数千人サイズ)およびAl超微粒子煙中に酸素を導入することによって作った(新作製法)Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(大きさ100-500Å)の三種についてそのスペクトルを測定した。測定用ペレットはAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>粒子をアルコールで分散させ、KBrに混合して作製した。前二者はいずれも13 $\mu$ m付近にブロードなピークを示し、電子回折パターン解析結果からも $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>と特定できた。一方、新作製法で作ったAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>は13 $\mu$ m付近のピーク以外に図1に示すように数多くの吸収ピークを示した。これらの多くのはプラネタリネブラのスペクトル等に見られる赤外吸収の unidentified features (UIBs) と呼ばれるものに対応していた。Table. 1にUIBsの値と今回の方法で得た吸収スペクトルの値を示す。アルミナは乾燥剤であるためにフレッシュな $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を空気中に取り出したことによる水やCO<sub>2</sub>の吸着が原因と考えられる。UIBs\*にはカーボンスターの吸収も含まれている。

UIBs*	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
3226	3228.9
3033	3037.9 <sup>a</sup>
2941	3142.9
2890	2864.3 <sup>a</sup>
2852	2925.0
2819	2857.1
2825	
2801	2763 <sup>a</sup>
2597	
2535	2425
1925	
1719	1722.1 <sup>a</sup>
~1754	
1613	1631.3
~1590	
1430	
1376	1401.9 <sup>a</sup>
1289	1383.0
~1282	
1163	
~1149	1093.4
892.9	
~855.0	
842.9	
~823.3	
787.8	
~478.2	458.7

図1



## B41-02

### 回転球殻中のMHDダイナモ

° 陰山聡、渡辺國彦、佐藤哲也

(核融合科学研究所 理論シミュレーションセンター)

### MHD Dynamo in a Rotating Spherical Shell

A. Kageyama, K. Watanabe and T. Sato

(Theory and Computer Simulation Center)  
National Institute for Fusion Science

We performed a computer simulation of a magnetohydrodynamic (MHD) dynamo in a rapidly rotating spherical shell. Extensive parameter runs are carried out with different resistivities. It is found that the total magnetic energy can be more than ten times larger than the total kinetic energy of convection motion in some cases. Basic characteristics of the convection motion are drastically changed when the magnetic energy  $E_M$  becomes larger than the total kinetic energy  $E_K$ . When  $E_M < E_K$ , the convection motion is laminar and its structure is almost the same as that of the neutral convection. While when  $E_M > E_K$ , the convection motion becomes turbulent. It is also found that the magnetic field perpendicular to the rotation axis is expelled from the columnar convection cells. On the other hand, the magnetic field parallel to the rotation axis is confined in columnar convection cells which rotate in the opposite direction of the spherical shell (anti-cyclonic columns).

我々は球座標のもとでMHD方程式を高速・高精度で解くシミュレーションコードを開発した。このコードを用いて、高速で回転する球殻容器内に閉じ込められた磁気流体のダイナモ機構を詳しく調べた。今回は電気抵抗の値を変えながら多数のパラメータランを行った。得られた主な結果は次のとおりである。

- 電気抵抗  $\eta$  が小さい場合、ダイナモによって生成される磁場のエネルギーは対流の運動エネルギーに比べて十倍以上も大きくなり得る。
- 生成される磁場の強弱にかかわらず、対流の運動エネルギーはいつもほとんど同じ値にとどまる。
- 磁場の増幅率  $\gamma$  は電気抵抗  $\eta$  の対数に比例する:  $\gamma = -c_1 \log \eta + c_2$
- 磁場のエネルギー (ME) が対流の運動エネルギー (KE) よりも大きいときと小さいときとは対流運動の性質が突然変化する。
- ME < KE のとき対流運動は層流である。しかもそれは中性流体(磁場の入っていない流体)の対流運動とほとんど同じである。つまりME < KE であるかぎり、かなり強い磁場が存在してもそれは対流運動に影響を与えない。
- 一方 ME > KE の場合、対流運動は乱流になる。
- 生成された磁場はフラックスチューブの集まりとして組織化されており、それらは次の二つの種類に分けられる。
- 回転軸に垂直な磁場のフラックスチューブは円柱状の対流胞(対流カラム)の外側に押し出される。
- 一方、回転軸に平行な成分の磁場のフラックスチューブは、球殻とは逆方向に回転する対流カラム(高気圧カラム)の内部に閉じ込められる。

### B41-03 On the linear stability of $\alpha^2\omega$ -dynamo

for various inner core size

\*Kiyotaka HINATA and Yozo HAMANO

Dept. of Earth and Planetary Physics, Univ. Tokyo

#### Introduction

Outer core, in which geomagnetism is generated by dynamo action, is getting thinner as the inner core grows. In case of Mercury, even though its outer core must be very thin compared with that of the earth, it has own magnetic field as strong as some hundred nT at its surface. This implies that even if the outer core is thin, it can work as dynamo under some condition. Now we have a question "To what extent can the outer core act as a dynamo under physically reasonable condition?" So we first infer and compile the influence of the inner core size on the linear stability of  $\alpha^2\omega$ -dynamo in a spherical shell

#### Method and Model

We consider an axisymmetric  $\alpha^2\omega$ -dynamo in a spherical shell ( $r = r_1$  to 1) represented by the following equations,

$$\partial_t A = R_\alpha \hat{G} B + \Delta_1 A, \quad (1)$$

$$\partial_t B = (R_\omega \hat{D} + R_\alpha \hat{G}_2) A + \Delta_1 B, \quad (2)$$

where  $A$  and  $B$  are scalar function of poloidal and toroidal magnetic field;  $\hat{G}, \hat{D}, \hat{G}_2$ , and  $\Delta_1$  denote linear operators representing  $\alpha$ -effect,  $\omega$ -effect,  $\alpha$ -effect, and diffusion;  $R_\alpha$  and  $R_\omega$  are magnetic Reynolds numbers for  $\alpha$ -effect and  $\omega$ -effect, respectively. We take the conductivity of the inner core same as that of the outer core, and mantle is taken as an insulator.

By solving eqs. (1),(2) as eigenvalue problem, the marginal stability curves for the  $\alpha^2\omega$ -dynamo are obtained for each thickness of the shell (Fig.1). We take  $\alpha$ -effect and  $\omega$ -effect distribution as follows.

$$W11 : \omega(r, \theta) = \sin(\pi\rho(r)) P_1^1(\cos\theta) / \sin\theta \quad (3)$$

$$A11 : \alpha(r, \theta) = \sin(\pi\rho(r)) P_1^0(\cos\theta) \quad (4)$$

$$A31 : \alpha(r, \theta) = \sin(\pi\rho(r)) P_3^0(\cos\theta) \quad (5)$$

$$\text{where } \rho(r) = (r - r_1) / (r_c - r_1)$$

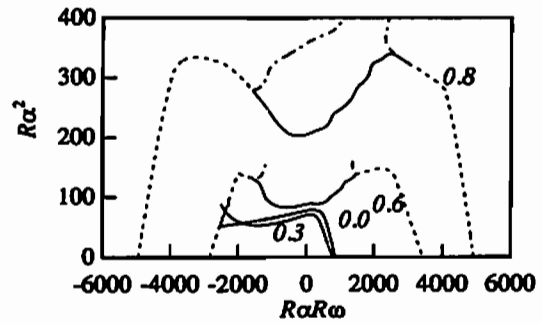


Figure 1: Marginal stability curves for model M2 for dipole family. The numbers 0.0 to 0.8 at the curves denote the ratio of inner radii. Solid line, dotted line, and dash-dotted line represent primary stationary mode, primary oscillatory mode, and secondary stationary mode, respectively.

We denote the model with W11 and A11 as M1, and the model with W11 and A31 as M2.

#### Results and Discussion

Fig.1 shows the marginal stability curves for model M2. When the dynamo is close to  $\alpha^2$ -dynamo ( $R_c^2 \gg R_\omega$ ), stationary solution is primary for any shell-thickness, and the marginal stability curves for both dipole and quadrupole families are almost the same. This feature is common to M1 and M2.

On the other hand, for  $R_c^2 < R_\omega$  (close to  $\alpha\omega$ -dynamo), primary mode is oscillatory, except for the case of small inner core radius ( $r_1 \lesssim 0.3$ ) of M2. This is interesting because the sun whose dynamo region is thought to be thin, has oscillatory magnetic field, while the earth which has the thick outer core fundamentally have stationary magnetic field.

For both cases of  $\alpha^2$ -dynamo and  $\alpha\omega$ -dynamo, the critical magnetic Reynolds numbers become greater as the shell becomes thinner. This is quite natural considering that the effect of diffusion relatively increases as the thinning of the shell. This implies that as the thickness of dynamo region (a convecting layer of fluid conductor) of a planet becomes thinner as time, the dynamo comes to require more and more energy supply.

### B41-04

地磁気逆転のカップルド・マップ・ラティスマデル

関雅幸 (神戸大自然科学)、伊東敬祐 (神戸大理工)

#### CML Model for Geomagnetic Polarity Reversals

Masayuki Seki (The Graduate School of Science and Technology, Kobe University), Keisuke Ito (Faculty of Science, Kobe University)

We showed that the geomagnetic polarity reversal intervals have a power-law distribution and presented a simple model in which the geodynamo is assumed to be a system of magnetic spins and is in a critical phase-transition state. We tried to revise the model to be more realistic and obtained the power exponent in agreement with the observed value, which is -1.5. The revised model is a Coupled Map Lattice (CML) model. A CML is a dynamical system with discrete time, discrete space, and continuous state. In the present model, elementary dynamo evolve autonomously according to the Lorenz map obtained from Rikitake dynamo dynamics. We examined the behavior of the systems and the distribution of polarity reversal intervals with various values of parameters. We succeeded in getting some conditions for sets of the parameters under which the power exponent is near -1.5.

Seki and Ito(1993)において、我々は地磁気逆転間隔の頻度分布がベキ分布になると考えられることを示し、このことから地球ダイナモが臨界状態にあると仮定し、それを説明する地磁気逆転のモデルを提案した。このモデルは実際の現象を最も単純化したものであったので、頻度分布のベキの指数が古地磁気データの -1.5であるのに対し、我々のモデルは0.5となり、定量的には食い違いがあった。我々は最初のモデルに現実の特徴を取り入れて改良していったとき、ベキの指数がどう変わるかを調べてみた。最初のモデルでは乱流渦を磁気スピンのように見立て、離散値を持たせ正方格子の上に置いたが、今回のモデルでは素子ダイナモの採る値を実数値とし素子ダイナモに自立的なダイナミクスを与えた。このようなモデルをCoupled Map Lattice という。Coupled Map Lattice (CML) は時空カオス

の研究のためにKaneko (1983) によって導入されたものである。具体的には、素子の状態を(1,-1)の連続値とし、Rikitake dynamo の離散値Mapを単純化したものを自立的なダイナミクスとして与えた(図1)。また相互作用としてはIsing Modelと似た最近接スピンの影響を受けるものを採用した。最近接素子ダイナモの状態の和sumを考え、相互作用の強さをbo、素子ダイナモの状態をSとするとき、 $S \times sum < 0$ で、 $|S| < |bo \times sum|$ のときには $S' = -S$ とし、それ以外では確率pで $S' = S$ とした。このpは系のエネルギーを上げる熱揺らぎに相当する。素子は正方格子の上に置き、周期境界とした。我々は素子のMapのパラメータaとbや、bo、pを変えて系の性質を調べた。逆転間隔の頻度分布のベキ指数をコントロールするパラメータはboとMapのパラメータbであることがわかった。このうち特にMapの変動の激しい部分の幅をコントロールするパラメータbを変化させることによって、ベキ指数の値を現実のものに近づけることがわかった(図2)。また、相互作用の強さについては弱いほどベキの傾きを急にすることができた。このことは、観測されているベキ指数に近いベキ指数を持つためには、強磁性的な相互作用を採用した場合、相互作用よりも素子ダイナモの性質が逆転間隔の頻度分布に大きな影響を与えていることを示している。

参考文献:

Seki, M and K. Ito, J. Geomag. Geoelectr., 45, 79-89, 1993.

金子邦彦、日本物理学会誌, 43, No9, 689-697, 1988.

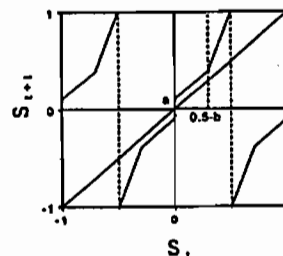


図 1

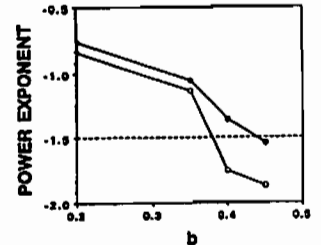


図 2

Geomagnetic 30-yr variation, which is observed in the Gauss coefficients  $g_1^0, g_2^1$ , and  $h_2^1$ , is a quasi-periodic variation with amplitude of 20 - 30 nT. The components  $g_2^1$  and  $h_2^1$  vary like a directional oscillation, which the mean pole variation of the Earth rotation also has. This implies that the core-mantle coupling has an equatorial torque, and the torque is 200 times larger than the axial torque. The other feature is that the coefficients  $g_2^1$  and  $h_2^1$  invert their phases near at 1940. Those two features should be constraints of the possible core-mantle coupling mechanisms.

1. はじめに

地磁気数十年変動には60年変動と30年変動がある。双方の変動は自転速度変動と相関を持ち、核-マントル結合についての情報源となっている。

最近では60年変動と30年変動とは大きく特徴を異にしていることがわかってきた。ここでは、後者の30年変動についてその特徴を明らかにすると共に、地球自転変動と比較することにより、存在可能な核-マントル結合機構について考察する。

2. 30年変動の特徴

地磁気30年変動はガウス係数の  $g_1^0, g_2^1$ , 及び  $h_2^1$  成分に明確に認められ、時間スケールが25-40年程度の準周期的変動である。振幅は各成分共に20-30 nT程度である。また、このうちの非軸対称な成分  $g_2^1$  と  $h_2^1$  の変動は方向性を持つ振動のように振舞う (Fig. 1)。

3. 地球自転変動と磁場変動との比較

一方、地球自転変動にも30年変動が有り、軸対称成分に関係する

自転速度変動と赤道成分に関係する平均極運動の双方に存在する。このうちの平均極運動の軌跡をガウス係数  $g_2^1$  と  $h_2^1$  の軌跡と比較すると驚くほど特徴が類似していることがわかる (Fig. 1)。このことより、核-マントル結合は従来より知られている軸対称成分の他に赤道成分をも併せ持つことがわかる。しかも、30年変動に関しては赤道成分のトルクは軸成分のおよそ200倍と見積もられる。

更に、平均極運動とガウス係数の変動のピークを比較するとガウス係数が1940年頃に位相反転を起こしていることに気づく。この反転は軸双極子成分には認められない。

4. 核-マントル結合機構への制約

上述のような大きな赤道成分トルクを作ることには粘性結合や電磁結合では不可能と考えられる。従って、既存の結合機構としては形状結合だけが残るが、この機構についてはまだ未知の部分が多い。今後、地磁気の変動と併せて赤道成分トルクを説明することが核-マントル結合モデルに課せられた課題となろう。

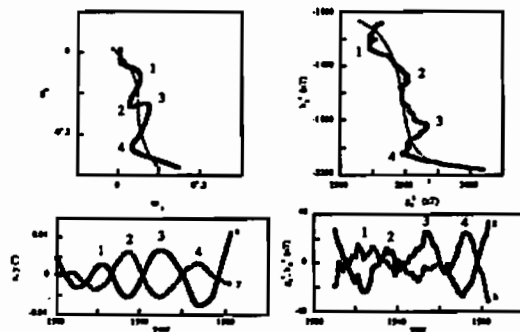


Fig. 1. 30-yr variations in the mean pole and tesser components of the Gauss coefficients. Both of the paths show remarkable resemblance, though the Gauss coefficients have phase change near at 1940.

B会場

10月21日(金) 午前

# 岩石磁気・古地磁気・ 海洋磁気異常

**Rock Magnetism, Paleomagnetism &  
Marine Magnetic Anomaly**

oral: B41-05~16

poster: B41-P06~P07

座長 野木義史 (気象研)  
小玉一人 (高知大理)



## B41-05 汎用深海3成分磁力計の開発

藤本博巳・玉木賢策・佐柳敬造・<sup>○</sup>富士原敏也(東大海洋研)

Development of a Versatile Deep-sea Vector Magnetometer  
Hiromi Fujimori, Kensaku Tamaki, Keizo Sayanagi, <sup>○</sup>Toshiya Fujiwara  
(Ocean Research Institute, University of Tokyo)

A deep-sea vector magnetometer with a gyroscope has been developed for submarine and sea surface geomagnetic measurements. The system measures 3-component magnetic field, pitch and roll angles, pressure, and temperature every 0.5 or 1 sec with AC or battery power supply. It has successfully measured the seafloor geomagnetic field around the Kane transform fault on board a submersible "Shinkai 6500" in July 1994.

### 1. 開発目的

日本で進められてきた船上で地磁気3成分の測定を行なう研究により、磁化構造の境界や向きが精密に決定できるなどさまざまな成果が得られるようになってきた(例えば、Seama, 1992)。その要点は、船体の姿勢角を精密に測定することにより船体磁気の影響を正確に補正することにある。このような地磁気3成分の測定を、海上のみならず海中、海底においても行なうことを目的とする汎用3成分磁力計を開発した。

地磁気3成分を深海底で測定することには、また別の重要な意義がある。海洋底の磁化の大半は海底の基盤岩の表層1000m以下にあると推測されており、その磁化構造に起因する磁気異常は距離の3乗に比例して減衰するというにその理由がある。つまり海底で測定すれば、数千m離れた海上と比べて格段に優れたS/N

比で磁気異常が観測されるとともに、海上における観測と組み合わせることにより、磁化構造の深さも推定できる。

一般に深海底の観測の機会は限られているので、本機は、単独で深海を曳航する観測の他に、東大海洋研の深海カメラシステムや、潜水調査船「しんかい6500」による海底地磁気観測も可能で、しかも船上3成分磁力計としても使えることを目標に開発した。

### 2. 装置の概要

本装置は、慣性測定装置を持つ3成分磁力計であり、6500mまでの深海および船上で使用できる。観測開始前の設定により0.5秒または1秒間隔で、XYZ軸方向の3成分磁力と方位角、ピッチ角、ロール角を測定し、2MByteのメモリに記録する。0.5秒間隔の場合最大18時間の連続観測ができる。ただし予算の都合上方位センサーとしては磁気センサーしか搭載されていないので、方位については別途計測する必要がある。このほかに、水晶圧力計の圧力および温度センサーの出力周波数を3.5秒間隔で測定しメモリに記憶する。観測形態に汎用性を持たせるために、電源についてはAC100Vと充電式のNiCd電池の双方を使える構成にしている。AC電源の場合耐圧ケースは2本、電池を使用する場合は3本となる。

### 3. 観測例

東大理学部の柿岡実験観測所で本装置の動作試験を行なったあと、本年7月に海洋科学技術センターの潜水調査船「しんかい6500」と支援母船「よこすか」による大西洋中央海嶺調査航海(藤本ほか、1994年秋期地震学会予稿集)において、本装置を「しんかい6500」に搭載し海底地磁気観測を行なった。測定間隔は1秒とし、各潜航について潜航開始から潜航を終えて浮上するまでの連続観測データが得られた。方位角は潜水調査船が2秒毎に測定しているデータを利用した。潜水調査船は下降時に旋回しながら降りていくので船体磁気の影響を評価するのに好都合であった。

## B41-06 大西洋中央海嶺(23°30'N~25°00'N)の地磁気異常と磁化構造

<sup>○</sup>富士原敏也・藤本博巳(東大海洋研)・古田俊夫(川崎地質)

Geomagnetic Anomaly and Magnetic Structure of the Mid-Atlantic Ridge Between 23°30'N and 25°00'N

<sup>○</sup>Toshiya Fujiwara, Hiromi Fujimori (Ocean Res. Inst., Univ. of Tokyo), and Toshio Furuta (Kawasaki Geol. Eng. Co. Ltd.)

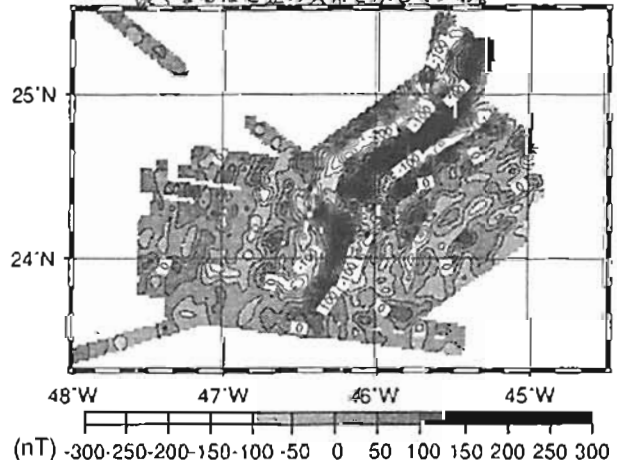
We have conducted geomagnetic measurements and studied magnetic structure of the Mid-Atlantic Ridge between 23°30'N and 25°00'N over the last 7-8 Ma. We obtained a geomagnetic anomaly map shown in the figure. We can identify variations of amplitudes of geomagnetic anomalies along the ridge axis, offsets of geomagnetic lineations at boundaries of ridge segments, and variations of the offsets in geological time. Magnetized intensity and contrast in this area are smaller than these in other area of the Mid-Atlantic Ridge.

本年7月に海洋科学技術センターの潜水調査船「しんかい6500」と支援母船「よこすか」による大西洋中央海嶺調査航海(藤本ほか、94秋地震学会予稿集)が行なわれた。その航海において我々は海上の地磁気3成分と全磁力を観測した。観測域はケイトランスフォーム断層周辺とその北側斜面(23°30'N~25°00'N)である。海嶺の拡大活動の時間的な変動を観測することが一つの重要な目的であるため、観測範囲は海嶺軸から距離100~140kmまでの海嶺斜面におよんでおり、約7~8Maから現在までの変動を解析することができる。

右下につけた図は我々の観測によって得られた地磁気全磁力異常である。灰色が濃くなるほど正の異常を示している。観測域中央をはは南北にはしる振幅の大きい正の異常は海嶺軸に一致している。海嶺軸に沿って地磁気異常の振幅変化がみられ、海嶺セグメント境界付近で振幅の大きい地磁気異常が現われる。海嶺斜面のセグメント境界で地磁気線状異常のオフセットがみられ、そのオフセット量は時間変動していることなどがわかる。

地形の効果も考慮した3次元インバージョンにより観測地磁気異常から磁化構造を求めた。求められた磁化の強さ、コントラストは大西洋中央海嶺の他の海嶺(例えばアトランティスランスフォーム断層付近; 富士原ほか、94地球惑星科学関連学会予稿集P158)より小さいという興味深い結果が得られた。

図の説明: 地磁気全磁力異常図。コンク-間隔は50nT。灰色が濃くなるほど正の異常を示している。



南インド洋エンゲビー海盆のフラクチャーゾーンと  
 地磁気異常縞模様の走向  
 B41-07 野木 親史(気象研究所)・島 伸和(千葉大理)  
 伊勢崎修弘(千葉大理)・福田 洋一(京大理地球物理学研究施設)

Fracture Zone and Magnetic Anomaly Lineation Formation in the Enderby Basin, South Indian Ocean

Yoshifumi Nogi (Meteorological Res. Inst.), Nobukazu Seama (Faculty of Science, Chiba University), Nobuhiro Iezaki (Faculty of Science, Chiba University), Yoichi Fukuda (Beppu Geophysical Research Laboratory, Kyoto University)

Fracture zone and magnetic anomaly lineation trends in the Enderby Basin, Southern Indian Ocean, were determined using vector data of the geomagnetic field as well as sea surface and satellite gravity anomalies. A change in fracture zone trend occurred around line A in Figure 1 between 30°E and 80°E. In the southern part of line A, off Antarctic coast, fracture zone trends range between NW-SE and NNW-SSE and magnetic anomaly lineation trends, indicating Mesozoic sequence magnetic anomaly lineations, are almost perpendicular to fracture zone trends. In contrast, approximately NNE-SSW fracture zone trends dominate in the northern portion and no strikes due to magnetic polarity change is observed. These suggest that initial break up occurred with NW-SE and NNW-SSE direction, which is almost perpendicular to Antarctic coast line, and the seafloor spreading direction change to NNE-SSW direction.

南インド洋のテクトニクスを解明するため第30次南極地域観測より現在まで、砕氷艦しらせに於いて船上地磁気3成分測定を行っている。現在までに得られた地磁気3成分のデータおよびその解析結果をもとに、海上重力および高精度の衛星重力異常を使用し、エンゲビー海盆全体のフラクチャーゾーンと地磁気異常縞模様の走向を決定した。エンゲビー海盆東経30°と80°の間の図1のLine Aで示されている付近で、フラクチャーゾーンの走向の変化がみられる。南極大陸沖のLine Aより南では、フラクチャーゾーンはNW-SEからNNW-SSEの範囲の走向を示し、Line Aより北では、ほぼNNE-SSWのフラクチャーゾーンの走向が卓越している。Line Aより南の地磁気異常縞模様の走

向は、この地域のフラクチャーゾーンの走向とはほぼ直交する走向でMesozoic系列の地磁気異常縞模様に属する。それ対し、Line Aより北では、地磁気異常縞模様の走向は見つからなかった。これは、Line Aより北のNNE-SSWの走向のフラクチャーゾーンが白亜紀地磁気静穏期に形成された可能性を示している。これらの結果は、初期の分岐および海底拡大が、南極の海岸線にはほぼ直交する方向であるNW-SEからNNW-SSEの方向で始まり、その後、海底拡大の方向がNNE-SSWの方向に変化したことを示唆している。

本講演では、これらの結果に基づいたエンゲビー海盆およびインド洋の海底拡大史についても議論する。



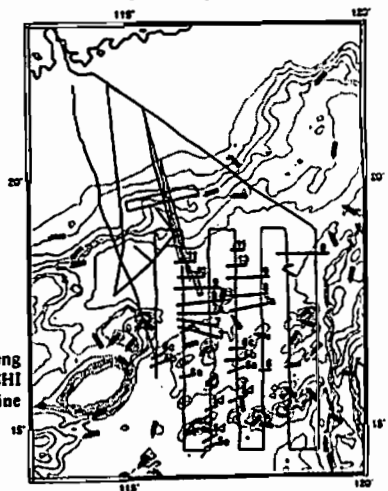
Fig. 1 Fracture zones and magnetic anomaly lineations in the Southern Indian Ocean. Dashed and solid lines show previously identified fracture zones and magnetic anomaly lineations (Cande et al., 1989). Stacked and thick solid lines indicate fracture zones and magnetic anomaly lineations determined from vector geomagnetic anomaly field data as well as sea surface and satellite gravity anomalies. Bathymetry contour is based on ETOPOS.

B41-08  
 Magnetic Anomaly of the Northern South China Sea

Y. Nakasa(1), T. Tanaka(2), K. Sayanagi(3), H. Kinoshita(1), and Japan-China South China Sea Expedition Scientific Party  
 (1) Earthquake Research Institute, University of Tokyo  
 (2) Faculty of Science, Chiba University  
 (3) Ocean Research Institute, University of Tokyo

Marine geophysical observations by the R/V Shi Yan II, South China Sea Institute of Oceanology in Guangzhou, China on the northern margin of the South China Sea were carried out in the early summer of 1993. The objective of this scientific cruise is to clarify the fine features in the seismic structure and magnetic characteristics in the transient boundary between continental and abyssal basin. We obtained single-channel seismic reflection, airgun-OBS refraction, total and three component magnetic, and gravity data. Only geomagnetic measurements had been carried out on the northeastern part of the South China Sea Basin by the Marine Monitoring Ship No.73, State Oceanography Administration, China in this June of 1994. The area surveyed by the R/V SHI YAN II and No.73 is shown in the figure.

Total and three component geomagnetic data indicate clearly identical magnetic lineations in the northern sub-basin in which seismic data suggest that it is underlain by oceanic crust. The magnetic anomaly of chron 11 (32 Ma) is identified in the northern end of survey area of the present study. The new profiles obtained so far allow us to speculate a continuous spreading with slightly different rates over the whole northern South China Sea oceanic basin. One of the model profiles is compatible with the observed data for 22 to 30 mm/yr of the half spreading rate.



Magnetic lineations along track lines by the R/V SHI YAN II and the Marine Monitoring Ship No.73.

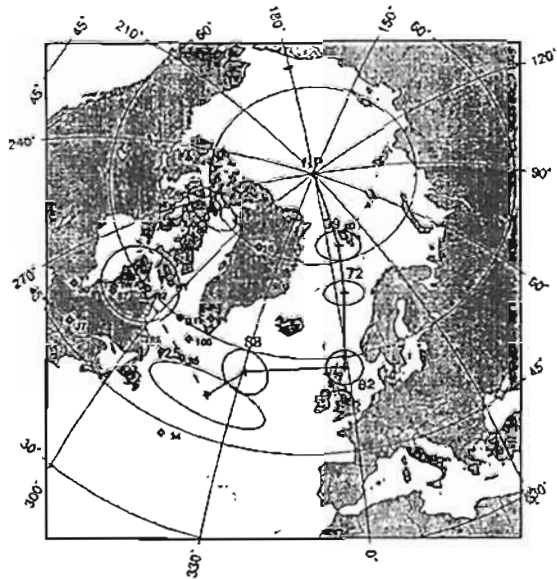
## Jurassic to Mid-Cretaceous Apparent Polar Wander Path of the Pacific plate

\*Desiderius C. P. MASALU and Kensaku TAMAKI  
Ocean Research Institute, University of Tokyo

Apparent polar wander paths (APWP) are one of the primary tools of paleomagnetic research. However, many major oceanic plates including the Pacific plate have poorly or partially defined APWP. For the Pacific plate, the younger part of the APWP from about 88 Ma to present is well constrained. Paleopoles for Pacific seamounts cluster in the north Atlantic ocean along the Greenwich Meridian from about 80° N to 50° N. The cluster trend westward to about 300°E between 50° and 60°N, giving the APWP a characteristic 'hook' shape. Despite much work by numerous investigators, the older part (pre 88 Ma) of the Pacific APWP until now remains elusive. However, many investigators believe that, going back in time the Pacific APWP turns northward. We have attempted to investigate the older part of the Pacific APWP from seamount paleomagnetism approach. We studied paleomagnetism of ten seamounts from the Joban seamounts chain, northwest Pacific and other three seamounts from the western Pacific. We also compiled and analyzed paleomagnetic results of published reliable Pacific seamounts that are considered to be of Jurassic to Early-Cretaceous age. Careful examination of compiled paleomagnetic results with those obtained in our study enabled us to distinguish two cluster groups of different age for Jurassic to Early-Cretaceous seamounts, based on the variation of their northward drift amounts. The oldest group which is probably Jurassic in age, has mean pole at 74.4°N / 278.2°E ( $\alpha_{95} = 16.7^\circ$  and  $7.9^\circ$ ), and for the

second group, probably Early-Cretaceous in age, is at 59.3°N / 289.4°E ( $\alpha_{95} = 12.9^\circ$  and  $11.9^\circ$ ). We suggest that the two poles obtained here, delineate the extension of the known older part of the Pacific APWP for Jurassic to Mid-Cretaceous (Fig. 1). The extended part of the Pacific APWP suggests that the Pacific plate drifted southward in Jurassic to Early-Cretaceous time, which is also suggested by the analyses of variation of northward drift of studied seamounts.

## Pacific Polar Wander Path



## 岩石磁気研究用大型磁気シールドルームの製作

\*小玉一人 (高知大理)、竹内徹 (名古屋大理)

A large-volume, magnetically shielded room for rock magnetic studies

Kodama, K. (Dept. of Geology, Kochi Univ.) and  
Takeuchi, T. (Dept. of Earth & Planet. Sci., Nagoya Univ.)

A high-performance, two-layer magnetically shielded room has been constructed in the paleomagnetic laboratory of Kochi University. The material used is 0.5 mm thick, non-oriented electromagnetic steel sheets (JIS 50A290). The shielded volume is 38 m<sup>3</sup> with dimensions of 6.5 x 3.1 x 1.95 m, in which all the laboratory equipment including SQUID magnetometer, thermal and AF demagnetizers, and computers can be stored. The interior magnetic field strength ranges from 40 nT to 100 nT, which is equivalent to a shielding factor greater than 500.

岩石磁気・古地磁気研究用の磁気シールドルームを自作した。このシールドルームは、外寸7.1 x 3.7 x 2.5 m、内寸6.5 x 3.1 x 1.95 mの2重構造で、長辺が東西方向を向くように設置されている。測定機器搬入前の内部磁場強度は、東側に設けた0.8 x 1.95 mの開放出入口付近を除けば、100 nT以下に低減されている。本報告では、使用素材や性能、製作過程で得た種々の知見、設置後の測定データの改善などを中心に述べる。

### 1. 素材

シールド素材には、コストパフォーマンスに優れた電磁鋼板を使用することにした。この素材を用いた磁気シールドルームの製作例はすでに諸外国に多いが、我々は特に低磁場中での透磁率に着目し、実物の約1/10のモデルを製作して種々の製品を検討した結果、新日鉄製の無方向性電磁鋼板50H290 (JIS 50A290相当)を採用することにした。この材料は、0.5 Oe付近で既成品中最大の磁気透磁率(約11,000)をもち、シールドルームの素材としての使用例は今回が初めてである。加工や運搬の便宜を考慮し、2.5 x 1 m、厚さ0.5 mmの

鋼板を基本単位として組み立てることにした。

### 2. 構造

当初は3層構造を考えたが、実験室内の綱約や空間の有効利用のため、最終的には2層構造とした。ただし、外層は鋼板2枚を重ねて使用することによって性能の向上を計っている。内外の間隔は、これまでの例から経験的に、30~40 cmが最適とされている。我々のモデル実験からも、外寸の1/10程度の間隔をあけることによって、密着させた場合よりも30~40%減衰率が向上し、磁場強度を約50 nTまで低減できることが確認された。これらの鋼板(計150枚)を、90 x 90 mmの角材を用いた骨組みにステンレスねじで取り付けた。製作にあたっては、まずはじめに外層から組み立てた。これは、外層設置後の弱磁場空間内で、内層用鋼板の加工整形や、組み立て後の交流消磁作業を行う必要があるからである。

### 3. 性能

内外層とも、特殊コイルと商用電源による数mTの交流消磁を行うことによって、シールド効果の大幅な向上が得られた。例えば、外層設置直後の内部磁場強度は500~3000 nTでかなり不均一であったが、消磁後は300~500 nTの範囲におさまった。この後、内層設置・消磁をへて、最終的な磁場強度を40~100 nTとすることができた。したがって、この交流消磁にはふたつの意味があることが分かる。ひとつは、材料の圧延や加工などの過程で生ずる内部歪に起因する磁性の不均一性を除去する効果である。もうひとつは、地球磁場中で交流消磁することによって、部屋全体にARMをつける効果である。このARMの作りだす磁場が外部定常磁場を打ち消すことによって、透磁率だけから予想される場合よりも大きなシールド効果が得られる。このARM着磁の効果はモデル実験でも確認された。

### 4. 効果

シールドルーム内での測定によるデータの質的向上は大きい。まず第一に、堆積岩のような弱磁化試料の段階消磁中にしばしば見られた、磁化方向の不規則なふるまいや突発的な磁化強度の増加の発生頻度が著しく減少した。これはおそらく、消磁装置から磁力計までの移動の間に付着するVRMが激減したからであろう。

B41-11 せん断帯にともなう自然残留磁化と磁気異方性の変化

中井 聡英 (総合研究大学院大学極域科学・国立極地研究所)

Natural Remanent Magnetization and Magnetic Anisotropy in a Shear Zone  
Mutsumi NAKAI (The Graduate University for Advanced Studies, Natural Institute of Polar Research)

Natural remanent magnetization (NRM) and magnetic anisotropy of metamorphic rocks in a shear zone were measured using a vibration sample magnetometer (VSM). These rocks were taken from Rundvågshetta, Lützow-Holm Bay, East Antarctica. NRMs of rocks near the shear zone are very scattered. On the other hand, NRMs in the shear zone are shown in parallel with the direction of the shear zone. Therefore I inferred that NRMs in the shear zone were influenced by movement of the fault.

東南極大陸、リュッツホルム湾沿岸に分布するリュッツホルム岩体は、累進変成作用を受けており、本研究に使用した岩石は、もともと変成度が高いといわれるリュッツホルム湾奥のルンドボークスヘッタ (緯度39°01'E, 経度69°54'S) から採取されたものである。変成作用の温度圧力条件は 760 - 830°C, 7 - 8 x 10<sup>8</sup> Pa (Motoyoshi *et al.*, 1989) と グラニュライト相に達しており、変成作用時の年代は 520Ma と報告されている (Shimishi *et al.*, 1994)。

本研究にもちいた岩石は、ザクロ石-黒雲母片麻岩である。広域変成岩から意味の或る古地磁気方位を得るのは難しいが、グラニュライト相のものは、理論的には、変成作用時に熱残留磁化によって完全に再帯磁していると考えられる。本研究にもちいた岩石も温度圧力条件からみると、圧力によるキュリー点の上昇する効果を考慮しても、原岩のもつNRMは消え、完全に再帯磁していると考えられる。従って、NRMの測定結果がせん断帯の動きの影響を受けずに一定方向を示すようならば、このせん断帯が形成された時期はこの岩石のキュリー点以上の温度であったことが予想されるし、NRMの測定結果が明確にせん断帯の動きに影響を受けているようならば、せ

ん断帯はキュリー点以下の温度で形成されたと考えられる。

以上の考えは熱残留磁気獲得時に岩石の粒子配列によってNRMが影響されていないことを前提にしており、岩石の粒子配列が明確な場合には、NRMはそれに影響される可能性がある。この粒子配列のNRMへの影響の有無は、磁気異方性の大きさのチェックを行えば推測できる。磁気異方性としては、初期帯磁率の異方性(AMS)を使用するのがふつうであるが、初期帯磁率の異方性のK<sub>max</sub>/K<sub>min</sub>の値は小さいので、NRMのチェックの手段として使用するのには難しい。もっともNRMの磁化方位に影響を及ぼすSDの配列の影響のチェックには、飽和残留磁化(SIRM)の異方性測定が有効である。また、SIRMや保磁力(Hc)の異方性の方が、AMSよりK<sub>max</sub>/K<sub>min</sub>の比も大きく判定しやすい。これら3つの異方性を同時に測定する手段として、振動型磁力計によるヒステリシス特性の異方性測定がある。特にSIRMやHcの異方性は、片麻岩類のNRMのチェックに有効である (Nakai *et al.*, 1993)。

ルンドボークスヘッタのせん断帯、およびその近辺の岩石について、1cmφの径のコアを36個ぬいて、そのNRMと振動型磁力計による磁気異方性を測定しチェックした。せん断帯の両側では、非常に顕著な磁気異方性が見られ、NRMの方向も、ばらつきが多い。この部分の岩石は、肉眼的にも鉱物配列が顕著であり、せん断帯の動きにともなってひきずられている。最高変成作用後の冷却時に磁気粒子配列の影響を受けて帯磁したか、または、帯磁後のマイロナイト化によって、いったん帯磁したNRMがこわされたかどちらかであろう。一方、せん断帯の中では、NRMの方向はせん断帯の伸長方向と一致し、磁気異方性はむしろ小さくなる。磁気異方性が小さくなるのは、変成後のせん断帯の形成による岩石の圧砕と角れき化のためだと思われる。このNRMの方向が、現在の南北の磁極とも、ゴンドワナのAPWPおよびリュッツホルム岩体の他地域の磁極とも異なり、かつ、せん断帯の方向と一致することから、NRMの方向が一方方向にそろった現象については、せん断帯形成後の温度圧力低下にともなう帯磁である可能性が高い。

B41-12 IDENTIFICATION OF GREIGITE AND PYRRHOTITE IN FINE SEDIMENTS BY A ROCK-MAGNETIC METHOD (III)

\*M. Torii, K. Fukuma (Div. Earth Planet., Kyoto Univ.)  
and

C.-S. Horng, T.-Q. Lee (Inst. Earth Sci., Academia Sinica, Taiwan)

Rock-magnetism of unconsolidated sediments are now intensively studied to reveal the origin of depositional materials and their pathway, and global and/or local environmental changes. Although most of sediments carry iron oxides as dominant magnetic minerals, minor constituents such as iron sulfides are playing important role in syn- or post depositional environmental changes of the sedimentary basin.

Horng *et al.* (1992 a, b) have reported occurrence of greigite (Fe<sub>3</sub>S<sub>2</sub>), pyrrhotite (Fe<sub>7</sub>S<sub>8</sub>), and magnetite (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) from the onland marine sections of Plio-Pleistocene age around Tainan City, southern Taiwan. Greigite is found in clay layers, pyrrhotite in silty layers, and magnetite in sandy layers, respectively. They determined the mineral kinds with an X-ray diffractometry for each horizons. We have been applying various rock-magnetic methods to those samples bearing greigite, pyrrhotite, or magnetite. This is to evaluate effectiveness of the rock-magnetic methods (non-destructive and bulk sample method) in estimating mineral kinds, grain size and abundance.

This time, we mainly report thermal instability of

greigite and pyrrhotite bearing samples. The test sample was first given IRM at 1 T and then demagnetized at 80°C. The IRM was subsequently measured and again IRM was given and measured. Next the sample was thermally demagnetized at 100°C and measured, and so on. Four test samples were processed until 400°C at 20°C increment. The other set of samples were magnetized with ARM instead of IRM and thermally demagnetized in the same manner. By comparing the magnetization of thermally demagnetized at the particular temperature with that given after the demagnetization, we can estimate thermal (thermo-chemical) decomposition and artificial growth of magnetic minerals for each test sample. It is, however, theoretically impossible to discriminate the decomposition from growth. If the production of magnetic minerals is negligibly small, we can easily estimate purely unblocked component by this procedure. Unfortunately, greigite is found to be thermally very unstable and most of IRM(ARM) is easily destroyed by the thermal decomposition above 200°C. We found that the thermal decomposition more effectively destroys magnetization for the case of greigite.

B41-13 茨城県北浦における湖底堆積物の残留磁化

○岡田 誠、天野一男、菊地福昭(茨大・理)  
糸田千鶴、萩原幸男(日大・文理)

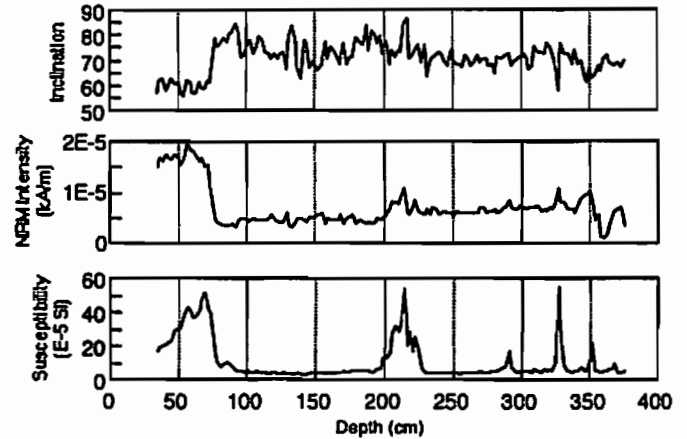
Remanent magnetization records from lake sediments at Kitaura  
Makoto OKADA, Kazuo AMANO, Yoshiaki KIKUCHI (Ibaraki Univ.),  
Chizu ITOTA and Yukio HAGIWARA (Nihon Univ.)

Four lake sediment cores were taken from Kitaura using a air-hydraulic piston coring system with 4 meter length sampling tube brought by Nihon Univ. Sediments of these cores mainly consist of detrital mud intercalating many shell beds and invisible several volcanic ash layers. Paleomagnetic measurements have been done on the last core (KT04) so far. Progressive demagnetization results show that the KT04 core has relatively stable remanence, although the intensities are not so strong (about 5E-6 kA/m). The NRM intensity record shows a trend of increasing to the bottom, however, the magnetic susceptibility shows almost constant value. This may indicate that the NRM trend has been reflected by the decreasing geomagnetic field intensity during the last two thousand years.

本年7月11日から14日にかけて、茨城県北浦において湖底堆積物のコアリングを行った。コアリング作業は日大の所有する空気-水圧式ピストンコアラ(パイプ長4m)を茨城大学の臨湖実験場の小型ボートに載せて行い、計4本の柱状試料を採取することが出来た。堆積物はシルトから泥サイズのもので大変やわらかく、コアの回収率はいずれも90%程度まで達した。また、湖底面と平行にしじみの層が数多く見られ、火山噴出物の層もわずかに見られた。しかし、これ以外の堆積構造は生物擾乱のためかほぼ何も見られなかった。

堆積速度については、年代データがないので確かなことは言えないが、霞ヶ浦におけるデータを参考にすると4m/千年程度であると推定される。今回はこれらのコアの内、解析の進んでいるKT04における古地磁気の結果について報告する。

NRM強度および帯磁率ともに深さ80cmを境に急激に減少している。これは湖底における酸化-還元指標の変化などによる磁性鉱物への影響があったことが考えられる。これと同時に伏角も変化しているが、今の所原因は不明である。深さ200cmを越えたところで再びNRM強度および帯磁率ともに上昇しまたすぐに元のレベルに戻っており、火山噴出物の混入が原因と考えられる。また全体の傾向として、帯磁率はある一定の値で推移しているのに対し、NRM強度は深さが増すほど強くなっている。これは、過去2千年間に地球磁場強度が減少し続けていることを反映している可能性がある。



B41-14

アイスランド北部における鮮新世溶岩の古地磁気方位による溶岩対比の試み

○広井修、河野長(東大・理)、田中秀文(東工大・理)  
小屋口剛博(東大・地機研)

Paleomagnetic Correlation of Pliocene Lava Sequence in Northern Iceland

○O.Hiroi<sup>1</sup>, M.Kono<sup>1</sup>, H.Tanaka<sup>2</sup>, T.Koyaguchi<sup>3</sup>

- (1.Dept. of Earth and Planetary Sciences, Tokyo Institute of Tech.)
- (2.Dept. of Earth and Planetary Physics, Univ. of Tokyo)
- (3.Earthquake Research Institute, Univ. of Tokyo)

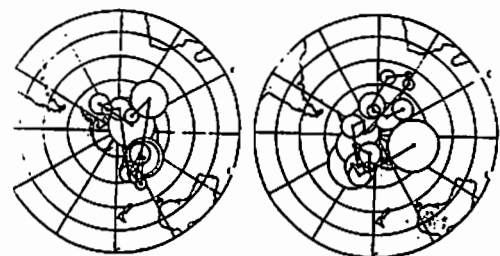
Paleomagnetic measurements were made for the lava sequences in the northern Iceland in order to establish the magnetostratigraphy of Pliocene. The samples are collected from two lava sequences of a lava plateau, which are composed of 90, 77 lava flows, respectively. The two lava sequences show different VGP variations even during the same polarity period, suggesting that the lava sequences resulted from separated volcanisms.

アイスランドで鮮新世以前に噴出した地域は、現在の噴火活動地域から遠ざかり、東西の沿岸部で浸食の進んだ溶岩台地を形成している。1993年7月、アイスランド北部Akureyri東方の鮮新世の溶岩台地について、古地磁気層序の解明を目的として、二つのセクション(LT、SIセクション)から系統的なサンプリングを行った。両セクションともに約500mの高度差を持ち、それぞれ90枚、77枚の溶岩が連続的に露出している。互いには3kmほど離れており、また地層の傾斜からLTの下半分がSIの上半分に対比されると考えられる。

各溶岩あたり5本のcoreの交流消磁後、のべ831本にわたる磁化

方位測定を行い、各極性区間でVGP位置を計算した(図)。磁極の位置が一定に変化すると仮定した場合、一連の永年変化をとらえているところもあるが、ある程度の休みの期間において、短期間に数枚まとめて噴出したと考えられる変動を示す部分が多かった。また両セクションの同一極性区間全体の層厚はほぼ等しいのにも関わらず、見かけ上全く異なる変動を描き、両セクションに共通する溶岩が数枚と少ないことがわかった。

これらの結果は、本溶岩台地は、3km届くか届かない程度の溶岩の堆積がある場所でもまとめて起こり、また時と場所を代えて堆積が進む、ということを繰り返す、地磁気の極性が逆転する程度の長い期間でみれば、全体に均一に溶岩の堆積が進んで、現在のような形に作られていたことを示す。



LTセクション

SIセクション

同一極性区間における、VGPの変動の様子



中国四川省南西部（西昌）の白亜紀の古地磁気

玉井雅人<sup>1</sup>、乙藤洋一郎<sup>1</sup>、劉育森<sup>2</sup>、魯連仲<sup>2</sup>  
 1 神戸大理、2 中国地質大

Paleomagnetic study of Cretaceous rocks  
 from Xichang, southwestern Sichuan, China

Masato TAMAI<sup>1</sup>, Yo-ichiro OTOFUJI<sup>1</sup>, Yu Yan LIU<sup>2</sup>,  
 and Lian Zhong LU<sup>2</sup>  
 1 Faculty of Science, Kobe University  
 2 China University of Geosciences

The Lower Cretaceous Feitianshan Formation and the Upper Cretaceous Xiaoba Formation are distributed in the western part of the Yangtze block. We sampled red sandstones of these formations from both limbs of Dadeli syncline around Xichang city.

All the samples have the characteristic paleomagnetic directions with unblocking temperature of about 680°C. Progressive unfolding reveals that the magnetization was acquired at the beginning of the folding which occurred during Paleogene. The mean direction at 70% unfolding level is  $D=6.5^\circ$ ,  $I=46.8^\circ$  ( $\alpha_{95}=3.6^\circ$ ), corresponding to a paleopole at  $84.2^\circ N$ ,  $185.0^\circ E$  ( $A_{95}=3.4^\circ$ ). This paleomagnetic pole falls near the Cretaceous pole positions reported from the Yangtze block.

We conclude that this region has behaved as a part of the Yangtze block since Paleogene.

中国四川省南西部に位置する西昌市の大徳里向斜で、古地磁気試料を採取した。これらの試料は、下部白亜紀のFeitianshan formationと上部白亜紀のXioba formationの赤色砂岩である。

段階熱消磁によって、約680°Cのアンブロッキング温度をもつ信頼できる残留磁化成分を取り出すことができた。サイトの平均方向は、褶曲を70%もどしたときにもっともよく集まる。このことから、残留磁化は、褶曲初期（古第三紀）に獲得されたものであることがわかった。褶曲を70%もどしたときの平均方向は、 $D=6.5^\circ$ ,  $I=46.8^\circ$  ( $\alpha_{95}=3.6^\circ$ )であり、古地磁気極は、 $84.2^\circ N$ ,  $185.0^\circ E$  ( $A_{95}=3.4^\circ$ )である。この古地磁気極は、Yangtze blockから求められた白亜紀の古地磁気極に近い。古第三紀以降、西昌地域は、運動学的に、Yangtze blockの一部としてふるまった。

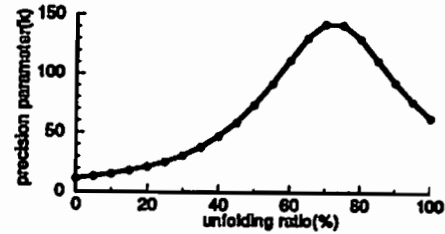


Fig.1 Precision parameter (k) for progressive unfolding.

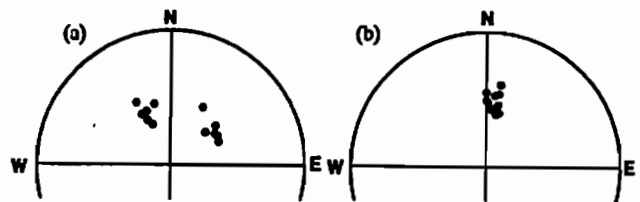


Fig.2 Equal area projections of site mean directions.  
 (a) In-situ. (b) At 70% unfolding.

B41-16 Relative motion between East Asia and Europe: Paleomagnetic evidence

Yo-ichiro OTOFUJI<sup>1)</sup>, Takaaki MATSUDA<sup>2)</sup>,  
 and P.S. ZIMIN<sup>3)</sup>

- 1) Dept. of Earth and Planetary Sciences, Kobe University, Japan
- 2) Dept. of Geology, Himeji Institute of Technology, Japan
- 3) Russian Science Academy, Pacific Oceanographical Institute, Vladivostok, Russia

Disagreement of paleomagnetic pole positions between East Asia and Eurasia is detected for a period between Jurassic to Eocene (Fig. 1). Paleomagnetic poles from the Jurassic to Eocene is constructed for East Asia on the basis of the previously reported data and the newly obtained ones from the Sikhote Alin.

A Cretaceous pole for East Asia is calculated from the paleomagnetic poles of the Sikhote Alin, Inner Mongolia, Outer Mongolia, North China and South China. It falls near  $233.5^\circ E$ ,  $83.3^\circ N$ , and occupies the easterly position of the European Cretaceous pole of  $154^\circ E$ ,  $72^\circ N$ . The easterly position of paleopoles of East Asia is also observed in the Jurassic and the Eocene times. These facts indicate that the disagreement of paleomagnetic pole positions has lasted until the Eocene time.

The discrepancy of the pole positions between East Asia and Europe invokes that East Asia and Europe are subjected

to fairly large relative motion. This relative motion is described as either clockwise rotation of Europe without latitudinal movement and/or northward movement of the East Asia. We conclude that Eurasian continent extending from Europe to east Asia does not behave as a rigid continent during the Tertiary.

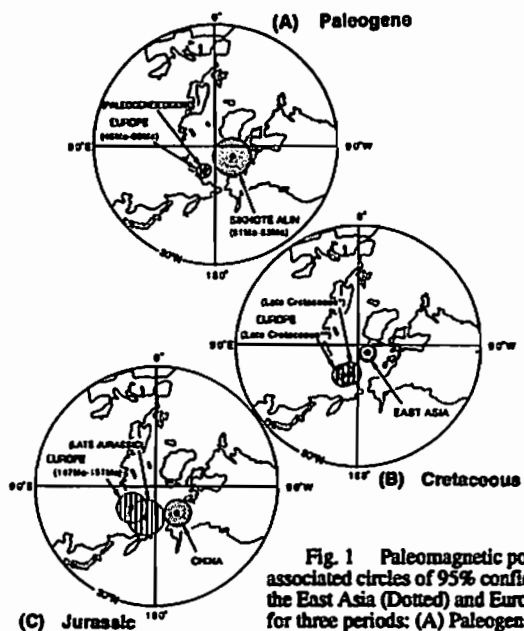


Fig. 1 Paleomagnetic poles (with associated circles of 95% confidence) of the East Asia (Dotted) and Europe (striped) for three periods: (A) Paleogene, (B) Cretaceous and (C) Jurassic.



兵頭政幸・高次かおり(神戸大)

Duration and age of a geomagnetic excursion found in the  
Osaka Group marine clay

Masayuki Hyodo and Kaori O. Takatsugi  
(Dept. of Earth and Planetary Sciences, Kobe University)

Duplicate records of a geomagnetic excursion during the late Matuyama Chron were obtained from sediment samples gathered at Takatsuki and Izumi sites in Kinki district (Takatsugi and Hyodo, 1991). The excursion was found just above the volcanic ash known as the Azuki Tuff, in a marine clay layer of the Osaka Group. Assuming the same sedimentation rates as those from the radiocarbon dating of the Holocene marine clay, the duration of the excursion is estimated as about 240 years, ranging from 200 to 500 years when considering fluctuations in the sedimentation rate. The excursion occurred about 0.85 Ma, a recently revised age for the Azuki Tuff. The Kamikatsura excursion previously reported around this period from the Osaka Group data, is estimated to be a few ten thousands years older than the presently discussed excursion, based on the correlations of changes in the sea level recorded in the sediments of the Osaka Group and the oxygen isotope record of deep-sea cores (Fig.1). These two excursions in Japan, and short normal events reported in the Southern Ocean, North America, and China suggest that during the period from 0.84 to 0.87 Ma, the

geomagnetic field may have been so unstable that an excursion or a short reversal occurred regionally and sporadically over the earth.

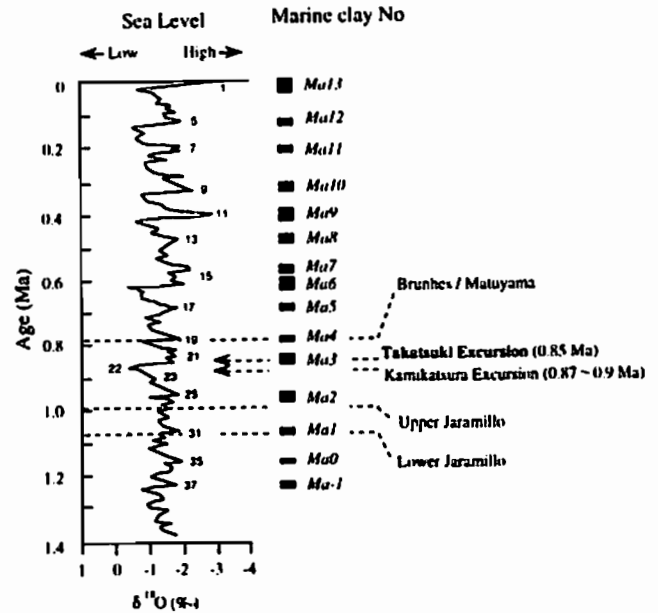


Fig.1 Correlations of the oxygen isotope stage numbers (indicated by the numbers next to the isotope curve) [Shackleton et al., 1990] and the marine clay numbers found in the Osaka Group. The vertical extent of the black rectangles indicate the relative thickness of each marine clay found in the core OD-1 [Yoshikawa et al., 1987]. The age scale (Ma) corresponding to the oxygen isotope and clay samples is indicated on the left-hand side of the figure.

深海底堆積物から得られた  
サスペンション法による古地磁気相対強度

福岡 浩司<sup>1</sup> 佐藤 高明<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>京都大理 <sup>2</sup>新潟大工

Relative paleointensity by the suspension method from deep-sea  
sediments

Koji FUKUMA<sup>1</sup> and Takaharu SATO<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Kyoto Univ. <sup>2</sup>Niigata Univ.

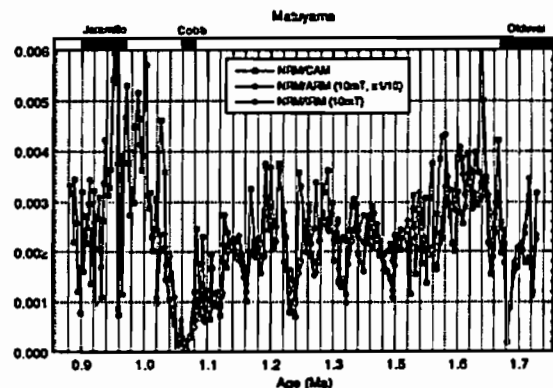
We analysed a relative paleointensity record obtained by using the suspension method from calcareous ooze in equatorial western Pacific (Yoshida, 1984). Although relative paleointensity data from sediments have recently accumulated, its reliable method is still a subject of debate. The suspension method gives not only a reliable measure of concentration of magnetic material but also the distribution of grain size. The estimated grain size is in single-domain region, concordant to the results by TEM observation. The normalized NRM's show quite similar patterns between different normalization parameters. The suspension method will be a promising approach in relative paleointensity studies.

最近、堆積物からの古地磁気相対強度のデータが蓄積されているが、方法の信頼性については未だ議論がある。今回、サスペンション法を用いて求められた古地磁気相対強度の記録 (Yoshida, 1984) の分析を行った。サスペンション法は、他の方法 (特に [ ] 内) と比べて原理的に次の利点を持っている。

- ◆ 常磁性鉱物の影響を受けない [帯磁率]

- ◆ 磁区構造を変化させずに、磁化を求めることができる [IRM]
- ◆ 粒子間の磁気的相互作用が無視できる [ARM]
- ◆ 試料中の粒子サイズの分布を与えることができる
- ◆ 磁化のプロセスがDRMと同等である

試料は、西太平洋 (Core KH 73-4-7, 24°1'N, 164°50'E, water depth: 4160m) で得られた calcareous ooze である。磁性鉱物は、主としてバクテリア起源の単磁区の磁鉄鉱である。サスペンション法により計算された平均粒径は約70nmであり、TEM観察による結果とよく一致する。CAM, ARM, IRMで規格化されたNRMのパターンは、互によく一致する。古地磁気相対強度の研究において、サスペンション法は、詳しく信頼できる情報を与える方法である。



C会場

10月19日(水) 午前

# 太陽圏

## Heliosphere

oral: C21-01~17

poster: C21-10P & C21-13P

座長 村木 綏 (名大STE研)  
丸橋克英 (通総研)

C21-01

On the unsolved problems of the Solar activity  
 Grant Kocharov (STE lab. Nagoya Univ.)

The problem of deep and prolonged solar minima has been discussed based on the following experimental data.

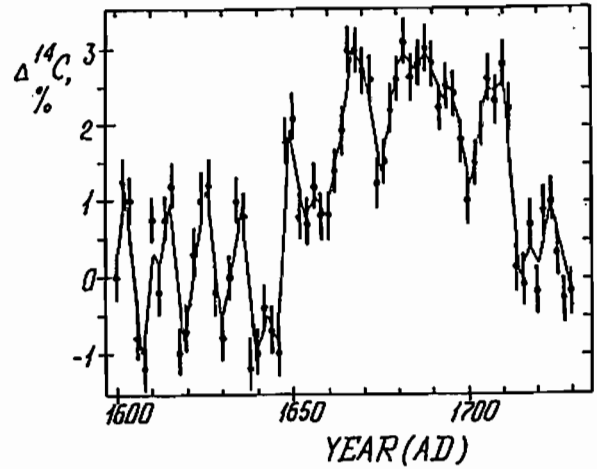
1.High precision measurements of cosmogenic isotopes in natural archives (tree rings,ice cores,sea sediments,corals etc.)

2.Annual growth of tree rings for the trees from different places of the Northern Hemisphere

3.Available observational data on time variation of sunspot numbers, solar irradiate and semidiameter,flare activity

Main unsolved problems of the solar and solar-terrestrial phenomena have been formulated.

Figure illustrates one of unsolved problems : why during Maunder minimum Cosmic rays were modulated by the Sun and why 11-year cycle is less pronounced than 22y cycle?



C21-02

Radial Gradients of the Galactic and Anomalous Cosmic Rays Observed from 1978 to 1993

©Z. Fujii<sup>1</sup>, and F.B. McDonald<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University  
<sup>2</sup>Institute for Physical Science and Technology, University of Maryland

The contemporary model of the long term modulation of galactic cosmic rays are divided into two distinct classes, 1) steady-state model with a drift, and 2) non-drift model with time-dependent diffusion coefficients. The radial density gradients of the galactic cosmic rays are one of the fundamental parameters that characterize particle transport processes in the heliosphere and which can be used to evaluate the modulation models. In this study, we investigate the radial density gradients of 120-230 MeV H<sup>+</sup> and 180-460 MeV/n He<sup>++</sup> from IMP 8, Voyager 2 and Pioneer 10 near the ecliptic plane out to heliocentric distances of -60 AU for the time period of 1978 to 1993. This 16 year interval covers successive solar minima and maxima of different solar magnetic polarities. To examine the radial dependence and its solar cycle changes, the gradients are analyzed, using the functional form,  $dJ/Jdr = G_0(r/r_E)^\alpha$ , where  $\alpha$  and  $G_0$  are constant for a particular time,  $r$  is the heliocentric distance and  $r_E = 1$  AU. The values of  $\alpha$  and  $G_0$  are determined numerically on a yearly basis. It is found that  $\alpha$  changes in the range of -0.2-0.6 for H<sup>+</sup> and -0.6-0 for He<sup>++</sup>, going from solar minimum (maximum cosmic ray intensity) to solar maximum of the 11-year solar cycle. We also report the

gradients of the anomalous cosmic ray helium and oxygen.

Fig.1: Twenty-six day averages of 120-230 MeV H<sup>+</sup> from IMP 8, Voyager 2 and Pioneer 10 for 1978 to 1992.

Fig.2: Anomalous oxygen observed by Voyager 2 and Pioneer 10 for 1978 to 1992.

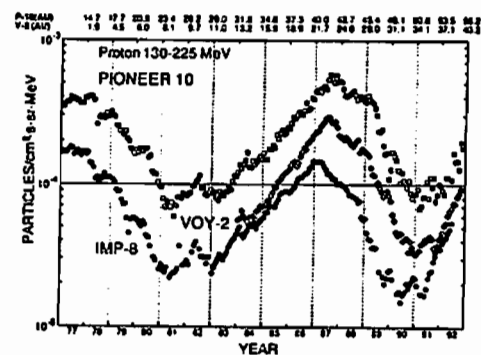


Fig.1

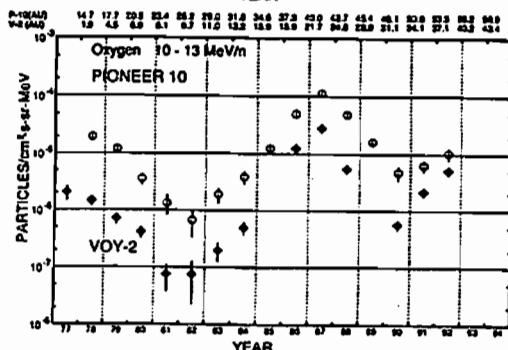


Fig.2

C21-03 太陽磁気圏尾部方向からの宇宙線の Excess Flux

\*藤本和彦 (名大 STE 研)、長島一男、R.M. Jacklyn

Cosmic-Ray Excess Flux from Heliomagnetotail

K. Fujimoto, K. Nagashima and \*R.M. Jacklyn

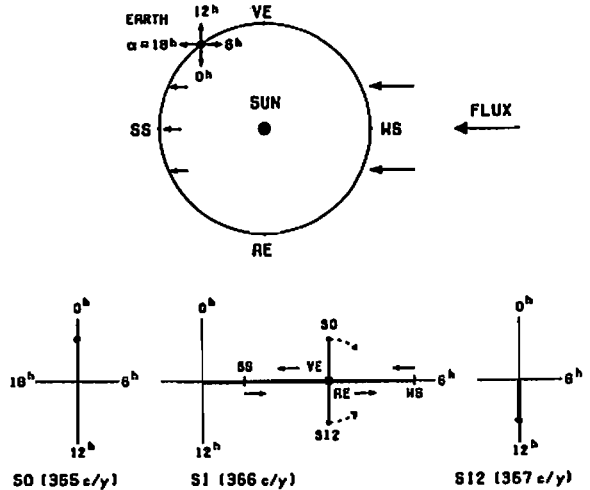
Cosmic-Ray Section, Solar-Terrestrial Environment Laboratory  
Nagoya University, Nagoya 464-01, Japan

\*Antartic Division, Department of Science and Technology,  
Kingston, Tasmania, 7150, Australia

It was suggested by Kovar and Dessler (1967) that a cosmic-ray excess flux might be expected from the heliomagnetotail. The present authors have found its evidence in the cosmic-ray sidereal daily variation in comparatively low energy region ( $\sim 10^2$  GeV). The direction ( $\alpha_T=6$  h;  $\delta_T < 0^\circ$ ) of the flux seems coincident with the tail direction ( $\alpha_{TP}=5.9$  h;  $\delta_{TP}=-20^\circ$ ) opposite to the proper motion of the solar system, but does not coincide with the direction ( $\alpha_{TO}=4.8\sim 7.2$  h;  $\delta_{TO}=15^\circ\sim 17^\circ$ ) opposite to the relative motion of the system to the neutral gas because of the difference in the sign of the declination. The flux is confined in a cone with a half opening angle of  $\sim 66^\circ$  obtained on the assumption that  $\delta_T = \delta_{TP}$ , and shows the maximum on the nearest Earth's orbit to the tail on the winter solstice and the minimum on the summer solstice. The flux in high energy region cannot be observed directly owing to the coexistence with the galactic anisotropy from  $\alpha=0$  h, but can be identified with the 6h-component of the observed sidereal diurnal harmonic vector. Its energy spectrum shows the maximum near  $10^3$  GeV and tends to zero near  $10^4$  GeV.

太陽圏は銀河系の中を約 20km/s の速度で赤経 $\sim 18$ 時、赤緯  $20^\circ$ N

の方向に proper motion している。従ってその反対側、すなわち赤経 6 時赤緯  $20^\circ$ S の方向に太陽圏の尾部構造が作られていると想像されていた。我々は  $0.1\sim 1$ TeV のエネルギー領域の宇宙線の恒星時日変化の観測から、この proper motion によって、太陽圏の尾部構造が作られていることを見つけた。このエネルギー領域の宇宙線の恒星時日変化は、一年を通して一定でなくて年間変化をしている。地球は太陽の周りを 1 年に 1 回公転をしている。冬至の時(赤経 6 時方向)、恒星時日変化の振幅が最大になり、その反対側に来た時(夏至)ほとんどゼロになることを見つけた。その説明図を図 1 に示す。又、尾部の赤緯は負、すなわち proper motion によって出来ていることは、このエネルギー領域の恒星時日変化の southern sky anomaly、すなわち望遠鏡を南に向けると日変化の振幅が大きくなるという観測結果によって、結論される。



C21-04 GEOTAIL衛星による宇宙線異常成分の観測

高橋健、道家忠雄、菊池順、林孝雄、逸見恩史、長谷部信行<sup>A</sup>、藤井雅之<sup>B</sup>、小林正俊<sup>B</sup>、三島靖<sup>B</sup>、橋野朋樹<sup>C</sup>、中本津<sup>C</sup>、村上浩之<sup>C</sup>、宗像一昭<sup>D</sup>、加藤千尋<sup>D</sup>、水田勝明<sup>E</sup>、柳田昭平<sup>F</sup>、河野毅<sup>F</sup>、西田篤弘<sup>F</sup>

早大理工研、愛媛大教養<sup>A</sup>、愛媛大理<sup>A</sup>、立大理<sup>C</sup>、信州大理<sup>D</sup>、玉川大工<sup>E</sup>、茨城大理<sup>F</sup>、理研<sup>G</sup>、ISAS<sup>H</sup>

Observation of anomalous cosmic rays by GEOTAIL satellite

T.Takashima, T.Dohi, J.Kibuchi, T.Hayashi, K.Izumii, N.Hasebe<sup>A</sup>, M.Fujii<sup>B</sup>, M.Kobayashi<sup>B</sup>, Y.Mishima<sup>B</sup>, T.Yanagimachi<sup>C</sup>, A.Nakamoto<sup>C</sup>, H.Murakami<sup>C</sup>, K.Monakata<sup>D</sup>, C.Kato<sup>D</sup>, K.Nagata<sup>E</sup>, S.Yanagita<sup>F</sup>, T.Kohno<sup>F</sup>, A.Nishida<sup>H</sup>

Advanced Res. Center for Sci. & Eng. Waseda Univ., Faculty of General Education Ehime Univ. <sup>A</sup>, Dept. of Phys. Ehime Univ. <sup>B</sup>, Dept. of Phys. Rikkyo Univ. <sup>C</sup>, Dept. of Phys. Shinshu Univ. <sup>D</sup>, Faculty of Eng. Tamagawa Univ. <sup>E</sup>, Dept. of Earth Sci. Ibaraki Univ. <sup>F</sup>, RIKEN<sup>G</sup>, ISAS<sup>H</sup>

New observation of low energy cosmic ray particles by the HI and MI instruments onboard the GEOTAIL satellite orbiting 1 AU shows a remarkable enhancement of anomalous cosmic rays (ACR) N, O and Ne in the period of September 1992 - April 1994 before approaching to the solar minimum in the solar cycle 22. The ACRs N, O, Ne fluxes increase steeply at low energy region, but C flux, of which first ionization potential (FIP) is lower than that of N, O and Ne, is flat at that. It suggests that most of the element with high FIP are neutral particles in very local interstellar medium (VLISM) and signifies that most of carbon and sulfur with middle FIP are ionized in VLISM.

GEOTAIL衛星に搭載された高エネルギー粒子線望遠鏡 (HI, MI) による宇宙線観測により、低エネルギー領域の宇宙線異常成分 (ACR) の顕著な増加が観測された。ACRの観測は、1974-1978年の太陽極小期において数MeV/n - 数十MeV/nの低エネルギー領域でN, O元素の著しい強度の増加が観測されたことにはじまる。このACR成分の解釈としてこれまで幾つかの説明がなされてきているが、現在最も有力な解釈はFisk, Kozlovsky, Rasmussenらによるものである。彼等のモデルは、局間物質中の中性粒子は太陽風に侵入を阻止されることなく太陽圏内に侵入し、太陽が紫外線により10の陽イオンとなり太陽風による衝撃波によりMeV/n領域までの加速を受けるといものである。1992年9月より1994年4月までの太陽活動が極小期へと向かう期間に、GEOTAIL衛星

によって観測されたACRの元素C, N, O, Neについて、そのエネルギースペクトルをFig.1に示す。スペクトルの高エネルギー領域は銀河宇宙線である。高いFIP (First Ionization Potential) を有する元素の N, O, Ne (14.5eV, 13.6eV, 21.6eV) については、低エネルギー領域において強度の急激な増加がみられる。一方で、中程度のFIPを有する元素であるC (11.3eV) についてはそのエネルギースペクトルはほぼ平坦な分布となっている。この観測結果より、局所的局間空間では高FIPを有する元素の大部分は中性粒子として存在しているが、Cの大部分は局所的局間空間でイオン化しており中性粒子の割合はわずかであると考えられる。さらに、Cよりもわずかに低いFIPを有する元素であるSのエネルギースペクトルについてもあわせて報告する。

太陽活動の極大期から極小期への移行期間にあたる1992年9月から1994年7月までの宇宙線強度の時間変化について調査をおこなった。その結果太陽活動が極小期に近づくにつれて、ACR, GCR の強度が共に増加しており特にACRの強度変化はGCRのそれに比べて大きな変化を示している。この変化の様子は、太陽周期20, 21のそれとは様子が異なるようにみえる。特にACRの強度の時間変化についての観測結果を報告する。

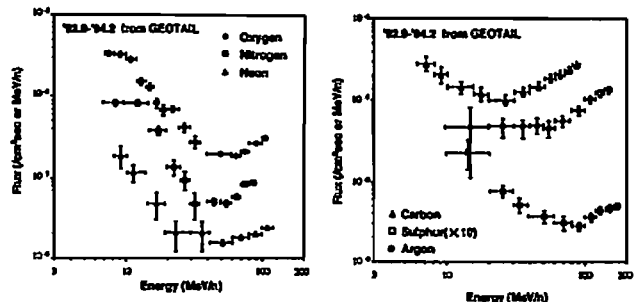


Fig. 1: Energy Spectrum for ACR

宇宙線太陽時及び恒星時変化する南北両半球観測

・宗像一昭、安江新一、森 茂、北和田尚志 (信州大研)  
 藤井善次郎、藤本和彦、榑原志津子 (名大STE研)  
 J.E.Humble, K.B.Fenton, A.G.Fenton (タスマニア大)  
 M. L. Duldig (オーストラリア南極局)

Two Hemisphere Observations of the Solar and Sidereal Daily Variations in Cosmic Ray Intensity

K. Munakata, S. Yasue, S. Mori, N. Kitawada (Shinshu Univ.)  
 Z. Fujii, K. Fujimoto, S. Sakakibara (STE lab.)  
 J.E.Humble, K.B.Fenton, A.G.Fenton (Univ. of Tasmania)  
 M. L. Duldig (Australian Antarctic Div.)

The solar and sidereal daily variations in cosmic ray intensity will be analyzed by using data from a pair of two-hemisphere-networks of multi-directional muon detectors on surface (Hobart in Tasmania and Nagoya in Japan) and underground (Liapootah in Tasmania and Matsushiro in Japan). In this report, we analyze two year data accumulated since the beginning of operation on December 1991.

Using data from multi-directional observations underground in both hemispheres, we test the north-south sidereal asymmetry which has been so far reported from long-term observations at Matsushiro and Sakashita in northern hemisphere. We analyze also data from two-hemisphere-network of surface muon observations covering lower energy region and test the energy dependence of sidereal daily variation.

By using data from two-hemisphere-network of surface muon observations, we investigate the average features of the solar diurnal and semi-diurnal variations. The preliminary results showed a clear existence of north-south asymmetric diurnal variation as well as symmetric variation. The north-south asymmetric diurnal variation is consistent with that expected from the semi-diurnal anisotropy which produces the observed semi-diurnal variation.

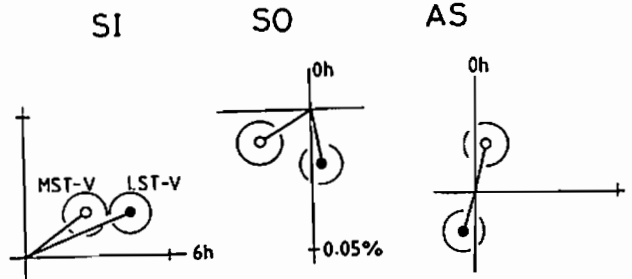


Fig.1 Harmonic dials of the solar(SO), sidereal(SI) and anti-sidereal (AS) diurnal variations observed by the vertical telescopes at Liapootah(LST-V) and Matsushiro(MST-V).

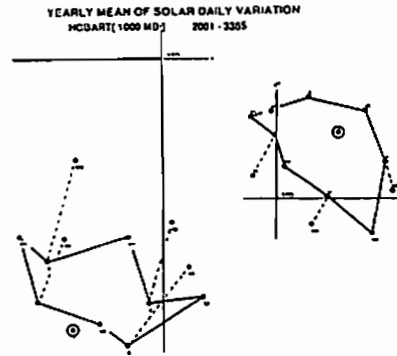


Fig.2 Average solar diurnal and semi-diurnal variations observed by Hobart muon telescope.

1990年5月24日の太陽中性子現象

名古屋大学 STE 研 小井 辰巳、村木 綏、佐藤 元則、榑原 志津子  
 中部大学工学部 柴田 祥一 理化学研究所 高橋 一博  
 Univ of New Hampshire M.A.Shea、D.F.Smart

STE-laboratory, Nagoya Univ. T.Koi, Y.Muraki, M.Sato, S.Sakakibara  
 Faculty of Engineering Chubu Univ. S.Shibata  
 The Institute of Physical and Chemical Research K.Takahashi  
 Univ of New Hampshire M.A.Shea、D.F.Smart

We have calculated attenuation of the solar neutron in the Atmosphere using Monte Carlo method. And we also calculated the propagation of neutron decay particle along the interplanetary magnetic field following the Fokker-Planck equation.

1990年5月24日のフレアに伴う太陽中性子現象は、観測史上最大のものであった。Climax, Mexico city で 9σ を超える信号が検出された。(Deburnner 1993)

この現象時に太陽方向に比較的に厚い大気層を持つ観測地で期待されるよりも大きな信号が見られた。そこで、中性子の大気中での大角度散乱を考慮し、大気密度効果と最短経路効果を考慮した地球大気中での中性子の減衰のモンテカルロ計算を行った

またこの時に GOES、GMS 衛星では太陽中性子崩壊粒子よると考えられる荷電粒子強度のバンプが見られた。しかしその立ち上がり時間は、拡散方程式から導かれる時刻よりも 15 分から 20 分程遅れていた。そこで今回この遅れを説明する為に、太陽中性子崩壊粒子の惑星間空間での伝播を新たに以下の方程式にもとづいて計算した。

$$\frac{\partial F(t, \mu, z)}{\partial t} = -\mu v \frac{\partial F(t, \mu, z)}{\partial z} - \frac{\partial}{\partial \mu} S_{\mu}(t, \mu, z) + Q(t, \mu, z)$$

$$S_{\mu}(t, \mu, z) \equiv -\frac{\varphi(\mu) F(t, \mu, z)}{2} \frac{\partial \mu}{\partial z} + \frac{v}{2L(z)} (1 - \mu^2) F(t, \mu, z)$$

(Ng and Wong 1979)

z : the arc length along IP magnetic field

v : the particle speed

μ : the cosine of pitch angle v<sub>∥</sub>/v

F : the particle distribution function

S<sub>μ</sub> : the μ-flux

Q : the source function of neutron decay products

φ : the Fokker-Planck coefficient for pitch-angle scattering

L : the focusing length of the field

本講演ではそれぞれの計算結果について詳しく発表する。

○徳九宗利 (通信総研・稚内)、近藤哲朗 (通信総研・鹿島)、森弘隆、  
田中高史 (通信総研・本所)

Solar wind velocity measurements in the acceleration region  
by interplanetary scintillation

M. Tokumaru (CRL/Yakkanai), T. Kondo (CRL/Kashima), H. Mori,  
and T. Tanaka (CRL/Headquarters)

The solar wind velocity in the radial range of 10-80 Rs is estimated from interplanetary scintillation measurements at 2 and 8 GHz using a large radiotelescope at Kashima. Derived velocities indicate clearly that the solar wind is driven significantly between 10 and 30 Rs. Our IPS data taken in 1990-93 suggest that the high-speed wind develops at high latitude with decreasing solar activity. It is also demonstrated that our IPS measurements are in good agreement with multi-station IPS measurements using EISCAT.

1. はじめに

我々は、1989年から昨年まで通信総合研究所鹿島70mにおいて、マイクロ波帯での惑星間空間シンチレーションの観測を実施してきている。その結果からは、これまであまりよく知られていなかった太陽風加速域の様子が明らかとなっている(1,2)。今回の報告では、1990年から1993年の観測データをもとに加速領域での太陽風速度の距離依存性について議論する。さらに我々の速度データをEISCATやSTE研の多地点IPS観測による速度測定結果と比較した結果についても述べる。

2. 太陽風速度の距離依存性

我々は、IPSの分析法(3)を用いて太陽風速度の推定を行った。観測に用いた電波源は3C279と3C273B、周波数は2GHzと8GHz同時である。1993年の観測から得られた太陽風速度の距離依存性を図に示す。図からわかるように3C279のデータは10~30Rsの範囲で単調に速度が増加し、それより遠くではほぼ一定速度になっている。3C279は赤道面近くを太陽に向けてradialに近づくため、この速度変化は実際の太陽風加速を反映しているものと考えられる。一方、3C273Bのデータでは太陽近傍(30Rs以内)で太陽風加速の傾向が見られるものの、遠くでは距離とともに太陽風速度が減少している。これは3C273Bが太陽近傍で太陽の高緯度へ移動するよう

な軌跡をとるために生じる見かけの効果であり、30Rs付近で観測されている高速(700km/s)風は極域のコロナに対応している。コロナからの高速風は、3C273Bの1990~93年の観測データにおいて次第に顕著になってきており、太陽活動の低下に伴って極域でコロナが発達してきたことを示している。このような長期変動は3C279のデータには見られない。

3. EISCAT、STE研の速度データとの比較

IPS観測のような間接的探査法では測定結果の精度を十分に吟味しておくことが重要である。そこで我々は、EISCAT(933MHz)やSTE研(327MHz)などの多地点IPS観測によって得られた太陽風速度との比較を行い、我々の速度推定結果の信頼性を確かめることにした(4)。EISCAT、STE研のデータはSTE研三沢の提供による。その結果、EISCATと我々のデータは互いによく相関があることが示された(相関係数 $r=0.92$ )。一方、STE研との比較からも両者の相関が確認されたものの、その相関係数はEISCATに比べ低く、系統的なずれが存在していることが判明した。この系統的なずれは、程度はごく小さいながらEISCATとの間にも確認できる。ずれを生む原因としては、雑散乱の効果、プラズマ速度の効果、磁気音波の影響などが考えられ、今後これらの観点からの研究が必要とされている。

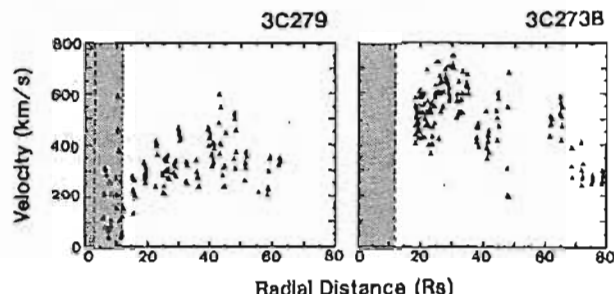


図 太陽風速度の距離依存性 (1993年のIPS観測)。3C279 (左)、3C273B (右)

参考文献

- [1]. Tokumaru et al., J. Geomag. Geoelectr., 43, 619, 1991.
- [2]. Tokumaru et al., J. Geomag. Geoelectr., 46, in press, 1994.
- [3]. Scott et al., Astron. Astrophys., 123, 191, 1983.

惑星間空間シンチレーション (IPS) 観測による  
太陽近傍における太陽風プラズマのふるまい

○山内洋平, 三澤浩昭, 小島正宜 (名大 STE 研)

森 弘隆, 田中高史, 近藤哲朗, 徳九宗利 (通信総合研究所)

P.K. Manoharan (Tata Institute of Fundamental Research, India)

Characteristics of the Solar Wind Plasma Close to the Sun  
Using Interplanetary Scintillation Observations

○Y. Yamauchi, H. Misawa, M. Kojima

Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University, Japan

H. Mori, T. Tanaka, T. Kondo, M. Tokumaru

Communication Research Laboratory, Japan

P.K. Manoharan

Tata Institute of Fundamental Research, India

We carried out IPS observations at microwave frequencies using the 26-m antenna at Kashima during September and October in 1992 and 1993. The coverage of the observations was in the distance range between 4 and 64 solar radii.

In this study, from these observations, solar wind velocity, anisotropy, inner scale size and power law index of solar wind turbulence were inferred. For this analysis, we applied model fitting method that is useful to measure the solar wind parameters.

我々は、1992年以降毎年9月から10月にかけての1ヶ月間、通信総合研究所鹿島支所の26-mアンテナを用いて、マイクロ波のIPS観測を行っている。この観測では、4から64太陽半径の太陽風プラズマについての有用な情報が得られている。今回、1992年と1993年のデータを用い、太陽近傍における太陽風擾乱のようすを調べた。この解析には、modelスペクトルを観測スペクトルとの比較により、太陽風プラズマのパラメータを導出するmodel fittingの方法を採用し(図1)、太陽風速

度  $V$ 、ゆらぎの異方性を示す Axial Ratio  $AR$ 、擾乱の inner scale size  $S_i$ 、密度ゆらぎスペクトルの power law index  $\alpha$  を求めた。

発表では、これらのパラメータの距離依存性、及びパラメータ相互の関係についての結果を報告する。

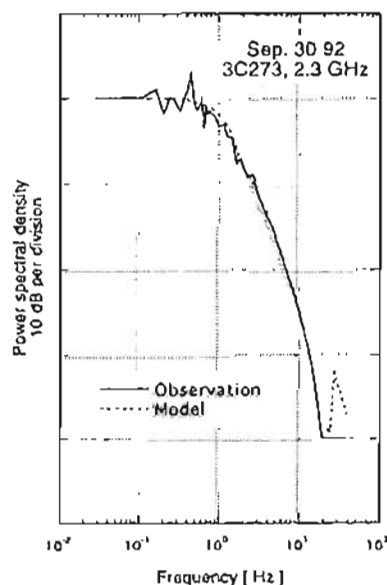


図1: model fittingの例。実線が観測スペクトル、破線は Model スペクトル。modelのパラメータ値は、太陽風速度  $V = 340\text{km/s}$ , Axial Ratio  $AR = 1.2$ , Inner Scale  $S_i = 12\text{km}$ , Power Law Index  $\alpha = 2.85$ 。



C21-09

A Fermi Acceleration Event  
at an Interplanetary Shock Wave  
on Feb. 21, 1994:

GEOTAIL Observation

○寺沢敏夫<sup>1</sup>, 斎藤義文<sup>2</sup>, 向非利典<sup>3</sup>ほかLEPチーム  
前沢別<sup>3</sup>, B. Wilken<sup>4</sup>, 永田勝明<sup>3</sup>ほかHEPチーム  
山本達人<sup>2</sup>, 國分征<sup>4</sup>ほかMGFチーム,  
西田篤弘<sup>2</sup>, 長井嗣信<sup>5</sup>

<sup>1</sup>東大理, <sup>2</sup>宇宙研, <sup>3</sup>名大理, <sup>4</sup>MPAE, <sup>5</sup>玉川大, <sup>6</sup>名大STE研,  
<sup>7</sup>東工大理

○T. Terasawa<sup>1</sup>, Y. Saito<sup>2</sup>, T. Mukai<sup>1</sup>, and the LEP team  
K. Maezawa<sup>3</sup>, B. Wilken<sup>4</sup>, K. Nagata<sup>1</sup>, and the HEP team  
T. Yamamoto<sup>3</sup>, S. Kokubun<sup>3</sup>, and the MGF team  
T. Nagai<sup>4</sup> and A. Nishida<sup>5</sup>

<sup>1</sup>DEPP, U. Tokyo, <sup>2</sup>ISAS, <sup>4</sup>Dept. Phys. Nagoya U., <sup>5</sup>MPAE,  
<sup>3</sup>Dept. Phys. Tohoku U., <sup>6</sup>STEL Nagoya U.,  
<sup>7</sup>Dept. Earth and Planet. Sci., Tokyo Inst. Tech.,

On February 21 1994, GEOTAIL was in the upstream region of the earth's bow shock around (X, Y, Z)GSE=(-27, +61, -2) Re, where we observed a passage of a fairly strong interplanetary shock at 0903 UT. Several hour before the shock passage, gradual increases of the flux level were observed both for ions (>30 keV; HEP/LD, Fig. 1b) and electrons in all the observed energy ranges. (several tens of eV ~ 40 keV; LEP/EAE, Fig. 1c). These gradual changes were quite consistent with what we expect from the model of the 1st order Fermi acceleration process working around the shock front. One of the remarkable feature of this event is an absence of suprathermal ions in the upstream region of the shock front above the background level (<30 keV/q LEP/EAE before 0903 UT; Fig. 1a). We find that this absence is explicable by invoking the effect of the de Hoffman-Teller (dTH) frame transformation: Since the GEOTAIL 'ram' velocity toward the shock front is >~2000 km/s in the dTH frame, all thermal to suprathermal ions staying upstream of the shock front are boosted up to the energies >~ 30 keV in the GEOTAIL observers' frame.

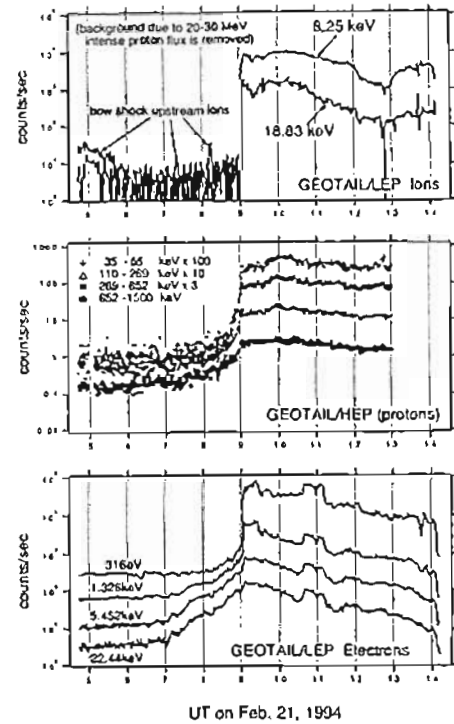


Fig. 1a (top): Counting rates of the suprathermal ions (LEP/EAE). Before 0903 UT, no interplanetary-shock related ions were observed in the energy range below ~30 keV/q. Ions observed before 0540 UT, around 0720 UT, and 0815 UT were those typically found in the bow shock upstream region.  
Fig. 1b (middle): Counting rates of the energetic protons of > 35 keV (HEP/LD).  
Fig. 1c (bottom): Counting rates of the suprathermal ~ energetic electrons (LEP/EAE).

C21-10P

MINIMUM ENTROPY / ENERGY PRODUCTION RATE  
PRINCIPLE IN THE WAVE-SHOCK SYSTEM

Tohru Hada

Department of Applied Physics, Faculty of Engineering  
Kyushu University at Ropponmatsu  
Ropponmatsu, Fukuoka 810 Japan  
e-mail: hada@rc.kyushu-u.ac.jp  
tel: 092-771-4161 ext.282; fax: 092-731-8745

The characterization of physical states by extremum properties is not only useful physically and mathematically, but also appealing from the viewpoint of fundamental understanding of the states. Many physical laws can be formulated as extremum principles.

Minimum entropy production rate principle, proposed by Onsager, Prigogine, and others, is known to characterize systems near thermodynamical equilibrium. For systems other than those, on the other hand, the principle appears to occupy a status intermediate between that of a conjecture and that of a deduction.

In this study we consider a system in which an MHD shock wave interacts with an upstream wave with infinitesimal amplitude. This system is ideal for exploring the applicability of the minimum entropy production and the minimum energy dissipation rate principles to the driven, nonlinear dynamical states. The exact energy dissipation and entropy production rates are calculated, and are compared with the production rates expected from the extremum principles.

M型地磁嵐を起こす太陽FLARE NESTの対称性

斎藤尚生(東北大・名大)・森洋介・松浦善博(宮城大)  
小塚洋央・小島正宜(名大・STEL)

ANTIPODAL NESTS OF SOLAR FLARES AS A CAUSE OF M-TYPE GEOMAGNETIC STORM

Takao SAITO<sup>1</sup>, Y. MORI<sup>1</sup>, Y. MATSUURA<sup>1</sup>, Y. KOZUKA<sup>1</sup> & M. KOJIMA<sup>1</sup>  
1. Taihaku-6-29, Taihaku-Ku, Sendai 982-02 (Tohoku Univ. Student & Em. Prof.)  
2. Miyagi Educational College, Sendai 980, J-STEL, Nagoya Univ., Toyokawa.

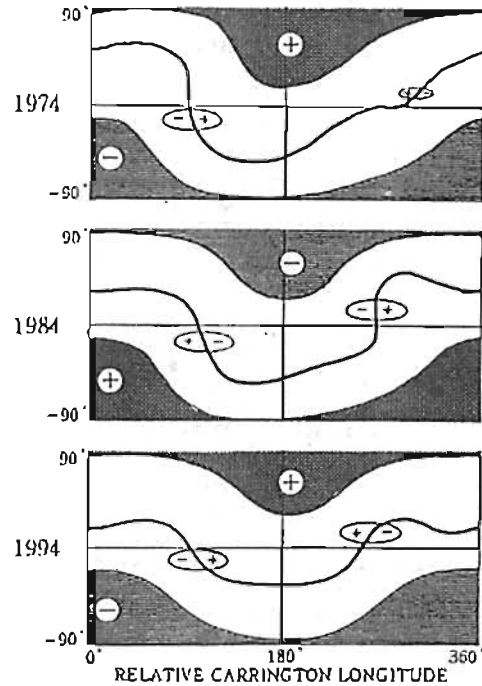
The so-called solar mysterious regions and geomagnetic mysterious disturbances were explained in terms of the triple-dipole model. Our analysis of various solar phenomena verified that the model is general, because a systematic distribution of these phenomena have appeared commonly in every sunspot declining-minimum phase.

結論 M型と呼ばれる周期的なMYSTERIOUS MAGNETIC STORMの原因は、3極モデルであることは知られている。しかしなぜM型嵐が太陽活動の極小期直前に発生するのかについては、3双極子MODEL以外には答が出されていない。本研究では太陽地球系電磁関係が、このMODEL通りに振る舞っていることを、最新のデータを使って実証する。

データ ようこう軟X線像、踏太陽面現象、地磁嵐C9指数

解析 極小期に近づくにつれてFLARE NESTが次第に1対の対称点に集中し、それに直交する別の対称点付近に顕著なコロナルホールが発達することが確かめられた。それらの関係を表す最近の1例を右図に掲げる。

結論 3双極子MODELによれば、太陽活動が衰えるにつれて、活動領域磁場と赤道双極子磁場が一致する対称点付近にFLAREの発生が限定され、従って1対のNESTを形成する。このNESTはGBRとして2個の光球面双極子で代表出来、もう1個の中心双極子磁場との合成で、顕著な対称性コロナルホールが形成され、それが顕著なM型地磁嵐を誘起する。過去においても太陽面現象は、極小期直前になると例外なしに図1に類似した配置になるので、3双極子MODELが太陽面現象を支配していることは、もはや間違いないと思われる。



Rotation of the Large-Scale Solar Magnetic Field and Its Influence on the Interplanetary Magnetic Field

\*Yukio Kozuka<sup>1</sup>, Masayoshi Kojima<sup>1</sup>, and Takao Saito<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University  
<sup>2</sup>Tohoku University

The interplanetary magnetic field (IMF) shows a characteristic recurrence polarity pattern during solar cycle. The recurrence period of the IMF polarity is usually about 27 days, while the period of about 28 to 29 days sometimes appears. Such a change of the period is caused by the evolution of the large-scale solar magnetic field. In this study, characteristics of the rotation of the large-scale solar magnetic field are investigated by using a spherical harmonic analysis. The result is compared with the recurrence pattern of the IMF polarity.

We used the photospheric magnetic field data measured by the Stanford magnetograph for sunspot cycle 21 and the data measured by the Kitt Peak magnetograph for cycle 22. Spherical expansions of the magnetic field data for each Carrington rotation number were carried out during the interval from 1976 to 1993. Carrington longitudes of the horizontal magnetic axes were calculated from spherical harmonic coefficients. Rotation periods of each harmonic component of the solar magnetic field were obtained from the change of the Carrington longitudes.

Figure 1 shows the long-term variation of the rotation periods of the horizontal dipole ( $n=1, m=1$ ) and the quadrupole ( $n=2, m=2$ ) components during the interval from 1976 to 1993. The IMF polarity expressed in 27-day recurrence pattern is also shown in the figure. The result of this analysis clearly shows that the rotation period of the horizontal dipole component is about 28 to 29 days in the rising phase and about

27 days in the declining phase for cycle 21, while the quadrupole component keeps a nearly constant rotation period of 27 to 28 days all over the cycle. On the other hand, the quadrupole component rather than the horizontal dipole shows a characteristic variation during cycle 22. The rotation period of the quadrupole component suddenly changes from about 28 days to 27 days near the sunspot maximum of cycle 22. The result suggests that the distribution of the solar magnetic field is expressed by a combination of the patterns with different m-number with their own rotation periods.

The IMF polarity shows a 28-day recurrence in the rising phase of both cycles and near the maximum of cycle 22. The changes of the recurrence period of the IMF polarity correspond to those of the rotation periods of the horizontal dipole and the quadrupole components. It is concluded that the rotations of these lower harmonic components of the solar magnetic field affect the variation of the recurrence period of the IMF.

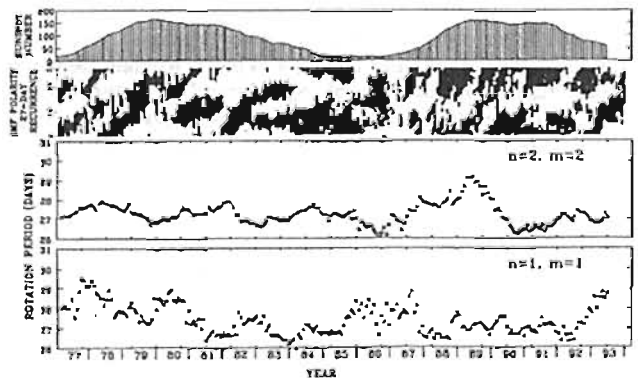


Figure 1

## C21-13P 太陽面活動域起源の惑星間空間磁場

中川 朋子 (東北工大)

### Interplanetary Magnetic Field Coming from Active Regions on the Sun

Tomoko Nakagawa (Tohoku Institute of Technology)

Interplanetary magnetic fields which originate from active regions on the Sun were investigated by using Sakigake solar wind data to see if they have special features that would reflect magnetic structures in the source regions. All the solar wind data obtained by Sakigake at 1 AU from the Sun during the period from January to July, 1993 were traced back to the Sun according to their solar wind speeds by assuming a simple model in which solar wind plasma was linearly accelerated within 3 solar radii. Ten cases out of 162 solar wind observations were mapped back onto one of NOAA active regions which appeared within 5 degrees in latitude. Many of them showed following features in magnetic field that are common with planar magnetic structures: highly variable magnetic field (4 cases), small component  $B_n$  of magnetic field in minimum variance direction (5 cases), large inclination of the magnetic field vectors to the ecliptic plane (6 cases), and magnetic field which was significantly out of Archimedean spiral direction (4 cases).

過去においては、太陽の活動域からは、その強い磁場のためプラズマが惑星間空間に引き出されることは無いと考えられてきた。しかし、近年「ようこう」軟X線画像で活動域から物体が放出される様子が捉えられ、また「平面状磁場構造」と名付けられた惑星間空間の非 Archimedean spiral 磁場構造が活動域に良く一致するなど、活動域の磁場及びプラズマが惑星間空間に引き出されていることを示唆する事象が報告されるようになってきた。

活動域の磁場が本当に 1 AU 近くまで引き出され得るのか、また、すべての活動域からプラズマが引き出され得るのかを知るためには、活動域から来た可能性のあるすべての惑星間空間磁場を調べ、活動域の磁場を反映するような特徴ある磁場構造を持っているかどうか調べる必要がある。

本研究では、「さきがけ」の観測した惑星間空間磁場を、同時観測された太陽風速度を使って太陽表面まで戻し、太陽面上の活動域に源があるものを集めてその磁場構造を調べた。解析期間は、太陽面が静穏で「さきがけ」観測の多かった1993年1-7月とした。1AUでの観測を太陽表面まで戻すにあたっては、1-3  $R_{sun}$  のうちに10km/sから1AUの値まで太陽風が加速されるという単純な速度モデルを仮定した。

これにより、太陽面上の源が低緯度(10度以内)のNOAA活動域に一致した太陽風は10例見つかったが、8例が「平面状磁場構造」と共通する次のような性質を示している。

- ・磁場変化が激しい (4例, 通常の太陽風では9%以下) ( $\Delta B$  の平均  $> 20nT$  。ただし $\Delta B$ は平均磁場からの差vector)
- ・磁場が平面的である (5例, 通常の太陽風では18%) (minimum variance analysisで求めた  $B_n$  が 0.3 B 以下)
- ・磁場の南北成分が大きい (6例, 通常の太陽風では16%) (黄道面からの角度 $\theta$ の絶対値の平均が 30 度以上)
- ・非 Archimedean spiral 磁場 (4例, 通常の太陽風では18%) (観測磁場の5割以上が spiral 方向より45度以上離れている)

一方、これらの性質を示さないものも2例あるため、すべての活動域から磁場とプラズマが引き出されているとは結論できない。

## C21-14

### 「ユリシーズ」で観測された回帰性低速太陽風の起源

渡辺 裕、小塚幸央、小島正宜 (名大STE研)

### Origin of Low-speed Solar Wind Observed with Ulysses

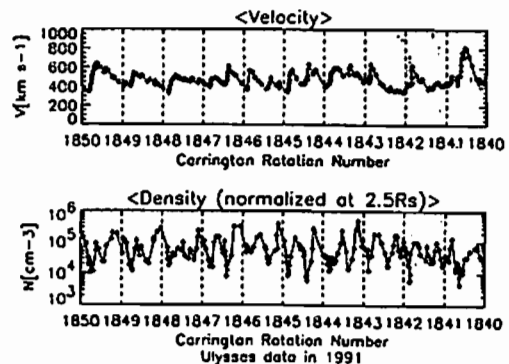
H. Watanabe, Y. Kozuka, and M. Kojima (STE Lab., Nagoya Univ.)

Since launch on October 6 in 1990, Ulysses had been observing a number of solar wind streamers near the ecliptic plane till February 1992 when it encountered Jupiter. Ulysses observed corotating high density streamers in the late 1991 at 4-5 AU. A comparison of the time variation of proton density and flow speed suggests that these high density regions were not caused by any transient phenomena such as CMEs, but by interaction between low and high speed streamers. We mapped all data back onto the source surface along an Archimedean spiral with an assumption of constant speed flow, and then found that the high density flows were emanated from around the Carrington longitude of 150 and 330 degrees on an equator. Magnetic neutral line on the source surface, which had quite stable structure during this period, pass through these regions. We can find giant active regions (GARs) at each regions on YOHKOH SXT images. It is possible that these GARs caused slow wind streamer in the interplanetary space.

惑星間空間における太陽風は、その物理的性質の相違により高速風、低速風に大別できる。高速風の起源については低緯度に張り出したコロナホールとの対応が一般に受け入れられているが、短命なものや、島状の小コロナホールとの詳細な対応については依然あきらかではない。同様な問題は低速太陽風についてもいえることである。低速太陽風は大局的にみて惑星間空間で低速風ベルトを形成しているものと思われるが、その源には何があるのか、さらには低速風ベルト内部における速度構造が太陽コロナのどのような構造と関係があるのか、といった問題を明らかにすることは、高速風と低速風の形成原因を考える上でも興味深い。

そこで我々は、「ユリシーズ」が日心距離4から5AU付近で観測した太陽風の速度、密度データをもとに、1991年後半に約半年間観測された回帰性低速太陽風の吹き出し領域(下図)と「ようこう」軟X線画像との比較をおこなった。その結果、この低速風の吹き出し経度は、ほぼ150度と330度付近にあり、同時期に太陽面上で発達した2つの安定した活動領域上空に一致することがわかった。

この高密度で低速な回帰性ストリーマーは「IMP8」、「さきがけ」衛星でも観測されており、太陽面上におけるtransientな現象や高速風-低速風間におけるinteractionによってひきおこされたものではないと思われる。今回同定された活動領域は頻繁にフレアを起こしており、その発達時期と回帰性低速風の観測された時期とが合致していることから、惑星間空間に大きな影響を与えた領域であったことが推察できる。



図：ユリシーズによって観測された太陽風の速度および密度を太陽風源流面上に引き戻したものの、1991年の後半期にあたる。横軸は Carrington 周期であり、時間は右から左へと流れる。

Comparison of IMF at Venus and Earth Orbits  
K. Marubashi (Communications Res)

Correlation between solar wind magnetic fields (IMF) at 0.72 AU and 1.0 AU has been examined by using the data sets from the Pioneer Venus orbiter and from Earth-orbiting spacecraft for selected intervals from December 1978 to May 1982. The long-term variations are found to be dominated by sector structures, mostly by two sectors, and exhibit good correlations between IMFs at Venus and Earth orbits. The cross-correlation coefficients are generally higher than the auto-correlation coefficients of IMFs observed at Venus and Earth orbits. On the other hand, short-term variations at Venus and Earth exhibit generally poor correlations. Good correlations are found for well-defined structures of both transient and corotating origins. The rather poor correlations in the background streams indicate that the solar wind magnetic fields are still changing between Venus and Earth under strong influence of solar wind dynamics. Figure is a plot of 24-hour average of Bx component indicating a persistent two-sector structure. The periods of recurrence in the two curves are different because the angular velocity of orbital motion of Venus is about  $0.6^\circ$ /day larger than that of Earth.

パイオニア・ヴィーナスで観測された太陽風磁場データと地球周辺の太陽風磁場を比較することにより、0.72 AUから1.0 AUまでの太陽風ダイナミクスの効果について考察する。データの期間としては、比較的連続したデータが得られ

ている1978年12月から、1982年5月までを選んだ。磁場の1日平均値で見た長期変化には、セクター構造が卓越している。金星軌道の磁場と地球軌道の磁場の相互相関は、それぞれの自己相関より高く、セクター構造がゆっくりと変化していることに対応している。1時間平均値で調べた1日から2日程度の短期変化については、金星軌道と地球軌道の相互相関は一般に高くはない。短期変化の高い相関は、よく発達した共回転性の相互作用領域や、太陽のtransientな現象に対応した構造で得られる。その他の背景となる太陽風領域での低い相関は、金星軌道から地球軌道の間でも、まだ太陽風のダイナミクスが磁場の変化に強く影響していることを示している。図は卓越したセクター構造を示す太陽風磁場のX成分のプロット例である。回帰の周期は、金星の軌道運動がちきゅうの軌道運動よりも速いために、1、2日違っている。

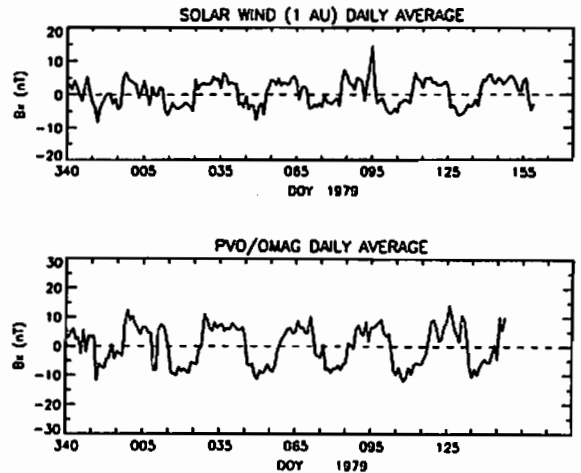


Fig. 1. Variations of 24-hour average of Bx component obtained near Earth (top) and near Venus (bottom).

C21-16 太陽圏外圍における3次元磁場構造の研究  
野澤 恵 (茨城大理)、鷲見治一 (湘南工大)

Studies of Three-Dimensional magnetic structure of the Outer Heliosphere  
Satoshi Nozawa and Haruichi Washimi

Three-dimensional MHD analysis of the outer heliosphere is discussed. It is shown in our previous study that the toroidal magnetic field in the heliosheath plays a dominant role when the solar rotation effect is taken into account. In our previous study, when the interstellar gas flow and interstellar magnetic field are perpendicular to the solar rotation axis, we find the polar-plasma flow channel and the equatorial disk-like density enhancement. In the present study, we will discuss the fine structures in the density and the magnetic field of the outer heliosphere about (1) the interstellar magnetic field direction is parallel to the interstellar gas flow, (2) the interstellar magnetic field direction is perpendicular to the interstellar gas flow and parallel to the solar rotation axis and (3) the interstellar magnetic field direction is perpendicular to the interstellar gas flow and the solar rotation axis.

太陽風プラズマと星間ガスの相互作用により太陽風外圍は複雑な立体構造を形成する。

我々は今までに太陽自転に伴う惑星間空間トロイダル磁場構造が外圍構造の形成に重要な役割を担っていることを明らかにしてきた。また磁場の立体構造を解析することは銀河宇宙線の太陽系への流入過程を研究するためにも必要不可欠なことである。惑星間空間トロイダル磁場は太陽風によって外圍へと運ばれる。終端衝撃波にて太陽風が急激に減少されるに伴いトロイダル磁場強度は強まり、このためヘリオシース(終端衝撃波とヘリオポーズとの間の領域)では磁気圧が働く。この領域のトロイダル磁場の分布は単に星間ガスの流れの影響だけでなく、星間磁場の方向や強度の影響を受ける。このため、流体モデルでは軸対称の比較的単純な外圍構造であったのに対し、我々の電磁流体モデルでは非軸対称な複雑な構造を示している。

3次元電磁流体シミュレーションにて、星間磁場の向きが(1)星間ガスに平行(2)星間ガスと垂直且つ太陽自転軸に平行(3)星間ガス及び太陽自転軸に垂直の場合の外圍磁場構造を詳しく解析する。

C21-17

惑星の衛星系へのTitius-Bode  
の法則適用の可能性  
高橋一郎・矢野直弘(岩手大)

APPLICABILITY OF TITIUS-BODE'S LAW TO  
SATELLITE'S SYSTEMS OF SOLAR PLANETS

HACHIRO TAKAHASHI and NAOHIRO YAHAGI  
Iwate University, Morioka, Japan

It is well-known that Titius-Bode's (T-B) law gives approximately distances between Sun and a planet around the sun except for Neptune and Pluto. However, its physical meaning and theory have not yet been postulated, because of unfitness of the law to Neptune and Pluto. Nevertheless a fact that T-B law is satisfied for all planets nearer to the sun than Neptune may be undeniable, telling us that T-B law must be true at least for planets up to Uranus in the light of such a fact. From such a point of view, here we present theoretically that T-B law is equivalent to a result from Newtonian mechanics and, besides, T-B law may keep in itself an applicability of it to satellite's systems of solar planets.

Treating this matter as two body problem, the following equation may be deduced from Newtonian mechanics:

$$a = \frac{G(M_s + M_p)}{c^2} \frac{c^2}{v_a^2}$$
$$= A_0 \beta_a^{-2}$$
$$A_0 = \frac{G M_s}{c^2}, \quad M_s \gg M_p, \quad \beta_a = \frac{v_a}{c} \quad (1)$$

where  $a$  is the mean distance of a planet from the sun,  $M_s$  the solar mass,  $M_p$  the mass of the planet,  $v_a$  the orbital velocity of the planet when passing through the major axis of its orbital ellipse,  $G$  and  $c$  the gravitational constant and light velocity in space respectively. It finds from simple calculation that T-B law is equivalent numerically to Eq.(1) for all planets up to Uranus from Mercury.

It may be concluded in the light of the above result that the satellite's systems of planets around the sun may also obey the similar equation to Eq.(1). The details of such an equation will be given in this study and discussed in comparison with the results obtained for planets around the sun.

C会場

10月19日(水) 午後

# 太陽風磁気圏相互作用

## Solar Wind-Magnetosphere Interaction

oral: C22-01~09

poster: C22-P79~P82

座長 南 繁行 (大阪市大)  
高橋主衛 (名大STE研)



## Influencing Factors on the Shape and Size of the Post-Terminator Magnetopause

° S. M. Petrinec and K. Takahashi  
Solar-Terrestrial Environment Laboratory  
Nagoya University

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

The influence of downtail distance, solar wind dynamic pressure, and the z-component of the IMF on the position and shape of the post-terminator magnetospheric boundary is examined. Magnetotail lobe pressure values (magnetic) are calculated from 360 orbits of ISEE-2 for which plasma data are available to determine when the spacecraft was in the lobe of the magnetotail. Calculations of the solar wind pressure components (dynamic, thermal, and magnetic) are made from simultaneous IMP-8 measurements. Flare angles of the magnetotail boundary are then calculated, utilizing the concept of perpendicular pressure balance between the magnetotail lobes and the solar wind. The flare angle of the magnetotail is found to increase for southward IMF, but changes for northward IMF are of much smaller magnitude, indicating that the magnetotail size only increases significantly for southward IMF. The flaring angle has been integrated to determine the average shape and size of the magnetotail, matching the boundary to the average dayside magnetopause shape at the terminator. The magnetotail shape and size is thus

determined as a function of the solar wind condition. This tail model is used to examine several sudden impulse events, and comparisons of the tail magnetic flux content are made for events which trigger substorms and for those that do not.

## Reconnection か Diffusion か

小口 高

## Reconnection or Diffusion

Takasi OGUTI

The magnetic field reconnection is not as clearly defined as the magnetic field diffusion. However, phenomenological difference between the reconnection and the diffusion appears to be such that a field line connection between the solar wind and the magnetosphere occurs only on the localized "reconnection line" if the reconnection is operative, whilst it occurs on the whole magnetopause if the diffusion is the major process. The increase in the penetration rate of the solar wind  $B_y$  component in the magnetosphere with increase in the  $-X$  distance suggests that the diffusion is the major process for opening the magnetospheric magnetic flux to the solar wind.

太陽風と磁気圏との相互作用における最も基本的な物理過程の一つとして太陽風の磁場と磁気圏の磁場との Reconnection が広く受け入れられている。しかし Reconnection が起こっていることの客観的な証拠は何一つ得られていない。Reconnection の証拠とされているものは全て状況証拠であって、それらはいずれも Diffusion で理解できるものである。

Magnetic Reynolds Numberの大小で明確に定義されるDiffusion と違って Reconnection の定義は必ずしも明かでない。しかし、一般に行われている議論から考えると、少なくとも現象論的には、太陽風と磁気圏との磁場（磁力線）の結合が、いわゆるReconnection Line で起こり、

それ以外の磁気圏境界面ではFrozen-in の条件が充たされて磁力線のつなぎ替えは起こらないという考えであることが推察される。一方、Diffusionでは、太陽風と磁気圏との磁場の接続は、二つの領域を分ける大きな境界面のどこでも起こっていると考えられる。この二つの考えの違いを認めるなら、磁気圏に浸透する太陽風の磁場の割合が、磁気圏の頭部から尾部に向かってどのように変化すべきかを見積ることによって、実際にはどちらが起こっているのかを結論できる。

もし、Reconnection によって磁場の接続が起こっているとすれば、太陽風の磁場の、磁気圏磁場に接続するfluxは Reconnection 領域だけで決まる。それ以後は太陽風の流れに乗って流れるだけである。従ってこの場合には、Alfvén波の伝播時間程度で内部のstressは解消され、平衡状態に達するはずである。すなわち、たとえば太陽風の  $B_y$  成分は10分程度、太陽風速度を500km/secとして、およそ50 $R_E$ で磁気圏の内部に浸透するはずであり、これ以後は、磁気圏に浸透する太陽風の  $B_y$  成分の割合は太陽風の  $B_y$  の一割程度の一定値に近づくはずである。

一方、もし磁気圏境界面全体でのDiffusion が磁場接続の主な過程であるとすれば、太陽風磁場の磁気圏への接続の割合は時間と共に増大するはずで、磁気圏内の  $B_y$  の値は  $-X$  の距離とともに次第に大きくなって、最終的に太陽風の  $B_y$  の値に近づくはずである。

実際には、太陽風磁場の磁気圏との結合の割合が距離  $X$  に対してどのように変わるのかは資料の割拠もあって詳しく調べられている訳ではないが、 $x = -20 \sim -33 R_E$  では磁気圏の内部の  $B_y$  は太陽風の  $B_y$  の13%程度 (Fairfield, 1979) であり、 $X = -210 R_E$  では内部の  $B_y$  は太陽風の  $B_y$  とほぼ等しくなって (Nishida et al, 1994)、主な磁場の結合の過程はDiffusionで考える方がずっと実際に近い。いまままで論じて来たように、Magnetosheath における磁場の乱れを考えれば局所的な Reconnection よりDiffusion が主な過程であるという結論はきわめて自然である。

C22-03 太陽風磁場の磁気圏内侵入

松浦 延夫  
(名古屋大学太陽地球環境研究所)

Intrusion of the IMF into the Magnetosphere

Nobuo Matsuura  
(Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University)

Major factor controlling the solar wind-magnetosphere interaction is the ion kinetic pressure of the solar wind. On the other hand, electrons in the solar wind contribute with their thermal pressure to a small amount increase in the solar wind pressure against the earth's magnetic field pressure. It is pointed out here that magnetization current around magnetopause arising from spatial gradient in magnetic moment of the solar wind electrons should be taken into consideration. The magnetization current around magnetopause yields magnetic field inside the magnetosphere with the direction parallel to the IMF and with magnitude depending on  $\beta$  value of the solar wind electrons.

太陽風・磁気圏相互作用において、太陽風イオンの運動圧力が最も重要な要素であり、電子の熱的圧力はイオンの運動圧力にわずかの付加的効果を与える。太陽風電子が保有する磁気モーメントの効果を検討する必要があることを、ここでは指摘したい。

太陽風電子の単位体積当りの磁気モーメントMは、次式で与えられる。

$$M = - (n/B) \cdot (mv^2 / 2B) \quad B = - (p/B^2) B, \dots (1)$$

ここで、 $n$ は電子数密度、 $m$ は電子質量、 $B$ 及び $B$ はIMFの絶対値及びベクトル、 $v$ 及び $p$ は電子の熱速度及び熱的圧力のIMFに垂直な成分である。電子の熱的圧力は、イオンの場合と異なり、太陽風速に比べて、大きいから、磁場に凍結していると考えられるので、 $n/B$ は一定、また、個々の電子の磁気モーメントは一定であるから、 $M = -MB$ と表わすことができる。ただし、 $M = (p/B^2)$

である。ここで、凍結条件から $B \rightarrow 0$ のときは $n \rightarrow 0$ および $mv^2 \rightarrow 0$ と考える。磁気圏境界域では、内部に向かうに従って $n \rightarrow 0$ となるので、磁気モーメントの空間勾配が生じ、次のMaxwellの式で表わされる磁化電流が生じる。

$$\nabla \times H = J + \nabla \times M + dD/dt, \dots (2)$$

太陽風-磁気圏相互作用に、上式を当てはめると、 $J$ は主にイオンによるChapman-Ferraro電流であり、右辺第2項は磁化電流である。磁化電流の方向は、IMFに依存し、磁化電流が磁気圏内部につくる磁場は、IMFの方向となり、その大きさは、(2)式の積分から、太陽風における、電子プラズマの $\beta$ 値に比例する。

このようなメカニズムによるIMFの磁気圏への侵入は、磁気圏の形のIMF  $B_z$ 依存、カスプ位置のIMF依存、磁気圏尾部のシート電流の傾きのIMF  $B_y$ 依存、IMF  $B_z$ の北転とオーバルの極側への広がり等の観測結果を説明するのに、都合がよい。

C22-04 Field-aligned current and plasma for northward IMF

°M. NAKAGAWA, T. IJIMA

Graduate School of Science, The University of Tokyo

Precipitating plasma regimes comprise inner plasma sheet (IPS)(pile up of hot ions  $\approx 5-10\text{keV}$ ) encircling the magnetic pole at equatorward side, and boundary plasma regime (BPR)(ions  $\approx 3-7\text{keV}$ ) that develops poleward of IPS and across the polar cap, up to magnetic pole. We found no signature of intrusion (or bifurcation) of IPS into the polar cap. Accelerated electrons appear occasionally in the void space of BPR at very high latitudes. By using locally morroring energetic electrons ( $>30\text{keV}$ , PA  $90^\circ$ ), we confirmed that IPS is on closed magnetic field lines and BPR is on open magnetic field lines. Corresponding to BPR on open magnetic field lines, energetic isotropic protons ( $\approx 30-80\text{keV}$ ,  $j(90^\circ) \sim j(0^\circ)$ ) occur mostly on the dayside. This is indicative of that window through which magnetosheath energetic particles directly enter ex-

ists on the dayside and is very wide in latitude. These magnetosheath energetic particles were originally magnetospherically trapped particles and leaked out the magnetosheath. Region 1 and NBZ (poleward of Region 1) field-aligned currents also occur on dayside open magnetic field lines corresponding to BPR. While on the nightside, energetic isotropic protons exist on closed magnetic field lines corresponding to IPS. This demands the distinctive processes that cause current sheet acceleration, isotropization and pile up of hot ions on nightside closed magnetic field lines. Plasma convection that regulates characteristics of particles and currents is suggested to include the so-called lobe-cell (e.g. just rearrangement of open magnetic flux) mostly on the dayside, along with the reclosure-cell on the nightside.

磁気嵐初相の地磁気変化の南北非対称性について

湯元 清文、松岡 均、塩川 和夫、田中 義人 (名大STE研)、  
210°地磁気観測グループ

North-South Asymmetry of Magnetic Variations  
during the initial phase of Magnetic Storms

K. Yumoto, H. Matsuoka, K. Shiokawa, Y. Tanaka (STE Lab., Nagoya Univ.) and 210° MM Magnetic Observation Group

In order to investigate the dynamical features of the solar wind - magnetosphere interactions during the STEP (1990-1997), STEL/Nagoya Univ. is conducting coordinated magnetic observations along the 210° magnetic meridian from high latitudes, through middle and low latitudes, to the equatorial region, in cooperation with 27 institutes in Japan, Australia, USA, Papua New Guinea, Indonesia, Russia, Philippine, and Taiwan. Using the magnetic field data we have found that magnetic field variation during the initial phase of magnetic storms exhibits north-south asymmetries. These asymmetries cannot be explained by using the magnetopause surface current model for a symmetric solar wind flow. We will present the observations and possible interpretation of the observations.

STEP 国際協同事業期間に、太陽風中の様々な変動に対して地球磁気圏がどの様に応答するかを解明することを目的のひとつとして、環太平洋域の27 研究機関と共同した 210°磁気子午線沿いの 25 観測点で地磁気変化の同時観測、研究を実施している。

本講演では、210°多点観測網で検出された磁気嵐の初相時の地磁気変化の大きな南北非対称性の原因について議論する。これまでSC および初相の磁場増加は、太陽風プラズマ雲が地球磁場におよぼせることに

よって磁気圏境界面に流れる DCF 電流系の変化によって主に説明されていた。

最近の SC 性の磁気嵐に伴うグローバルな地磁気変化の観測データを解析した結果、SC 及び初相磁場変化の振幅比が4 倍にもなる南北非対称性が存在していることが明らかになった(図1 参照)。この様な大きな非対称性は、従来の太陽風が子午面内にあり、かつ赤道面に並行である磁気圏境界層の表面電流モデルでは説明できない。この非対称性を説明できる可能性のあるものとして、以下のモデルが考えられる。赤道面非対称な太陽風に伴う (1) 磁気圏境界層の DCF 電流系、(2) 極冠電場や (3) 極域電離層の電気伝導度の非対称性の原因などが上げられる。講演では、観測データの解析結果とこれらのモデルの可能性について定量的な検討の発表を行う。

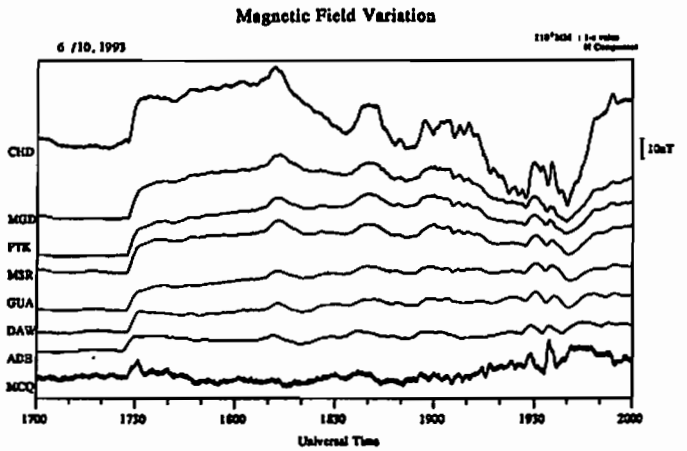


図1. 210°多点観測網で観測されたSC の例。

磁気嵐の統計的性質

横山 信博、上出 洋介 (名古屋大学太陽地球環境研究所)

A Statistical Study of Geomagnetic Storms

N. Yokoyama and Y. Kamide (STE Laboratory, Nagoya University)

We conducted a superposed epoch analysis of geomagnetic storms using *Dst* and *AE* indices as well as solar wind parameters. The purpose of this study is to find out the statistical characteristics of storms.

For the period from 1983 to 1991, we identified 294 storms. In these samples, the number of intense storms where  $Dst \leq -100$  nT is 44, the number of medium storms where  $-100 \leq Dst \leq -50$  nT is 113, and the number of the other weak storms is 137.

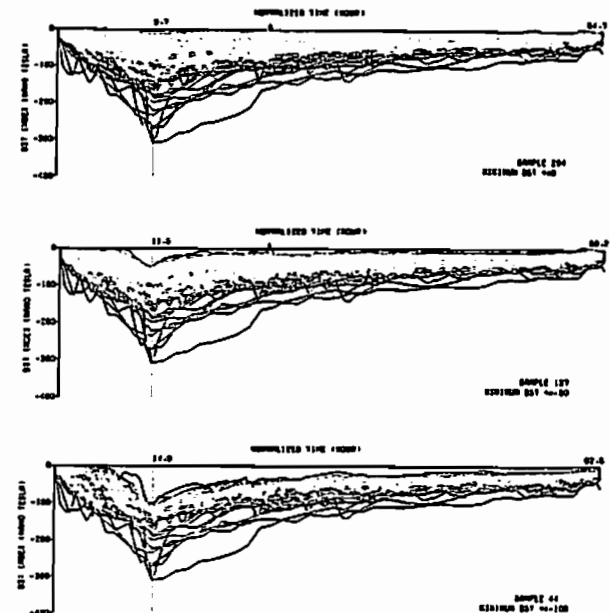
It is found that more intense storms have longer time scales from the normalized time shown in three right figures. This implies that the injection rate of plasma particles from the magnetotail is independent of the storm intensity.

磁気嵐の特性を理解するために、1983 年から 1991 年までの *Dst* 指数の変動を用いて重ね合わせ解析を行った。磁気嵐の期間の決定方法として、*Dst* 指数が0 以下になった所を始まりとし、極小値の10 分の1 まで回復した所を終わりとした。重ね合わせに際しては、時間を始まりの時刻から *Dst* 指数が極小値を取る時刻までと、極小値の時刻から終わりの時刻までの二つに分け、それぞれの時間を、抽出したサンプルの時間の平均値で規格化した。

磁気嵐のサンプルは合計で 294 である。そのうち *Dst* 指数が-100 nT 以下になる大磁気嵐が 44、-100 nT から-50 nT までの中程度のものが 113、それ以上の小さな磁気嵐が 137 であった。図は上から、全ての磁気嵐の重ね合わせ、-50 nT 以下のもの、-100 nT 以下の大きなものについての結果である。横軸は規格化時間、縦軸は *Dst* 指数である。

この図からわかることは、大きな磁気嵐を含むにしたがって、極小値までの規格化時間と終わりまでの規格化時間の両方が長くなっていることである。すなわち、大きな磁気嵐ほど時間スケールが大きい。このことは、赤道環電流の形成時に、磁気圏尾部よりなされるプラズマ粒子の注入がほぼ一定であると考えれば予想されることである。

本研究では、この重ね合わせ解析を太陽風の諸パラメータ、*AL* 指数についても行い、*Dst* 指数の変動と比較しながら磁気嵐の特性を明らかにすることを目的としている。



Diurnal Variation of Geomagnetic Activity

M. Sakai and K. Maezawa

(Department of Physics, Nagoya Univ.)

Analysis is made of the diurnal variation of geomagnetic activity (as represented by the am index) to investigate the existence of contributions from the McIntosh effect. On the basis of 20 years' data from 1966 to 1985, we confirm that the diurnal variation has a phase consistent with the McIntosh effect. This supports the view that the McIntosh effect is a significant contributor to geomagnetic activity.

地磁気活動度が半年変化をしていることは明らかになっているが、同様のメカニズムで日変化もしているということに関しては、いまだ決着がつかない。地球のダイポール軸と Sun-Earth Line のなす角  $\gamma$  の変化によって地磁気活動度は半年変化をする。これを McIntosh Effect という。この McIntosh Effect によると、地磁気活動度は春分、秋分では 1040 UT と 2240 UT の二度最大になり、夏至では 0440 UT、冬至では 1640 UT に最大になるべきである。解析には地磁気活動度 am インデックスを用い、解析期間は 1966-1985 年とした。データは 1.5 ヶ月平均をとっている。その期間の実際の日変化の様子を図 1 に示す。夏至、冬至では予想される日変化の phase とよく一致している。秋分ではあまり顕著ではない

が、春分では 2nd harmonics がよく見えていてこれも McIntosh Effect から期待されることと一致している。図 2 には日変化の 1st harmonics の phase を示した。2nd harmonics の影響の強い春分、秋分近傍以外は、McIntosh Effect から予想される日変化の phase とかなりよく合っている。

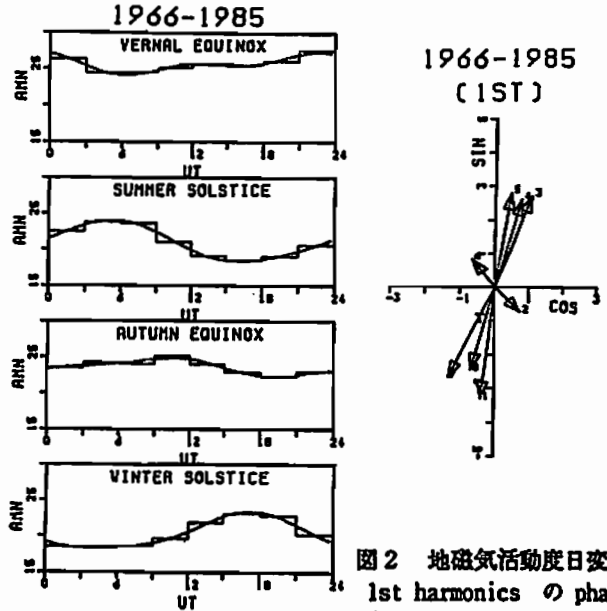


図 1 地磁気活動度日変化

図 2 地磁気活動度日変化の 1st harmonics の phase (2:春分、4:夏至、6:秋分、8:冬至)

・中井 仁 (茨木高校) 上出洋介 (STE研)

H. Nakai, Ibaraki High School, Ibaraki, Osaka

Y. Kamide, S.T.E. Labor., Nagoya Univ., Toyokawa

An attempt is made to modify Tsyganenko's [1987] model to represent the magnetic fields in the near-Earth magnetotail before and after the expansion phase of substorms. The model is modified to fit to the typical magnetic field values at four reference points; two in the neutral sheet region and the other two in the tail lobe. It is predicted that the radial gradient of the current intensity becomes steeper at  $X \approx -13 R_E$  during the expansion phase of substorms, resulting in the decrease (increase) of the current intensity in the region  $X < -13 R_E$  ( $X > -13 R_E$ ).

サブストーム発生時に磁気中性面電流分布がどのように変化するかは、サブストーム発生の機構を研究する上で極めて重要な意味を持つ。Nakai and Kamide [1994a] は  $X = -18 R_E$  のローブ領域の磁界の変化をモデル計算することによって、孤立した中規模のサブストームの成長相の終期(実線)と爆発相の終期(破線)の間で、図 1 に示すような磁気中性面電流の変化があると予想した。図は、爆発相で近地球磁気圏尾で電流が増強され、 $X < -13 R_E$  の磁気圏尾中間部で減少することを示している。Nakai and Kamide [1994b] は、このモデルが同時に、近地球磁気圏尾でサブストーム発生に伴って起こる磁界の双極子化を説明しうることを、観測結果と比較することによって論じた。

本研究では、Tsyganenko model [1987] を用いて Nakai and Kamide [1994] と同じ結果を得ることができると確かめた。T87model には多くの非線形変数と 4 つの線形変数が含まれている。

線形変数のうちの 1 つは ring current の、他の 3 つは cross-tail current の強さをそれぞれ規定する変数である。これらの線形変数を、最近の観測結果をもとにして以下のようにして求める。まず真夜中の子午面内で互いに離れた 4 点 [(X, Z) = (-8.5, 0), (-11.5, 0), (-11.5, 5), および (-18.5, 9.0)  $R_E$ ] を選び、各点における爆発相前後の磁界の X 又は Z 成分の典型的な値を観測結果を参考にして割り出す。そうして得られた条件を満たす磁気圏モデルのための線形変数を、4 元 1 次連立方程式を解くことによって得る。非線形変数については適当と思われる値を仮定する。

図 2 は、得られた磁気圏モデルから計算した磁気中性面電流の分布である。実線が爆発相直前、破線が爆発相直後の電流をそれぞれ示し、Nakai and Kamide [1994a] の結果と同様の特徴を備えている。また、点線は  $B_z$  の変化の半分が磁気中性面電流以外の原因(例えば拾磁力線電流の変化)によってもたらされると仮定した場合の結果で、破線が示す分布と本質的な違いは見いだせない。

Nakai, H., and Y. Kamide, A model of the large-scale distribution of the neutral sheet current and its substorm-associated changes, *J. Geophys. Res.*, 99, 2365, 1994a.

Nakai, H., and Y. Kamide, Magnetic field changes at the neutral sheet associated with substorm expansion onset: A model prediction and observations, *J. Geophys. Res.* submitted, 1994b.

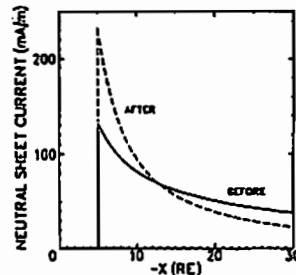


図 1

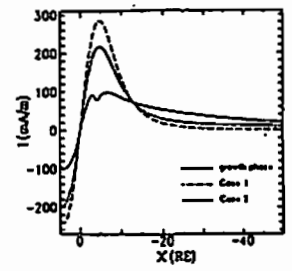


図 2

Interstellar Matter Effects on the Auroral Activities  
S. Minami, S. Miono, Y. Suzuki (Osaka City Univ.)  
Abstract: It is presented that the earth's magnetospheric activities are controlled by a long term variation of the density of the interstellar matter. It is shown that the intruded interstellar matter could become fast neutrals evaporated by the sun penetrating into the earth's magnetosphere.

地球をふくむ太陽系自体がこれまで度々銀河衝撃波に遭遇し、時には10の6乗/cをこえる高密度の星間雲の中を相対速度20 km/sで通過したことが氷河期の起源とも関係して指摘されている[たとえばMcCru, 1975]。また過去数億年の間にしばしば大量の宇宙塵が地球に落下した時期があったこと[Miono, 1993]。現在の1個/c以下の星間物質密度のもとでは、星間ダストやガスが太陽磁気圏に侵入できない[Parker, 1964]。しかし、密度が高くなると、つぎのようなシナリオによって中性ガス流が発生し、地球磁気圏ひいてはオーロラ活動が高まることを示す。

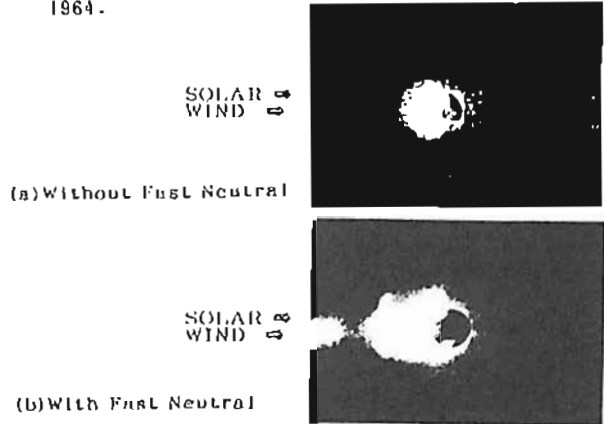
星間ダスト/中性ガス → 太陽圏への侵入 → 太陽近傍での蒸発

→ 高速度中性ガスビームの発生 → 地球磁気圏への侵入

このシナリオの状況証拠としてつぎのものを提示する。  
(1) 過去数億年間での宇宙塵の激しい降下の事実  
(2) 銀河の高密度領域の存在  
(3) 室内実験による太陽磁気圏 [Minami, 1994a, b] による中性ガスの侵入で太陽圏のヘリオポーズがこわれること。  
(4) 室内実験による地球磁気圏では中性ガスビームによって第1図のようにマグネトポーズがこわれる。  
(5) 11-12世紀に特別オーロラ活動が活発であった。この時期は太陽活動度だけでなく星間物質の侵入があった可能性がある。 [Miono et al., 1992]。

McCru, W. H., Ice age and The Galaxy, Nature, 255, 805, 1975.

Minami, S., Effects of the local interstellar medium magnetic field on the structure of the heliosphere: A laboratory simulation, Geophys. Res., Lett., 21, 81, 1994.  
Minami, S., Effects of the interstellar neutral wind for the structure of the heliosphere, Noise and Chaos in Space and in the Laboratory, Plenum Pub. Inc., in press, 1994.  
Miono, S. et al., An interaction of historical records of aurorae and heliosphere in China during the 11th and 12th Centuries AD.: Possible indications of accretion of interstellar medium? Proc. NIPR Symp/ Int. Meteoroides, 5, 327, 1992.  
Miono, S. et al., Origin of microspherules in Paleozoic-Mesozoic, Physics Res., B75, 435, 1993.  
Parker, E. H., The penetration of interplanetary dust grains by the solar wind, Ap/ J., 139, 951, 1964.



第1図は中性ガスビームが太陽風とともにくると、地球磁気圏がこわれ、磁気圏活動が活発になることを示している。

Dst index, Ap index を考慮に入れた地磁気静穏日の判定についての一考察

渡辺優子, 亀井豊永 (京大理)

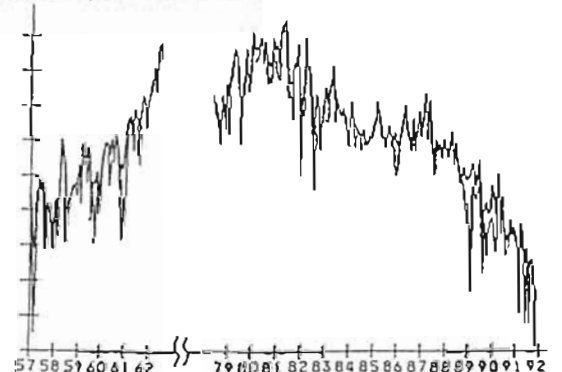
A Study on Geomagnetic Quiet Days  
Taking into Account of Dst Index and Ap Index  
Y. Watanabe, T. Kamei  
(Faculty of Science, Kyoto University)

Current geomagnetic quiet days selected by Kp index are at the rate of 5 days a month. Because of this rate, 5 quiet days are not necessarily quiet. So we use Dst index and Ap index as criteria for selecting out of 5 quiet days and show Dst index may allow us to use as a good criterion. Our result shows that the yearly average values in some stations can be improved by as much as 10nT by applying this criterion of Dst index during geomagnetic disturbed periods.

現在、地磁気静穏日として用いられているのは、JAGAの発表する1ヶ月に5日のQuiet days (以下、5Qdaysと略す。)である。このQuiet daysはKp indexを用いて決定されている。しかし、1月に5日を選ぶ方法では、月によって選ばれた日のQuietの程度が異なってしまう。5Qdaysの磁場の月平均値のグラフを描くと、全体の傾向にくらべて値が著しく遠うため、グラフの上でスパイク状になる月がかなり見られる。これは、擾乱の影響を大きく含んだ、Quietとみなしてはいけない日が5Qdaysのなかに含まれているためと思われる。5Qdaysの中には、1st Quiet dayでDst indexの日平均値が-50nT以下である日も含まれている。そこで擾乱の影響を小さく

するために、5QdaysにさらにAp index及びDst indexの閾値をもうけ、これらのindexの日平均値が限界からはずれる日を除外してみた。するとグラフ上でスパイク状になる月が減るので、この方法で擾乱の影響を小さくできると思われる。Dstの閾値を-5,-10,-15として試してみたが、データ数を少なくしすぎないようにするためには、閾値を-15にとるのが適当だと思われる。Dst stationsを含む11のstationで、1957年以降の磁場3成分データについて、5QdaysからAp>10,または、Dst<-15の日を除き、その前後での年平均値を求めると、磁場が荒れている時期には10nT近い年平均値の改善がみられる。この結果は、永年変化の推定や、永年変化と関連している事項に応用できるものと思われる。

図1 極間の磁場H成分の月平均値グラフ。細い線がDst<-15の日を除く前、太い線が除いた後のものである。横軸の1目盛りは1年、縦軸の1目盛りは10nTに当たる。



平行衝撃波の再形成に関する  
計算機シミュレーション

○島津浩哲, 町田忍 (京大・理), 田中基彦 (核融合研)

Simulation Study on Re-formations  
of Collisionless Parallel Shocks

H. Shimazu<sup>1</sup>, S. Machida<sup>1</sup>, and M. Tanaka<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Department of Geophysics, Kyoto University, Japan

<sup>2</sup> National Institute for Fusion Science, Japan

A computer simulation of the interaction between the solar wind and the planetary ionospheric plasma is carried out by using the one-dimensional macro-scale particle code. Clear boundaries corresponding to a collisionless parallel shock and an ionopause are formed.

The right-hand polarized electromagnetic waves are generated by the interaction between the solar wind and leakage ions from the ionosphere. The solar wind ions are trapped magnetically by the waves and decelerated in the wave region, while the electrons are heated. The density increases in this region in accordance with the deceleration of the solar wind. The growth and steepening of these waves develop into the shock.

Temporal re-formations of the parallel shock are also obtained. After the magnetic trapping time  $\tau_{trap} = 2\pi(kv_{trapped} \omega_{ci} b / B_0)^{-1/2} \sim 16/\omega_{ci}$ , the growth of the waves saturates, and the trapped particles, waves and shock are blown to the downstream by the incoming fresh solar wind. Therefore, the shock front is once destroyed apparently.

The re-formation cycle obtained in our simulation is  $\tau_{reform} \sim 30/\omega_{ci}$ . This time scale is equal to the crossing time of the solar wind across the shock region. After the trapped particles are blown to the downstream, the interaction between the leakage ions and the fresh solar wind generates the right-hand polarized waves, and the growth and steepening

of these waves develop into the shock again. Thus, the shock front is re-formed.

The ionopause is not diffused so much and maintained steadily. The leakage ions clearly separate from the ionospheric ions at the ionopause. Although the leakage ions are originally diffused thermally from the ionosphere, the number of the leakage ions oscillates around constant value with a period of  $\tau_{reform}$ , and is maintained nearly constant. The number of the leakage ions always tends to increase owing to the thermal diffusion. However, when the shock collapses, the leakage ions are also blown to the downstream. The number of the thermally diffused ions and that of the blown-down ions almost balance.

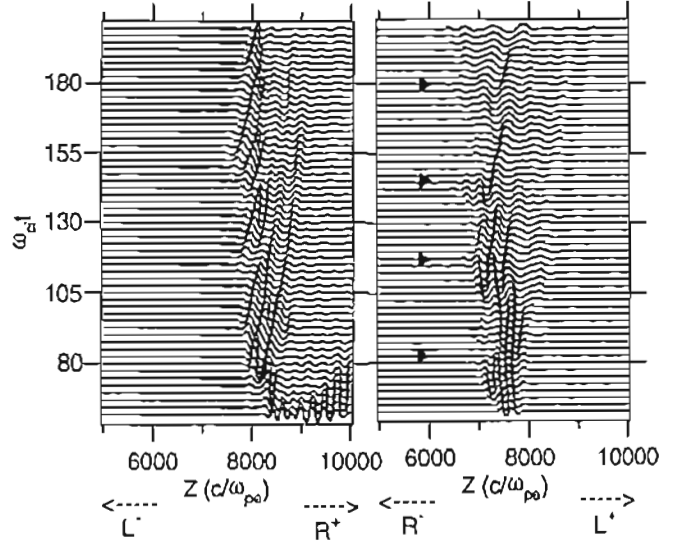


Figure: Time stacked profiles of the wave magnetic field decomposed according to the helicity of the waves.

A Case Study of Transient Event Motion in the  
Magnetosphere and in the Ionosphere

G. I. Korotova  
Izmiran, Troitsk, Russia

○ D. G. Sibeck  
The Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory  
U. S. A.

K. Takahashi  
Solar-Terrestrial Environment Laboratory  
Nagoya University

We present a case study of the magnetospheric and ionospheric response to a series of quasi-periodic (7-8 min) solar wind dynamic pressure and interplanetary magnetic field (IMF) strength variations generated at the bow shock. During a period of duskward and antisunward IMF orientation, the magnetospheric and ionospheric observations indicate transient events moving downward and duskward away from a point of origin at or after local noon. In contrast, during a subsequent period of dawnward and antisunward IMF orientation, the observations indicate events moving downward and duskward away from a point of origin near 0900 LT. We consider explanations in terms of pressure pulse driven ripples on the magnetopause or directly driven bursts of antiparallel merging. Finally, we note that the quasi-periodic solar wind variations drove widespread oscillations with similar periods in high-latitude ground magnetograms and initiated resonant oscillations with lesser periods at stations on closed field lines.



## Spotting FTEs: An Interactive Poster

° D. G. Sibeck

The Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory  
U.S.A.

K. Takahashi

Solar-Terrestrial Environment Laboratory  
Nagoya University

Magnetometers in the vicinity of the dayside magnetopause commonly observe transient (~1 min) variations in the magnetic field strength and orientation. According to the original definition, those events marked by isolated bipolar magnetic field signatures normal to the nominal magnetopause, a magnetic field strength increase, and a rotation of the magnetic field away from magnetospheric and magnetosheath orientation can be identified as flux transfer events (FTEs). Such events were found to occur predominantly for southward IMF orientations [Berchem and Russell, 1984], leading to an interpretation in terms of patchy, sporadic magnetic merging on the dayside magnetopause. Other studies dropped the requirements for isolated signatures, magnetic field strength increases, bipolar signatures normal to the magnetopause, and rotations away from the magnetosheath and magnetospheric magnetic field orientations, but still obtained results indicating that the events tend to occur for a southward interplanetary/magnetosheath magnetic field orientation [e.g., Rijnbeek et al., 1984; Southwood et al., 1986]. Studies which retained the requirement for magnetic field strength increases and bipolar signatures normal to the magnetopause failed to

demonstrate that events with periods greater than 1.5 min tend to occur during intervals of southward IMF orientation [e.g., Kawano et al., 1992; Borodkova et al., 1994]. In this poster, we review proposed identification criteria, offer the viewer an opportunity to examine the original IRM data for him or herself, compare his or her efforts with those of previously reported studies, and independently determine event occurrence patterns.

C会場

10月19日(水) 午後

# SL9 彗星の木星衝突

## Collision of Comet Shoemaker-Levy 9 with Jupiter

oral: C22-10~15

poster: C22-P83~P85

座長 近藤哲朗 (通総研)  
三澤浩昭 (名大STE研)

Shoemaker-Levy 第9彗星衝突時の木星面の光学観測

林 真智<sup>1</sup>、田口 真<sup>1</sup>、高橋幸弘<sup>1</sup>、長妻 努<sup>1</sup>、山中 元<sup>1</sup>、黒須 潔<sup>2</sup>

1. 東北大学 理学部、 2. 仙台市 天文台

Optical Observation of Jovian Disk During Collisions of Comet Shoemaker-Levy 9

M.Hayashi<sup>1</sup>, M.Taguchi<sup>1</sup>, Y.Takahashi<sup>1</sup>, T.Nagatsuma<sup>1</sup>, H.Yamanaka<sup>1</sup>, K.Cross<sup>2</sup>

1. Faculty of Science, Tohoku University 2. Sendai Astronomical Observatory

Optical observations of collisions of comet Shoemaker-Levy 9 with Jupiter were made with a Schmidt-Cassegrain telescope of 280 mm diameter and a cooled CCD camera from July 15 through 21, 1994 at Mt.Zao. Images of the Jovian disk were taken at five different wavelengths of 890nm (methane band), 750nm (continuum), 734nm (emission line of OH), 712nm (continuum) and 557.7nm (emission line of oxygen). Dark spots due to the collisions were observed at background continuum of 750 nm, however, no significant change was seen in the other wavelengths.

1994年7月17日から22日にかけて Shoemaker-Levy 第9彗星が木星に衝突した。我々はこの時木星大気に起こる変化を観測するために、可視光および近赤外光による木星面の撮像を行った。観測は、7月15日から21日にかけて、主に山形県上山市蔵王連峰西斜面の坊平(標高1010m, 38°07'08"N, 140°23'57"E)において行った。観測に使用した望遠鏡は口径280mm、F10のシュミット・カセグレン式望遠鏡で、検出器は100万画素の高感度冷却CCDカメラを用いた。CCDカメラの直前に5種類の干渉フィルターのいずれかを入れるこ

とによって、単色の木星面像を露出時間0.5-2秒で撮像可能である。観測結果は以下の通りである。

- 890nm (メタン吸収帯)、750nm (バックグラウンド連続光) : 衝突する彗星本体が供給するH<sub>2</sub>Oと、彗星の爆発によって木星の下層大気から巻き上げられるH<sub>2</sub>Oとによって、木星大気の上層部に水(もしくは氷)の雲が発生することが予想された。この上層の雲によって反射された太陽光は木星大気中のメタンによる吸収が少なくなるため、メタン吸収帯で見ると明るく見えるものと期待されていた。しかし残念ながら、日本からの観測条件が最も良かった7月19日のK核の衝突の瞬間は天候が悪く観測出来なかった。天候が回復した衝突1.5時間後にメタン吸収帯では目立った増光は見られなかったが、750nmの像には衝突地点に暗い斑点が見られた。図1は20日に750nmで観測された木星面像で、南半球に2個の暗い斑点が見える。
- 734nm (OH: 8-3バンド)、557.7nm (OI)、712nm (バックグラウンド連続光) : 彗星起源のOHおよびOが木星の上層大気に供給され、衝突地点ではOHおよびOの輝線が発光することが予想された。しかし、どちらの輝線でも顕著な増光は観測されなかった。

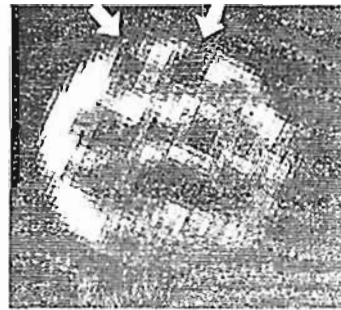


図1. 1994年7月20日20時44分、750nm光透過フィルターを通して撮像した木星像。図の上が南にあたる。南半球に見られる暗い部分はL核(左)とG核(中央)の衝突痕である。

C22-11 S-L9彗星の木星磁気圏通過及び衝突にかかわる木星デカメータ電波の極端増大

大冢 寛、森岡 昭、坂島雅夫、小野高幸、村尾 一 (東北大学理学部)

Extreme Enhancements of Jovian Decameter Wave Radiation During Jovian Magnetosphere Passage and Jupiter Crashing of S-L9 Comet

H. Oya, A. Morioka, M. Iijima, T. Ono, and H. Mumo (Tohoku University)

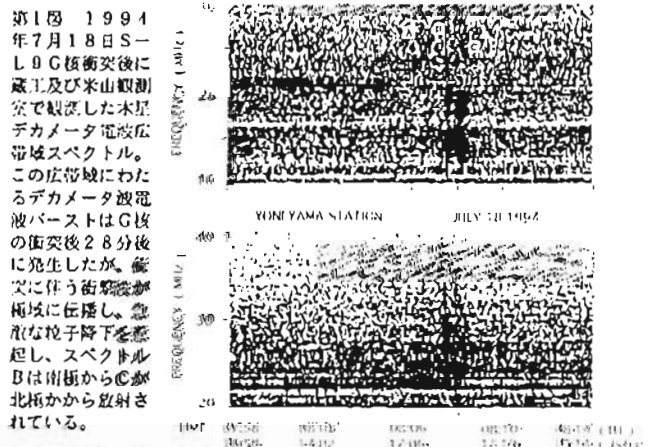
ABSTRACT

Observation results of Shoemaker-Levy 9 comets passage through the Jovian decameter wave radiations had taken place after the entering of the train of fragments of the comets into the Jovian magnetosphere. The total emission power increased to the level approximately 100 times larger than the regular maximum of the emissions due to the Io satellite effects. Remarkable enhancements of Jovian decameter wave radiations had also been observed after the impact of G1 fragment; the results show that the emissions were caused by arrival of shock waves in Jovian polar regions. The high level emissions of the Jovian decameter wave radiations have continued even after the crashes of the all prominent fragments. It is inferred that a large volume of plasma have been loaded into the Jovian magnetosphere being associated with the passages of the cometary fragments through the Jovian magnetosphere being surrounded by the plasma cloud.

要旨 1994年7月16日(UT)-22日(UT)にかけて起こったS-L9彗星の木星衝突にかかわり、木星デカメータ電波放射の極端増大があった。すでに7月11日彗星核群が木星磁気圏に突入した際に発生し、7月22日にすべての核群の衝突が終了した後も長期にわたり増大した状態が続いている。また衝突に直接関係する電波放射は、G核の衝突に伴って木星大気中を伝播する衝撃波の発生とその伝播に伴って増強が発生する、増大した木星デカメータ電波放射が特徴的であった。

観測 東北大学・木星電波観測では川渡、蔵王、阿武隈、米山の四観測点を持ち、i) 2周波数干渉計、ii) 広帯域スペクトル(20MHz帯域中)観測、iii) 21.85MHz帯域観測、及びiv) 四周波数ラジオメーター(19.98, 21.86, 23.88及び24.32MHz)をもって、観測を継続してきた。今回S-L9彗星の木星衝突に際してはそれらの全装置が稼働した。観測は一部ラジオメーターを7月10日から稼働しているが、7月14日から干渉計、7月16日から全装置群が動作に入った。

結果及び検討 木星デカメータ電波の増大は、そのレベルが約1桁上昇し、そして瞬時の周波数帯域幅が10倍(10MHz)に拡大し、電波源の電力は3x10<sup>11</sup>~10<sup>12</sup> Wattにも達するものとなった。これは通常の状態としてイオ衛星が自転する木星磁気圏と相互作用して起こす電力の最大値2x10<sup>11</sup> Wattの100倍に達するものである。さらにこの間の木星デカメータ電波増大の特徴は通常のIo A, B及びCやNo n Io A, Cといった電波源の存在を完全に超越して、常に南北両極から放射されていること、そしてこれが従来のA, B電波源と重複するときに地球で最大の電波強度となって観測されることが判明した。これらの現象は、彗星核が分裂後、表面から比較的活発な蒸発を起こし、濃厚なプラズマに包まれて木星磁気圏に突入し、木星磁気圏の回転する磁気圏との間で大きな発電現象を惹起したことによる。すなわち回転する磁気圏へのMass Loadingもあった。木星の大気に衝突したG核は明確な衝撃波を発生させた。これが磁気圏に到着したとき、周波数帯域の広い強いデカメータ電波が放射された。この規模はやはりIo衛星によって惹起される電力に対し10<sup>2</sup>のオーダーをもっていた。木星デカメータ電波の増大は全てのFragmentsが衝突し終わった後も長時間にわたって非常に強い状態が続いているこの現象は磁気圏に捕捉された多量のプラズマがすべて拡散しきるまで継続すると予想される。



第1図 1994年7月18日S-L9 G核衝突後に蔵王及び米山観測所で観測した木星デカメータ電波広帯域スペクトル。この広帯域にわたるデカメータ電波バーストはG核の衝突後2.8分後に発生したが、衝突に伴う衝撃波が極域に伝播し、急激な粒子降下を惹起し、スペクトルBは南極からCが北極から放射されている。

Acknowledgements: 本観測には東北大学理学部・中野誠教授が参加して実施された。その努力に感謝する次第である。

### X-RAY OBSERVATION OF THE JOVIAN IMPACTS OF COMET SHOEMAKER-LEVY9

K. Terada(1), H. Negoro(2), K. Hayashida(2), S. Kitamoto(2),  
H. Tsunemi(2), H. Oya(3), T. Ono(3), A. Morioka(4),  
Y. Tawara(5), T. Mukai(6), M. Hoshino(6), and T. Terasawa(7)

- (1) Dept. of Earth & Planetary Sci., Hiroshima University  
(2) Dept. of Earth & Space Sci., Osaka University  
(3) Dept. of astronomy & Geophysics, Tohoku University  
(4) Upper Atmos. & Space Sci. Laboratory, Tohoku University  
(5) Dept. of Physics, Nagoya University  
(6) Institute of Space and Astronautical Science  
(7) Dept. of Earth & Planetary Physics, University of Tokyo

An ASCA observation of the Jovian impact of the comet Shoemaker-Levy 9 is reported. Three impacts of H, L and R were observed and two impacts of B and G were observed within 60 min after their impacts. No significant flaring of X-ray emission was observed. Upper limit X-ray fluxes of 90 % confidence level, averaged 5 minutes just after the impacts, were  $3.7 \times 10^{-13}$  erg sec $^{-1}$  cm $^{-2}$ ,  $4.2 \times 10^{-13}$  erg sec $^{-1}$  cm $^{-2}$  and  $2.2 \times 10^{-13}$  erg sec $^{-1}$  cm $^{-2}$  for the impacts of H, L and R, respectively, in the energy range between 0.5 and 10 keV. However, a hint of X-ray enhancement around Jupiter from July 17 to July 19 was detected with about  $2 \sim 6 \times 10^{-14}$  erg sec $^{-1}$  cm $^{-2}$  in the energy range between 0.5 and 10 keV (Figure 1 and 2).

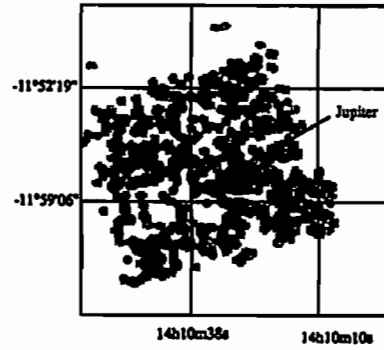


Figure 1 A X-ray image around Jupiter region accumulated on July 17.

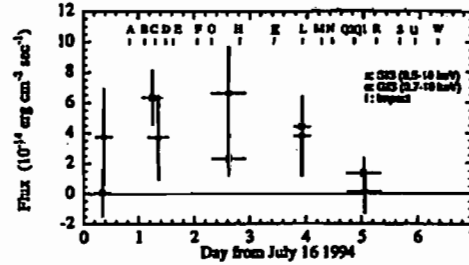


Figure 2 One day averaged light curve by the SIS and GIS, in the energy range from 0.5 to 10 keV. The photons in 3 arcmin diameter around the Jovian position are accumulated and an estimated background has been subtracted

### OBSERVATIONS OF JOVIAN DECA-METRIC RADIATION IN THE SL9 IMPACT PERIOD

Koiti Maeda  
Hyogo College of Medicine

Noritaka Tokimasa and Takehiko Kuroda  
Nishi-Harima Astronomical Observatory

We made observations of Jovian decametric radiation at Nishi-Harima Astronomical Observatory during the Shoemaker-Levy 9 comet (SL9) impact period. For reliable identification of Jovian emission we made observations with a phase-switched interferometer, a polarimeter, and two radiometers. In addition, the dynamic spectrum observations were also made in the frequency range 16-38 MHz. The nominal observation time for each day was from 0600 to 1300 UT (1500-2200 JST). The observing frequencies were often changed to avoid man-made interference. Typical observing frequencies of the polarimeter and interferometer were 21.87, 21.9, 22.0, and 22.2 MHz, and those of the radiometers were 21.87, 21.9, 23.3, 24.0, 24.4, 25.0, 25.3, 25.5 MHz.

Jupiter-like radio emissions were detected in the following two periods.

#### 1. July 17, 0750-0840 UT

This radio noise storm occurred in the Io-B region of the CML-Io phase plane. All the radio bursts in this storm were polarized in the right-hand circular sense. Two arc-like drifting structures were seen in the dynamic spectrum record. The characteristics of this storm are not much different from those of the normal Io-B storm. It is not clear whether there was any effect of the SL9 impact on this noise storm.

#### 2. July 18, 0657-0707 UT

This radio noise storm occurred in the non-Io-A region of the CML-Io phase plane. The radiation was polarized in the left-hand circular sense, differing from the normal non-Io-A emission. This radio storm was also observed by the Comet-Impact Team of Beijing Astronomical Observatory just during the same period.

This radio storm took place about 40 min prior to the impact time of fragment G of SL9. There is some possibility that the radio storm was excited by the fragment G of SL9. One of the possibilities is that fragment G excited the decametric radiation by crossing the magnetic field lines connected to the Jovian (maybe southern) polar regions. A further analysis will be required to confirm the observational result, and to discuss the possible interaction between fragment G and Jovian magnetic field.

SL 9 木星衝突時の木星電波観測結果

近藤哲朗 (通信総研鹿島)、磯辺 武 (通信総研平磯)

HIRAS' Observations of Jupiter During the SL9-Jupiter Collision

Tetsuro KONDO and Takeshi ISOBE (Communications Research Laboratory)

Daily observations of Jovian radio emissions at frequencies from 25 MHz to 2500 MHz using the HIRAS (Hiraiso Radio Spectrograph) were carried out during the period of the comet Shoemaker-Levy 9 (SL9) and Jupiter collision (July 17-22, 1994). We had a chance to observe 8 impacts of the fragments (C, D, G, K, N, R, V and W). No emission has been observed associated with an impact within the HIRAS' detection sensitivities.

1. はじめに

シューメーカー・レービー第9彗星 (SL9) の木星衝突時に通信総研平磯宇宙環境センターの広帯域太陽電波観測装置 (HIRAS) を使用して木星電波放射観測を実施した。1994年7月17日から22日まで毎日木星が見えている間観測を行った。観測時間内に8個の核衝突 (C, D, G, K, N, R, V, W) があつたがHIRASの検出感度以上の電波放射現象は観測されなかつた。

2. 観測

HIRAS (図1) (1) を使用し25-2500MHzの周波数範囲でダイナミックスペクトル観測を行った。時間分解能は約3秒である。HIRASは受信周波数帯域の異なる3本のアンテナ (表1) から構成された太陽電波観測専用システムであるが運用ソフトウェアの改修を行い、木星が地平線より上にある時間は自動的に木星を観測できるようにした。7月17日から22日まで木星観測を行った。観測は毎日の木星の出 (正午JSTころ) から木星の没 (午後11時ころ) まで自動的にデータ収集を行ったが、19日からは太陽電波現象と区別するために70-500MHz受信用アンテナは日中太陽を受信した。各アンテナからの信号はスペクトルアナライザで受信される。スペクトルアナライザからのデジタル出力は計算機に取り込まれた後合成されダイナミックスペクトルとして表示されるが、その基地上からの混信の除去、周波数軸方向への圧縮、アンテナ間相互のレベル合わせ等が行われる。

3. 結果

7月17日から22日までの間で平磯からは8個の核衝突が観測可能 (木星が観

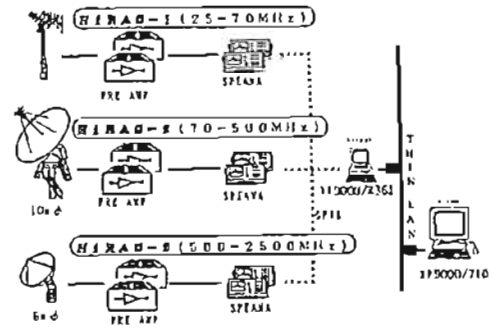


図1. HIRAS (広帯域太陽電波観測装置)

表1. 観測周波数とアンテナ

Table with 2 columns: 周波数帯域 (Frequency Band) and アンテナ (Antenna). Rows include 25-70 MHz (直交ログペリアンテナ), 70-500 MHz (10mφパラボラ), and 500-2500 MHz (6mφパラボラ).

測できる時間帯)であつた。17日と18日は空電が多く観測条件は良くなかつた。直接衝突に伴うと思われる電波放射 (少なくともHIRASの検出感度を越える放射) はHIRASの観測時間帯のデータには受信されていなかった。またデシメータ波帯で国外から報告されている衝突期間中のフラックスの増加についてはHIRASの感度不足 (そもそも太陽電波受信を目的としたシステムであり木星のシンクロトロン放射自体を受信できる感度が低い) によりフラックス変動を議論するための観測データは得られていない。

参考文献

- (1)近藤、磯辺、猪木、巨、図丸「平磯の新太陽電波観測システム」、通信総研季報、Vol. 40, No. 1, pp. 85-102, 1994.

C22-15 GEOTAIL/SFAによる Shoemaker-Levy 彗星・木星衝突時のキロメートル電波サーベイ

安羽 康正<sup>1</sup>、小島 浩嗣<sup>1</sup>、松本 桂<sup>1</sup>、須波 隆<sup>1</sup>、小泉 純子<sup>1</sup>、長野 勇<sup>2</sup>、岡本 弘毅<sup>3</sup>、村田 健史<sup>1</sup>、横田 宏昭<sup>1</sup>、三宅 壮助<sup>1</sup>、堀山 昭子<sup>1</sup>

(1)京大超電高層電波研究センター (2)金沢大工 (3)東京電機大工

Kilometer Radiation Survey by GEOTAIL/SFA in the Period of Shoemaker-Levy 9 and Jupiter Impact

Yasumasa Kasaba<sup>1</sup>, Hirotsugu Kojima<sup>1</sup>, Hiroshi Matsumoto<sup>1</sup>, Satoshi Chikuba<sup>1</sup>, Junko Koizumi<sup>1</sup>, Isamu Nagano<sup>2</sup>, Kozi Hashimoto<sup>3</sup>, Takeshi Murata<sup>1</sup>, Hiroaki Hamada<sup>1</sup>, Taketoshi Miyake<sup>1</sup>, Satoko Horiyama<sup>1</sup>

(1)Radio Atmospheric Science Center, Kyoto Univ. (2)Univ. of Kanazawa (3)Tokyo Denki Univ.

In the period of Shoemaker-Levy 9 and Jupiter impact, we made the kilometer radiation survey by GEOTAIL/SFA.

GEOTAIL/SFA has the detection ability of very weak radio emission from 5.62Hz to 800kHz. Plasma frequency in solar wind is over 20kHz around Earth, and bright AKR emission came from Earth in 100-500kHz in this period, so we made the survey in the frequency range of 30-100kHz, 500-800kHz. But we could not detect the enhancement of Jovian radiation below 800kHz.

If SL9 comet had plenty of ionized gas, charged particle had been injected to Jovian magnetosphere and radio waves may be enhanced in this period. SL9 may have small amount of ionized gas. It is not contradict to observation in other frequency.

At the same time, we executed the kilometer radiation 'all sky survey'. It is now on analysis. We will also report about this result.

我々は、1994年7月17日~22日のShoemaker-Levy 9彗星・木星の衝突時にあつて、GEOTAIL/SFA(Sweep Frequency Analyzer)を用いて木星など遠方電波源のキロメートル電波サーベイを行なつた。現在までの解析では、この周波数帯での木星電波の増大は確認していない。

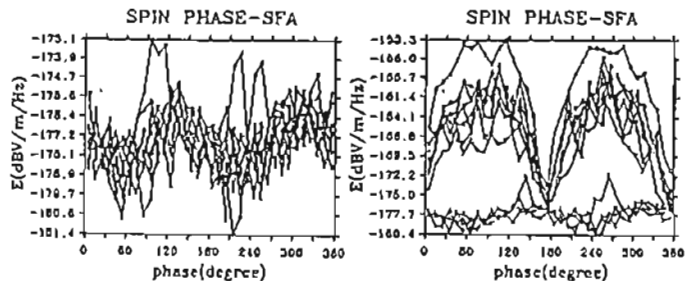
SFAは、5.62Hzから800kHzにわたる周波数の微弱電波を検出可能であり、その検出限界は10-800kHzで約1・10<sup>-9</sup>(V/m/Hz<sup>1/2</sup>) = -180(dB)である。地球近傍での太陽風のプラズマ周波数は約20kHzで、これより低周波の電磁波は地球まで伝播で

きない。また、100kHzから500kHzにかけては地球からのAKR(auroral kilometric radiation)が非常に強く、微弱な電波は分離しにくい。そのため、サーベイは主に30-100kHzと500-800kHzの電波を対象に行なつた。

今回の観測時にあつて、GEOTAILはPlasma Sheetに近い磁気圏尾域内に位置し、解析した周波数域においてAKR以外の地球電波に由来する電波は十分解かであつた。また、木星は地球のdawn側にあつて太陽との角度は約90度であり、木星方向の電波は太陽・地球方向の電波と到来方向により識別は容易であつた。しかし、これまでの解析では、800kHz以下の周波数における木星方向からの到来電波の増大は確認されていない(図1)。Ulyssesにおいても同様の結果が得られている(c.f. Baalke(1994), private communication).

SL9と木星の衝突によるキロメートル電波の励起機構として、彗星前面のionized shockによるプラズマ波動の励起や荷電粒子の運動による電流励起などが考えられていた(c.f. Geophya. Res. Lett. 21, 11(1994))。他長波長での観測により、SL9彗星はガスがあまり伴わないという指摘があり、この場合は木星磁気圏に対する荷電粒子の供給が少なくキロメートル波の励起は起こりにくいため、本観測と矛盾しない。なお、今後しばらくGEOTAIL/SFAによる木星キロメートル波の監視を継続する予定である。

同時に行なつたキロメートル電波による遠方電波源サーベイの結果は解析中である。本学会では、この結果も併せて報告する予定である。



(a)1994年7月19日 14h-15h(UT)

(b)1994年7月21日 13h-14h(UT)

図1 SFAによる600-800kHz帯電波のアンテナ方向-電場強度相関図(6分間平均)。太陽は0度方向、地球もほぼ同じ方向、木星は約90度方向に位置する。(b)における強い到来電波は、地球からのAKRである。

三澤 浩昭, 渡辺 祐, 丸山一夫 (名大STE研)

Did the approach and crash of the comet Shoemaker-Levy 9 to Jupiter bring any effects to the amount of high energy electrons in the Jovian magnetosphere?

H. Misawa, H. Watanabe, and K. Maruyama (STE Lab., Nagoya Univ.)

We made a series of observations for Jovian decimetric radiations (DIM) to investigate effects of the approach and crash of the comet Shoemaker-Levy 9 to Jupiter on the amount of high energy electrons in the Jovian magnetosphere. The observations had been made since early July for about a month using a 327 MHz radio-telescope of STE Lab. Absolute radio fluxes of the DIM were derived by comparison of the flux level of a known radio source (1424-118(B1950)). The analysis indicate that there had been no particular systematic change in the DIM fluxes between before and after the crash. The result suggests that dusts and/or high energy particles which were expected to be supplied by the comet itself and the crash were not so much as to change the total amount of high energy electrons.

1. 序: Shoemaker-Levy 9 彗星の木星への衝突は、光学領域の観測によれば木星大気には大きな痕跡を残し、その影響が衝突前の一般的な予想を越えた大きなものであった事が報告されている。では、この彗星による木星への接近や衝突は、木星磁気圏にどのような影響を及ぼしたであろうか。50 MHz 付近から数 GHz のデシメートル帯の木星電波 (DIM) は、木星磁気圏の高エネルギー電子のシンクロトロン放射により発生する事が知られている。STE 研では彗星衝突の前後にわたりこの DIM の強度変化を測定する事で、彗星の木星への接近・衝突から予想されるダストの分散、高エネルギー電子の供給等による木星磁気圏への影響を測定する事を試みた。本講演では、その観測の概要及び結果を報告する。

2. 観測概要: DIM 観測には、名大 STE 研木曾観測施設の 327 MHz 電波望遠鏡 (開口面積 2000 m^2, 最小検出感度 0.7 Jy (=Watt/m^2/Hz)

(fBW=10 MHz, tau\_c=0.1 sec) を使用した。本装置は通常、電波星の惑星間空間シンチレーション現象 (IPS) の観測に供されており、IPS のような短時間内の電波強度変動の計測には適しているものの、現時点では今回のような計測に必要な長期間の利得・システム温度等の安定性は保証されていない。そこで本観測では、電波強度既知の天体 (1424-118(B1950)) と木星とをほぼ同時に観測し、この天体の信号をシステムに対する校正信号として用いる事で DIM 強度の計測を行った。観測は、彗星の木星衝突前の 1994 年 7 月上旬に開始され、衝突期間を挟んでほぼ毎日、約一か月にわたり行われた。尚、観測に用いられた望遠鏡は機械的に子午面内のみ可動であるため、観測は木星の南中時刻付近で行われた。

3. 結果: Fig.1 に DIM の日々の強度変化を示す。Fig.1 より、強度は 4~6 Jy で変動を示すものの、衝突前後で系統的な変化は特に示さない事がわかる。強度変化を生じさせる衝突以外の原因としては、1) 木星自転に伴う周期的な強度変動 (約 10%)、2) 校正困難な利得・システム温度の時間変動等による見掛けの強度変動等、があるが、これらは強度のばらつきを生むものの、強度の一方的な増加や減少を生じさせない。従って、DIM に系統的な強度変化が見られない事は事実であり、彗星の木星への接近・衝突により、木星磁気圏中の高エネルギー電子量に大きな変化は特に生じなかった事が結論される。

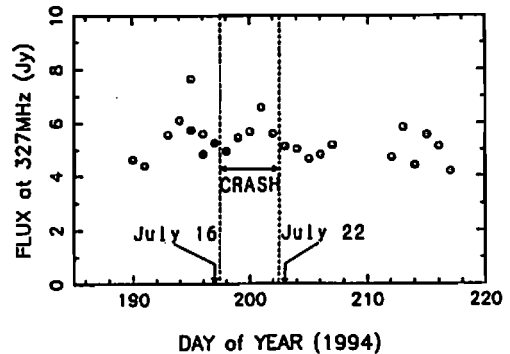


Fig.1 Daily Jovian DIM flux at 327 MHz during Jul.10 - Aug.5.

村尾一, 大家寛, 森岡昭, 小野高幸, 飯島豊英 (東北大学理学部)

Observation of Jovian Decimeter Wave Emission in the period of the Collision of Comet Shoemaker-Levy 9 to Jupiter with Radio Interferometer Network System

H. Murao, E. Oya, A. Morioka, T. Ono and H. Iizima (Tohoku University)

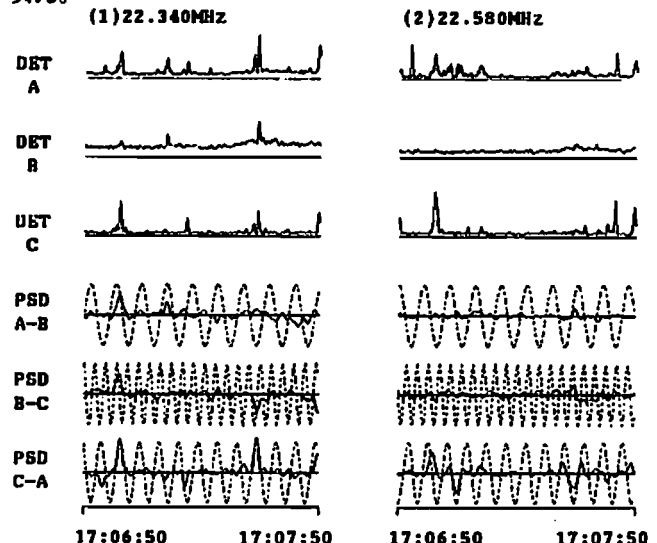
ABSTRACT

The collisions of the fragments of Comet Shoemaker Levy 9 with Jupiter have been observed in decimeter wavelength using two frequencies radio interferometer system which had been already established at Tohoku University. Intense decimeter wave emissions from Jupiter had been observed during period from July 14 during period long after the last collision of the fragment SL-9. Intense radio emissions have also been observed about 30 minute after the collision of Fragment-G. It is concluded that the emissions were emitted from Jupiter.

序 1994年7月のSL-9彗星の木星衝突に関連し、木星デカメータ帯の電波放射が、衝突に増大する可能性が予想されていた。そのため、東北大学のデカメータ波干渉計を用いて観測がおこなわれた。干渉計はポイント周波数観測のため、通信等の混入の影響を大きく受ける場合もあったが、その影響を分離し、木星電波放射の同定がおこなわれた。通常の電波帯を超越して、木星磁気圏を通過する際に生じる南北両極からの極めて強い放射が確認された。また、G核衝突の約30分後に発生した電波放射 (大家他発表 [第1図] 参照) では、干渉計においても良好なデータが取得されている。

観測 干渉計観測は、宮城県、福島県にまたがる4観測点 (川波、蔵王、米山、阿武隈) からなり、45kmから115km基線長をもつ。また、1台の受信機の観測周波数を、各地で同期した5Hzの早さで切替える事により、4地点2周波数 (22.34 GHz及び22.580MHz) 干渉計として動作させる事が出来る。観測は7月14日より3地点2周波数で開始され、7月17日から7月31日までは阿武隈を含む4地点2周波数で、さらにその後は、3地点単周波数で観測を継続している。

G核衝突後の電波放射に関わる結果 1994年7月18日、17時6分から17時10分 (日本標準時) の強度と干渉計の観測データ、及び参考のため干渉計が木星をトラッキングした場合のフリッジの計算値を第1図に示す (この時間は、阿武隈欠測となっている)。観測結果は、計算値からずれもあるが、木星の計算値と同期が一致しており、電波が木星に超電を持つ事を示唆している。計算値からのずれは、電波強度変動と地球の電離層通過の影響が重畳した結果であると考えられる。



[第1図] 1994年7月18日 17:6:50から17:7:50 (JST) の干渉計のデータとフリッジに計算値。上から順に川波 (A)、蔵王 (B)、米山 (C) の強度データ、A-B、B-C、C-Aの干渉波形、木星フリッジの計算値を示す。(1)、(2)はそれぞれ、22.340 MHz、22.580 MHzのデータである。

Acknowledgement: 本観測には中嶋実技官が参加し実施された。諸努力に感謝致します。



村上 利幸、大家 寛、森岡 昭、小野 高幸、飯島 雅英  
(東北大学理学部)

Generation of Especial S-bursts  
related to the Magnetosphere  
Passages of Fragments of  
Shoemaker-Levy 9 Comet  
T. Murakami, H. Oya, A. Morioka, T. Ono, M. Iizima  
(Tohoku University)

ABSTRACT

In the periods of the fragments of S-L9 comet collisions with Jupiter, extremely large enhancement of Jovian decameter wave had taken place. There were also extremely large and frequent enhancements of short duration emission like S-burst before impact of the fragments. These extreme enhancement of emissions were caused by the dust-plasma interaction with Jovian magnetic field which made current systems with Jovian polar region ionosphere.

座 Shoemaker-Levy 9 彗星は木星デカメータ電波放射を非常に増大させ、従来定規されている電波源の配置を超越し南北両極からのデカメータ放射を惹起した。この増大したデカメータ放射には通常にもみられる L パーストと S パーストがあるが、今回彗星核が木星プラズマ圏に突入した時、極めて激しい S パースト群を生じた。これは通常イオ関連の S パーストと根本的に異なる様相を示し、多数の塵がプラズマをともなって落下してくる事に対応している。

観測システム 今回、1994年7月16日(UT) - 22日(UT)にかけて起こった S-L 9 彗星の木星衝突について、宮城県米山町にある東北大学木星電波観測室において、図1に示す装置を用いて7月16日以後、木星電波の観測を行った。この装置では、直行した2面の Log Periodic アンテナによって受信された木星電波を広帯域のまま右旋偏波、左旋偏波に分離し、1/60 Hz で切り替えながら交互に、2 MHz の帯域幅で VTR に記録している。解析においては高時間分解能スペクトル解析装置によってスペクトル解析した後、A/D 変換を行い計算機上でダイナミックスペクトルを得ている。高時間分解能スペクトル解析装置は、2 msec という高時間分解能でスペクトルを得ることが可能であるため、S パーストのようなタイムスケールの短い現象を捉えることが出来る。結果 7月17日の C 及び D 核衝突の前について集中的に解析した。その結果、激しい時には約 2 sec 間隔で極めて強い S パースト性電波が継続した。これは彗星核の周辺をとりまく塵がプラズマをともなって大群をなしてプラズマ圏に突入する時、木星極域電離層との間での電流系を形成し、木星デカメータ電波を増大させたものと考えられる。

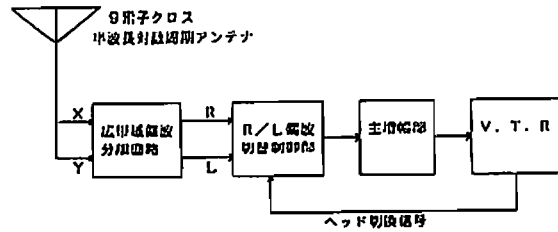


図 1 観測システム

Acknowledgement S-L 9 彗星衝突キャンペーンでは、東北大学理学部 中嶋 実技官には多大の御協力を得た。その努力に感謝いたします。

C会場

10月21日(金) 午前

# 大気圏化学・放射

## Atmospheric Chemistry & Radiation

oral: C41-01~14

poster: C41-P08~P30

座長 岡野章一 (東北大理)  
北 和之 (東大理)

○ 榎成 朗, 岩坂 泰信, 柴田 隆, 小笠原 昭, 酒井 哲, 足立 宏  
名古屋大学 太陽地球環境研究所

Distribution of humidity and aerosol on the troposphere in spring

S. A. Kwon, Y. Iwaszaka, T. Shibata, T. Ojio, T. Sakai, H. Adachi  
(STEL, Nagoya University)

humidity and wind direction, wind speed on the Tropospheric was measured with Lidar and with Rawinsonde. Wind direction and wind speed are important environmental parameter in humid variation which stand on inhomogeneous and homogeneous state.

1. はじめに

春期に見られるエアロソル層は偏西風によるアジア大陸起源の物質の長距離輸送の特性を考えるのに有用である。輸送途中の物質が、経路や環境によって変質することは多くの研究者の関心を集めている。前回の報告では1992年のライダー観測によって1年間のエアロソル層と、湿度分布、4月の湿度の高度分布変化と黄砂現象の関係について考察した。今回は、1994年4月の名古屋のランマンライダーと浜松の気象台で観測されたデータから湿度と風向、風速の関係について調査した結果を報告する。

2. 観測及び解析

1994年4月の愛知県名古屋市 (35° 09' N, 136° 58' E) におけるランマンライダーの観測のデータ (11日間) と、浜松でのRawinsondデータを基に考察した。検討した事項は、

- 一 ランマンライダーによる湿度分布とRawinsondによる湿度分布の比較。
- 一 両者の差と風向及び風速の関係 (名古屋と浜松間の風向は北西風 (315

°) を主風向に仮定)

一 湿度分布とエアロソル分布の関係、である。

3. 結果と問題点

図1は、ランマンライダーで観測された湿度とゾンデデータによる湿度の高度分布を比べたものである (細線: ライダ、太線: ゾンデ)、二つの湿度分布の形は大略は似ている。11日と24日の結果は比較的良く一致している。両者の差の原因は観測場所の差または風向、風速の影響やライダーとゾンデ観測の誤差等であろう。両地点の湿度差と風向、あるいは風速間について回帰分析すると、浜松と名古屋の湿度差 = 0.614 × 風速 (R2=0.39)、浜松と名古屋の湿度差 = 0.572 × 風向 (R2=0.127) が得られ風向より風速の相関性が高い、4月の湿度分布をまとめると表1のようになり、分布の非一様性と風速の関係が予想される。このような水蒸気密度の非一様性とエアロソルの変質との関係について今後考察を深めたい。

表1. 名古屋と浜松間の水蒸気密度の差

水蒸気分布状態	風速	湿度関係	エアロソルの変質
不均一	$V < 0$ $V > 0$ $V > 0$	$N_a < N_b$ , $N_a < N_b$ $N_a < N_b$ , $N_a < N_b$ , $N_a < N_b$ $N_a < N_b$ , $N_a < N_b$ , $N_a < N_b$	L, H, R, C で発生.
均一	$V < 0$ $V > 0$ $V > 0$	$N_a < N_b$ $N_a < N_b$ , $N_a < N_b$ , $N_a < N_b$ $N_a < N_b$	R, R, R, R, R, C なら広い 範囲で発生.

$N_a$ : 名古屋湿度,  $N_b$ : 浜松湿度

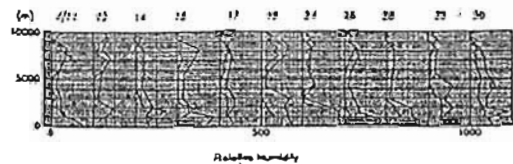


図1. 1994年4月の名古屋のランマンライダーと浜松のゾンデで観測された湿度

He-Ne レーザーを用いた測定による水田からのメタン発生量の推定  
\* 佐野 琢己, 北 和之, 藤原 正智, 村田 功, 小川 利雄  
(東京大学 理学部)

Observation of Methane Production Rate from Rice Paddy

\* SANO, T., KITA, K., FUJIWARA, M., MURATA, I. and OGAWA, T.  
(University of Tokyo, Faculty of Science)

We have been trying to calculate methane production rate from rice paddy. We observed the concentration of methane with a instrument making use of He-Ne laser, and found a gradient of concentration which was larger at leeward point and near the surface. The results were fitted in the model obtained from solving simplified diffusion equation analytically, to find how much methane were provided from the field.

メタンはそれ自身が温室効果気体として働き、また対流圏オゾンの生成について重要な役割をもっている。我々は今回、水田から発生するメタンの量を推定した。水田では風下に行くほどメタンは多くなり、また層に近くなるほど多くなるはずである。このような水平・鉛直方向の濃度勾配を測定して、平均的なメタン発生量を求めた。

1993年8月につくば市近郊の谷和原村の水田でおこなった、He-Ne レーザーを用いた測定器によるメタン観測の結果を報告する。

風向と平行で水田に垂直な平面を考え、その面上に格子点をとって (図1) 多点測定をおこなった。水田の一角所にとどまって測定をしないため、測定点付近だけでなく広い領域にわたった平均的な発生量を求められる点と、水田にチャンパーなどを置かず観測の場を乱さないという点とで、チャンパー法などの測定法にくらべて有利である。

観測しているあいだに風向・風速があまり変化しないという条件で、拡散方程式を (1) 2次元 (2) 水平方向には風による輸送だけが効く (3) 鉛直方向には拡散だけが効く (4) メタンは水田全体から一様に発生している という仮定のもとで単純化して解く。

ここで拡散係数は高さによらない定数であると考えた。この場合、濃度分布は解析的に書くことができる。拡散係数は数値としてはよくわかっていないので、求めたいメタン発生量とともにパラメータにする。

計算した濃度分布を測定結果にフィットさせることで、もっともよく合う拡散係数メタン発生量を求める (図2)。

微気象学によれば、拡散係数についてはいろいろな関数形が提唱されているが、少なくとも定数とするのはあまり望ましくなく、もっとも簡単なものでも高度に比例する形になっている。そこで、拡散係数をいくつか異なる関数形であらわして拡散方程式を数値的に解くモデルを現在 開発中である。この結果については講演にて発表する。

また、今年度はFID (炭イオン化検出器) を用いて、測定精度・時定数ともに向上したメタン測定器を新たに開発しており、8月中旬~下旬に観測をおこなっている。その結果についても、講演にて報告する。

2.5m	1.816 ± 0.019	1.750 ± 0.035	1.790 ± 0.031
1.2m	1.876 ± 0.067		1.683 ± 0.066
0.2m	1.796 ± 0.030		1.900 ± 0.060
0m		157m	285m

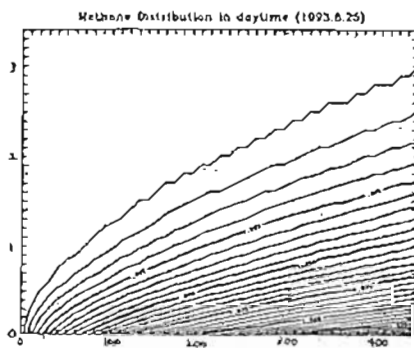


図2

## C41-03 Ground Surface Measurements of Nitrogen Oxide and Ozone in New Zealand

Rosalina 1, M.Koike 2, Y.Kondo 2, W.A.Mathews 3  
(1:LAPAN Indonesia, 2:STEL Nagoya Univ., 3:NIWA New Zealand)

### Introduction and Measurements

Ground based measurements of NO, NO<sub>2</sub>, and ozone were made at Lauder (45.0S, 169.7E) in New Zealand between August 1986 and December 1987. NO concentrations were measured by using chemiluminescence technique. NO<sub>2</sub> molecules were converted to NO by using photolytic converter, and then measured by NO detector. Measurements were made for 24 hours a day and continuous data were obtained except the some periods when instrumental had trouble. Lauder is free from the strong anthropogenic emissions of NO<sub>x</sub> and ozone. It is about 40 km from Alexandra whose population is about 5000.

Wind speed and direction data were also obtained every one hour. In this paper, diurnal variations of NO<sub>x</sub> and ozone are presented for calm and windy conditions.

### Results and discussion

A range of ozone variation is generally between 5 and 30 ppbv. That of NO<sub>x</sub> is generally 100 and 3000 pptv. These results again suggest that Lauder is not affected strongly by anthropogenic emissions.

A monthly average diurnal variation of NO<sub>x</sub> and ozone is calculated for each month. A monthly average is calculated for two condition; wind speed is less than 1 m/sec and wind speed is greater than 5 m/s. As a result,

1. Both NO<sub>x</sub> and ozone generally have small diurnal variations when wind speed is greater than 5 m/sec.
2. NO<sub>x</sub> is systematically larger during the night than during the day when wind speed is less than 1 m/sec.
3. Ozone is systematically larger during the day than during the night when

wind speed is less than 1 m/sec.

In fact, a clear anti-correlation is found between NO<sub>x</sub> and ozone when wind speed is less than 1 m/sec (Figure 1).

These observed results can be explained in the following way. During the night, a nocturnal inversion layer is generally formed. If wind is calm, NO<sub>x</sub> concentration in this boundary layer becomes large because of the emissions of NO<sub>x</sub> from microbial processes in soils. On the other hand, ozone concentration in this layer becomes small because of surface destruction of ozone. During the day, this inversion layer disappears and air near the ground surface is generally mixed with free tropospheric air. Therefore, NO<sub>x</sub> is larger and ozone is smaller during the night when wind is calm. When wind is somewhat strong, air near the ground surface is not generally trapped in the inversion layer and mixed with free tropospheric air. Therefore, only a small diurnal variation is found.

These results are considered to suggest the typical diurnal variation of ground surface NO<sub>x</sub> and ozone in the area which is free from the anthropogenic emissions of NO<sub>x</sub> and ozone.

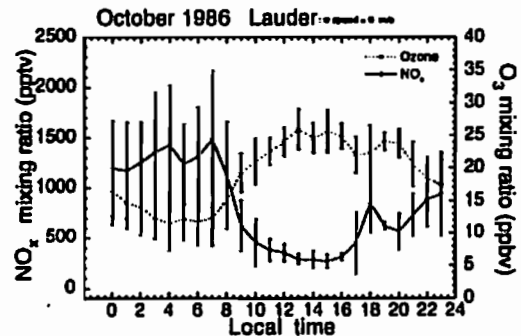


Figure 1: Monthly average diurnal variation of NO<sub>x</sub> and ozone at Lauder. Only the data when wind speed less than 1 m/sec is used for this averaging.

## C41-04 PEM-West-B 国際共同航空機観測

近藤 豊・小池 真・中島 英彰・川上修司・家田正彦  
(名古屋大学太陽地球環境研究所)

### Measurements of Reactive Nitrogen during the PEM-West-B

Y. Kondo, M. Koike, H. Nakajima, S. Kawakami, and M. Ieda (Solar Terrestrial Environ. Lab., Nagoya Univ.)

The NASA Pacific Exploratory Mission-B was conducted using DC-8 aircraft from February to March 1994. One of the major aims of the mission is to investigate the budget of trace gases important for the atmospheric chemistry over the western Pacific Ocean. STEL group has made measurements of NO and NO<sub>y</sub> on board the aircraft. The outline of the mission and some of the results are presented.

#### 1. PEM-West-B 航空機観測の目的

NASAのDC-8機を用いた第1回目の西太平洋大気化学の航空機観測 PEM-West-A (Pacific Exploratory Mission-West) は1991年の秋に実施された。一方中国大陸からの黄砂に代表されるように春期には大陸から太平洋に向けての物質輸送が盛んになると考えられている。またこの時期は成層圏と対流圏との混合、北極からの汚染物質の輸送も盛んになる季節である。第2回目の航空機観測であるPEM-West-Bはこのような時期の物質輸送に注目しつつ、広範な西太平洋領域の観測を実施した。

#### 2. 航空機観測

今回の観測項目ではNO<sub>y</sub>(名古屋大学太陽地球環境研究所、Georgia工科大学)、HNO<sub>3</sub>(New Hampshire大学) 測定器及び空気とり入れ口が大きく改良され、低濃度H<sub>2</sub>O(NASA Langley)、エアロゾル(NASA Ames)、UV放射強度(NASA Langley)の測定が加わった。これらの点は実質的にPEM-West 計画の科学的目的の達成を強化することになった。

1994年1月に3回のテスト飛行をNASA Amesで行なった後、2月6日ハワイに向け飛行を開始した。グアム、ホンコンで計5回の集中観測をした後、日本の横濱に飛来した。日本からは5回の集中観測を行なった。その後アラスカを経由してNASA Amesに戻りPEM-West-B観測を終えた。

#### 3. NO、NO<sub>y</sub>航空機観測

PEM-West-BではNO<sub>y</sub>測定器を大きく改善した。すなわち1)金の触媒を一定の圧力で動作させ、触媒の使用条件をサンプル大気の大気圧力、すなわち観測高度に依存しないようにした。2)またサンプル空気の加湿法も安定化させた。この結果NO<sub>y</sub>のみならずNOの測定精度も大きく向上した。3)10秒の時間間隔で取得したデータは多くの場合は更に平均化しなくても十分なS/Nがありそのまま使える。

# C41-05 Measurements of NO<sub>y</sub> and NO in PEM-West(B)

°H. Nakajima, Y. Kondo, M. Koike, S. Kawakami, and M. Ieda (STE Laboratory, Nagoya University)

Relationship between total reactive nitrogen (NO<sub>y</sub>) and O<sub>3</sub> have been measured in a number of airborne and ground-based observations [e.g., Hübler et al., 1992, Trainer et al., 1993, Murphy et al., 1993]. There are several sources of tropospheric NO<sub>y</sub>, i.e., transport from the stratosphere, lightning, subsonic aircraft emissions, and transport from surface. On the other hand, O<sub>3</sub> is transported from the stratosphere and produced photochemically in the troposphere. CH<sub>4</sub>, NO<sub>x</sub>, and CO etc. are important precursors for this photochemical production. However, further studies are required in order to estimate O<sub>3</sub> production quantitatively.

In NASA Pacific Exploratory Mission-West(B) (PEM-West(B)), we have made intensive observations of NO<sub>y</sub>, NO, and O<sub>3</sub> in addition to several O<sub>3</sub> precursors (CO, CH<sub>4</sub>, NMHC, etc.) over western Pacific region on board the NASA DC-8 aircraft. 19 flights were conducted from NASA ARC, Hawaii, Guam, Hong Kong, Yokota, and Anchorage during February and March in 1994.

Figure 1 shows an example of measured NO<sub>y</sub> and NO mixing ratios in addition to flight altitude for a flight from Hong Kong (Mission 11). Although high correlation is seen between NO<sub>y</sub> and NO mixing ratios in every flight altitude, i.e., in high ( $h = 8$  km), middle ( $h = 4.5$  km), and low ( $h = 0.1 \sim 2$  km) troposphere, the ratio NO<sub>y</sub>/NO are different in each altitude. There is a region where extremely high NO<sub>y</sub> mixing ratios are observed ( $T = 06:30 \sim 06:50$  UT). In this region, no significant increase in NO mixing ratios are seen. This fact suggests that these high NO<sub>y</sub> are emitted long before and most of NO<sub>x</sub> had been oxidized into HNO<sub>3</sub> and/or PAN.

Result of several flights are also presented in the meeting.

## References

Hübler, G. et al., *J. Geophys. Res.*, 97, 10427-10447, 1992.  
 Trainer, M. et al., *J. Geophys. Res.*, 98, 2917-2925, 1993.  
 Murphy, D. M. et al., *J. Geophys. Res.*, 98, 8751-8773, 1993.

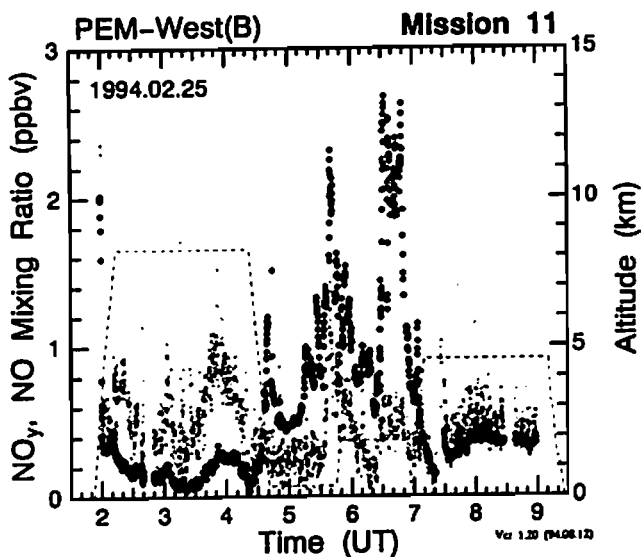


Figure 1. Measured mixing ratios of NO<sub>y</sub>( $\cdot$ ) and NO(x) in addition to flight altitudes (broken line). Scale of NO should be divided by 20.

# C41-06 インドネシアにおけるオゾンゾンデ観測

°北 和之, 藤原正智, 小川利敏 (東京大 理)  
 Ninong Kozala, Slamet Saraspriya (インドネシア航空宇宙研究所)

## Ozonesonde Measurements in Indonesia

KITA, Kazuyuki, FUJIWARA, M., OGAWA, T. (Univ. Tokyo)  
 Ninong Kozala and Slamet Saraspriya (LAPAN, Indonesia)

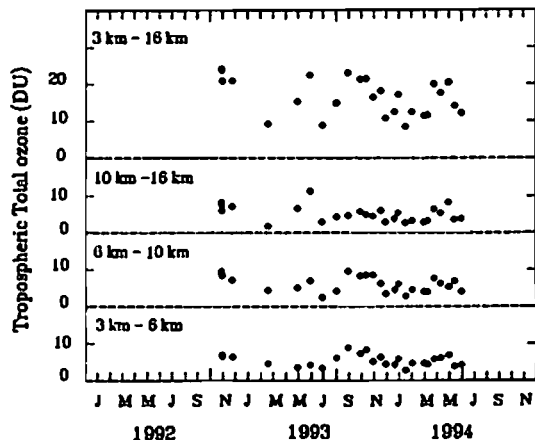
We have started the observation of altitude profiles and total amount of ozone using ozonsondes and a Brewer spectrometer at Watukosek (7° S 112° E), Indonesia. The observed tropospheric total ozone shows two maximums in a year. In May and June, the ozone in the upper troposphere is increased. In September and October, the ozone in the lower troposphere is increased.

われわれのグループでは、以前より散発的にインドネシア ジャワ島 Watukosek (7° S 112° E) にて、オゾンゾンデによるオゾン高度分布の測定を行ってきたが、昨年11月より月2回の定常観測を開始し同時にブリューワ分光計によるオゾン全量の測定も開始している。目的は、これまで観測例のほとんど無い熱帯アジア赤道域におけるオゾン分布の Climatological なデータを得ることであり、QBOなど赤道域特有な現象に対するオゾンの応答の研究や人工衛星のデータ解析に必要な基礎的データベースとして考えている。

人工衛星 (TOMS, SAGE) のデータを解析している研究者な

どから熱帯域の対流圏オゾン全量に9月あたりにピークをもつ1年周期変動がみられるという報告がいくつか行われている。それによると経度的にはインドネシアのある東南アジア域でその変動幅は最も小さく、ほとんど変動はみられない。しかし、われわれのオゾンゾンデ観測データを解析すると年に2回の極大を示すような変動がみられるようであり、振幅も小さくない。4-6月にみられる極大は、上部対流圏でオゾン量が増大し、成層圏からの輸送が活発になることを示しているようである。9-11月にみられるピークは、振幅が高度の低いところで大きい。これは、バイオマス燃焼など地上活動の変化に伴うものという可能性が大きい。地上からのブリューワ分光計のデータとTOMSデータの比較も現在進めており、その結果などについても講演会時に発表する。

図. インドネシアでの対流圏での高度別オゾン積分量の変化



C41-07

### インドネシアにおける成層圏オゾンとエアロゾルの観測

(1993年11月・12月:ワトコセ)

○岩坂泰信、林 政彦、渡辺征春(名大・太陽地球環境研)、  
石坂 隆(名大・大気水圏科学研)、Siamet Saraspriya,  
Sri Kaloka (LAPAN:インドネシア宇宙航空庁)

Balloon Measurements on Ozone and Aerosol in 1993 at Indonesia  
O.Y. Iwasaka, M. Hayashi, M. Watanabe (STEL/NU),  
Y. Ishizaka (IHAS/NU), S. Kaloka, S. Saraspriya (LAPAN)

Measurements on stratospheric aerosols and ozone in Nov. and Dec., 1993 at Indonesia suggested that Pinatubo disturbance on stratospheric aerosols was clear and possibly ozone loss processes were partially disturbed through heterogeneous reaction.

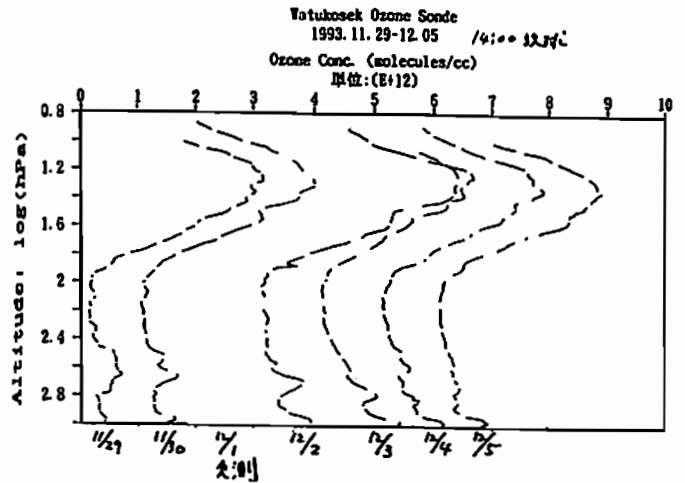
**はじめに** 赤道成層圏は、活発な対流圏の大気の影響を受けており、また光化学反応もきわめて活発で成層圏オゾンの生成源であり成層圏エアロゾルの生成源でもある。1991年に大爆発したピナツポ火山噴火で発生した大量の成層圏エアロゾルは、長い間赤道上空に存在している。

このようなことから、赤道上空での不均一反応が関与したオゾンの消長には強い関心を持たれる。

名大太陽研と大気水研では、インドネシアのLAPANと共同で、1993年の11月から12月にかけてインドネシアのワトコセでエアロゾルおよびオゾンの気球観測を実施した。ここでは、その観測の概略と結果を速報する。

**観測結果** 図に観測されたオゾンの温度分布が示してある。この期間中に2度エアロゾルの観測がなされた。大きな特徴は、エアロゾル濃度がかかなり高くエルチチョン火山噴火の影響が見られる(過去の観測例に比べて5倍程度の増加)。オゾンについては1991年のピナツポ火山噴火の影響がない時期の赤道域の値と比べると(オゾン層のピークで25%以上の減少が認められる)。もっとも考えやすい解釈はピナツポ火山噴火によって生じたエアロゾルによってClOx(フロンによって作られる)のオゾン破壊が加速されたとするものである。しかし、この領域はきわめて活発な大気運動が見られておりこれらの影響がどの程度のものであるかを同時に評価する必要がある。

そのため、結果が明確になるには今後2年間の継続的な観測と、関連の情報を総合する必要がある。



C41-08

### 東京における HCl 赤外分光観測

\* 村田 功、岩上 直幹、小川 利雄(東大理)

Ground-based spectroscopic measurement of HCl at Tokyo

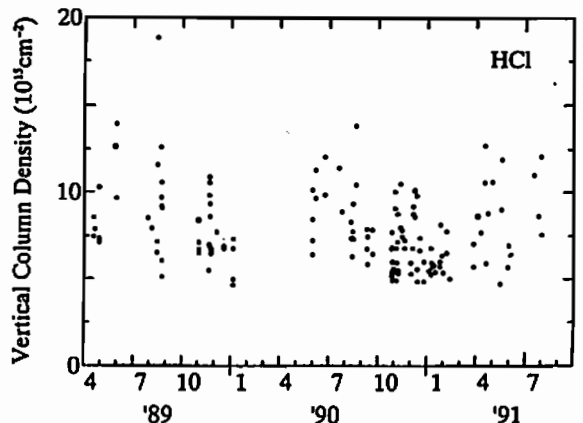
\* Isao Murata, Naomoto Iwagami, and Toshihiro Ogawa  
(Graduate School of Science, University of Tokyo)

Vertical column densities of atmospheric HCl were observed using solar infrared absorption techniques at Hongo, Tokyo. The solar spectra were taken by using a 1.5 m double-pass grating monochromator with wavenumber resolution of  $0.09 \text{ cm}^{-1}$ , and the measurements were carried out from April 1989 to August 1991. HCl vertical column densities were observed to be  $(7.86 \pm 2.29) \times 10^{10} \text{ cm}^{-2}$  and these are obviously larger than the values observed in rural area at mid-latitudes. Such a large value implies that there are many HCl molecules in the urban polluted air.

1989年4月より1991年8月まで、東大本郷キャンパス内において赤外分光法により大気中のHCl鉛直気柱密度を観測した。観測装置は1.5mダブルパス回折格子型分光器を中心としたもので、装置の分解能は $3000 \text{ cm}^{-1}$ で $0.09 \text{ cm}^{-1}$ 程度である。

HClは塩素化合物のreservoirであり主として成層圏に分布するが、対流圏においては石炭やゴミの燃焼によって発生し、大気汚染物質の一つとして酸性雨の原因の一つともなっている。中緯度での観測値としては、非都市域で $3 \times 10^{10} \text{ cm}^{-2}$ 程度 [Rinsland et. al., 1991; Zander et. al., 1987] であるが、我々の観測結果では $(7.86 \pm 2.29) \times 10^{10} \text{ cm}^{-2}$ とそれらに比べ明らかに大きい値を示している。成層圏において HClが

れほど大きく変化するとは考えにくく、これは対流圏棲地境界層における大気汚染成分の影響ではないかと考えられる。日変化も大きく、日によって2から3倍も変化しているが、これも人間活動や気候条件によって汚染成分の量が変わったためと考えた方が自然である。日変化のばらつきが冬より夏の法が大きいのも、季節風の影響により夏の方が汚染成分が滞留しやすいためと考えられる。また、東京での観測結果と非都市域での観測値との差から対流圏の汚染大気中のHCl濃度は数ppbvと予想される。



東京におけるHCl鉛直気柱密度観測結果



## C41-09 ピナツボエアロゾルによる成層圏NO<sub>2</sub>の減少

～各高度での不均一反応のSaturationを考慮したモデル計算

津久井 健太, 中島 英彰, 小池 真, 近藤 豊 (名大STE研),  
内野 修, 水井 智広, 藤本 敏文 (気象研)

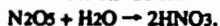
Decrease of Stratospheric NO<sub>2</sub> caused by Pinatubo Aerosols

°K. Tsukui<sup>1</sup>, H. Nakajima<sup>1</sup>, M. Koike<sup>1</sup>, Y. Kondo<sup>1</sup>,  
O. Uchino<sup>2</sup>, T. Nagai<sup>2</sup>, and T. Fujimoto<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup> Meteorological Research Laboratory

Following the Pinatubo volcanic aerosols, significantly decreased in NO<sub>2</sub> column amount were observed at Moshiri, Japan (44°N, 142°E). This result suggests that the heterogeneous reaction on the surface of sulfuric aerosols converts NO<sub>x</sub> to HNO<sub>3</sub> efficiently via the reaction



<はじめに>

近年、硫酸エアロゾル表面上での不均一反応、



が、効果的にNO<sub>x</sub>をHNO<sub>3</sub>に変換することが明らかになってきている。この反応はエアロゾル中のH<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/H<sub>2</sub>Oの混合比すなわち大気温度への依存性が小さい。従って、大きい火山噴火などの影響のないバックグラウンドのエアロゾル量においてさえ、グローバルにNO<sub>x</sub>濃度を気相化学平衡状態に比べて低下させている可能性がある。1991年6月中旬のピナツボ火山(15°N, 120°E)の噴火により大気中に放出された大量のSO<sub>2</sub>から生成した硫酸エアロゾルは、エルチチオン噴火の2倍と推定されている。このようなエアロゾルの増加は、エアロゾル上での不均一反応のグローバルなNO<sub>x</sub>への影響を調べる上で貴重な機会であると同時に、バックグラウンド・エアロゾルの役割についても重要な情報をもたらすと考えられる。

母子里(44°N, 142°E)では1991年4月より、波長掃引式の可視分光器

によって太陽天頂角90度の時の天頂散乱光からNO<sub>2</sub>およびO<sub>3</sub>のSlant Column (気柱全量)の連続観測を行っている。この観測結果では、NO<sub>2</sub>の6月の月平均で1991年に比べて1992年ではAMで32%PMで22%、1993年ではAMで14%PMで10%の減少が起こっている。Fig.1にNO<sub>2</sub>の観測値の月平均でのReference (Lauder 45°Sの1990年の値をスケールした値)からの比を示す。このNO<sub>2</sub>の減少はピナツボ火山の噴火により増大した硫酸エアロゾル上での(1)の反応によるものと考えられる。

<モデル計算による比較>

筑波の気象研ではライダーでエアロゾルを連続観測している。エアロゾルの後方散乱係数の成層圏での全積分量とNO<sub>2</sub>のSlant Columnではピークなどの逆相関が成り立っている。しかし高度によってはエアロゾル表面積がある程度以上となり(1)の反応は飽和(Saturate)すると考えられている。そこでNO<sub>2</sub>のSlant Columnとの比較を正確に行うために各高度でのSaturationを考慮したモデル計算を行った。Fig.2に結果をSlant Columnにしたものバックグラウンドからの比を示す。減少の傾向はFig.1とよく合っている。1992年4月の減少のピークが観測値の比で45%、モデルでは25%と異なるのはモデルでは35km以上を考慮していないためと考えられる。

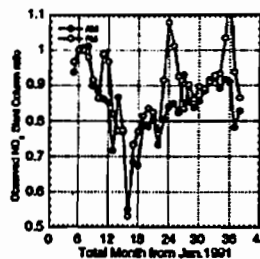


Fig.1 観測値のReferenceからの減少率

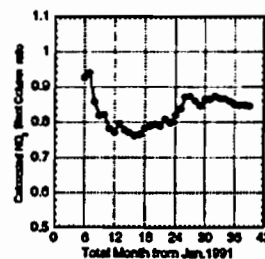


Fig.2 モデル計算による減少率

## C41-10 福岡上空のピナツボ起源エアロゾルのライダー観測

安井元昭 (九大・理), 野中秀文, 白石浩一, 道和英, 名倉義信, 藤原玄夫 (福大・理)

Lidar Observation of Mt. Pinatubo Stratospheric Aerosols in Fukuoka

M. Yasui (Kyushu University), H. Nonaka, K. Shiraiishi, K. Susumu, Y. Nakura, M. Fujiwara (Fukuoka University)

Violent eruption of Mt. Pinatubo in mid June 1991 injected a large amount of volcanic gases into the stratosphere and caused a serious perturbation on the stratospheric aerosols for a long period. The values of integrated backscattering coefficient (I. B.C.) settled down to background level about three years after the eruption (Fig.1). The height of the center of gravity of backscattering coefficient had approached the altitudes of a few kilometer above tropopause gradually as time passes (Fig.2).

1991年6月15日のピナツボ火山の大噴火によって大気中に放出された多量の硫黄化合物は成層圏中に硫酸エアロゾルとして数年にわたって留まり、気候への影響も指摘されている。福岡大学では、噴火の約三週間後(1991年7月8日)からライダーを用いたエアロゾルの観測を行ってきた。Fig.1は、後方散乱係数の積分値(圏界面から高度30kmまで)の時間変化を示している。冬季に極大、夏期に極小となる季節変動を繰り返しながら徐々に減少して行き、約3年後に噴火前と同程度のレベルになった。Fig.2は圏界面と後方散乱係数の重心の高

度の時間変化を示している。時間の経過とともに重心が下がって圏界面に近づいて行く傾向が見られる。噴火後1000日付近に傾向が変わり重心がやや高めになっているが、これはピナツボ起源エアロゾルの主要な層の変動とは異なる種類の変動が原因である可能性が高い。

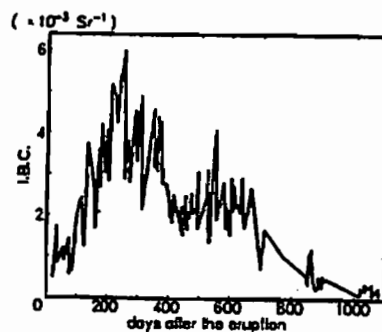


Fig.1 後方散乱係数の積分値 (I.B.C.)

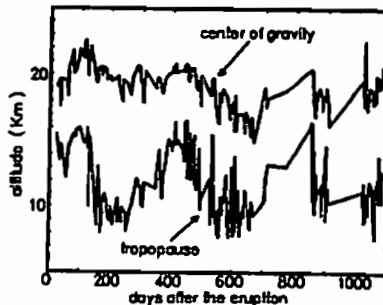


Fig.2 後方散乱係数の重心と圏界面の高度

C41-11 アラスカにおける赤外レーザーヘテロダイン分光計による成層圏オゾン観測

田口 真、岡野章一、重松直子、福西 浩  
(東北大学理学部)

Observations of stratospheric ozone with an infrared laser heterodyne spectrometer in Alaska

M. Taguchi, S. Okano, N. Shigematsu, H. Fukunishi  
(Faculty of Science, Tohoku University)

Observations of the stratospheric ozone layer were made with a tunable diode laser heterodyne spectrometer in Alaska in February through March, 1994. Observed vertical profiles of ozone mixing ratio show a slight day-to-day variation in the lower stratosphere. From comparison with vertical profiles of aerosol obtained by lidar measurements and horizontal distributions of total ozone amounts obtained by METEOR-3/TOMS, the variation of ozone in the lower stratosphere should be attributed to a dynamical effect.

北半球高緯度におけるオゾン変動の実態を明らかにするために、東北大学理学部では、1992年よりレーザーヘテロダイン分光計を用いたオゾン観測をアラスカ州フェアバンクスにおいて実施してきた。第1回はアラスカ大学ポーカーフラットロケット実験場の光学観測棟にて観測を行ったが、今回はアラスカ大学から北西に11kmのシーブクリークにおいて名古屋大学太陽地球環境研究所がライダーを設置しているコンテナの一角を借用して装置を設置した。

観測装置は東北大学が開発した可搬型レーザーヘテロダイン分光計である。この装置は波長10μm付近で動作する非常に高分解能の赤外分光計であり、これまでにアラスカを始め、ハワイ、筑波、仙台においてオゾン、メタン、一酸化窒素の観測実績がある。観測期間は1994年2月24日から3月14日までの19日間で、そのうち5日間が晴天でデータが得られた。当初の計画では、今回の観測でオゾン及びオゾン破壊反応に関連する硝酸の同時観測を実施する予定であったが、観測直前に硝

酸観測用のレーザーダイオードが不調になり、残念ながらオゾン観測のみとなった。しかし、名古屋大学太陽地球環境研究所のグループがライダー観測を実施しており、連続した4日間のエアロゾルとオゾン高度分布を得ることができた。

観測されたオゾン混合比高度分布の日平均をFigure 1に示す。オゾン混合比は2月24日から25日にかけて下部成層圏で減少し、26日にやや回復したが27日に再び減少している。この期間のMETEOR-3/TOMSによって観測されたオゾン全量の水平分布を見ると、グリーンランド上空に極めてオゾン全量が少ない領域が存在していたが、アラスカは北太平洋全体を覆う比較的オゾン全量が多い領域に含まれていて、アラスカ周辺域では概して水平方向の変動は小さかったことがわかる。また、同日に観測されたエアロゾルの高度分布は中緯度のエアロゾル分布の特徴を示していた(柴田、私信)。これらのことから、われわれが観測を実施した期間、アラスカ上空は中緯度から輸送されてきた空気に覆われており、下部成層圏で観測された変動はおもに力学的な要因によると思われる。

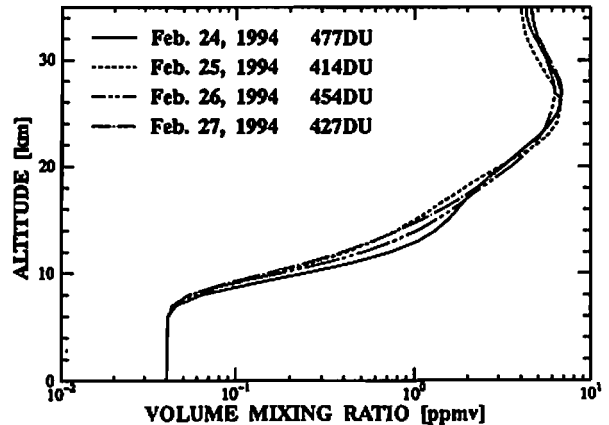


Fig. 1. Vertical profiles of ozone mixing ratio and total column amounts observed at Sheep Creek in Fairbanks, Alaska from February 24 through 27, 1994.

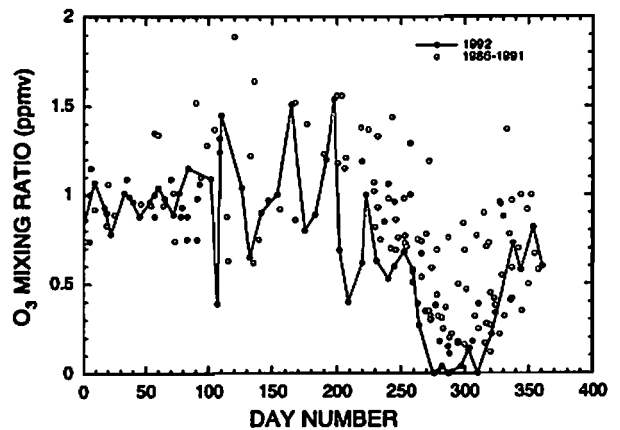
C41-12 Ozone Depletion in the Low Stratosphere Observed at Syowa Station in 1992

Y.-J. Zhao<sup>1</sup> and Y. Kondo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Atmospheric Physics., CAS, China  
<sup>2</sup>Solar-Terrestrial Environ. Lab., Nagoya Univ., Japan

Changes in ozone (O<sub>3</sub>) over Antarctica have been studied using ozone sonde data obtained at Syowa station (69°S) from 1986 to 1992. The variations of O<sub>3</sub> values at 20, 30, 50, 70, 100 and 150 hPa in 1992 have been compared with those in the years from 1986 to 1991. It has been found that the O<sub>3</sub> decrease in 1992 took place significantly in the altitude lower than 18km, which was not detected at Syowa station previously. The decrease of O<sub>3</sub> in 1992 also started earlier than previous years. O<sub>3</sub> mixing ratio at 70 and 100 hPa reached nearly to zero in October of 1992 and experienced larger losses in July and August than previous years, for example, as shown in the figure below. Ozone at 150 hPa was also at the lowest level during same periods as above, although it did not reach close to zero in October. The minimum value of total O<sub>3</sub> during springtime was less than 150DU coincident with the O<sub>3</sub> depletion at 70, 100 and 150 hPa. The features of O<sub>3</sub> reduction have been analyzed and compared with that observed at McMurdo station (78°S).

O<sub>3</sub> at 100 hPa Pressure Level



スバルパールにおける成層圏エアロゾルのライダー観測

藤原玄夫・白石浩一(福岡大・理)  
岩坂泰信・柴田 隆・林 政彦・長谷正博(名古屋大・STE研)  
近藤幸治(高層気象台)

Lidar Observation of Stratospheric Aerosols in Svalbard  
M. Fujiwara, K. Shirafuji (Dept. Applied Phys., Fukuoka Univ.)  
Y. Iwasaka, T. Shibata, M. Hayashi, M. Nagatani  
(STE Lab. Nagoya Univ.)  
I. Kondoh (Aerological Observatory)

Abstract: Lidar observation of aerosols in the stratosphere over Svalbard, Norway has been made since this January. Most of the peak values of scattering ratio observed from mid January to early March lie around 1.4 at heights between 13 and 15 km, which shows the volcanic aerosol load after the Pinatubo eruption. Very strong scattering layer, PSC's, appeared on 28 February with high depolarization rate in the height range of low temperature. The mechanism of the PSC formation is discussed from the differences between the peak heights of scattering ratio and those of depolarization rate.

1. はじめに

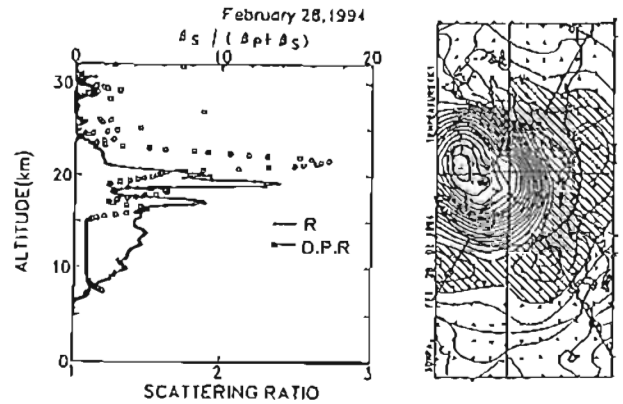
北極圏では、南極圏のオゾンホールほど明瞭な現象は観測されていないが、特に火山性エアロゾルの増加で促進されるPSC(極成層圏雲)の生成によって、南極圏と類似した成層圏の化学過程によるオゾン層破壊が起こり得ることが予想される。我々は、北極圏特有のアーктиック・ヘイズなどの対流圏現象も含めて、北極圏大気中のエアロゾルを観測するために、アラスカのフェアバンクス郊外(65°N, 147°W)とノルウェイのスバルパール島(79°N, 12°E)にレーザーライダー観測点を設置し、アラスカは1991年12月から、ノルウェイは本年1月中旬から、冬春期の観測を開始した。ここでは、ノルウェイで観測された成層圏エアロゾル層、PSCの観測結果を報告する。

2. 観測

観測はNd:YAGレーザー(第2高調波、波長532nm, 出力200mJ, 10Hz)の光を打ち上げ、大気からの後方散乱光をシュミットカセグレン受信鏡(30cm)で集め、4系統の光検出系(フィルター、ポラライザー、フォトマルなど)で、それぞれ大気分子とエアロゾルの後方散乱のレーザー光偏光面に平行および垂直な成分と、水蒸気、窒素のラマン成分を測定する。今回の観測は、1月中旬から3月初旬まで連続的にを行い、成層圏の観測に関して次のような結果を得た。

・成層圏エアロゾル層は13-15kmにピークを有し、散乱比のピーク値は多くの場合1.4前後だったが、これはピナツポ火山起源のエアロゾルがまだ残っていることを示している。2月中旬には散乱比が極端に小さいときもあった。

・2月28日、高度20km付近に強い散乱比が出現した。同時に強い偏光解消度が測定され、また、この付近の温度が191Kにまで下降していたことから、PSCであることが確認された。偏光解消度のピーク高度と散乱比ピーク高度との不一致から、このPSCの生成のメカニズムを議論する。



2月28日の成層圏エアロゾル観測結果(エアロゾルの後方散乱比(A<sub>s</sub>)と偏光解消率(D.P.R.))。単位、偏光解消率無次元(30pp)

中間圏金属原子層に関するライダー測定

○長澤 親生、阿保 真(都立大・工)

Lidar Measurement on Mesospheric Metallic Atoms Layers

C. NAGASAWA and M. ABO  
Tokyo Metropolitan University

Abstract: We observed the sodium layer with a dye laser and the potassium layer with a Ti:sapphire laser simultaneously. Feature of the potassium vertical profiles is similar to that of the sodium layers, however the density of the potassium is about ten times less than that of the sodium. We try to observe other metallic species such as iron with the Ti:sapphire laser and sodium temperature with a narrow-band dye laser.

はじめに 我々は中間圏界面のNa層の長期観測を行ってきたが、同時に中間圏界面の温度や他の金属原子層の観測の重要性を指摘してきた。今回、同調可能な固体レーザーであるTi:サファイアレーザーを用いてカリウム(K)層の観測を行った。同時に色素レーザーを用いてNa層の観測も行ったので、それらと比較した結果を述べる。また、現在狭帯域の色素レーザーによるNa層を利用した中間圏界面の温度の観測を試みており、その進捗状況についても報告する。

波長可変固体レーザー K層やFe層はスホラディックな狭い層や季節変動においてNa層と異なる動きをするという興味ある報告がなされているが、Na以外の波長の色素レーザーの効率の悪さや寿命の短さのために、観測例は非常に少ない。我々は色素レーザーの代わりに最近開発されてきた固体可変波長レーザーのTi:サファイアレーザーを用いた金属原子層観測用ライダーの開発を行った。Ti:サファイアレーザーは、波長700nmから1000nmにおいて安定した利得を得ることが可能なレーザーであるため、その基本波と第二高調波を利用することにより、K(770nm)、Fe(372nm)、Caイオン(397nm)等の金属原子層の観測が可能である。

カリウムとナトリウムの同時観測 K層の観測例をFig.1に、同時に観測されたNa層の観測例をFig.2に示す。K層の高度分布の形はNa層と類似しているが、K層の密度はNa層の約1/10である。この結果はMegie et al. (

1978)によって唯一報告されている色素レーザーによるK層の結果と一致している。今後K層の季節変動やスホラディック層等の興味深い観測が期待される。

ナトリウム温度ライダー Na原子からの散乱光のDopplerズリを測定することによってNa層の温度を測定することが可能である [She et al. (1990)]。更にDoppler shiftを測定することにより、風の測定も行われている [Bills et al. (1991)]。我々はArイオンレーザー駆起のリング色素レーザーを注入光とする狭帯域パルス色素レーザーの製作を行っており、その進捗状況を報告する。

参考文献

- Bills, R. E., et al. (1991), J. Geophys. Res., **96**, 22701-22707.
- Megie, G., et al. (1978), Planet. Space Sci., **26**, 27-36.
- She, C. Y., et al. (1990), Geophys. Res. Lett., **17**, 929-932.

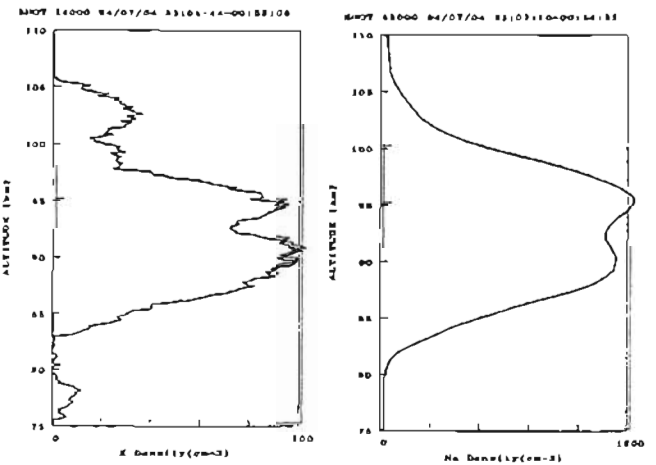


Fig.1 The mesospheric potassium profile measured by the Ti:sapphire laser.

Fig.2 The mesospheric sodium profile measured by the dye laser simultaneously.

## C41-P08

### FIDを用いた 高速メタン・ノンメタンハイドロカーボン測定器の開発

北 和之、藤原 正智、佐野 啓己、遠嶋 康徳、小川 利紘 (東京大 理)

The Development of Methane and Non-methane hydrocarbons  
Measuring Method Using two FIDs

KITA, K., FUJIWARA, M., SANJO, T., TOUJIMA, Y. and  
OGAWA, T. (Univ. Tokyo)

We have developed a methane and non-methane hydrocarbons measuring method using two FIDs (Flame Ionization Detector). One FID measures only the concentration of methane using a catalizer which oxidates non-methane hydrocarbons, and the other measures total hydrocarbons. Thus we can get the mixing ratio of methane and non-methane hydrocarbons respectively.

#### <はじめに>

メタンは温室効果気体のひとつとして地球温暖化に重要な役割を果たすとともに、反応性の気体としてオゾンを中心とする大気微量成分の化学反応系の一環をも担っているが、その発生源と発生量に関する議論はまだ完全に決着がつかない。また対流圏オゾンの前駆気体としてノンメタンハイドロカーボンの変動を調べることは重要である。

今回は、ガスクロマトグラフィーの検出部に用いられているFIDを2台使用して、自動車、航空機等に搭載する長時間分解能のメタン・ノンメタンハイドロカーボン同時測定器を作製した。

8/10~12に筑波の水田(地上)において初の観測を行った。今後は、他の大気成分測定器とともに航空機・飛行船等に搭載し、総合的な観測を行なう予定である。

#### <FIDの原理>

Flame Ionization Detector (水素炎イオン化検出器)は、現在最も広くガスクロマトグラフィーに使われている質量測定型の検出器である。

水素炎の中に、炭化水素等の有機物が流入すると、一部がCHラジカルを生じ、最終的に炭素数にほぼ比例したイオン電流を生じるという原理を利用する。ほとんどすべての有機物に対して高い応答性を示すこと、また水などには応答しないことが利点である。

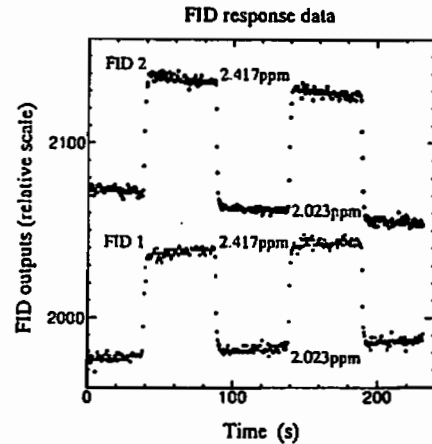
#### <測器の性能などについて>

測器は、2つのFIDと、配管系、電気系から成り、パソコンで自動制御されている。

2台のFIDを使用し、一方にはサンプルガスをそのまま入れ、他方には、触媒管を通過しメタン以外の炭化水素を失ったサンプルガスを入れる。この方法によりメタン量とノンメタンハイドロカーボン(の炭素原子換算)量をそれぞれ得ることができる。

現在精度は0.02 ppm、測定数は2秒である。(データサンプリングは0.5秒おき)

以下にメタン標準ガス(2.023、2.417 ppm)に対するFID1とFID2の出力例を示す。



## C41-P09

### 衛星からの赤外分光観測による 対流圏オゾン濃度の定量

今村 剛, 小川 利紘 (東大理)

### Satellite Measurement of Tropospheric Ozone with infrared spectrometer

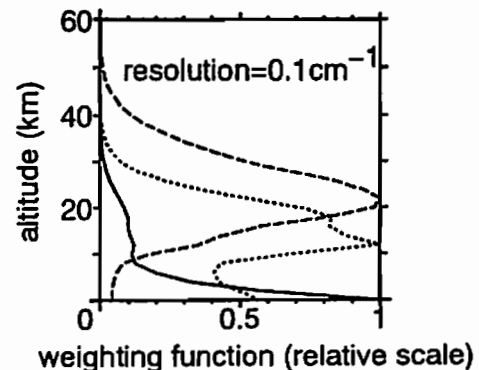
T. Imamura and T. Ogawa (Univ. of Tokyo)

Global observation is desired for the tropospheric ozone to reveal its global distribution. We present a feasibility study for the satellite measurement of the tropospheric ozone with an infrared spectrometer. IMG, which is part of the ADEOS satellite, will measure the upwelling radiation from the atmosphere. The densities of the tropospheric and stratospheric ozone will be derived from the spectrum using inversion method.

オゾンは対流圏でも放射や化学反応において主要な役割を果たしているが、広域的な分布や収支はよくわかっていない。オゾンの対流圏内における平均滞留時間は比較的短いので、空間的・時間的な濃度変動が大きく、かつオゾン前駆気体の発生源にも地域的な差異が大きいものと考えられている。そのため、従来のような限られた地点における気球観測やスナップショット的な航空機観測

だけではなく、人工衛星から全地球的な観測を行なうことが望ましい。

本研究では、1996年打ち上げ予定の地球観測衛星ADEOSに搭載されるIMG (Interferometric Monitor for Greenhouse Gases) によって対流圏オゾン濃度を定量する技術的可能性について検討する。IMGはマイケルソン・フーリエ干渉分光計であり、衛星から鉛直下向きに地球大気を観測して波長3.3~15 μm域の大気熱放射を波数分解能0.1 cm<sup>-1</sup>で測定し、反転法によってH<sub>2</sub>O、O<sub>3</sub>、CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O、COなど温室効果気体の鉛直分布が得られる予定である。オゾンについては1%の許容誤差という要求精度を満たそうとすると鉛直気柱密度しか求められないが、対流圏のみ許容誤差を大きくすることによって成層圏と対流圏のオゾン濃度が別々に得られる可能性がある。



## C41-P10 航空機搭載のためのNO<sub>2</sub>測定器の開発

家田正彦 近藤豊 小池真 中島英彰  
(名古屋大学 太陽地球環境研究所)

### The development of the airborne NO<sub>2</sub> detection system

M. Ieda, Y. Kondo, M. Koike, H. Nakajima  
(STE Lab, Nagoya Univ.)

Instrument on board aircraft for the measurement of nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>) in the troposphere is being developed. NO<sub>2</sub> is converted to NO using UV photolysis system, and subsequently NO is detected with a chemiluminescence detector. In order to get high conversion efficiency, metal halide lamp was selected for the UV source of the NO<sub>2</sub> system. Improvement of the instrument is presented.

#### 1. はじめに

対流圏大気化学に、窒素酸化物(NO<sub>x</sub>)は大きな役割を果たしている。窒素酸化物の挙動を積極的に究明するために、我々は新たな測定器の開発に着手した。これまで本研究では、化学蛍光法を用いた一酸化窒素(NO)・総反応性窒素酸化物(NO<sub>y</sub>)同時測定器の開発を行っており、航空機及び気球に搭載し観測を行ってきた。しかしNO<sub>2</sub>を直接測るために、さらに二酸化窒素(NO<sub>2</sub>)の測定を同時に行う必要がある。そのため試料ガス中の窒素酸化物のうち、NO<sub>2</sub>のみを選択的にNOに変換するコンバータを開発した。

#### 2. 測定原理

NO<sub>2</sub>は、他の窒素酸化物にくらべて320-400nmの紫外線域に大きな吸収断面積を持っている。光分解コンバータは、この性質を利用しており、反応管中の試料空気に紫外線を照射し、試料空気中のNO<sub>2</sub>を光解離しNOに変

換する。その変換効率を決める上で重要なのは、光源の選択と光学系の設計であり、本測定器には光源としてメタルハライドランプ(400W)を用いて、その光出力を光学フィルターに通した後、反応管内で多重反射させ、最大限の効率が得られる設計になっている。また個別的な白色光源として用いられているキセノンランプに比べ、メタルハライドランプは紫外線領域で20倍以上のエネルギーを出力でき、そして赤外線放射が少ないことから、大幅な変換効率の向上が期待できる。コンバータを経た試料空気は化学蛍光法によるNO検出器に導入され、NO<sub>x</sub>として測定される。

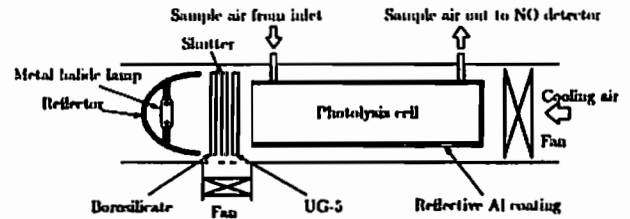


Fig. 1 Schematic diagram of the NO<sub>2</sub> photolysis system using metal halide lamp.

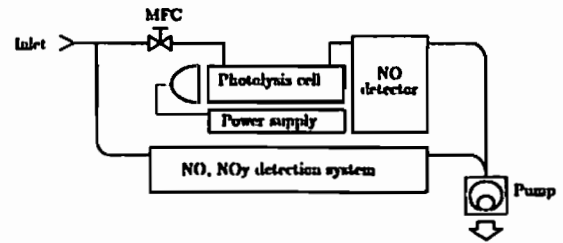


Fig. 2 Schematic diagram of the NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>y</sub> simultaneous detection system on board aircraft.

## C41-P11

### 日本近海における総反応性窒素酸化物(NO<sub>y</sub>)とオゾンの航空機観測

小池真, 近藤豊, 川上修司, 家田正彦, 中島英彰 (名古屋大STE研)

#### Aircraft Measurements of Total Reactive Nitrogen and Ozone over the Western Pacific in Late Autumn and Late Winter

M. Koike, Y. Kondo, S. Kawakami, M. Ieda, H. Nakajima  
(Solar Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University)

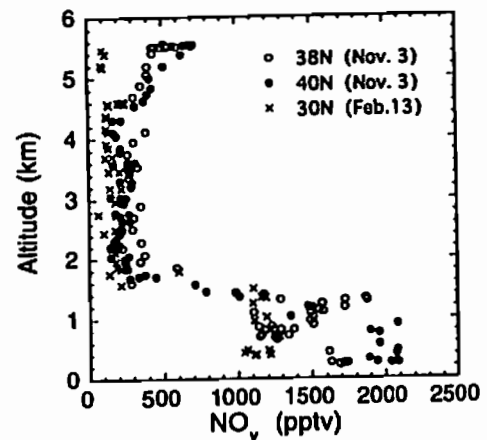
Measurements of total reactive nitrogen (NO<sub>y</sub>) and ozone were made on board the Cessna aircraft at south and north of Japan in February and November 1993, respectively. Vertical profiles of NO<sub>y</sub> and ozone at latitudes of 38N and 40N obtained on November 3 are similar to each other and show significant enhancement at altitudes below 2 km. The wind data suggests that these enhancements are probably due to the influence of Asian continent. Similar enhancement of NO<sub>y</sub> was also observed on February 13. Frequent and large scale outflows of the continental airmass from Asian continent are considered to have a significant impact to the chemical environment over the western Pacific. Correlations between NO<sub>y</sub> and ozone are also presented.

冬季から春先にかけて卓越する西風によって、アジア大陸から多量のオゾンおよびオゾンの生成に関わる前駆物質、すなわちNO<sub>x</sub>やCO, CH<sub>4</sub>, 非メタン炭化水素(NMHC)が西太平洋域に輸送され、そこでの大気化学環境に大きな影響を及ぼしていることが近年の研究により明らかにされつつある。本研究ではこの影響をさらに詳しく調べるために2月と11月に航空機を使ってNO<sub>y</sub>とオゾンの観測を行った。観測はほぼ経度137度線に沿って、2月13日には南へ、11月3日には北へ飛行する経路で行われた。

観測の結果、11月3日には38Nと40Nにおいて高度2 km

以下でNO<sub>y</sub>とオゾンが増大した高度分布が得られた。2月13日も、30NにおいてNO<sub>y</sub>が同様に増大した高度分布が得られた。気象データから、これらの高いNO<sub>y</sub>とオゾンはアジア大陸あるいは日本の南部からの人工起源のNO<sub>x</sub>の輸送と光化学的なオゾンの生成によると考えられる。また11月3日には高度4.5 km以上においてやはり地表起源と考えられるNO<sub>y</sub>とオゾンの増大が38Nと40Nの両地点で観測された。38Nと40N地点は約220 km離れているため、これらの境界層内および自由対流圏での人工起源大気の影響は空間的に広域にわたっていることが分かった。さらに11月と2月の両方で境界層内でのNO<sub>y</sub>の増大が見られたことから、初冬から春先にかけての卓越する西風により、頻繁に大陸起源の大気が西太平洋に輸送されそこでの大気化学環境に大きな影響を与えていることが確認された。

NO<sub>y</sub>とオゾンとの相関を調べた結果、人工起源の大気の影響を直接受けた境界層内の大気はd[NO<sub>y</sub>]/d[O<sub>3</sub>]が大きい直線的な正相関を持つ一方、自由対流圏では従来の観測で見られたような傾きの小さい相関を持つことが分かった。



C41-P12 可視分光器による NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>の比較観測

川口あかね<sup>1</sup>, 近藤 豊<sup>1</sup>, 小池 真<sup>1</sup>  
 中島秀彰<sup>1</sup>, W.A.Mathews<sup>2</sup>  
 1) 名大STE研 2) NIWA

Comparisons of the Observations  
 of NO<sub>2</sub> and O<sub>3</sub> Using Visible Spectrometers

Akane Kawaguchi<sup>1</sup>, Yutaka Kondo<sup>1</sup>, Makoto Koike<sup>1</sup>  
 Hideaki Nakajima<sup>1</sup>, W.A.Mathews<sup>2</sup>  
 1) STE Laboratory 2) NIWA

Ground-based observations of NO<sub>2</sub> and O<sub>3</sub> using visible spectrometers have been made at Moshiri, Rikubetu and Kiso. We have made a comparison of NO<sub>2</sub> and the O<sub>3</sub> column amounts between Moshiri and Rikubetu. We have also compared O<sub>3</sub> column amounts with those of Dobson spectrometers at Sapporo and Tsukuba. The results of these intercomparisons are presented.

<はじめに>

母子里(44.4°N, 142.3°E)において、1991年から、可視分光器を用いて、NO<sub>2</sub>とO<sub>3</sub>の連続観測を開始した。しかし、ここは冬季に天候が不順なため、今後赤外分光の観測等を行っていくことも考えて、晴天の日が多い陸別(43.5°N, 143.8°E)において、1994年4月から、同じNO<sub>2</sub>とO<sub>3</sub>の観測を開始した。母子里と陸別での観測は、NDSC (Network for the Detection of Stratospheric Change)プログラムの中で、complementary measurementとして、質の高いデータをとることを正式に要請されている。本研究では、母子里と陸別のNO<sub>2</sub>とO<sub>3</sub>の観測結果を比較し、その結果から、同地点での観測が同じ情報を持っているのか、検討を行った。

また、O<sub>3</sub>の測定結果を、Dobson分光計と比較した。これは、母子里と札幌のDobson観測、木曾(35.8°N, 137.6°E)と筑波のDobson観測を、それぞれ対応させた。

<解析および結果>

解析には、日の出(AM)・日の入り(PM)の、太陽天頂角90°の時のスラントコラム量の値を用いた。

陸別—母子里

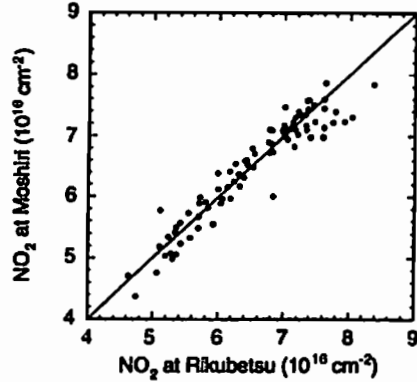
比較は、同じ日のスラントコラム量で行った。NO<sub>2</sub>は、AM・PMをそれぞれ比べ、O<sub>3</sub>はAM・PMの平均値を比べた。その結果、日変化により相関が見られた。Fig.1に、NO<sub>2</sub>のAMの値の相関を示す。相関係数は、0.95である。

可視分光器—Dobson分光計

Dobson分光計による測定値は鉛直コラム量である。そのため、可視分光器によるO<sub>3</sub>のスラントコラム量のAM・PMの平均値を、airmass factorを用いて、鉛直コラム量に換算した。

母子里と札幌は'92年1月から、木曾と筑波は'92年11月から比較した。その結果、ほとんどの時期で、日変化に比較的よい相関が認められた。

Fig. 1 Correlation of NO<sub>2</sub>(AM)



C41-P13 光散乱式粒子カウンターによる成層圏エアロゾル層の気球観測

杉田孝史・近藤 豊・小池 真・中島秀彰(名大太陽地球環境研究所)  
 T. Deshler (Wyoming 大学, U.S.A.) 今須良一(資源環境研究所)

Balloon-borne Stratospheric Aerosol Measurements  
 using Optical Particle Counter

T. Sugita · Y. Kondo · M. Koike · H. Nakajima (Nagoya Univ., STELab.)  
 T. Deshler (Univ. of Wyoming, U.S.A.) R. Imasu (NIRE)

Stratospheric aerosols were measured using optical particle counter on board balloons launched from Aire-sur-l'Adour (44°N) in autumn of 1992 and 1993. It is shown that aerosol concentration with radii larger than 0.25μm observed in 1993 is about 3 times less than that of 1992. We have also calibrated this counter using a particle generator with 10 sizes of standard particles (m=1.6), and these results agree well with theoretical calculations.

1992年10月と11月及び1993年9月にフランス、エール・スール・ラドール(44°N)において、光散乱式粒子カウンターによって成層圏エアロゾルの気球観測を行った。これによって、ピナツボ噴火後の成層圏エアロゾル量の減衰の様子が確認された。

測定器は粒子のMie散乱を利用した60°の側方散乱方式を用いており、7つの粒径毎の粒子濃度を測定することができる。光源はハロゲンランプを用い、試料空気の流量は毎分4500cm<sup>3</sup>である。図1に示すように10サイズの屈折率(m) 1.6の標準粒子を用いた校正結果は、大粒径ほど粒子からの散乱光のバース高さは大きくなり、その結果はMie散乱の理論計算値とよく合っていることがわかる。図中の誤差棒はバースハイト分析計によるチャンネル対カウントの半値全幅を示すが、この結果よりm=1.6の粒子に対する粒径分解能は約30%程度であることが認められた。また、最小検知粒径はm=1.45(75wt%硫酸粒子に相当)に対して約0.17μm程度となることも確認された。

さらに、今回得られた観測結果を、同時期にララミー(41°N)で得られたワイオミング大学の結果と比較する。

謝辞 測定器の校正時に佛シグマテックの粒子発生装置を使用致しました。気球観測時にはフランスCNESの実験場を使用致しました。

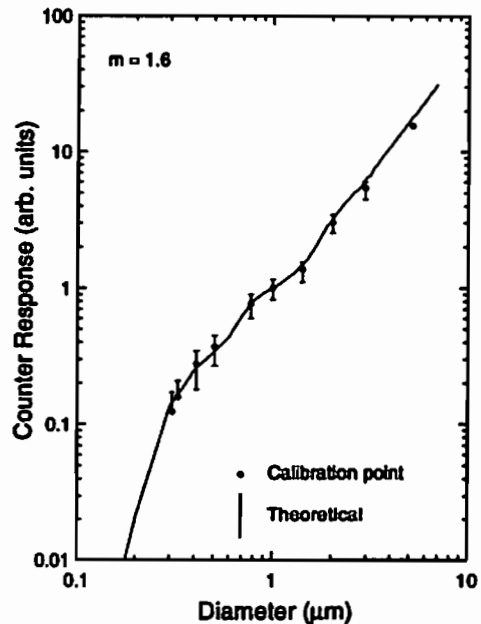


図1 屈折率1.6の標準粒子を用いて行った測定器の校正結果。実際は測定器の光学系その他を考慮にいれた理論計算結果。



## C41-P14

### 中層大気 BrO 測定計画 岩上直幹 (東京大学)

A PLAN TO MEASURE ATMOSPHERIC BrO  
IWAGAMI, N (U TOKYO)

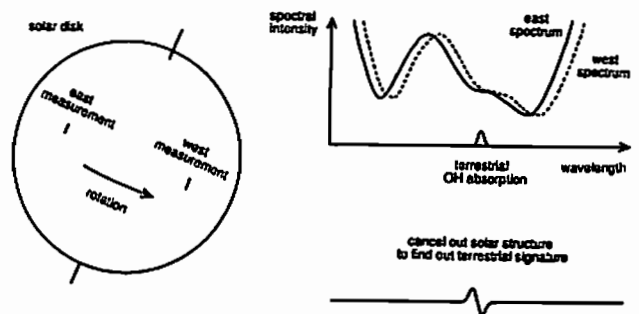
Atmospheric BrO column is planned to be measured by ground-based uv absorption spectroscopy. The Doppler detection technique developed for the OH measurement is applicable to pick up absorption feature of each rotational line of the  $X^2\Pi-A^2\Pi(0,0)$  band.

臭素化合物 BrO<sub>2</sub> は塩素化合物 ClO<sub>2</sub> と同様、触媒的反応サイクルによって中層大気中でオゾン効率的に壊すことが知られている。また両極オゾンホール現象においても、ダイマーサイクルと並び BrO-ClO サイクルが重要な働きをしていると予想されている。大気中における BrO<sub>2</sub> の存在量は ClO<sub>2</sub> に比べ、現在のところひと桁程度少ないようだが、人為的な臭素化合物の大気中への放出によって、急速に増加しつつあるのは間違いない。しかも、臭素化合物には塩素化合物に対する HCl のような有効な貯蔵気体種が少なく、人為的放出分のかなりの部分が活性な BrO<sub>2</sub> として存在することになるため、同じ人為放出量で比べた場合、臭素化合物のほうがはるかに凶暴なオゾン破壊物質だといえる。このような背景から、大気中の BrO<sub>2</sub> を定量することは、現在の大気化学過程の理解の深化にとどまらず、近未来におけるオゾン層の動向を予測するため、重要な意味を持っている。

しかし、その測定例は極めて少ない。Harvard のグループの航空機による数例の近接測定のほかは、NOAA のグループによる天頂散乱光からの検出例があるのみで、継続した測定はされていない。しかも、NOAA のグループの測定した吸収量は、日出没時にお

いてさえ 0.1% 程度と小さく、同定自体にも疑問が残る。NOAA のグループは 0.5 nm という低純度の分光系を用い、ひとつの振動回転帯の全体を一要素として測定したため 0.1% の吸収しか得られなかったが、もし 500 倍の 1 pm の波長純度を用い、個々の回転線による吸収を測定すれば、日中でも数% の吸収が期待できるはずである。測定に好適と思われる 330-360 nm の波長域には、太陽大気によるフラウンホーファー線が卓越しているが、それらからの地球大気 BrO<sub>2</sub> 吸収線との分離は、これまでに大気 OH の定量用に開発して成功した太陽自転ドップラー分光法 (図参照、J. Atmos. Chem. 印刷中) が応用できる。この波長域では、OH 測定用の 308 nm 域に比べ太陽放射束がひと桁大きく、オゾンによる吸収も少ないので、BrO<sub>2</sub> による吸収が予想程度ならば、測定は容易であろう。

太陽自転ドップラー分光法の原理



## C41-P15 インドネシアにおける成層圏 NO<sub>2</sub>及びO<sub>3</sub>の分光観測

近藤 豊・小池 真  
(名古屋大学太陽地球環境研究所)

W.A. Matthews (NIWA)

S. Asiaty, J. Soegijo, A. Budiyo (LAPAN)

### Spectroscopic Observations of Stratospheric NO<sub>2</sub> and O<sub>3</sub> in Indonesia

Y. Kondo, M. Koike (STEL., Nagoya Univ.),  
W.A. Matthews (NIWA)

S. Asiaty, J. Soegijo, and A. Budiyo (LAPAN)

A visible spectrometer system was installed at Ciater Observatory of LAPAN near Bandung, Indonesia in August 1994. It is aimed to measure column amounts of NO<sub>2</sub> and ozone at sunrise and sunset on daily basis. The initial observations indicate that this site is suited for stratospheric NO<sub>2</sub> measurements, free from serious tropospheric pollution. The measurements have been carried out in cooperation with LAPAN since August. The data obtained during the installation are presented.

成層圏オゾンが人間活動により放出されるフロン等により破壊されつつある。成層圏オゾンの長期変動の実態とその原因を調べるためにオゾンの化学的損失を左右する重要な大気微量成分を全地球的にしかも長期に観測する必要性が生じている。二酸化窒素はフロンによるオゾン破壊を弱める重要な働きがある。西太平洋域では我々が北海道 (北緯 44 度) 及び木曾 (北緯 35 度) で二酸化窒素およびオゾンの全量を可視分光器により観測を行なっている。また南半球ではニュージーランドの国立水大気研究所グループが南緯 45 度で同様な観測を継続している。

一方赤道域は大気の加熱により対流圏の物質が大規模に成層圏に運ばれる。また赤道域での特有な大気波動効果により、大気組成が全地球規模で約 2 年周期で変動することが知られている。オゾン層の全地球規模での変動を研究する上で赤道域での二酸化窒素、オゾン全量が重要な情報を与える。しかしこの領域ではこれまでオゾン層の系統的観測は全く行なわれてこなかった。1994 年 8 月にインドネシア国立宇宙航空研究所 (LAPAN) 及び国立水大気研究所と共同でバンドン市北部の観測所 (南緯 7 度) で高精度の可視分光器を設置し二酸化窒素、オゾン全量長期観測に入った。

1994 年 8 月観測開始時のデータを解析した結果、NO<sub>2</sub> の値は、日の出、日の入り、昼間と変動が小さく安定していることが分かった。このことは、対流圏の大気汚染の影響が小さい事を意味する。O<sub>3</sub> の値も中緯度と比べ変動が小さいように見える。

**C41-P16** 気球搭載光学センサーによる成層圏オゾン観測  
 — 1994年春の三陸と夏のスピッツベルゲンにおける観測結果 —  
 岡林昌宏・岡野章一・田口真・福西浩 (東北大・理)  
 H. Gemandt (AWI), 山上隆正 (宇宙研)

**Observations of Stratospheric Ozone by Balloon-borne Optical Sensors**

— Observational Results at Sanriku and Spitsbergen in 1994 —

M.Okabayashi, S.Okano, M.Taguchi, H.Fukunishi (Faculty of Science, Tohoku University), H.Gemandt (Alfred-Wegener-Institute for Polar and Marine Research), T.Yamagami (Institute of Space and Astronautical Science)

Measurements of ozone in the upper stratosphere are important to understand the ozone photochemical processes and the dependence of stratospheric ozone on solar activity. Recently, light-weight high-altitude balloons, which can reach an altitude of over 40 km, have been developed. We have developed a balloon-borne optical sensor (BOS), which is a UV filter radiometer in the Hartley band, for applying it to these high-altitude balloons. Observations were carried out at Sanriku Balloon Center on May 29 and 30, 1994 and at Spitsbergen on July 23 and 27, 1994. Vertical profiles of ozone concentration were derived from the measured UV irradiance profiles.

成層圏オゾン総量の大部分を占める下部成層圏においては、オゾンの分布は主に大気の大気ダイナミクスに支配されており、短期的な変動が大きい。そこで、塩素系の微量気体によるオゾンの光化学的消滅過程や太陽活動周期変動等によるオゾン量の長期変動を理解するためには、光化学反応が支配的な上部成層圏でオゾン分布を詳しく観測することが必要である。しかし、これまで行われている通常の電気化学方式のオゾンゾンデでは、高高度で大気導入のためのポンプの能力が不足すること等により、上部成層圏のオゾン観測には限界があった。

最近、高度 42 km 程度まで上昇可能な小型の高高度ポリエチレン気球が宇宙科学研究所により開発された。小型の気球による観測の利点は、大がかりな施設を必要とせず経費も嵩まないことから、任意の観測点から多数回観測することが可能となることである。我々は、この高高度気

球に搭載し、成層圏オゾン高度分布を観測するためのオゾン観測用気球搭載光学センサーを 1993 年に開発した。

光学センサーの原理は、オゾンハートレー吸収帯によって生じる太陽紫外線強度の高度による変化を観測することによりオゾンの高度分布を求める。

光学センサーの構成は次の通りである。太陽光をテフロン製拡散板で拡散させ一様面光源とし、その光を干渉フィルターを通してレンズで集光しフォトダイオードで検出する。また、オゾンによる吸収をほとんど受けない波長 420 nm の太陽光強度を、リファレンスとして同時に観測し、気球の姿勢変化による光量の変動を補正する。測定する紫外線の波長は、302 nm である。太陽紫外線強度の他に、気温、気圧、センサー温度 (フォトダイオード部) を同時に測定する。観測器の全重量は 1.1 kg である。

上記の観測装置を用いて、宇宙科学研究所三陸大気球観測所で 1994 年 5 月 29, 30 日に、スピッツベルゲンで 7 月 23, 27 日に各 1 回、合計 4 回の観測を行った。観測で得られたオゾンの高度分布の予備的な結果を 図 1 に示す。但し、図 1 はセンサーの温度ドリフトの補正を行っていない。また、紫外線高度変化のデータに対して平滑化を強くかけているため高度分解能が低い。現在、高度分解能のより高い解析手法の開発に取り組んでいる。

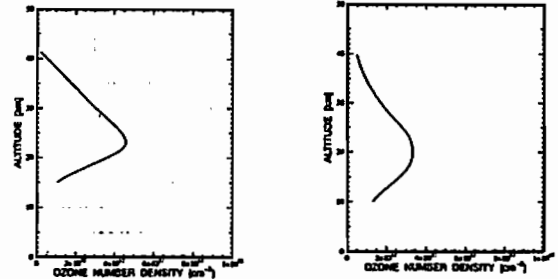


図 1 観測されたオゾン数密度の高度分布。左) 5 月 29 日三陸、右) 7 月 23 日スピッツベルゲン。

**C41-P17** スピッツベルゲン島 (北緯 79°) における気球搭載光学オゾンゾンデによる成層圏上部オゾン観測

岡野章一<sup>1</sup>、岡林昌宏<sup>1</sup>、田口真<sup>1</sup>、福西浩<sup>1</sup>、  
 H. Gemandt<sup>2</sup>、山上隆正<sup>3</sup>

1 東北大理、2 Alfred Wegener Institute、3 宇宙科学研究所

**Observations of Ozone in the Upper Stratosphere at Spitzbergen (79° N) with a Balloon-borne Optical Sensor**

S.Okano<sup>1</sup>, M.Okabayashi<sup>1</sup>, M.Taguchi<sup>1</sup>, H.Fukunishi<sup>1</sup>,  
 H.Gemandt<sup>2</sup>, and T.Yamagami<sup>3</sup>

1 Faculty of Science, Tohoku University, 2 Alfred Wegener Institute,  
 3 Institute of Space and Astronautical Science

Observations of ozone in the upper stratosphere were made at Ny Alesund, Spitzbergen (79° N) with an optical ozone sensor on board a BT-5 (5000m<sup>3</sup>) balloon in July 1994. Attained altitude was 43.0km on July 23 and 43.7km on July 27.

はじめに

我々は成層圏上部のオゾン観測を目的とした気球搭載光学オゾンセンサーの開発を行い、宇宙科学研究所三陸大気球観測所で既に 5 回の放球実験を行ってきた。1994 年 7 月には、北半球高緯度の夏季の成層圏上部オゾンの観測を目的として、ノルウェー領スピッツベルゲン島ニールソン (79° N, 12° E) において 2 回の放球観測を行ったのでその概要をここで述べる。

光学センサー

光学センサーは、成層圏オゾンによって生じるハートレー帯での太陽紫外光 (302nm) 吸収の高度変化を測定するフィルターフォトメータを基本とするが、気球搭載のためにいくつかの工夫が施されている。まずセンサーが太陽方向を向いていなくても太陽光の受光が可能のようにテフロン製の拡散板が入射口に取り付けられている。また飛行中の姿勢変化を補正できるようにビームスプリッターを用いて紫外光と同一視野のオゾン吸収の影響を受けない可視域 (420nm) での強度を同時モニターしている。光学センサーの重量は約 1.1kg で光学信号は気温・気圧・装置温度とともに地上へテレメータ送信される。

観測

光学センサーは ECC オゾンゾンデとともに 5000m<sup>3</sup> の BT-5 高々度ポリエチレン気球に搭載され、放球は 7 月 23 日と 7 月 27 日の 2 回行われ、最高高度はそれぞれ 43.0km および 43.7km に到達し順次に観測を終了した。テレメータ受信はニールソンのドイツ・アルフレッドウェーゲナー研究所・コールドウェー観測所で行われた。7 月 23 日の気球上昇時の生データを 図 1 に示す。図 1 は左から気温と紫外および可視チャンネルの装置温度、可視チャンネル信号、紫外チャンネル信号およびセンサーの姿勢変化による光学信号のよらつきを補正するために紫外チャンネル信号と可視チャンネル信号の比をとったもの的高度変化である。このデータからは preliminary な解析結果として高度 30km でのオゾン数密度が  $1.7 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ 、35km で  $9 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ 、40km で  $5 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$  という値が得られている。

まとめ

北緯 79° のスピッツベルゲン島において BT-5 高々度気球搭載の光学オゾンセンサーによる成層圏上部オゾン密度の観測に成功した。今後アルフレッドウェーゲナー研究所との協同実験として年 2 回程度、特に極夜明けの観測を継続する予定である。

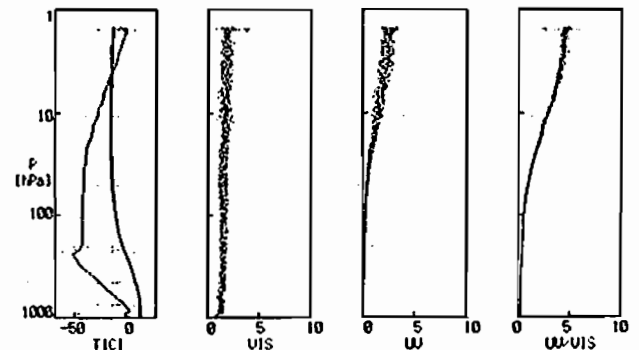


Fig. 1 From left to right, height variation of air temperature and sensor temperatures (UV and VIS channel), VIS channel signal, UV channel signal and the ratio of UV/VIS in which data scatter due to attitude change is corrected.

C41-P18 ラマンライダーと気象ゾンデを用いた湿度高度分布の比較観測

○柴田 隆、林 政彦、岩坂泰信、渡辺征春、酒井 哲、榎 成顔、足立 宏(名古屋大学太陽地球環境研究所)

Inter comparison of the humidity observations with a Raman lidar and with a meteorological sonde

T. Shibata, M. Hayashi, Y. Iwasaka, M. Watanabe, T. Sakai, S. Kwon, H. Adachi (STEL, Nagoya University)

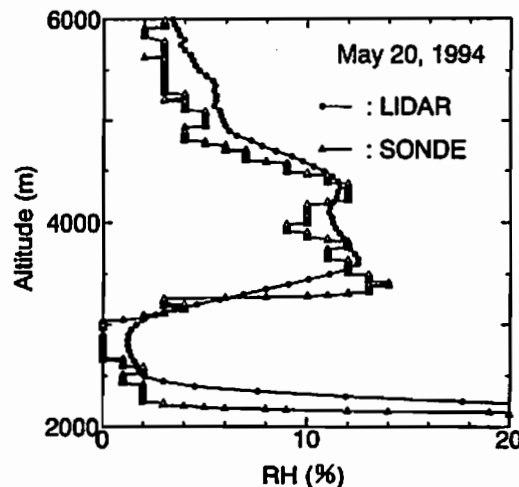
Inter comparison of water vapor observations between with a Raman lidar and with a meteorological sonde was made. Humidity profiles taken by each equipment show very good coincidence, probing the validity of the new lidar observation method.

名古屋大学太陽地球環境研究所ではレーザーパルス光の大気分子による振動ラマン散乱を利用した通称ラマンライダーを開発し、それを用いて大気水蒸気の対流圏内における高度分布を観測している。観測は水蒸気のスペクトルと窒素もしくは酸素のスペクトルを同時測定し、それぞれの信号の比から水蒸気の混合比を得ることができる。この方式による水蒸気混合比のライダー測定では、ライダー光学系の透過率、検出器の感度、信号処理回路の利得等の装置定数間のそれぞれの波長間の比を求めておけば、他のキャリブレーションをほとんど必要としない。このため、水蒸気混合比高度分布の時間的変動をほぼ連続的に観測することができる。また、弾性散乱(ミー散乱)を同時に測定すれば、雲やエアロゾルの高度分布と水蒸気高度分布間の関係を明らかにすることができる。また、雲・エアロゾル物理に大きき寄与を期待できる。

我々のグループの他の講演で示すように、窒素・酸素の振動ラマン散乱の

信号を利用して大気湿度の分布を求めることが可能であり、これを利用すれば、ラマンライダーで相対湿度の高度分布まで求めることができる。

このようにラマンライダーは水蒸気分布観測に大きな能力を有しているが、大気のリモートセンシングの常として装置の信頼性を証明するには他の観測との比較検証実験観測が必要である。本年我がグループではヴァイサラ社の気象ゾンデ受信機を導入したが、これを機会に比較観測を実施した。下図にライダー、ゾンデで得られた相対湿度の高度分布を示す。ゾンデが風に流されることによる測定場所の違い等によると考えられる分布間の微妙な違いが見られるが、両者はよく一致しているといえるであろう。このことはラマンライダーの有用性を証明するものと考えられる。



図、ラマンライダー、気象ゾンデにより観測された相対湿度の高度分布。

C41-P19 ラマンライダーを使った気温分布の測定

岩坂泰信、柴田 隆、林 政彦、小塩哲朗、榎 成顔、酒井 哲、足立 宏、渡辺征春、奥原晴彦(名大・太陽地球環境研究所)

The estimation of the atmospheric temperature profile with a Raman lidar

Y. Iwasaka, T. Sibata, M. Hayashi, T. Ojio, S. Kwon, T. Sakai, H. Adachi, M. Watanabe, Y. Okuhara(STEL, Nagoya University)

The atmospheric temperature profile is estimated with a Raman lidar. For measurement of the middle stratosphere and the mesosphere, Rayleigh scattering is used, and for that of the troposphere and the stratosphere, N<sub>2</sub> and O<sub>2</sub> Raman scattering is used.

(はじめに)

大気温度は、気象ゾンデ等で詳しく計測されているが、研究対象によっては必ずしも十分なものではない。名大では、対流圏上部から中間圏にいたる空間の温度変化の長期傾向や、対流圏・成層圏交換過程の強さと温度分布との対応等の解明のため、ラマン散乱ライダーを使った気温の観測方法の開発をおこなってきた。

(測定方法)

散乱光がほぼ大気分子のみによると考えられる中部成層圏から中間圏では、532nmのレイリー散乱を使い、エアロゾルが存在する対流圏から下部成層圏では、355nm励起による窒素、酸素ラマン散乱を使用した。これらの散乱光強度が大気密度に比例することから、静水圧平衡、理想気体を仮定し、さらに境界条件を与えることにより、気温の鉛直分布を求めることができる。ただし、対流圏から下部成層圏のラマン散乱の測定においてはエアロゾルによる消散の影響がでるため、532nmと1064nmでの測定からラマン散乱波長でのエアロゾルによる消散を推定し、補正をおこなった。

(測定例)

測定はできるだけエアロゾルの少ない時期におこない、積算時間は10分~1時間である。図1にその1例を示す。また1994年5月20日には気象ゾンデとの同時比較観測をおこなった(図2)。高度約5km以上では、よい相関を示す結果が得られた。しかし常にこのような結果が得られるわけではなく、黄砂時期などのようにエアロゾルによる消散の影響が非常に大きい場合には大きな誤差が生じる。このような場合の補正方法の開発は今後開発する。

(今後の展望)

対流圏・成層圏交換過程を考える上で、圏界面付近における温度分布は大気の静力学的安定性、あるいは渦による混合の可能性を示す一つの指標となりうる。圏界面付近の水蒸気やエアロゾルとともにその交換過程を明らかにしていきたいと考えている。

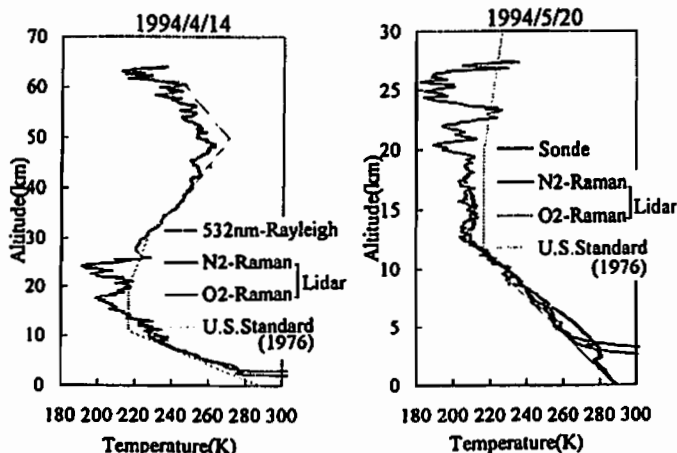


図1. ライダーから求めた気温分布 図2. 気象ゾンデとの同時観測の結果

C41-P20

北極圏ライダー観測 (1993/1994年冬: アラスカ)

○尾立 空, 岩坂泰徳, 森田 隆, 林 政彦, 小嶋哲朗, 酒井 智,  
(名古屋大学太陽地球環境研究所)  
藤原玄夫 (福大理学部), 中根英昭 (環境研), 近藤孝治 (高層気象台)

Lidar Measurements in Arctic (1993/1994 Winter: Alaska)

OH.Adachi, Y.Iwasaka, T.Shibata, M.Hayashi, T.Ojio, T.Sakai  
(STELab, Nagoya Univ.),  
M.Fujiwara (Faculty of Sci. Fukuoka Univ.), H.Nakane (National  
Institute for Environmental Study), K.Kondoh (Aerological  
Observatory)

Stratospheric layer at 22km on 19, FEB was observed by lidar measurements at Fairbanks, Alaska in 1993/1994 winter, and similar layer at 22km on 14, FEB was observed at Toyokawa. These suggest that the air mass move from Japan to Alaska.

はじめに

名大・福大グループは、アラスカ大学地球物理研究所との共同研究として、1991年12月より毎冬毎に、アラスカ中央部フェアバンクスで、ライダーによるエアロゾル観測を実施している。

ライダーシステムは、レーザとして出力1 JのNd-YAGレーザの第2高調波(532nm)を、受光器として直径50cmのカセグレム型望遠鏡を用いている。これを、フェアバンクスのシーブクリーク (Sheep Creek, Fairbanks 65°N 147°W) に設置している。

観測は、2月の中旬から3月の下旬にかけて実施された。幸運にも、2月の半ばから終わりにかけて快晴に恵まれたために、12夜の連続データを得ることができた。

ここでは、1993/1994年冬の観測でとらえられた特徴について述べる。

結果

フェアバンクスの2月19日の散乱比のプロファイル (Fig. 1) を見ると、22km付近にエアロゾルの多い層が観測された。また、日本の豊川でも2月14日ごろ22km付近に同様の層が観測された。フェアバンクスからバックトラジェクトリ解析をしたところ、アジアからアラスカへ空気が移動していた。これらによって、日本とアラスカの成層圏がつながっている可能性があることが示された。なおトラジェクトリ解析の際には、気象庁の客観解析データを使い、環境研によって作られたソフトを用いた。

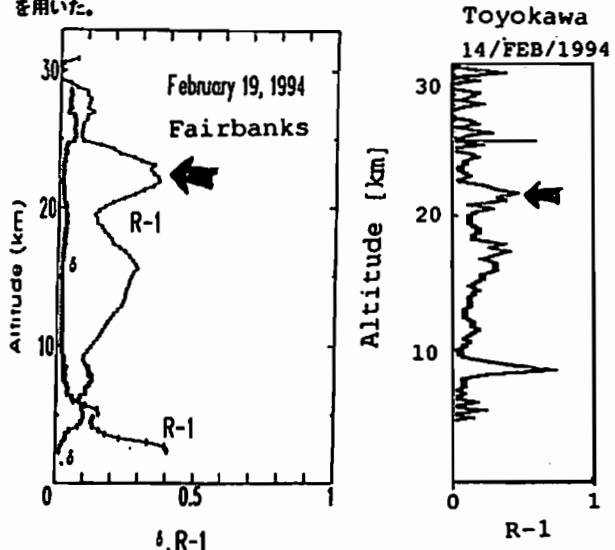


Fig. 1 フェアバンクス (左) と豊川 (右) の散乱比 (R) のプロファイル

C41-P21

S-310-22号機による  
中間圏オゾン密度の観測 (1)

山本博聖, 矢嶋健一, 関口宏之, 牧野忠男 (立教大・理)

Observation of mesospheric ozone density by S-310-22 rocket

H.Yamamoto, K.Yajima, H.Sekiguchi and T.Makino  
Department of Physics, Rikkyo University

The altitude profile of the mesospheric ozone density was measured by a rocket-borne radiometer at Andoya, Norway (69°N) on Feb. 16, 1994. Main purpose of the rocket experiment is to investigate the effect of the ozone disturbance by the thermospheric NO transported to the lower atmosphere in winter season. Preliminary result shows that the ozone density below 70 km was lower by a factor 3-4 than the other results.

極域の冬半において、熱圏で生成されたNOは日射の少なさなどで長寿命となり、成層圏領域にまで輸送され成層圏・中間圏オゾンに影響を与えることが理論的に予測されてきている。今回ノルウェー、アンドーヤにおいてこの効果を調べることを目的としたロケット実験が行われた。60kmから90kmにかけての中間圏オゾン密度の測定はわれわれ立教グループが担当した。太陽紫外線によるオゾン光解離でつくられるO<sub>2</sub>(a<sup>1</sup>Δ<sub>g</sub>)が放射する1270nm光をフィルター放射計で測る方法で実施した。1269, 1261, 1246nmの3波長それぞれに電子冷却法で-40度以下に冷やされたGe (直径2cm) を検出素子として用いた。放射計の開口角は4.6度(FWHM)でロケットスピンの軸方向からの光を測定する。フィルター1 (1269 nm) とフィルター2 (1261 nm) の透過特性とO<sub>2</sub>(0-0)バンド構造 (200K) を図1に示す。

ロケットは1994年2月16日 07520Tにアンドーヤ基地から打ち上げられた。太陽天頂角は89度、天候はくもり、強い風が吹いていた。強風のためロケットは通常に比べて大きなコーニング角でかつ速い周期のプリセッション運動をした。このため上空では太陽からの光が直接光フード部の内側にあたったが、仰角測定対象高度域の60-120kmではこの現象の影響は受けず、良好な出力信号を入手することができた。

観測されたO<sub>2</sub>1270nmの発光の源はほとんどが太陽紫外線の光解離でつくられたO<sub>2</sub>(a<sup>1</sup>Δ<sub>g</sub>)であるが、高度90km付近から上空では酸素原子再結合過程でつくられる夜光成分が支配的である。この強度分布からオゾンを求めた結果と高緯度、冬季でのロケット観測で得られたLLEWELLYN & WITT (PSS, 25, 165, 1977)の結果ならびにSME衛星の1270nm測定をもとにしたCIRA86のオゾン分布 (KEATING ET AL., ADV. SPACE RES. 10, 317, 1990)をあわせて示す。全体の様子は似ているが、70km以下の密度は明らかに今回の結果が小さく出ている。

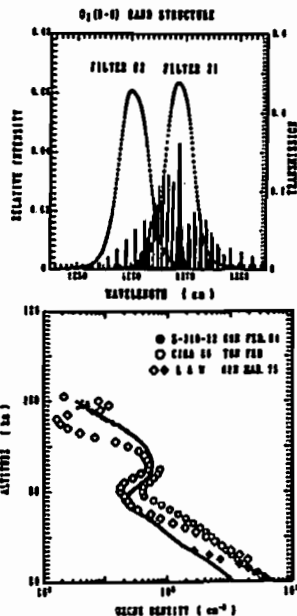


図1. フィルター透過特性とO<sub>2</sub>(0-0)バンド構造 (回転温度=200K)

図2. 高緯度、冬季でのオゾン密度分布・60km以上でのCIRA 86はSME衛星1270 nm結果をもとにしている。Llewellyn & Wittはロケットに搭載された1270 nm放射計から65km以上の密度を、70km以下はUV放射計から導出。

C41-P22 蔵王での全天イメージング観測による 01557.7nm大気光の夜間変化

◦ 梶 俊光<sup>1</sup>、岡野 寛一<sup>1</sup>、高橋 幸弘<sup>1</sup>、新原 洋祐<sup>1</sup>、  
阿部 利弘<sup>1</sup>、 梶西 浩<sup>1</sup>、木山 喜隆<sup>2</sup>  
1: 東北大理 2: 新潟大理

Nighttime variations of OI557.7nm airglow observed by a Multicolor All-Sky Imaging System at Zao

T.Tsubaki<sup>1</sup>, S.Okano<sup>1</sup>, Y.Takahashi<sup>1</sup>, Y.Niuhara<sup>1</sup>,  
T.Abe<sup>1</sup>, H.Fukunishi<sup>1</sup>, Y.Kiyama<sup>2</sup>

1: Faculty of Science, Tohoku University  
2: Faculty of Science, Niigata University

Since November 1993, we have been carrying out observations of night airglow with a Multicolor All-Sky Imaging System (MAIS) at Zao observatory. We have examined the nighttime variations of OI557.7nm emission and found that the intensity variation pattern drastically changes between April and May. We have also examined wave-like structures seen in OI557.7nm emission. The event on May 6, 1994 showed a clear northeastward motion with a velocity of 36.4m/s.

多波長全天撮像装置(MAIS)は中間圏界面から熱圏領域で見られるさまざまな波長の大気光の全天イメージング観測のために開発された。

1991年12月以降蔵王においてMAISによる観測が行われてきたが、1993年11月からはMAIS2号機を蔵王観測所(140.56°E、38.09°N)に設置し、01557.7nm、01630.0nm、NaD、大気光を観測している。今回はこのMAIS2号機で1993年11月以降に得られた01557.7nm大気光のデータから日変化パターンについて議論する。

1993年11月15日は21h30m JSTに北東に広がっていた増光部が徐々に減光してゆき、01h30m過ぎに南東の方向が増光している。1994年4月は観測開始時増光していたものが時間とともに減光しているのに対し、5月は観測開

始時から徐々に増光しており、全く異なった傾向を示している。春分の頃は半日潮汐の位相が急に変化すると過去にいわれているが、この4月と5月の日変化の大きな違いはその影響を受けているものと考えられる。図1は蔵王天頂における発光強度の時間変化を示したものである。

次に5月6日における真夜中過ぎ(00h50m)の増光は内部重力波の通過によるもので、その速度は36.4m/sではほぼ北東の方向に移動している。この日の日変化の増光傾向は5月9日の変化に比べて短く、かつ全体的に弱い。これは潮汐と内部重力波の間における相互作用を反映しているのではないかと考えている。

本講演では1994年7月及び8月のデータも含めて日変化パターンについて考察する予定である。

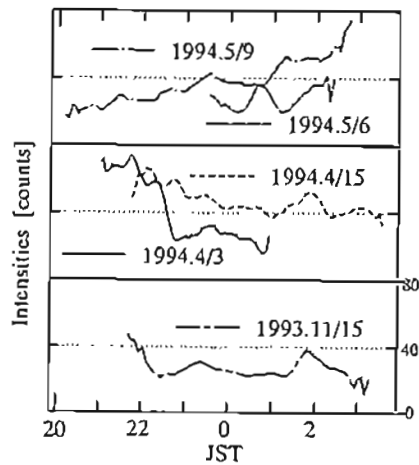


図1 蔵王天頂における01557.7nm大気光の時間変化。縦軸は強度。横軸は日本標準時間。  
上段: 1994年5月6日、9日  
中段: 1994年4月3日、15日  
下段: 1993年11月15日である。

C41-P23

ハワイ・ハレアカラにおける大気光観測結果 - その 9 -

◦木山喜隆(新潟大理)、  
北和之、岩上直幹、小川利雄(東大理)

Airglow observation at Mt. Haleakala in Maui Island, Hawaii

◦Y. Kiyama(Niigata Univ.),  
K. Kita, N. Iwagami, T. Ogawa(Tokyo Univ.)

We present airglow observation results obtained at Mt. Haleakala of Maui Island, Hawaii, in the F-region equatorial anomaly zone, during the nights from 14 to 28 February and 9 to 18 November 1993. Our observation were made using a all-sky rapid-scanning photometer. We measured [OI]630.0nm, or alternately [OI]557.7nm, OH(7-2)band and background simultaneously. In February 21, 630.0nm enhanced to 430R from SSW direction and also NNE in the first half of the night, then the band of 630.0nm weak intensity was formed from WNW to ESE. In the later half of the night sky, the enhanced 630.0nm was shown the saw direction in the night sky. The intensity reached to 370R and decreased after as the each travelled to southern and northern sky. In November 10, 630.0 nm enhanced to 250R and the situation was the same in February term.

ハワイ・マウイ島・ハレアカラ山頂(3000m)で、昨年2月と11月に大気光の観測をした。装置は、5分間で全天を掃引するフォトメーターで、3色(Background, OH(7-2), [OI]6300A or [OI]5577A)を同時に観測できる。昨年2回の観測結果の特徴として、亜熱帯グロー[OI]6300Aは、前半夜に南西側で強く、真夜中ごろ弱まり、後半夜に又強くなった。昨年2月の解析結果の1例を図に示す。これらの解析に基づく結果を報告する予定である。

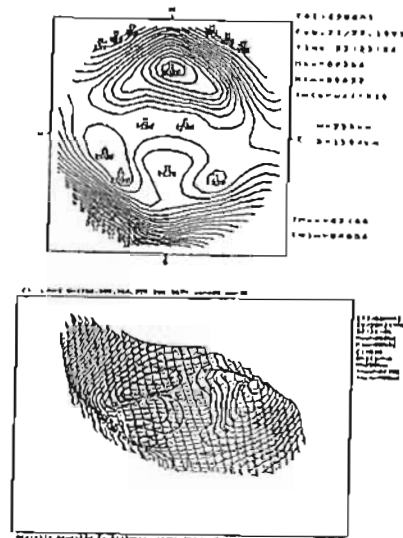


Fig. [OI]630.0nm intensity contour-map in 02:23:06 LT, February 21. Assuming the emission layer-height 250km, the radius is 767km.

・新原 洋祐, 岡野 章一, 福西 浩 (東北大理)

Two-dimensional distributions of lower thermospheric winds and temperatures obtained from OI 557.7nm doppler imaging observations

Y. Niihara, S. Okano, and H. Fukunishi (Faculty of science, Tohoku Univ.)

We have derived 2-dimensional distributions of lower thermospheric winds from FPDIS data of OI 557.7nm airglow at Zao observatory (140.56°E, 38.09°N) on February 19, 1994. The neutral wind direction was north-west to east and speed was several tens meters per second. We are also developing algorithm to derive neutral temperatures from FPDIS data.

我々は未だ理解の進んでいない下部熱圏領域のダイナミクスを研究するためにファブリーペロードップラーイメージングシステム(FPDIS)を用いた中性風・温度の観測を行なっている。このFPDISは熱圏領域で発光する大気光輝線のドップラー変位及びドップラー幅を測定することにより、発光高度領域の風・温度の水平分布を2次的に高時間分解能で得ることができる装置である。このFPDISと大気光の全天イメージング観測のために既に実用化されている多色全天撮像装置(MAIS)との同時観測により熱圏領域のダイナミクスに関する情報が飛躍的に増えることが期待される。

FPDISとMAISとの同時観測は1994年2月に蔵王観測所

(140.56°E, 38.09°N)において開始され、以来新月期間の晴天夜に観測が行なわれている。1994年2月19日のOI557.7nm大気光(発光高度約100km)のFPDISデータの解析から得られた中性視線風速の水平分布を図1に示す。天頂から94km, 154km, 244km離れた円上のそれぞれ24地点, 計72地点の視線風速が約6分おきに得られている。全体としては北西から東へ向けて数10m/sの風が見られる。

講演ではこれに温度の水平分布, MAISによる大気光全天イメージを加えて詳細に議論する。

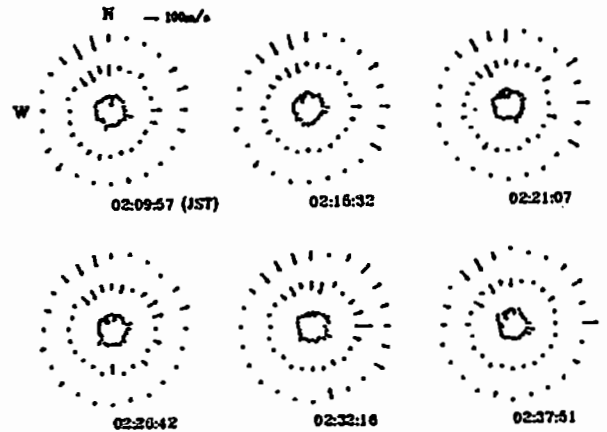


図1 1994年2月19日の蔵王観測所(140.56°E, 38.09°N)におけるOI557.7nm大気光のFPDISデータより得られた下部熱圏視線風速の水平分布。

・波辺真規子, 川原琢也, 岡野章一, 福西浩  
東北大学理学部

Estimation of Geocoronal Hydrogen Lyman $\alpha$  Optical Depth for the S-520-19 Rocket Data Analysis

M. Watanabe, T. Kawahara, S. Okano, H. Fukunishi  
Faculty of Science, Tohoku University

We are constructing a hydrogen Lyman  $\alpha$  photometer on board the S-520-19 rocket for observing the distributions of hot hydrogen atoms around the Earth. The density distributions are derived from the observed intensity distributions of HLy  $\alpha$  emission by considering the scattering processes. To evaluate a contribution of multiple scattering to the observed HLy  $\alpha$  intensity, we have calculated the optical depth of hydrogen geocorona along the photometer viewing direction.

地球外気圏には熱い水素原子が分布しており、太陽からのHLy $\alpha$ 線を多重散乱してコロナを形成している。我々の研究室では、HLy $\alpha$ 線観測用に開発した水素吸収セル(Lymana Photometer, LAP)を宇宙科学研究所の管外天文ロケットS-520-19号機に搭載し、この水素コロナを光学観測する予定である。ロケットは打ち上げ後スピンを停止し、最高高度(約300km)に達した後、打ち上げから400秒後、機軸を回転軸としてRoll Scanを行う。LAPはロケットの軌道運動によるドップラーシフトを避けるため、機軸に垂直方向を向くようにとりつけられる。

今回はロケット観測のデータから水素原子の高度分布を求める際の太陽HLy $\alpha$ 線の散乱過程を評価するために、LAP視線方向の光学的厚さの見積りを行った(図1)。計算に用いた水素原子の密度分布は過去の人工衛星による観測のデータ解析結果を参考にしたもので、高度100kmで最大値( $3 \times 10^8$  atoms/cm $^3$ )をとる。分布は地球中心に対し球対称を仮定した。図1.aは打ち上げからの経過時間に対するロケット高度、LAP視線方向が天頂となす角度、その方向の光学的厚さを計算した結果であり、

図1.bは Roll Scan時の光学的厚さの变化を拡大したものである。光学的厚さのグラフが途中で切れているのはLAPが地表を見ていることを表す。この結果から光学的厚さは最低でも1.8以上であり、データ解析には多重散乱を考慮に入れることが必須であることがわかった。

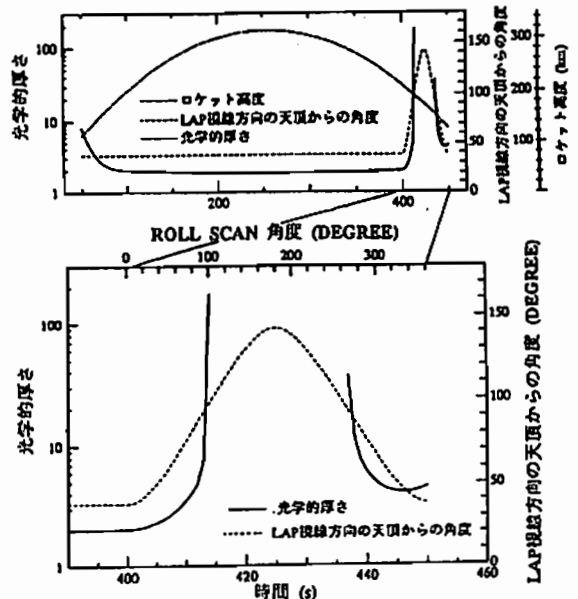


図1. (a) 上から、打ち上げ後の経過時間に対する、ロケット高度・LAP視線方向の天頂からの角度・光学的厚さの变化。(b) 400-450秒間の拡大図。水平方向を見ると、光学的厚さは増大する。グラフが切れているのは、LAPが地表を見ていることによる。



## C41-P26 S520-19号ロケット搭載 LAPによる地球コロナ観測計画

・川原 琢也、渡辺 真規子、岡野 章一、阿部 利弘、福西 浩  
東北大学理学部

### Observation of geocoronal hydrogen Lyman $\alpha$ emission using LAP on board the S520-18 rocket

・T. Kawahara, M. Watanabe, S. Okano, T. Abe, H. Fukunishi  
Faculty of Science, Tohoku University

The nightside geocoronal Lyman  $\alpha$  emission will be observed using a Lyman Alpha Photometer (LAP) on board the S520-19 rocket. The photometer consists of a hydrogen absorption cell, a Lyman  $\alpha$  filter, and a photomultiplier. The intensity and the width of the hydrogen Lyman  $\alpha$  emission will be measured by changing the optical depth of the cell at four steps ( $\tau \sim 0, 3, 6, 12$ ). This technique will be applied for the first time to rocket observation.

地球超高層大気中に分布する水素原子は光学的厚さが大きいために太陽からの水素Lyman  $\alpha$  線を多重散乱し、夜側まで回り込んだ地球コロナを形成している。宇宙科学研究所のS520-19号ロケットに搭載されるLyman Alpha Photometer(LAP)には、我々が開発を進めてきた水素吸収セルが組み込まれ、夜側の水素Lyman  $\alpha$  線(121.567nm)の観測から水素原子密度と外気圏温度の情報を得ることになっている。LAPは焦点距離が110mmのMgF<sub>2</sub>レンズを一端に取り付けた水素吸収セルとLyman  $\alpha$  バンドパスフィルタ(透過半値全幅15nm)、solar blind typeの光電子増倍管のみから構成される小型軽量のフォトメータである。セルのフィラメントの電圧を変化させることで4段階の異なる光学的厚さ( $\tau \sim 0, 3, 6, 12$ )に対応する透

過プロファイルにより水素Lyman  $\alpha$  線を吸収観測し、強度と線幅を測定する。本来、水素Lyman  $\alpha$  線の線幅測定をするには大型の分光計が必要となるが、このフォトメータでは経量でかつ波長掃引をすることなしにemission profileを測定し、線幅が求められることが特徴である。

水素吸収セルを用いた地球コロナのロケット観測は過去にMorton and Purcell(1965)とWinter and Chubb(1967)により報告されているが、十分なキャリブレーションを行った吸収セルと光電子増倍管を用いた高感度の観測はなされていない。このため、今回の観測では新たな結果が期待できる。

本講演では用いられる新しく試される吸収セルの観測手法の詳細と期待される結果について述べる。

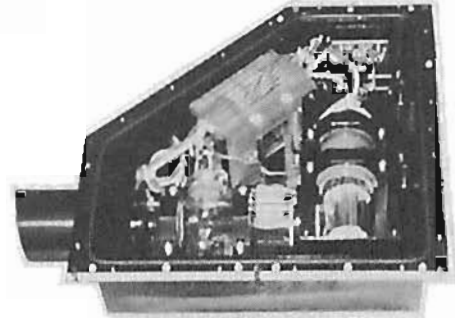


図1 LAPのセンサー部の写真。縦軸に対して5.7°(垂直)×4.2°(平行)の視野を持つ。

#### 参考文献

- Morton, D.C. and J.D. Purcell, 1965: Observation of the extreme ultraviolet radiation in the night sky using an atomic hydrogen filter, *Planet. Space. Sci.* 9, 455-458  
Winter, T.C. and T.A. Chubb, 1967: The determination of the profile of the night sky hydrogen Lyman alpha emission line, *J. Geophys. Res.* 72, 4405-4414

## C41-P27

### S-520-21号機Multi-channel Aurora Photometer(MAP)によるオーロラ観測計画

・今井 正、岡野 章一、福西 浩  
東北大学理学部

#### A Rocket Observation of Auroral Green Line and Nitrogen Emissions

・T. Imai, S. Okano, H. Fukunishi

Department of Astrophysics and Geophysics, Tohoku University

The characteristic auroral green line O(<sup>1</sup>S)-O(<sup>1</sup>D) at 557.7nm was first observed over a hundred years ago by Angström. However, the processes governing the production of O(<sup>1</sup>S) are still not well understood. We are going to measure OI(557.7nm), N<sub>2</sub><sup>+</sup> 1NG(427.8nm) and N<sub>2</sub>VK(342.5nm) emissions with a Multi-channel Aurora Photometer (MAP) on board the S-520-21 Rocket to be launched into auroral arcs from Andoya Rocket Range. The procedures to determine the parameters relating to the production and loss of O(<sup>1</sup>S) in aurora using the observed data will be discussed.

オーロラの特徴的な光である緑色の光が、O(<sup>1</sup>S) - O(<sup>1</sup>D) 遷移による557.7nmの光であるということが分かってから、既に100年以上経過している。しかし、このO(<sup>1</sup>S)の励起に関しては、多くの問題が残っている。最初は主に電子の衝突のみによって励起されていると考えられていたが、1970年に Parkinson and Zipf が、励起し

た窒素分子との衝突という励起メカニズムを提案して以来、このメカニズムがO(<sup>1</sup>S)のメインソースであるという考えが主流となっている。しかし、各メカニズムが、O(<sup>1</sup>S)の励起の何パーセントを占めているかは未だに解明されていない。

今回の観測では、S-520-21ロケットに6チャンネルのフォトメータを搭載して、N<sub>2</sub>のVegard-Kaplanバンドの342.5nm、N<sub>2</sub><sup>+</sup>ファーストネガティブバンドの427.8nm、Oの557.7nmの光の強度を測定する。各波長とも下方(ロケット軸より150°)を測定する他、427.8nmと557.7nmは横方向(ロケット軸より90°)も測定する。N<sub>2</sub>のVK342.5nmの強度からN<sub>2</sub>(A<sup>3</sup>Σ<sub>g</sub><sup>-</sup>)の量を求め、これとOの557.7nmの強度から、O(<sup>1</sup>S)の励起にN<sub>2</sub>(A<sup>3</sup>Σ<sub>g</sub><sup>-</sup>)との衝突による励起がどのくらい効いているのかを求める。ロケットは今年11月下旬から12月上旬に、ノルウェーのアンダーヤで打ち上げを予定している。

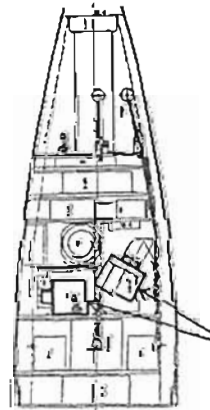


図1 ロケット閉頭部

矢印の部分がMAP。1つの装置に2本のフォトマルが入っている。右側の装置の後ろにもう一台装置がある。左側の装置が縦軸に対して90°方向を測定し、右側の2台が横軸に対して150°方向を測定する。

C41-P28 搭載用中性ガス質量分析器の開発 (2)

—モデル計算による測定特性の検討—

・藤川 暢子、鶴田 裕一郎、早川 基、  
阿部 慎也、栗田 謙治 (宇宙科学研究所)

Development of a neutral gas mass spectrometer

N.Fujikawa K.Tsuruda H.Hayakawa

S.Abe K.Kurita (ISAS)

We are developing the Time-of-flight(TOP)neutral gas mass spectrometer to make direct measurements of the composition, temperature and wind velocity of planetary upper atmosphere. It uses relations between Time-of-flight of ionized particles to the detector plane and their locations on it to subtract the reactive species due to reactions with the wall of the instrument. Model calculations were made to examine feasibility of the method and optimum design of the instrument.

地球及び惑星の上層大気の主構成要素は活性の高い酸素原子を主とする中性ガスであり、この領域での中性ガスの組成、運動、温度を直接測定することは惑星大気の研究上重要である。しかし、現在使用されている飛翔体搭載用の質量分析器は機器壁面に吸着した酸素原子との化学反応による入射ガスの組成変化等の不確定要素の分離が困難であるため信頼性が充分とは言えない。

我々が開発に当たっている中性ガス質量分析器は飛翔体の速度を利用し、入射粒子の飛行時間(TOF)測定と位置検出を併用することによって壁面の影響を取り除くというものである。

<測定原理>

高速で飛行する飛翔体からは入射ガスは一方方向に流れる粒子として検出される。一方壁面と衝突した粒子は少なくとも元の半分以下の速度に落ちるはずである。

従って入射粒子の半分以下の速度を持った成分を分離すれば壁面の影響を取り除けるだろう。そこでスピン型の飛翔体を想定し軸対称の検出器を考える(図1)。イオンが除去された後入射粒子は中心軸に置かれたパルスイオン化部で電離され、次に軸方向の電場によって加速されて時間、 $t = h\sqrt{2m/eV}$ で検出器に到達する。検出器上の中心からのずれ、 $r$ は入射速度 $V_0$ に比例し、直接入射した粒子は $r-t$ 図上で $r=V_0$ 直線上に分布する。この部分のみを検出することで入射粒子の分離が可能となるはずである。

<モデル計算>

中心軸を含む装置の2次元モデルを作り、入射粒子に熱的な広がりを持たせ検出器に到達する時間と位置を計算した。飛翔体速度と装置の開口角を変えてみたところ、これらのTOF測定への影響は小さく、質量の分析は容易であることが確認された。また、飛翔体の速度が充分大きければ位置の分解も可能である。今回は、一定時間に入射した粒子の検出器への時間、位置の分布から、大気中の粒子密度、温度を決定する方法を検討した。

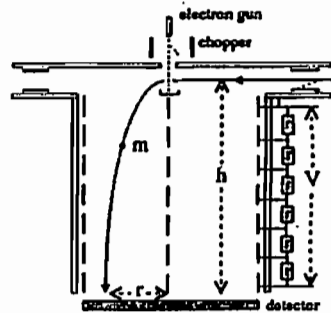


図1. 中性ガス質量分析器概観図 (断面)

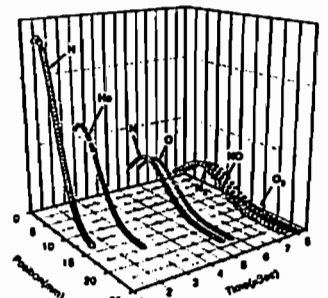


図2. 2次元モデル計算による検出粒子の分布

C41-P29

火星酸素コロナO I 130.4 nm大気光の  
モンテカルロ・シミュレーション—Ⅲ—

・篠崎 恵二、岡野 章一、福西 浩  
東北大学理学部

Monte Carlo Simulation of Martian Oxygen Corona  
O I 130.4 nm Emission—Ⅲ—

・K.Shinozaki, S.Okano, H.Fukunishi  
Faculty of Science, Tohoku University

In order to investigate the interaction processes between the solar wind and the Martian upper atmosphere, we have developed a 3-dimensional Monte Carlo Complete Frequency Redistribution (MCCFR) code which simulates multiple scattering of solar 130.4 nm photons. The spatial distribution of O I 130.4 nm emission obtained by this MCCFR code is compared with the intensity profile of oxygen corona observed by Mariner 9/UVS.

火星超高層大気中の酸素原子は太陽光を共鳴散乱することにより、O I 130.4 nm 大気光を発生している。現在我々は火星探査衛星 PLANET-B に搭載する紫外分光計 (UVS) で観測される光の強度分布から酸素原子密度の空間分布を求めるためのインバージョン法の研究を進めている。火星酸素コロナは下層領域で光学的に非常に厚いため、太陽紫外線の多重散乱過程を放射伝達方程式を直接解いてその解を得ることは難しい。そこで本研究では球対称な多層モデルを考え、モンテカルロ法を用いて酸素原子密度の空間分布から酸素原子大気光の強度分布を求めることにより、多重散乱過程を解くコードを開発した。図1はモンテカルロ法を用いて計算された火星酸素コロナ O I 130.4 nm 大気光の強度分布である。縦軸は視線高度を表し、横軸は太陽-火星-衛星のつくる平面と視線方向のなす角 ( $\phi$ ) を30度ごとに変化させた場合の O I 130.4 nm 大気光の

強度分布を示している。また実線は計算結果、破線は Mariner 9号による観測結果を示している。この図より、SMS (太陽-火星-衛星を結ぶ角) = 50度、 $\phi = 15$ 度 のとき計算結果と Mariner 9号の観測データがよくあうことがわかる。しかし、視線高度で200 km以下の領域では両者の間には大きな食い違いがみられ、この原因としては、

- 1) 200 km以下で重要となる光化学過程を考慮していないこと
- 2) モデル大気が現実の大気を反映していないこと
- 3) 光子が完全吸収される下層境界(約110 km)の設定が現実の大気を反映していないこと

が挙げられる。本講演ではこれらの違いについて詳しく検討し、徐々に密度分布を変化させた場合の O I 130.4 nm 大気光の強度分布を示す。

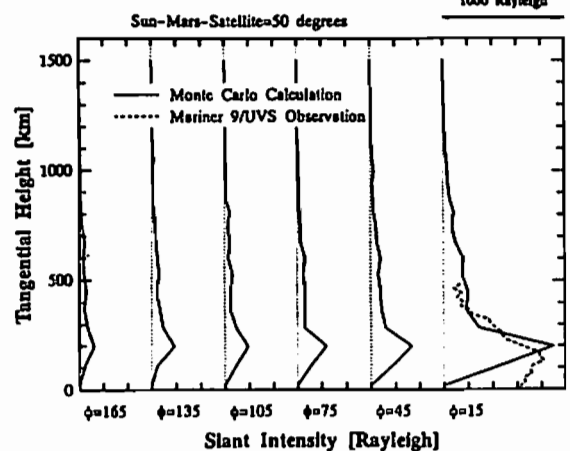


Figure 1. Slant Intensity of Martian O I 130.4 nm emission for SMS (Sun-Mars-Satellite) angle of 50 degrees.  $\phi$  is the azimuth angle of the line of sight from the SMS plane. Solid lines show the Monte Carlo calculation results for azimuth angles of every 30 degrees. Dashed line represents the average value of O I 130.4 nm emission measured by the Mariner 9/UVS.

C41-P30

## 火星超高層大気の計算機シミュレーション

### — 3. 熱収支の計算 —

・久保麻紀、藤原 均、福西 浩  
(東北大理学部)

## A Numerical Simulation of the Martian Upper Atmosphere

### — 3. Calculation of the Heat Budget —

・M.Kubo, H.Fujiwara, H.Fukunishi

(Department of Astrophysics and Geophysics of Tohoku University)

The Martian atmosphere is well known to be very sensitive to a variety of dust distribution and propagation of atmospheric waves. Our final goal is to predict these effects on the thermal structure of the Martian upper atmosphere. First of all, using a 2-dimensional model, we have derived a steady-state of the Martian thermosphere without including the effects of dust and gravity wave.

The present model includes the radiative, photochemical and dynamical processes (EUV/UV heating, CO<sub>2</sub> Infrared Cooling, and so on) and we use a finite difference method.

火星ではこれまでの観測によって、ダストの分布や大気波動の伝搬等の原因により、大気の密度や温度構造が非常に激しく変動することが知られている。

本研究の最終的な目的は、その変化の様子をモデル計算によって定性的・定量的に見積もることであるが、その際まず、

「変動」に対する「平均場」として、波動やダストの影響を除いた温度・風速場を得る必要がある。今回は、この「平均場」を求めることと、火星超高層大気の熱収支の概要を知ることが目的として、シミュレーションを行った。

用いたモデルは緯度・高度の二次元であり、高度 75-250km の範囲で計算を行っている。組成は CO<sub>2</sub>、O、CO、N<sub>2</sub> の四種を考慮している。主な加熱・冷却源としては、EUV/UV 加熱、CO<sub>2</sub> 赤外放射冷却、分子熱伝導などがあり、任意の温度場・風速場から出発して、運動方程式と連続の式を時間発展させて解くことにより、これらの加熱・冷却の釣り合った、大気の準定常的な状態を実現することが可能になる。

現在計算によって得られている、この準定常的な大気の密度分布や温度構造が、大気波動の効果を直接的にモデル中に取り入れることによってどのように時間変化するか、又、ダストの分布が温度場をどのように変化させるかが、今後の主要な研究課題である。

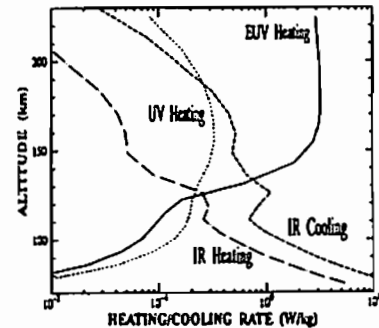


図 1. 緯度 60° における加熱・冷却率

C会場

10月21日(金) 午後

# 大気圏力学

## Atmospheric Dynamics

oral: C42-01~15

座長

津田敏隆 (京大超高層)

前川泰之 (大阪電通大)

## C42-01 境界層レーダーによるインドネシア赤道域 乾季・雨季キャンペーン観測 (2)

\*磯口 浩之<sup>1</sup>・津田 敏彦<sup>1</sup>・足立 樹彦<sup>1</sup>・堤 和宏<sup>1</sup>・下川 豊志<sup>1</sup>・吉野 敏晃<sup>1</sup>・  
山中 大智<sup>1</sup>・深尾 昌一郎<sup>1</sup>・渡邊 明<sup>2</sup>・S. W. B. Harijono<sup>3</sup>・H. Wiryosumarto<sup>4</sup>  
(1: 京大・超高度 2: 福島大・教育 3: BPPT, Indonesia 4: LAPAN, Indonesia)

### Dry and Rainy Season Campaigns by Boundary Layer Radar in Equatorial Indonesia (2)

\*H. Hashiguchi<sup>1</sup>, T. Tsuda<sup>1</sup>, T. Adachi<sup>1</sup>, M. Tsutsumi<sup>1</sup>, T. Shimomai<sup>1</sup>,  
N. Yoshino<sup>1</sup>, M. D. Yamanaka<sup>1</sup>, S. Fukao<sup>1</sup>, A. Watanabe<sup>2</sup>,  
S. W. B. Harijono<sup>3</sup>, and H. Wiryosumarto<sup>4</sup>

(1: RASC, Kyoto Univ. 2: Fukushima Univ. 3: BPPT 4: LAPAN)

The Boundary Layer Radar (BLR) has been in continuous successful operation at Serpong, Indonesia since November 1992. We conducted intensive observations in dry and rainy seasons in order to study differences of the behavior between dry and wet atmosphere in tropics. The dry and rainy season campaigns were successfully conducted on 8-15 October 1993 and 15-22 February 1994, respectively. Over 50 radiosondes were launched every 3 hours from the radar site.

はじめに 我々は1992年11月からインドネシア国ジャカルタの南西約27kmに位置するSerpong地区(6°S, 107°E, 50m MSL)において境界層レーダーを用いた連続観測を実施している。境界層レーダーによって下部対流圏における3次元風速プロファイルおよびRASS(Radio Acoustic Sounding System)技術を用いた温度プロファイルを時間・高度分解能それぞれ約1分・100mで得ることができる。キャンペーン観測の概要 赤道域における乾季と雨季の大気のみるまのの違いを調べるため、1993年10月8-15日(乾季)と1994年2月15-22日(雨季)にキャンペーン観測を実施した。キャンペーン期間中は境界層レーダーと地上気象観測(風速計、雨量計、日射計、放射収支計、湿・湿度計)による定常観測に加えて、Vaisala社製のオメガゾンデ(RS80-15N)をレーダー観測所から3時間毎に放球した。

キャンペーン観測結果 下図にキャンペーン期間中のある1日に境界層レーダーによって1分毎に得られた鉛直流の時間高度変化を地上気温と共に示す。乾季(左図)では8時頃から地上気温の上昇に伴って混合層が成長し、その内部で強い鉛直流変動が生じていることが分かる。また15時前後に顕著にみられる鉛直流の上下変動の周期は10~15分程度であり、ラジオゾンデ観測による温位勾配から求めたBrunt-Väisälä周期とほぼ一致する。

一方、雨季(右図)では乾季に比べて日変化が少なく、夜間と日中における地上気温の差も小さい。10時や21時の高度4~5kmにみられる下向き成分は降水粒子の落下によるものであると思われるが、全体的に上昇流が卓越する傾向がみられる。

まとめ 鉛直流を直接測定可能であるという境界層レーダーの特長を活かして、インドネシアで実施したキャンペーン観測時の鉛直流変動について示した。雨季において上昇流が卓越しているのは活発な積雲活動に関係するものであると考えられるが、今後ラジオゾンデデータの他、衛星データなども利用してより詳細に検討したい。

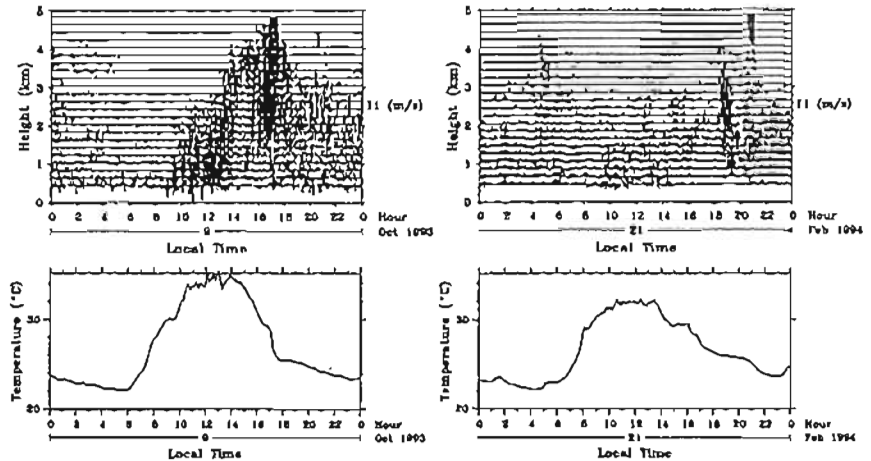


図: 1993年10月9日(左)および1994年2月21日(右)に境界層レーダーによって観測された鉛直流の時間高度変化(上)および地上気温の時間変化(下)。

## C42-02

### Turbulence Structures Observed using Multiple Receiver Frequency Domain Interferometry on the MU Radar.

\*W.O.J. Brown, S. Fukao, and M. Yamamoto

(Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University, Uji, Kyoto 611)

VHF radars are useful tools for studying dynamics and turbulence in the atmosphere. There are a number of techniques that are applied to VHF radars to make these studies and one recently developed technique is known as Frequency Domain Interferometry (FDI). This technique can provide more precise measurements of the range and thickness of turbulent layers than are normally possible (eg: Kudcki and Stitt, 1987 and Palmer et al., 1990).

The MU radar operated by the Radio Atmospheric Science Center of Kyoto University at Shigaraki, Japan (Fukao et al., 1990), can carry out FDI experiments. Recent modifications now enable it to perform FDI using multiple receiving antennas. Multiple receiving antennas are useful because they can provide high resolution wind three-dimensional measurements and now with FDI, high resolution measurements of the motion, orientation, and spatial scale of turbulence in the vertical and horizontal planes can be made.

Examples of the preliminary analysis of a multiple receiver FDI experiment carried out at on May 30 this year appear in figure 1. The top panel shows backscatter power as a function of altitude and time. The middle panel shows backscatter coherence as the frequency of the radar is shifted slightly in the FDI experiment. High levels of coherence (dark shading) indicate the presence of scattering layers significantly thinner than the radar sampling volume (150 metres). Low levels of coherence (light shading) indicate that any scattering is more distributed and that there are not simple thin scattering layers. The bottom panel shows hourly mean profiles of the eastward (solid lines) and northward (dashed lines) winds.

In this example, most of the intense scatter appears to originate from thick turbulent layers. The thin layers above 10 km scatter fairly weakly, although later in the experiment, there is some stronger scatter from thin layers. It is useful to consider motion when examining FDI thickness measurements (eg: Brown and Fraser, 1994), and in this experiment, the thin scattering layers mainly appear when the wind is to the north-east. During other experiments, other relationships between the wind and thin layers can be seen.

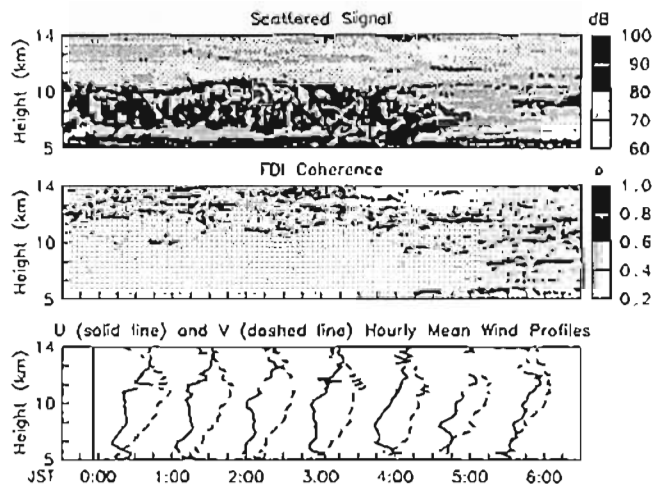


Fig. 1: Signal Power, FDI coherence, and hourly mean wind profiles, (the vertical line indicates zero, successive profiles are offset by 40ms<sup>-1</sup>).

These and other observations of the orientation, aspect sensitivity, motion, and spatial scales of turbulence in the atmosphere from the multiple receiver FDI experiments will be discussed further in the presentation.

Acknowledgements: WOJB supported by Japan Society for the Promotion of Science.

#### References

- Brown, W.O.J., and G.J. Fraser, Temporal, Spatial, and Frequency Domain Interferometry Observations on MF Radars, *Radio Sci.*, submitted, 1994.
- Fukao, S., T. Sato, T. Tsuda, M. Yamamoto, M.D. Yamanaka, and S. Kato, The MU radar: new capabilities and system calibrations, *Radio Sci.*, 25, 477-485, 1990.
- Kudcki, E., and G.R. Stitt, Frequency domain interferometry: A high resolution radar technique for studies of atmospheric turbulence, *Geophys. Res. Lett.*, 14, 198-201, 1987.
- Palmer, R.D., R.F. Woodman, S. Fukao, M.F. Larsen, M. Yamamoto, T. Tsuda, and S. Kato, Frequency domain interferometry observations of Tropo/Stratospheric scattering layers using the MU radar: description and first results, *GRL*, 17, 2180-2192, 1990.

「MU レーダー実時間データ処理システム」用  
データ取得プログラムの開発

◦室 隆明、山本 衛、伊田 敏彦、中村 卓司、山中 大学、深尾 昌一郎  
(京都大学 超高層電波研究センター)

Development of Data Taking Program for  
"MU Radar Real Time Data Processing System"

◦T. Muro, M. Yamamoto, T. Tsuda, T. Nakamura,  
M. D. Yamanaka, and S. Fukao  
(Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University)

"MU Radar Real Time Data Processing System" was installed to reveal detailed structure of the middle and upper atmosphere. We have developed new programs to control the system. They consist of four parts: 'observation program' to specify observation parameters and start observations, 'data taking program' to acquire data from the radar hardware, 'tape control program' to transfer data from hard disks to EXABYTE (8mm) tapes and 'quick look program' to check data quality during observations. With the new programs it is possible to obtain up to eight times the quantity of data as that could be recorded with the previous data collection system. Also they enable us to conduct simultaneous multibeam-interferometry observations with continuous time series.

京都大学超高層電波研究センターは滋賀県甲賀郡信楽町にある信楽 MU 観測所において、1984 年以来 MU レーダーを運用し、中層・超高層の大気力学の研究を行ってきた。本センターは地球環境問題に関する研究プロジェクトいわゆる新プログラム「アジア・太平洋地域を中心とする地球環境変動の研究」に参加し、MU レーダーを活用した新しい観測手法を開発し、従来観測が困難であった高速で微小スケールの大気擾乱現象を研究している。このため必要とされる高い時間・空間分解能を実現するために現有のデータ取得装置に加えて「MU レーダー実時間データ処理システム」が平成 4 年度末に導入された。

本システムの前システムからのハードウェア上の変更点は、レーダーのビーム方向数と受信チャンネル数の大幅な増大と複数同時実行、GPS 衛星を用いた観測時間記録の精度上昇、バッファメモリの増大とダブルバッファ化等が

る。また外部装置として流星電波干渉計等を接続する為のモニタ出力端子を有している。計算機については従来の主計算機 VAX11/750 を SUN4/630 に、ベクトルプロセッサ MAP300 を SC-2XL に移行して、リアルタイムデータ処理機能を大幅に向上させている。また記録媒体をオープンリール磁気テープから EXABYTE(8mm) テープに変更した。

データ取得プログラムの開発に当たって、データ取得においては本システムの多様な機能を十分に活用することと並列処理を行なって処理の高効率化を目標とし、データ記録においては前システムとのフォーマット互換性の保持とパラメータ情報の充実を目標とした。

本システムにおけるソフトウェアは以下の 4 部分に分かれる。

- (1) 観測者の入力を受け付け、パラメータの解釈、データ取得プログラムの起動・停止を行う観測開始プログラム (observe)。
- (2) レーダーへの観測パラメータの送付、データ取得、リアルタイム信号処理、ハードディスクへの記録を行うデータ取得プログラム (mudt)。
- (3) ハードディスク上のデータを順に EXABYTE テープに記録するテープ制御プログラム (exbcntl)。
- (4) 観測中のデータ表示を行うクイックルックプログラム (qlook)。

観測者は観測パラメータを指定して観測開始プログラムを起動する。観測開始プログラムはデータ取得プログラムを起動し、データ取得プログラムがレーダーより得た信号のリアルタイム処理を行ない一旦ハードディスクに記録する。テープ制御プログラムはハードディスク上のデータを順に EXABYTE テープに移してゆく。この観測者はクイックルックプログラムで観測の状況を把握することができる。

これらのソフトウェアにより従来では個々の観測レコード間にあった短時間の欠測がなくなり、連続的な時系列の取得が可能になった。また、1 単位 of データ取得のなかで複数ビーム方向・複数受信チャンネルの同時使用が可能になり、さらに取得可能データ量が増加した。

本システムにより、干渉計観測においては多ビームの使用が可能になり空間分解能が上昇し、電離層イレギュラリティ観測においてはソフトウェアの効率化により 1 観測に所要する時間が約半分短縮され、流星観測では観測される流星の数が約 2 倍になるなどの成果が上がっている。

MU レーダー・ラジオゾンデ 3 週間連続  
観測結果のウェーブレット解析

◦下野 豊志・山中 大学・深尾 昌一郎  
(京大・超高層)

Application of Wavelet Analysis to Three-Week  
MU Radar and Radiosonde Observations

◦T. Shimomai, M. D. Yamanaka and S. Fukao  
(Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University)

The orthonormal wavelet analysis is applied to very high resolution temperature profiles observed by radiosondes for three weeks in June-July 1991. The results are compared with the results for three-dimensional wind velocities observed with the MU radar. The results suggest that components with vertical wavelength of about 2 km are varying in correspondence with tropopause height, and that shorter components have their maximum values at higher altitudes.

前回までは、1991 年 6~7 月に行われた 3 週間連続の MU レーダー風速観測データの鉛直・時間 1 次元および 2 次元正規直交ウェーブレット解析を行ない、内部重力波が時間的にも高度的にも局在化しているという事実を客観的に示す結果について報告した。今回は同時に行われたラジオゾンデによる気温観測結果に対するウェーブレット解析結果と前回までの解析結果との比較を行う。

MU レーダー観測は時間分解能が高く、3 週間連続観測においては 3 分毎に高度分解能 150m の 3 次元風速データが得られている。一方ラジオゾンデ観測においては時間分解能は粗いが高度分解能の高い (~10m) データが得られる。ウェーブレット解析のアルゴリズムは前回までに報告したものと同じである。ラジオゾンデ観測結果に関しては高度方向に 18.75m 平均を施した 49 本のプロファイルからなるデータセットを用いた。

ラジオゾンデ観測の時間分解能が粗いため、気温変動としては圏界面高度など鉛直構造について主として考察する。ラジオゾンデ気温観測データの鉛直 1 次元ウェーブレット解析結果の平均プロファイルを下図に示す。このような解析結果から以下のことがわかった。

- 気温変動における鉛直波長約 2km の成分の振幅極大は圏界面高度とよく対応して変化するが、風速変動においては少し低くなる
- 鉛直波長数 100m の成分は大気境界層内でも極大値を持つ
- 鉛直波長が 2km より短くなると極大高度は上方へシフトし (cf. Sato and Yamada, 1994; Shimomai et al., 1994), また長くなるほど時間変化は一般に緩やかとなる

その他、MU レーダー風速データから得られる圏界面重力波の時間的変動と対流圏低気圧活動およびジェット気流の時間的変動などとの比較を行った。

MU レーダー・ラジオゾンデ 3 週間連続観測結果のウェーブレット解析から、風速・気温それぞれについて鉛直波長に依存して極大高度や振幅の時間的変動の様相が異なることを客観的かつ定量的に確認することが出来た。

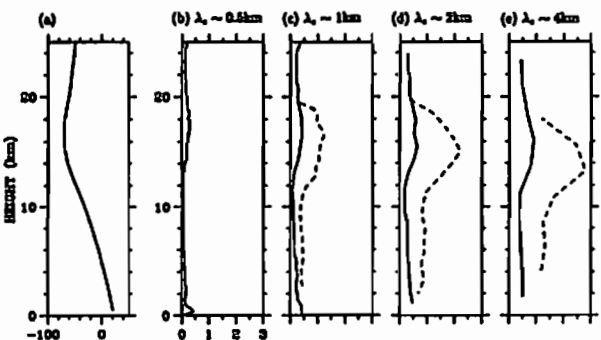


図1 ラジオゾンデによる気温観測結果の (a) 平均プロファイルと (b)-(e) 鉛直 1 次元ウェーブレット解析結果。破線は MU レーダーによる東西風観測結果の 1 次元鉛直ウェーブレット解析結果



インドネシアにおける大気波動のラジオゾンデ観測

°津田 敏彦<sup>1</sup>・清水 厚<sup>1</sup>・Nurzaman Adikusumah<sup>2</sup>  
(<sup>1</sup>京大超高度、<sup>2</sup>インドネシア航空宇宙局)

Characteristics of Atmospheric Waves Observed with a Radiosonde Campaign in Indonesia

°Toshiyuki Tsuda<sup>1</sup>, Atsushi Shimizu<sup>1</sup>,  
Nurzaman Adikusumah<sup>2</sup>  
(<sup>1</sup>RASC, Kyoto Univ. <sup>2</sup>LAPAN, Indonesia)

We conducted an observation campaign of the equatorial atmosphere dynamics over Indonesia by means of radiosondes during Nov. 10, 1992 and Apr. 10, 1993, at LAPAN in Bandung. GMS-4 satellite data were also employed to study cloud convection activity in the equatorial region.

Kelvin waves, with periods of 10 to 20 days, were dominantly observed in the lower stratosphere, and a 20-day Kelvin wave was mainly confined near the tropopause about 17km altitude. We further found modification of the tropopause structure and the time series of maximum cloud-top height around Bandung corresponded well to the temperature structure effected by Kelvin waves.

1. はじめに

92年から93年にかけてインドネシアにおいて行われたラジオゾンデ観測の結果を用いて赤道大気波動の解析を行った。また気象衛星ひまわり(GMS4)から得られたインドネシア付近の赤外放射温度データより大気波動と積雲活動の関連を調べた。

2. ラジオゾンデ観測と気象衛星データ

1992年11月16日から1993年4月10日(2度の欠測期間を含む)にかけて、インドネシアのバンドン(6.90°S, 107.60°E, 740m MSL)において410回のラジオゾンデを1日4回放球し、気温・気圧・相対湿度・水平風速を高度分解能150mで測定した。このうち高度18kmには88%、30kmには71%のゾンデが到達している。

一方気象衛星センターを通じて入手した1993年1月10日から2月20日までのGMS4-VISSRデータ(1日1回)より得られた赤外放射温度とバンドンにおける1993年1-2月の平均温度プロファイルから、バンドンの周辺(半径500km以内)約800点における雲頂高度を推定した。

3. 解析結果

93年1月から2月にかけて対流圏界面から下部成層圏にわたって東西風お

よび温度場にも同期20日前後の下向きに位相伝播する擾乱が確認された。両者の位相関係から、この擾乱は上向き群速度を持つケルビン波であると考えられる。とりわけ顕著な1月下旬の東風から西風への変化については、気象庁各観測所データを用いたNishi(1994)の解析により、西太平洋上を東進する波動であることがわかっている。また同じ時期に対流圏では30-60日変動と思われる11km付近に筋を持つ構造の東西風の変動が見られる。

バンドン周辺での平均的な雲頂高度はラジオゾンデで測定された相対湿度の高い領域と良く一致しており、対流圏で東風が西風へ変わる1月20日前後に最も高くなっていることから、スーパークラスターの取壊れが通過したことを検出したものと考えられる。また最高高度は1月下旬を境に17kmから14km程度へと低下しているが、これは観測されたプラント・バイサラ変動数(N<sup>2</sup>)の変化によく対応している。

この時期の前後でそれぞれ東西風・湿度場からケルビン波と思われる20日周期成分を取り出した結果、下向きの位相伝播が始まる高度が16kmから13kmへと低下していることがわかった。

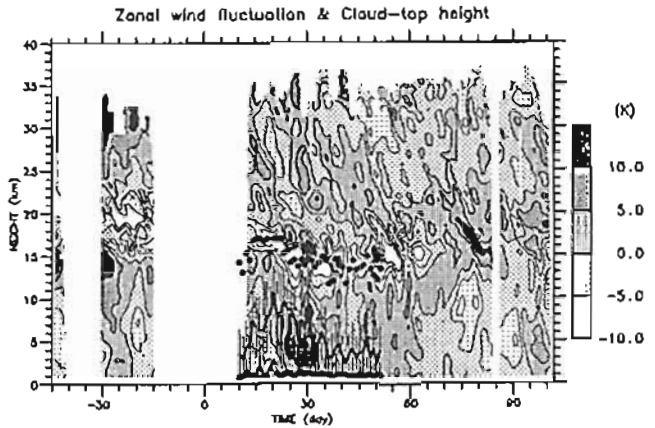


図 東西風に4日以上のローパスフィルターをかけたものの時間高度断面にバンドン周辺の積雲の最高高度(○)、平均高度(太線)を重ねて描いたもの。横軸は93年1月1日を1とした日数。

MU-radar Observation of Mean Wind Influence on the Anisotropy of Internal Gravity Waves in the Middle Atmosphere

N.M.Gavrilov, S.Pukso, T.Nakamura, M.D.Yamanaka and M.Yamamoto,  
(Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University)

\* On leave from Atmos. Phys. Dept., Salat Petersburg University, Russia

When internal gravity waves (IGW) propagate in the atmosphere, the variance of horizontal velocity perturbations  $\sigma^2$  depends on azimuth  $\varphi$ . If the wave process is isotropic, i.e. numbers and energies of IGWs propagating in any direction are the same, one has to anticipate the circle shape of the curve  $\sigma^2(\varphi)$  in horizontal plane. But if the wave process is not isotropic,  $\sigma^2(\varphi)$  looks like tilted oval (see [Ebel et al., 1987; Gavrilov et al., 1994]). The tilt angle gives the azimuth of the predominant direction of IGW propagation, and the ratio of the major oval axis to the minor one is the characteristic of IGW anisotropy.

As IGWs in the middle atmosphere strongly interact with mean wind, one should anticipate a connection between the distribution of  $\sigma^2(\varphi)$  and mean wind. Study of the connection has been made using MU-radar data. Wind fluctuations observed during a given day are filtered into three frequency domains. The first includes mean value plus 24-, 12-, 8- and 6-hour tidal harmonics and is considered as mean wind for the day. The second domain contains medium frequency IGWs having periods from 0.5 hr up to 6 hr. The third part includes perturbations with periods less than 0.5 hr. Observations with MU radar simultaneously in 5 points of the sky give possibility to obtain value and azimuth of mean wind as well as the distribution of  $\sigma^2(\varphi)$ .

Examples of IGW intensity ovals along with the mean wind are shown in Figure for medium and high frequency IGW components. The thick lines in Fig. show the direction and value of the mean wind. One can see clockwise rotation of mean wind with the increase in altitude. Also one can see corresponding clockwise rotation of IGW intensity ovals tilt (see Fig.).

So, results of observations with MU radar show connection between predominant directions of IGWs propagation and mean wind. The reason of that should be interaction between waves and mean wind, which may modify the IGW intensity along the mean wind direction and so influence the shape of  $\sigma^2(\varphi)$  distribution.

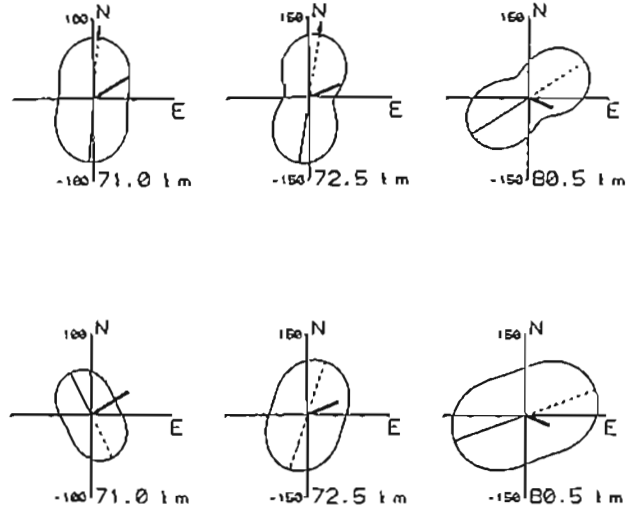


Fig. Distributions  $\sigma^2(\varphi)$  ( $m^2/s^2$ ) in horizontal plane for medium frequency IGW (top plots) and high frequency IGW (bottom plots) on 3 February 1987. Numbers means altitude. Thick lines show directions and value of mean wind (in  $m/s$ ).

References

Ebel A., A.H.Manson and C.E.Meek. J. Atmos. Terr. Phys., v.15, No.10, 707-718, 1983  
Gavrilov N.M., A.H.Manson and C.E.Meek. Ann. Geophys., 1994, in press

山中 大学 (京大・超高層)

An Estimation of Gravity-Wave Momentum and Energy Fluxes from the Middle Atmosphere to the Upper Atmosphere: Part III

Manabu D. Yamanaka (RASC, Kyoto U.)

Yamanaka & Fukao's (1994) model of the gravity-wave momentum and energy fluxes through the middle atmosphere is extended by including seasonal and meridional variations. An equatorial maximum of wave energy in the lower stratosphere and a winter maximum of dominant vertical wavenumber in the mesosphere are suggested.

第1報 (1991年秋)・第2報 (1992年春) では、中層大気中の各高度  $z$  で卓越して観測される重力波の鉛直波数  $m$  と周波数  $\omega$  を

$$m \approx \left( \frac{2\pi}{1.5 \text{ km}} \right) \exp\left(-\frac{z}{34 \text{ km}}\right), \quad \omega \approx \frac{f}{0.3}, \quad \text{sgn}\left(\frac{m}{\omega}\right) = -1 \quad (1)$$

とパラメタライズし、これらはいろいろな源から発生した無数の波のうちそこでちょうど飽和するものが「準単色」的に選別されて現れているものと考え、エネルギー・運動量鉛直束の鉛直分布を見積もった (Yamanaka & Fukao, 1994).

本報告では、このモデルに緯度・季節変化を加味することを検討するため、前報までは無視していた慣性効果 (分散関係式における Coriolis 因子  $f$ ) をも (WKB 近似の範囲内) で正しく考慮する。このとき各高度での波の「強度」は

$$\overline{(u')^2} \equiv \overline{(u')^2} + \overline{(v')^2} \approx \frac{a^2}{2} \frac{1 + (f/\omega)^2 N^2}{1 - (f/\omega)^2 m^2}, \quad \left(\frac{T'}{T}\right)^2 \approx \frac{a^2}{2} \frac{N^4}{g^2 m^2} \quad (2)$$

で与えられる水平風速・温度分散で評価できる ( $a \approx 1$  は飽和条件で決まる係数)。従って慣性効果は水平風速振幅あるいは波の運動エネルギーを増大 (変化の現れない有効位置エネルギーと同等の分配を被験) させるが、(1) の仮定下では増大は僅かであり緯度変化も現れない。

次に運動量やエネルギーの「鉛直束」(それぞれ  $M$  と  $E$ ) は、群速度が (2) における慣性効果を補償するように変化する。非慣性波と全く同じ

$$|M| \equiv \overline{p(u'w')^2 + (v'w')^2}^{1/2} \approx \frac{a^2}{2} \frac{\overline{p} N \omega}{m^2}, \quad E \equiv \overline{p'w'} \approx \frac{a^2}{2} \frac{\overline{p} N^2 \omega}{m^2} \quad (3)$$

となる。なおここでは臨界高度へ向け上伝する波群を考慮するので、 $M$  は平均水平風速の鉛直シフトと同じ向き (北 (南) 半球では平均水平風速勾配の左 (右) 手直角) となり、各高度ではこの向きの運動量が上方輸送されている (ベクトルの高度差が平均流加速に寄与; 昨年春・秋に報告) ことになる。

中間圏界面付近から上方では分子拡散効果が無視できないが、波を飽和振幅に保つに要する拡散係数  $D$  ( $\propto -N^{-2} \rho^{-1} \partial E / \partial z$ ) が分子拡散係数  $\nu$  ( $\propto \rho^{-1}$ ) と鉛直波数  $K$  の和とすれば、 $K \equiv D - \nu = 0$  となる高度 ( $z \approx 115 \text{ km}$ , 均質 (乱流) 圏界面に相当) より下方の重力波の振幅は、結果的には  $D$  (分子拡散なしの  $K$  に等しい) で決まる (本年春に報告) ので、(3) 式は修正不要である。また非 Boussinesq 効果は  $m^2 - m^2 + (2H)^{-2}$  と置き換えて容易に評価できるが、下部熱圏までの高度領域ではあまり問題にならない。

以上の検討から、もし (1) が普遍的に成立つとすると、波の強度・鉛直束の緯度・季節変化の要因としてまず考慮すべきは Väisälä-Brunt 周波数  $N$  の変化である。CIRA86 から  $N$  を計算すると下部成層圏では赤道域の方が中高緯度に比べ、また上部成層 (中間) 圏では夏 (冬) 半球が冬 (夏) 半球に比べて数割大きくなるので、(2) の重力波「強度」は下部成層圏では赤道域が中高緯度に比べ数割大きく、上部成層圏と中間圏では (それぞれ冬と夏に大) 赤道は中くらいとなる。(3) の「鉛直束」もやや弱いが同様な大小関係となるが、こちらは  $N$  よりむしろ周波数  $\omega$  (あるいは水平波数ベクトル  $k_H$ ) の向きが  $M$  の向きに他ならない) への依存性が重要であり、(1) をそのまま (3) に代入すると赤道上で  $M$  や  $E$  は 0 となってしまう。何れにせよ「強度」と「鉛直束」の極大は異なる緯度・季節にあってもよさそうである。

上記の予測と比較すべき観測結果は場所・領域ともいまだ断片的であるが、 $N$  依存性の指摘された重力波「強度」については、下部成層圏中〜低緯度では予測と同様な傾向が見える (Ogino et al., 1994) のに対して、中〜上部成層圏では中緯度帯に 1~2 箇所の極大があり (Hirota, 1984), 中間圏では低緯度側で強いようである (Tsuda et al., 1994a)。なお  $N$  依存性が弱く現れない  $K$  ( $\approx D$ ) の季節変化も、重力波強度と同様である (Fukao et al., 1994)。従って特に中間圏の卓越波数  $m$  は (1) のように高度のみでは規定されず、 $N$  の変化を上回る季節・緯度の増減が示唆される (Nakamura et al., 1993 の図にはその傾向あり)。一方、「鉛直束」については、大きく依存するはずの  $\omega$  (あるいは  $k_H$ ) が理論的關係や仮定を介した間接推定となるため、(1) のような  $f$  との比例関係 (Hirota & Niki, 1985 の中〜上部成層圏観測等に基く) にはまだ検討の余地がある。しかし赤道域で観測された重力波の  $\omega$  はかなり小さく (Tsuda et al., 1994b),  $M$  や  $E$  の極大は赤道の真上でなくその両側にあると予想される。

C42-08 上部成層圏内部重力波の  
鉛直伝播特性の観測

前川 泰之<sup>1</sup>、深尾 昌一郎<sup>2</sup>、山本 節<sup>2</sup>、山中 大学<sup>2</sup>、津田 敏彦<sup>2</sup>、R.F. Woodman<sup>3</sup>  
1: 大阪電通大 2: 京大超高層 3: ヒカマルカ観測所

A Study on Vertical Propagation Characteristics of Upper Stratospheric Internal Gravity Waves

Y. Maekawa<sup>1</sup>, S. Fukao<sup>2</sup>, M. Yamamoto<sup>2</sup>, M.D. Yamanaka<sup>2</sup>, T. Tsuda<sup>2</sup>, and R.F. Woodman<sup>3</sup>  
1: Osaka Electro-Commun. Univ. 2: RASC Kyoto University  
3: Jicamarca Radio Observatory

We have been analyzing the upper stratospheric internal gravity waves observed by the Jicamarca VHF radar in Peru in Sept. and Oct. 1990. This experiment is the first attempt for the long term observations with high time and altitude resolution of the recently upgraded Jicamarca radar systems. It is found that the waves with periods of less than 1 h have a fairly continuous phase in heights. These waves have almost same frequency component from the lower stratosphere to the mesosphere, suggesting the presence of the same wave modes. The height profiles of the wave amplitudes are nearly inversely proportional to the square root of atmospheric density:  $\rho^{-1/2}$ , and the energy of the waves is not very much dissipated in the upper stratosphere.

Our previous analysis has revealed that the amplitude profiles normalized by the constant energy level of the oscillations at each height ( $\rho^{-1/2}$ ) indicate a distinct node (local minimum) around 30 and 60 km heights. Note that this vertical structure may correspond to standing waves with vertical wavelength of 60 km, and the boundary condition where the vertical oscillation must be diminished on the ground may be satisfied. However, it is not easy to resolve the vertical scale component with  $\lambda_v \sim 60 \text{ km}$  by a spectral analysis, since this scale is similar to the entire observational height range from 20 to 80 km. In this case, a predominant vertical scale component is inferred by the least-squares fit of sinusoids for the individual height profiles, that is, the sinusoids with vertical wavelength from 20 to 100 km are successively fitted to each normalized height profile, and the average ratio of residual to amplitude is estimated for the fitted sinusoids. As a result, the ratio is found to be minimized around the vertical wavelength ( $\lambda_v$ ) of 60 km.

Figure 1 shows complex power spectra of the normalized vertical wind velocity which indicate upward and downward propagating components with vertical scale of 60 km, respectively. These spectra have been calculated using time series of cosine and sine coefficients of the sinusoidal function fitted to each height profile with vertical wavelength of 60 km. The upward propagating component (thick line) is, as a whole, larger than downward propagating component (dashed line) on Sept. 28, 1990. This feature is also found on Sept. 27 and Oct. 2, 1990. Thus, the observed standing wave-like structure of vertical profiles seems to be formed by the internal gravity waves which may be generated near the ground and subject to reflection at the upper mesosphere (Hines, 1960), corresponding to "ducted modes" composed of upward and downward propagating waves between the ground and the upper mesosphere.

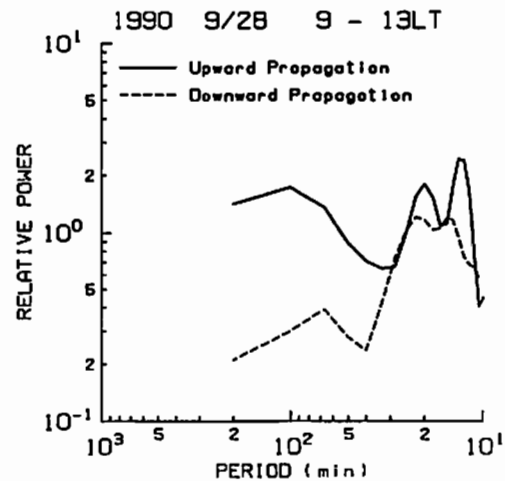


Fig.1 Complex power spectra of upward (thick line) and downward (dashed line) propagating component with vertical scale of 60 km observed on Sept. 28, 1990.

MU レーダーに附加する流星観測用電波干渉計の開発

中村 卓司、梶 雅基、津田 敏雄、山本 尚、深尾 昌一郎 (京大超高層)

Takuji Nakamura, Masaki Tsutsumi, Toshitaka Tsuda, Mamoru Yamamoto, Shoichiro Fukao (RASC, Kyoto Univ.)

We have developed an external interferometer, a new meteor observation system, attached to the MU radar. This system consists of external antennas, receivers and detectors, and a data taking subsystem, and is designed to observe meteor echoes during the miscellaneous observation modes of the MU radar in order to extend the total observation period of the meteor height (80-100km). We have installed all the hardware and started to record meteor echoes. The system design and preliminary results are introduced in this paper.

MU レーダーを使った流星観測では、高出力電力 (1MW ピーク) とフレキシブルなレーダー制御システムを利用して、他の流星レーダーにない高精度かつ高分解能の観測を実現し、また拡散係数から湿度を求める手法を開発して、重力波やブクネリ波などの観測に応用してきた。しかしながら、中間圏界面付近の重力波、潮汐波、ブクネリ波といった種々の時間スケールの波動の混在する領域を捉えるには、年数回割り当てられる MU レーダーの流星観測時間では甚だ不十分である。そこで、MU レーダーに受信用アンテナを附加し、4 台ある受信系の空きチャンネルを使って流星エコーを受信してデータを取得することにより、MU レーダー他の観測中にも流星観測が実施できるような、外付け電波干渉計システムが提唱され、文部省科学研究費 (創成的基礎研究費) 「西太平洋域における大気-海洋結合系のダイナミクスの観測」のプロジェクトの一環として開発が進められた。

現行 MU レーダーを用いた実験観測を経て、MU レーダー実時間データ取得装置に附加してデータを取り込む流星データ検出/取得用ハードウェアを平成 5 年度に開発し、本年度より試験的な観測を開始した。本年 7 月の E 層 FAI 観測モード時、および 8 月の流星観測モード時に干渉計システムの動作試験を行ったので、システムの紹介とともにその結果を紹介し、本システムの特徴を報告する。

干渉計システムは、アンテナはターンスタイルアンテナを使用、MU レーダーアンテナレイの近傍に 0.57 波長の間隔で正三角状に 3 本を設置、MU レーダー送受信モジュールを使用して、受信波を 6MHz の IF (中間周波) に変換した後、MU レーダー観測室内の増幅機で直交変換し、MU レーダー実時間データ処理システムでパルスコード変調を復調し、モニタ出力として 19bit デジタル信号が出力される。速度は、最高 1MHz のデータレートである。

干渉計データ取得装置は、CPUi486/66MHz 搭載の DOS/V パソコンに専用のハードウェアを搭載して構成されている。ハードウェアは、MU レーダー現行システムで取得された流星エコーの性質を吟味してシステム設計したもので、基本的には京都大学流星レーダーのハードウェアシステムの流星検出およびサンプル機能を、デジタル信号処理機能で実現した複素信号入力デジタルピークホールド/サンプルホールド回路である。ハードウェアの設計制作は、佐伯電子社に依頼した。ハードウェアは、モニタ出力の 19 ビット信号を入力し IIP (送信パルス間隔) 内の受信信号の最大値 (|I|+|Q| の最大値) をピーク値としてホールドし、その時の各受信チャンネルでの I,Q 両極送信信号と、そのレンジ値を保持する。データは次の送信パルスの後に CPU に読み込まれる。ビーム方向等のレーダーのステイクスも併せて CPU に取込まれる。ソフトウェアは、同一送信ビームで 2 回連続スレシホールドをこえる受信信号があると流星検出として以後一定時間データを記録する。同一レンジでのピークが 2 回連続すれば、以後はハードウェアのサンプルレンジを固定してサンプルホールドモードで動作する。

これまでの試験観測では、データを良好に取得している模様であり (図 1)、流星観測モード時に MU レーダーと干渉計で同時にサンプルされたデータについて比較検証をおこなっているが、良い一致が示され、干渉計システムのデータ取得部の動作が良好であることが確認できた。今後、MU レーダー標準観測モード時に並行観測できるように制御ソフトウェアを整備していき、MU レーダーでの流星エコー観測による高度 80-100km の風系の準定常的モニターを行っていく予定である。

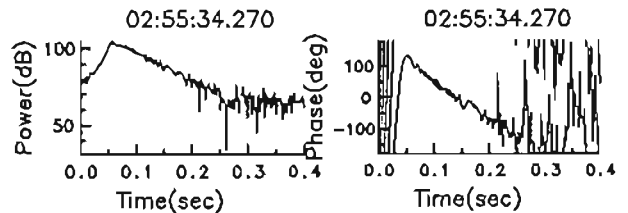


図 1 1993 年 8 月 14 日に MU レーダー外付け干渉計システムで記録された流星エコーの強度 (左) と振幅 (右)。特に流星飛跡形成時の振幅位相変化 (0.05 秒までの部分) が従来の流星観測より高サンプルレートで詳しく取得されており、流星突入速度等の新しい情報も得られる。

流星を利用したレーダー観測による 2 日周期波の風速、温度変動同時観測

梶 雅基、津田 敏雄、中村 卓司、深尾 昌一郎 (京大超高層)

Masaki Tsutsumi, Takuji Nakamura, Toshitaka Tsuda, Shoichiro Fukao (RASC, Kyoto Univ.)

We studied characteristics of both wind velocity and temperature fluctuations due to a two day wave near the mesopause by means of meteor echo measurements with the MU (middle and upper atmosphere) radar in Shigaraki, Japan (35°N, 136°E) and a meteor wind radar near Jakarta, Indonesia (0°S, 107°E). A two day wave was conspicuously enhanced on July 12-10, 1993 at both Shigaraki and Jakarta. Temperature and northward wind were in-phase in Shigaraki, and they became anti-phase in Jakarta. The phase lag of the fluctuations between the two sites suggested that this wave propagated westward with a zonal wavenumber of three. In Jakarta two day wave in both wind and temperature fields showed clear enhancements during the periods corresponding to summer months in each hemisphere, especially in January 1993. Phases of temperature preceded those for northward wind by 180-225° when enhanced two day wave was seen in northward component, indicating their anti-phase relation in the southern hemisphere. These results strongly support that the two day wave near the mesopause can be interpreted as the (3, 0) mode of a Rossby-gravity wave with zonal wavenumber of three.

本研究では京大超高層電波研究センターの運用する滋賀県信楽町の MU レーダー (35°N, 136°E) およびインドネシア国ジャカルタ郊外の流星レーダーを用い、流星エコーを利用した中間圏界面付近の風速および温度変動観測を行っている。本報告では温度場、風速場と同時に捉えられた 2 日周期波の解析結果を報告する。2 日周期波は中間圏界面付近において夏期半球の中高緯度で卓越する波動として知られており、これまでに風速場あるいは温度場のみの観測により西進する東西波数 3 の混合ロスビー-重力波であろうとされているが、風速場および温度場の同時観測による確認はこれまでなされていない。

図 1 に 1993 年 7 月 12-10 日に高度 90 km において観測された風速および温度変動成分を示す。なお各時系列から大気潮汐波の成分は取り除いてある。信楽、ジャカルタともに風速および温度変動は非常に良く似た時間変動を示しており、特に温度場および風速場双方で 2 日周期変動が卓越成分として捉えられているのが注目される。図 1 から北半球に位置する信楽では 2 日周期波動の北向き風成分と温度変動はほぼ同位相であり、南半球に位置するジャカルタでは逆位相であることが伺え、これは混合ロスビー-重力波理論の予測と良い一

致を示している。また 2 地点での北向き風成分の位相差からこの波動は西進する波数 3 の波動と考えるのがもっとも妥当であった。

1992 年 11 月からほぼ 1 年にわたるジャカルタでの 2 日周期変動の観測を踏めた結果、南北両半球の夏期に相当する時期に風速場、温度場ともに大きな振幅を示した。これはジャカルタは赤道近くに位置するため両半球の 2 日周期波の活動が観測されるためと考えられる。また 2 日周期変動の卓越時期にはその周期は風速場と温度場ではほとんど同じ値を示しており、ともに同じ波動の活動によることを強く示唆している。さらに 2 日周期変動の活発な活動の得られた期間には温度変動の位相は北向き風速成分の位相に対して 180-225 度の逆相位相であり、両者はほぼ逆位相に保たれていた。

以上の結果はこれまでの 2 日周期波動の観測および理論的研究の結果を強く支持している。

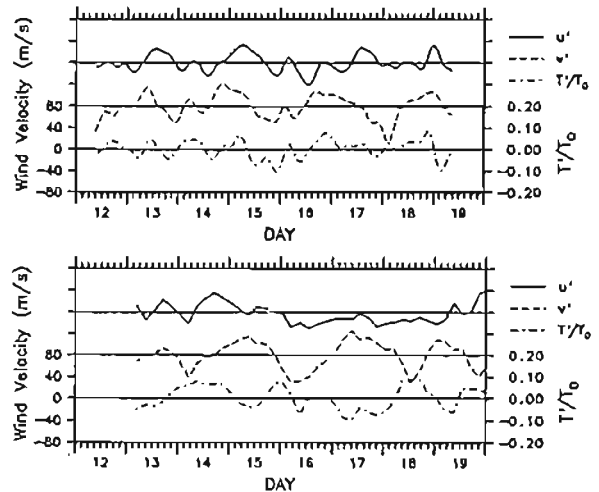


図 1993 年 7 月 12-19 日に信楽 (上図) およびジャカルタ (下図) で観測された高度 90 km における東西 (実線)、南北 (破線) 風および温度変動 (一点鎖線)。大気潮汐波成分を取り除いている。

**Simultaneous observations of mesospheric gravity waves with the MU radar and sodium lidar**

\*S. P. Namboothiri<sup>1</sup>, T. Tada<sup>1</sup>, M. Tsutsumi<sup>1</sup>, T. Nakamura<sup>1</sup>,  
C. Nagasawa<sup>2</sup>, M. Abo<sup>2</sup>  
(1: RASC, Kyoto Univ. 2: Tokyo Metropolitan Univ.)

**Abstract**

Simultaneous mesospheric observations have been carried out using the MU radar at Shigaraki (34.9°N, 136.1°E) and the sodium lidar at Tokyo, Hachioji (35.6°N, 139.4°E). A new method is introduced in order to check the gravity waves at both the locations. The study utilizes 7 hours of the data collected on the night of December 15-16, 1993. Using hodograph analysis, dominant gravity waves and their characteristics have been extracted. Employing the gravity wave dispersion and polarisation relations, the wave induced neutral density perturbations are calculated and compared with the corresponding density perturbations derived from the sodium density measurements by the sodium lidar. The results suggest that the radar and the lidar see the same gravity waves at both the locations.

**Introduction**

Radars and lidars play an important role in the study of dynamics of the middle atmosphere. The neutral atmospheric density perturbations are one of the parameters to investigate gravity waves in the middle atmosphere. In this paper we made an attempt to check the gravity wave events at the MU radar and sodium lidar sites by observing the wave induced neutral density perturbations.

**Results**

Hodograph analysis is very successful in the determination of the gravity wave parameters as well as the propagation directions. We conducted the hodograph analysis with the data collected with the MU radar. The analysis shows the dominance of monochromatic gravity waves in the period of observation. A statistical estimate of the gravity wave parameters indicated that

the wave propagated with a vertical wavelength of 16 km, intrinsic period of 9 hr and horizontal wavelength of 1750 km.

Using the gravity wave parameters, the neutral density perturbations for the MU radar site is determined and compared with the corresponding density perturbations obtained with the sodium lidar measurements. Figure 1 shows the density perturbations observed simultaneously with the MU radar and sodium lidar. Comparison of the profiles is very encouraging, the amplitudes and phase patterns show considerable resemblance. A maximum density perturbation of 7% is observed for both the measurements. The variance analysis conducted also shows good agreements between the two observations.

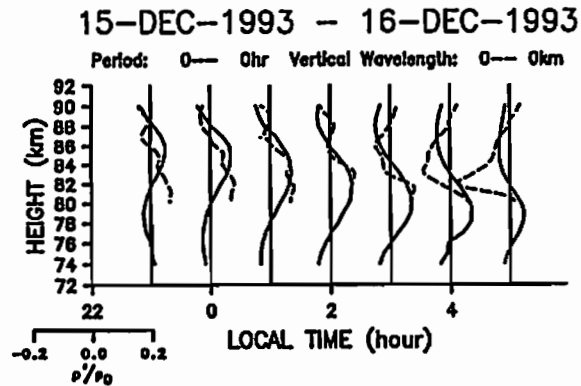


Fig. 1. Simultaneous measurements of wave induced atmospheric density perturbations with the MU radar (solid line) and sodium lidar (dashed line).

**Concluding Remarks**

The present study utilizing the data collected with the MU radar and sodium lidar reveals a powerful method to interpret the gravity wave events observed simultaneously at different locations. From the results it can be concluded that the radar and lidar see the manifestations of the same gravity waves at both the locations.

**C42-12 夜光雲の振動形成にともなう  
ポーカフラット・レーダーエコーの  
振動的振舞**

\*杉山卓也<sup>1</sup>, 村岡良和<sup>2</sup>, 寒川尚人<sup>3</sup>, 深尾昌一郎<sup>1</sup>  
(<sup>1</sup>京大・超高層, <sup>2</sup>兵庫医大, <sup>3</sup>京大・理)

**Oscillatory Behavior of Pokar Flat Summertime  
Echoes Associated with Noctilucent Cloud  
Formation**

\*T. Sugiyama<sup>1</sup>, Y. Muraoka<sup>2</sup>, H. Sogawa<sup>3</sup> and S. Fukao<sup>1</sup>  
(<sup>1</sup>Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University,  
<sup>2</sup>Hyogo College of Medicine, <sup>3</sup>Faculty of Science, Kyoto University)

We analyzed polar mesospheric summertime echoes observed with Pokar Flat radar in 1984, and found that strong echoes occurred mainly with a period of 5 days. We consider that the periodic formation of the echoes is associated with the oscillatory formation of noctilucent clouds with heavy proton hydrates as their origin. Also we simulated formation of noctilucent clouds in a wide variety of the humidity conditions. The results show that a bifurcation of cloud formation between steady and oscillation occurs in accordance with an increase of water vapor in the mesosphere.

我々は、アラスカのポーカフラット・レーダーで観測された夏極中間圏エコーの時系列(図1)を最大エントロピー法で周期解析した。その結果、約5日の周期が卓越していることが見出された(図2)。

我々は、このエコーの周期発生は、夜光雲の振動形成に伴うものであると考える。

夜光雲の振動形成は以下のように考えられる。夜光雲の凝結核が、現場で生成されるプロトン・ハイドレイトである場合、製造される凝結核の数は現場の水蒸気量に大変敏感である。中間圏の水蒸気量が少ない場

合には、凝結核の数が少なく、定常な雲の形成となる(図3)。しかし、中間圏の水蒸気量が多い場合には、凝結核の大量生産が容易に起きる。そして、重力沈降する多くの凝結核に水蒸気が凍結すると、周囲の湿度が下がる(フリーズ・ドライ)。その結果、凝結核製造が休止する。雲底で氷粒子が蒸発し、水蒸気が拡散して凝結核製造領域にもどるには有限の時間を要する。このような凝結核の振動形成(図3)は雲の明るさの振動をもたらす。

凝結核に電子が付着する。凝結核の数が自由電子の数より多いと、電子の減少が目立つ。雲の振動形成にともなう、電子の局所減少領域では電子密度の勾配が大きく、ここに中間圏で優勢な乱流があると、不均質な気塊の上下動は電子密度の濃淡を生み、電波に対する屈折率の濃淡となる。

結局、エコーの振動形成は、夜光雲のプロトン・ハイドレイト起源を検証するものであると考える。

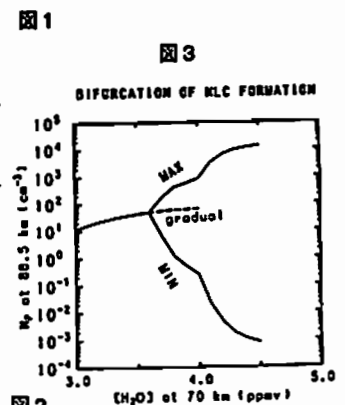
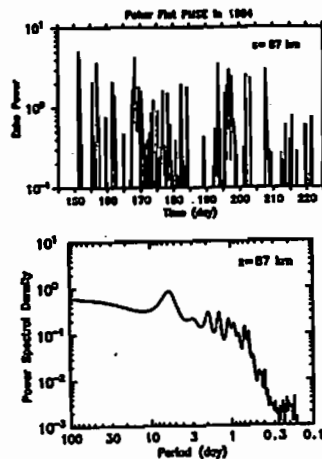


図2

図3

\*K. Igarashi<sup>1</sup> and I. Nishimuta<sup>2</sup>

1: Communications Research Laboratory (CRL)

2: Yamagawa Radio Observatory, CRL

MF radar was built in Yamagawa Radio Observatory of CRL (geographic: 31.20°N, 130.62°E; geomagnetic: 20.4°N, 198.3°). This MF radar can make wind measurements over the 60 – 100 km height region during the day, and the ~ 78 – 100 km height region at night with time resolutions of a few minutes and height resolutions of a few kilometers. MF radar system is unique and useful system for studying the fundamental properties of the upper atmosphere, including vertical structure of winds in the mesosphere and lower thermosphere; turbulent and stable layer characteristics; atmospheric planetary, tidal, gravity wave characteristics; investigation of scattering mechanism of MF radiowaves; studies of energy and momentum within the upper atmosphere; atmospheric wave generation, propagation and dissipation, and so on. Yamagawa MF radar specifications are shown in Table 1. Figure 1 shows the antenna configuration. The transmitting antenna are two pairs of single wire dipoles which are supported with four concrete poles of 30 m high. Three receiving antenna pairs of crossed dipoles are arranged at the corner of triangle and 15 m high above the ground. This MF radar will be operated continuously from September, 1994. We present preliminary observation results from Yamagawa MF radar.

**Acknowledgments:** We wish to appreciate Prof. R. A. Vincent of Adelaide University for support in the MF radar system construction at Yamagawa. The authors would like to thank Drs. Tsuda and Nakamura of RASC of Kyoto University for their help and valuable comments to this project.

Table 1. Yamagawa MF radar system specifications

Peak Envelope Power	50 kW RMS
Operating Frequency	1.955 MHz
Half Power Pulse Width (adjustable)	15 – 50 μS (30 μS typ.)
Pulse Power Pulse Width (adjustable)	5 – 30 μS (15 μS typ.)
Half Power Bandwidth	30 kHz typ. (60 kHz max.)
Number of Heights per Sample	1 – 40
Pulse Repetition Frequency	20, 40, 80 Hz
Integrations (Tx pulses) per Sample Point	4, 8, 16, 32
Samples per Data Set	128, 256, 512

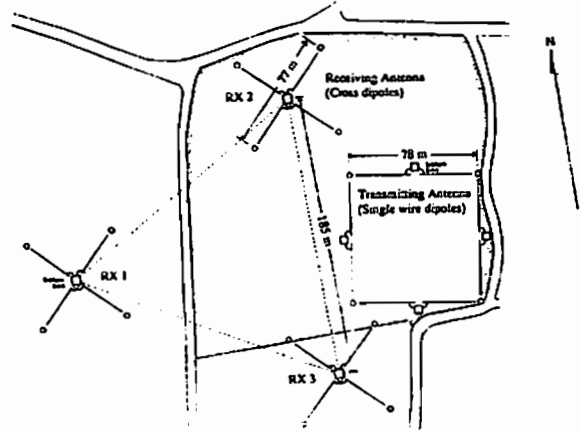


Figure 1. MF radar antenna configuration at Yamagawa

磁気嵐に伴う大気重力波の励起に関する研究

\*藤弘 篤, 柴田 喬 (電気通信大学)

Study on the excitation of atmospheric gravity waves associated with substorm

\*A. Fujiihiro, T. Shibata

(Univ. of Electro-Communications)

The most likely candidates for the excitation sources of atmospheric gravity waves (AGW) and of associated traveling ionospheric disturbances (TID) seem to be the Lorentz force and Joule heating in the auroral ionosphere. A model calculation is performed here, by which the spectrum structure of the anticipated AGW may be assessed.

極域の超高層大気が磁気嵐などによって電磁的に乱された時に、移動性電離層擾乱 (Traveling Ionospheric Disturbances (TID)) がしばしば観測される。この TID がオーロラ帯で励起された大気重力波 (Atmospheric Gravity Waves (AGW)) によるものであることは、今や明白である。AGW の励起源としては、磁気嵐の時に極域電離層中を流れるオーロラジェット電流による Joule heating と Lorentz force が有力視されている。本研究では、AGW の励起源として極域電離層中に局在化したエネルギー源を想定し、それがオーロラの運動に伴って電離層中を移動する場合に励起される AGW のスペクトル構造がどうなるかを、数値解析を通じて明らかにする。

AGW を記述するための基本方程式は、大気の流れの式、運動方程式、熱力学方程式である。ここで取り扱う大気は、等温で、散逸がなく静的であると仮定し、波源としてオーロラジェット電流による Joule heating (Q) と Lorentz force (F) を考えたと、それぞれ次のように表せる。

$$\frac{Dp}{Dt} + \rho \nabla \cdot v = 0 \tag{1}$$

$$\rho \frac{Dv}{Dt} = -\nabla p + \rho g + \rho F \tag{2}$$

$$\frac{Dp}{Dt} - C^2 \frac{D\rho}{Dt} = (\gamma - 1)\rho Q \tag{3}$$

ここで、 $D/Dt$  はオイラー型の時間微分オペレーターで、 $D/Dt = \partial/\partial t + v \cdot \nabla$  であり、 $\rho$  は大気質量密度、 $p$  は圧力、 $v$  は速度、 $C$  は音速、 $\gamma$  は比熱比、 $g$  は重力加速度である。波動は、静力学的平衡状態にある大気と与えられた微小擾動と考えることとし、密度  $\rho$  および圧力  $p$  は、静止量と擾動量に分けて、それぞれ、 $\rho = \rho_0 + \rho_1$ 、 $p = p_0 + p_1$  とする。また背景風は無視しているので、速度  $v$  は擾動量そのものである。以上の条件のもとに (1)~(3) 式に時間 Fourier 変換を施してまとめると、 $\rho_1, p_1, v$  の Fourier 成分に関する微分方程式が導かれる [1]。

$$\frac{\partial^2 \rho_1}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \rho_1}{\partial y^2} + A \frac{\partial^2 \rho_1}{\partial z^2} + B \rho_1 = P_1 \tag{4}$$

ここで、 $A = \frac{v_0^2}{c^2 - v_0^2}$ 、 $B = \frac{v_0^2}{c^2 - v_0^2} \left( \frac{v_0^2}{c^2} \right)$  であり、擾動パラメータベクトル  $\Phi_1$  は

$$\Phi_1 = [\rho_1, p_1, v_x, v_y, v_z]^T$$

ここで、添字の  $\omega$  は時間 Fourier 成分を、上付き  $k$  は転置を意味する。また、 $\omega_B$  は Brunt-Väisälä 周波数、 $\omega_a$  は acoustic cutoff 周波数、 $x, y, z$  はそれぞれ南、東、鉛直上方向を意味している。 $P_1$  は波源を含む項で、非常に複雑な形をしているのでその詳細は省略する。

例えば、擾動パラメータとして気圧の項 ( $p_1$ ) に注目し、それに関して (4) 式を空間 Fourier 変換すると次の様な解が得られる。

$$\frac{P_1 \omega, \alpha, \beta, \gamma}{\rho_0} = \frac{P_1 \omega, \alpha, \beta, \gamma}{\alpha^2 + \beta^2 + A\gamma^2 - B} \tag{5}$$

ここで、 $\alpha, \beta, \gamma$  は、それぞれ  $x, y, z$  方向の波数成分であり、 $P_1$  は気圧擾動に対する波源項である。波源が、南北方向に沿って、一定速度  $V_0$  で運動しているポイントソース ( $\delta(x - V_0 t) \delta(y) \delta(z)$ ) である場合を考えると、波動項は  $P_1 \omega, \alpha, \beta, \gamma \propto \delta(\omega - \alpha V_0)$  となる。これを用いて、まず、ポイントソースに対する解  $\Phi_P$  を求める。その解を次の様に積分することにより、長さ  $2L$  ( $y$  方向) のラインソースに対する解  $\Phi_L$  を求めた。

$$\Phi_L(\omega, x, y, z) = \int_{-L}^L \Phi_P(\omega, x, y - y', z) dy'$$

以上の方法により、波源の速度  $V_0$  のマッハ数  $m$  が  $m > 1, 1 > m > m_0, m < m_0$  の三つの場合について、それぞれ解が求められた。ここで、 $m_0 = \omega_B / \omega_a$  は AGW の  $x$  方向水平相速度を音速で正規化したものである。

参考文献:

[1] KATO, S., T. KAWAKAMI, and D. ST. JOHN, *J. Atmos. Terr. Phys.* 39, 581, 1977

EISCAT 観測による極域電離圏における  
大気重力波の鉛直構造

坂出 保雄<sup>1</sup>, 柴田 喬<sup>1</sup>, K.Schlegel<sup>2</sup>  
(<sup>1</sup>電気通信大学, <sup>2</sup>MPAE)

Vertical Profile of AGW Activities in the Auroral Ionosphere  
Observed with EISCAT

Yasuo Sakaide<sup>1</sup>, Takashi Shibata<sup>1</sup>, Kristian Schlegel<sup>2</sup>  
(<sup>1</sup>Univ. of Electro-Communications, <sup>2</sup>MPAE)

The vertical profile of atmospheric gravity wave (AGW) activities for the 100~250 km altitude range in the daytime has been investigated by making use of the ion temperature data provided by Tromsø measurements in the EISCAT CP1 experiment. In order to investigate the fluctuation properties quantitatively, we have carried out the spectrum analysis on the fractional variations of measured ion temperature ( $dT_i/T_{i,0}$ ). The wave power profile vs height has been studied by integrating the power spectral density in each altitude.

EISCAT-UHF システムによるマルチパルス CP-1 観測モードでは、極域 E,F 領域の電子密度、電子及びイオン温度、イオンの視線方向のドリフト速度等を、高度 2.6km、時間 5 分の高分解能で観測している。本研究では、これらプラズマパラメータのうち中性大気の変動に追随していると考えられるイオン温度観測データを利用して、高度 100~250km 領域の電離圏擾乱を解析し、擾乱の元となっている大気重力波の鉛直方向プロファイルについて調査している。

筆者らは、この大気重力波の特徴を定量的に調査するために、相対変動量 ( $dT_i/T_{i,0}$ ) についてスペクトル解析を行った。ここで、 $dT_i$  はイオン温度の生データに 2 次元のフィルターをかけることにより高周波成分を取り除いた値  $T_i$  から、その  $T_i$  を時間幅 5 時間で移動平均をとった背景値  $T_{i,0}$  を差し引いた値である。また、高分解能のパワースペクトルを得

るために、スペクトル解析法として MEM を用いた。

さらに、定量的な調査を行うため、パワースペクトル密度を周波数  $0.012\text{min}^{-1}$  (周期 83 分) 前後で 2 つの周波数帯に分けて各高度毎に積分することにより、波動パワーの高度プロファイルを得た。図 1 はその結果の一例で、1992 年 4 月 2 日の 0906~1636 UT に観測された波動のパワープロファイルである。図中の一点鎖線は低周波帯域 ( $0.003\sim 0.012\text{min}^{-1}$ )、点線は高周波帯域 ( $0.012\sim 0.07\text{min}^{-1}$ ) のものを表している。

図より、(1) 高度約 180km 以下の領域では波動のパワーは低周波帯域のものが支配的で、(2) そのパワーは、高度約 150km 以下の領域で高度上昇に伴い増加する傾向にあるが、高度約 150~180km の領域では急減する傾向があることが分かる。

紙面の制約により、詳しい議論は発表時に譲る。

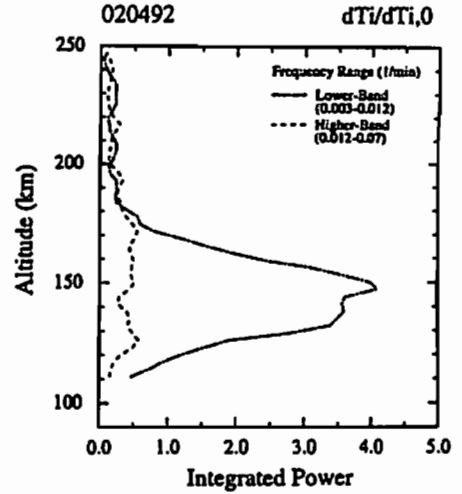


図 1 1992 年 4 月 2 日 0906~1636 UT に観測された波動のパワーの高度変化。



