

# 第94回

地球電磁気・地球惑星圏学会講演会

94th SGEPSS FALL MEETING

## 講演予稿集

## *ABSTRACTS*

と き 1993年10月12日(火)～14日(木)

ところ 神戸大学文理農学部キャンパス

*October 12-14, 1993*

*Kobe 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94回総会・講演会プログラム

日時 1993年10月12日(火)～14日(木)

場所 神戸大学文理農学部キャンパス

〒657 神戸市灘区六甲台町 1-1

Tel. 078-881-1212 (ex. 4433, 4467)

078-881-0803

Fax. 078-882-1549

		会場 9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
10月12日(火)	A		磁気圏1			(昼休み)	磁気圏1		磁気圏2			
	B		電離圏			(昼休み)	太陽風磁気圏相互作用	地球・惑星磁気圏構造				
	C		太陽圏		(昼休み)	岩石磁気・古地磁気・海洋磁気異常						
	P2								ポスターセッション(太陽圏)			
10月13日(水)	A					公開フォーラムA	特別講演会	写真撮影	総会			
	P1	ポスターセッション(固体地球、大気圏)			(昼休み)							懇親会(於：滝川記念会館)
	P2	ポスターセッション(太陽圏、電磁気圏)										
10月14日(木)	A	ULF波動			公開フォーラムB	磁気圏電離圏結合		オーロラダイナミクス				
	B	大気圏力学			(昼休み)	大気圏化学・放射						
	C	固体惑星		主磁場・ダイナモ	(昼休み)	地殻活動電磁気学・電気伝導度・磁場計測						

A会場(農学部 101教室) B会場(文学部 351教室) C会場(滝川記念学術交流会館 2F 会議室)  
P1、P2会場(自然科学研究科 1F, 2F 会議室)

- 講演時間15分(発表12分 討論3分)、または講演時間7.5分(討論なし)を厳守して下さい。
- 講演時間7.5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。
- 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、3日間展示できます。できるだけ初日より展示して下さい。
- 新企画「公開フォーラム」の案内は、プログラム最終ページにあります。

# PROGRAM AT A GLANCE

## 94th SGEPSS FALL MEETING

		9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Tue (12/10)	A		Magnetosphere 1			(Lunch)	Magnetosphere 1		Magnetosphere 2		
	B		Ionosphere			(Lunch)	SW-M Interaction	Magnetospheric Structure			
	C		Heliosphere			(Lunch)	Rock magnetism, Paleomagnetism & Marine Magnetic Anomaly				
	P2							Poster Session (Heliosphere)			
Wed (13/10)	A					Forum-A	SGEPSS Lecture	Group Photo	Plenary Meeting		
	P1		Poster Session (Solid Earth & Atmosphere)			(Lunch)					Buffet Party at Takigawa K.
	P2		Poster Session (Heliosphere & Iono-Magnetosphere)								
Thu (14/10)	A		ULF Waves		Forum-B	M-I coupling		Auroral Dynamics			
	B		Atmospheric Dynamics		(Lunch)	Atmospheric Chemistry & Radiation					
	C		Solid Planet	Main Field & Dynamo	(Lunch)	Tectonoelectromagnetism, Electric Conductivity & Field Measurement					

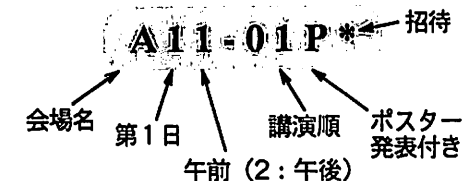
A (L. R. 101, Fac. Agriculture)    B (L. R. 351, Fac. Literature)    C (2nd fl., Takigawa Kinen Kaikan)

P1 & P2 (1st & 2nd fl., Grad. School of Sci. & Technol.)

Kobe University    Phone:078-881-1212 (ex 4433, 4467) or 078-881-0803

### 講演番号の読み方

オーラル

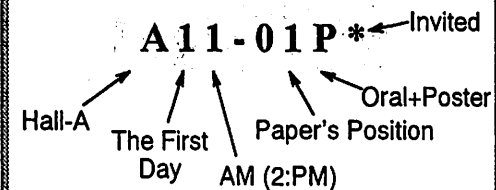


ポスター

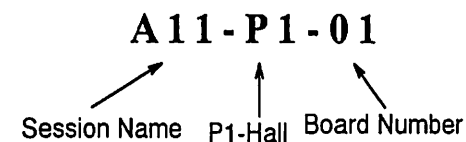


### Paper Information Key

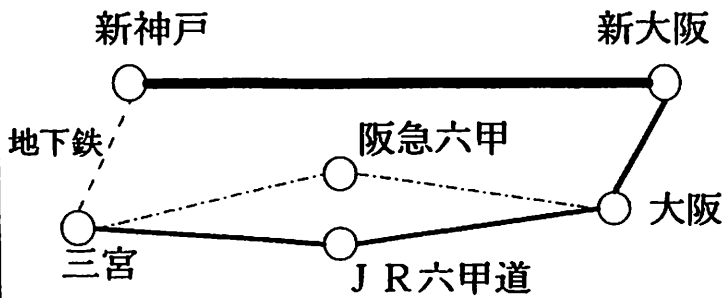
ORAL



POSTER



# 交通 M A P



- \* 新大阪駅から  
JR東海道線 (神戸線) 快速 27分
- \* 大阪から  
JR東海道線 (神戸線) 快速 22分  
阪急神戸線 特急 (西宮北口乗換) 急行・普通 30分
- \* 新神戸駅から  
地下鉄 三宮駅まで 2分
- \* 三宮から  
阪急神戸線 急行・普通 7分  
JR神戸線 快速・普通 5分

## \* 交通機関 \*

阪急六甲駅  
JR六甲道駅  
阪神御影駅



神戸市バス  
36系統  
「鶴甲団地行き」

「神大文理農学部前」下車

車でのご来場は、  
ご遠慮ください。

## 会場付近案内図



開始時間	A 会場	B 会場	C 会場
	A11 磁気圏 1 座長 早川 基 (宇宙研) 大村善治 (京大超高層)	B11 電離圏 座長 藤井良一 (名大STE研) 小山孝一郎 (宇宙研)	C11 太陽圏 座長 南 繁行 (大阪市大工) 宗像一起 (信大理)
9:30	A11-01 Analysis of Multiple Magnetopause Crossings Observed with Geotail 河野英昭、中村正人、林 幹治、山本達人、松岡彩子、早川 基、鶴田浩一郎、西田篤弘、國分 征、前沢 洸	B11-01 ロケット搭載用窒素振動温度計の開発 川島高弘、田辺 肇、小山孝一郎、鈴木勝久、市川行和、小川利敏、堤井信力	C11-01P Geotail LD センサーの地上テスト 小井辰巳、村木 毅、篠 智彰、道家忠義、菊池順、前沢 洸、永田勝明、柳町朋樹、B. Wilken
9:37.5			C11-02P 平磯における光学太陽望遠鏡開発の現状 秋岡真樹、西川 淳、磯辺 武、猪木誠二、近藤哲朗
9:45	A11-02 Characteristics of Whistler Mode Waves MGF Search Coil Observation on Geotail 1. 林 幹治、松井 洋、河野英昭、山本達人、國分 征	B11-02 Esサウンダー-NPE方探機能をもつイオンゾンデ 中村俊勝	C11-03P メートル波太陽電波バーストと「ようこう」で観測された太陽コロナ 巨 慎一、磯辺 武、「ようこう」SXTチーム
9:52.5			C11-04P 「ようこう」で観測された太陽軟X線コロナの自転の特徴 小塚幸央、小島正宜、渡辺 堯
10:00	A11-03 電子サイクロトロン高周波の不安定性とそのGEOTAIL衛星による観測 西村長実、松本 紘、L. A. Frank、B. Paterson、PWIチーム	B11-03 局所的な下部電離層の擾乱のもとでのVLF電波の伝搬—有限要素法による推定 馬場清英、早川正士	C11-05P MACROSTRUCTURE OF THE SOLAR CORONA—ANALYSIS OF THE YOHKOH SXT DATA— 斎藤尚生、小塚幸央、高橋忠利、常田佐久、小島正宜
10:07.5			C11-06P A Broad Interplanetary Disturbance Associated with a Coronal Neutral-Sheet Eruption on May 19, 1992 渡辺 堯、小島正宜、小塚幸央、秋岡真樹、谷田貝守、黒河 企、「ようこう」チーム
10:15	A11-04 GEOTAIL衛星によりdayside magnetopauseで観測されたchorus emissionのk vector, refractive index, Poynting vectorの解析 塩崎隆広、長野 勇、八木谷聡、松本 紘、小嶋浩嗣、GEOTAIL PWI Team	B11-04 火星における上層-下層大気結合 品川裕之	C11-07P 1992年9月8日のLocal timeに依存した宇宙線のForbush decrease前の前兆的強度減少 藤本和彦、森下伊三男、藤井善次郎、榎原志津子
10:22.5			C11-08P NAGOYA-HOBART ミューオン望遠鏡によるForbush Decrease時の宇宙線強度南北非等方性の観測 榎原志津子、藤井善次郎、藤本和彦、上野裕幸、織戸賢、宗像一起、安江新一、森 覚、赤羽重信、J. E. Humble、A. G. Fenton、K. B. Fenton、M. L. Duldig
10:30	A11-05 GEOTAIL衛星で観測されたContinuum Radiationの特性—電子密度測定— 掛樋勇次、長野 勇、八木谷聡、塩崎隆広、橋本弘蔵、松本 紘、小嶋浩嗣、GEOTAIL PWI Team	B11-05 太陽活動極小期における地磁気擾乱時の熱圏大気組成の変動 前田佐和子、藤原 均	C11-09P 惑星間空間の平面状磁場構造と太陽面活動域との対応 中川朋子、内田 豊
10:37.5			C11-10P Energy and pitch-angle diffusion of ions due to nonlinear Alfvén waves 羽田 亨
10:45	A11-06 地球磁気圏尾部におけるプラズマ波動特性 藤田篤志、小嶋浩嗣、松本 紘、長野 勇、國分 征、山本達人、Lou Frank、Bill Paterson、PWIチーム	B11-06 極域下部F領域におけるイオン組成モデル 井上 健、柴田 喬、K. Schlegel	C11-11P Evolution of large amplitude Alfvén waves in the solar wind with $\beta \sim 1$ 羽田 亨
10:52.5			(休憩)
11:00	(休憩)	(休憩)	
11:07.5			C11-12P Measurements of solar wind in the acceleration region 山内洋平、P. K. マノハラン、小島正宜、森 弘隆、田中高史、近藤哲朗、高羽 浩、徳丸宗利
11:15	A11-07 地球磁気圏境界層付近で観測されるプラズマ波動のGEOTAIL衛星データによる統計解析 小嶋浩嗣、藤田篤志、松本 紘、長野 勇、國分 征、山本達人、L. A. Frank、B. Paterson、PWIチーム	B11-07 A Study of the E-region Neutral Wind using EISCAT Data 野澤悟徳、藤井良一、松浦延夫、Asgeir Brekke	C11-13P IPS観測から推定した太陽風加速の状態 袴田和幸、小島正宜
11:22.5			C11-14P THE SPECTRUM OF THE ELECTRON-DENSITY FLUCTUATIONS IN THE SOLAR WIND AND ITS VARIATIONS WITH SOLAR-WIND SPEED P. K. MANOHARAN、小島正宜、三澤浩昭
11:30	A11-08 GEOTAIL衛星 EFD-B観測器 データ処理 松浦健一郎、早川 基、中村正人、鶴田浩一郎、松岡彩子、山本達人、國分 征	B11-08 Comparison of electron spectra calculated from EISCAT electron density profiles with those observed by DMSP satellites 藤井良一、野澤悟徳、佐藤真理子、小野高幸、A. Brekke、C. Hall	C11-15P 衝撃波粒子加速機構のモンテカルロ法シミュレーション 寺沢敏夫、J. R. Jokipii
11:37.5			C11-16P 「すいせい」によるHalley彗星探査: Revisited 島田延枝、寺沢敏夫、向井利典、三宅 亘、SUISEI ESPチーム、M. Tatrallyay
11:45	A11-09 磁気圏尾部のローブにおける電場計測 早川 基、鶴田浩一郎、山本達人、中村正人、國分 征	B11-09 MUレーダー/可搬型VHFレーダーによるE領域沿磁力線イレギュラリティーの波動構造の研究 玖村 深、山本 衛、Roland T. Tsunoda、小川忠彦、五十嵐喜良、深尾昌一郎	C11-17P 太陽圏外圏の3次元MHD解析 (その2) 野沢 恵、鷲見治一
11:52.5			C11-18P 太陽磁気圏のシミュレーション実験 (スケールング則について) 南 繁行

- 4 -

- 5 -

開始時間	A 会場	B 会場	C 会場
12:00	A11-10 磁気圏遠尾部構造: GEOTAIL 観測 山本達人、川口広幸、鶴田浩一郎、早川 基、松岡 彩子、西田篤弘、河野英昭、國分 征	B11-10 High Resolution Interferometry Studies of E-region Field-Aligned Irregularities on the MU Radar W. O. J. Brown、深尾昌一郎、山本 衛、R. T. Tsunoda	C11-19P 宇宙線長周期変動と太陽黒点数から予想される 宇宙線強度に影響を与える太陽磁気圏の大きさ 森下伊三男、長島一男
12:07.5			C11-20P 深い地下での宇宙線太陽時日変化 (I) 宗像義教、龍岡亮二
12:15	A11-11 遠尾部における磁気中性面の構造 西田篤弘、國分 征、山本達人、河野英昭、鶴田浩 一郎、早川 基、中村正人、松岡彩子	B11-11 LTCS-2 (1988年12月5日~10日)の期間におけ るMUレーダーIS観測 永田修一、高見友幸、深尾昌一郎、津田敏隆、山本 衛	C11-21P 深い地下での宇宙線太陽時日変化 (II) 龍岡亮二、宗像義教
12:22.5			C11-22P 南北両半球観測でみた宇宙線恒星時日変化の南 北非対称性 宗像一起、安江新一、加藤千尋、森 觉、小山守 一、赤羽重信、藤井善次郎、森下伊三男、J. E. Humble、A. G. Fenton、K. B. Fenton、M. A. Duldig
12:30	A11-12 サブストームに伴う磁気圏深尾部磁場変動: GEOTAIL 観測 國分 征、長井嗣信、河野英昭、山本達人、西田篤 弘	B11-12 GPSを利用した全電子数観測序報: MUレーダ との同時観測 松浦延夫、藤井良一、野澤悟徳、築地義雄、山口敏 明、今泉毅雄、中村卓司	(休憩)
12:45	A11-13 Preliminary Geotail Survey of Magnetic Substorm Signatures in the Magnetotail. 長井嗣信、高橋主衛、國分 征、河野英昭、山本達 人、西田篤弘	B11-13 デジタル電離層観測機DGS-256による電子密度 高度プロファイルの観測 永山幹敏、五十嵐喜良	
	<p>(●ポスター)</p> <p>A11-P2-03 GEOTAIL 衛星による Bow Shock— Upstream Waveの観測— 杉山 徹、寺沢敏夫、河野英昭、山本達人、國分 征、他MGFグループ</p> <p>A11-P2-04 マグネットシース中での磁場擾乱の距離依存性 川口広幸、山本達人、國分 征、河野英昭、鶴田浩 一郎、松岡彩子</p> <p>A11-P2-05 Near Earth Neutral Line 形成に伴って出 現するジェット領域—プラズモイド間の境界に Fast Mode Shock が形成される可能性に関して— 町田 忍、向井利典、斎藤義文、小原隆博、寺沢敏 夫、平原聖文、西田篤弘</p> <p>A11-P2-06 プラズモイド近傍におけるリング状イオン分 布—テスト粒子法によるシミュレーション— 坪内 健、寺沢敏夫、斎藤義文</p> <p>A11-P2-07 GEOTAIL で観測されたプラズマ・シート内 の粒子の非等方性 福井隆司、前沢 列、藤本正樹、齋藤隆基、道家忠 義、永田勝明、菊池 順、柳町朋樹、村上浩之、B. Wilken、國分 征、山本達人、河野英昭、寺沢敏 夫、鶴田浩一郎、早川 基、西田篤弘</p> <p>A11-P2-08 地球磁気圏中でのGEOTAIL によるアンテ ナ・シース・インピーダンスの測定 筒井 稔、塩崎隆広、宮武 智、長野 勇、小嶋浩 嗣、橋本弘蔵、松本 紘、GEOTAIL PWI チーム</p> <p>A11-P2-09 Plasma sheet boundary layer における Lower hybrid frequency 帯プラズマ波動 岡田敏美、鶴田浩一郎、早川 基、中村正人、松本 紘、小嶋浩嗣、長野 勇、松岡彩子、山本達人、國 分 征</p> <p>A11-P2-10 Whistler wave bursts near the plasma sheet: GEOTAIL observation 松井 洋、林 幹治、河野英昭、山本達人、國分 征</p>	<p>(●ポスター)</p> <p>B11-P2-14 OI 557.7nm 夜間大気光の木曾・蔵王での同時 全天イメージング観測 新原洋祐、岡野章一、高橋幸弘、久保田実、大久保 一郎、阿部利弘、福西 浩、木山喜隆、深尾昌一郎</p> <p>B11-P2-15 強制開傘型パラシュート搭載用ガーディアン プローブの基礎実験計画 渡辺勇三</p> <p>B11-P2-16 トウィーク空電を用いた低緯度帯電離層高度 観測 大矢浩代、島倉 信</p> <p>B11-P2-17 1964年12月の地磁気Sq場のUT変化と逐日 変化 竹田雅彦</p> <p>B11-P2-18 大気重力波に伴う電離層擾乱の鉛直構造 藤弘 篤、井上 健、柴田 喬、K. Schlegel</p> <p>B11-P2-19 計算機トモグラフィによる電離層電子密度分 布像の再生 (3) 田口晴久、伊藤秀一、奥澤隆志、柴田 喬</p> <p>B11-P2-20 プラズマバブル、ブロップおよびクレスト状 経度構造を含む低緯度電離層の大規模構造 高橋忠利、大家 寛、斎藤尚生</p> <p>B11-P2-21 プラズマ圏電子数の日変化 (2) 山本 淳、高橋富士信、今江理人、三木千紘、皆越 尚紀、川合栄治</p> <p>B11-P2-22 Electron Temperature Profile up to the Height of 8000 km—First Reliable Measurements of Thermal Energy Electrons— 小山孝一郎、阿部琢美、Y. Sakaide、I. Kutiev、奥 澤隆志</p> <p>B11-P2-23 GPSによる電離層全電子数 (TEC) 変動の観 測 (2) 餅田真一、大高一弘、奥澤隆志、柴田 喬</p> <p>B11-P2-24 Polar Wind の高度 Profile と電子温度 阿部琢美、渡部重十、B. A. Whalen、A. W. Yau、 佐川永一、小山孝一郎</p>	

開始時間	A 会場	B 会場	C 会場
13:00	(休憩)	(休憩)	
13:30			C12 岩石磁気・古地磁気・海洋磁気異常 座長 鳥居雅之 (京大理) 林田 明 (同志社大工)
13:45	A12 磁気圏 1 ー続きー 座長 長井 嗣信 (気象研) 中村正人 (東大理)	B12 太陽風磁気圏相互作用 座長 荻野龍樹 (名大STE研) 町田 忍 (京大理)	C12-01 堆積岩の自然残留磁化の粒子サイズ依存性 米澤隆文、森永速男、安川克己
14:00	A12-01 プラズモイド近傍で観測されたリング状イオン分布 斎藤義文、向井利典、町田 忍、平原聖文、藤本正樹、寺沢敏夫、西田篤弘	B12-01 磁気圏尾部境界の太陽風の流れ 鶴田浩一郎、早川 基、松岡彩子、山本達人、中村正人、岡田敏美、國分 征、F. S. Mozer	C12-02 14世紀の断層池堆積物に認められる堆積後残留磁化ー柳ヶ瀬断層の最新活動層準直上層の古地磁気年代ー 伊藤 孝
14:15	A12-02P 磁気圏尾部リコネクション領域におけるプラズマ波動分布モデルとGEOTAIL/PWIデータの比較 大村善治、松本 紘、小嶋浩嗣、R. Anderson、長野 勇、J. L. Green、國分 征、山本達人、PWIチーム	B12-02 磁気嵐時におけるオーロラベルトの位置 横山信博、上出洋介、宮岡 宏、F. J. Rich	C12-03 VSM (振動型磁力計) によるヒステリシス曲線から得た東南極スカルプス産の片麻岩類の磁氣的異方性について 中井睦美、船木 實
14:22.5	A12-03 2次元ハイブリッドコード計算機実験によるリコネクション領域でのイオンダイナミクス 村田健史、大村善治、松本 紘		C12-04 太平洋pelagic clayにおける2.5Ma以降の磁性鉱物粒径の増加 山崎俊嗣
14:30		B12-03 Directly Driven Control of Magnetospheric Activity Z. V. Lewis	C12-05 北西太平洋の海山の古地磁気学的研究 (その2) 中西正男、J. S. Gee、ODP第144次航海乗船研究者一同
14:37.5	A12-04 PSBLにおける電離圏起源イオンのプラズマシートへの供給過程と機構 平原聖文、向井利典、町田 忍、斎藤義文、寺沢敏夫		
14:45		B12-04 VLF Imaging of the Venus Electron and Ion Foreshocks G. K. Crawford、R. J. Strangeway、C. T. Russell	C12-06 マリアナトラフの拡大軸方向にみられる地磁気三成分異常の大きさ変化 島 伸和
14:52.5	A12-05 Electron and Ion Distribution Functions at the Mid-Tail Plasma Sheet Boundary Layer : GEOTAIL/LEP Observation 向井利典、平原聖文、T. Onsager、斎藤義文、町田忍、寺沢敏夫、西田篤弘	(●ポスター) B12-P2-01 Particle Simulation on the Solar Wind and Planetary Ionosphere Interaction 島津浩哲、町田 忍、田中基彦 B12-P2-02 人工衛星と高速プラズマ流の相互作用の計算機実験 岡田雅樹、大村善治、松本 紘	
15:00		(休憩)	(休憩)
15:07.5	A12-06 GEOTAIL 衛星によるBENの波形解析 (1) 宮武 督、小嶋浩嗣、松本 紘、筒井 稔、L. A. Frank、B. Paterson、PWIチーム	B12 地球・惑星磁気圏構造 座長 三浦 彰 (東大理) 前沢 洵 (名大理)	
15:15		B12-05 地球磁気圏擾乱に対する磁気軸の傾きの効果 恒川幹朗、荻野龍樹	C12-07 古地磁気方位による広域テフラの対比ー中部九州、近畿、そして房総半島ー 林田 明、鎌田浩毅、檀原 徹
15:22.5	A12-07P GEOTAIL 衛星によるBENの波形解析 (2) 松本 紘、宮武 督、小嶋浩嗣、大村善治、L. A. Frank、B. Paterson、PWIチーム		
15:30	A12-08 GEOTAIL 衛星によるContinuum Radiationの到来方向探査 筑波 聡、松本 紘、小嶋浩嗣、Roger R. Anderson、PWIチーム	B12-06 X型中性線形成に関する数値実験 中林潤哉、町田 忍	C12-08 始良火山灰の残留磁化 中島正志、藤井純子
15:45	(休憩)	B12-07 Magnetotailのslow shockにおけるheavy ionの効果1 藤本正樹、中村雅夫、前沢 洵	C12-09 高森遺跡で発見された更新世中期の地磁気逆転 広岡公夫、森定 尚、常川ゆかり、宮澤 誠、山田晃弘
16:00	A12 磁気圏 2 座長 森岡 昭 (東北大理) 賀谷信幸 (神戸大工)	B12-08 Magnetotailのslow shockにおけるheavy ionの効果2 中村雅夫、藤本正樹、前沢 洵	C12-10 * Preliminary paleomagnetic study on lake sediments at Yuanshan, Ilan, Northern Taiwan Lee, T.-Q.
16:15	A12-09 ISY-METS ロケット実験で観測されたプラズマ-マイクロ波の相互作用 和田財太、松本 紘、賀谷信幸、小嶋浩嗣	B12-09 Global Circulation of Plasmas in the Earth's Magnetosphere 荻野龍樹	C12-11 台湾北部、Tatun火山から求めたPaleosecular Variation 三木雅子、中村徳矢、古川雅英、乙藤洋一郎、曹 恕中、黄 敦友
16:30	A12-10 プラズマ中を伝搬するマイクロ波ビームの空間電力勾配による自己収束作用に関する研究 篠原貞毅、松本 紘、David Shklyar	B12-10 HF RADIO NOISES ASSOCIATED WITH GEOMAGNETIC STORMS 前田耕一郎	C12-12 ジャワの3Ma以降の地磁気にみられるVGPの経度束縛 兵頭政幸
16:30	A12-11 再突入宇宙機近傍の電磁環境の3次元計算機実験 山根正也、白井英之、松本 紘		

開始時間	A 会場	B 会場	C 会場
16:45	A12-12 あげぼの衛星波動観測による地球磁気圏内電子密度分布の推定 引馬章裕、笠原禎也、木村馨根、澤田 晃、菊池雅行、大家 寛	B12-11 プラズマ圏ダイナミクスを支配する電場 大家 寛	(休憩)
17:00	A12-13 あげぼの衛星で観測された極域 VLF ヒスの伝搬特性の研究 吉田健一郎、笠原禎也、木村馨根	(休憩)	C12-13 逆問題としての、古地磁気による大陸の復元(Ⅲ) 内村英雄、河野 長
17:15	(休憩)	B12-12 ミラー磁場に沿うプラズマ流を含む沿磁力線電流の無衝突モデル 三浦 彰	C12-14 古地磁気学から見た東南極—スリランカの関係 船木 實、吉田 勝
17:30	A12-14 極域におけるZモードAKRの観測およびその放射機構 森岡 昭、大家 寛	B12-13 Storm-time Plasma Sheet and Birkeland Currents 飯島 健、渡辺正和、日下 拓、F. J. Rich	C12-15 道東・北部地域の第三系の古地磁気 田中彰子、広岡公夫、森定 尚、福沢仁之
17:45	A12-15 粒子コードでみたピアス型プラズマダイオードのカオス的ふるまいの解析 横山浩之、松本 紘、臼井英之	B12-14 Magnetospheric Equatorial Currents in Baseline Magnetosphere 日下 拓、飯島 健、J. A. Potemra, L. J. Zanetti、大谷晋一	C12-16 PALEOMAGNETIC STUDY OF CRETACEOUS TO PALEOGENE WELDED TUFFS OF SIKHOTE ALIN, RUSSIA 乙藤洋一郎、松本法子、山本孝博、柴田 武、R. G. Kulinichi、P. S. Zimin、A. P. Matunin、V. G. Sakhno、松田高明
18:00	A12-16 Large amplitude wave propagation and plasma-interaction by computer PIC simulations Simon Goodman、松本 紘	B12-15 ディフューズ・オーロラ領域に見える10keVイオンの欠如とその性質 臼井仁人、前沢 洵、向井利典、賀谷信幸	
18:15	A12-17 Effect of High Frequency Magnetic Fluctuations on MHD Waves 中村 匡、C. F. Kennel	B12-16 極域電離層の構造的なプラズマ対流の磁気圏生成領域 田口 聡、杉浦正久、家森俊彦、R. A. Hoffman、J. D. Winningham、J. A. Slavin	
	<p>(●ポスター)</p> <p>A12-P2-39 静電的whistler mode波からL-O mode、Z-mode波へのエネルギー変換過程 飯島雅英、大家 寛</p> <p>A12-P2-40 波数ベクトル方向計測によるAKRの電波源の位置決定 熊本篤志、大家 寛、森岡 昭</p> <p>A12-P2-41 あげぼの(EXOS-D)衛星で観測されたAKR 2次高調波 宮崎真一、大家 寛</p> <p>A12-P2-42 不均質プラズマ媒質がAKR波動の増幅率に与える影響 小林 香</p> <p>A12-P2-43 Equatorial Emission with Multi-band Spectra Near Gyro-harmonics of the Oxygen Ion During Magnetic Storm 劉 洪、國分 征、林 幹治</p> <p>A12-P2-44 EXOS-D PWSによって観測されるプラズマ圏UHRブランチに於ける諸現象 菊池雅行、大家 寛</p> <p>A12-P2-45 DE-1衛星で観測された磁気圏ライザー放射 恩藤忠典、中村義勝</p> <p>A12-P2-46 高電位テザー衛星近傍における電磁場擾乱の計算機実験 臼井英之、松本 紘、大村善治</p> <p>A12-P2-47 LFデッカ電波の共役点観測 後藤 亘、加藤泰男、西野正徳、田中義人</p>	<p>(●ポスター)</p> <p>B12-P2-11 1次元電流シートの動的平衡解の構造 篠原 育、寺沢敏夫</p> <p>B12-P2-12 磁気圏尾部中性面付近のプラズマ流の特性 中村み、D. N. Baker、D. H. Fairfield、R. L. McPherron、E. W. Hones</p> <p>B12-P2-13 Electric Field and Potential Structures with Northward IMF ; 2. Potential Asymmetry in the Closed Field Region 松岡彰子、鶴田浩一郎、西田篤弘、早川 基、向井利典</p>	<p>(●ポスター)</p> <p>C12-P1-01 The Demagnetization Plane : A new method for presenting stepwise demagnetization 新妻信明</p> <p>C12-P1-02 ODP第143、144次航海の孔内磁力計観測から推定される西太平洋海山の磁化構造 野木義史、伊藤久男、J. Tarduno、W. W. Sager</p> <p>C12-P1-03* Paleomagnetic Study in Taiwan and its Tectonic Implications Lue, T.-Q.、Lue, Y.-T.、Horng, C.-S.</p> <p>C12-P1-04 北中国早期中生代の赤色砂岩における初生磁化と二次磁化の担い手の解明 鄭 重、松本 良</p> <p>C12-P1-05 太平洋における深海底表層堆積物の Environmental Magnetism 井岡 昇、山崎俊嗣</p> <p>C12-P1-06 Identification of greigite and pyrrhotite in fine sediments by a mineral magnetic method 鳥居雅之、福間浩司、洪 崇勝、李 徳貴</p> <p>C12-P1-07 古気候が支配する黄土中の磁性鉱物の変化 福間浩司、鳥居雅之</p> <p>C12-P1-08 Paleomagnetic Study of Kalam Volcanics, Upper Swat Valley, Northern Pakistan 吉田充夫、モハマッド・ナシール、モハマッド・アリ、イフティカハール・ムスタファ・カディム、藤原嘉樹</p>



時 間	
9:30~12:30	<p>ポスターセッション                  (P1会場) 固体地球電磁気学関係                  地球・惑星大気関係                  (P2会場) 太陽、惑星間空間関係                  地球・惑星電磁気圏関係</p>
14:00~15:30	<p>特別講演会 (A会場)                    自然は何故リズムとカオスのはざまにいるか                    伊東敬祐 (神戸大学理学部)</p>
15:30~16:00	記念写真撮影
16:00~17:30	第94回総会 (A会場)
17:45~20:00	懇親会 (滝川記念会館)

開始時間	A 会場	B 会場	C 会場
9:00	<p>A31 ULF 波動                      座長 坂 翁介 (九大理)                      高橋主衛 (名大STE研)</p> <p>A31-01 On the polarization of near-earth hydromagnetic waves at low latitudes                      糸長雅弘、吉川顕正、北村泰一</p>	<p>B31 大気圏力学                      座長 山中大学 (京大超高層)                      前川泰之 (大阪通信大工)</p> <p>B31-01 梅雨季対流圏のMU・X帯・C帯レーダー同時観測                      柴垣佳明、山中大学、深尾昌一郎、清水収司、上田博、前川泰之、佐藤 亨、津田敏隆、渡辺 明</p>	<p>C31 固体惑星                      座長 野上謙一 (獨協医大物理)</p>
9:15	<p>A31-02 磁気圏空洞—磁力線結合振動の計算機シミュレーション—II                      利光一郎、糸長雅弘、吉川顕正、北村泰一</p>	<p>B31-02 赤道域大気境界層のメソスケール風速変動スペクトル                      橋口浩之、山中大学、深尾昌一郎、津田敏隆、S. W. B. Harijono、H. Wiryosumarto</p>	<p>C31-01 Cosmic Ray Exposure Age Determinations of Cosmic Iron and Chondritic Spherules using Cosmogenic <sup>26</sup>Al                      山越和雄、松崎浩之</p>
9:30	<p>A31-03 Computer Simulation of Coupled Ionospheric-Magnetospheric MHD Oscillations—Hall Current Resonance and m Number Effect—                      吉川顕正、糸長雅弘、利光一郎、北村泰一</p>	<p>B31-03 MUレーダーによる周波数ドメイン干渉計を用いた乱流層の研究                      C. Kilburn、深尾昌一郎、山本 衛</p>	<p>C31-02 深海底堆積物から新しく発見されたBrownlee粒子                      鈴木善美、野間元作、桜井敬久、山越和雄、松崎浩之、狩野直樹、野上謙一</p>
9:45	<p>A31-04P ULF Waves in the High-Latitude Magnetosphere Observed by the EXOS-D Satellite                      桜井 亨、町屋広和、岩田直久</p>	<p>B31-04 Comparison of Spaced Antenna and Interferometric Wind Observations on MF and VHF Radars                      Willam O. J. Brown、G. J. Fraser、深尾昌一郎、山中大学</p>	<p>C31-03 原始太陽系における微粒子の衝突成長過程                      北田洋平、向井 正</p>
9:52.5	<p>A31-05 トロイダルPc5脈動による低エネルギー電子 (&lt;300keV) 変調                      坂 翁介、山岸久雄、佐藤夏雄、D. N. Baker</p>	<p>B31-05 下部成層圏慣性内部重力波の水平規模について                      萩野慎也、山中大学、柴垣佳明、下舞豊志、深尾昌一郎</p>	<p>C31-04 惑星間塵の空間分布における木星振動の効果                      円山憲一、木村 宏、石元裕史、向井 正</p>
10:00			
10:07.5	<p>A31-06 Plasma oscillation in the dayside magnetosphere observed by Geotail                      中村正人、河野英昭、松岡彩子、松浦健一郎、山本 達人、鶴田浩一郎、早川 基、西田篤弘、岡田敏美、園分 征、高橋主衛、L. Frank、K. Ackerson、B. Paterson</p>		
10:15		<p>B31-06 MUレーダー3週間連続観測に基づく中下層大気における鉛直渦拡散係数の推定方法の比較検討                      黒崎 聰、山中大学、橋口浩之、津田敏隆、深尾昌一郎</p>	

開始時間	A 会場	B 会場	C 会場
10:22.5	A31-07 Simultaneous Observations of Pc3 Pulsations with the Geotail Magnetic Field and Electric Field Experiments on October 17-18, 1992. 高橋主衛、松岡 均、塩川和夫、湯元清文、國分征、山本達人、中村正人、松岡彩子、鶴田浩一郎、早川 基、河野英昭		C31 主磁場・ダイナモ 座長 渋谷秀敏 (大阪府立大)
10:30		(休憩)	C31-05 地磁気1時間平均値観測地点の重み決定 (1960-1980年) 横山由紀子、望月英二、浜野洋三
10:37.5	A31-08 あけぼの衛星で観測されたPc3波動の出現領域 福西 浩、早川 基、湯元清文		C31-06 球殻 $\alpha\omega$ ダイナモの定常解の球殻厚さ依存性 日向清孝、浜野洋三
10:45		B31-07 MUレーダー3週間連続観測結果の時間ウェーブレット解析 下舞豊志、山中大学、深尾昌一郎、津田敏隆	
10:52.5	(休憩)		C31-07 格子ガスを用いた3次元組成対流シミュレーション 豊島吉宏、本蔵義守
11:00		B31-08 ヒカマルカVHF帯レーダーにより観測された上部成層圏における鉛直伝搬性の短周期内部重力波 前川泰之、深尾昌一郎、山本 衛、山中大学、津田敏隆、R. F. Woodman	
11:07.5	A31-09 地上多点観測網とGEOTAIL衛星によって観測されたPc3波動の特性 松岡 均、湯元清文、高橋主衛、塩川和夫、國分征、山本達人		C31-08 CMB Inhomogeneity and Magnetic Field Reversal 本蔵義守、棚橋芳生、松島政貴
11:15		B31-09 準単色重力波を取り入れた準一次元大循環モデルにおける中間圏界面・中部成層圏弱風層 山中大学	
11:22.5	A31-10P SOME PECULIARITIES OF FIELD LINE ALFVEN OSCILLATIONS AT LOW LATITUDES Pilipenko V. A., E. Fedorov, N. Kurneva, 湯元清文、塩川和夫、田中義人、F. Menk		
11:30	A31-11 210° 磁気子午線多点観測網で観測された高緯度/中低緯度Pi2地磁気脈動の差異について 大崎裕生、湯元清文、深尾宗資、塩川和夫、田中義人、S. I. Solov'yev, G. Krymskij, E. F. Vershinin, V. F. Oshinin, F. W. Menk, B. J. Fraser、210° 地磁気観測グループ	B31-10 レーダーによる上部中間圏から下部熱圏におけるプラネタリー波の多点観測 (2) 堤 雅基、中村卓司、津田敏隆、深尾昌一郎、A. H. Manson、R. A. Vincent	(休憩)
11:45	A31-12 Instantaneous Propagation of SC from Dayside to Nightside 荒木 徹、藤谷攝子、湯元清文、塩川和夫、山田雄二、角村 悟、D. Orr、D. K. Milling、H. Lühr	B31-11 中層・超高層大気における潮汐波・プラネタリー波の数値モデリング (10) 麻生武彦、河野浩幸	
12:00	A31-13 Global Structure of ULF Waves Associated with Storm Sudden Commencement 松園敬二、糸長雅弘、北村泰一	(休憩)	
12:15	(休憩)	(●ポスター)	
	A31-P2-48 LATITUDINAL STRUCTURES OF Pi 2 PULSATIONS OBSERVED AT THE 210° MAGNETIC MERIDIAN CHAIN STATIONS 湯元清文、大崎裕生、深尾宗資、塩川和夫、田中義人、桜井 亨、210° 地磁気観測グループ	B31-P1-17 計算機シミュレーションによる熱圏大気の力学過程の解明~3次元モデルの構築~ 藤原 均、前田佐和子、福西 浩	
	A31-P2-49 210° 地磁気多点観測網により観測された低緯度Pi2の季節変化について 深尾宗資、湯元清文、塩川和夫、田中義人、210° 地磁気観測グループ	B31-P1-18 熱圏の準2日周期波に伴う地磁気変動 山田雄二、中村卓司	
	A31-P2-50 STEP Polar Network, Studies with Induction Magnetometer Data 林 幹治、渡辺富也、G. Rostoker、J. Kangas、STEP Polar Network Group		
	A31-P2-51 赤道磁気脈動からながめた磁気圏ダイナミクス 坂 翁介		
	A31-P2-52 INTERMAGNET計画と日本のINTERMAGNET-J計画の現状について 亀井豊永、荒木 徹、杉浦正久、品川裕之、石橋弘光、丸山 隆、菊池 崇、野崎憲朗、手塚雅美、小嶋美都子、中島新三郎、角村 悟		

開始時間	A 会場	B 会場	C 会場
13:00	<p>A32 磁気圏電離圏結合 座長 渡部重十(北海道情報技研) 家森俊彦(京大理)</p>	<p>B32 大気圏化学・放射 座長 岩坂泰信(名大STE研) 岡野章一(東北大理)</p>	<p>C32 地殻活動電磁気学・電気伝導度・磁場計測 座長 住友則彦(京大防災研) 藤原 智(国土地理院)</p>
13:15	<p>A32-01 IMF Control of the Polar Cap Ion Temperature at 10,000 km Altitudes : AKEBONO/SMS Observations 佐川永一、渡部重十</p>	<p>B32-01 He-Ne レーザーを用いた連続測定器による大気メタンの観測 北 和之、佐野琢己、村田 功、小川利紘</p>	<p>C32-01 地磁気長周期変化による地球の電磁感応(3) 山崎英樹、本蔵義守、松島政貴</p>
13:30	<p>A32-02 ポーラウィンドの観測と理論の比較 渡部重十、阿部琢美、佐川永一、B. A. Whalen、A. W. Yau</p>	<p>B32-02 ラマンライダー大気観測 柴田 隆、岩坂泰信、林 政彦、小垣哲朗</p>	<p>C32-02 界面動電現象による地電位差—地磁気変化の計算機シミュレーション 川瀬隆治、歌田久司</p>
13:45	<p>A32-03 AKEBONO (EXOS D) observations of two electron populations above the polar cap during northward IMF condition 小原隆博、向井利典、T. G. Onsager、西田篤弘、賀谷信幸</p>	<p>B32-03 航空機観測のためのNOy測定器の開発 家田正彦、近藤 豊、川上修司、中島英彰</p>	<p>C32-03 境界要素法を用いた応力磁気効果の見積り 坂中伸也、大志万直人、住友則彦</p>
14:00	<p>A32-04 NBZ Birkeland Currents Observed by AKEBONO 中川雅之、飯島 健、渡辺正和、田中 真、遠山文雄</p>	<p>B32-04 西太平洋における対流圏のNOy、NO 川上修司、近藤 豊、小池 真、H. Zeireis</p>	<p>C32-04 西表島周辺群発地震活動域の空中磁気異常 中塚 正、牧野雅彦、森尻理恵</p>
14:15	<p>A32-05 THEORY OF A NEW MECHANISM FOR SOLAR WIND - MAGNETOSPHERE INTERACTION : CAUSE OF THE PAIRED REGION 1 / REGION 2 FIELD - ALIGNED CURRENTS 山本 隆、尾崎政男、井上祥史</p>	<p>B32-05 気象ロケットMT-135による成層圏オゾンの観測(4) 渡辺 隆、内藤一郎、小川利紘</p>	<p>C32-05 北海道南西沖地震に関連した地磁気測量 藤原 智、中堀義郎、湊 敏弘、都筑三千夫</p>
14:30	<p>A32-06 サブストームの開始とリングカレント発達の関係 家森俊彦、D. R. K. Rao</p>	<p>B32-06 昭和基地におけるHCl、HF赤外分光観測 村田 功、北 和之、岩上直幹、小川利紘</p>	<p>C32-06 宮城県北部地震震源域の空中磁気探査 三品正明、歌田久司</p>
14:45	<p>A32-07 Regional Estimation of Ionospheric Electric Fields and Currents 佐藤真理子、上出洋介、A. Richmond、A. Brekke、野澤悟徳</p>	<p>(休憩)</p>	<p>(休憩)</p>
14:45	<p>(休憩)</p>	<p>(休憩)</p>	<p>C32-07 伊豆北東部での地殻活動に伴う全磁力変化 大志万直人、笹井洋一、石川良宣、本蔵義守</p>
14:45	<p>(休憩)</p>	<p>(休憩)</p>	<p>(休憩)</p>
14:45	<p>(休憩)</p>	<p>(休憩)</p>	<p>(休憩)</p>
14:45	<p>(休憩)</p>	<p>(休憩)</p>	<p>(休憩)</p>
14:45	<p>(休憩)</p>	<p>(休憩)</p>	<p>(休憩)</p>
14:45	<p>(休憩)</p>	<p>(休憩)</p>	<p>(休憩)</p>
15:00	<p>(休憩)</p>	<p>(休憩)</p>	<p>(休憩)</p>
15:00	<p>(休憩)</p>	<p>(休憩)</p>	<p>(休憩)</p>
15:00	<p>(休憩)</p>	<p>(休憩)</p>	<p>(休憩)</p>
15:00	<p>(休憩)</p>	<p>(休憩)</p>	<p>(休憩)</p>
15:00	<p>(休憩)</p>	<p>(休憩)</p>	<p>(休憩)</p>
15:00	<p>(休憩)</p>	<p>(休憩)</p>	<p>(休憩)</p>
15:00	<p>(休憩)</p>	<p>(休憩)</p>	<p>(休憩)</p>
15:00	<p>(休憩)</p>	<p>(休憩)</p>	<p>(休憩)</p>
15:00	<p>(休憩)</p>	<p>(休憩)</p>	<p>(休憩)</p>
15:00	<p>(休憩)</p>	<p>(休憩)</p>	<p>(休憩)</p>
15:00	<p>(休憩)</p>	<p>(休憩)</p>	<p>(休憩)</p>
15:00	<p>(休憩)</p>	<p>(休憩)</p>	<p>(休憩)</p>
15:00	<p>(休憩)</p>	<p>(休憩)</p>	<p>(休憩)</p>
15:00	<p>(休憩)</p>	<p>(休憩)</p>	<p>(休憩)</p>
15:00	<p>(休憩)</p>	<p>(休憩)</p>	<p>(休憩)</p>

開始時間	A 会場	B 会場	C 会場
	A32 オーロラダイナミクス 座長 小野高幸(極地研) 金田栄祐(東大理)		
15:15	A32-08 Average Patterns of Ionospheric Electric Fields and Currents for the Different Phases of Substorms 上出洋介、Sun Wei	B32-09 Observations of NO <sub>2</sub> and O <sub>3</sub> Using Visible Spectrometers at Moshiri (44°N) and Kiso (36°N) 中島英彰、近藤 豊、小池 真	C32-09 Network-MT法による雲仙火山周辺での見かけ比抵抗分布 上嶋 誠、歌田久司、鍵山恒臣、橋本武志、田中良和、雲仙火山MT観測グループ
15:30	A32-09 210°地磁気データに基づく低緯度オーロラ中の電離層渦電流特性 速藤崇行、湯元清文、塩川和夫、田中義人、210°地磁気観測グループ	B32-10 中緯度成層圏のNO/NO <sub>y</sub> について一気球観測とモデル 杉田考史、近藤 豊、小池 真、R. Salawitch、P. Aumedieu	C32-10 霧島新燃岳火山口周辺の自然電位分布について 橋本武志、田中良和、鍵山恒臣、増谷文雄
15:45	A32-10 基地観測用デジタル全天カメラの開発 小野高幸、平澤威男	B32-11 1992年秋の成層圏エアロゾルへ火山擾乱期における新たな噴火の影響へ 岩坂泰信、柴田 隆、林 政彦、長谷正博、中田 澁、小塩哲朗	C32-11 見掛け比抵抗の時間変化 高山寛美
16:00	A32-11 南極昭和基地におけるプロトンオーロラのイメージング観測 高橋幸弘、福西 浩、岡野章一、小野高幸	B32-12 アラスカにおけるライダー大気観測 岩坂泰信、松永捷司、柴田 隆、林 政彦、村井康浩、森 育子、長谷正博、中田 澁、藤原玄夫、秋吉英治、山崎孝治、近藤幸治、中根英昭	(休憩)
16:15	A32-12 カナダ北極圏における極冠域オーロラの観測 1. 朝側sun-aligned アークの動き 塩川和夫、湯元清文、國分 征、林 幹治、小口 高、D. J. McEwan、木山喜隆、松岡彩子、早川 基	B32-13 "おおぞら/BUV"による大気SO <sub>2</sub> の検出 鈴木勝久、松本直記	C32-12 放送波を用いた比抵抗測定 北村保夫、瀬戸正弘
16:30	A32-13 Godhavnで観測された高緯度オーロラと同時のDMSP観測降下粒子の特徴 坂野井健、福西 浩、巻田和男	B32-14 ライダーによる中間圏ナトリウム層温度測定の見直し 長澤親生、阿保 真	C32-13 TDEM法による花折断層周辺の比抵抗構造(II) 神田 隆、歌田久司、地殻比抵抗研究グループ
16:45	(休憩)	B32-15 夜光雲のリミットサイクル振動形成 杉山卓也	C32-14 花折断層の電気伝導度構造(断層深部の構造) 室谷博之、山口 覚、後藤忠徳、住友則彦、地殻比抵抗研究グループ
17:00	A32-14 Auroral dynamics observed by AKEBONO visible TV camera—Its interpretation by the high energy particle simulation in the inner magnetosphere 江尻全機、門倉 昭、宮岡 宏、小口 高		C32-15 Magnetotelluric Studies Across the Northeastern Part of the Japan Arc 藤縄幸雄、上嶋 誠、高杉真司、川上則明
17:15	A32-15 Substorm時におけるpolar cap size変動 伊藤勝尚、國分 征、上出洋介、萩野龍樹、J. S. Murphree、J. D. Craven、J. A. Frank		
17:30	A32-16 夜側オーロラ活動度の朝方・夕方側領域への偏り 金田栄祐		
	(●ポスター)	(●ポスター)	(●ポスター)
	A32-P2-33 ディフューズオーロラの共役性 港屋浩一、小野高幸、佐藤夏雄、藤井良一、山岸久雄、巻田和男、芳野越夫	B32-P1-19 高高度気球搭載光学オゾンゾンデによる成層圏オゾン高度分布の観測 岡林昌宏、岡野章一、田口 真、福西 浩	C32-P1-09 The New System of KASMMER (II) 手塚雅美、角村 悟、山崎 明、徳本哲男、山田雄二
	A32-P2-34 昭和基地・アイランド イメージングリオメータ同時観測による地磁気共役点の時間変動 山岸久雄、山崎一郎、菊池 崇、西野正徳、佐藤夏雄	B32-P1-20 中間圏ナトリウム層のライダー観測(3) 長澤親生、阿保 真	C32-P1-10 和歌山における多チャンネル・短電極間隔方式地電位差観測による地震先行現象検出の試み 宮腰潤一郎、塩崎一郎、中村正夫、瀬戸憲彦、藤縄幸雄
	A32-P2-35 ニーオルスンにおける昼間側CNA現象とオーロラの同時イメージング観測結果 西野正徳、田中義人、林 幹治、J. A. Holtet	B32-P1-21 ROCKET OBSERVATION OF ATOMIC OXYGEN IN THE THERMOSPHERE BY AN IMPROVED RESONANCE LAMP TECHNIQUE 今村 剛、北 和之、岩上直幹、小川利敏、W. H. Morrow	C32-P1-11 秦野盆地における鉄道により生じた磁気変動の解析 尾坪秀俊、青山 敏、利根川豊
	A32-P2-36 地上フォトメータ観測から推定されるオーロラ降下電子発生機構 守嶋 圭、小野高幸、林 幹治、平澤威男	B32-P1-22 メソポーズ領域の大気温度の地上測定 山本博聖、川上多佳子、矢嶋健一、関口宏之、牧野忠男	C32-P1-12 浅間火山における磁気異常 牧野雅彦、中塚 正、大熊茂雄
	A32-P2-37 ファブリペロ-エタロンを用いたオーロラ分光観測装置(FPDIS)の開発 久保田実、新原洋祐、岡野章一、阿部利弘、福西 浩、小野高幸	B32-P1-23 東北大学蔵王新観測所における熱圏大気光学観測 岡野章一、久保田実、大久保一郎、新原洋祐、阿部利弘、福西 浩	C32-P1-13 地磁気変化から推定される雲仙岳の火山活動(1991~1992) 田中良和、橋本武志
	A32-P2-38 惑星間磁場変動とポーラーキャップ・オーロラの出現応答 巻田和男、山岸久男、江尻全機、鮎川 勝、桜井 亨	B32-P1-24 MAISによってハワイ・ハレアカラ山で観測されたOH(8-3)全天画像 大久保一郎、久保田実、岡野章一、田口 真、阿部利弘、福西 浩、木山喜隆	C32-P1-14 雲仙火山周辺でのULF帯電磁場観測(2) 山本哲也、鍵山恒臣、歌田久司
		B32-P1-25 ハワイ・ハレアカラにおける大気光観測結果—その2— 木山喜隆、北 和之、岩上直幹、小川利敏	C32-P1-15 全国の地磁気測量よりえられたCA変換関数 藤原 智
			C32-P1-16 中国・四国地方の電気比抵抗構造 塩崎一郎、宮腰潤一郎、住友則彦、安川克己

ポスター発表一覧表 (ボード番号順)

岩石磁気・古地磁気・海洋磁気異常

- C12-P1-01 The Demagnetization Plane: A new method for presenting stepwise demagnetization  
新妻信明
- C12-P1-02 ODP第143、144次航海の孔内磁力計観測から推定される西太平洋海山の磁化構造  
野木義史、伊藤久男、J. Tarduno、W. W. Sager
- C12-P1-03\* Paleomagnetic Study in Taiwan and its Tectonic Implications  
Lue, T.-Q., Lue, Y.-T., Horng, C.-S.
- C12-P1-04 北中国早期中生代の赤色砂岩における初生磁化と二次磁化の担い手の解明  
鄭重、松本良
- C12-P1-05 太平洋における深海底表層堆積物の Environmental Magnetism  
井岡昇、山崎俊嗣
- C12-P1-06 Identification of greigite and pyrrhotite in fine sediments by a mineral magnetic method  
鳥居雅之、福岡浩司、洪崇勝、李徳貴
- C12-P1-07 古気候が支配する黄土中の磁性鉱物の変化  
福岡浩司、鳥居雅之
- C12-P1-08 Paleomagnetic Study of Kalam Volcanics, Upper Swat Valley, Northern Pakistan  
吉田充夫、モハammad・ナシール、モハammad・アリ、イフティカハール・ムスタファ・カディム、藤原嘉樹

地殻活動電磁気学・電気伝導度・磁場計測

- C32-P1-09 The New System of KASMMER (II)  
手塚雅美、角村悟、山崎明、徳本哲男、山田雄二
- C32-P1-10 和歌山における多チャンネル・短電極間隔方式地電位差観測による地震先行現象検出の試み

宮腰潤一郎、塩崎一郎、中村正夫、瀬戸憲彦、藤縄幸雄

- C32-P1-11 秦野盆地における鉄道により生じた磁気変動の解析  
尾坪秀俊、青山巖、利根川豊
- C32-P1-12 浅間火山における磁気異常  
牧野雅彦、中塚正、大熊茂雄
- C32-P1-13 地磁気変化から推定される雲仙岳の火山活動(1991~1992)  
田中良和、橋本武志
- C32-P1-14 雲仙火山周辺でのULF帯電磁場観測(2)  
山本哲也、鎌山恒臣、歌田久司
- C32-P1-15 全国の地磁気測量よりえられたCA変換関数  
藤原智
- C32-P1-16 中国・四国地方の電気比抵抗構造  
塩崎一郎、宮腰潤一郎、住友則彦、安川克己

大気圏力学

- B31-P1-17 計算機シミュレーションによる熱圏大気の力学過程の解明~3次元モデルの構築~  
藤原均、前田佐和子、福西浩
- B31-P1-18 熱圏の準2日周期波に伴う地磁気変動  
山田雄二、中村卓司

大気圏化学・放射

- B32-P1-19 高高度気球搭載光学オゾンゾンデによる成層圏オゾン高度分布の観測  
岡林昌宏、岡野章一、田口真、福西浩
- B32-P1-20 中間圏ナトリウム層のライダー観測(3)  
長澤親生、阿保真

- B32-P1-21 ROCKET OBSERVATION OF ATOMIC OXYGEN IN THE THERMOSPHERE BY AN IMPROVED RESONANCE LAMP TECHNIQUE  
今村剛、北和之、岩上直幹、小川利敏、W. H. Morrow

- B32-P1-22 メソポーズ領域の大気温度の地上測定  
山本博聖、川上多佳子、矢嶋健一、関口宏之、牧野忠男

- B32-P1-23 東北大学蔵王新観測所における熱圏大気光学観測  
岡野章一、久保田実、大久保一郎、新原洋祐、阿部利弘、福西浩

- B32-P1-24 MAISによってハワイ・ハレアカラ山で観測されたOH(8-3)全天画像  
大久保一郎、久保田実、岡野章一、田口真、阿部利弘、福西浩、木山喜隆

- B32-P1-25 ハワイ・ハレアカラにおける大気光観測結果—その2—  
木山喜隆、北和之、岩上直幹、小川利敏

惑星大気

- P1-26 惑星大気観測用レーザーヘテロダイン分光計の開発  
浅沼孝祐、岡野章一、田口真、福西浩、石津美津雄
- P1-27 真空紫外分光計6VOPEによる水素・重水素吸収セルの線幅測定  
川原琢也、岡野章一、福西浩、伊藤健二
- P1-28 火星超高層大気の計算機シミュレーション—1. 太陽加熱率の導出—  
久保麻紀、藤原均、福西浩
- P1-29 火星酸素コロナOI 130.4nmのモンテカルロ・シミュレーション  
篠崎憲二、岡野章一、福西浩

太陽圏

- C11-01P Geotail LD センサーの地上テスト  
小井辰巳、村木 紘、篠 智彰、道家忠義、菊池 順、前沢 洵、永田勝明、柳町朋樹、B. Wilken
- C11-02P 平磯における光学太陽望遠鏡開発の現状  
秋岡真樹、西川 淳、磯辺 武、猪木誠二、近藤哲朗
- C11-03P メートル波太陽電波バーストと「ようこう」で観測された太陽コロナ  
巨 慎一、磯辺 武、「ようこう」SXTチーム
- C11-04P 「ようこう」で観測された太陽軟X線コロナの自転の特徴  
小塚幸央、小島正宜、渡辺 堯
- C11-05P MACROSTRUCTURE OF THE SOLAR CORONA—ANALYSIS OF THE YOHKOH SXT DATA—  
斎藤尚生、小塚幸央、高橋忠利、常田佐久、小島正宜
- C11-06P A Broad Interplanetary Disturbance Associated with a Coronal Neutral-Sheet Eruption on May 19, 1992  
渡辺 堯、小島正宜、小塚幸央、秋岡真樹、谷田貝守、黒河 企、「ようこう」チーム
- C11-07P 1992年9月8日のLocal time に依存した宇宙線のForbush decrease 前の前兆的強度減少  
藤本和彦、森下伊三男、藤井善次郎、榎原志津子
- C11-08P NAGOYA-HOBART ミューオン望遠鏡によるForbush Decrease時の宇宙線強度南北非等方性の観測  
榎原志津子、藤井善次郎、藤本和彦、上野裕幸、織戸賢、宗像一起、安江新一、森 覚、赤羽重信、J. E. Humble、A. G. Fenton、K. B. Fenton、M. L. Duldig
- C11-09P 惑星間空間の平面状磁場構造と太陽面活動域との対応  
中川朋子、内田 豊
- C11-10P Energy and pitch-angle diffusion of ions due to nonlinear Alfvén waves  
羽田 亨

- C11-11P Evolution of large amplitude Alfvén waves in the solar wind with  $\beta \sim 1$   
羽田 亨
- C11-12P Measurements of solar wind in the acceleration region  
山内洋平、P. K. マノハラン、小島正宜、森 弘隆、田中高史、近藤哲朗、高羽 浩、徳丸宗利
- C11-13P IPS観測から推定した太陽風加速の状態  
袴田和幸、小島正宜
- C11-14P THE SPECTRUM OF THE ELECTRON-DENSITY FLUCTUATIONS IN THE SOLAR WIND AND ITS VARIATIONS WITH SOLAR-WIND SPEED  
P. K. MANOHARAN、小島正宜、三澤浩昭
- C11-15P 衝撃波粒子加速機構のモンテカルロ法シミュレーション  
寺沢敏夫、J. R. Jokipii
- C11-16P 「すいせい」によるHalley彗星探査: Revisited  
島田延枝、寺沢敏夫、向井利典、三宅 亘、SUISEI ESPチーム、M. Tatrallyay
- C11-17P 太陽圏外圏の3次元MHD解析(その2)  
野沢 恵、鷲見治一
- C11-18P 太陽磁気圏のシミュレーション実験(スケールング則について)  
南 繁行
- C11-19P 宇宙線長周期変動と太陽黒点数から予想される宇宙線強度に影響を与える太陽磁気圏の大きさ  
森下伊三男、長島一男
- C11-20P 深い地下での宇宙線太陽時日変化(I)  
宗像義教、龍岡亮二
- C11-21P 深い地下での宇宙線太陽時日変化(II)  
龍岡亮二、宗像義教
- C11-22P 南北両半球観測でみた宇宙線恒星時日変化の南北非対称性  
宗像一起、安江新一、加藤千尋、森 覚、小山守一、赤羽重信、藤井善次郎、森下伊三男、J. E. Humble、A. G.

Fenton, K. B. Fenton, M. A. Duldig

太陽風磁気圏相互作用

- B12-P2-01 Particle Simulation on the Solar Wind and Planetary Ionosphere Interaction  
島津浩哲、町田 忍、田中基彦
- B12-P2-02 人工衛星と高速プラズマ流の相互作用の計算機実験  
岡田雅樹、大村善治、松本 紘

磁気圏 I

- A11-P2-03 GEOTAIL 衛星によるBow Shock—Upstream Waveの観測—  
杉山 徹、寺沢敏夫、河野英昭、山本達人、園分 征、他 MGF グループ
- A11-P2-04 マグネットシース中での磁場擾乱の距離依存性  
川口広幸、山本達人、園分 征、河野英昭、鶴田浩一郎、松岡彩子
- A11-P2-05 Near Earth Neutral Line 形成に伴って出現するジェット領域—プラズモイド間の境界にFast Mode Shockが形成される可能性に関して—  
町田 忍、向井利典、斎藤義文、小原隆博、寺沢敏夫、平原聖文、西田篤弘
- A11-P2-06 プラズモイド近傍におけるリング状イオン分布—テスト粒子法によるシミュレーション—  
坪内 健、寺沢敏夫、斎藤義文
- A11-P2-07 GEOTAILで観測されたプラズマ・シート内の粒子の非等方性  
福井隆司、前沢 洵、藤本正樹、雅楽隆基、道家忠義、永田勝明、菊池 順、柳町朋樹、村上浩之、B. Wilken、園分 征、山本達人、河野英昭、寺沢敏夫、鶴田浩一郎、早川 基、西田篤弘
- A11-P2-08 地球磁気圏中でのGEOTAILによるアンテナ・シース・インピーダンスの測定  
筒井 稔、塩崎隆広、宮武 督、長野 勇、小嶋浩嗣、橋本弘蔵、松本 紘、GEOTAIL PWI チーム

- A11-P2-09 Plasma sheet boundary layerにおけるLower hybrid frequency帯プラズマ波動  
岡田敏美、鶴田浩一郎、早川 基、中村正人、松本 紘、小嶋浩嗣、長野 勇、松岡彩子、山本達人、國分 征
- A11-P2-10 Whistler wave bursts near the plasma sheet: GEOTAIL observation  
松井 洋、林 幹治、河野英昭、山本達人、國分 征
- A12-02P 磁気圏尾部リコネクション領域におけるプラズマ波動分布モデルとGEOTAIL/PWIデータの比較  
大村善治、松本 紘、小嶋浩嗣、R. Anderson、長野 勇、J. L. Green、國分 征、山本達人、RWIチーム
- A12-07P GEOTAIL衛星によるBENの波形解析(2)  
松本 紘、宮武 督、小嶋浩嗣、大村善治、L. A. Frank、B. Paterson、PWIチーム

地球・惑星磁気圏構造

- B12-P2-11 1次元電流シートの動的平衡解の構造  
篠原 育、寺沢敏夫
- B12-P2-12 磁気圏尾部、中性面付近のプラズマ流の特性  
中村み、D. N. Baker、D. H. Fairfield、R. L. McPherron、E. W. Hones
- B12-P2-13 Electric Field and Potential Structures with Northward IMF; 2. Potential Asymmetry in the Closed Field Region  
松岡彩子、鶴田浩一郎、西田篤弘、早川 基、向井利典

電離圏

- B11-P2-14 OI 557.7nm夜間大気光の木曾・蔵王での同時全天イメージング観測  
新原洋祐、岡野章一、高橋幸弘、久保田実、大久保一郎、阿部利弘、福西 浩、木山喜隆、深尾昌 一郎
- B11-P2-15 強制開傘型パラシュート搭載用ガーディアンプロブの基礎実験計画  
渡辺勇三
- B11-P2-16 トウィーク空電を用いた低緯度帯電離圏高度観測

大矢浩代、島倉 信

- B11-P2-17 1964年12月の地磁気Sq場のUT変化と逐日変化  
竹田雅彦
- B11-P2-18 大気重力波に伴う電離圏擾乱の鉛直構造  
藤弘 篤、井上 健、柴田 喬、K. Schlegel
- B11-P2-19 計算機トモグラフィによる電離層電子密度分布像の再生(3)  
田口晴久、伊藤秀一、奥澤隆志、柴田 喬
- B11-P2-20 プラズマバブル、ブロップおよびクレスト状経度構造を含む低緯度電離圏の大規模構造  
高橋忠利、大家 寛、斎藤尚生
- B11-P2-21 プラズマ圏電子数の日変化(2)  
山本 淳、高橋富士信、今江理人、三木千紘、皆越尚紀、川合栄治

- B11-P2-22 Electron Temperature Profile up to the Height of 8000 km—First Reliable Measurements of Thermal Energy Electrons—  
小山孝一郎、阿部琢美、Y. Sakaide、I. Kutiev、奥澤隆志
- B11-P2-23 GPSによる電離圏全電子数(TEC)変動の観測(2)  
餅田真一、大高一弘、奥澤隆志、柴田 喬
- B11-P2-24 Polar Windの高度Profileと電子温度  
阿部琢美、渡部重十、B. A. Whalen、A. W. Yau、佐川 永一、小山孝一郎

磁気圏電離圏結合

- A32-P2-25 気球による南極域のベクトル磁場測定実験  
遠山文雄、利根川豊、門倉 昭、江尻全機、佐藤夏雄、並木道義、矢島信之、松橋直人、海老原祐輔、PPBワーキンググループ
- A32-P2-26 南極周回気球(PPB)によるGlobal Auroral X-raysの観測  
鈴木裕武、平島 洋、村上浩之、下林 央、山上隆正、並木道義、中川道夫、利根川豊、江尻全機、佐藤夏雄、小玉正弘

- A32-P2-27 Elevated Conicsの統計解析(その1)  
三宅 亙、向井利典、賀谷信幸

- A32-P2-28 Midday Current System Distinctive to Region 1 and Region 2 System  
波辺正和、飯島 健、Frederick J. Rich

- A32-P2-29 夜側沿磁力線電流領域における磁場変動と電場変動の関係—インピーダンスの高度依存性について—  
長妻 努、福西 浩、早川 基、向井利典、松岡彩子

- A32-P2-30 あけぼの衛星で観測された磁気嵐時中緯度の電流・電場構造  
巨智部陽一、福西 浩、早川 基

- A32-P2-31 歴史時代の極光帯変動モデルと偏心双極子の移動  
小口 高

- A32-P2-32 The relations between magnetic field variations and optical aurora at conjugate points.  
橋本久美子、平澤威男、巻田和男、佐藤夏雄

オーロラダイナミクス

- A32-P2-33 ディフューズオーロラの共役性  
港屋浩一、小野高幸、佐藤夏雄、藤井良一、山岸久雄、巻田和男、芳野超夫

- A32-P2-34 昭和基地・アイスランド イメージングリオメータ同時観測による地磁気共役点の時間変動  
山岸久雄、山崎一郎、菊池 崇、西野正徳、佐藤夏雄

- A32-P2-35 ニーオルスンにおける昼間側CNA現象とオーロラの同時イメージング観測結果  
西野正徳、田中義人、林 幹治、J. A. Holtet

- A32-P2-36 地上フォトメータ観測から推定されるオーロラ降下電子発生機構  
守嶋 圭、小野高幸、林 幹治、平澤威男

- A32-P2-37 ファブリペロ-エタロンを用いたオーロラ分光観測装置(FPDIS)の開発  
久保田実、新原洋祐、岡野章一、阿部利弘、福西 浩、小野高幸

- A32-P2-38 惑星間磁場変動とポーラーキャップ・オーロラの出現応答  
巻田和男、山岸久男、江尻全機、鮎川 勝、桜井 亨

磁気圏2

- A12-P2-39 静電的whistler mode波からL-O mode、Z-mode波へのエネルギー変換過程  
飯島雅英、大家 寛
- A12-P2-40 波数ベクトル方向計測によるAKRの電波源の位置決定  
熊本篤志、大家 寛、森岡 昭
- A12-P2-41 あけぼの(EXOS-D)衛星で観測されたAKR 2次高調波  
宮崎真一、大家 寛
- A12-P2-42 不均質プラズマ媒質がAKR波動の増幅率に与える影響  
小林 香
- A12-P2-43 Equatorial Emission with Multi-band Spectra Near Gyro-harmonics of the Oxygen Ion During Magnetic Storm  
劉 洪、國分 征、林 幹治
- A12-P2-44 EXOS-D PWSによって観測されるプラズマ圏UHRブランチに於ける諸現象  
菊池雅行、大家 寛
- A12-P2-45 DE-1衛星で観測された磁気圏ライザー放射  
恩藤忠典、中村義勝
- A12-P2-46 高電位レーザー衛星近傍における電磁場擾乱の計算機実験  
臼井英之、松本 紘、大村善治
- A12-P2-47 LFデッカ電波の共役点観測  
後藤 亙、加藤泰男、西野正徳、田中義人

ULF波動

- A31-04P ULF Waves in the High-Latitude

Magnetosphere Observed by the EXOS-D Satellite  
桜井 亨、町屋広和、岩田直久

- A31-P2-48 LATITUDINAL STRUCTURES OF Pi 2 PULSATIONS OBSERVED AT THE 210° MAGNETIC MERIDIAN CHAIN STATIONS  
湯元清文、大崎裕生、深尾宗資、塩川和夫、田中義人、桜井 亨、210°地磁気観測グループ

- A31-P2-49 210°地磁気多点観測網により観測された低緯度Pi2の季節変化について  
深尾宗資、湯元清文、塩川和夫、田中義人、210°地磁気観測グループ

- A31-10P SOME PECULIARITIES OF FIELD LINE ALFVEN OSCILLATIONS AT LOW LATITUDES  
Pilipenko V. A.、E. Fedorov、N. Kurneva、湯元清文、塩川和夫、田中義人、F. Menk

- A31-P2-50 STEP Polar Network, Studies with Induction Magnetometer Data  
林 幹治、渡辺富也、G. Rostoker、J. Kangas、STEP Polar Network Group

- A31-P2-51 赤道磁気脈動からながめた磁気圏ダイナミクス  
坂 翁介

- A31-P2-52 INTERMAGNET計画と日本のINTERMAGNET-J計画の現状について  
亀井豊永、荒木 徹、杉浦正久、品川裕之、石橋弘光、丸山 隆、菊池 崇、野崎憲朗、手塚雅美、小嶋美都子、中島新三郎、角村 悟

新企画 公開フォーラム

公開フォーラムA  
名称 スヴァールバルISレーダの利用と研究の可能性について  
主催者 松浦延夫(名大STE研)  
日時 10月13日(水) 12:45~13:45  
場所 A会場

公開フォーラムB  
名称 シューメーカー・レビー9彗星の木星衝突とその観測体制  
主催者 大家 寛、森岡 昭(東北大理)  
日時 10月14日(木) 12:15~13:15  
場所 A会場

A会場

10月12日(火) 午前

# 磁気圏 1

## Magnetosphere 1

oral: A11-01~13

poster: A11-P2-03~10

座長 早川 基 (宇宙研)  
大村善治 (京大超高層)

## A11-01 Analysis of Multiple Magnetopause Crossings Observed with Geotail

<sup>o</sup>H. Kawano, M. Nakamura, and K. Hayashi  
Department of Earth and Planetary Physics, University of Tokyo  
T. Yamamoto, A. Matsuoka, H. Hayakawa,  
K. Tsuruda, and A. Nishida  
Institute of Space and Astronautical Science  
S. Kokubun  
Solar Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University  
K. Maezawa  
Department of Physics, Nagoya University

On October 17, 1992, Geotail skimmed the dayside magnetopause and crossed the dawnside magnetopause more than 30 times in four hours. It was for the first time that this large number of crossings was observed in a time series, and the large number enables us statistical analysis of the properties of magnetopause in the four-hour interval.

We first analyzed highest resolution (16 data points per second) data from the fluxgate magnetometer onboard Geotail. Before all, we have transformed the coordinate system from the satellite coordinate to a model LMN coordinate. In the satellite coordinates, the X axis points at the sun and the Z axis is northward and parallel to the spin axis of Geotail. In the model LMN coordinates an observation-based self-similar magnetopause shape model by *Sibeck et al.*, *JGR*, p5489, 1991 is utilized. In an assumption that the satellite is just on the magnetopause, the magnetopause is self-similarly moved to the position of the satellite and then the model magnetopause normal direction is determined. The N axis of the LMN coordinates is taken parallel to the model magnetopause normal direction, positive outward from the earth. The L axis is the projection of the GSM Z axis to the plane tangential to the model magne-

topause. The M axis completes the (L, M, N) triad and thus is tangential to the model magnetopause and roughly westward.

We next applied the minimum variance analysis technique [*Sonnerup et al.*, *JGR*, p171, 1967] to the magnetic field data during intervals of the magnetopause crossings. As a result, for 36 crossings we could determine planes on which the motion of the arrowhead of the magnetic vector was confined. That is, the magnetic field perpendicular to those planes was almost constant, meaning that the planes correspond to the actual magnetopause discontinuity plane. The actual magnetopause normal directions (*i.e.*, minimum variance directions) almost lied in the model MN plane.

18 out of the 36 crossings were associated with the satellite entering into the magnetosphere from the magnetosheath, and 18 for exit. For the 18 entries the directions of the actual magnetopause normal directions had an average angle of 23.8° from the model N axis (outward directed) toward the M axis (tailward directed) with a standard deviation of 22.9°. On the other hand the 18 exits had the corresponding angle of -31.9° with a standard deviation of 33.6°. This difference in angle is explicable if we assume the wavy shape of the magnetopause and the tailward propagation of them.

We also surveyed the relation between the magnetic field component normal to the actual magnetopause ( $B_N$ ) and the tangential northward speed of the  $E \times B$  plasma flow ( $V_L$ ). The electric field was observed with the double probe in the EFD experiment. The result suggests the correlation between them:  $V_L$  tends to be positive (negative) for negative (positive)  $B_N$ . This result implies the existence of dayside merging, as consistent with the southward magnetosheath field for this day.

Similar analysis is applied for the other dayside magnetopause skimming on November 4, 1993, and we are also looking into the high energy particle data from HEP experiment.

## A11-02

### Characteristics of Whistler Mode Waves MGF Search Coil Observation on Geotail 1.

K. Hayashi<sup>(1)</sup>, H. Matsui<sup>(1)</sup>, H. Kawano<sup>(1)</sup>, T. Yamamoto<sup>(2)</sup>, S. Kokubun<sup>(3)</sup>

(1) Department of Earth and Planetary Physics The University of Tokyo.

(2) Institute of Space and Astronautical and Science

(3) Solar-Terrestrial Environmental Laboratory, Nagoya University

Two types of the whistler mode waves are well defined in the f-t spectrograms dominated by the right-handed circular component around the plasma sheet, in the magnetosheath and in the solar wind regions. One is found close to the upper border frequency (50 Hz) with discrete forms with or without of rising or falling f-t structures. Another is found with continuous band lasting more than a few minutes above the lower hybrid frequency. Normally negligibly small magnitude of power is displayed in the left-hand f-t spectrogram corresponding to those right-handed polarization events as is expected for whistler mode waves of quasi-field aligned propagation. Actually the orientations of the wave normal vectors determined for the Fourier components tend to be aligned along the averaged magnetic lines of force. Broad band whistler waves with large propagation angle to the magnetic lines of force being predominant in the dayside magneto-sheath region merges to the last category of impulsive type. These two types in the upper and lower frequency bands of whistler waves are in reasonable ranges to be linked with different free energy sources for wave generation, electron and proton cyclotron instabilities, respectively.

The third, continuous band of left-handed polarization, is frequently observed in the magnetosheath or in the upstream of the bowshock below the lower hybrid frequency. A particular point of the wave mode observed as left-handed polarization is association of significant amount of power in the field-aligned component, that is, the compressional component. In a rest frame Alfvén waves is the typical with left-handed polarization in this frequency but is not accompanied by compressional component except in a frequency

close to the proton gyro-frequency where kinetic effect of the ion becomes important. So the left-handed looks such wide frequency band above the local lower hybrid-frequency is most reasonable to be considered as the result of Doppler effect for the waves carried by supersonic or subsonic plasma flows in the solar wind or in the magnetosheath. Actually clear switching between the both types of polarization is typically observed in the foot region before and after shock crossing associated with the different orientations of the wave normals determined for Fourier components of the waves. The left-handed polarization was observed when the wave normal orientation is aligned close along the sun-earth line. Ambiguity of 180° in the direction of plane wave normal is left unless electric field data is combined. But we can take the direction of wave vectors to the upstream of the solar wind, if we assume that the whistler waves are generated by the ions reflected to the up-stream by the shock. The switching of sign in wave frequency giving rise to switching of the sense of polarization occurs in the quasi-rest frame of the satellite when the flow velocity of the solar wind exceeds the phase velocity of waves. Shortly after the right-handed polarization, however, was observed in advance to the next shock crossing when the angle between the wave normal and the sun-earth line was large in which only a small Doppler effect is expected.

Impulsive noises with a wide frequency band composed of both right and left-handed components are another category widely observed. There are two types in this category. One is those observed in the dayside magnetosheath associated with rapidly varying background magnetic fields. The polarization of the spectra indicates slightly right-handed and dominant orientation of the wave normal is close to perpendicular to the local magnetic field, though they are rather scattered. This type can be considered as magnetosonic mode. The second type of linear polarization is typically observed in the plasma sheet especially near the boundary region and must be due to impulsive field aligned currents or indicate passing through such micro structures.



# 電子サイクロトロン高調波の不安定性とその GEOTAIL 衛星による観測

○ 西村 長実<sup>1)</sup> 松本 敏<sup>1)</sup> L.A.Frank<sup>2)</sup> B.Paterson<sup>2)</sup> PWI team  
 1. 京都大学超高層電波研究センター  
 2. アイオワ大学

## The Instability of the Electron Cyclotron Harmonic Waves and its Observation by the GEOTAIL spacecraft

○ Osami NISHIMURA<sup>1)</sup> Hiroshi MATSUMOTO<sup>1)</sup>  
 L.A.Frank<sup>2)</sup> B.Paterson<sup>2)</sup> and PWI team

1. Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University.  
 2. Univ. of Iowa

The Electron Cyclotron Harmonic Waves are often observed by spacecraft in the outer magnetosphere. The GEOTAIL spacecraft also observed the Electron Cyclotron Harmonic Waves for a magnetopause skimming. At that time, we observed not only electrostatic diffuse bands emissions but also enhanced emissions of electromagnetic ECH for a short time period as sporadic emissions. We also observed the electrostatic ECH seen in the tail lobe region. From these observation results, we would like to deduce the generation mechanism, and show the results of calculation the dispersion for the instability of the ECH quantitatively.

いままでに、磁気圏内部の境界に近い場所における電子サイクロトロン高調波は報告されているが、科学衛星 GEOTAIL においても、マグネトポーズをよこぎる軌道をとる際、その内側で電子サイクロトロン高調波が観測されている。

例えば、1992年10月17日のデータはその例であり、静電的でスペクトルの広散した電子サイクロトロン高調波や、突発的に強められているスペクトルの狭い電子サイクロトロン高調波が観測されている。電子サイクロトロン高調波とともに、400Hz 付近にはコーラスも見えている。

よく見ると、この突発的なエミッションは、磁場成分を伴っていることがわかってい。静電的なモードにおいても、波動の伝搬方向が外部磁場の垂直方向から少し傾いていることにより、多少の磁場成分をもつのであるが、観測で見られる磁場成分の大きさは、理論よりもさらに大きな値となっている。また、この突発的な波動をさらに WFC を用いた高分解能のデータで調べると、サイクロトロン周波数以下の静電的なモードでは存在し得ない波動も観測されている。このようなことから、この突発的な波動は電磁的な波動だと考えられる。

また、昼間側の磁気圏に限らず、ごく稀ではあるが地球磁気圏の尾部においても電

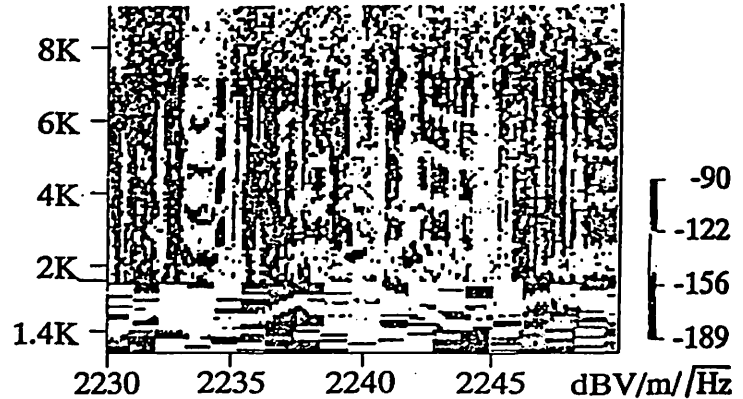
子サイクロトロン高調波が見つまっている。昼間側の磁気圏における電子サイクロトロン高調波では、マグネトポーズからの熱い電子の寄与が考えられるのに対し、地球磁気圏尾部における電子サイクロトロン高調波は、ローブにおいてプラズマシートからの熱い電子の寄与を受けているといえる。

ただ、同じ電子サイクロトロン高調波といっても様相の異なるいくつかの波動が GEOTAIL により観測されている。Hubbard と Birmingham は、静電的電子サイクロトロン高調波を4種類の波動に分類しているが、その違いは、熱いプラズマの状態によって変わるものであり、領域におけるプラズマの状態を知る手がかりとなる。また、電磁的電子サイクロトロン高調波のスペクトルは、Hubbard と Birmingham の波動の分類には当てはまらない結果を示している。

そして、特に電磁的電子サイクロトロン高調波に関して、線形分散関係式を解き波動モードの解析を行ない、その結果を示す。また、さらに詳しい解析を行なうためには、粒子データとの相関を調べる。

# GEOTAIL PWI SFA

17 OCTOBER 1992



Electron Cyclotron Harmonic Waves observed by the GEOTAIL spacecraft

# A11-04 GEOTAIL 衛星により dayside magnetopause で観測された chorus emission の k vector, refractive index, Poynting vector の解析

○ 堀崎 隆広<sup>1)</sup> 長野 勇<sup>1)</sup> 八木谷 聡<sup>1)</sup> 松本 敏<sup>1)</sup> 小嶋 浩嗣<sup>1)</sup> GEOTAIL PWI Team  
 1. 金沢大学工学部 2. 京都大学超高層電波研究センター

## The analysis on k vector, refractive index and poynting vector of the chorus emissions observed by the GEOTAIL near the dayside magnetopause

○ T. Shiozaki, I. Nagano, S. Yagitanil, H. Matsumoto, H. Kojimati,  
 GEOTAIL PWI team  
 1. Kanazawa Univ., 2. RASC, Kyoto Univ.

### Abstract

The chorus emissions were observed at the first and second dayside magnetopause skimming of the GEOTAIL. The wave normal vectors, refractive indices and poynting vectors are estimated using the five components of plasma wave data, and a generation region of the chorus emissions are discussed on the basis of the cyclotron resonant theory.

科学衛星 GEOTAIL の主目的は地球磁気圏尾部の調査であるが、昼間側を通過する時は magnetopause を skimming し、非常に興味深いデータを数多く提供している。そこで今回は第1回目の magnetopause skimming である1992年10月17~18日と第2回目の11月4~5日に観測されたコーラス・エミッションについて屈折率や k ベクトル、ポインティングベクトルの解析結果と Helliwell の理論による考察結果について報告する。

これら2回の skimming の間に観測されたコーラスの中には rising tone, falling tone, hook や non structure などのスペクトル構造を持つものもある。図1に10/17 22:05UT に観測されたコーラスの f-t diagram を示す。この図には rising tone と長い期間続く falling tone が見られる。ここで使用データとして図1の時間 5.6 ~ 5.7 秒、周波数範囲 320 ~ 340 Hz のものを用いる。

観測した実信号は複素信号に変換され、解析信号として k ベクトルや屈折率、ポインティングベクトルが計算されている [1]。

屈折率の理論値を求めるには、Sweep Frequency Analyzer(SFA) と Magnetic Field Measurement(MGF) のデータを使う。SFA の f-t diagram より continuum radiation の local cutoff 周波数に等しいプラズマ周波数が、MGF により得られた外部磁場の強度から、電子サイクロトロン周波数が求められる。また、コーラスはホイッスラーモード波なので屈折率は

$$n = \frac{f_p}{\sqrt{f(f_H - f)}}$$

により算出される。図1における使用データより屈折率を計算すると、計算値と理論値が良い一致を見せ、この時間区間では観測データは正確に校正されていると言える。

また波動の k ベクトルの計算結果から、rising tone は地球磁場と平行、falling tone は反平行になっていることがわかった。これはホイッスラーモード波が地球磁場に沿って伝搬することを考えると好ましい結果と言える。

Helliwell はコーラスのスペクトル構造をうまく説明する理論を提案した [2]。この理論によると、地球磁場に沿ってサイクロトロン運動する電子と地球磁場に沿って電子と反対方向に伝搬する波動との間に起こるサイクロトロン共鳴によって、波動は成長する。スペクトル構造は電子の運動方向によって決まる。すなわち、磁場赤道面から遠ざかる時は rising tone、磁場赤道面方向に移動する時は falling tone となる。

今回の観測時には GEOTAIL は磁気赤道面の少し南側に位置しており、図2に示すように rising tone の発生領域は GEOTAIL の南側と考えられる。また、falling tone の k ベクトルが地球磁場と反対方向になっていることより、この発生領域は GEOTAIL と磁気赤道面の間にあると考えられる。

### 参考文献

- [1] I. Nagano et al., IEICE of Japan, in press, 1993.
- [2] R. A. Helliwell, JGR, No. 19, pp.4773-4790, Oct. 1967.

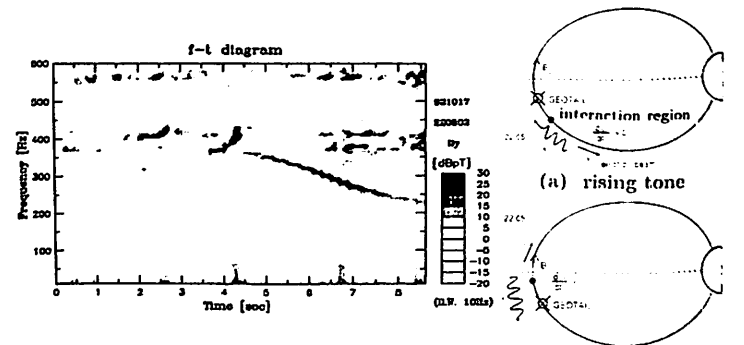


図1 10/17 22:05UT での磁界の f t diagram

図2 コーラスの発生領域

GEOTAIL 衛星で観測された Continuum Radiation の特性

- 電子密度測定 -

- 掛桶勇次<sup>1</sup>, 長野 勇<sup>1</sup>, 八木谷 聡<sup>1</sup>, 塩崎隆広<sup>1</sup>, 橋本弘蔵<sup>1</sup>, 松本 紘<sup>1</sup>, 小嶋 浩嗣<sup>1</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 Continuum Radiation observed by the GEOTAIL satellite - Electron density measurement -

- Y. Kakehi<sup>1</sup>, I. Nagano<sup>1</sup>, S. Yagitani<sup>1</sup>, T. Shiozaki<sup>1</sup>, K. Hashimoto<sup>1</sup>, H. Matsumoto<sup>1</sup>, H. Kojima<sup>1</sup>, PWI team
- <sup>1</sup>Kanazawa univ., <sup>2</sup>Tokyo denki univ., <sup>3</sup>RASC, Kyoto univ.

Abstract

GEOTAIL Plasma Wave Instrument (PWI) observed Continuum Radiation (CR) in the frequency range from about 1 kHz to 30 kHz in the tail region. The cutoff of the CR is well-known as an indication of a local plasma frequency. In this report we show the spectrum of CR observed by the Wave Form Capture (WFC) in the Lobe region and the propagation characteristics of the CR on the base of a cold plasma dispersion.

1. 観測

1992/11/15, 12:40~13:30 UT に Sweep Frequency Analyser (SFA) によって、1kHz から 30kHz まで広がり Lower Cutoff が 1kHz から 3kHz の間を変動している CR が観測された。また 12:40 から 12:50 の間には 1kHz 以下にも強い波動が見られた。このとき衛星は地球から約 120 Re 離れた tail 領域にいた。また、MGF 班より頂いた地球磁場のデータは  $X_{GSF}$  の方向を示しており、その強度は観測の間およそ 10  $\gamma$  であった。

この間に WFC は数回観測を行っており、図 1 に示すのはこの内 13:23 に観測された波動の f-t diagram である。図中の矢印は電界を観測するダイポールアンテナが地球磁場と平行になった時刻、つまりアンテナが  $X_{GSF}$  方向を向いた時を表す。

2. CR スペクトルのスピンによる影響

図 1 の CR の cutoff 周波数は 2.8 kHz であり、この周波数付近で電界は弱い spin modulation を受けている。そして外部磁場とアンテナが直角になったときに null 点になっている。これより少なくとも電界は外部磁場に平行な成分を持っており外部磁場に垂直な成分はそれより小さくなる事が分かる。他にもこの日は、CR の cutoff 周波数がおおよそ 1.4 kHz でこの周波数付近で spin modulation を受けており、かつ CR 自身が harmonic band 構造を持ち、

それが electron cyclotron 周波数  $f_g$  の整数倍になっているものが観測されている。この時には 280 Hz, 570 Hz, 830 Hz, 1190 Hz に electron cyclotron harmonics ( $\sim n f_g$ ) と思われる波動が現れている。但し、この時の  $f_g$  はおよそ 280 Hz である。

3. 分散関係式による cutoff の解釈

cold plasma 媒質中の分散関係式より観測された CR の mode について考察する。13:23 (図 1) には  $B_0$  と平行な方向に電界の成分があることから、これらの波は L-O mode であり、 $B_0$  に対して 90 度に近い角度で伝播していると推定される。この mode の cutoff は  $f_p$  に等しくなる。理論式より、 $f_p = 2.8$  kHz と  $f_g = 280$  Hz から  $f_{R=0}$  を計算すると 2.94 kHz となった。図 1 のアンテナと  $B_0$  が垂直になったときの cutoff 周波数とほぼこの値に読みとることが出来る。2 つの cutoff 周波数が各々  $f_p$ ,  $f_{R=0}$  を示すのは Gurnett and Shaw の理論 [1] と一致する。

4. まとめ

plasma pause 付近で発生するといわれている CR が tail 領域でも観測された。cutoff 周波数は他の領域で観測されたものよりも低かったが、波の特性は今まで報告されたものと同じであることが分かった。従って cutoff 周波数はプラズマ周波数、つまりこの波動が観測された位置の電子密度を表しているといえる。

今後は、harmonic band 構造を持ち electron cyclotron harmonics と相関をもつものについて、さらに詳しい解析が必要である。

参考文献

- [1] Gurnett and Shaw, JGR, 78, pp8136-8149, 1973

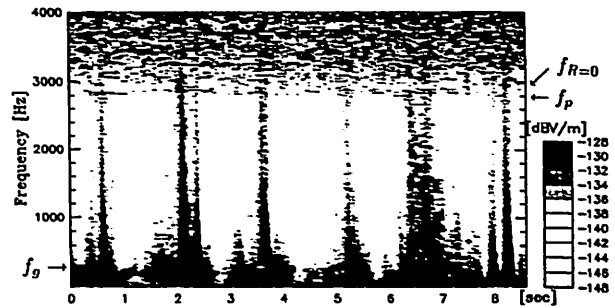


図 1 WFC による f-t diagram 92/11/15, 13:23

地球磁気圏尾部における プラズマ波動特性

- 藤田 篤志<sup>1</sup>, 小嶋 浩嗣<sup>1</sup>, 松本 紘<sup>1</sup>, 長野 勇<sup>2</sup>, 因分 三<sup>3</sup>, 山本 達人<sup>4</sup>, Lou Frank<sup>5</sup>, Bill Paterson<sup>5</sup>, PWI チーム
- 1) 京都大学超高層電波研究センター 2) 金沢大学工学部
- 3) 名古屋大学 STE 研究所 4) 宇宙科学研究所 5) アイオワ大学

CHARACTERISTICS OF PLASMA WAVES IN THE GEOMAGNETIC TAIL REGION

- Atsushi FUJITA<sup>1</sup>, Hirotugu KOJIMA<sup>1</sup>, Hiroshi MATSUMOTO<sup>1</sup>, Isamu NAGANO<sup>2</sup>, Susumu KOKUBUN<sup>3</sup>, Tatsundo YAMAMOTO<sup>4</sup>, Lou Frank<sup>5</sup>, Bill Paterson<sup>5</sup> and PWI team

- 1) RASC, Kyoto Univ. 2) Kanazawa Univ. 3) STE Lab., Nagoya Univ. 4) ISAS
- 5) Univ. of Iowa

The GEOTAIL spacecraft was successfully launched in July last year. One of its targets is to clarify the geomagnetic tail structure, and it keeps on moving from the dayside magnetosphere to the distant tail region passing through the various regions.

Plasma wave data shows several characteristics in each regions, and we can infer the GEOTAIL location and its boundary crossings using the wave activities. In the present paper, we pay our attention to the wave activities in the tail region, and summarize the wave characteristics in each region and boundary.

昨年 7 月 24 日に地球磁気圏尾部の観測を目的とした科学衛星 GEOTAIL が打ち上げられ、現在約 6~200Re の距離を移動しながら膨大な量の観測結果を地上に送り続けている。我々 GEOTAIL-PWI (Plasma Wave Instruments) team では特にプラズマ波動の観測及び解析を行なっている。

これまで、磁気圏尾部に関する研究は AMPTE, ISEE-3 などの科学衛星の観測データをもとにして進められてきたが、今までに 100~200Re の深尾部を重点的に観測した衛星がなかっただけに解明されていない部分も多い。そこで我々は特に GEOTAIL が磁気圏尾部に数度向かうことを利用して、磁気圏各領域において観測されるプラズマ波動のとりまとめを行なった。これにより、磁気圏のどの領域、あるいは、境界を GEOTAIL が通過したかをプラズマ波動データから予測できるようになると期待している。

一例として地球磁気圏尾部のローブ領域での GEOTAIL-PWI の観測機器である SFA (Sweep Frequency Analyzer) のデータをもとに作成したプラズマ波動のダイナミックスペクトルを紹介する (Fig.)。この観測の行なわれた 1992 年 11 月 15 日

の GEOTAIL の位置は約 120Re であった。12:50UT~16:10UT までは、Continuum Radiation のカットオフが電子プラズマ周波数であるという仮定のもとでの計算では粒子密度が 0.05~0.1 個/cc 程度であり、GEOTAIL-MGF team 報告によると磁場強度が 12~15nT であることからローブ領域であったと推定される。そして、ローブ領域の前縁では、広帯域静電波 (BEN) が見られ、プラズマシート境界層であったと推定される。一般にプラズマシート境界層とローブの区別は、粒子データがないと困難とされているが、このように、磁場が、ローブのように安定して、しかも BEN が見えている領域がプラズマシート境界層であると認識できる。

上の例を始めとして本講演ではプラズマ波動のダイナミックスペクトル、MGF team による磁場観測データなどを照らし合わせた結果の地球磁気圏の各領域の特徴及び各領域、境界層でのプラズマ波動の特徴について報告し、その結果について考察を加える。

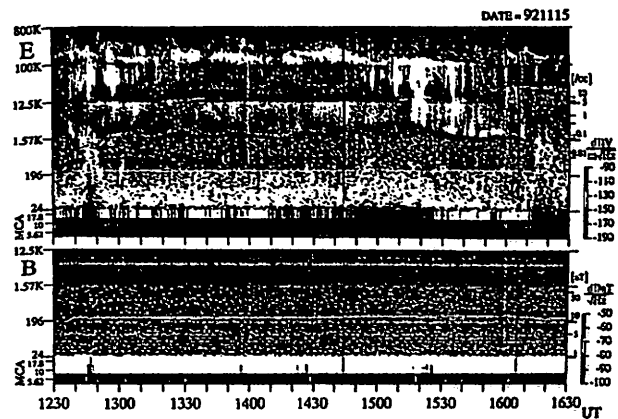


Fig. PSBL entry from the lobe region accompanied with the BEN.

# 地球磁気圏境界層付近で観測される プラズマ波動の GEOTAIL 衛星データ による統計解析

◦ 小嶋浩嗣<sup>1</sup> 藤田 篤志<sup>1</sup> 松本 敏<sup>1</sup> 長野 勇<sup>2</sup> 国分 征<sup>3</sup>  
山本 達人<sup>4</sup> L. A. Frank<sup>5</sup> B. Paterson<sup>5</sup> PWI チーム  
1) 京都大学超高層電波研究センター 2) 金沢大学工学部  
3) 名古屋大学 STE 研究所 4) 宇宙科学研究所 5) アイオワ大学

## Statistical analysis of wave activities observed at boundary layers in the geomagnetic tail by the GEOTAIL data

◦ Hirotugu KOJIMA<sup>1</sup> Atsushi FUJITA<sup>1</sup> Hiroshi MATSUMOTO<sup>1</sup>  
Isamu NAGANO<sup>2</sup> Susumu KOKUBUN<sup>3</sup> Tatsundo YAMAMOTO<sup>4</sup>  
L. A. Frank<sup>5</sup> B. Paterson<sup>5</sup> and PWI team

1) RASC, Kyoto Univ. 2) Kanazawa Univ. 3) STE Lab., Nagoya Univ. 4) ISAS  
5) Univ. of Iowa

The PWI onboard the GEOTAIL spacecraft detected the characteristic wave activities at each region in the geomagnetic tail. Especially, the lower cutoff frequencies of the continuum radiation are very useful for our knowing where GEOTAIL is located and which boundaries it moves across, since they correspond to the local electron densities.

We frequently find the abrupt increase of the local electron density in the distant tail region, and in some of these cases, we cannot explain these phenomena using the familiar geomagnetic tail model. In the present paper, we perform the statistical analysis of the wave activities at the various boundaries, and examine their relations to the geomagnetic tail model.

GEOTAIL 衛星で観測されるプラズマ波動の activity は、その衛星の位置、境界層の通過の事実を如実に反映していることが、これまでの観測に置いて明らかになってきた。例えば、MNB (Magnetic Noise Burst) は、Magnetosheath において頻繁に観測され、PSBL、PS の PSBL 側では、BEN (Broadband Electrostatic Noise) が観測される。

また、Continuum Radiation の Lower cutoff 周波数は、ローカルの電子プラズマ周波数に一致するため、その時間変化を見ることで、GEOTAIL がどのような領域を通過したかが、予測できる。

このような、波動 activity の特徴が各領域毎にまとめられていく過程の中で、Figure に示すように Continuum Radiation の Cutoff 周波数が急激に変化するイベントが多く観測されることがわかった。特に、この Figure においては、Cutoff 周波数の変化が起きて、密度の濃い領域へ突入した後で、MNB が観測されており、このことから、GEOTAIL は磁気圏内部から Magnetosheath へと抜けていったと予測された。しかし、軌道から予測される GEOTAIL の位置はこの日、ほとんど磁気圏尾部の真中にあり、従来我々が予測していた磁気圏モデルでは、Magnetosheath へ GEOTAIL が出ることは考えにくいということになる。

このように、波動の Activity から予測される領域の移動、Boundary crossing の様子が、従来のモデルでうまく説明できないことが起こっている。そこで、本講演では、このような Boundary を GEOTAIL が横切ったと考えられるイベントを抜きだし、他の観測機器のデータと比較しながら、それらを統計的に処理し、そのようなイベントの頻度を求め、波動の立場から見た磁気圏の構造がどのようになっているかの予測を試みる。

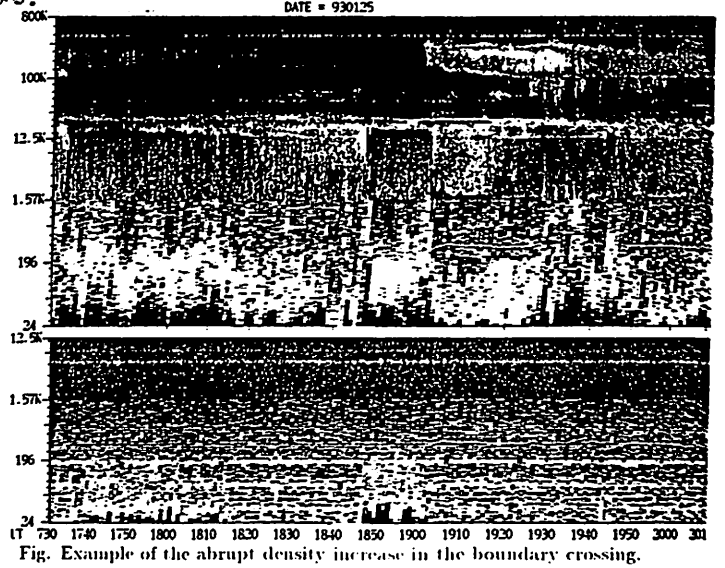


Fig. Example of the abrupt density increase in the boundary crossing.

# GEOTAIL 衛星 EFD-B 観測器 データ処理

◦ 松浦 健一郎、早川 基 (宇宙研)、中村 正人 (東大理)、  
鶴田 浩一郎、松岡 彩子、山本 達人 (宇宙研)、  
国分 征 (名大STE研)

## GEOTAIL EFD-B Data Processing

◦ MATSUURA K., HAYAKAWA H. (ISAS),  
NAKAMURA M. (Univ. Tokyo), TSURUDA K., MATSUOKA A.,  
YAMAMOTO T. (ISAS), KOKUBUN S. (STEL, Nagoya Univ.)

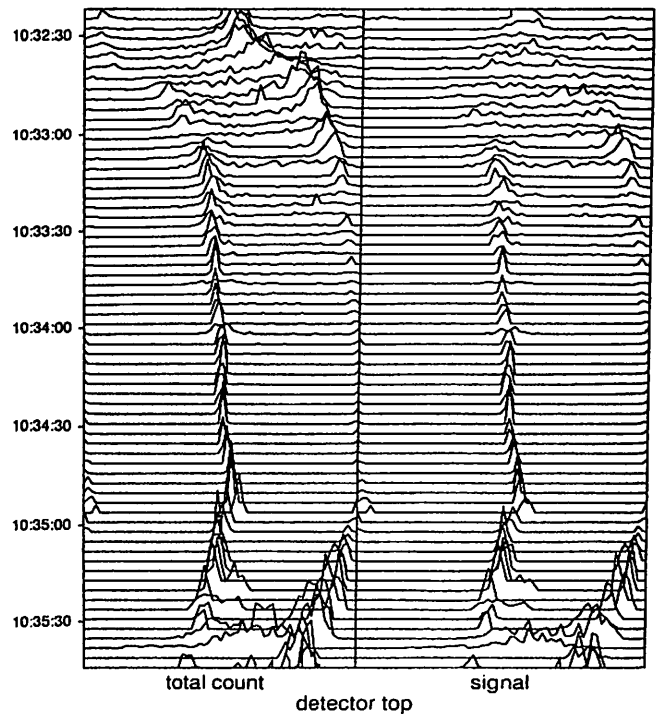
The EFD-B instrument on GEOTAIL, which measures the electric field by the beam technique, have been operated successfully. We calculated the electric field from the time-of-flight of ejected electrons returning to the ejection point.

We report the processing of the EFD-B data on Apr. 11, 1993, and discuss the reliability of the EFD-P (probe method) data obtained at the same time.

GEOTAIL に搭載されているブーメラン法電場計測器は現在正常に運用されており、データの取得がなされている。ブーメラン法電場計測器は、宇宙空間中に電子を放ち、その回転周期および E×B ドリフトを時間的に計測することにより電場を求める計測器である。従来から用いられているプローブ法電場計測器に比べ、ブーメラン法電場計測器は衛星本体からの影響を受けにくく希薄なプラズマ中でも正しい電場が測ることができる。

前述したようにブーメラン法では放出された電子の飛ばし時間を用いるためビーム強度を時間的に変化させている。この信号を処理し、

電場を求める過程について 1993 年 4 月 11 日のデータを用いて報告する。また、求めた電場のデータと EFD-B のデータを比較することで、プローブ法の信頼性を検証する。



A11-09

磁気圏尾部のローブにおける電場計測

早川 基、鶴田浩一郎、山本 達人 (宇宙研)  
 中村 正人 (東大・理)  
 國分 征 (名大・STE研)

Electric Field Measurement in the Tail Lobe  
 H. Hayakawa, K. Tsuruda, T. Yamamoto (ISAS)  
 M. Nakamura (Univ. of Tokyo)  
 and  
 S. Kokubun (STE Lab., Nagoya Univ.)

Electron Boomerang Experiment (EFD-B) onboard GEOTAIL measures the electric field and magnetic field intensity from the pair of time of flight (TOF) data. This paper describes the results from the measurement in the tail lobe region. Electron gyroperiods derived from the spin averaged Magnetic Field Experiment (MGF) data and EFD-B data are agreed within the statistical ambiguity of the MGF data. Hi-time resolution (16Hz) MGF data are used to calibrate MGF data with EFD-B data and to derive the electric field data from the incomplete pair of TOF data. The results of the calibration and the electric fields in the tail lobe will be discussed.

GEOTAIL衛星に搭載された電子ブーメラン法による電場計測器は衛星より射出した電子の飛翔時間計測 (TOF) により、電場を測定する機器である。TOFは電子のジャイロ周期 (Tg) 少し長いもの (T+) と少し短いもの (T-) の2種類があるが、この両者を同時に測定することにより、電場のみならず磁場の強度をも精度良く測定することが可能である。また、TOFの一方だけからも磁場強度のデータと合わせることで、電場を導出することが

出来る。本講演では夜側磁気圏尾部のテイルローブ領域において得られた観測の結果について報告をする。図1に示す様にブーメラン法により求められた電子のジャイロ周期と、スピン平均した磁場計測器 (MGF) のデータから求めたそれとはMGFデータの統計的誤差の範囲内で一致をした。このため、MGFデータをブーメラン法のデータで校正するために、時間分解能の高いMGFデータ (16 Hzデータ) との比較をおこなった。この校正の結果および、校正されたMGFデータを基にして得られたローブにおける電場について報告をする。

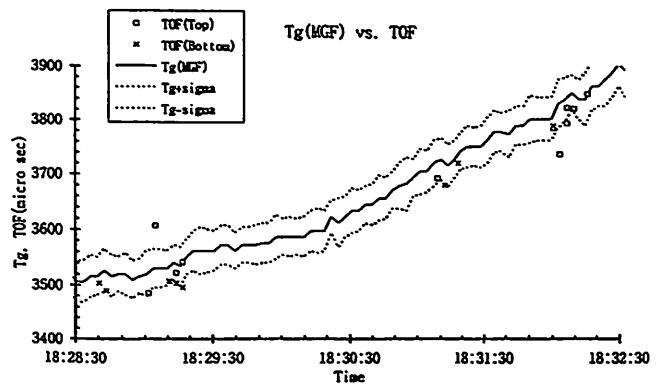


図1: 太い実線はMGFから求めたジャイロ周期、点線はその統計誤差を示す。四角とばつ印は其々T+とT-に対応する。

A11-10 磁気圏遠尾部構造: GEOTAIL観測

山本達人、川口広幸、鶴田浩一郎、早川基、松岡彩子 (宇宙研)  
 西田篤弘 (宇宙研)、河野英昭 (東大)、國分征 (名大STE研)

Distant Magnetotail Structures as Observed by GEOTAIL

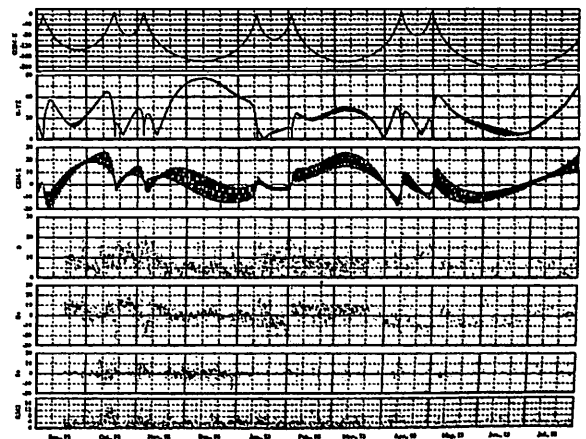
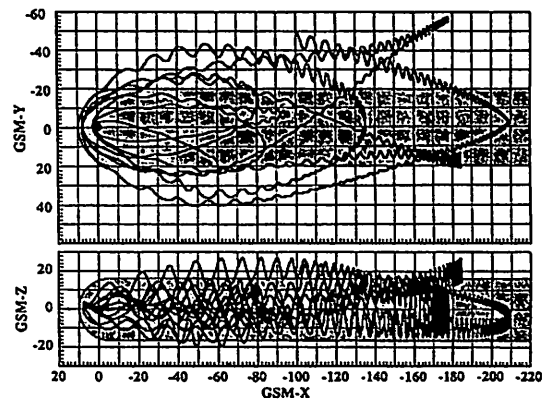
T. Yamamoto, H. Kawaguchi, K. Tsuruda, H. Hayakawa, A. Matsuoka, A. Nishida (ISAS), H. Kawano (Univ. Tokyo), S. Kokubun (STE Lab.)

The distant magnetotail structures are discussed by using GEOTAIL magnetic field data. We will point out a new aspect that the z-component of magnetic field around the distant neutral sheet often shows positive values. This contradicts the model that predicts the quasi-steady reconnection around X = -100Re.

GEOTAIL搭載の磁場計測器(MGF)は92年9月中旬に観測を開始して以来、順調にデータを取得しつづけている。磁場データは24時間連続データとして使用することが可能である。右頁上図に、92年9月1日より93年7月31日までのGEOTAILの軌道を、平均太陽風アベレージョン角(4°)、平均ヒンジング距離(10Re)を考慮したGSM座標系で示す。この図を見ると衛星は磁気圏尾部をかなりの期間滞在しているようにも取れるが、右頁下図に示す様に滞在期間としては全体の半分以下である。下図は、横軸を時間に上より、衛星のX座標、磁気圏尾部の軸(X軸)からの距離、Z座標、磁場の全磁力、X成分、Y成分、RMS値を1時間値としてプロットしたものである。DSN局からのデータ処理は現在93年3月下旬までなので、それ以降の点はまばらとなっている。磁気圏尾部に滞在する確率が高いと思われるX軸からの距離が20Re以下の期間は全体の半分程度である。また、この条件下でプラズマシートを観測する確率の高いZ座標の絶対値が小さい期間は未だ非常に限られている。

このような条件下ではあるが、現在見られるGEOTAILでの地球磁気圏遠尾部の構造で特筆できる事として、X座標が-100Reを超える領域で磁気中性面を通過した時のBzが正の値を示す事が非常に頻繁にある事がある。IMFとの関係についてはまだ未調査ではあるが、この事実はX=-100Re付近に定常的なりコネクションが存在するという旧来のモデルには矛盾し、磁気圏尾部の大規模構造・プラズマ対流を含めたダイナミクスに新たな考察を強いるものである。また、春の講演で鶴田他で報告したように、座標から見ると磁気圏尾部の中心付近に衛星が位置すると思われる時にも、太陽風と推定されるプラズマ流が観測される事もあり、太陽風プラズマの磁気圏尾部への侵入の仕方を含め、新しい問題と考えられる。

発表ではDSN取得の24時間データも可能な限り加えて、GEOTAILで見られる地球磁気圏の遠尾部の構造について議論を行う。



西田篤弘 (1)・国分 征 (2)・山本達人 (1)・河野英昭 (3)  
 鶴田浩一郎 (1)・早川基 (1)・中村正人 (3)・松岡彩子 (1)  
 1:宇宙科学研究所, 2:名大STE研, 3:東大理

Structure of the Neutral Sheet in the Distant Tail

A. Nishida(1), S. Kokubun(2), T. Yamamoto(1), H. Kawano(3),  
 K. Tsuruda(1), H. Hayakawa(1), M. Nakamura(3), A. Matsuoka(1)  
 (1) ISAS, (2) STB Lab. Nagoya University, (3) University of Tokyo

Three types of neutral sheet crossings are recognized at 200 Re. In the A type in which the crossing is sharp and isolated, Bz is northward and Vx is very weak. The B type is observed in the plasmod. In the C type, closed field lines and small magnetic loops are moving tailward with speeds of several hundred km/s.

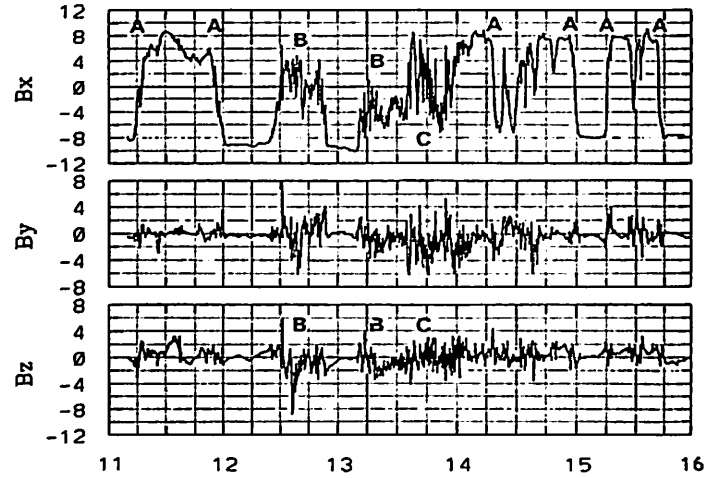
1993年6月にGEOTAIL衛星はx=-200の遠尾部で磁気中性面を頻りに観測した。付図(6月7日の白田受信データ)に示すように遠尾部における中性面の構造には少なくとも3つの種類がある。

(A) 中性面通過が短時間(しばしば5分以内)に単独で起きる場合: この場合、中性面における磁場のz成分は北向きであることが殆んどである。この事実はdistant neutral lineが約100Reの距離にあるというモデルとは相容れない。BxとBzの位相関係から、反地球向きに伝播する南北振動のために中性面が衛星を通過していることがわかる。x方向のドリフト速度はきわめて小さい。

(B) 磁気ループ(プラズモイド)が通過中の場合: 弱い磁場強度と中性面の多重通過(multiple crossing)が長時間(しばしば30分程度)にわたって観測され、Bzは最初しばらく北向きの後南向きになる。すなわちループ状の磁力線構造が中性面にそって移動している。EyとBzの間

には顕著な反相関が見られ、この比から磁力線ループは地球と反対の方向に運動しており、速度の磁力線に直角な成分は数百km/sであることがわかる。ループのスケールは100Reのオーダーである。サブストームの発生に続いて観測される。

(C) 厚いプラズマシート中に乱れた磁場が存在する場合: Bの場合と同じように弱い磁場と中性面の多重通過が長時間にわたって観測される。しかしBzは全域にわたるシステムティックな変化は示さず、短周期(10~30秒)変動が弱い北向きの平均値に重なっている。EyとBzの相関はよく、数百km/sの反地球方向流に対応する。すなわち閉じた磁力線と小さな(1~3Re程度)磁力線ループが200Re以遠に向かって高速で運ばれている。これはL L Lにつながる構造であろうか。



A11-12 サブストームに伴う磁気圏深尾部磁場変動: GEOTAIL 観測

国分 征<sup>o</sup>(名大STE研)、長井嗣信(東工大理)、河野英昭(東大理)、山本達人、西田篤弘(宇宙研)

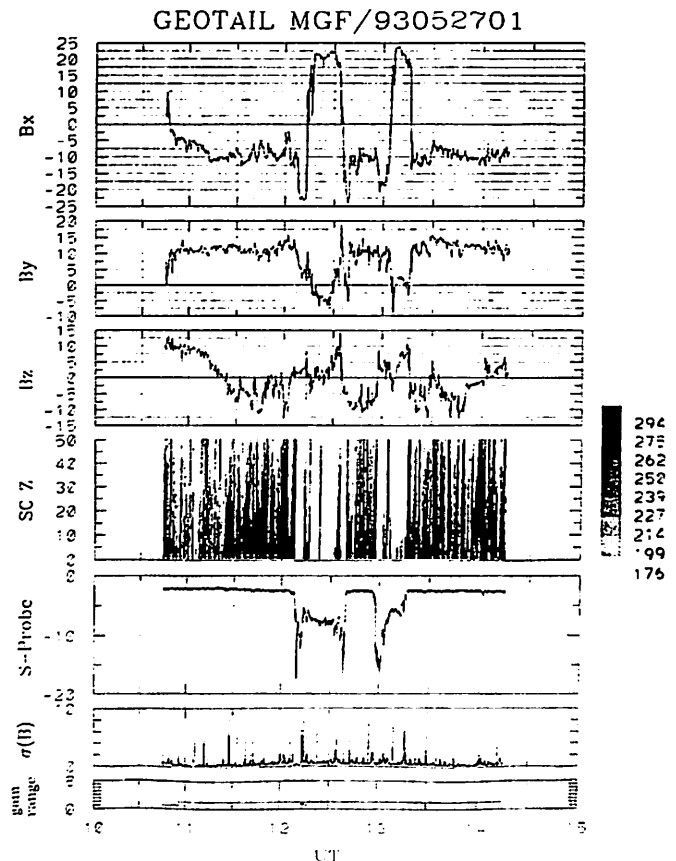
Magnetic Field Variations in the Distant Magnetotail during Substorms: GEOTAIL Observations

Kokubun, S<sup>o</sup>(STE Lab. Nagoya Univ.), K. Nagai(Tokyo Inst. Tech.), H. Kawano(Univ. Tokyo), T. Yamamoto and A. Nishida(ISAS)

Magnetotail field variations during substorms are examined based on GEOTAIL observations in the distant magnetotail. It is found that rapid transition between the tail lobe, plasma sheet and magnetosheath is occasionally observed during a short time interval of 1-2 hours in the region of X ≤ -50 Re associated with enhanced magnetic activity.

1992年9月のGEOTAIL観測開始以来、ほぼ1年間の深尾部観測データが蓄積され、ダイナミックに変動する磁気圏尾部の様相を解析できる状況が整いつつある。これまでの解析により、plasma sheet crossingは特徴的な3つのタイプに分類できること(西田他の報告)、磁気圏の中心部に衛星が位置すると考えられる場合にも、磁気シースの特徴を示す変動が観測されることがあることなど新しい観測結果が出つつある。この発表では、1~2時間の間に衛星が異なる領域を移り変わる例をいくつか取り上げ、変化の特徴、サブストームの発達過程との関連を調べ報告する。

右に示す図は、衛星が、GSM座標で-187.1, 21.4, -10.4 Re付近に位置していた時のデータである。地上のデータなどから推定されるサブストームの開始時刻は1156UT、サブストームの開始後約1時間15分の間に、衛星は、シースから南ローブ、プラズマシート、北のローブ付近、プラズマシート、南ローブ、シース、南ローブ、プラズマシート、北ローブと異なった領域を観測し、最終的にシースに入った。この例は、衛星が平均的な磁気圏境界に近いところにいたためこのような複雑な変化を観測したとも考えられるが、サブストームに伴いダイナミックに変動する磁気圏尾部の特徴的な変化を示すものと考えられる。92年9月から、93年7月のデータの中から、図のような特徴を示す観測例をいくつか調べた結果、シース、ローブとプラズマシートの間を急速に推移する場合は、Dstの発達を含めた地磁気活動の高い場合に多く見られる傾向があることがわかった。



## Preliminary Geotail Survey of Magnetic Substorm Signatures in the Magnetotail

T. Nagai<sup>o</sup>(Department of Earth and Planetary Sciences, Tokyo Institute of Technology, Meguro, Tokyo 152)

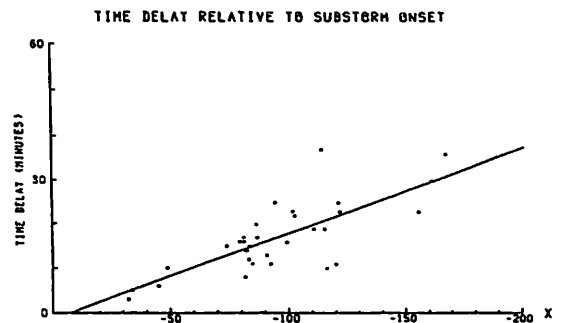
K. Takahashi, S. Kokubun (both at: Solar Terr. Environ. Lab., Nagoya University, Toyokawa 442)

H. Kawano (Dept. of Earth and Planetary Physics, University of Tokyo, Tokyo 113)

T. Yamamoto, A. Nishida (both at: Institute of Space and Astronautical Sciences, Sagami 229)

Substorm signatures are studied using magnetic field data obtained with the Geotail spacecraft. The major purpose of this study is to find how the magnetotail field changes as a function of the distance from the Earth and also as a function of time after substorm onset. The current data set consists of Geotail magnetic field data transmitted real time to Japan from October 1992 to May 1993, GMS-4 (140°E, geostationary) energetic particle data, and 1-s Kakioka (L=1.2, 140°E) magnetic field record. We first determine the occurrence of a substorm from major increases in the flux of energetic (> 2 MeV) electrons at the geostationary satellite and then determine the precise onset time using Pi 2 pulsations observed at Kakioka. We have so far identified 111 substorm events with varying X distances from -30 Re to -190 Re. Geotail was in the magnetosheath for 55 events; was in the

lobe and observed a traveling compression region (TCR) for 2 events; and was probably in the lobe but did not observe any significant field changes for 24 events. In the remaining 30 events a bipolar signature (northward perturbation followed by southward) was observed in the Bz component. The time delay between the Pi 2 onset and the time center of the Geotail bipolar magnetic field variations increases linearly with the satellite distance from the Earth. The time lag corresponds to an average tailward velocity of 540 km/s. If we assume the bipolar field variation to be a convected or a propagated structure, its scale along the tail can be estimated from the time separation of Bz maximum and minimum times the average tailward velocity. It is 10 Re for X= -30 to -50 Re, 20 Re for X= -70 to -100 Re, and 25 Re for X= -150 to -170 Re. The velocity and dimension of the magnetic field structure are comparable to those obtained previously from ISEE 3 observations and attributed to plasmoids.



## A11-P2-03

### GEOTAIL 衛星による Bow Shock Upstream Wave の観測

<sup>o</sup>杉山 徹、寺沢敏夫、河野 英昭 (東大理)

山本 達人 (宇宙研), 国分 征 (STE研), 他 MGF グループ

### Upstream Waves of the Earth's Bow Shock Observed by GEOTAIL

<sup>o</sup>T. Sugiyama, T. Terasawa, H. Kawano (Univ. of Tokyo)

T. Yamamoto (ISAS), S. Kokubun (STE lab.), and MGF group

Along the bow shock skimming orbit on the dawn side during a period from August 5 to 9 1993 GEOTAIL observed many crossings of the bow shock. We investigated upstream waves of the bow shock by using the magnetic field data and found that the wave amplitude decreases with distance from the subsolar point.

93年8月5日-9日にかけて GEOTAIL 衛星は、朝側の Bow Shock をスキミングした。この間 数 10 回 shock を crossing している。そして、IMF の向きの変化により 準平行、準垂直の 2 種類の shock が観測された。今回は、磁場のデータにより解析した周期数 1.0 秒の upstream wave の観測例について報告する。現在、この波は、shock で反射された ion によって生ずるビーム・サイクロロン不安定性によると考えられている。過去の研究では Explorer、ISEE 衛星などによって  $X > 0$  の衝撃波上流領域での観測がなされているが、 $-60 < X < 0$  の領域での解析は GEOTAIL のユニークな軌道により実現されたものである。

Upstream wave は、shock を横切る磁力線上にのみ見られ (準

平行 shock)、波数ベクトルと磁場ベクトルの向きはほぼ平行であった。振幅は磁場強度の数 10% に達している。予想通り、shock の subsolar point から遠ざかるにつれて振幅が小さくなる傾向が見られている。その他の、波の詳しい特性については、学会時に報告する。

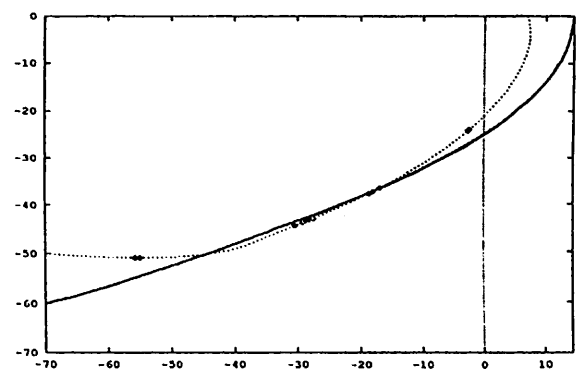


図: GEOTAIL の軌道 (点線) と、平均的な Bow Shock の位置 (実線、Fairfield, 1971)、今回の観測で認められた shock の位置 (角点) を示す。

マグネトシース中での磁場擾乱の距離依存性

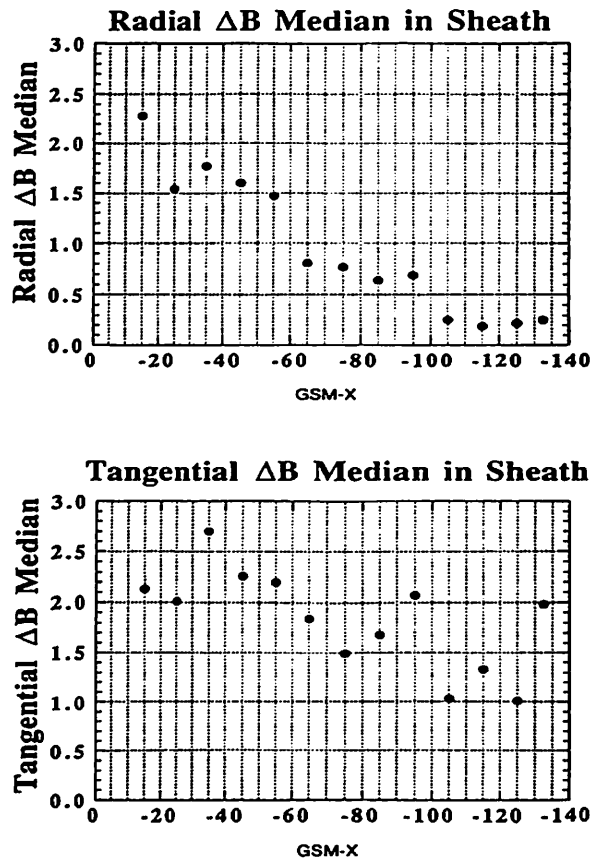
川口広幸 (電通大/宇宙研)、山本達人 (宇宙研)、国分征 (名大STE研)、河野英昭 (東大理)、鶴田浩一郎、松岡彩子 (宇宙研)

X-dependence of Magnetic field Turbulence in Magnetosheath

H.Kawaguti (Univ. Elrc. & Comm.), T.Yamamoto (ISAS), S.Kokubun (STE Lab.), H.Kawano (Univ.Tokyo), K.Tsuruda, A.Matsuoka (ISAS)

By using magnetic field and satellite potential data which are observed by GEOTAIL satellite, we have analyzed X-dependence of the magnetic field turbulence in magnetosheath. We report and discuss them.

現在、GEOTAILによって地球磁気圏についての様々な観測が行われている。観測されている領域中でも磁気圏尾部領域ではGEOTAILの通り軌道の関係上、マグネトシースであろうと思われる領域中に長時間滞在することが多くなっている。マグネトシースはBow Shock面によって擾乱を受けた太陽風磁場が通過している領域である。この擾乱の距離依存性を調べるため、磁気圏尾部でのマグネトシース中で取得された磁場のデータを、同時に観測された衛星ポテンシャルのデータと併せて解析を行い、地球からの距離 (GSM系) に対する長周期変化 (1~10分)、短周期変化 (0.1~3秒) での磁場強度擾乱の大きさの距離に対する変化を磁場の各方向成分に対して調査した。右図はマグネトシースと磁気圏境界層が磁気圏尾部で円筒上に近似できるとした時の磁場擾乱の動系方向成分と接線方向成分の距離依存性の長周期変化を調べたものであるが、図の様に動系方向成分の擾乱の減少の割合は接線方向成分のものより大きいことが分かる。これは磁場擾乱の持っているエネルギーが境界層に垂直な方向成分では吸収されてしまい、接線 (水平) 方向成分では吸収されにくいいため、動系方向では擾乱の大きさの減少の割合が大きく、接線方向では緩やかになるものと考えられる。発表では上で述べたもの他に、その他の方向成分について解析・調査した結果についても報告し、どの様な現象が起こっているのか、その成因は何かなどを考察・検討する。



Near Earth Neutral Line形成に伴って出現する  
ジェット領域-プラズモイド間の境界に  
Fast Mode Shockが形成される可能性に関して

町田忍 (京大理)、向井利典 (宇宙研)、斎藤義文 (宇宙研)、小原隆博 (宇宙研)、寺沢敏夫 (東大理)、平原聖文 (東大理)、西田 篤弘 (宇宙研)

A Possibility of the Fast Mode Shock Formation  
at the Plasma Jet - Plasmoid Boundary which Appears  
in Association with the Near Earth Neutral Line

S. Machida (Kyoto Univ.), T. Mukai (ISAS), Y. Saito (ISAS), T. Obara (ISAS), T. Terasawa (Univ.Tokyo), M. Hirahara (Univ.Tokyo), and A. Nishida (ISAS)

Plasma bursts observed on August 22, 1992 associated with the magnetospheric substorm whose Pi-2 signal was detected around 12:08 UT on the ground stations have been analyzed. There were three distinct plasma bursts. Among them, the last event could be observed when the GEOTAIL was engulfed by the plasmoid travelling to the downtail region. The distribution function of the electrons ( $8\text{eV} < E < 38\text{keV}$ ) in the three dimensional velocity space is characterized with well defined bistreaming structure with a beam energy about  $2\text{keV}$  at the plasmoid-tail lobe boundary, and hot isotropic distribution functions ( $\sim 3\text{keV}$ ) inside the plasmoid. As for the ions, we observed a tailward flowing beam together with the ring distribution as reported in a paper by Saito et al. [1993]. We propose that there was a fast mode shock between the region of the plasma jet which extended from the near earth neutral line and the downtail plasmoid. Such interface region of the fast mode shock may create the bistreaming electrons as well as the decelerated tailward flowing ion beam.

前回の学会講演において、1992年8月22日にGEOTAIL衛星に搭載された低エネルギー粒子計測器 (LEP) によって観測された磁気圏サブストーム発生に伴うと考えられるプラズマ・バーストに関する報告を行った。この期間GEOTAILはGSM座標系で  $X = -42\text{Re}$ ,  $Y = 5\text{Re}$ ,  $Z = 5\text{Re}$  に位置していた。バースト現象は12:12, 12:25, 13:00 UTの3回にわたって観測されたが、その中でも、3番目の現象はプラズモイドが比較的地球に近い位置で形成され、その構造の中にGEOTAILが飲み込まれたと解釈する事ができる。観測によると、プラズモイドとローブの境の所に電子の速度分布関数に顕著なBistreaming構造 (ビームエネルギー  $\sim 2\text{keV}$ ) が観測された。この構造は短時間 ( $\sim 13\text{sec}$ ) だけ観測され、境界層が非常に薄い事を物語っている。プラズモイドの内部に入ると、電子の速度分布関数は高温 ( $\sim 3\text{keV}$ ) の等方的な分布をしていた。また、イオンの速度分布をみると、有限ラーモア半径効果によって電子ほど構造の変化がはっきりとあらわれないが、プラズモイドの中で、反太陽方向に流れる高速ビーム成分 (ジェットの領域で観測されたもの、すなわち、1, 2番目のイベントよりもかなり減速され、ローカルなアルフベン速度程度となり、なおかつビームが速度空間で散乱をうけている) と磁力線と直交する面でリング状の分布が見い出された。[本学会斎藤他の講演を参照]

これらの構造を理解するために我々は、磁気再結合の進行するNear Earth Neutral Lineに直接つながるプラズマジェットの領域とプラズモイドの境の領域にFast Mode Shockが形成されているのではないかという仮説をたてて検討をおこなった。その結果、地球磁気圏のバウショックにみられる様な電子ビームの形成やイオンの減速過程と共通の性質がみられる事がわかった。この様なFast Mode Shockの構造が出現する可能性はMHD計算等によっても示されており [Ugai, Phys. Fluids B, 4, 2953, 1992] 今後、磁場のデータ等とつぎあわせた詳細な観測・解析が望まれる。

プラズモイド近傍におけるリング状イオン分布  
-テスト粒子法によるシミュレーション-  
\*坪内 健、寺沢敏夫(東大理) 齋藤義文(宇宙研)

Test Particle Simulation of  
Ring-shaped Ion Distributions near a Plasmoid  
\*K.Tubouti, T.Terasawa(Univ. of Tokyo) and Y.Saito(ISAS)

In this paper we report on the results of a test particle simulation for a new phenomena observed by the Low Energy Particle (LEP) experiment on board the GEOTAIL spacecraft.

On 22 August 1992, a burst of high-speed plasma flow, associated with the passage of a plasmoid, was detected where GEOTAIL was located at X<sub>SM</sub> ~ -40R<sub>E</sub>. The cold ion beams with ionospheric origin (H<sup>+</sup>, O<sup>+</sup>) streaming tailward in the north lobe region was also observed. During this plasmoid passage, the 3-dimensional velocity distribution of the cold ions was found to become ring-shaped in nearly VY-VZ plane. (Saito et al., 1993) To give the physical interpretation to this phenomena, we investigate the interaction between plasmoid and cold ions by means of a test particle simulation. A detailed computation will be reported in the meeting.

現在、GEOTAIL 衛星から得られたデータは、磁気圏物理に対する新たな描像を次々ともたらしている。1992年8月22日には低エネルギー粒子観測器(LEP)が、プラズモイドと電離層起源イオン流の相互作用に関する興味深い現象を捕らえている。これは、イオン流の3次元速度分布がプラズモイドの通過に伴ってリング状の構造を呈する(齋藤 他、1993)というものである。今回はテスト

粒子を用いたシミュレーションによって、この現象に物理的な解釈を加えることを試みた。

シミュレーションに用いたプラズモイド周辺の磁場は、Birn のモデル計算 (Birn, 1992 JGR) から求めた。このモデルは、プラズモイドが、1) 準1次元構造 ( $|\partial/\partial x| \ll |\partial/\partial z|$ ) を持ち、2) (dHT系で) 定常状態にあることを仮定したものである。シミュレーションの結果、リング構造の速度分布を形成しているイオンはプロトンであることが示された。また、この分布の構造が、プラズモイドの空間スケールやプラズモイド通過前のイオンのピッチ角分布に強く依存していることも見いだされた。本学会ではこれら計算結果からの定量的評価やその物理過程についての詳細を議論していく。

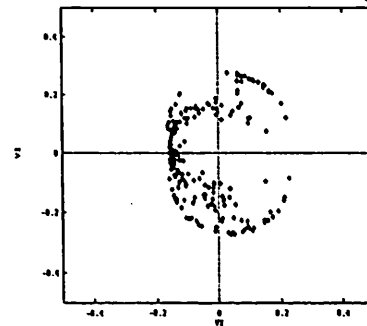


図2: プラズモイド近傍におけるコールドイオン流の速度分布関数(VY-VZ)の例。(数値はアルフヴェン速度で規格化してある)

A11-P2-07 GEOTAILで観測された  
プラズマ・シート内の粒子の非等方性

\*福井隆司<sup>1)</sup>, 前沢列<sup>1)</sup>, 藤本正樹<sup>1)</sup>, 雅楽隆基<sup>1)</sup>, 道家忠義<sup>2)</sup>, 永田勝明<sup>3)</sup>, 菊池順<sup>2)</sup>, 柳町朋樹<sup>4)</sup>, 村上浩之<sup>4)</sup>, B. Wilken<sup>5)</sup>, 国分征<sup>6)</sup>, 山本達人<sup>7)</sup>, 河野英昭<sup>8)</sup>, 寺沢敏夫<sup>8)</sup>, 鶴田浩一郎<sup>7)</sup>, 早川基<sup>7)</sup>, 西田篤弘<sup>7)</sup>  
1)名大理, 2)早稲田理工研, 3)玉川大工, 4)立教大理, 5)MPae, 6)名大STE研, 7)宇宙研, 8)東大理

GEOTAIL observation of the anisotropy of > 30 keV particles in the plasma sheet

T. Fukui, K. Maezawa, M. Fujimoto, T. Uta, T. Doke, K. Nagata, J. Kikuchi, T. Yanagimachi, H. Murakami, B. Wilken, S. Kokubun, T. Yamamoto, H. Kawano, T. Terasawa, K. Tsuruda, H. Hayakawa, A. Nishida

Anisotropic distributions of suprathermal particles in the plasma sheet are investigated using the Geotail HEP data for both disturbed and quiet magnetospheric conditions. In one case (Jun. 7, 1993), Geotail encountered two plasmoids successively when the satellite was located in the distant plasma sheet (x ~ -200 R<sub>E</sub>); a strong tailward flux of > 30 keV particles appeared prior to the passage of the main body of the plasmoid for both encounters. We also report the particle anisotropy for quiet times after the plasmoid passage, as well as for another quiet day when the satellite was nearer the earth (~ 45R<sub>E</sub>). The analysis includes an interesting period when solar flare particles seemed to penetrate the distant plasma sheet.

GEOTAIL 衛星に搭載された高エネルギー粒子観測器(HEP)から得られたデータを用いて plasma sheet 内の 30 keV 以上の粒子の非等方性を調べ、代表的な例について報告する。

1993年6月7日、GEOTAIL 衛星は X<sub>GSM</sub> ~ -205 R<sub>E</sub>, Y<sub>GSM</sub> ~ 16R<sub>E</sub>, Z<sub>GSM</sub> ~ -6R<sub>E</sub> に位置し、neutral sheet crossing を数回観測した。HEP LD のデータから粒子の分布はほぼ一様に見えるが、12:25 UT 頃から30分間程度、13:10 UT 頃から25分間程度、地球方向からくる粒子の割合が増えていることがわかる。特にその立ち上がり時には非常に強い異方性があることが観測された(図1)。これら2つのイベントは substorm に伴って発生した plasmoid の通過のためと考えられる。立ち上がり時の強い異方性の開始が、磁場の南向き turning より早く、plasmoid の先端部の境界層付近に見られることが興味深い。plasmoid 通過時以

外はほとんどの時間、等方的に近い。ただし、14:45 UT 頃から、太陽フレアに伴う粒子が磁気圏尾部に侵入してきており、わずかではあるが、dawn 側からくる粒子の割合の方が多いようにも見える。

1993年8月12日 10:35~14:15 UT に、GEOTAIL 衛星は X<sub>GSM</sub> ~ -44 R<sub>E</sub>, Y<sub>GSM</sub> ~ 2R<sub>E</sub>, Z<sub>GSM</sub> ~ -2R<sub>E</sub> に位置していた。このときの磁気圏は穏やかであったが、HEP LD のデータから、次のような傾向があることがわかった(図2)。全体としては等方的ではあるが、この観測の前半ではしばしば tail 方向からくる粒子の割合の方が多くなることがあった。後半では、ほとんど等方的な状態が12:50 UT 頃から1時間近くわたって安定して見られた。

本講演では、静穏時や substorm 時の plasma sheet 内での粒子の非等方性や、太陽フレアからの粒子の tail への侵入方向などに関して、磁場の影響などを含めて議論を行う予定である。

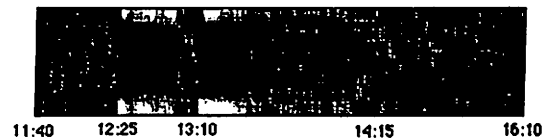


図1. 1993年6月7日 11:40-16:10 UT (x ~ -200 R<sub>E</sub>, plasmoid 通過)



図2. 1993年8月12日 10:35-14:15 UT (x ~ -45 R<sub>E</sub>, 静穏時) 11:00 UT 頃にデータ欠損あり

図1, 2 は HEP LD EDI の 30秒間の全方位カウント数に対する8つの方位角セクタのカウント数の比を縦軸、横軸を時刻にとった contour map である。明るい箇所ほどそのセクタの相対カウント数が多いことを示している。縦軸の上端は地球方向に対応し、その間が下から dusk, tail, dawn 方向に対応している。



## A11-P2-08 地球磁気圏中での GEOTAIL による アンテナ・シース・インピーダンスの測定

○筒井 稔<sup>1</sup> 塩崎 隆広<sup>2</sup> 宮武 智<sup>3</sup> 長野 勇<sup>2</sup>

小嶋 浩嗣<sup>3</sup> 橋本 弘蔵<sup>4</sup> 松本 紘<sup>3</sup> GEOTAIL PWI チーム

1) 京都産業大学 計算機科学研究所 2) 金沢大学工学部

3) 京都大学 超高層電波研究センター 4) 東京電機大学工学部

### Antenna Sheath Impedances Measured by GEOTAIL in the Magnetosphere.

○Minoru TSUTSUI<sup>1</sup> Takahiro SHIOZAKI<sup>2</sup> Tadashi MIYATAKE<sup>3</sup>

Isamu NAGANO<sup>2</sup> Hirotsugu KOJIMA<sup>3</sup> Kozo HASHIMOTO<sup>4</sup>

Hiroshi MATSUMOTO<sup>3</sup>

1) Institute for Computer Sciences, Kyoto Sangyo University

2) Department of Electrical and Computer Engineering, Kanazawa University

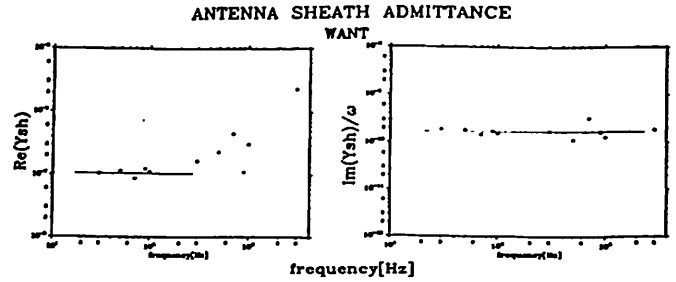
3) Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University

4) Department of Electrical Engineering, Tokyo Denki University

A method of precise measurement of sheath impedance formed around antenna element aboard the GEOTAIL spacecraft has been established. Measured values of resistance and capacitance are consistent with those expected from the value in vacuum. Measured sheath impedances in two different regions of the earth's magnetosphere suggest different plasma density. A variation of resistance during the GEOTAIL spin period suggests a behavior of electron cloud around the spacecraft in relation to the angle between the antenna and magnetic field directions.

プラズマ波動のエネルギーや屈折率を知る為には、その電界成分の値を正確に求めなければならない。そのためにも検出した電界成分の校正を確立しておかなければならない。電界成分の校正については、地上での試験により精度良く求める事ができる。しかしプラズマ中での電界成分については、アンテナの周囲に形成されるプラズマ・シースのために、出力される電界は本来プラズマ中に存在する値より減衰され現れてくる事になる。このシース・インピーダンスは当然、アンテナ周囲のプラズマパラメータにより変化を受けるので、地球磁気圏の様々な領域を飛行する GEOTAIL により観測されるプラズマ波動データの解析には注意を要する。

著者は前回の学会で、Waveform Capture データからそのシース・インピーダンスを求める事ができる事を紹介したがその後、解析方法に工夫を加えた結果、その値を更に精度良く求める事ができるようになった。得られたシース抵抗及び容量は、真空中で得られた値から予測される値を示した。この方式を利用して地球磁気圏の異なる領域で行ったインピーダンス測定データを解析した結果、領域においてそれらの値に差がある事が認められた(下表)。さらに細かい解析により、GEOTAIL のスピンの変化をも見つける事ができた。本報告ではこれらの結果について紹介する。



Impedance Measurements ( $f \leq 1\text{kHz}$ )

Date	Oct.13.'92		Apr.29.'93	
Region	Magnetosheath		Magnetosphere	
Bo(nT)	15		80	
fp(kHz)	50		20	
	WANT	PANT	WANT	PANT
C(pF)	200	300	180	300
R(MΩ)	10	10	12.5	6

## A11-P2-09

### Plasma sheet boundary layer における Lower hybrid frequency 帯プラズマ波動

○岡田敏美(富山県大), 鶴田浩一郎, 早川 基, 中村正人(宇宙科学研), 松本 紘, 小嶋浩嗣(超高層電波研究センター), 長野 勇(金沢大), 松岡 綾子, 山本 遼人(宇宙科学研), 園分 征(太陽地球環境研)

Plasma waves near the lower hybrid frequency observed by the GEOTAIL spacecraft in the plasma sheet boundary layer

The wave form observation by the double probe onboard the GEOTAIL spacecraft have shown that the quasi-sinusoidal AC electric fields with large magnitude are generated in the plasma sheet boundary layer of the middle magnetotail. Characteristics of the AC field have been studied. The mode of the wave and the possible energy source will be presented.

ジオテイル衛星に搭載されたダブルプローブシステムでは、直流から約30 HzまでのELF帯の波動を、直接波形記録することにより計測することができる。また、衛星の周辺プラズマに対する電位も計測することができる。本論文では、磁気圏の Plasma sheet Boundary Layer (PSBL) において検出された非常に強いELF帯波動現象を報告する。

この波動の特徴は以下のようである。

- (1) 波動の主成分の周波数は、Local ambient plasma の lower hybrid frequency に近い。
- (2) 振幅は、地球磁場の磁力線にほぼ直角な方向で最大である。
- (3) この波動現象は、PSBLにおいて、もっとも頻りに検出される。

講演では、ここに示した波動のモード、およびそのエネルギー源について考察した結果を述べる。

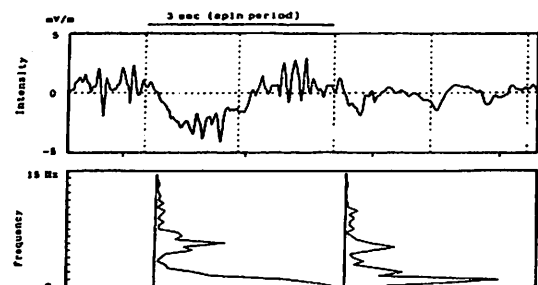


Figure An example of the waveform from the double probe (upper panel) and its spectrum - time diagram

PSBLにおいて検出された波動の一例を図の上段に示す(上段は波形, 下段はそのフーリエ解析結果)。衛星の軌道はGMS座標X=-49, Y=-5, Z=-11である。

## Whistler wave bursts near the plasma sheet : GEOTAIL observation

°H.Matsui, K.Hayashi, H.Kawano(Univ. of Tokyo),  
T.Yamamoto(ISAS) and S.Kokubun(Nagoya Univ.)

Three components wave form data is continuously obtained by GEOTAIL MGF search coil magnetometer. The sampling frequency is 128 Hz, but frequencies below 3 Hz (above 50 Hz) are cut by an on-board high (low) pass filter.

Using three components wave form data, we can determine the orientation of propagation vectors, if we assume plane waves [1993 spring SGPSS abstract, Hayashi]. We need other information to determine the direction or magnitude of the propagation vector. We take polar coordinate system.  $\theta$  is the elevation angle and  $\phi$  is the azimuthal angle. We define the  $k$  vector is positive (negative) when  $R(\omega)$  is bigger (smaller) than  $L(\omega)$ , where  $R(\omega)$  and  $L(\omega)$  are two circular Fourier components. Note that this definition of the  $k$  vector is different from the usual one.

Using the above method, we study whistler mode waves near the plasma sheet. We seldom see waves in the tail lobe of the magnetosphere, but can see many waves near the plasma sheet. Here, we concentrate on these regions. We observed a series of waves lasting from a few seconds to a few minutes. There are two types of the waves. One is a type in which we can hardly see clear right or left polarization in spectrograms, and the other is a type in which we can recognize clear right polarization. The latter has a propagation vector aligned with the local magnetic field (within  $50^\circ$  from magnetic field direction on average). The  $\theta$  angles of  $k$  vector (corresponding to latitudes) are various, when we see the directions in the satellite coordinate system (approximately the GSE coordinate system). That is, the waves are propagating not only in the equato-

rial direction, but also have some poleward elevated direction. We have found cases where the direction of  $k$  vector gradually changes in time. One possibility for that change in time is that the direction of  $k$  vector is related to the distance between the satellite and the CPS. Another possibility is that those waves are overlapping of two kinds of different waves having different sources.

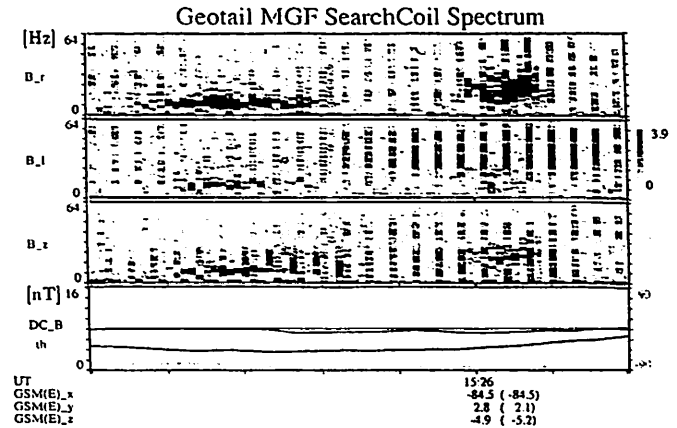


Fig. f-t diagrams of MGF search coil data on January 18, 1993. Abscissa is time with ticks of 10 seconds interval. Wave amplitudes are shown in the R, L and z components, where the z components it taken in the direction of the local magnetic field. The power in the R component is dominant, indicating whistler mode.

A会場

10月12日(火) 午後

# 磁気圏 1 —続き—

## Magnetosphere 1

oral: A12-01~08

座長 長井 嗣信 (気象研)  
中村正人 (東大理)

プラズモイド近傍で観測されたリング状イオン分布

・斎藤義文 (宇宙研) 向井利典 (宇宙研) 町田忍 (京大理) 平原聖文 (東大理)  
藤本正樹 (名大理) 寺沢敏夫 (東大理) 西田真弘 (宇宙研)

GEOTAIL Observation of Ring-shaped Ion Distributions near a Plasmoid

Y. Saito (ISAS), T. Mukai (ISAS), S. Machida (Kyoto Univ.)  
M. Hirahara (Univ. Tokyo), M. Fujimoto (Nagoya Univ.)  
T. Terasawa (Univ. Tokyo), A. Nishida (ISAS)

During the passage of a plasmoid occurred on August 22, 1992, ring-shaped ion distributions were observed by the Low Energy Particle (LEP) instrument on board the GEOTAIL satellite. By investigating these unusual ion distributions, we will be able to obtain some information about the structure of a plasmoid. We will report the characteristics and the time variations of the "ring" distributions and the tailward flowing "beam" distributions which were observed at the same time.

GEOTAIL 衛星搭載低エネルギー粒子観測器 (LEP) によって 1992年8月22日、 $X_{SE} \sim -40R_E$  の地点で磁気圏サブストームに伴うプラズモイドの通過が観測された (第93回 SGEPPS Spring Meeting 町田 他)。この時のイオンの分布関数を詳細に調べたところ、Figure 1 に示すようなリング状のイオン分布と、エネルギーの高いビーム状のイオン分布から構成されていることが判明した。リング部分の密度はプロトンを仮定して約  $0.013 / \text{cm}^3$  であり、この値は同じ日に lobe で観測された電離層起源と考えられるプロトン cold stream (第93回 SGEPPS Spring Meeting 向井 他) の密度と同程度である。リングの法線方向はほぼ磁力線方向であり、リングの中心は衛星座標系から見て  $\pm 100 \text{km/s}$  程度の精度で速度空間の原点に一致する。リングを構成するイオンのエネルギーは約  $5 \text{keV}$  であり、速度

にすると約  $1000 \text{km/s}$  である。一方ビームの部分については密度が  $0.003 / \text{cm}^3$  とリング部分に比べてかなり小さく、方向も磁力線方向から少しずれている。エネルギーは約  $10 \text{keV}$  でリング部分のイオンより高い。

これらのリング状分布とビームはプラズモイドが通過する約90秒間に時間変化を示す。プラズモイドの中に衛星が入るに従って次第にリングが形成され、ビームのエネルギーは減少する。更にプラズモイドの中に侵入すると、ビームのエネルギーは更に減少し、リングとビームが一体化する。衛星がプラズモイドから出る時は入る時とは逆にビームのエネルギーが次第に増加して再びリングとビームが分離する。

これらのリング分布生成のモデルとしては、プラズモイドの曲がった磁力線による lobe プロトンの散乱や lobe - plasma sheet 境界に存在すると期待される slow mode shock によるリング生成などを考えている。

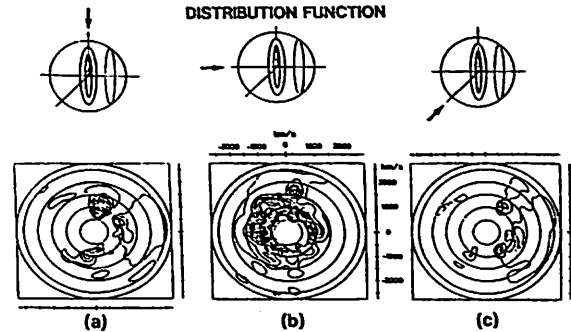


Fig. 1 Cross sections of the three-dimensional ion distribution function observed at 1300:03 UT. Schematic figures of "ring" and "beam" distributions are drawn above each panel. The arrow indicates the normal direction of the cut plane.

磁気圏尾部リコネクション領域における  
プラズマ波動分布モデルと  
GEOTAIL/PWIデータの比較

・大村 善治<sup>1</sup> 松本 敏<sup>1</sup> 小嶋 浩嗣<sup>1</sup>

R. Anderson<sup>2</sup> 長野 勇<sup>3</sup> J. L. Green<sup>4</sup> 関分 征<sup>5</sup> 山本 遼人<sup>6</sup> PWI チーム

1. 京都大学超高度電波研究センター 2. アイオワ大学 3. 金沢大学工学部  
4. NASA Goddard宇宙航空センター 5. 名古屋大学STE研究所 6. 宇宙科学研究所

Comparison between Plasma Wave Distribution Model and  
GEOTAIL/PWI Data in the Magnetotail Reconnection  
Region

・Y. Omura<sup>1</sup>, H. Matsumoto<sup>1</sup>, H. Kojima<sup>1</sup>

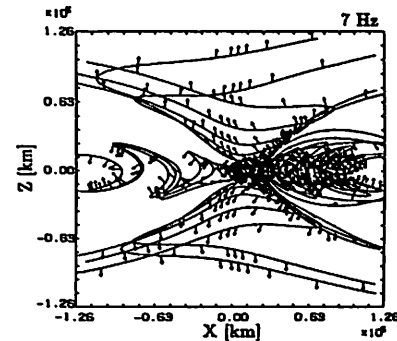
R. Anderson<sup>2</sup>, I. Nagano<sup>3</sup>, J. L. Green<sup>4</sup>, S. Kokubun<sup>5</sup>, T. Yamamoto<sup>6</sup>  
and PWI Team

1. Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University  
2. The University of Iowa 3. Kanazawa University  
4. NASA Goddard Space Flight Center 5. STE Laboratory, Nagoya University  
6. Institute of Space and Astronautical Science

We examine the dynamic spectra observed by GEOTAIL/PWI in comparison with the pseudo dynamic spectra obtained from the MHD simulation and ray tracing [Omura and Green, 1993]. We select events where the GEOTAIL is located inside the plasmashet or a plasmoid with neutral sheet crossings. We assume excitation of whistler mode wave and lower hybrid waves near the X-point reconnection region. A similarity between the pseudo dynamic spectra and the PWI dynamic spectra helps us identify a location of the GEOTAIL satellite with respect to the X-point reconnection region.

磁気圏尾部のリコネクション領域におけるプラズマ波動の特性を調べるために、MHD シミュレーションによる磁場およびプラズマ密度のモデルを用いて、レイトレーシングを行ない、リコネクション領域における粒子加速、温度異方性により、電磁波が励起され伝搬した場合の波動空間分布および特定の衛星軌道を想定した場合のダイナミックスペクトルが得られている。[Omura and Green, 1993] これらのダイナミックスペクトルのモデルと GEOTAIL 衛星のプラズマ波動観測によって得られたダイナミックスペクトルとの比較を行ない、両者の類似性を見出すことにより、リコネクションの発生のタイミングと X 点に対する相対的な衛星の位置等の検討を行なう。特に、LHR 周波数付近の波動は、図に示すように、プラズモイドの磁場及びプラズマ

密度構造にトラップされて伝搬しながら X 点に集中する。また、数十 Hz のホイッスラー波は、磁力線に沿って伝搬する。これらの低周波の電磁波の伝搬特性を利用して、GEOTAIL 衛星の PWI および MGF のデータから、衛星付近の空間構造の推定を試みる。



Ray paths of lower hybrid waves at 7 Hz. The 36 rays shown in this figure were launched from a single source location with different wave normal in 10-deg increments.

Reference

Omura and Green, Plasma Wave Signatures in the Magnetotail Reconnection Region: MHD Simulation and Ray Tracing, *J. Geophys. Res.*, vol. 98, No. A6, pages 9189 - 9199, 1993.

Study of ion kinetic effects in the reconnection site:  
two dimensional hybrid code computer experiments  
\* Takeshi MURATA Yoshiharu OMURA Hiroshi MATSUMOTO  
Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University

We have been studying reconnection via two dimensional hybrid code. In our last presentation, we reported several kinds of non-Maxwellian distributions of ion particles in the reconnection site. For instance, anisotropic and gyrotropic distributions are obtained at the edge of the plasmoid. In the center of the plasmoid, counter streaming ion particle distributions are also seen.

These results brings very important suggestion as follows. (1) The assumption in MHD simulation (Maxwellian for ion particles) are not necessarily applicable for reconnection problems. (2) Non-Maxwell ion distributions would be free energy source of low frequency plasma waves in the reconnection site.

We perform larger scale hybrid code computer experiments for deeper discussions. Several kinds of ion distribution functions in the reconnection site are reported. We discuss the possibility if these non-Maxwellian distribution functions in the present results can be free energy of plasma waves.

昨年(1992年)8月、地球磁気圏尾部探査衛星 GEOTAIL が打ち上げられてから1年、様々な電磁場、プラズマのデータが得られ、現在も積極的に解析が進められている。このGEOTAILによる観測のうち中心となる研究の対象の一つとして、磁気リコネクションおよびそれに伴うプラズモイドの発生・伝播等の現象がある。これらの現象は、その発生原因とともにその現象そのものの特性、例えばリコネクションに起因する波動やプラズモイドの伝播など、についても未知の部分が多い。しかし、過去の衛星においても、またGEOTAILによってもこれまでに多くの間接的なリコネクションの報告がなされ、さらにプラズモイドの観測も報告されてきたが、残念ながらリコネクションの直接観測の報告はなされていないといってもよい。

リコネクションの発生メカニズムやそれともなう様々な現象に関しては、これまでに多くのMHDコード、粒子コードを用いた研究が行われてきた。そのうち、MHDコードでは、主にリコネクション時の磁気圏構造(磁場、プラズマのダイナミクス)に関して重点がおかれた研究がなされてきた。したがって、リコネクション領域近傍での

のプラズマ、磁気線の振舞いについてはこれらの研究によって得られたモデルに沿った観測データの解析が主流であるといってもよい。

一方、粒子コードによる研究では、主にティアリング不安定性が磁気圏尾部において不安定となるか、またリコネクションがこの不安定性で説明できるかが問われてきた。つまり、粒子コードによるリコネクションの研究は、すなわちティアリング不安定性の研究であった。

我々は、数年にわたり2次元ハイブリッドコードによりリコネクション領域近傍でのプラズマ(特にイオン粒子)の振舞いについて調べてきた。それらの研究によって、リコネクションのプロセスにおいて、イオン粒子の速度分布が、(shifted) Maxwellian から大きく変形した分布を示すことを明らかにした。それらのうち、特に顕著であったのは、二つの plasmoid の合体にもなうイオン粒子の非等方的 (anisotropic, gyrotropic) 速度分布や、X点より吹き出すプラズマ流によって起こる、ly-streaming なイオンの速度分布などである。

これらの非 Maxwell 分布は、

- これまで MHD simulation での仮定 (Maxwell 分布) が崩れる
- プラズマ波動励起の自由エネルギーとなる

などの点で、重要な結果である。

今回の発表では、さらに大規模な計算機実験を行なって、これらのイオン粒子の非 Maxwell 分布について詳しく調べ、報告する。とくに、それらの粒子分布が低周波のイオンプラズマ波動の波動励起の自由エネルギーとなり得るかについて検討をする。



Anisotropy profile of ion particles in the reconnection sites

A12-04 PSBLにおける電離圏起源イオンの  
プラズマシートへの供給過程と機構

\*平原 晋文、向井 利典、町田 乙、斎藤 義文、寺沢 敏夫  
(東大理) (宇宙研) (京大理) (宇宙研) (東大理)

Merging Process of Ion Beam into the Hot Component in the  
Plasma Sheet Observed near the Plasma Sheet Boundary Layer

\* Masafumi HIRAHARA<sup>1</sup>, Toshihumi MUKAI<sup>2</sup>, Shinobu MACHIDA<sup>3</sup>,  
Yoshifumi SAITO<sup>2</sup>, Toshiro TERASAWA<sup>1</sup>

- 1 Department of Earth and Planetary Physics, the University of Tokyo
- 2 Institute of Space and Astronomical Sciences
- 3 Department of Geophysics, Kyoto University

We found an unique process in the GEOTAIL/LEP observations that cold ion beams merge into the hot plasma components in the plasma sheet. The detailed observations concerning the merging process occurring near the PSBL have not reported in the past. The phenomena are essential in order to reveal the plasma supply from the ionosphere to the magnetosphere. We consider that the UFI, whose energies are much higher than those of polar wind or cleft ion fountain, become a substantial portion of the magnetospheric ions after the merging. Here, we present 3-D velocity distributions of accelerated and heated ion beams and discuss the processes, comparing the proposed mechanisms.

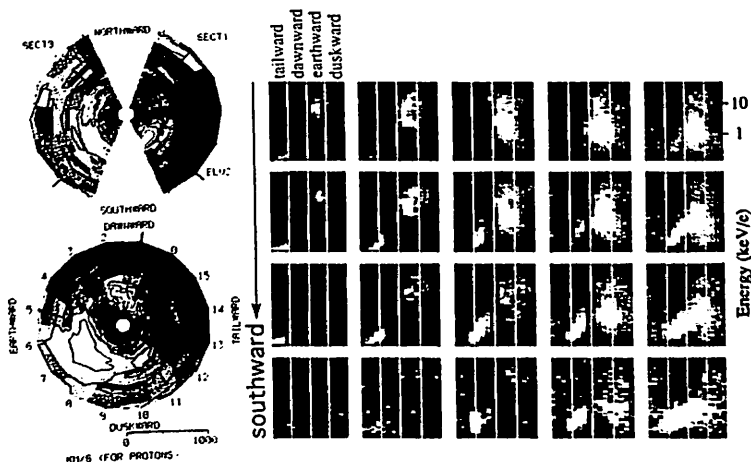
電離圏起源イオンが磁気圏プラズマの重要な供給源である事が、数々の衛星観測の結果から検証され始めており、あけはの衛星やGEOTAIL衛星でも、地球近傍と磁気圏尾部という領域の違いがあるにもかかわらず、電離圏起源イオンが磁気圏側に供給されてゆく過程が観測されている。電離圏高度からの熱的イオンが磁気圏形成に深く関わっている事を示唆する観測・シミュレーションは多いが、我々がここで取り上げるイオン源は恐らくは比較的低高度で加速・加熱を受けたコニックスあるいはビームであり、ポーラーウィンド等に比べ高いエネルギーを持つこれらUFIが、ピッチ角散乱や加熱・加速を受け磁気圏プラズマの一部になっていくと思われる。

ここで問題となるのは電離圏起源イオンがどのような過程を経て磁気圏プラズマの特徴を持つのかという事である。あけはの高度ではUFIとその結果としてのDFIの性質は観測出来るが、UFIの分布関数がDFIのそれになる現場を捕らえる事は困難である。しかしGEOTAILでは、磁気圏尾部で観測されたイオンビームの電離圏からの流出機構に関する不確定性は残るが、イオンビームがプラズマシート成分に変化する過程を克明に観測する事が出来る。この機構は現在議論が活発になりつつある2番目のGEOTAIL観測を軸に報告を進める。

GEOTAILは1992年8月20日に地球から尾部方向に60地球半径の磁気圏中心部とも目える領域を飛翔していた。この時、衛星は何度もローブ・プラズ

マシート間を出入りし、PSBLと思われる境界域の観測を行った。ISEE-AM PTE等の観測でもPSBL領域ではcoldな成分とhotな成分とが共存する事実が報告されているが、我々の観測は共存する2つの成分が徐々にお互いに混合されていく過程を初めて3次元分布関数測定で明らかにするものとして位置付けられる。

今回は、温度や推定磁場方向のデータを交えながら、現象を何例か紹介し、各々の特徴を明らかにした上で、考えられる機構について議論をする。例えば、一般的に dawn-to-dusk と考えられる対流電場では、speiser モデルに見られる様に、加速方向は duskward となる。しかし、観測では downward に加速された例も多く、電場加速による解釈には疑問が残る。従来のモデル・概念の単純な適応では矛盾が多く、何かしらの打開案が必要である。



Figures (left) 3-D distributions of ions observed with GEOTAIL/LEP. The upper panel is a cut in dawn-dusk meridian plane. The lower is the azimuthal distribution of southward flowing ions. The accelerated and heated ion beam is recognized in the downward flowing sectors and the hot component is found in the earth-duskward sectors. (right) Energy- $\phi$ (azimuthal angle) diagrams with the interval of 13 sec for ions flowing mainly in the southward direction. The energy and temperature of ion beams increase with time and the flow direction rotates from tailward to south-dawnward.

Electron and Ion Distribution Functions at the Mid-Tail Plasma Sheet Boundary Layer: GEOTAIL/LEP Observation

向井利典 (宇宙研) 平原聖文 (東大理) T. Onsager (U. N. H.) 斎藤義文 (宇宙研) 町田忍 (京大理) 寺沢敏夫 (東大理) 西田篤弘 (宇宙研)

T. Mukai (ISAS), M. Hirahara (U. Tokyo), T. Onsager (U. New Hampshire) Y. Saito (ISAS), S. Machida (Kyoto U.), T. Terasawa (U. Tokyo), A. Nishida (ISAS)

We examined, in detail, temporal/spatial variations in three-dimensional distribution functions of electrons and ions observed on August 20, 1992, near the plasma sheet boundary layer (PSBL) in the mid-magnetotail ( $X_{GSE} \sim -60 Re$ ) with GEOTAIL/LEP experiment. The geomagnetic conditions were quiet ( $K_p \sim 2$ ) during the observation, but it is interesting to note that rapid variations of the plasma bulk flow directions were observed in the plasma sheet (Saito et al., 1992). Near the plasma sheet boundary layer, the electron distribution functions generally show anisotropy with enhanced temperatures along the magnetic field lines, while the ion distributions represent high-speed beams coexisting with cold ion beams of ionospheric origin. The cold ion beam are generally flowing tailward in the lobe region, and when entering into the plasma sheet through PSBL, they are observed to be heated and merged into the hot component of the plasma sheet proper, which are flowing earthward in the present case. It is also interesting to note that the heating of the cold ions is at times accompanied by a systematic change of the bulk flow direction of the cold ions (Hirahara et al., this SGPSS Fall meeting). The high-speed beams which would be generated at the distant-tail neutral line are flowing, in most cases, only earthward in the present observation. This is in contrast to the previous near-earth observations (e.g.,

Nakamura et al., 1992) which have revealed bi-streaming ion beams with higher energies of the tailward flowing beam than those of the earthward flowing component. This near-earth observation is well interpreted in terms of the time-of-flight effect with the earthward convection in the plasma sheet (Onsager et al., 1991). We have also found the similar feature in this mid-tail region, as shown in Figure 1. In this case, the cold ions are flowing in perpendicular to the direction of the bi-streaming ion beam which is aligned along the magnetic field line (see also the electron distribution function).

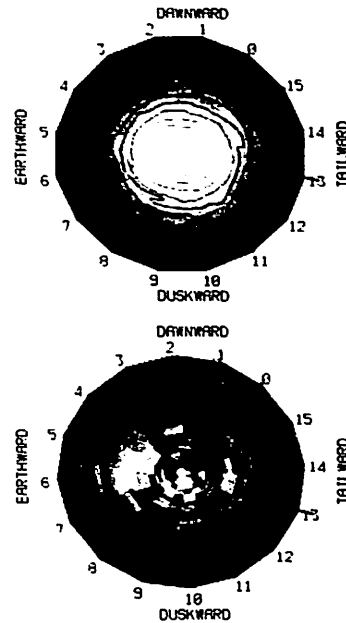


Figure 1. Electron (Upper) and ion (Lower) distribution functions in the equatorial (ecliptic) plane. The electron distribution shows an elongated shape along the magnetic field line. The ion distribution reveals bi-streaming beams in the same direction as well as the cold ion beam in the perpendicular direction. (1301:21-:53 UT) AUGUST 20

GEOTAIL 衛星による BEN の波形解析 (1)

宮武 留<sup>1</sup> 小嶋 浩嗣<sup>1</sup> 松本 勉<sup>1</sup> 筒井 稔<sup>2</sup> L. A. Frank<sup>3</sup> B. Paterson<sup>3</sup> PWI チーム

<sup>1</sup> 京都大学 超高層電波研究センター  
<sup>2</sup> 京都産業大学 計算機科学研究所  
<sup>3</sup> アイオワ大学

GEOTAIL Waveform Observation of the BEN

Tadashi MIYATAKE<sup>1</sup> Hirotsugu KOJIMA<sup>1</sup> Hiroshi MATSUMOTO<sup>1</sup> Minoru TSUTSUI<sup>2</sup> L. A. Frank<sup>3</sup> B. Paterson<sup>3</sup> and PWI team

<sup>1</sup> Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University, Japan  
<sup>2</sup> Institute for Computer Sciences, Kyoto Sangyo University, Japan  
<sup>3</sup> Department of Physics and Astronomy, University of Iowa, USA

We have observed several kinds of plasma waves in the Earth's magnetosphere, since the GEOTAIL spacecraft was launched one year ago. BEN is one of major wave activities and it is usually observed at Plasma Sheet Boundary Layer, Magnetosheath and Plasma Sheet. Its various generation mechanism have been proposed in previous many works, however it has not come to an end, yet. GEOTAIL PWI has the WFC (Wave Form Capture), and its waveform observations give us important clues to understand the BEN's generation mechanism. From the WFC data we found the BEN has spiky waveform (fig.). In the present paper, we'll report the BEN's waveform and its characteristics observed by the GEOTAIL spacecraft.

科学衛星 GEOTAIL が打ち上げられ 1 年がたち、我々プラズマ波動観測班の観測装置 (PWI: Plasma Wave Instruments) も地球磁気圏で起こっているさまざまなプラズマ波動現象を受信している。

そのなかで BEN (Broadband Electrostatic Noise) とよばれる広帯域な静電ノイズ現象は 1976 年にその存在が指摘<sup>1)</sup>されて以来、これまでの人工衛星や GEOTAIL 衛星でも数多く観測されている。観測されている領域は Plasma Sheet Boundary Layer などの境界層や Magnetosheath, Plasma Sheet である。

その生起メカニズム及び構造については種々のビーム不安定性<sup>2),3),4)</sup>、LHD 不安定性により生じた波動のドップラーシフト<sup>5)</sup>などさまざまな理論が提案されてきた。これらすべてスペクトル受信器により得られたデータを基にしていた。

しかし、PWI には波形捕捉受信器 WFC (Wave Form Capture) が搭載されており、10Hz~4kHz の電界、磁界の波形が観測できる。この WFC で BEN が起こっている

時刻の波形を調べると、Fig.1 に示したようにスパイク状の波形が観測され、これまでの観測装置で得られたスペクトログラムでは見えなかった細かい構造が BEN にはあることがわかってきた。

本講演では GEOTAIL 衛星で観測された BEN について、波形という観点を中心にその特徴について報告する。

References

- 1) Gurnett D.A., L.A. Frank and R.P. Lepping, J. Geophys. Res., 1976
- 2) C.L. Grabbe et al., J. Geophys. Res., 1984, 1987
- 3) P.B. Dusenberry and L.R. Lyon, J. Geophys. Res., 1985
- 4) D. Schriver, J. Geophys. Res., 1987
- 5) Huba, J.D., N.T. Gladd and K. Papadopoulos, J. Geophys. Res., 1978

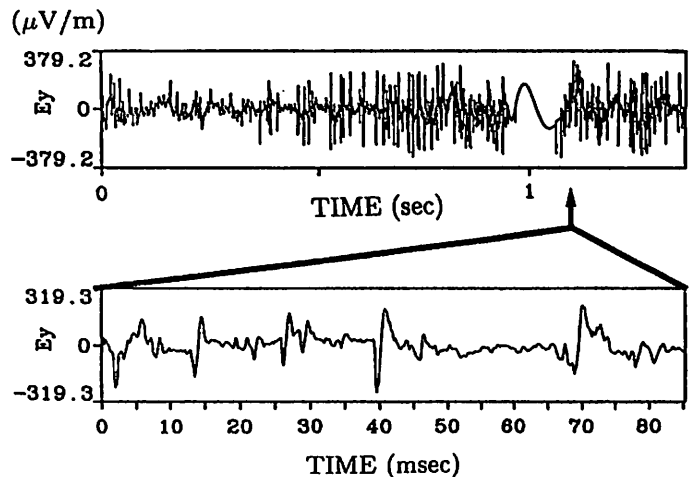


Fig. Example of the observed BEN waveform

# GEOTAIL 衛星による BEN の波形解析 (2)

松本 敏<sup>1</sup> 宮武 啓<sup>1</sup> 小嶋 浩嗣<sup>1</sup> 大村 善治<sup>1</sup>  
L.A.Frank<sup>2</sup> B.Paterson<sup>2</sup> PWI チーム

<sup>1</sup> 京都大学超電層電波研究センター  
<sup>2</sup> アイオワ大学

## GEOTAIL Waveform Observation of the BEN (2)

Hiroshi MATSUMOTO<sup>1</sup> Tadashi MIYATAKE<sup>1</sup> Hirotsugu KOJIMA<sup>1</sup>  
Yoshiharu OMURA<sup>1</sup> L. A. Frank<sup>2</sup> B. Paterson<sup>2</sup> and PWI team

<sup>1</sup> Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University, Japan  
<sup>2</sup> Department of Physics and Astronomy, University of Iowa, USA

The generation mechanism of the BEN is one of the most important problems to be clarified by GEOTAIL. The GEOTAIL Plasma Wave Instrument successfully detected waveforms of the BEN. We examined its waveforms in the many events, and summarized their results. In the present paper, taking them into account, we try to explain its generation mechanism theoretically.

広帯域静電ノイズ (BEN) の発生メカニズムの解明は、GEOTAIL PWI グループで解決しなければならない大きな問題の一つである。GEOTAIL PWI は、波形をそのまま観測できる WFC をもっており、従来、スペクトルでしか観測されたことのない BEN の波形を捉えることに成功した。その、具体的な内容は、今回の学会講演「GEOTAIL 衛星による BEN の波形解析 (1)、(宮武他)」でまとめるが、現在の段階で簡単にまとめると、以下ようになる。

1. BEN は、Magnetosheath, Plasma sheet, Plasma sheet boundary layer で観測される。
2. Plasmod encounter 時にも観測される。
3. その波形は、spiky な波の集まりである。
4. Spiky な波のパルス幅には、短いものから長いものまで様々である。
5. Spiky な波は Spin 依存性をもっている。

これらの特徴から、BEN そのものは、ポテンシャル構造の流れをアンテナがひろっている可能性が強くなってきた。ただし、しばしば BEN とともに観測される

MNB (Magnetic Noise Burst) などは、単なるポテンシャル構造だけでは、説明がつかず、また、別の現象が重畳しているとも考えられる。

本講演では、GEOTAIL PWI による BEN の観測結果を踏まえて、BEN 及びそれに関連した波動現象の発生原因の理論的説明を試みる。

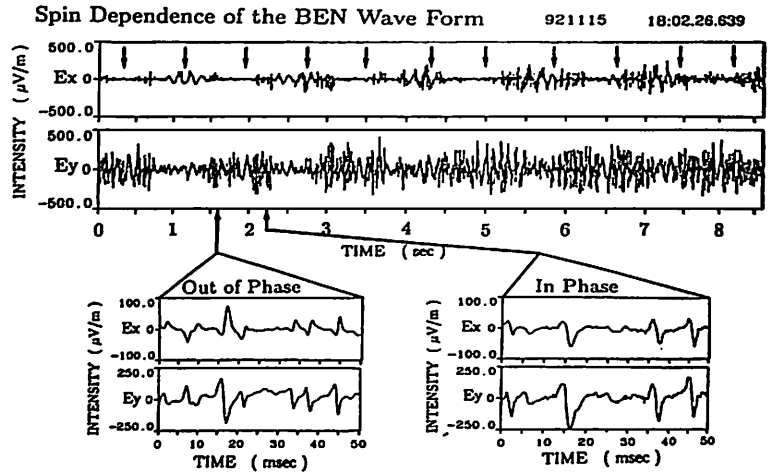


Fig. Spin dependence of the BEN wave forms.

# GEOTAIL 衛星による Continuum Radiation の到来方向探査

筑波 聡<sup>1</sup> 松本 敏<sup>1</sup> 小嶋 浩嗣<sup>1</sup> Roger R. Anderson<sup>2</sup> PWI チーム  
(1) 京都大学超電層電波研究センター (2) アイオワ大学

## Wave normal vector analysis of the continuum radiation by the GEOTAIL spacecraft

Satoshi CHIKUBA<sup>1</sup> Hiroshi MATSUMOTO<sup>1</sup> Hirotsugu KOJIMA<sup>1</sup>  
Roger R. Anderson<sup>2</sup> and PWI team  
(1) Radio Atmospheric Science Center, Kyoto Univ. (2) Univ. of IOWA

The Continuum radiations are the electromagnetic waves having the continuum spectra. In general, their source region is understood to be the plasmapause, however, it can also be generated in the region where the density abruptly changes like the magnetopause, and several observation results are reported on its generation at the magnetopause.

The GEOTAIL distant tail orbits are very unique and they are very suitable for observing the continuum radiations continuously in the various regions. In the present paper, we try to determine the wave normal directions of the continuum radiations in various regions, using antenna pattern, and discuss their generation source regions.

Continuum Radiation は、低周波数から約 100kHz まで連続スペクトルを持つ、Electromagnetic Wave である。この波動は、強弱はあるが、GEOTAIL 衛星が磁気圏のどの領域にいる時においても観測されている。この波動の発生領域は、プラズマ・ポーズであることがほぼ確認されているが、密度勾配が急激なところでは、発生し得る可能性があり、磁気圏尾部領域のマグネット・ポーズもこの波動の発生領域であると推測されている。科学衛星 GEOTAIL は、磁気圏尾部を長期間・継続的に観測する初めての衛星であり、磁気圏尾部で観測される Continuum Radiation の発生領域の特定化に非常に有効である。そこで、我々は PWI の SFA (Sweep Frequency Analyzer) , MCA (Multi Channel Analyzer) を用い、各領域における Continuum Radiation の波動到来方向を電界アンテナの指向性を用いて決定した。

本講演では SFA, MCA のデータをもとに GEOTAIL 衛星のアンテナパターンを用いた波動到来方向の決定法及びこの方法で決定した Continuum Radiation の波動発生領域について報告し、その結果について考察を加える。

下の例は、この波動到来方向の決定法 (Direction finding method) を AKR につい

て適用したものであり、本講演では、これを、Continuum Radiation に適用した結果について報告する。

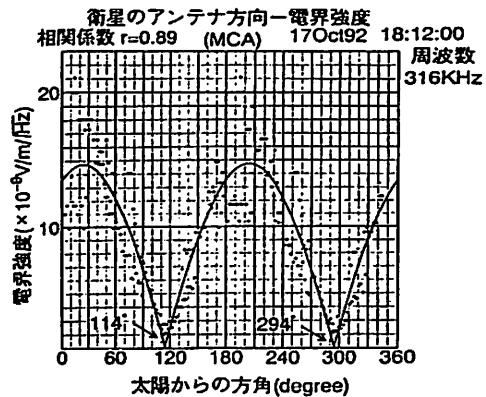


Fig. Example of the direction finding results in the case of the AKR.

A会場

10月12日(火) 午後

# 磁気圏 2

## Magnetosphere 2

oral: A12-09~17

poster: A12-P2-39~47

座長 森岡 昭 (東北大理)  
賀谷信幸 (神戸大工)



和田 財太<sup>1</sup> 松本 紘<sup>1</sup> 賀谷 信幸<sup>2</sup> 小嶋 浩嗣<sup>1</sup>

1. 京都大学超高層電波研究センター
2. 神戸大学工学部計測工学科

Plasma-Microwave interaction  
observed by the ISY-METS rocket experiment

°Z. Wada<sup>1</sup>, H. Matsumoto<sup>1</sup>, N. Kaya<sup>2</sup> and H. Kojima<sup>1</sup>

1. Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University
2. Dept. of Computer and Systems Eng., Kobe University

Abstract

To study the nonlinear interaction between the intense microwave and the ionospheric plasma by the power transmission from SPS to the ground. MINIX rocket experiment (Microwave Ionosphere Nonlinear Interaction eXperiment) had been carried out in 1983, which is the first microwave energy transmission experiment in space. The ISY-METS rocket experiment (Microwave Energy Transmission in Space) is the advanced MINIX experiment, which was carried out in Feb 18, 1993 with the sophisticated microwave transmitter. The ISY-METS has two objectives. One is to develop and to verify an energy transmission technology via microwave beam in space. The other is to investigate the nonlinear plasma effects by the microwave energy beam through the space plasma as well as the counter effects onto the microwave beam. In the contrast to a magnetron and a wave guide antenna as used in the MINIX, the semiconductor amplifiers, the 4-bit digital phase shifters and the microstrip antenna array were used. The sophisticated system helps us to obtain much detailed data on the nonlinear interaction between the intense microwave and the ionosphere.

In the present paper, we will introduce the system of the ISY-METS rocket experiment and discuss its results on the plasma-microwave interaction.

ISY-METS(Microwave Energy Transmission in Space) ロケット実験は、京都大学、神戸大学、通信総合研究所、テキサス A&M 大学、宇宙科学研究所などの共同実験として、1993年2月18日16:00(JST)に鹿児島県内之浦町の文部省宇宙科学研究所鹿児島宇宙観測所(KSC)から、S-520-16号機により実施され、実験シーケンスの全てが順調に実行された。ISY-METSは、将来重要な電力供給方式として有望視されている宇宙太陽発電所(SPS:Space Power Station)の実現に向けての最先端の基礎実験であり、前回1983年に我々と同一グループによって世界に先駆けて行われたMINIXロケット実験を更に高度に発展させたものである。ISY-METSには以下に挙げる2つの目的がある。

1. 宇宙空間における大電力マイクロ波エネルギー伝送技術の開発
2. 宇宙プラズマの環境と大電力マイクロ波との相互作用の評価

SPSを実現するためには、電力をマイクロ波という電波に変換して、宇宙空間で送電線を用いることなく離れた場所へ電力を伝送する技術が必要である。この伝送技術の確立のため、ISY-METSでは親子分離型ロケットを採用し、親ロケットにマイクロ波送電器を、子ロケットにマイクロ波受電アンテナ(レクテナ)を搭載した。これにより、電離層で分離された親子ロケット間でマイクロ波伝送実験を行った。また、SPSが実現すれば大電力マイクロ波が電離層を通過するため、電離層に与える影響の評価や、その時に発生すると思われるプラズマ波動などの物理現象の解析をあらかじめ行なう必要がある。前回のMINIXロケット実験では、780Wのマイクロ波がプラズマ波を励起することを初めて実証する成果を挙げたが、マグネトロンと導波管打ちきりアンテナを結合しただけの最も単純なマイクロ波送電器を用いたため、定量性に欠けた実験となった。この経験をふまえて、ISY-METSの送電器のアンテナにGaAs半導体を用いたマイクロストリップアンテナアレイを採用した。これにより、マイクロ波ビーム方向制御が可能となり、MINIXでは実現できなかった励起プラズマ波と磁力線の方向との関係を定量的に実験することが可能となった。そのため、MINIXで観測された非線形波動励起などの物理過程がより厳密に評価できる。

今回の発表では、METSロケット実験の概要とシステム、ならびにマイクロ波送電によるプラズマ波の励起や電子密度の変化などのデータについて述べる。

A12-10 プラズマ中を伝搬するマイクロ波ビームの  
空間電力勾配による自己収束作用に関する研究

°篠原 真毅<sup>(1)</sup> 松本 紘<sup>(1)</sup> David Shklyar<sup>(2)</sup>

- (1) 京都大学超高層電波研究センター
- (2) IZMIRAN, Institute of Terrestrial Magnetism Ionosphere and Radiowave Propagation

The Study on the Self-Focusing of the Microwave Beam  
Caused by the Spatial Gradient of the Power Density

°Naoki SHINOHARA<sup>(1)</sup> Hiroshi MATSUMOTO<sup>(1)</sup> David SHKLYAR<sup>(2)</sup>

- (1) Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University
- (2) IZMIRAN, Institute of Terrestrial Magnetism Ionosphere and Radiowave Propagation

In the future, the SPS (Solar Power Station) will be constructed in space. It provides electric power by the transmission of 2.45GHz microwave beam from space to the earth.

We have known that the self-focusing of the microwave beam is caused by the spatial gradient of the power density. We have performed the numerical studies using 1-D microwave beam model before. We concluded that the self-focusing of the microwave beam does not occur in the SPS. In the present paper, we assume the 2-D model of the microwave beam and estimate the self-focusing of the microwave beam assuming the parameters which will be used in the SPS or in the PSS (Power Supplying Satellite). Since in the PSS much more intense microwave beam will be used, we can different results on the self-focusing of the microwave beam from those in the SPS.

宇宙太陽発電所(Solar Power Station; SPS)の概念が提唱されてからはや四半世紀が過ぎた。その間にSPSに関する研究は、太陽光発電技術やロケットに関する研究、宇宙空間における巨大建造物に関する研究など、多角的な方面から行なわれてきた。中でも、SPS以外にも応用範囲が広く、我々の生活を支えるかもしれないものに、マイクロ波エネルギー無線送電の技術がある。マイクロ波送電技術の応用範囲は広いが、特に宇宙空間でその威力を発揮する。しかし、その際にはこれまで通信等で利用してきた程度のマイクロ波強度では起こらなかった、マイクロ波と宇宙プラズマとの非線形相互作用が問題となってくると考えられている。

大振幅マイクロ波と宇宙プラズマとの非線形相互作用には、プラズマ加熱の他に、静電プラズマ波の励起やマイクロ波の熱的自己収束現象、プラズマの穴開き現象などがある。また、近年D. Shklyar博士によって予測がなされた<sup>(1)</sup>、マイクロ波ビームの空間電力勾配によるビームの自己収束現象も考えられている。我々は最近、このビームの自己収束現象についての数値解析を進めている。

この空間的に一様なプラズマ中でのマイクロ波ビームの自己収束は以下の連立微分方程式で表される。

$$2ik \frac{\partial a_\alpha}{\partial z} + \Delta_\perp a_\alpha = -\frac{\omega_p^2}{c^2} a_\alpha \frac{|a|^2}{2v_{th}^2}$$

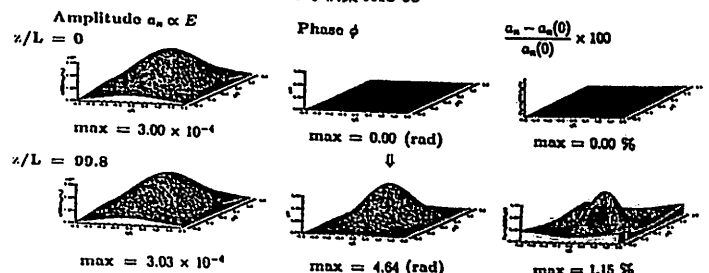
$$(\alpha = x, y, z)$$

$$|\vec{a}| = \frac{e}{m} |\vec{A}| = \frac{e}{m\omega} |\vec{E}|$$

我々は前々回の本学会においてこの微分方程式において1次元の広がりを持つマイクロ波ビームを仮定して数値解析を行ない、線形解法を用いた解と比較しながら、SPSにおけるマイクロ波ビームの自己収束の可能性を論じた<sup>(2)</sup>。今回は、マイクロ波ビームの広がりを2次元とし、より現実のマイクロ波に近づけた上で数値解析を行ない、SPSにおける問題点を論じる。また、将来の宇宙機-宇宙機間の送電には、より効率的にエネルギー送電を行なうために、SPSよりも短い波長で、そしてより高密度のマイクロ波を用いることが予想される。そこで、この空間電力勾配によるマイクロ波ビームの自己収束を考慮した場合、どこまでマイクロ波ビームを絞れるか、数値解析を行なって物理的、技術的な限界を提言する。

[Reference]

- (1) Shklyar, D. et al., 第92回SGEPSS予稿集A12-09
- (2) 篠原真毅他, 第92回SGEPSS予稿集A12-08



2次元の広がりをもつマイクロ波ビームを仮定した時のShklyar方程式の数値解

再突入宇宙機近傍の電磁環境の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 Electromagnetic Environment near Re-entry Vehicle

・Masaya YAMANE Hideyuki USUI Hiroshi MATSUMOTO  
Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University.

To study the electromagnetic environment in the vicinity of a re-entry vehicle, we performed computer experiments using our three-dimensional electromagnetic particle code (KEMPO-3D). During the re-entry phase, the signal blackout will cause the communication problems. To solve them, it is necessary to understand the blackout quantitatively. So far, to do so, we have been performing computer experiments with a one-dimensional or a two-dimensional model region in which we realize the blackout by transmitting radio wave into a dense plasma wall. For the strict analysis in terms of field intensity, however, three-dimensional analysis is needed. In the present study, therefore, we use the KEMPO-3D for the computer experiments. The boundary condition for the field in the code is modified, which will be presented as well as the quantitative results obtained in the computer experiments associated with the wave transmission and reflection in the blackout.

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圧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、減衰されること、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。アメリカにおいては、すでに実験、研究が行われているが、日本でも独自に軌道再突入実験 (OREX) 等の実験を行う予定である。そこで、こういった実験に先立ち、計算機実験によりブラックアウト時の宇宙機近傍のプラズマ電磁環境を再現し、通信電波の減衰、反射、透過について、定量的に考察しておくことが、本研究の目的である。

これまで、竹中等<sup>1)</sup>の1次元・2次元モデルを用いた計算機実験により、ブラックアウト時の電磁環境についての基本的な理解は得られている。しかし、より現実に近い解析を行うには、3次元モデルでの計算機実験が必要となる。そこで、KEMPO を

もとに横山等<sup>2)</sup>によって開発された3次元電磁粒子コード (KEMPO-3D) を自由境界を取り扱えるように改良し、それを用いて計算機実験を行った。自由境界化の手法として、減衰領域を用いずに光速モードの放射電磁波を吸収するような Lindman<sup>3)</sup>の手法を用いた境界を採用し、境界付近を真空にすることで自由境界を実現した。

本計算機実験では、アンテナ近傍のみを対象とし、Fig.1のような3次元モデルを用いている。6つの物理領域境界面のうちの1つを宇宙機表面とし、その前面にアンテナに相当する電流駆動点を、さらにその前面にプラズマ層を配置した。プラズマ層の密度分布はマクスウェル分布を仮定してモデル化している。このようなモデルで計算機実験を行い、通信電波の減衰、反射、透過について定量的に解析を行った。

今回の講演発表では、この計算機実験の結果の紹介し、1次元、2次元の計算機実験の結果との比較を含め、考察を加える予定である。

参考文献

- (1) 竹中等, 第91回SGEPSS講演会予稿集
- (2) 横山等, 第91回SGEPSS講演会予稿集
- (3) E. L. Lindman, J. Computational Phy. 18, 1985, 66-78

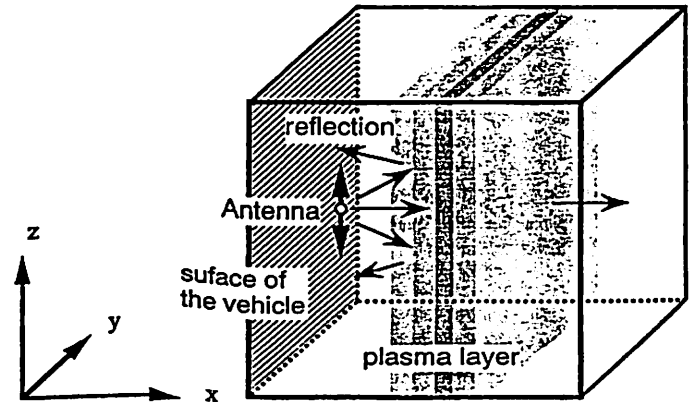


Figure 1. the model of computer experiment

あけぼの衛星波動観測による地球磁気圏内電子密度分布の推定

・引馬 章裕<sup>1</sup> 笠原 禎也<sup>1</sup> 木村 篤根<sup>1</sup> 澤田 晃<sup>1</sup>  
菊池 雅行<sup>2</sup> 大家 寛<sup>2</sup>

<sup>1</sup>京都大学工学部 <sup>2</sup>東北大学理学部

Electron Density Profile in the Magnetosphere Deduced from Wave Data Observed by the Akebono Satellite

・Akihiro HIKUMA<sup>1</sup> Yoshiya KASAHARA<sup>1</sup> Iwane KIMURA<sup>1</sup>  
Akira SAWADA<sup>1</sup> Masayuki KIKUCHI<sup>2</sup> Hiroshi OYA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Electr. Eng. II, Kyoto Univ. <sup>2</sup>Geophys. Inst., Tohoku Univ.

The global plasma density distribution inside the plasmapause has merely been obtained statistically, e.g. from whistler dispersion data. The Akebono (EXOS-D) satellite can measure electron density along the orbits, and both wave normal direction and delay time of Omega signals transmitted from the ground can be determined continuously over an hour. By using these informations with assistance of 3-dimensional ray tracing technique, we can estimate electron density distribution in the plasmasphere. As a result of electron density distributions obtained by these methods, it is clarified that the electron density profile on the equatorial plane depends on season (fig.1 ~ 3).

1. 電子密度分布の推定方法

我々は、あけぼの衛星 (EXOS-D) で観測される様々な VLF 帯の波動現象の解析を行っている。VLF 帯の中で、船舶の追跡航行支援システムであるオメガ信号はあけぼの衛星で連続的に観測される。オメガ信号とは、世界に 8 局あるオメガ送信局から、局固有の 10 秒周期のシグナルフォーマットにしたがって送信される信号である。

あけぼの衛星では、東北大学理学部が担当している PWS (Plasma Wave Sounder) から UHF 周波数が観測され、衛星軌道上の電子密度が計算できる。VLF 帯では電界 2 成分、磁界 3 成分の観測が出来るのでオメガ信号の伝搬ベクトルを求めることができる。また、オメガ信号の発信時間がわかるのでオメガ信号の観測時間から伝搬時間も求めることができる。

推定する電子密度分布のモデルとして拡散平衡モデル (DE モデル) を用いる。推定は拡散平衡モデルから得られる衛星軌道上の電子密度が、観測された電子密度と等し

くなるように拡散平衡モデルのパラメータの値を変え、ある電子密度分布を仮定する。得られた電子密度分布でレイトレイシングを行ない、レイトレイシングで求められる伝搬ベクトルと伝搬時間が観測結果と一致すれば、それをその時間の電子密度分布としている。

2. 解析結果

あけぼの衛星が赤道付近を飛行している場合は、ほとんどのパスでレイトレイシングから得られる伝搬ベクトル、伝搬時間が観測結果と一致している。しかし、衛星が低緯度から赤道付近に飛行している場合は、伝搬ベクトルの観測結果はレイトレイシングの結果と一致するが、伝搬時間についてはよく一致しない場合もある。

3. 考察

推定された電子密度分布の赤道上の密度変化を見ると季節変化があることがわかる (fig.1 ~ 3)。また、同じ時間帯に観測された 2 つのオメガ信号それぞれについて推定した電子密度分布も赤道上ではほとんど同じ密度変化をしている。このことから、我々の推定がかなり実際の電子密度分布に近いものであると結論できる。

今後は、あけぼの衛星で観測されている電子温度も参考に、低緯度でも伝搬時間が観測結果と合うような電子密度モデルを考えていきたい。また、より多くのパスを解析して電子密度分布の全体像を考察していきたい。

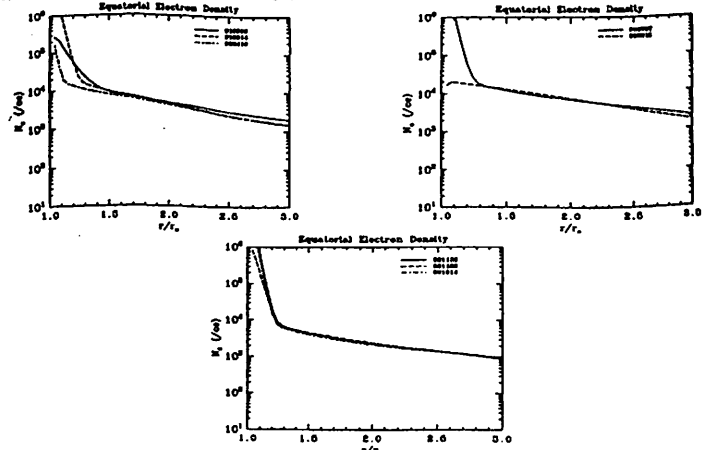


fig.1 ~ 3 季節毎の赤道上で電子密度変化 春 (左上), 夏 (右上), 秋 (下)

# あけぼの衛星で観測された 極域 VLF ヒスの伝搬特性の研究

・吉田 健一郎 笠原 禎也 木村 啓根  
京都大学工学部

## Study on the Propagation Characteristics of VLF Hiss Observed by Akebono in the Polar Region

・Ken-ichiro YOSHIDA Yoshiya KASAHARA Iwane KIMURA  
(Dept. of Electr. Eng. II, Kyoto Univ.)

VLF hiss is often observed by the Akebono (EXOS-D) satellite. By estimating the  $k$ -vector or using 'ray-tracing', we are trying to explain the propagation characteristics of VLF hiss in the polar region.

To estimate the  $k$ -vector direction, the Wave Distribution Function (WDF) is used for Phillips-Tikhonov Regularization. We have used 2 electric and 3 magnetic field components to know the sense of the  $k$ -vector. It has been thought that funnel-shaped hiss propagates down to the satellite from above. But our results do not always show such tendency.

If we assume a distribution of source, we can get the  $f$ - $t$  diagram by ray-tracing which may be observed at a satellite. This result shows that we can get funnel-shaped hiss even if the source is located either upper or lower side of Akebono satellite.

あけぼの衛星では、これまでに広帯域にわたる雑音性の信号であるヒスが多数観測されている。我々は、VLF 観測装置を用いてその到来方向、波源の位置、分布等の性質を明らかにしようとしてきた。

ヒスは多くの場合波源に広がりがあり、また波源自体に動きがあるとも考えられるので、複数の波が重なりあっていると予想される。そこで、伝搬ベクトル推定法としては、波動分布関数<sup>1)</sup>を利用する方法(今回は、フィリップス-ティホノフ正規化法<sup>2)</sup>)を用いている。波動分布関数法による伝搬ベクトル決定法とは、次式が 0 にできるだけ近づくように  $\theta, \phi$  (地磁気方向を  $z$  軸とした天頂角と方位角)を決めることである。

$$S_{ij} = \frac{\pi}{2} \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi} a_{ij}(\theta, \phi) F(\theta, \phi) d\theta d\phi \quad (1)$$

ここで  $S$  は衛星で観測されるデータから計算されるスペクトルマトリクス、 $a$  は積分核であり、地磁気座標系で得られる値である。使用するデータは、電界 2 成分、磁界 3 成分であるから、この方法によって波動が衛星の上から伝搬したものか下から伝搬したものかの判別をすることも可能である。

このような方法で得られた伝搬ベクトルは、大部分がこれまでの報告と同様にレゾナンスコーンに近いものであった。方位角は時間に対してかなりばらついた値となった。到来方向に関しては、これまで、funnel-shaped ヒスは衛星の上から伝搬するという報告があった。しかし、今回の解析では必ずしもそうではないという結果を得ている。

今回は、次のステップとして、どのような波源分布であれば、衛星で観測されているような特徴的な  $f$ - $t$  ダイアグラムが得られるかを考えてみた。まず、レイトレーシングを用いたシミュレーションを行なった。衛星軌道に対して様々な波源分布を仮定し、衛星で観測されるであろう  $f$ - $t$  ダイアグラムを指かせてみれば、funnel-shaped ヒスや saucer の形が得られるのに適当な波源分布を推定することができる。この結果、これら波動の  $f$ - $t$  ダイアグラムの形状は、波動が衛星の上にあっても下にあっても得られることが分かった。これは、伝搬ベクトルを推定した結果に沿うものである。到来方向の推定が、これまでの結果と異なる理由としては、あけぼの衛星が周回する軌道の高度が、これまでの多くの衛星の周回していなかった部分に当たることが考えられる。

また、実際に観測によって得られた  $f$ - $t$  ダイアグラムに対する波源分布をレイトレーシングを使って考えることもできる。

さらに、あけぼの衛星のデータもかなり処理できているので、VLF ヒスに関する統計も合わせて発表する予定である。

参考文献 1) L.R.O.Storey & F.Lefevre *Geophys. J.R.astr.Soc.*(1979)56,255-269  
2) Yamaguchi, M., K.Hattori, N.Iwama, and M.hayakawa, A new direction finding method of magnetospheric VLF/ELF radio waves using regularization and generalized cross validation, *Proceedings of ISAP'92*, 4, 1165,1992

## A12-14 極域における Z モード AKR の観測およびその放射機構

森岡 昭, 大家 寛 (東北大・理)

Z-mode waves in the polar magnetosphere and its relation to AKR

Akira Morioka and Hiroshi Oya

(Dept. of Astronomy and Geophysics, Tohoku University)

In the dayside polar magnetosphere, EXOS-D(Akebono) satellite detected propagating Z-mode waves. These Z-mode waves show in their spectra the similar intensity modulations and fine structures with the simultaneously observed AKR. From this evidence, it can be confirmed that these waves are Z-mode AKR's generated in the same source region with AKR. For the observation of Z-mode waves in this case, it is essential that the Z-mode AKR makes the downward propagation from the expected source region to the observational point. This means that Z-mode AKR has the wavenormals directed to downward in the source region, suggesting the generation though the inverse Landau resonance with the precipitating auroral electrons together with escaping wave waves.

### 1. 序

"あけぼの" 衛星が昼側極域磁気圏を通過するとき、L-OモードのAKRを受信すると同時に、Zモードの波動を受信した。従来、極域で観測されるZモードの波動が、夜側粒子加速域でAKRと同時に生成されているという事実は、Oya and Morioka(1983)による"じきけん" 衛星の観測によって報告されていたが、その後の欧米の衛星観測では確認されていない事であった。本報告ではその存在を実証するとともに、生成機構についても観測事実から明らかにしていく。

### 2. ZモードAKRの存在

第1図に示すスペクトルは、昼側極域磁気圏 (MLT 13:30, ILAT 68°, 高度 4,300km) で観測されたZモード(上図)およびL-OモードAKRのスペクトルである。両者のスペクトルは微細な構造まで良い対応を示す。さらに微細構

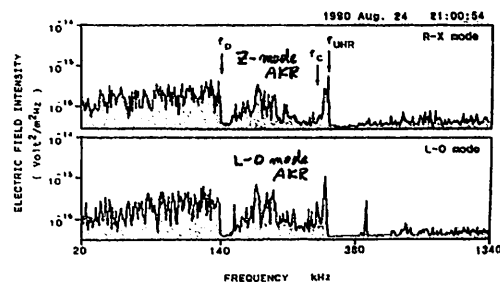
造(fine structure)の時間変化もダイナミックスペクトル解析から極めてよい対応を示すことが明らかにされた。この事実は、電磁波モードのAKRの放射と同時に同じ放射源からZモード波が放射されていることを示し、観測されたZモードの波動はZモードAKRと結論できる。

### 3. ZモードAKRの生成機構

観測されたZモードAKRは、想定されるAKR放射域(夜側オーロラ粒子加速域)から下方に伝搬してきていることが明らかにされた。Zモード波動が放射域で成長する過程での wave normal angleの方向は、cyclotron waser mechanism にもとづく理論計算(Hewitt et al., 1983)では磁力線に対し垂直ないは上向きを示し、Inverse Landau過程にもとづく計算(Niyaoka and Oya, 1978)では下向きであることが示されている。したがって、本観測による結果は、降下するオーロラ粒子とのInverse Landau過程によってZモードのAKRが放射されていることを示唆する。

### 4. まとめ

本研究で明らかにされた、電磁波モードのAKRと同時に両領域で放射され、下方にwave normalをもつZモードAKRの存在は、AKRの放射機構として、モード変換にもとづくAKR放射機構(Oya, 1974, 1990)を強く支持するものである。すなわち、オーロラ粒子とのInverse Landau 共鳴過程によって励起されたUpper Hybrid モード波は、自由空間へと放射される電磁波モードAKRに変換されると同時に、Zモードの波動として伝搬するという理論に合致する。



A12-15 粒子コードでみたピアス型  
プラズマダイオードのカオス的ふるまいの解析

◦ 横山 浩之 松本 敏 臼井 英之  
京都大学超高周波電波研究センター

Computer experiments on the chaotic behaviours of the Pierce type plasma diode using particle code.

◦ Hiroyuki YOKOYAMA Hiroshi MATSUMOTO Hideyuki USUI  
Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University.

The Pierce diode is a one-dimensional, electrostatic planar diode with both electrodes grounded. A monoenergetic electron beam is injected into an uniform ion plasma at a steady rate from one electrode. Godfrey (1987) solved numerically the fluid equations describing the Pierce diode and found this system shows chaotic behaviours in some situations. We applied this model to one-dimensional electrostatic particle code, and also found this system becomes chaotic. However its parameter dependence shows different features from that of Godfrey's. For example, in our particle computer experiments, we can see the blocking oscillations of the excited electric field, which were not observed in the fluid code.

ピアスダイオードは2枚の接地された電極の間に一様なイオンプラズマを固定し、一方の電極から一定速度の電子ビームを流入させ、もう一方の電極から電子が流出してゆくモデルである。Godfrey (1987)[1]は流体モデルによる数値計算で電子ビームのパラメータ  $\alpha = L\omega_p/V_0$  ( $L$ : 電極の距離  $\omega_p$ : 注入する電子ビームのプラズマ周波数  $V_0$ : 電子ビームの注入速度) が一定値を超えると不安定になることを示した。また、さらに、 $\alpha$ がある領域に至ると非周期的な不規則な振動を生じ、カオスとなることを報告している。

我々はピアスダイオードモデルを粒子コードで実現して計算機実験を行ない、粒子コードでも流体コードと同様にカオス的な挙動をすることを明らかにした。この結果から、Godfreyらの流体近似を用いた解析が妥当であり、カオスの状態はプラズマ粒子の熱的・運動論的なミクロな作用を考慮しても安定に持続することがわかった。

一方、パラメータ  $\alpha$  を変化させて計算機実験を行なった結果、広い範囲の  $\alpha$  で、流体コードでは見られなかった電界のブロッキングオシレーションが観測された。この

現象は電極付近の粒子の反射が原因となって生じる。この時、電子ビームは流体近似から完全に逸脱しており、粒子コードによる計算によって初めて明らかになった。

本講演では、粒子コードによる計算機実験を非常に多くのパラメータ  $\alpha$  について行ない、その結果をふまえて粒子コードから見たピアス型ダイオードのカオス的ふるまいについて述べる。

参考文献

- [1] Brendan B. Godfrey, Phys. Fluids 30,1533,(1987)

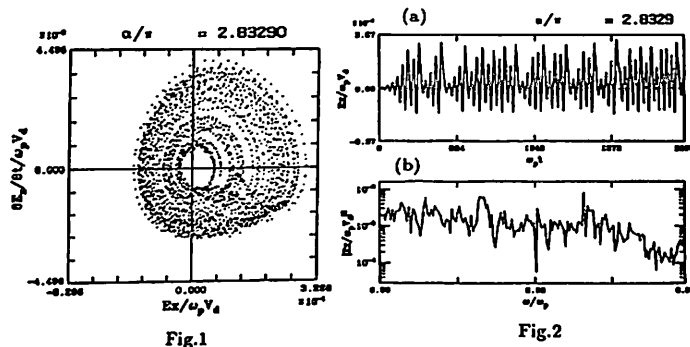


Fig.1 The phase diagram of  $Ex(0)$  at  $\alpha = 2.8329\pi$   
Fig.2 The time history (a) and power spectrum (b) of  $Ex(0)$  at  $\alpha = 2.8329\pi$

A12-16 Large amplitude wave propagation and plasma-interaction by computer PIC simulations

◦ Simon Goodman and Hiroshi Matsumoto  
RASC, Kyoto University, Uji 611, Kyoto, Japan.

It is almost tautological to say that the propagation of large amplitude waves through plasma is relevant to ionospheric modification, microwave energy transmission, RF-plasma heating, laser-plasma interactions and satellite and telecommunications, to name but a few. The area of ionospheric modification is the concern of the present work. In particular we have tried to simulate the propagation of large amplitude radio frequency waves through the overdense ionosphere. The specific physics we hope to observe is as follows. As in the ionosphere, a standing wave pattern is formed as the ground transmitted radio frequency pump wave propagates up until the critical layer where reflection takes place. Close to reflection the wave amplitude increases as the group velocity of the wave slows and energy piles up. Because the amplitude of the wave is large nonlinear processes begin to occur and the plasma is modified by the pump. One type of nonlinear phenomena observed associated with the modification is the excitation of frequency shifted secondary electromagnetic waves which can exit the plasma to be observed from outside, on the ground for example, as in experiment These waves are

of interest because of the fact that they carry information about the plasma physical environment near pump reflection and on the path back to the observation point. Thus, there is a potential diagnostic inherent in the modification process. One experimentally discovered aspect of the phenomena is that a particular feature of the excited EM spectra is at an electron cyclotron harmonic and this feature is enormously sensitive to changes in the pump frequency so that highly accurate measurement of.

## Effect of High Frequency Magnetic Fluctuations on MHD Waves

°Tadas K. Nakamura and C. F. Kennel  
(University of California, Los Angeles)

We have studied the effects of high frequency (~ion Larmor frequency) magnetic field fluctuations on MHD waves. Fluctuations in magnetic field strength cause a random variation of the Larmor frequency and consequently, an anomalous ion drift arises. The wave propagation will be modified when the current due to this anomalous drift is non-negligible in comparison with the ordinary perpendicular current of the wave. The ordinary current in low frequency MHD waves comes from the polarization drift of ions, which is a very small portion of the total drift. Therefore the anomalous drift due to the magnetic fluctuation can have a significant effect on MHD waves even though the anomalous drift is small compared to the ordinary drift.

We obtained the dispersion relation of MHD waves in a fluctuating magnetic field, which is

$$\left(1 + \frac{G^- - iH^+}{\omega} - \frac{V_A^2 k_z^2}{\omega^2}\right) \times \left[1 + \frac{G^- - iH^+}{\omega} - \frac{V_S^2 k_x^2}{\omega^2} \left(1 - \frac{V_S^2 k_z^2}{\omega^2}\right)^{-1} - \frac{V_A^2 k^2}{\omega^2}\right] - \left(\frac{i\omega}{\Omega_i} + \frac{iG^+ + H^-}{\omega}\right)^2 = 0$$

where  $G$  and  $H$  represent non-resonant and resonant effect of the magnetic fluctuations (Other symbols have conventional meaning). From the above expression we found: (1) MHD waves suffer damping due to the parametric cyclotron resonance, (2) non-resonant magnetic fluctuations couple the shear and magnetosonic modes, (3) resonant fluctuations couple the fast and slow magnetosonic modes. A simple estimate of these effects using a Lorentzian power spectrum shows that field magnitude fluctuations be significant even if their amplitude is much smaller than the ambient magnetic field.

### References

- NAKAMURA, T. K. & KENNEL, C. F., 1993, *J. Geophys. Res.*, in press.  
NAKAMURA, T. K. & KENNEL, C. F., 1993, *submitted to J. Plasma Phys.*  
NAKAMURA, T. K., KENNEL, C. F., OMURA, Y. & MATSUMOTO, H., 1993, *STEP SIMPO Newsletter*, Radio Atmospheric Science Center, University of Kyoto, in press.

## A12-P2-39 静電的 whistler mode 波から L-O mode,

Z-mode 波へのエネルギー変換過程

°飯島 雅英・大家 寛(東北大理)

Mode conversion process from whistler mode waves  
to L-O mode and Z mode waves

M. Iizima and H. Oya

(Dept. of Geophysics and Astronomy, Tohoku Univ.)

Mode conversion processes from electrostatic plasma waves into electromagnetic waves have been considered to be as one of the main processes to produce non-thermal electromagnetic waves in space plasma, after the initial proposal by Oya(1971) and the processes have been applied to the generation mechanism of AKR (Oya, 1990). However, by recent computer simulation studies based on the observations of EXOS-D satellite (Oya and Watanabe, 1993), it has been shown that the wave intensity of electrostatic whistler mode waves is much larger than that of UHR mode waves under the low  $\epsilon$  ( $\equiv \omega_p/\Omega$ ) value conditions, which are commonly observed in the AKR source region. In the present study, numerical calculations have been made for the energy conversion rates from electrostatic whistler mode waves into L-O mode waves and Z-mode waves: The result indicates that the energy of electrostatic whistler mode waves is converted to that of L-O mode waves with conversion rates of up to 15% in the case where the wave frequency approaches to the local plasma frequency. This process can be considered as the origin of L-O mode AKR generated at local plasma frequency in the auroral plasma cavity where  $\epsilon$  value is very small.

### 1. 序

Oya (1971) によって最初に提唱されて以来、宇宙空間における非熱的電磁波の放射機構として、静電的プラズマ波動から電磁波へのモード変換過程は重要な過程として理論、観測の両面から多くの研究が進められてきた。オーロラキロメートル電波 (AKR) の起源に関しては、すでに、 $\epsilon \equiv \omega_p/\Omega \ll 1$  の条件下で UHR mode の波動が L-O mode および R-X mode の電磁波に変換する機構について、媒質の密度不均一その他に速度空間の非一様性の効果を取り入れた dynamic mode conversion を提唱し、そのエネルギー変換過程について詳細な数値計算を行い、L-O mode に対しては約 10% であるが、R-X mode に対しては 100% に近い効率のエネルギー変換が可能であることを示した。(Oya, 1990; Oya and Iizima, 1993(submitted))

### 2. 静電的 whistler mode 波からのエネルギー変換過程

EXOS-D 衛星の観測結果に基づいた、Oya and Watanabe (1993) による最近のシミュレーション結果は、 $\epsilon$  の値が著しく小さな、auroral plasma cavity 中では静電的 whistler mode 波が UHR mode 波の成長を押しや大きく成長しうることを示している。本論では、このような静電的 whistler mode の波動のエネルギーが L-O mode, Z-mode 波に変換されて、オーロラキロメートル波となる過程を解明するために数値計算を行なった。数値計算の結果は、波動の周波数がプラズマ周波数と一致する付近で L-O mode 波へ最大約 15% のエネルギー変換率で変換されることが示された。このモード変換過程は、auroral plasma cavity 中において、プラズマ周波数付近で L-O mode のオーロラキロメートル波を生む機構となっていると結論される。

### References

- Oya, H., *Radio Sci.*, 6, 1131, 1971.  
Oya, H., *Proc. Japan Acad.*, 66, Ser. B, 1990.

## 波数ベクトル方向計測による AKRの電波源の位置決定

熊本篤志、大家寛、森岡昭 (東北大理)

Determination of the location of AKR sources  
by the measurement of k-vector

Atsushi Kumamoto, Hiroshi Oya and Akira Morioka  
(Department of Astronomy and Geophysics, Tohoku University)

For the purpose of identifying the location of AKR (Auroral Kilometric Radiation) source, k-vector directions of propagating AKRs have been derived from the data of the wave-form measurement of 3-component magnetic field by PWS (Plasma Wave and Sounder experiments) onboard the Akebono satellite. For the case of the intense R-X mode AKR phenomena, the source positions have been identified in the midnight sector with an altitude range about ILAT ≈ 70°; the results make possible to identify the mode of AKR in the source regions.

あけぼの衛星搭載のPWS (高周波域プラズマ波動及びサウンダ観測装置) はきわめて多数例のAKR (オーロラキロメートル放射) を観測している。AKRはその伝搬性のため、衛星で観測される現象には衛星のごく近傍で発生したものや遠くの電波源から伝搬してきたものが同時に含まれる。したがって発生源での性質を明らかにするためには観測点と電波源の位置関係を明らかにする必要がある。

PWSのPYモード観測 (Poynting flux計測) では伝搬してきたAKRの電場2成分、磁場3成分の波形計測をおこなっている。この研究では磁場3成分中のそれぞれの2成分がなす平面内で偏波分離した後

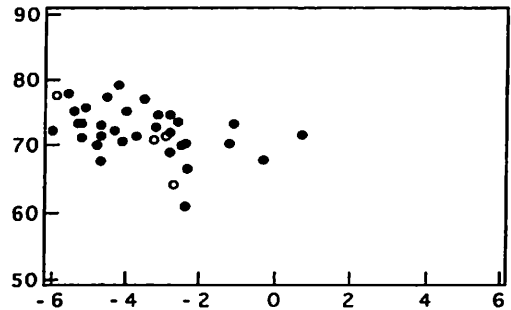
$$k / [B_x^2 - B_y^2, B_x^2 - B_z^2, B_y^2 - B_z^2]$$

の関係をもちいてAKRの波数ベクトル方向を導出した。ただし  $B_x, B_y (i=x, y, z)$  はそれぞれ  $x, y$  及び  $z$  方向を軸とした時の磁場の左及び右回り成分を示す。さらに得られた波数ベクトル方向を用いて電波源の位置の決定を試みた。この際AKRの発生、伝搬について次の条件を置いた。すなわち

- 1) 電波源位置の電子サイクロトロン周波数付近で発生
- 2) 伝搬の際の反射、屈折はない (比較的近い電波源を想定)

この結果夜間で観測された強いR-Xモードの典型的なAKRの一例について、その電波源が真夜中側、ILAT 70°付近に帯状に存在することが確認された。

さらにサブストームフェイズに対応して電波源位置の決定が行われ電波源での波動のモードが決定された。



90年1月12日の観測による電波源の位置決定の例

横軸がmagnetic local time、縦軸がinvariant latitudeで、●が259kHz (高度5585km)、○が371kHz (高度3832km) のAKRの電波源の位置を示している。

## あけぼの (EXOS-D) 衛星 で観測されたAKR 2次高調波

宮崎 真一、大家 寛 (東北大理)

Second harmonic AKR observed by the EXOS-D (Akebono) satellite

S. Miyazaki and H. Oya  
(Department of Astronomy and Geophysics, Tohoku University)

### [Abstract]

The high frequency resolution plasma wave detector, PWS, onboard the EXOS-D (Akebono) satellite is frequently making observations of auroral kilometric radiation (AKR) with harmonic structure. In all cases of the observations of harmonic structure, polarization data indicate that the fundamental waves are L-O mode emission while harmonic waves are R-X mode, for the case where the waves arrive at the satellite from the sources located in anti-sunward direction. In the present study, the theoretical analyses have been made being based on linear plasma wave instabilities and computer simulation with electromagnetic particle codes for the case of the wave particle interactions, adopting simple ring-beam distribution as free energy of the auroral particles.

### [1]. 序

オーロラキロメートル放射 (AKR) が2次高調波を伴って発生していることが、あけぼの (EXOS-D) 衛星に搭載されているPWSによって観測されている。この現象は際立った特徴を持っており、AKRの発生機構に対して非常に大きな手がかりを与えるものと考えられる。

### [2]. 現象

現象の解析は、受信機のゲインを下げて機器の内部modulationのないことを確認しつつ行ない、PWSの偏波計測部 (PLモード) によるデータを用いている。代表的な例を図. 1に示す。基本波成分では左旋偏波が、2次高調波成分では右旋偏波が卓越しているのが特徴的である。

### [3]. 発生機構に関する考察

Bi-Maxwellプラズマに対する線形の分散関係式では、UHRプランチが電磁波と静電的波動をつなぐ唯一のチャンネルとして明確にされている (Oya, 1971)。しかしリングビーム粒子を仮定すると、線形理論においてもUHR波動の2次高調波に対応するbranchが出現してくる。本論ではこの点に着目し、オーロラ粒子加速域では、熱的粒子以外に、磁場に垂直な速度成分とビーム成分を持つリングビーム分布で近似できると考え、リングビーム不安定について線形解析及び電磁粒子コードによるシミュレーションによって検討した。これらの結果を用い、リングビーム不安定によるAKR 2次高調波の発生に関して解析を行ない、観測事実が説明できることを示した。

EXOS-D PWS PATH 8909160700

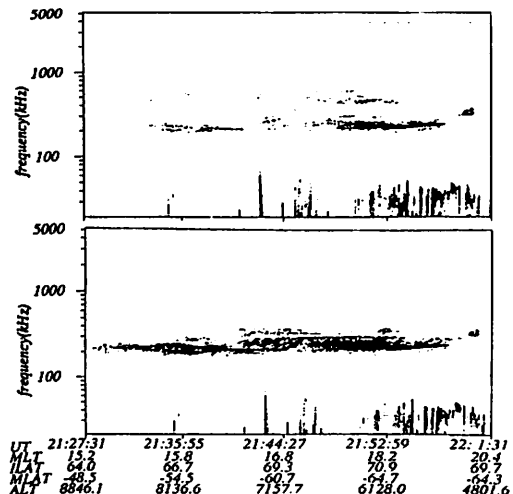


図. 1 2次高調波を伴うAKR  
(a). 右旋偏波 (b). 左旋偏波

Reference: Oya, H., Radio Science, 6, 1131-1141, 1971

小林 香  
富山県立大学工学部

The effect of non-uniform plasma media on the growth rate  
of Auroral Kilometric Radiation

Kaori KOBAYASHI  
Toyama Prefectural Univ.

AKR is considered to be generated directly in the form of electromagnetic waves through the processes of the relativistic cyclotron resonance in the acceleration region of the auroral particles. Though the direct theory requires the plasma condition that  $f_p/f_c$  value is kept less than 0.1, the observation results by the AKEBONO spacecraft indicate that the electron density changes from 5/cc to 20/cc within 15 km and that the enhanced AKR is detected where the  $f_p/f_c$  ratio approaches to the value of 0.5.

Applying the WKB approximation to the direct theory, the calculated growth rates of the EM waves show negative values along with propagation path through slowly varying media; the integrated growth rates are less than the expected value of observed AKR. The results show that the non-uniform media in the AKR source region is very unfavorable to the direct theory.

AKRを観測する頻度が統計的に多い、つまり、大局的な発生域とされている夜側オーロラオーバルの上空には、磁気圏尾部から高速で降り込む高エネルギー粒子と波動との間の激しい相互作用が存在するものと考えられる。しかし、その波動-粒子相互作用は Landau 型 ( $\omega - \mathbf{k} \cdot \mathbf{v}_0 = 0$ ) ではなく、cyclotron 型 ( $\omega - \mathbf{k} \cdot \mathbf{v}_0 = \omega_c$ ) であるとする説が有力であった。しかし観測された AKR 波動のモード等の情報からではどちらの相互作用により波動が発生したのかを検討する事は難しいものとなっている。そこで実際の発生域のプラズマの状態で、それぞれの相互作用がどのように成立するかを検討

する事で AKR 発生機構としてより可能性が高いものを判定する。

均一なプラズマ媒質中であり、かつ微妙な共鳴条件が成立するという条件のもとに行われた cyclotron 型相互作用に基づく線形理論計算は、実際の AKR の観測強度を説明しうる増幅率を与えてはいるが、AKEBONO 等の飛翔体による AKR 発生域の電子密度の観測結果は、15 km で 5/cc から 20/cc まで急激に上昇するケース等、非常に不均質な媒質であることを示している。また、cyclotron 型の波動-粒子共鳴が成立するためにはプラズマパラメータ  $f_p/f_c < 0.1$  の条件が必要であるが、この条件が安定して成立しているデータは少なく、また、 $f_p/f_c \approx 0.5$  の状態でも強い AKR 波動が観測されている。

まず、緩やかに変化する媒質を扱える事が出来るように WKB 近似を適用し、相対論的 cyclotron 型波動-粒子相互作用に基づく直接発生説において AKR 波動の増幅率を計算する。

- 発生域内のある点での波動増幅率が、実際の波動強度及び性質を説明しうるか?
- 発生域内から外へ伝搬する途中での増幅あるいは減衰は存在するか?

上記の2点を検討するために、ある子午面内で高緯度側から低緯度側にかけて伝搬する AKR 波動を考える。電子密度モデルは arc-tangent 型で上昇するものに sin 型の細かい変動を加え、実際により近いものにする。

解析結果として、発生点で増幅されても伝搬途中で大きな減衰を受ける場合が多く得られている。これによりプラズマ媒質の不均質性は cyclotron 型相互作用に不利に作用していることが明らかに示された。

Equatorial Emission With Multi-band Spectra  
Near Gyro-harmonics of The Oxygen Ion  
During Magnetic Storm

H.Liu, K.Hayashi

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

Equatorial electromagnetic ELF emissions at a frequency range around the oxygen ion gyrofrequency is observed in the low-altitude plasmasphere ( $L=1.5\sim 2.5$ ) during magnetic storms with high activity of the ring current by triaxial search coil and single component electric field instruments on board the Akebono satellite. We find that a particular type of the ELF emissions occur with a multi-band spectral structure around the local gyrofrequency ( $F_{O^+}$ ) of the oxygen ion ( $O^+$ ) during the main phase of magnetic storm. Our finding includes the following: The multi-band emissions are localized in the morning sector during magnetically disturbed times and often consist of several spaced frequency bands closely related the local gyro-harmonics of oxygen ion ( $O^+$ ) with a fundamental frequency at  $F_{O^+}$  or  $2F_{O^+}$  (see Fig. 1). The frequency of each band varies along the satellite orbit dependent on the local magnetic field and the spacing between the bands is almost equal to  $F_{O^+}$  or  $2F_{O^+}$  (see Fig. 2 and Fig. 1). It is suggested that emissions are generated by terrestrial oxygen ion distribution composing the ring current during the main phase of magnetic storm.

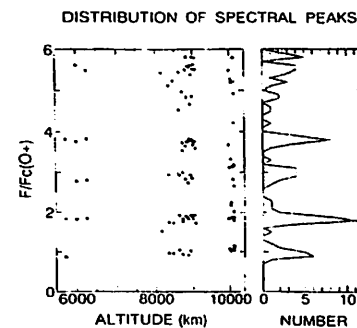


Fig. 1

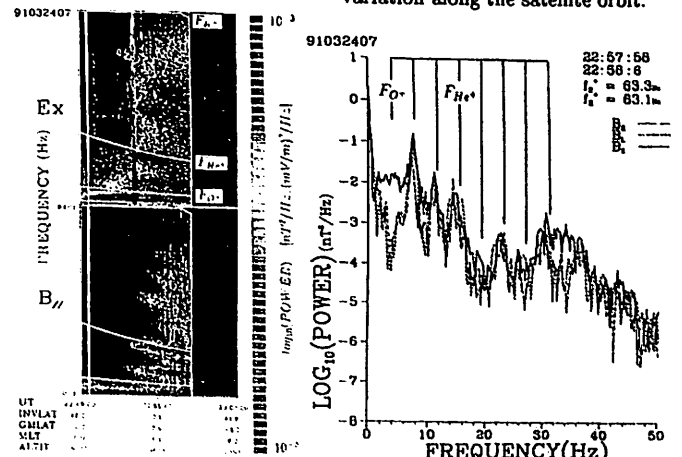


Fig. 2

A12-P2-44

EXOS-D PWS によって観測される  
プラズマ圏 UHR ブランチに於ける諸現象  
菊池雅行・大家 寛 (東北大理)

Phenomena around UHR branch observed the EXOS-D satellite  
M.Kikuchi・H.Oya (Geophys. inst. Tohoku Univ.)

After launching of the Akebono (EXOS-D) satellite, it become clear that the upper hybrid emission always take place, in the frequency range from  $\min(f_p, f_c) \sqrt{1 + \frac{f_p^2}{f_c^2}}$ , where  $f_c$ , and  $f_p$  are the local electron cyclotron and plasma frequency, in the plasma above 1000km where some extent of free energy is always supplied. Using the upper hybrid frequency from the observed emission frequency, therefor, we can obtain the plasma density with known information of the electron cyclotron frequency. To identify the accurate upper hybrid frequency, however, there are several factors, which are making the accurate determination upper hybrid frequency difficult; these are the impedance effect on the receiving characteristic of the upper hybrid waves and the associated plasma waves which show the clear frequency relationship with the upper hybrid frequency. In this study, the origin of these disturbance effects have been clarified being separated the impedance effects and associated plasma wave effects. Being based on the calculated impedance effect the compensation of these disturbance effects has also been made.

1 始めに  
PWSで観測されるUHRブランチは、上限のUHR周波数を読み取る事でローカルな電子密度を測定できるという点で重要な現象である。しかし、UHR周波数付近ではプラズマのアンテナインピーダンスが大きく変化し、UHRブランチに幾つかの筋が生じる。また、プラズマ圏磁気赤道付近に於いては、UHR周波数の上方に波長の短いESCH波動が存在する場合があることが岡本、大家らによって報告されている。また、イオンシース共鳴により見掛け上波動の強度が増大する場合もある。これらの原因が重なりあい、UHRブランチは自然のものからかなり変形を受けており、周波数の読み取りを困難にする場合がある。従ってUHR周波数付近の現象をあらかじめ正しく理解する事が必要となる。本研究では、UHRブランチ付近の現象を分類し、その原因を特定し、補正を行う方法を示す。

2 アンテナインピーダンスに表れる Modified UHR 共鳴の影響  
プラズマ中のショートダイポールのアンテナのインピーダンスは 1964 年、Balmain によって、その理論式が

$$Z_a = \frac{1}{2\pi j\omega L \sqrt{K_1} \sqrt{F}} \left[ \ln \frac{L}{r_0} - 1 - \ln \frac{\sqrt{F} + \sqrt{K_1}}{2F} \right]^{-1}$$

$$F = K_1 \sin^2 \theta + K_3 \cos^2 \theta$$

$$K_1 = 1 - \frac{f_p^2}{f^2 - f_c^2} \quad K_3 = 1 - \frac{f_p^2}{f^2}$$

と求められている。この場合、アンテナのインピーダンスが無限大になる点は

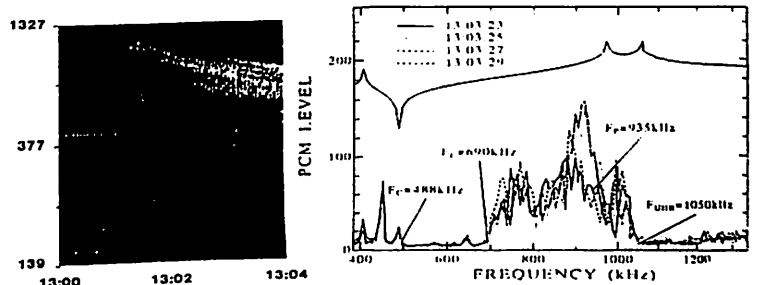
$$K_1 = 0 \rightarrow f = f_{UHR}$$

$$F = 0 \rightarrow f_{MUHR\pm} = \frac{f_{UHR} \pm \sqrt{f_{UHR}^2 - 4f_p^2 f_c^2 \cos^2 \theta}}{2}$$

の三周波数であるが、この内、UHR 共鳴は  $f_{UHR}$  に固定され角度依存性をもたない。しかし、一方  $f_{MUHR+}$  及び  $f_{MUHR-}$  は、角度依存性を持つため、スピンモジュレーションをうける。特に  $f_{MUHR+}$  は、プラズマ周波数と UHR 周波数の間を動く。この為、UHR ブランチの観測値は変調を受け、そのディスプレイは筋状の構造を伴う。この現象は、EXOS-C のインピーダンスプローブでも観測されているが、EXOS-D での観測例を図に示す。

3 プラズマ圏磁気赤道領域電子 ESCH 波動による変形  
この現象はプラズマ圏磁気赤道で侵入してくる高温プラズマの温度異方性により発生した ESCH 波動が UHR ブランチに重なり観測される現象である。この場合、UHR 周波数は、このプラズマ波の周波数より低い側に位置する。

4 イオンシース共鳴  
アンテナを含むイオンシースに基づくシース共鳴周波数では、UHR 周波数とは逆に、そのインピーダンスが下がるため、観測値の感度が上昇する。この現象も、電子サイクロトロン周波数と UHR 周波数の間に生じるため、密度の低いときは UHR ブランチの筋を強調することになる。



図：変形 UHR によって生じたスペクトル上の筋及びそのスピンの変化の様子

A12-P2-45

DE-1 衛星で観測された磁気圏ライザー放射

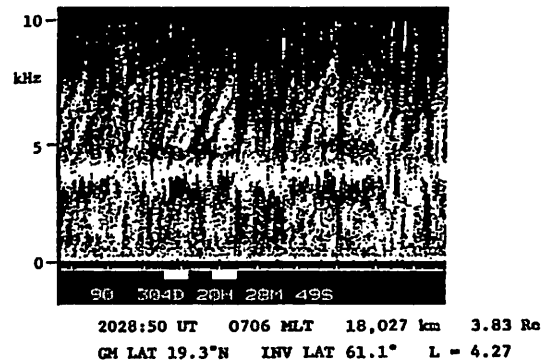
恩藤忠典、中村義勝 (通信総合研究所)

Magnetospheric Riser Emissions Observed by DE-1

T. Ondoh and Y. Nakamura  
Laboratory for Radio Scienc, Communications  
Research Laboratory, Koganei, Tokyo, 184

Magnetospheric riser emissions were observed by DE-1 in the morning equatorial magnetosphere ( $L = 3.78 - 4.49$ ) during a geomagnetic storm ( $Kp = 5-$ ) on October 31, 1990. The DE-1 traversed the equatorial magnetosphere in a period from 2015 UT (0709 MLT, alt. 16,434 km, geocent, distance 3.58 Re, geomag. lat. 14.4°N, invariant lat. 59.0°,  $L = 3.78$ ) to 2034 UT (0705 MLT, 18,615 km, 3.88 Re, 21.1°N, 61.8°,  $L = 4.49$ ) on October 31, 1990. Riser emissions first appeared in a frequency band between 7 kHz and 13 kHz at 2015 UT (geomag. lat. 14.4°N and  $L = 3.78$ ). Then, the riser emissions shifted to a lower band between 4 kHz and 10 kHz at 2023 UT (geomag. lat. 17.4°N and  $L = 4.06$ ). In a period from 2027 UT (geomag. lat. 18.9°N and  $L = 4.22$ ) to 2029 UT (19.3°N and  $L = 4.27$ ),

the riser emissions separated into two bands of 4 - 8 kHz and 1 - 3 kHz. Finally, the riser emissions occurred in a lower frequency band between 2 kHz and 7 kHz at 2034 UT (geomag. lat. 21°N and  $L = 4.49$ ). Thus, the riser emission bands have fine L-dependent structures outside the equatorial plasmopause. This suggests that distribution of storm-time energetic electrons producing the riser emissions depends on fine geomagnetic field shell structures outside the equatorial plasmopause. The magnetospheric riser emissions are classified into two groups of the riser emission without the narrow band hiss and the riser emission associated with the narrow band hiss around the lowest riser emission frequency.



2028:50 UT 0706 MLT 18,027 km 3.83 Re  
GM LAT 19.3°N INV LAT 61.1° L = 4.27



# A12-P2-46 高電位テザー衛星近傍における電磁場擾乱の計算機実験

○白井 英之 松本 紘 大村 善治  
京都大学超高周電波研究センター

## Computer Experiments of Field Perturbation near High Potential Tethered Satellite

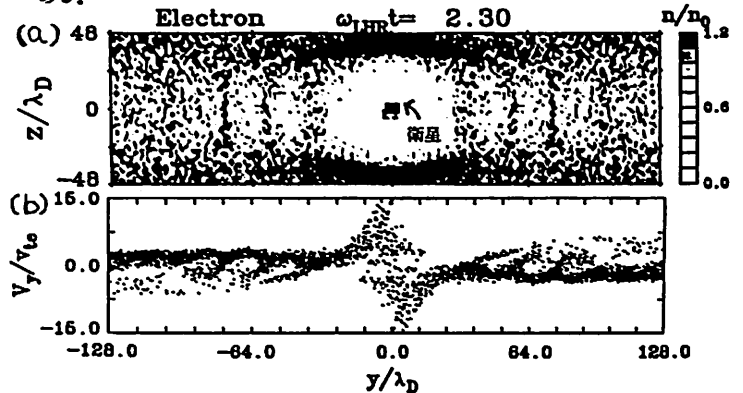
○Hideyuki USUI Hiroshi MATSUMOTO Yoshiharu OMURA  
Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University.

With a view point of field perturbation, we studied the electrodynamic interaction of high potential tethered satellite with space plasma via computer experiment. Three major sources for the perturbation are considered in the present study. The first one is the transient current flow in the tether wire. In the computer experiments a whistler wave packet is induced by the tether current. The second one is the change of the satellite potential. The plasma response to the potential change gives rise to the field perturbation with the characteristic frequencies such as the plasma frequency, the upper and the lower hybrid resonance frequencies. The third source for the field perturbation is the plasma instability. In the vicinity of the high potential tethered satellite, due to the intense electric field by the satellite, electrons and ions are attractive and repulsive to and from the satellite, respectively. Then, the relative motion of the electrons and the ions can cause the plasma instability when its velocity exceeds the threshold of the instability. The Buneman instability and the beam cyclotron instability can occur. In the present study, we will describe the results of the computer experiments and examine the field perturbation quantitatively.

我々は、これまで、テザー衛星と宇宙プラズマとの電磁力的相互作用についての2次元及び3次元計算機実験を行ってきた。今回は、高電位衛星近傍における電磁場擾乱に注目し、その2次元計算機実験及び、結果の定量的解析について報告する。場の擾乱の原因としては、  
(1) テザーワイヤーを流れる過渡電流  
(2) 衛星電位の変動  
(3) 衛星の高電位によるプラズマ不安定性  
が考えられる。(1)については、ホイスターモードの波動パケットが励起され、地球磁場に沿って伝搬していくことが計算機実験で確認された。(2)では、衛星電位の急

激な変動による周辺プラズマ応答が原因となり、過渡的に衛星のごく近傍で、プラズマ周波数、UHR、LHR周波数のプラズマ特性周波数で場の擾乱が見られることが確認された。

(3)については以下のような状況が考えられる。テザー衛星は、地球磁場との相対的な運動による $V \times B$ 効果により周辺プラズマに対して高電位になるが、このため、周辺の電子は衛星に強く引きつけられ、逆にイオンは反発を受け、結果として衛星近傍で電子-イオン間に相対速度が生じる。この速度があるしきい値を超えといわゆる電子-イオンによる2流体不安定性が生じ、これにより場の擾乱が生じると考えられる。図の(a)は、 $B_0$ 方向に Buneman 不安定性が生じている時の電子密度の等高線図であるが、磁場方向(y方向)に広がるイオンの空乏領域の外側の密度の低い領域(プレシースという)において電子の規則的な密度変動が見られる。図の(b)は、図1の時間に相当する電子の速度位相図( $v_y - y$ )を示したものである。中央の衛星近傍のイオン空乏領域では両方向から電子の加速が見られるが、衛星から少し離れたプレシース領域でプラズマ不安定性により生じた静電ポテンシャルによる電子のトラッピングが見られる。また、衛星近傍の電子の $E \times B$ ドリフトによっても電子-イオン間の相対速度が生じ、 $B_0$ に垂直方向にビームサイクロトロン不安定性が生じる可能性がある。この点についても計算機実験を行い、検討を加える。また、上記のプラズマ不安定性による場の擾乱が、衛星の電流電圧特性等に与える影響についても検討を加える予定である。



(a) 電子密度プロット ( $B_0$ はy方向)、(b)  $B_0$ 方向の電子速度位相図。

# A12-P2-47 LF デッカ電波の共役点観測

○後藤 亘、加藤 泰男、西野 正徳、田中 義人(名大STE研)

## Conjugate Measurements Of LF Decca Whistler-mode Signals

W.Goto, Y.Kato, M.Nisino, Y.Tanaka

Solar-Terrestrial Environment Lab., Nagoya Univ., Japan

Whistler-mode signals transmitted at 85.725kHz from Biei, Japan were measured at the magnetic conjugate point, Birdsville, Australia. The observed results may suggest spacially coherent propagation in a single type of field-aligned duct around sunset, and spacially incoherent propagation in multi-type ducts and transmission out of the ionosphere at night.

低緯度磁気圏内におけるLF帯電波の伝搬特性を理解し、伝搬機構を解明するために、北海道・美瑛(地理緯度: 43.60N、地理経度: 142.45E)のLFデッカ局航行電波信号(送信周波数85.725kHz)を、その磁気共役点であるオーストラリア・パースビル(-25.83N、139.33E)で観測した。共役点観測によって得られた磁気圏伝搬波の強度、ドップラースペクトルの広がり、及び偏波解析から、以下に記す結論を得た。  
(1) 日没時には、ドップラースペクトルの広がり比較的狭く、偏波は右廻り楕円偏波を示す。これらの特性から日没時は、単一のダクト内の伝搬が考えられる。

(2) 夜間には、ドップラースペクトルの広がり比較的広く、偏波は直線に近い右廻り楕円偏波を示す。また、磁気圏伝搬波の発生継続時間が長いときには、強度が増大する。これらの特性から夜間では、比較的短い時間で生成、消滅を繰り返しているマルチタイプダクト内を伝搬してきたインコヒーレントな波動が、電離層下端から下方に放射され、同時に地上で観測されたと考えられる。

さらに、パースビルの東40km地点(美瑛の真の共役点)でのホイスター波の観測結果と、そこから推定される伝搬特性について述べる。

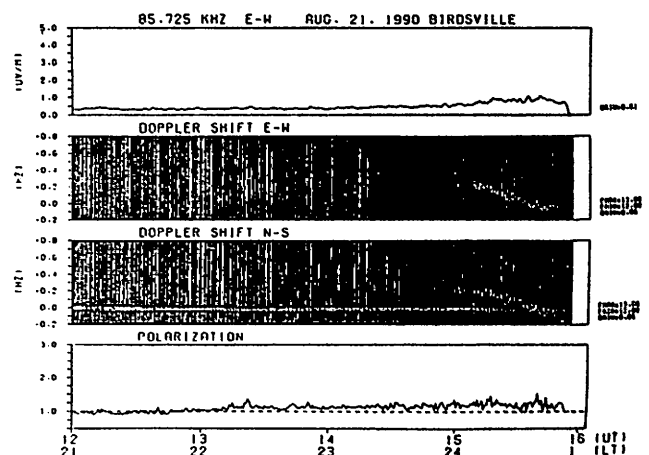


図1 パースビルでの日没後から夜間の解析例

A会場

10月14日(木) 午前

# ULF 波動

## ULF Waves

oral: A31-01~13

poster: A31-P2-48~52

座長 坂 翁介 (九大理)  
高橋主衛 (名大STE研)

## On the polarization of near-earth hydromagnetic waves at low latitudes

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

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

<sup>3</sup>Department of Earth and Planetary Sciences,  
Kyushu University, Fukuoka 812, Japan

It has been known that the sense of rotation of the magnetic perturbation vector in the H-D plane of Pc3-4 band geomagnetic pulsations is controlled by the sense of east-west propagation (Mier-Jedrzejowicz and Southwood, 1979). When we look down the H-D plane, the sense of rotation is clockwise for the eastward propagation and counterclockwise for the westward propagation in the northern hemisphere, and *vice versa* in the southern hemisphere. In the magnetosphere the magnetic field is frozen into the plasma motion. Then, if the plasma motion in the hydromagnetic (HM) wave is similar to that in a surface wave in a fluid where fluid elements rotate with a sense which depends on the propagation direction, such a relation will arise in the region away from the position where the HM wave is purely transverse. However, the idea based on the surface wave is not applicable to low-latitude events because the compressional component of the magnetic field parallel to the ambient field which dominates the H component of low-latitude pulsations is not at all taken into account.

Now we adopt the dipole coordinates ( $\nu, \mu, \phi$ ) and the HM wave having an azimuthal and time variation of the form  $e^{-i(m\phi - \omega t)}$ ,  $m > 0$  ( $m < 0$ ) corresponding to the eastward (westward) propagation. The pure fast mode wave will exist near the earth at low latitudes because of the absence of the field-aligned current there. Its amplitude will

become maximal at the equator  $\mu = 0$  and decrease with an increase of the latitude owing to an energy transfer to the Alfvén mode wave caused by the coupling. As for the dependence of the near-earth HM wave at low latitudes on the variable  $\mu$ , thus, we employ a Gaussian model  $e^{-(a^2\mu^2)/2\sigma_{\parallel}^2}$ , where  $a$  is the radius of the ionosphere and  $\sigma_{\parallel}$  is a positive constant. Then, it is seen from the wave equation that the dependence of the HM wave on the variable  $\nu$  is  $e^{k_{\perp}\nu}$ , where

$$k_{\perp} = \pm \sqrt{\frac{1}{\sigma_{\parallel}^2} + \frac{m^2}{a^2} - \frac{\omega^2}{V_A^2}},$$

the positive (negative)  $k_{\perp}$  corresponding to the reflected (incident) wave.

The wave polarization in the H-D plane is given by

$$\frac{b_D}{b_H} \simeq \frac{b_{\phi}}{b_{\mu}} = -im \frac{a^2 \mu}{\sigma_{\parallel}^2} \frac{1}{k_{\perp}^2 - m^2/a^2}$$

in the neighborhood of the equator. Here, it should be noted that  $k_{\perp}^2 > m^2/a^2$  holds in the Pc3-4 range. It is easily seen from this equation that the sense of rotation of the magnetic perturbation vector in the H-D plane is clockwise for the eastward propagation ( $m > 0$ ) and counterclockwise for the westward propagation ( $m < 0$ ) in the northern hemisphere ( $\mu > 0$ ), and *vice versa* in the southern hemisphere. The behavior of the fast mode wave will be more complicated away from the equator than in its neighborhood. However, the above relation between the sense of rotation and that of east-west propagation may be also expected in the pure fast mode wave's sphere of influence because of its isotropic property.

### References

- Mier-Jedrzejowicz, W. A. C., and D. J. Southwood, The east-west structure of mid-latitude geomagnetic pulsations in the 8-25 mHz band, *Planet. Space Sci.*, 27, 617-630, 1979.

## 磁気圏空洞—磁力線 結合振動の計算機シミュレーション — II

\*利光一郎<sup>1</sup> 糸長雅弘<sup>2</sup> 吉川顕正<sup>1</sup> 北村泰一<sup>1</sup>

<sup>1</sup>九州大学理学部 <sup>2</sup>九州大学中央計数施設

### Computer Simulation of Coupled Hydromagnetic Oscillations of Cavity and Field-Line in the Magnetosphere — II

I. Toshimitsu<sup>1</sup>, M. Itonaga<sup>2</sup>, A. Yoshikawa<sup>1</sup>, and T.-I. 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, Fukuoka 812, Japan

**Abstract.** We investigated the time evolution of hydromagnetic waves within a cuboidal magnetospheric cavity subject to a short-duration compressional stimulus at the magnetopause. A transient oscillation appears at each point in the magnetosphere with the passing of the stimulus. This transient is not due to the coupled hydromagnetic oscillation of cavity and field-line in the whole magnetosphere but due to a local coupling of the poloidal (compressional) mode with the toroidal (transverse) mode. It takes a long time for the coupled oscillation of cavity and field-line to be set up, and so the ionospheric Joule dissipation makes it impossible to be observed in the magnetosphere.

Allan *et al.* [1985, 1986] は、磁気圏界面に加えられたインパルスにより励起される空洞—磁力線結合振動の時間発展を調べ、インパルスが系をほぼ1往復すると、結合振動が顕著に現れることを示した。しかしながら、彼らの結果は、電離層による Joule 損失の効果をパラメータ化し、磁力線方向における定在波構造を予め仮定したこと起因すると思われる。本研究で得られた結果は、このような仮定を置かずに時間発展をシミュレートしたために、彼らのものとは異なる。

インパルスの通過と同時に磁気圏の各点で一時的な振動が発生するが (Fig. 1), この振動は図から分かるように磁気圏空洞—磁力線結合振動によるものではない。むしろ、これは局所的なポロイダル—トロイダルモード結合によるものと思われる。即ち、インパルスの通過と同時に結合によりポロイダルのエネルギーの一部がトロイダルに移り、磁力線が(全体ではなく)局所的に振動するためと思われる。磁気圏空洞—磁力線結合振動は、十分に長い時間が経過した後漸近的な振る舞いとして現れる。従って、電離層による Joule 損失等によりエネルギーが失われていくことを考慮すると、磁気圏空洞—磁力線結合振動が形成される前に波は減衰してしまい、この振動が実際に観測されるのは困難ではないかと思われる。

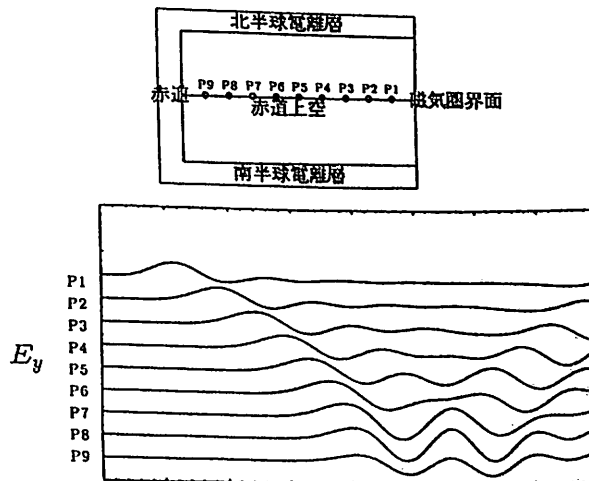


Fig. 1. Transient oscillations of the poloidal electric field  $E_y$  at some points along the equator with the passing of a compressional impulse.

**Computer Simulation of Coupled Ionospheric-Magnetospheric MHD Oscillations - Hall Current Resonance and m Number Effect -**

◦A. Yoshikawa<sup>1</sup>, M. Itonaga<sup>2</sup>, I. Toshimitsu<sup>1</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, Fukuoka 812, Japan

We simulated coupled Ionospheric-Magnetospheric MHD waves connected with not only field aligned but also perpendicular currents. The rotation of the perpendicular electric field plays a significant role in this system.

The boundary condition is specified between ionosphere and magnetosphere as the following equation with a perfectly conducting Earth and insulating atmosphere. Main field direction has taken as z direction.

$$-\frac{c^2}{4\pi\omega} \frac{\partial}{\partial z} \left( \frac{\nabla_{\perp} \cdot \mathbf{E}_1^{\pm}}{(\nabla \times \mathbf{E}_1^{\pm})_z} \right) = \left( \begin{array}{l} \Sigma_p \nabla_{\perp} \cdot \mathbf{E}_1^{\pm} + \Sigma_p (\nabla \times \mathbf{E}_1^{\pm})_z + Q_1 \cdot \mathbf{E}_1^{\pm} \\ \Sigma_n \nabla_{\perp} \cdot \mathbf{E}_1^{\pm} + \left( \Sigma_p + \frac{c^2}{4\pi\omega d} \right) (\nabla \times \mathbf{E}_1^{\pm})_z + Q_2 \cdot \mathbf{E}_1^{\pm} \end{array} \right) \dots(1)$$

$\Sigma_p, \Sigma_n$ ; height integrated Pedersen, Hall conductivity

$Q_1, Q_2$ ; factor of the horizontal inhomogeneity

$d$ ; height of ionosphere

The interaction between the ionosphere and magnetosphere can be expressed by two equations, Eq(1) showing the field aligned currents and Eq(2) which shows the perpendicular currents. As reported by Fujita(1993), we found that the Alfvén mode enhancement is caused by Hall currents even when azimuthal wave number  $m=0$ . From our initial results, the followings will be discussed

1) Some eigen modes have small damping factor even when height integrated Pedersen conductivity  $\Sigma_p=0$  (Joule loss-free) because the phase differences between Alfvén and fast modes at the ionosphere which leads to the finite time averaged Poynting flux by the Hall conductivity takes very small but nonzeros values.

2) When  $m=0, \Sigma_p=0$  and  $\Sigma_n=1$ , we found two types of Alfvén enhanced patterns. The first is accompanied with the fast mode electric field enhancement in the vicinity of the ionosphere at the foot of the resonant L shell. The second is not accompanied with the fast mode enhancement. In the former case, the energy of the Alfvén mode is clearly confined to the resonant L shell while in the latter case this energy is broadening to the other region. If we can prove theoretically that the Alfvén mode has a strictly anti-node at the Ionosphere, the former case must have been caused by numerical errors.

3) When the m number leave from zero to the finite values, the Hall current resonance is covered by the coupled MHD oscillations. This transient process will be discussed.

References: Shigeru Fujita, Proc. NRP Symp. Upper Atmos. Pys., 6,76-89, 1993

**ULF Waves in the High-Latitude Magnetosphere Observed by the EXOS-D Satellite**

◦T. Sakurai, H. Machiya and N. Iwata Tokai University

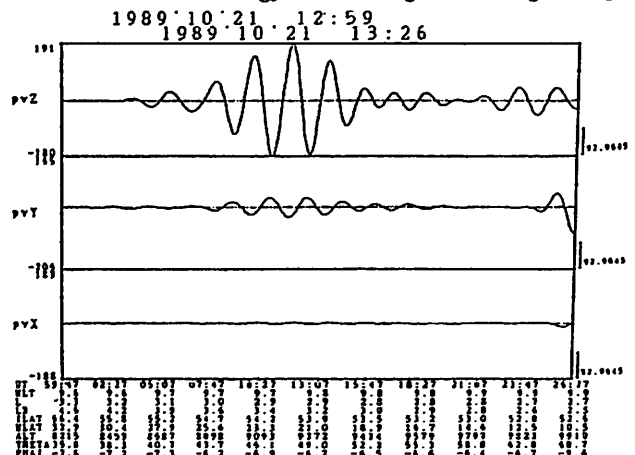
**Abstract**

A large magnetic storm occurred on October 20 and 21, 1989. During magnetically disturbed period of the storm, ultra-low frequency hydromagnetic waves (ULF waves) have been observed by the EXOS-D(Akebono) satellite near the plasmapause at  $L=3$ , and at 10 MLT in the dayside magnetosphere. Continuous oscillations of ULF wave with frequency of 0.02 and 0.01 Hz were observed on October 20 and 21 respectively, during a large negative excursion of H component magnetic field on the ground. These waves have provided a unique opportunity for studying oscillation characteristics of ULF wave in the magnetosphere.

The oscillation characteristics have been examined on the basis of observed magnetic field data, combined with simultaneously obtained data both of electric field and electron plasma. In these events the waves revealed to be elliptically polarized with a counter-clockwise rotation in the plane perpendicular to the main magnetic field, and the Poynting flux flows along the main magnetic field. These characteristics indicates that these waves are pure transverse waves. A  $90^\circ$  phase lag of  $B_y$  component of the magnetic field with respect to  $E_x$  component of the electric field was clearly recognized for the oscillation observed on October 21, suggesting a standing oscillation

of magnetic field line with a frequency of the wave. While, for the wave event on October 20 the phase lag between the  $B_y$  and the  $E_x$  component was less than  $90^\circ$ , suggesting the travelling wave. As for the oscillation frequency, lower frequency oscillation for the wave observed on October 21 may be explained by assuming that the ambient plasma contain heavy ions such as  $He^+$  and  $O^+$  much more than those in case of the wave event of October 20.

The Poynting flux of the ULF wave observed on October 21 in the time interval from 12 59 UT(9 36 MLT) to 13 26 UT(9 54 MLT) is shown in the figure, giving with the field-aligned coordinate. The z axis points to the direction of the averaged magnetic field. It is clear that almost all the wave energy flows along the averaged magnetic field.



### A31-05

低エネルギー電子 (<300keV) 変動  
 坂 翁介 (九大・理)、山岸久雄、佐藤夏雄 (極地研)  
 D. N. Baker (GSFC/NASA)

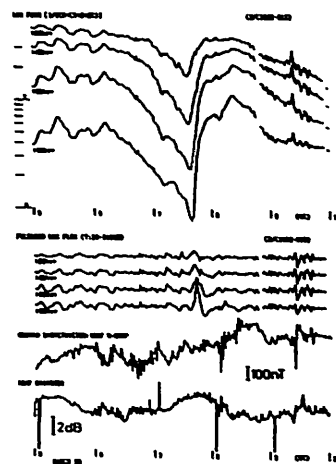
Some aspects of the Electron Flux Modulations by Pc5 Pulsations in the Morning Sector

O. Saka (Dept. Earth & Planet. Sci., Kyushu Univ.)  
 H. Yamagishi, N. Sato (NIPR)  
 D. N. Baker (GSFC/NASA)

**Abstract.**

Ground and satellite signatures of particle flux modulation during the morning Pc5 events were studied by making use of a cross-phase and cross-power spectral technique. The Pc5 events were recorded by the ground magnetometer and riometer at conjugate stations, Syowa, Antarctica and Isafjordur, Iceland, as well as by charged particle analyzer (electrons; 30-300keV) on board geosynchronous satellite S/C1982-019 located 2 hours 28 min behind the Syowa meridian. During the Pc5 events, the electron flux data at the geosynchronous altitude indicate coherent flux oscillations in the Pc5 band on all 6 energy channels from 30 through 300keV. One of our ground magnetometer events show a harmonic frequency structure, i. e.,

fundamental, 2nd, and 3rd harmonics. The concurrent flux data indicate, however, that the dominant powers are in the fundamental and in the third harmonic. The oscillations were also recorded in the cosmic noise absorption (CNA) data. The spectral form of the flux events obtained by the satellite does not show a good correspondence to that of the CNA events.



Flux (top and second panel), CNA (bottom) oscillations during magnetic Pc5 pulsations (third panel).

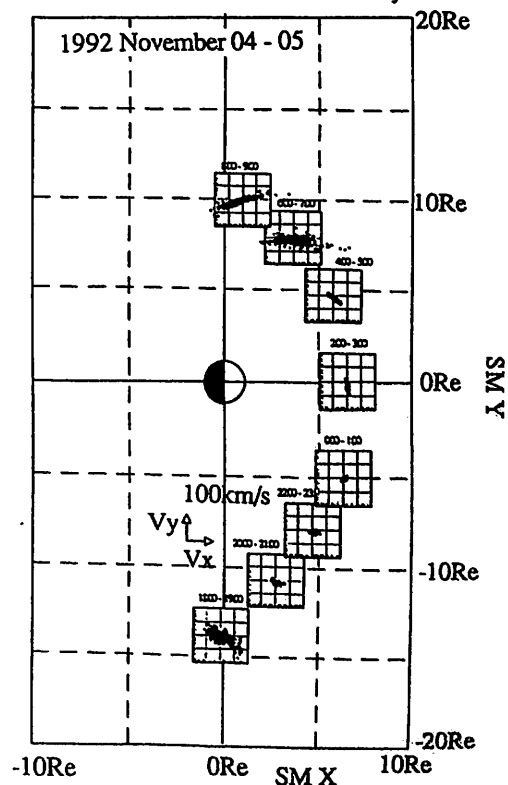
### A31-06

Plasma oscillation in the dayside magnetosphere observed by Geotail

○ M. Nakamura, H. Kawano (University of Tokyo)  
 A. Matsuoka, K. Matsuura, T. Yamamoto, K. Tsuruda,  
 H. Hayakawa, A. Nishida (ISAS)  
 T. Okada (Toyama Pref. University)  
 S. Kokubun, K. Takahashi (STEL, Nagoya University)  
 L. Frank, K. Ackerson, B. Paterson (University of Iowa)

Plasma motion in the dayside magnetosphere was calculated from the magnetic field and the electric field measurement on the GEOTAIL spacecraft on Oct. 17-18, Nov. 4-5, 1992 and April 11, 1993. Pc5 range oscillation was observed both on the magnetic and the electric field, as well as the calculated plasma motion in the magnetosphere for over 1 day. Plasma observation with the Comprehensive Plasma Instrument gives the very similar results during the same interval. The electric and the magnetic field oscillations have  $\pi/2$  phase shift, which suggests that the observed oscillation is not a propagating Alfvén wave but a standing wave. Plasma motion calculated from these two fields shows a strongly linearly polarized oscillation. The amplitude of the oscillation was minimum in the subsolar point and increased as the location of the spacecraft was far from the subsolar point. The frequency of the oscillation was constant, but the direction of the plasma motion changed along the spacecraft path. As shown in the figure, the orientation is symmetric in the morning and the evening

sector. We will discuss the cause of this oscillation from the view of field line resonance and the Kelvin-Helmholtz instability.



Simultaneous Observations of Pc 3 Pulsations with the Geotail Magnetic Field and Electric Field Experiments on October 17-18, 1992

\*K. Takahashi, H. Matsuoka, K. Shiokawa, K. Yumoto, S. Kokubun (STEL, Nagoya University)  
 T. Yamamoto, M. Nakamura, A. Matsuoka, K. Tsuruda, H. Hayakawa (ISAS)  
 H. Kawano (University of Tokyo)

Although it has been suggested that Pc 3 pulsations propagate in the fast magnetosonic mode in the outer magnetosphere, no direct evidence for the propagation has been presented. Using combined magnetic field and electric field measurements from Geotail we demonstrate that the pulsations indeed have the nature of a propagating magnetosonic wave.

Figure 1 shows the wave form plots of the azimuthal electric field component,  $E_y$ , and the compressional magnetic field component,  $b_z$ , for a sample time interval during a Pc 3 wave event observed on the Geotail dayside pass of October 17/18, 1992. There is a periodic oscillation with a period of 26 s, an  $E_y$  amplitude of 1.2 mV/m, and a  $b_z$  amplitude of 0.8 nT, where the amplitudes are peak-to-peak values at ~2357 UT. The  $E_y$  and  $b_z$  components oscillate nearly 180° out of phase.

To explain these observations, we assume a plane fast-mode wave propagating along the x (radial) axis. The  $E_y$ - $b_z$  relation for the wave is

$$b_z = \pm \frac{1}{C_A} E_y \quad (1)$$

where  $C_A$  is the Alfvén velocity and the minus or plus sign means inward or outward propagation. For simplicity the plasma  $\beta$  is assumed to be zero. By substituting the observed values of  $E_y$  and  $b_z$  into Eq.(1) we obtain  $C_A \sim 1500$  km/s. This value is consistent with the local plasma density inferred using Geotail plasma wave data. Furthermore, the observed ~180° phase lag between  $E_y$  and  $b_z$  requires the negative sign in (1), which means that the wave was propagating Earthward.

Geotail EFD and MGF MFA Coordinates  
 1992 Day 291 Oct 17

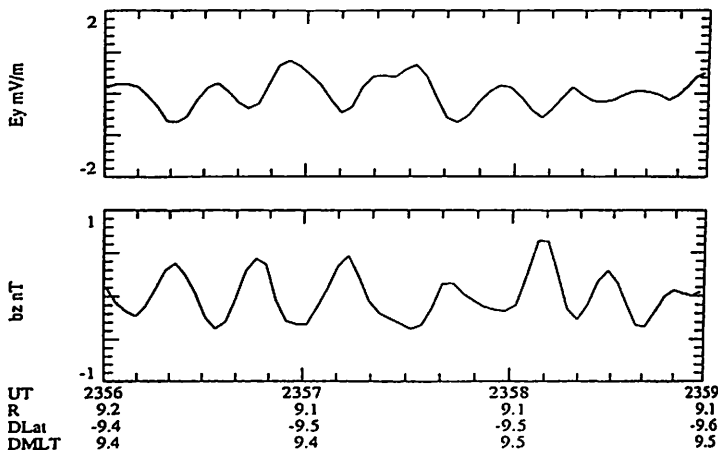


Figure 1.

あけぼの衛星で観測された Pc 3 波動の出現領域

\*福西 浩<sup>1</sup>、早川 基<sup>2</sup>、湯元 清文<sup>3</sup>

<sup>1</sup>東北大学理学部、<sup>2</sup>宇宙科学研究所、<sup>3</sup>名古屋大学STE研究所

Occurrence Region of Pc 3 Waves Observed by the Akebono Satellite

H. Fukunishi<sup>1</sup>, H. Hayakawa<sup>2</sup> and K. Yumoto<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Geophysical Institute, Tohoku University,  
<sup>2</sup>ISAS, <sup>3</sup>STE Lab., Nagoya University

The occurrence region of Pc 3 waves has been examined using magnetic and electric field data obtained from the Akebono satellite. It is found that Pc 3 waves with amplitudes of 1-10nT in magnetic perturbation and 0.3-3 mV/m in electric perturbation appear successively from the cusp latitude to L=2.

Pc 3 ULF 波動の起源として upstream wave が一般に考えられている。しかし、この波動がどのような経路で磁気圏に侵入し、さらにどのようにして磁気圏内を伝搬し地上まで到達するかに関してはまだ結論が得られていない。Takahashi and Anderson [1992] は AMPTE CCE の磁場データを用い、磁気圏赤道面の L=2.5-6.5 における ULF 波動の発生領域を統計的に調べ、compressional Pc 3 oscillations が L=3-5 の prenoon sector に存在することを示した。一方、Yumoto et al. [1992] は地上の 210° 磁力計チェーンデータの解析から、低緯度の Pc 3 には周期 10-20秒で L=1.6 付近で振幅が最大になるものと、周期 20-50秒で L=2.1 よりも高緯度側で振幅が最大になるものと 2 種類が存在することを明らかにした。

今回は、Pc 3 波動の磁気圏での伝搬経路と波動のモード、地上で観

測された Pc 3 との関係を示すために、あけぼの衛星の磁場、電場データの解析を行った。解析した期間は 1991 年 9-10 月、1992 年 1-2 月で、衛星高度は 5000-1000km、MLT は 9-14 時である。その結果以下のことが明らかになった。

- 1) 周期 30-50 秒、振幅 1-10nT の Pc 3 波動がカusp 領域の低緯度側、L=2 付近まで連続的に出現する。振幅は低緯度側に向かってゆっくりと減少する(図 1)。また、カusp 領域の高緯度側、ポーラーキャップ領域にも同様の周期をもつ Pc 3 波動がしばしば出現する。
- 2) Pc 3 波動の磁場振動は、radial comp. と compressional comp. が卓越し、azimuthal comp. は小さい。磁場振動と電場振動はよい相関をもち、fast mode Alfvén wave と考えられる。

学会では、さらに、あけぼの衛星で観測された Pc 3 波動と地上で観測された Pc 3 波動との関係について報告する。

参考文献

- K. Takahashi and B. J. Anderson, J. Geophys. Res., 97, 10751, 1992.  
 K. Yumoto et al., J. Geomag. Geoelectr., 44, 261, 1992.

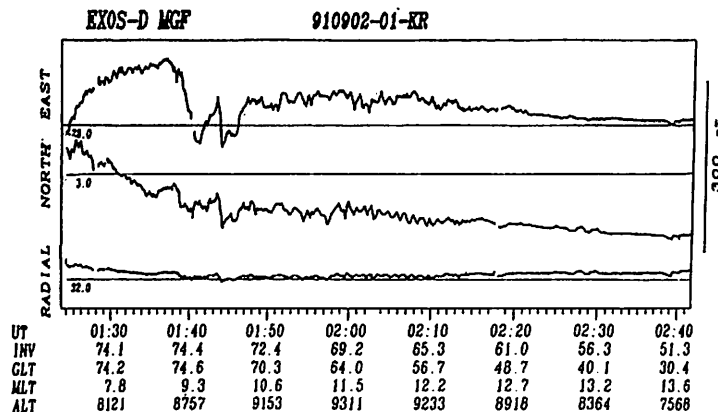


図 1. あけぼの衛星で観測された Pc 3 波動の例

地上多点観測網と GEOTAIL 衛星によって  
観測された Pc 3 波動の特性

・松岡 均、湯元 清文、高橋 主衛、塩川 和夫、園分 征 (名大 STE 研)  
山本 達人 (宇宙研)

Characteristics of Pc3 Pulsations  
Observed by the 210° Network Stations  
and GEOTAIL

H. Matsuoka, K. Yumoto, K. Takahashi, K. Shiokawa,  
S. Kokubun (STEL), and T. Yamamoto (ISAS)

We studied the characteristics of Pc3 compressional pulsations observed on Oct.17-18, 1992, when the GEOTAIL satellite was located on the dayside at the same local times as the 210° magnetic meridian chain stations. Enhancements of compressional pulsations were occasionally detected in space and some were also simultaneously observed on the ground. Although the phase and amplitude relations of the pulsations between space and ground were complex, high ground-space correlation was detected in short time intervals. The characteristics of the events will be shown in detail and the conditions under which the events occur will be discussed.

磁気圏の ULF 波動には、伝播性モードと定在性モードの波がある。しかし、どのような条件のときに、どのくらいの割合でそれらのモードの波が発生するのかよくわかっていないのが現状である。本研究では、地上の多点観測網と磁気圏の衛星で得られたデータを用いて、磁気圏と地上の Pc 3 波動の比較をすることにより、磁気圏 Pc 3 波動の特性を明らかにしたい。

解析に用いたのは、地上の 210° 磁気子午面上の多点観測網と、GEOTAIL 衛星で得られた磁場データで、衛星が昼側の磁気圏内を、地上の観測点とはほぼ同じ地方時で移動している期間である。衛星は 3 秒値、地上は 1 秒値のデジタルデータを使用した。FFT による周波数特性と、衛星-地上間の位相特性の解析を行なった。

この期間に衛星のトータル成分と地上の南北成分で同時に同じ周期 (30 秒位) の波動が頻繁に観測された。図 1 は、その 1 例で、衛星と地上 3 点の磁場の時間変動を示している。この時の衛星は、磁気圏の午前側、9 RE、ほぼ磁気赤道 (-9°) に位置していた。CKD、PTK、MSR は北半球の中緯度の観測点で、それぞれ L=5.5、2.1、1.6 である。この例では、緯度によって位相が反転していることがわかる。その原因としては、磁気圏境界面と電離層を両端とした定在性の振動モードを仮定することにより、節で位相が逆転している可能性が考えられる。講演では、他にも幾つかの例を示し、その特徴と発生原因を議論したい。

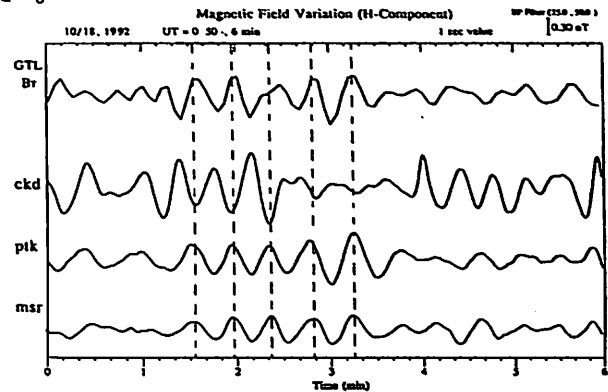


図 1. GEOTAIL(L=9),CKD(L=5.5),PTK(L=2.1),MSR(L=1.6) で観測された Pc3 の例。GEOTAIL はトータル成分、地上は南北成分を示している。

SOME PECULIARITIES OF FIELD LINE ALFVEN  
OSCILLATIONS AT LOW LATITUDES

Pilipenko V.A., E. Fedorov, N. Kurneva  
Inst. of Earth Physics, Moscow 123810, Russia

・ K. Yumoto, K. Shiokawa, Y. Tanaka  
STE Lab., Nagoya Univ., Toyokawa 442, Japan

F. Menk  
Univ. of Newcastle, NSW Australia

The magnetospheric ULF field line oscillations at middle and high latitudes are thoroughly studied for many years with the wide facilities of modern geophysics. At the same time much less is known about the physical nature of ULF waves at low and near-equatorial latitudes. Meanwhile, at low latitudes the geomagnetic field line oscillations may have a number of characteristic features, which differ them from the well-known mid-latitude geomagnetic pulsations. These peculiarities are related with the essential influence of the ionospheric ions on the field line oscillations. The new facilities for the experimental study of spatio-spectral structure of ULF pulsations became available after the onset of the 210° magnetic meridian project. Here we consider some peculiarities of Pc 3 pulsations at low latitudes, e.g. increasing period with decreasing latitude, and compare them with the results of numerical models of the magnetospheric resonator as shown in the figure.

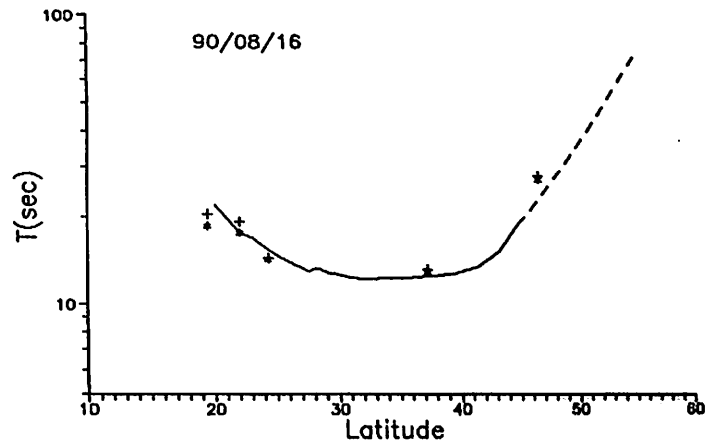


Fig. 1. Latitudinal distribution of the resonance period  $T_A$  (sec) for the event of August 16, 1990 for the IRI/AT model (solid line), corrected using the ground ionospheric observatory data; and for the empirical whistler/ISEE model (dashed line). The results of observations are marked by asterisks (H peak maxima) and crosses (H/D ratios).

A31-11

210° 磁気子午線多点観測網で観測された  
高緯度/中低緯度 P12 地磁気脈動の差異について

大崎裕生, 湯元清文, 深尾宗資, 塩川和夫, 田中義人  
(名古屋大学太陽地球環境研究所)

S.I. Solov'yev, G. Kryskij (IKFIA, ロシア)  
E.F. Vershinin, V.F. Osinin (IKIR, ロシア)

坂井亨 (東海大学)

F.W. Menk, B.J. Fraser (ニューキャッスル大学)  
210° 地磁気観測グループ

THE DIFFERENCE BETWEEN  
HIGH AND MIDDLE-LOW LATITUDE P12 PULSATIONS  
OBSERVED AT THE 210° MAGNETIC MERIDIAN CHAIN STATIONS

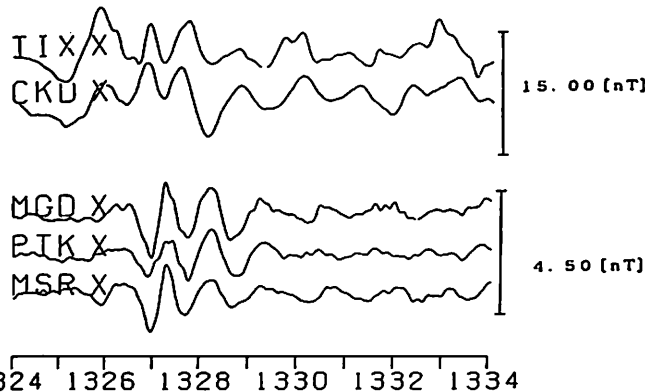
Osaki, H., K. Yumoto, K. Fukao, K. Shiokawa, Y. Tanaka  
(STE Lab., Nagoya Univ., Japan)  
S.I. Solov'yev, G. Kryskij (IKFIA, Yakutsk, Russia)  
E.F. Vershinin, V.F. Osinin (IKIR, Kamchatka, Russia)  
T. Sakurai (Tokai Univ., Hiratsuka, Japan)  
F.W. Menk, B.J. Fraser  
(Dept. of Physics, Univ. of Newcastle, Australia)  
210° MM Magnetic Observation Group

In order to investigate the difference of generation and propagation mechanisms between high and middle-low latitude P12 magnetic pulsations, we analyzed the data from the 210° magnetic meridian chain stations. The results can be summarized as follows: (1) At middle-low latitude stations from MSR (L=1.60) to MGD (L=2.85), the amplitude profiles of P12 pulsations are almost the same. (2) At high latitude stations (CKD (L=5.50), TIK (L=5.83)) the amplitude and phase relationship of the P12 vary with the magnetic activity.

中・低緯度と高緯度で観測される P12 地磁気脈動の発生・伝搬機構の違いを解明するために、210° 磁気子午線多点観測網の南北成分の高分解能地磁気データを解析した。その結果、中・低緯度の母子里-マガダン間で観測される P12 の波形は観測点によらずほぼ同

じであることが確認された。また、高緯度のチョコルダーク、テキシーでは、地磁気活動が静かな時には低緯度と out of phase の波形が観測され、荒れている時には低緯度側と 1 対 1 の対応をしない波形が卓越することが確認された。

また、とくにチョコルダークにおいては、荒れている時に観測された P12 の波形が、中・低緯度のものと in-phase になる場合と out of phase になる場合があった。このことから、この観測点は波形が逆転する境界の平均的な位置の非常に近くに位置していることが考えられる。この境界がプラズマポーズのような電子密度の境界に相当するのかわ、それとも高緯度/中・低緯度の伝搬機構の違いによるのかわ、今後の比較研究(衛星の観測データや、210° 観測網にさらに密に設置される観測点から得られるデータとの)が待たれる所である。



1992年10月18日の P12 地磁気脈動。中緯度から高緯度まで同じ波形(高緯度側では位相が逆転)が観測されている。

A31-12

Instantaneous propagation of SC from dayside to nightside

T. Araki<sup>1</sup>, S. Fujitani<sup>1</sup>, K. Yumoto<sup>2</sup>, K. Shiokawa<sup>2</sup>,  
K. Yamada<sup>3</sup>, S. Tsumomura<sup>3</sup>, D. Orr<sup>4</sup>, D.K. Milling<sup>4</sup> and  
H. Luhr<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Department of Geophysics, Kyoto University

<sup>2</sup>STE Laboratory, Nagoya University

<sup>3</sup>Kakioka Geomagnetic Observatory,

<sup>4</sup>Department of Physic, University of York

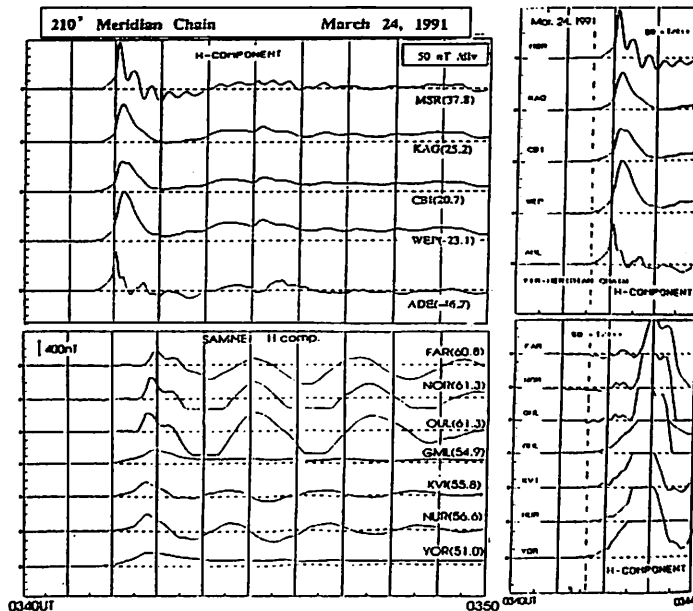
<sup>5</sup>Inst. for Geophys. and Meteorology, Tech. Univ. of Braunschweig

Figure in the right page shows a geomagnetic sudden commencement(SC) observed in March 24, 1991 by the 210° Meridian Magnetometer Chain and the SAMNET. Local time was around noon for the 210° Chain and 04h for the SAMNET.

Looking at the left panel of Figure, we can point out the following characteristics of the SC;  
1. A big and sharp pulse appears at the beginning part of the SC at each station of the 210° Chain. In the higher latitude stations the pulse is sharper and a oscillation follows.  
2. In the SAMNET appearance of the first pulse seems to be delayed 40-60 sec from the impulse along the 210° Chain. The onset time seems to be earlier at the lower latitude stations (GML, EVI, NUB, YOK) than higher latitude stations (FAR, NOR, OUL).

The delay of 40-60 sec between the dayside and night side stations seems to be consistent with propagation of the SC from dayside to nightside with appropriate hydromagnetic wave velocity.

In the right panel, the SAMNET data are plotted with amplified scale(50nT/div) together with the 210° Chain data. From this panel we can see that a small variation(precursor) begins at each station of the SAMNET almost simultaneously with the onset of the SC in the 210° Chain as shown by a dashed vertical line. We consider that this simultaneous appearance of the precursor is caused by electromagnetic wave propagation below the ionosphere and that the main impulse is produced by HM wave propagation above the ionosphere.





### Global Structure of ULF waves associated with Storm Sudden Commencement

\*K.Matsuzono<sup>1</sup>, M.Itonaga<sup>2</sup>  
and T.-I. Kitamura<sup>3</sup>

Department of Physics<sup>1,3</sup> and Computation Center<sup>2</sup>,  
Kyusyu University

Global structure of ULF waves associated with SSC is shown to exist using multiple station data world-widely distributed(12 points) shown in Fig.1(6 points).

The "piecewise cubic polynomial" method<sup>1</sup> is used for spectral estimates. Clear discrete structure is seen at all stations as shown in Fig.3.

**References**

Itonaga,M., and T.-I. Kitamura, Smoothing of geomagnetic data using a piecewise cubic polynomial, accepted in Geophys.J.Int.,1993.

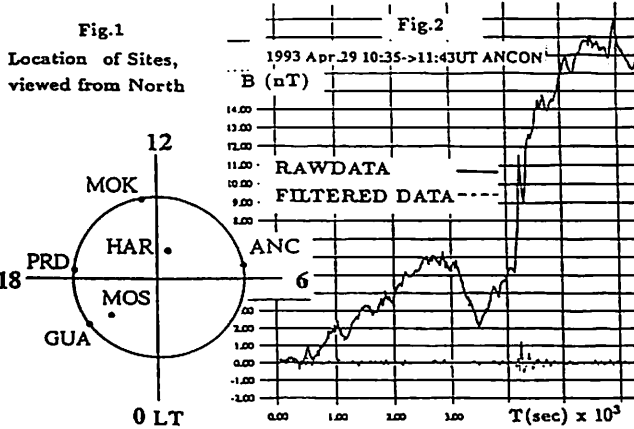
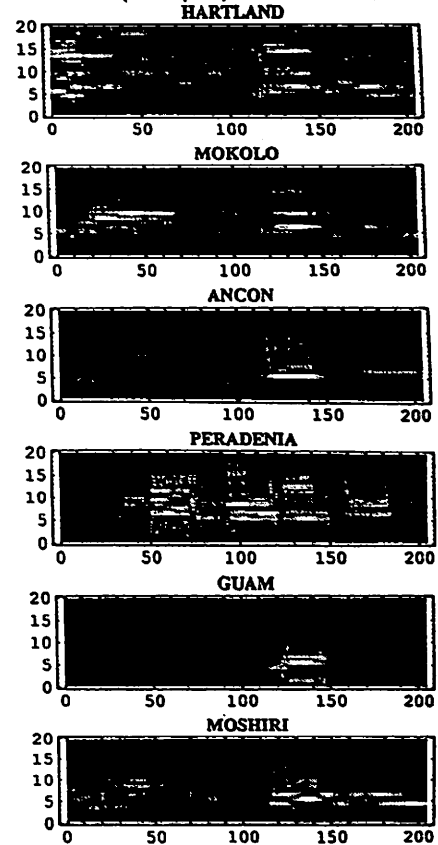


Fig.3 FFT DYNAMIC POWER SPECTRUM

X: T(30 sec/div) Y: freq(1.3mHz/div)



### LATITUDINAL STRUCTURES OF P1 2 PULSATIONS OBSERVED AT THE 210° MAGNETIC MERIDIAN CHAIN STATIONS

Yumoto, K., H. Osaki, K. Fukao, K. Shiokawa and Y. Tanaka  
Solar-Terrestrial Environment Lab., Nagoya Univ., Japan

T. Sakurai  
Tokai University, Hiratsuka, Japan

and  
210° MM Magnetic Observation Group

In order to understand global generation mechanisms of P1 2 magnetic pulsations, we investigate latitudinal amplitude and phase structures of P1 2's by analyzing magnetic 1-sec sampling data from the 210° magnetic meridian chain stations.

The analyzed results are summarized as follows: (1) H-component P1 2's show 180° out-of-phase relation, i.e., phase reverse around the plasmopause, and very similar waveforms in the inner magnetosphere (L<4) as shown in the figure. (2) D-component P1 2's have maximum amplitude just inside the plasmopause, decreasing with decreasing magnetic latitude, and minimum amplitude near the magnetic equator, and show 180° out-of-phase relation at lower latitudes in the northern and southern hemispheres. (3) Amplitude ratio of H-component P1 2's to Bay variations is larger than that of the D-component in the inner magnetosphere.

These observational results suggest that H and D-component P1 2 magnetic pulsations in the inner magnetosphere are related mainly with a cavity-like oscillation in the plasmasphere and an oscillation of the substorm current wedge, respectively.

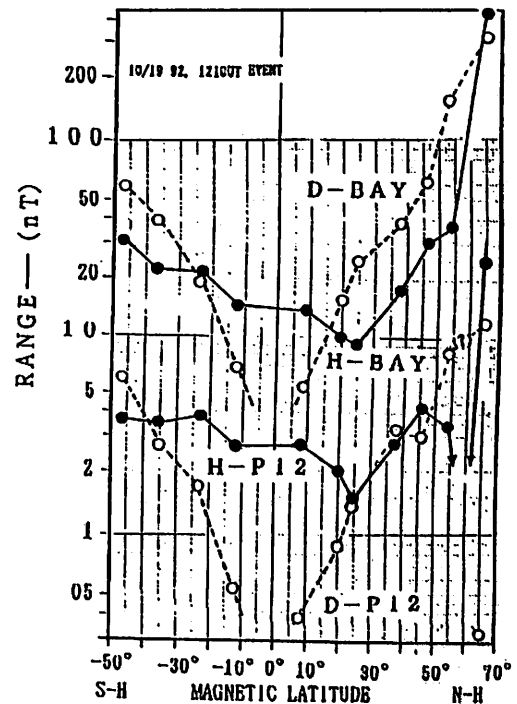


Fig. 1. Amplitudes of Bay and P1 2 of the 10/19 '92 event as a function of the magnetic latitude of the 210° MM chain stations. Solid and broken lines indicate H- and D-component, respectively. Top, middle and bottom curves show Bay magnitudes, amplitude range of P1 2's, and ratio of P12/Bay amplitudes, respectively.

## 210° 地磁気多点観測網により観測された 低緯度 P12 の季節変化について

○ 深尾宗資、湯元清文、塩川和夫、田中義人 (名大 S T E 研)  
210° 地磁気観測グループ

### SEASONAL VARIATION OF LOW-LATITUDE P12'S OBSERVED AT THE 210° MM CHAIN STATIONS

Fukao, K., K. Yumoto, K. Shiokawa and Y. Tanaka  
Solar-Terrestrial Environment Lab., Nagoya Univ., Japan

210° MM Magnetic Observation Group

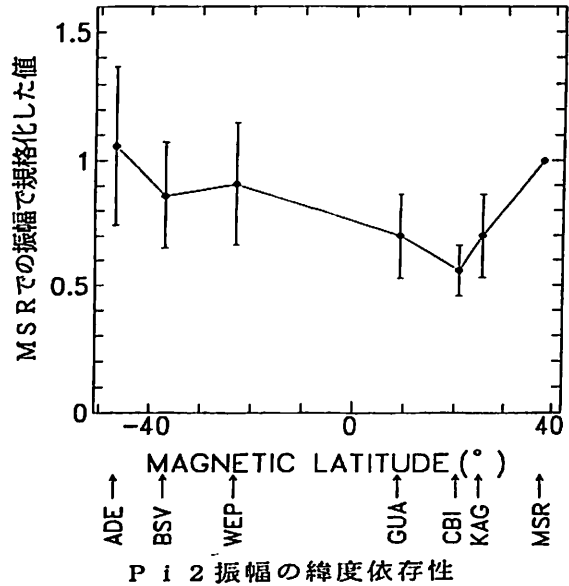
In order to investigate latitudinal amplitude and phase structures of P12 magnetic pulsations, we analyzed magnetic 1-sec sampling data from the 210° magnetic meridian chain stations. The analyzed results are summarized as follows: (1) Relative phase differences among the H-component low-latitude P12's are less than +/-5 sec. (2) H-component amplitudes of low-latitude P12 at  $\Phi < 50^\circ$  are almost the same, but show northern and southern hemisphere asymmetry. In the paper, we will present a seasonal variation of latitudinal structure of P12 amplitudes.

P12 の発生及び伝播機構を調べるために 210° 磁気子午線沿いの地磁気多点観測網により得られたデータの解析を行った。解析に用いたのは  $L < 2.2$  の低緯度の観測点で得た、1秒値の磁場データである。この1秒値のデータに 37.5秒から150秒のバンドパスフィルターをかけた。そして、振幅 0.425 nT 以上の P12 を選び、振幅、位相の緯度分布を求めた。

前回の講演では、1991年6月28日から1991年11月22日までに観測された P12 の南北成分について、統計をとった結果を報告した。その結果を

まとめる。(1) 位相差に関して:  $L < 2.2$  の低緯度 P12 の位相差は, MSR (母子里) を基準として  $\pm 5$  秒以下である。(2) 振幅に関して: 図は, MSR での P12 の振幅で各観測点での振幅を規格化した値の平均値と標準偏差を示したものである。全体的には, P12 の振幅に南北非対称性があるように見られる。しかし、図で用いたデータは、6月末から11月末までのものに限られていたため、電離層の季節変化の影響がでている可能性が考えられる。

そこで今回の講演では、1年分のデータ解析を行い季節依存性の有無を調べた結果を報告する。



## STEP Polar Network,

Studies with Induction Magnetometer Data.  
○ K. Hayashi, T. Watanabe, G. Roster, J. Kangas  
(Univ. of Tokyo) (UBC & Tokoku Inst. of Tech.) (Univ. of Alberta) (Univ. of Oulu)  
and STEP Polar Network Group

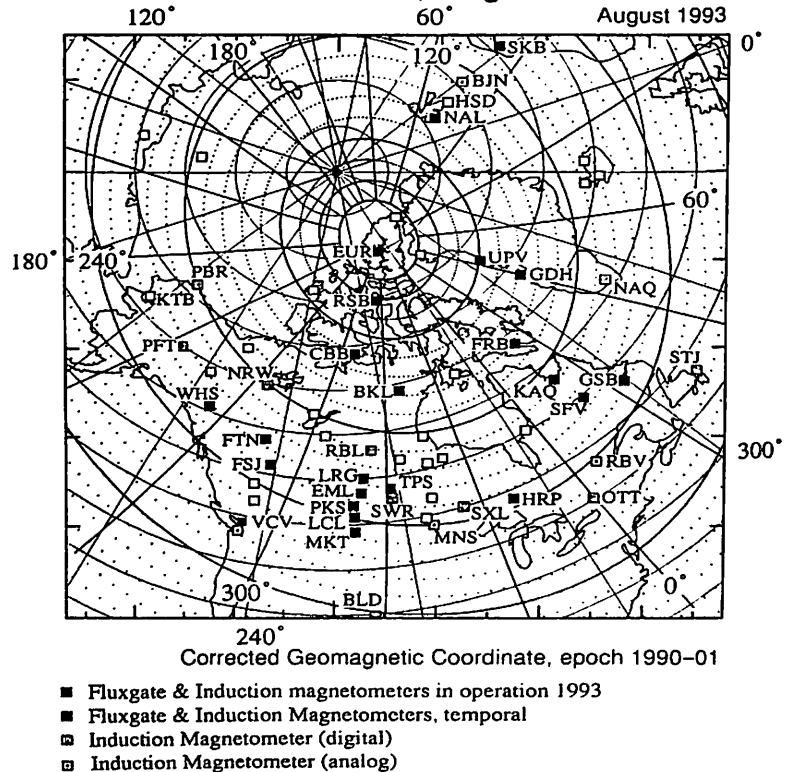
In August 1993 magnetometer data was on acquisition at the number of locations, 21 of 22 sites and 30 of 32 sites, respectively, in STEP polar network where had been installed fluxgate and induction magnetometers. A combination system of the both magnetometers is operated at 21 locations. High time resolution data of respective sampling rate of 1 Hz and 10 Hz are recorded with a same digital recording system.

A particular point of STEP polar network is in the global coverage especially with the induction magnetometers. For collection of more global data is, of course, realized by cooperation and coordination with other groups. But possibility of simultaneous high sampling data, especially for induction magnetometer, is rather limited.

(1) Cooperation with CANOPUS network in Canada: Field recording campaign with mass recording systems directly plugged in to CANOPUS fluxgate magnetometers to take 8 Hz sampling of digital data. A test recording was carried out during three months from January 8 in 1993 at Fort McMurray. It is shown that short period phenomena, PCI, are well identified below 1 Hz and comparably or better to induction magnetometers below 0.5 Hz are resolved in CANOPUS fluxgate data.

(2) Cooperation with Oulu University, Finland: The induction magnetometer network in Finland is complementary with STEP polar network to study growth and decay of PCI phenomena for a local time range of 15 hours. Comparison of data started recently.

## STEP Polar Network, Magnetometers



赤道磁気脈動からながめた磁気圏ダイナミクス  
 坂 翁介 (九大・理)  
 An excitation of very low-latitude ( $L < 1.2$ )  
 magnetic pulsations

O. Saka  
 Dep. Earth and Planet. Sci., Kyushu Univ.

Abstract.

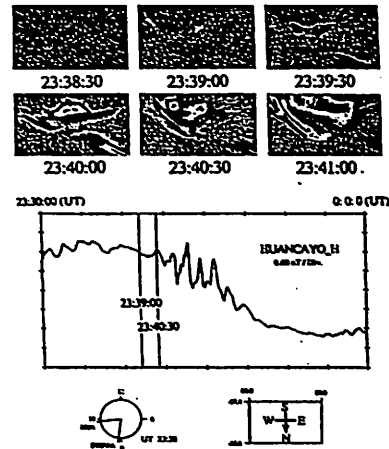
Fluxgate magnetometer data acquired by high-time, high-amplitude resolution system (0.1s, 0.01nT, respectively) installed at dip-equator (Huancayo, Peru) and low-latitude (Kuju,  $L=1.2$ ) were utilized to study ground magnetometer signatures associated with the aurora dynamics. The aurora dynamics were monitored by the all-sky aurora images at Syowa station, Antarctica.

While Syowa observed the break-up, Huancayo (Kuju) located at dusk (dawn) meridian. The comparison of the two data sets inferred that the low-latitude ( $L < 1.2$ ) Pi2 pulsations commenced 1-1.5 min after the break-up and last until the cease of the westward traveling surge.

Some of the continuous pulsations classified as Pc3 are likely to occur in association with an aurora arc in the high-latitude border in the Syowa image.

We suppose that some of the compression MHD waves in the magnetosphere could be an direct consequence of the particle dynamics prevailed in the near-earth tail.

86/06/10



Onset of the break-up: 23:38:30-23:39:00  
 Onset of Pi2 : 23:40:00

INTERMAGNET計画と日本のINTERMAGNET-J  
 計画の現状について

\* 亀井豊永, 荒木徹 (京大理), 杉浦正久 (東海大), 品川裕之, 石橋弘光, 丸山隆, 菊池崇, 野崎恵朗 (通総研), 手塚雅美, 小嶋美都子, 中島新三郎, 角村悟 (柿岡)

Current statuses of INTERMAGNET and INTERMAGNET-J

T. Kamei, T. Araki (Kyoto Univ.), M. Sugiura (Tokai Univ.), H. Shinagawa, H. Ishibashi, T. Maruyama, K. Nozaki, T. Kikuchi (C.R.L.), M. Tezuka, M. Ozima, S. Nakajima, S. Tsunomura (Kakioka Obs.)

INTERMAGNET is a project having an objective of establishing a global network of cooperating digital geomagnetic observatories, adopting modern standard specifications for measuring and recording equipment, in order to establish data exchange and the production of indices in close to real time. Currently over 30 stations are transmitting near real time 1 minute values via geostationary meteorological satellites such as GOES and Meteosat. In Japan, the INTERMAGNET-J has been initiated to participate in INTERMAGNET. As a first step of this participation the Kakioka Geomagnetic Observatory has recently started near real time data transmission via GMS and these Kakioka data are now available at Kyoto GIN (Geomagnetic Information Node) and Hiraiso GIN. Data services dealing with other INTERMAGNET data are now being prepared at these GINs. There are some questions to be solved concerning data rights and charges in distributing the data.

インターマグネット計画は米国USGS, 英国BGSを中心に, 定常磁気観測所の運営の近代化, 性能の向上とそのデータの迅速な交換と地磁気指数 (Km, Kp, Dst, AEなど) の迅速な作成を境を目的に企画された。日本では, 通信総合研究所平磯の宇宙環境センターと京都大学地磁気世界資料解析センターと気象庁の柿岡地磁気観測所が中心になって気象庁の気象衛星部門の協力を得てINTERMAGNET-Jとしてこの計画に参加している。

現在30か所以上の地磁気観測所が静止気象衛星を経由して1分値を迅速に送信している (GOESの場合12分毎, Meteosatの場合1時間毎)。データの質を守るために観測所は一定の基準が課せられており基準に当てはまるものはIMO (INTERMAGNET Magnetic Observatory) と分類される。規格の一部には絶対測定精度, リアルタイムデータの一定時間以内の提供, 確定データの提供等がある。日本ではGMS (ひまわり) でのデータ転送の制限を考慮してフォーマットを設定し, 最初に柿岡地磁気観測所のデータの送信を開始した, GMSの制限のため提供できる観測所の数に現在限りがあるがGOESとおなじ12分毎の送信を実現している。東京大学理学部の協力を得て女満別地磁気観測所の送信も近々始まる予定である。

IMOから送信されたデータはGIN (Geomagnetic Information Node) と呼ばれる所へ集められ配布される。現在静止衛星毎に2つずつGINが設置されている。GOESはUSGS-GoldenとCGS-Ottawaに, MeteosatではBGS-EdinburghとIGPG-Parisに設置されている。Intermagent-Jでは平磯と京都にGINを設ける。柿岡と女満別のリアルタイムデータは両方のGINで無料で公開される。GINに乗ったデータを他のGINにどのように提供するかはデータの著作権の問題等のため, 現在は限られた観測所のみが交換されているだけであるが, Lerwickは京都GINで使用を制限してテスト的に公開されている。

インターマグネットのデータは3種類に分類されている。まず観測されたデータはreported dataと呼びエラータは全くと修正されていない, 一般的に警報や地磁気活動のモニタリングに使うだけと考えられている。次にこれに初期のモニタリングに用いたものをadjusted dataと呼び初期の解析に用いてよいものと考えられている。最後に確定データとしてdefinitive dataがある, これは観測所が責任を持って出している。これらのデータの責任分担と使用の条件及び観測や配布が関係する費用の問題, または観測方法については現在様々な問題がある。INTERMAGNET-Jとしては出来るだけ, 使用権の制限がないように努力しているが, 世界各國の情勢が異なるのが現実である。

A会場

10月14日(木) 午後

# 磁気圏電離圏結合

## Magnetosphere-Ionosphere Coupling

oral: A32-01~07

poster: A32-P2-25~32

座長

渡部重十 (北海道情報技研)

家森俊彦 (京大理)

A32-01 IMF Control of the Polar Cap Ion Temperature at 10,000 km Altitudes: AKEBONO/SMS Observation

E. Sagawa (Communications Research Laboratory)  
S. Watanabe(Hokkaido Institute of Information Technology)

1 Introduction

Two distinct plasma regimes, i.e., the cold ionosphere and hot magnetosphere, are in direct contact over the polar region. Usually, hot magnetospheric plasma is thought not to have direct interaction with the cold ionospheric plasma at high altitudes above several thousands km. However, several reports have predicted that, even at these high altitudes, hot magnetospheric electrons could interact with the ionospheric plasma through Coulomb collision. Barakat and Schunk [1984] discussed effects of hot magnetospheric electrons on the Polar Wind outflow. Also recent simulations of the Polar Wind based on the semi-kinetic approach suggests the importance of Coulomb collision at altitude above few thousands km.

Plasma parameters including ion temperature in the polar ionosphere have been observed with AKEBONO/SMS for more than four years. We are trying to find whether any relationship exists between ion temperature of the cold ionospheric ions and the Bz component of IMF, which is used as an indicator of the magnetospheric plasma condition, in the prospect of finding the evidence of the thermal coupling of the ionosphere and magnetosphere.

2 Data analysis

Various plasma parameters are derived by calculating moments of the SMS's two dimensional ion distribution function. By assuming xi-Maxwellian distribution function, we also calculate ion temperatures that are parallel and perpendicular component with respects to field line. Because SMS is not always covers full pitch angle range due to the sun-directed satellite spin axis, we only use perpendicular ion temperature here.

Fig. 1 shows a scatter plot of SMS's ion temperature data versus IMF Bz. In order to avoid ion heating events associated with auroral activity, the data used in this analysis are limited those obtained at invariant latitudes higher than 80°. Also data shown in the figure were obtained at altitudes above 7,500 km. Although we made same plots for other altitude bins, the highest altitude bin shows the largest dependence on IMF Bz. As we already reported, data points shown in Fig. 1 indicate a large scatter of ion temperature at this altitude bin. However, we may be able to see a slight dependence of ion temperature on IMF Bz, that is, ion

temperature is higher with increasing IMF Bz. Also, as IMF Bz becomes larger in the negative direction, ion temperature again increases a little.

3 Discussion

Although physical description of the relationship between high altitude ion temperature and IMF Bz is not clear, the dependence presented in Fig. 1 may suggests existence of thermal coupling between two plasma regimes. Beside simple Coulomb collision, intensity of field aligned current may affects plasma wave activity at these altitudes, leading to increase of anomalous resistivity.

Right now, this report is based on very simple-minded approach to see what will happen when two data sets are correlated. However, we hope that further refinement of data analysis method leads us to more precise description of the interaction between the ionosphere and magnetosphere

Acknowledgement

The IMF data has been provided by NSSDC through it's on-line data service.

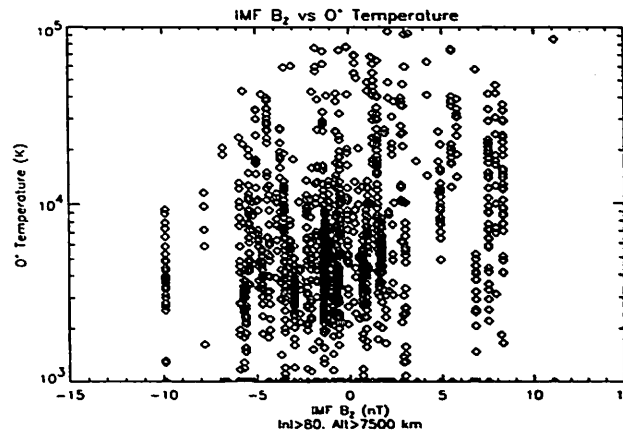


Figure 1: Scatter plot of O+ temperature and IMF Bz

A32-02 ポーラウインドの観測と理論の比較

- 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)

Comparison of Polar Wind Observation with Theory

- 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)

Suprathermal Ion Mass Spectrometer (SMS) on the EXOS-D satellite has measured the ion energy distribution functions at mid-altitudes (< 10000 km). We estimated ion temperatures, ion densities, ion velocities and the satellite potential to the plasma in the polar wind region from the observed ion energy distribution functions. The computer simulations have been carried out to compare with the SMS results which show the O+ escape in the polar wind acceleration region and the ion temperature anisotropy. The simulations can provide the altitude distribution of H+, He+, O+ and electron outflow velocities, densities and parallel and perpendicular temperatures. The comparison between observations and computer simulations shows good agreements. The results suggest that the O+ ions are accelerated by collisions of H+ and He+ at low altitudes (~1000 km) and the high ion and electron temperatures with anisotropy exist in the polar wind acceleration region.

1.はじめに 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、衛星のスピンド面でのイオンのドリフト速度、密度、温度等を得ることができる。ポーラウインドに対してこれらのパラメータを求めた結果、O+はカスプ領域からの流入だけでなくローカルにポーラキャップ内で加速されていることを示唆していた。この物理的過程を明らかにするためにポーラウインドのコンピュータシミュレーションを行い、観測結果と比較した。

2.ポーラウインドのコンピュータシミュレーション ポーラウインドのコンピュータシミュレーションは Banks and Holzer [1969] 以来多くの研究が行われ、Schunk and Watkins [1982] は H+ 温度の非等方性を考慮した計算を行った。しかし、観測結果との直接の比較はまだ十分に行われていない。SMSによる観測はポーラウインド領域

では H+ だけでなく He+, O+ イオンの流れも定常的に存在し、これらのイオンは温度の非等方性をも示していることを明らかにした。この結果を説明するには従来のシミュレーションに He+ を含め、すべてのイオンに対し温度の非等方性を考慮する必要がある。

図1に定常状態でのシミュレーション結果の一例を示す。境界条件として1000kmで温度、密度等を仮定し、高度10000kmまでの解を求めた。基本式として連続方程式、運動方程式、エネルギー方程式、ストレス方程式、ヒートフロー方程式を用いている。すべてのイオンが磁力線方向に流れ、H+は超音速流となっている。これらの速度構造は1000km高度でのイオン密度すなわちイオン間の衝突回数に強く依存している。イオン温度は高度とともに減少しているが温度の非等方性強くない(図2)。これらの結果は観測結果とよい一致を示している。

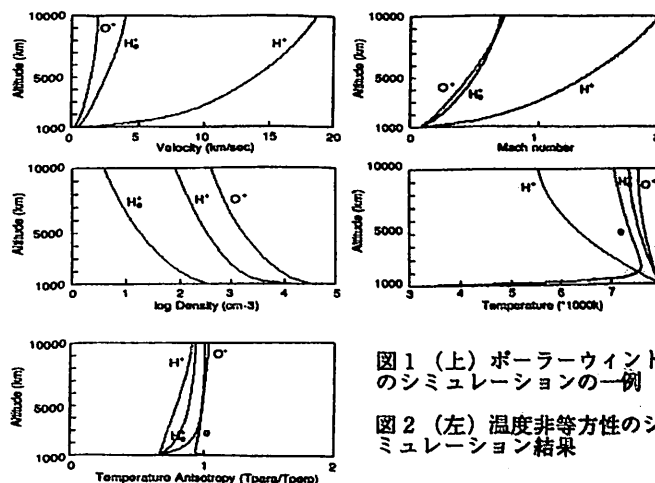


図1 (上) ポーラウインドのシミュレーションの一例

図2 (左) 温度非等方性のシミュレーション結果

References

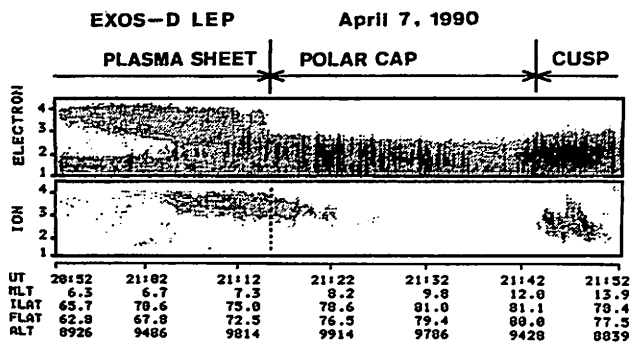
- Banks, P.M., and T.E. Holzer, The Polar Wind, J. Geophys. Res., 73, 6846-6854, 1968.
- Schunk, R.W., and D.S. Watkins, Proton Temperature Anisotropy in the Polar Wind, J. Geophys. Res., 87, 171-180, 1982.

**A32-03 AKEBONO(EXOS D) observations of two electron populations above the polar cap during northward IMF condition.**

Takahiro OBARA, Toshifumi MUKAI, T.G.Onsager, Atsuhiko NISHIDA ( I SAS ) and N.Kaya ( Kobe Univ. )

Low energy particle (LEP) instrument onboard the EXOS-D satellite has sometimes observed the co-existence of a spike-like electron with a polar rain during northward IMF condition. The spike-like electron with a characteristic energy less than 50 eV arises from magnetosheath plasma entry and the field lines above the polar cap are still open even in the northward IMF condition.

[あけぼの]衛星によるこれまでの観測の結果、IMFが北向きになるとポーラーキャップがスパイク的な降下電子で埋められる事が判明して来た(小原他、第3回STEシンポジウム講演集、183-187)。この降下電子の特徴は、温度が低く(約50eV程度)、密度が高い(数個/cc)事にある。又、IMFのY、X成分には依らず、広くポーラーキャップを埋めつくす性質も持っている。マグネトシースにある電子が北向きIMF時に「あけぼの」高度にまでアクセスして来る事が考えられるが、破図としたモデルはまだ無い現状である。

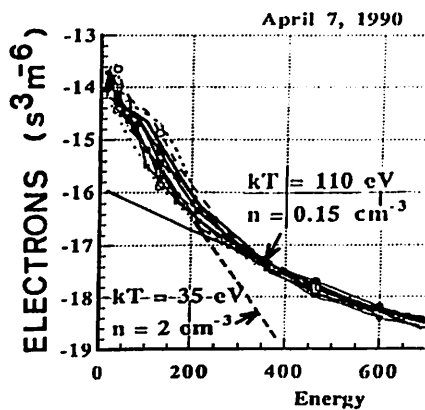


第1図

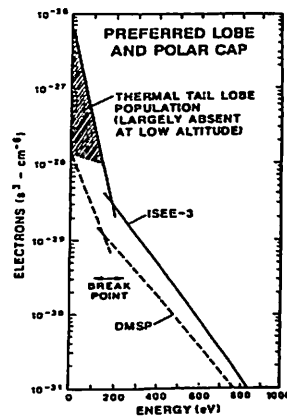
Break throughを求める意味で、スパイクが見られる領域の磁力線が開いているか閉じているかについて調べた。スパイクがそれ自身若干の加速を受けている事からそのenergyを上回るenergeticなpolar rainが期待されるsolar particle eventを中心にenhanceしたpolar rainの有無について調べた。

第1図に例を示すが、ポーラーキャップにスパイク的な電子が見られる一方、少し高いエネルギーにキャップ全体を一樣に覆うpolar rainが見られる。21:25-21:35にかけての分布関数を第2図に示すが、2つの成分からなっている事が判る。Thermalな成分は空間的なスパイクな構造を反映してこの間変化が激しいが、平均的には温度35eV、密度が2/ccである。これに対して、supra-thermalな成分は、温度が110eV、密度が0.15/ccである。後者が、polar rainの電子の特徴を示す事から、ポーラーキャップの磁力線は開いている事が示される。

Thermalな電子の起源を考える上で、磁力線の開閉は重要な手がかりを与える。つまり、プラズマシート境界層(PSBL)及び低緯度境界層(LLBL)の磁力線は基本的に閉じている事から、スパイクの唯一の候補はシースのプラズマになる。ローブにて、ISEEが観測した電子のphase space densityを第3図に示すが(Baker et al., JGR, 1897, 13559)「あけぼの」の観測(第2図)と完全に一致する。Bakerは、thermalな成分について特に述べていないが、IMFが北向きである可能性が高いと思われる。



第2図



第3図

**A32-04**

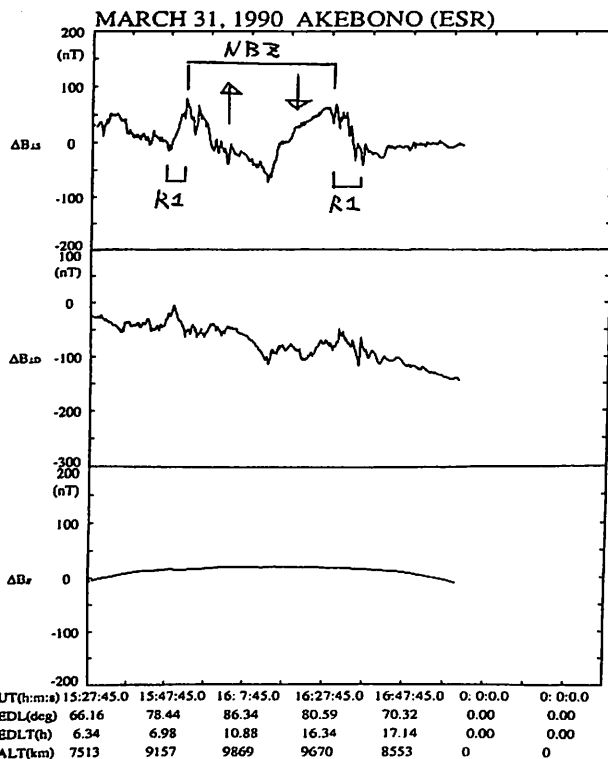
**NBZ Birkeland Currents Observed by AKEBONO**

NAKAGAWA, Masayuki<sup>1</sup>, IJIMA, Takesi<sup>1</sup>, WATANABE, Masakazu<sup>1</sup>, TANAKA, Makoto<sup>2</sup>, and TOHYAMA Fumio<sup>2</sup>

1. Department of Earth and Planetary Physics, Graduate School of Science, University of Tokyo
2. Faculty of Engineering, Tokai University

We have analyzed the vector magnetic field data acquired with the AKEBONO satellite. Data received at KSC, Esrange and Prince Albert during March 1990 were subjected to the present analysis. The analysis was done in an eccentric dipole coordinate system, consisting of sunward, dusk-to-dawn (both transverse to main geomagnetic field) and parallel to main geomagnetic field. We have determined the characteristics of NBZ Birkeland current, for the first time in the AKEBONO data analysis program. We compare these characteristics with the past work on the NBZ currents (e.g. Iijima et al., 1984), using also the simultaneous plasma

**precipitation characteristics with the DMSP F8 and F9 satellites.**



A32-05 THEORY OF A NEW MECHANISM FOR SOLAR WIND-MAGNETOSPHERE INTERACTION: CAUSE OF THE PAIRED REGION 1/REGION 2 FIELD-ALIGNED CURRENTS

°T. YAMAMOTO<sup>1</sup>, M. OZAKI<sup>1</sup>, and S. INOUE<sup>2</sup>  
1: University of Tokyo, 2: Aichi College of Technology

As has been shown by our numerical simulations [Yamamoto and Ozaki, 1993], the paired region 1/region 2 field-aligned currents (FACs) can be generated by the mechanism of the HPT distortion due to the solar wind convection, which results in production of a potential drop across the polar cap (dawn-to-dusk electric field). In the present theory, we assume that the solar wind acts as a voltage generator in the interaction with the open field lines: the polar cap potential drop arising from the space charges in the magnetosphere is equalized to the potential drop  $\phi_{SW}$  of solar wind origin when the IMF  $B_z$  is negative. In Figure 1, this situation is schematically illustrated as a simple equivalent circuit. Under this assumption, the long-term ( $\geq 1$  hour) behavior of the paired region 1/region 2 FAC system will be such that the polar cap potential drop  $\phi_{R1/R2}$  originating from the region 1/region 2 FACs is maintained, on average, approximately at the externally applied voltage  $\phi_{SW}$ , which is expressed as

$$\phi_{R1/R2} \sim \phi_{SW} + \delta \quad (1)$$

where the averaged value of  $\delta$  is small compared with  $\phi_{SW}$ .

For analytically solving the two dimensional current continuity equation at the ionospheric height, a (morningside and eveningside) pair of the region 1 (2) FACs is modelled as a pair of infinitely long oppositely-charged circular cylinders which are identical in shape: their axes are perpendicular to the ionospheric plane and separated by the distance of  $L$  (the latitudinal width of the region 1 (2) FAC) in the dawn-to-dusk direction; space charges are uniformly distributed inside the cylinders and the charge densities are taken as  $\pm \epsilon_0 J_{||i} / \Sigma_P$ , where  $J_{||i}$  is the FAC density,  $\Sigma_P$  is the height-integrated Pedersen conductivity, and  $\epsilon_0$  is the dielectric constant. Using this model, the polar cap potential drop  $\phi_{R1/R2}$  is given by

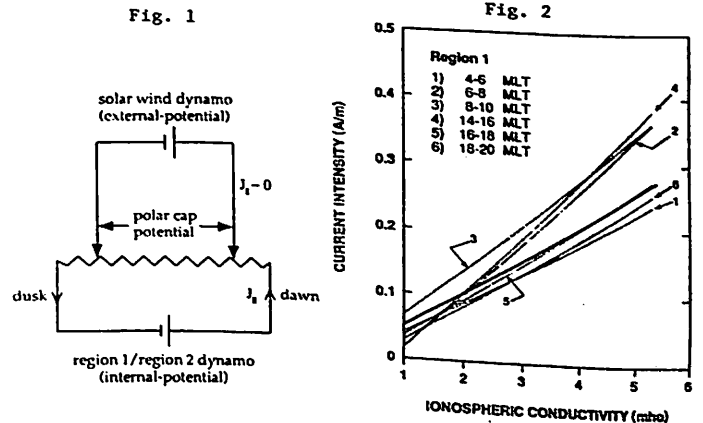
$$\phi_{R1/R2} = (R_c / \Sigma_P) (I_1 - I_2) \quad (2)$$

where  $R_c$  is the radius of the polar cap, and  $I_1$  and  $I_2$  are the region 1 and region 2 FAC intensities, respectively.

If we consider the quiet periods, the parameter  $\phi_{SW}$  is reasonably fixed at about 35 kV, which is the minimal level of  $\phi_{SW}$  [Reiff et al., 1981]. Referring to our simulation results, the FAC intensity ratio of  $I_2/I_1$  is taken as  $I_2/I_1 \sim 0.57$ . Combining Equations (1) and (2), we obtain the relation between the FAC intensity and the Pedersen conductivity

$$I_1 \text{ (A/m)} \sim 0.050 \Sigma_P \text{ (mho)} + \delta_1 \text{ and } I_2 \sim 0.028 \Sigma_P + \delta_2 \quad (3)$$

where  $R_c \sim 1600$  km is assumed. This can be compared with the observational results obtained by Fujii and Iijima [1987]. Their obtained regression line for the plots of  $I_1$  versus  $\Sigma_P$  is shown in Figure 2 (thin lines labelled 1-6). In this figure, superposed is the theoretically predicted line (thick line) which is Equation (3) with  $\delta_1 = 0$ . Scattering of the data points in the  $I_1/\Sigma_P$  plots (Figure 3 of Fujii and Iijima [1987]) could be understood primarily as a result of the fluctuation of  $\phi_{R1/R2}$  around  $\phi_{SW}$ .



A32-06

サブストームの開始と  
リングカレント発達の関係

°家森俊彦<sup>1</sup>, D. R. K. RAO<sup>2</sup>  
(<sup>1</sup>京都大学理学部, <sup>2</sup>インド地磁気研究所)

RELATIONSHIP BETWEEN SUBSTORM ONSET AND RING CURRENT DEVELOPMENT

T. Iyenori<sup>1</sup>, D. R. K. Rao<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Faculty of Science, Kyoto University, Kyoto 606.  
<sup>2</sup>Indian Institute of Geomagnetism, Bombay.

The variation of the one minute resolution SYM-H index at substorm onset, which is a measure of the ring current development, is statistically analyzed by a superposed epoch method. The onset of a substorm is defined by a sudden increase of the ASY-D index with a shape of so called 'mid-latitude positive bay'. The positive bays were taken by (1) eye inspection and (2) pattern matching technique from the period 1989 - 1991. The SYM-H index does not show any significant development after the onset of substorms. This result supports the idea that the storm and substorm are independent phenomena and the ring current development is not the result of the frequent occurrence of substorms but the result of enhanced convection by the southward IMF.

サブストームが頻発した結果として磁気嵐 (=リングカレントの発達) が起こるのではなく、それらは独立な現象であることが比較的最近になって認識されるようになってきた。すなわち、強い南向きの惑星間磁場による磁気圏対流が、サブストームを発生させるとともに、それとは独立にリングカレントを発達させる。それでは、サブストームの開始にともない静止軌道で観測される、高エネルギー粒子の入射が、リングカレントの発達に寄与しないのであろうか。ここでは、それらの関係について、中緯度磁場観測データから算出した、1分値ASY・SYM指数(経度的非対称および対称変動成分)を用いて解析を行った。1989年から1991年の3年間のASY・SYM指数を用いた。磁気嵐の期間からASY指数を用いてサブストームを選び出し、そのときのSYM-H指数 (=Dst指数に対応)の変動を調べた。磁気嵐は、SYM-H指数の最小値が-100 nTより減少した場合で定義した。

サブストームは、ASY-D指数に比較的明瞭(およそ30 nT以上)な中緯度POSITIVE BAYに対応する変動が見られる場合(図1)で定義した。このようにして選び出したイベントを、サブストームの開始時刻(ASY-Dの急増時刻)で重ね合わせ平均した。中緯度POSITIVE BAYの選択には、視覚による判断の他、パターン認識による方法も用いた。Sの結果を示す。いずれの場合もサブストームの開始の前後では、SYM-H (=Dst)の変動にほとんど変化がみられないことがわかる。SYM-Hの変動がリングカレントの強度変化を表しているとする、このことは、サブストーム開始にともなう内部磁気圏への粒子入射が、リングカレントの発達には殆ど関与していないことを示している。

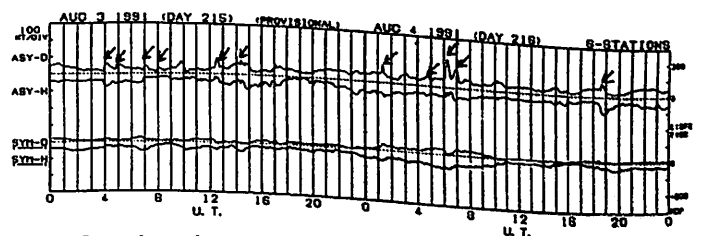


Fig. 1 Examples of mid-latitude positive bay seen on the ASY-D and ASY-H indices.

Regional Estimation of Ionospheric Electric Fields and Currents

Mariko Sato<sup>1,2</sup>, Y. Kamide<sup>1</sup>, A. Richmond<sup>2</sup>, A. Brekke<sup>3</sup> and S. Nozawa<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University  
<sup>2</sup> High Altitude Observatory, NCAR, U.S.A.  
<sup>3</sup> Auroral Observatory, University of Tromsø, Norway

Motivation

During the last decade, advanced computer techniques have been developed to estimate the ionospheric electrodynamic quantities from ground magnetometer data. With these calculations, it has now become possible to discuss the global convection and current patterns for magnetospheric substorms. Since the disturbance region during individual substorms is restricted to a rather localized area, however, detailed analyses are required for electrodynamic parameters in a localized region.

In this paper, we present the first result of estimating regional ionospheric electric fields and ionospheric and field-aligned currents by using a magnetogram inversion scheme along with data of ground magnetometers, the DMSP satellite and the EISCAT radar.

Data Description and Calculation Technique

Northern Scandinavia was chosen for this study. Magnetometer data for this study come from more than ten stations in northern Scandinavia. Information on simultaneous ionospheric electric fields and conductivities is also available from measurements by EISCAT and DMSP.

The first step is to estimate the ionospheric current function from the magnetometer data. We estimate the global distribution

of the current function (the magnetic potential) from the AMIE (Assimilative Mapping of Ionospheric Electrodynamics) technique, which allows assimilation of a variety of data in the estimation of electrodynamic patterns in the high-latitude ionosphere. Values of the current function from the AMIE calculations are then used as the boundary condition for the regional computations of the electric potential at fine grid points.

Once the current function is calculated for the localized area, the electric potential distribution can be estimated by solving a second-order elliptic differential equation with proper Hall and Pedersen conductivities. The boundary condition to solve this differential equation for the electric potential is also provided from the global AMIE calculation.

It is known that results of this kind of calculation are highly sensitive to the choice of the ionospheric conductivities. Electron precipitation observations by the satellite and electron density measurements by the radar provide latitudinal profiles of the height-integrated conductivities. The conductivity input which is used for this study is from rather direct measurements, although it is required to rely on some statistical conductivity models for global calculations.

What are Discussed?

Some of the points we can discuss on the basis of such regional calculations are:

- (1) How do the ionospheric parameters change locally when global convection is enhanced before and at the expansion onset of substorms?
- (2) How do the electric field and conductivity distributions relate each other within the auroral electrojets at the different phases of substorms?
- (3) What is the spatial relationship among the electric field and current in the vicinity of the so-called Harang discontinuity, where the major actions for substorm initiation take place?

気球による南極域のベクトル磁場測定実験

○ 遠山文雄<sup>1</sup>・利根川豊<sup>1</sup>・門倉 昭<sup>2</sup>・江尻全機<sup>2</sup>・佐藤夏雄<sup>2</sup>  
 並木道義<sup>3</sup>・矢島信之<sup>3</sup>・松橋直人<sup>1</sup>・海老原祐輔<sup>1</sup>・PPB W.G.  
 ( <sup>1</sup> 東海大工・<sup>2</sup> 極地研・<sup>3</sup> 宇宙研 )

BALLOON OBSERVATIONS FOR VECTOR MEASUREMENT OF THE GEOMAGNETIC FIELD IN ANTARCTICA

F. Tohyama<sup>1</sup>, Y. Tonegawa<sup>1</sup>, A. Kadokura<sup>2</sup>, M. Ejiri<sup>2</sup>, N. Sato<sup>2</sup>  
 M. Naniki<sup>3</sup>, N. Yajima<sup>3</sup>, N. Matsushashi<sup>1</sup>, Y. Ebihara<sup>1</sup>, PPB W.G.  
 ( <sup>1</sup> Tokai Univ., <sup>2</sup> NIPR, <sup>3</sup> ISAS )

The 34th Japanese Antarctic Research Expedition (JARE-34) has executed balloon observations called the Polar Patrol Balloon (PPB) experiments at Syowa Station, Antarctica on Dec. 1992. To measure the magnetic field for a long time, fluxgate magnetometers and proton magnetometers were carried on two PPBs. In the result, some geomagnetic disturbances were detected with three components by use of attitude sensor system.

はじめに 気球を南極圏和基地から打ち上げて長期観測を行う南極周回気球 (PPB) 実験が極地研を中心として行われてきたが、昨年末から今年初めにかけて PPB-4、5号機の2機が第34次南極観測隊によって放球された。この2機には磁場、X線測定器に加え、プロトン磁力計 (PM) とフラックスゲート磁力計 (FX) が搭載され、気球では初めて磁場のベクトル測定に成功した。ここでは、磁力計測定方式と初期結果を報告する。

観測機器 PMは約40,000nTの広範囲磁場をカバーするために自動追従同調方式を開発し、20のチューニングレンジを持ち、1nT感度で磁場全磁力を絶対値計測する。センサーはゴンドラの下方15mにロープで吊し、30秒周期で測定する。一方、FXセンサーと太陽センサー (SS) および二成分傾斜計センサー (CM) が一体型となっているセンサーマストがゴンドラ上面に取り付けてある。SSが太陽子午面に一致した時の入射光信号でFXとCMを同時計測する。SSはセンサーマストに180°の位相で2台取り付けてあり、ゴンドラが約1分のスピンをを行うので30秒毎のデータが得られる。もし、スピンの停止や太陽光が日没で得られない場合には磁力計を自走計測に自動切り替える2モード方式である。気球位置により太陽方向の計算とCMによるゴンドラの傾斜角 (相対角

度感度0.01°) から磁力計センサーの姿勢決定が出来る。FXの磁場測定範囲は水平二成分は±33,000nT、垂直成分は20,000~80,000nT、測定分解能は1nTである。観測は28日間の予定でリチウム電池が使用され、総重量は39kgである。

観測実験 4号機および5号機は1992年12月26日および30日に昭和基地から放球され、図1のような航跡で飛行した。放球4~5日後、気圧高度計とスピンモーターに支障をきたし、これ以降の正確な高度が測定できず、またスピンの停止したためFXは自走計測に切り替わった。しかし姿勢決定精度は良くないが磁場データは気球落下まで得られた。

解析経過 FXセンサーがゴンドラから及ぼされる磁気オフセット量とセンサー直交性の補正のため、プロトン磁力計の全磁力値を基準とした補正を行った。図2にFXによる三成分から求めた全磁力値をPMによる値に一致させて補正した図を示す。4、5号機の磁気オフセット量は全磁力に換算してそれぞれ835nTおよび608nTであった。また、太陽センサーへの入射が反射光によるものと思われる部分の補正を行い、磁場の三成分にゴンドラの傾斜角を考慮した地磁気座標への変換をしたデータベースを構築する。磁場擾乱の検出と電場データとの比較、磁気異常による地下構造解析、理論値との比較およびゴンドラの運動解析などを行う。

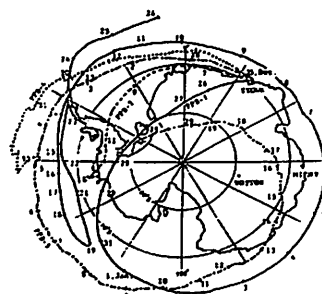


図1 PPB気球の航跡図 (1,2号機は1990年実験で、proton磁力計が搭載)

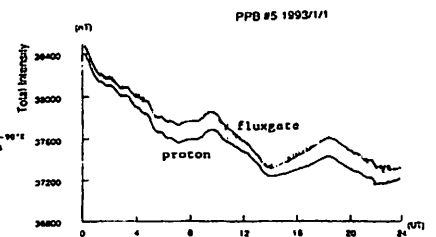


図2 全磁力値の比較 (proton磁力計による値にfluxgate磁力計の値を一致させて補正する)



南極周回気球 (PPB) による  
Global Auroral X-rays の観測

鈴木裕貴<sup>1</sup>、平島 洋<sup>2</sup>、村上浩之<sup>3</sup>、下林 央<sup>4</sup>、山上隆正<sup>5</sup>、  
並木運雄<sup>6</sup>、中川運夫<sup>3</sup>、利根川豊<sup>4</sup>、江尻全樹<sup>4</sup>、佐藤夏雄<sup>4</sup>、  
小玉正弘<sup>6</sup>  
(1.立教大理 2.宇宙研 3.大阪市大理 4.東海大工 5.極地研  
6.理研)

Observations of Global Auroral X-rays with  
Antarctic Polar Patrol Balloons ( PPB )

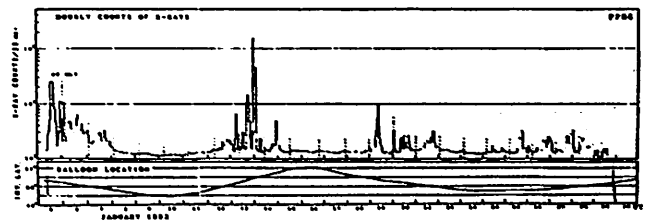
H.Suzuki<sup>1</sup>, Y.Hirasima<sup>2</sup>, H.Murakami<sup>1</sup>, H.Shibayashi<sup>1</sup>,  
T.Yamagami<sup>2</sup>, H.Naiki<sup>2</sup>, H.Nakagawa<sup>3</sup>, Y.Tonegawa<sup>4</sup>,  
M.Ejiri<sup>5</sup>, N.Sato<sup>3</sup>, H.Kodama<sup>6</sup>  
( 1.Rikkyo Univ 2.ISAS 3.Osaka City Univ 4.Tokai Univ  
5.NIPR 6.The Institute of Physical and Chemical Research )

On January 5, 1993 UT, one of antarctic Polar Patrol Balloons (PPB) was launched from Syowa Station. The balloon ran around Antarctica 1.5 times during 27 days. Many auroral X-ray events were observed in flight time. The NaI(Tl) counter measured 30~120 keV X-rays. Magnetic local time dependence of e-folding energies of spectra was obtained. Global distribution on the magnetic coordinate of X-ray event locations is researched and relation between this distribution and ionosphere-magnetosphere coupling structure is examined.

1993年1月に昭和基地から南極周回気球による観測が行われた。1月5日から31日までの27日間わたり高度31kmから38kmで南極大陸を一周半し、その間オーロラX線を世界的に観測した。X線観測器は2°φ×50cmのNaI(Tl)カウンターで、全視野角は天頂を中心とした160度であった。X線エネルギー範囲は30~120keVで時間分解能は30秒であった。

フライト中のカウントのタイムプロファイルとinvariant latitude、magnetic local timeを図に示した。フライト中数多くのオーロラX線バーストが観測され4群のバースト群に分けられる。大きいバーストを含むこれらの4群のバーストは気球が緯度60~75度の間にあるときに起こっている。1月24日~27日で緯度が60度以下の時パウランドの3倍程度の小バーストが観測されている。多量の高エネルギー電子降下は高緯度で起こっているが、比較的低緯度でも少量の高エネルギー電子降下が観測される場合がある。

X線バーストのエネルギースペクトルのハードさを示すe-folding energyのMLT依存性を調べた。ある基準を設定してX線バーストのイベントを地磁気座標にプロットし、その分布状況を解析することによりグローバルな電離圏磁気圏結合の構造との関係を検討する予定である。



Elevated Conics の統計解析(その1)

三宅互 (通信総研)°, 向井利典 (宇宙研)、賀谷信幸 (神大工)

A Statistical Study on Elevated Conics : Part 1

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

We are making a statistical analysis of elevated ion conics by using an automated identification technique from Exos-D data base. The occurrence frequency of elevated conics at Exos-D altitude is generally low, especially below 8000 km, in comparison with that of usual ion conics. The occurrence becomes noticeable above 8000 km, suggesting an agreement with the general concept that elevated conics are evolved from usual conics.

我々は、前回の学会で、Exos-D衛星のサイエンスデータベース中のLEPデータから、elevated conicsを自動検出するソフトウェアの開発について発表を行った。今回は、このソフトを実際の衛星データに用い、検出されたelevated conicsについて、統計的解析を始めたので、その報告を行う。

このソフトは、16秒毎の29 x 18のエネルギー・ピッチ角分布に対して、elevated conicsの有無を判定するもので、現在までの解析で4900例程のelevated conicsが検出されている。図1には、6000km - 8000kmと、8000km以上の2つの高度領域で観測された通常のconics (実線)とelevated conics (点線)について、MLT 3時間ごとに求めた出現頻度を示した。ここで、elevated conicsとは、最低エネルギーstepと最高エネルギーstepにおけるピッチ角の差が30°以上あるものと定義した。通常のconicsと比較してみると、高度8000km以下では、elevated conicsの出現頻度はきわめて低いが、8000kmを越えるあたりから、その出現が目だつようになる。DE-1の観測(8000-2400

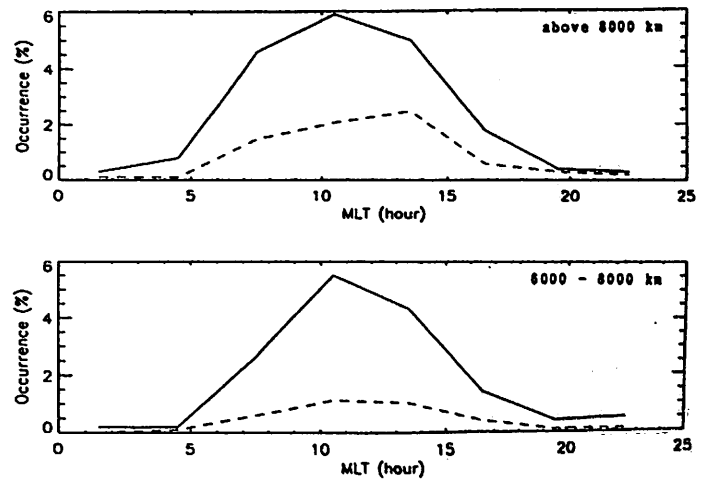


図1

0km)では、conics全体の1/3はelevated conicsであるという報告があり (Peterson et al., 1992)、Exos-Dの観測にくらべてelevated conicsの出現が大きいという印象をもっていたが、その違いはこの高度特性によるものと思われる。elevated conicsの成因については、2-3の説があるが、いずれも通常のconicsから進化発展したものとしており、まず、ある高度で通常のconicsの出現が大きくなった後、それより上の高度領域でelevated conicsが出現し始めるのは理にかなった結果と言えよう。

# A32-P2-28 Midday Current System Distinctive to Region 1 and Region 2 System

WATANABE Masakazu<sup>1</sup>, IJIMA Takesi<sup>1</sup>, and Frederick J. RICH<sup>2</sup>

1. Department of Earth and Planetary Physics, Graduate School of Science, University of Tokyo
2. Space Physics Division, Air Force Geophysics Laboratory, Hanscom, Air Force Base, Bedford, Massachusetts, USA

There have been a numerous studies on the midday field-aligned current system; one of the salient feature is the IMF (interplanetary magnetic field)  $B_y$  dependence. To summarize, when  $B_y$  is positive, a pair current occurs near local noon, and in the northern hemisphere the current polarity of its lower latitude part is directed into the ionosphere and that of the higher latitude part is directed away from the ionosphere. When  $B_y$  is negative, the current polarity reverses. On the southern polar ionosphere, the above mentioned current polarity is expected to reverse. This midday current system is well-naturally called as cusp/mantle current because the lower and higher latitude current have their origin in the cusp and the mantle, respectively. While, the region 1 in the prenoon and postnoon seems to have its origin in the cleft. This morphology raises the question whether the cusp current is region 1 or not.

To answer this question, using the data acquired with the DMSP F6 and F7 satellites, we have investigated two events of prolonged disturbance during which stable IMF persists for one day; one is  $B_y < 0$  case and the other is  $B_y > 0$  case, for both events  $B_z$  was directed mainly southward and the AE index showed moderate geomagnetic activity. Assuming that all through the events the magnetosphere is quasi-stationary and then superimposing the data obtained during the consecutive orbits of the two spacecrafts, we have succeeded in making

global picture of spatial distribution of plasma regime and field-aligned current. The uniqueness of this paper is that we have determined the global pattern of  $B_y$  dependent characteristics, especially north-south conjugacy and dawn-dusk asymmetry in the same event (not statistically). Our new finding includes following:

(1) When  $B_y$  is positive, the mantle extends toward duskside (duskside) in the northern (southern) hemisphere along the auroral oval, but it does not occur at duskside (dawnside) auroral oval. This dawn-dusk and north-south asymmetry reverses when  $B_y$  is negative.

(2) When  $B_y$  is positive, the four-current sheet system appears in the prenoon (postnoon) in the southern (northern) hemisphere, and the poleward pair has the same polarity as that of cusp/mantle current and the equatorward pair has the same polarity as that of region 1/region 2 current. While, the standard three-current sheet system occurs in the postnoon (prenoon) in the southern (northern) hemisphere. This prenoon-postnoon and north-south asymmetry reverses when  $B_y$  is negative.

(3) The source regions of the four-current sheet system are from the lowest latitude, respectively, inner plasma sheet, cleft, cusp, and mantle. Whereas the source regions of the standard three-current sheet system are from the lowest latitude, respectively, inner plasma sheet, cleft, and mantle.

From these facts, it is strongly suggested that the poleward pair of the four-current sheet system is the dawnward or duskward extension of the midday cusp/mantle current and that the equatorward pair is the dayside extension of the region 1/region 2 current. Therefore the cusp current near noon is not the dayside extension of the dawnside or duskside region 1 current system, but is totally attributable to current system midday proper.

# A32-P2-29

## 夜側沿磁力線電流領域における磁場変動と電場変動の関係 —インピーダンスの高度依存性について—

長妻 努<sup>1</sup>, 福西 浩<sup>1</sup>, 早川 基<sup>2</sup>, 向井 利典<sup>2</sup>, 松岡 影子<sup>2</sup>

<sup>1</sup>東北大学理学部 <sup>2</sup>宇宙科学研究所

## Altitude dependence of Magnetic and Electric Field Relations in the Nightside Field-Aligned Current Region

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

<sup>1</sup>Geophysical Institute, Tohoku University  
<sup>2</sup>Institute of Space and Astronautical Science

In the poleward boundary region of the nightside auroral oval, it has been suggested that field-aligned currents were generated by standing Alfvén waves. The model calculation shows that the variation of the impedance depends on the altitude. From our data analysis, the impedance estimated from magnetic and electric field data were found to show altitude dependence at the altitude range between 4,000km and 10,000km. These results confirm that standing Alfvén wave model is a dominant process of field-aligned current generation in this region.

我々はあけぼの衛星の磁場、電場、粒子のデータを用いて、主に夜側オーロラ・オーヴァル極側境界域の沿磁力線電流の生成機構について研究を進めている。現在までに、高度9000km~1万kmにおける磁場・電場変動の解析から、この領域において、アルヴェン波の定在波が沿磁力線電流に大きく寄与していることを明らかにしてきた(長妻他, 1993)。沿磁力線電流がアルヴェン波の定在波によって形成されているとすると、磁場・電場変動の位相・インピーダンスの周波数特性は高度に対する依存性を示す(図1)。あけぼの衛星は近地点約3000km、遠地点約1万kmの楕円軌道を持つため、様々な高度における観測が可能である。今回はこの衛星の特長を生かし、磁場・電場変動の位相やインピーダンス( $\mu_0 E / \Delta B$ )の周波数特性の高度依存性について調べている。

図2に高度5000kmと9500kmにおける解析結果を示す。解析を行っている周波数領域( $10^{-2} \sim 10^{-1}$ Hz)では、高度が低くなるにつれて、高い周波数側のインピーダンスが低くなる傾向が見られるが、これは計算から得られた傾向

と一致している。

講演では、夜側以外の領域に関しても、磁場・電場変動の関係を調べた結果について報告する予定である。

参考文献：長妻他、第93回SGEPSS講演会予稿

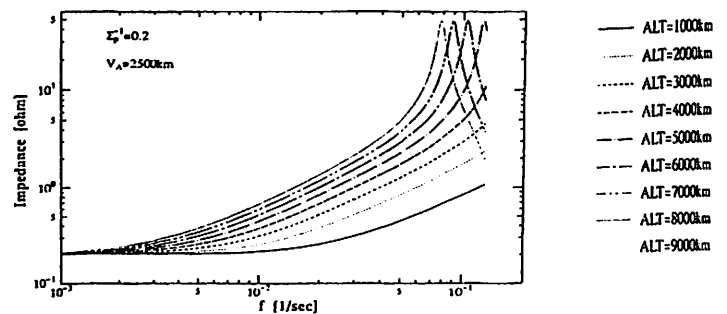


図1 計算で求めた磁場・電場変動のインピーダンスの周波数特性

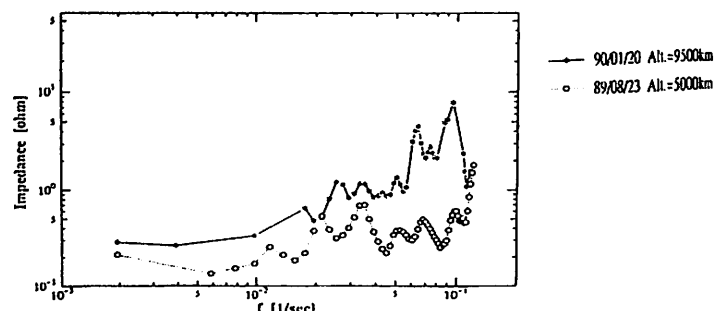


図2 高度5000kmと9500kmで観測されたインピーダンスの周波数特性

あけぼの衛星で観測された  
磁気嵐時中緯度域の電流・電場構造

○巨智 隆一<sup>1</sup>、福西 浩<sup>1</sup>、早川 基<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>東北大学理学部 <sup>2</sup>宇宙科学研究所

Current and Electric Field Structures  
in the Mid-latitude Region During Magnetic Storms  
Observed by the Akebono (EXOS-D) Satellite

\*Y. Kochibe<sup>1</sup>, H. Fukunishi<sup>1</sup>, H. Hayakawa<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Geophysical Institute, Tohoku University  
<sup>2</sup>Institute of Space and Astronautical Science

In order to study the mid-latitude current system during magnetic storms, we analyzed magnetic field and electric field data obtained from the Akebono (EXOS-D) satellite, low-energy particle data obtained from the DMSP-F8/F9 satellites, and ground based geomagnetometer data. From the results of the data analysis, the following features were found: (1) The difference between the depression of H-component magnetic field at the satellite altitude and that on the ground rapidly increases when the equatorward boundary of electron precipitation region moves below about 52° inv. lat. in the midnight sector. (2) A large enhancement of northward electric field at the mid-latitude region occurs in the time interval when the difference between the depression of H-component magnetic field at the satellite altitude and that on the ground rapidly decreases during the recovery phase of magnetic storm.

我々はこれまで、磁気嵐時のリングカレントの発達に関連する3次元電流の発達過程を明らかにするために、中緯度域付近まで拡大する沿磁力線電流と同領域に発達する北向き電場のEnhancementとの対応関係について調べてきた。今回、1989年3月13日～14日、1991年6月4日～6日の2例の磁気嵐についてあけぼの衛星の磁場・電場のデータに加え、DMSP衛星の粒子データを用いた詳細な解析の結果、以下の特徴がわかった。①磁気嵐の発達時、リングカレントによる磁場H成分の減少量は、衛星高度と地上との間に大きな差が生じること、これはリングカレントの中心領域が衛星高度に接近したことを示す。②また、電場のEnhancementは、衛星高度と地上との間に大きな差が生じること、これは電場のEnhancementが衛星高度に接近したことを示す。③また、電場のEnhancementは、衛星高度と地上との間に大きな差が生じること、これは電場のEnhancementが衛星高度に接近したことを示す。④また、電場のEnhancementは、衛星高度と地上との間に大きな差が生じること、これは電場のEnhancementが衛星高度に接近したことを示す。⑤また、電場のEnhancementは、衛星高度と地上との間に大きな差が生じること、これは電場のEnhancementが衛星高度に接近したことを示す。⑥また、電場のEnhancementは、衛星高度と地上との間に大きな差が生じること、これは電場のEnhancementが衛星高度に接近したことを示す。⑦また、電場のEnhancementは、衛星高度と地上との間に大きな差が生じること、これは電場のEnhancementが衛星高度に接近したことを示す。⑧また、電場のEnhancementは、衛星高度と地上との間に大きな差が生じること、これは電場のEnhancementが衛星高度に接近したことを示す。⑨また、電場のEnhancementは、衛星高度と地上との間に大きな差が生じること、これは電場のEnhancementが衛星高度に接近したことを示す。⑩また、電場のEnhancementは、衛星高度と地上との間に大きな差が生じること、これは電場のEnhancementが衛星高度に接近したことを示す。

A32-P2-31 歴史時代の極光帯変動モデルと偏心双極子の移動

小口 高 (東大理)

A Note on the Auroral Zone in Historic Times

Takasi OGUTI (Univ. of Tokyo)

Secular variations in the auroral zone in historic times are re-examined with a new model for movements of the geomagnetic eccentric dipole, deduced from measurements of the inclination and declination over the past 400 years. This model appears to better account for the location of the auroral zone in historic times than the old model obtained by extrapolating well established secular variations in Gauss coefficients over the past 180 years.

過去1000年程度の歴史時代の極光帯変動については古記録に残るオーロラの記述の解釈などである程度推定が可能である。一方、地磁気の変動については、直接観測によって過去160年ほどのガウス係数の変化が知られており、また、偏角や伏角などの測定に基づく低次項のガウス係数が過去400年程にわたって推定されている。

前回の報告で述べたように、過去300年ほどの地磁気変動は、よく知られた過去160年間の観測値に基づくモデルから十分に推定でき、その推定は、偏角や伏角の測定による推定ともおおむね一致し、かつ、それによって求めた極光帯の位置は極光の古記録とも矛盾しない。従って前回の極光帯変動の推定は過去300年までの間については尤もらしいと見てよい。しかし、過去400年を越えるあたりからモデルを適用する根拠も次第に薄弱となり、一方、偏角や伏角に基づく係数値も不確かになって行く。

先に報告した過去1000年の極光帯変動は主として過去160年の観測値からの外挿を元にして構築したモデル磁場によって求めたもの

の衛星高度と地上との磁場減少量の差が急激になくなった直後に、最大値を示す傾向が見られた。講演では、これらの解析結果をもとに磁気嵐にともなう中緯度域の3次元電流構造の発達過程についてより詳細な議論を行う予定である。

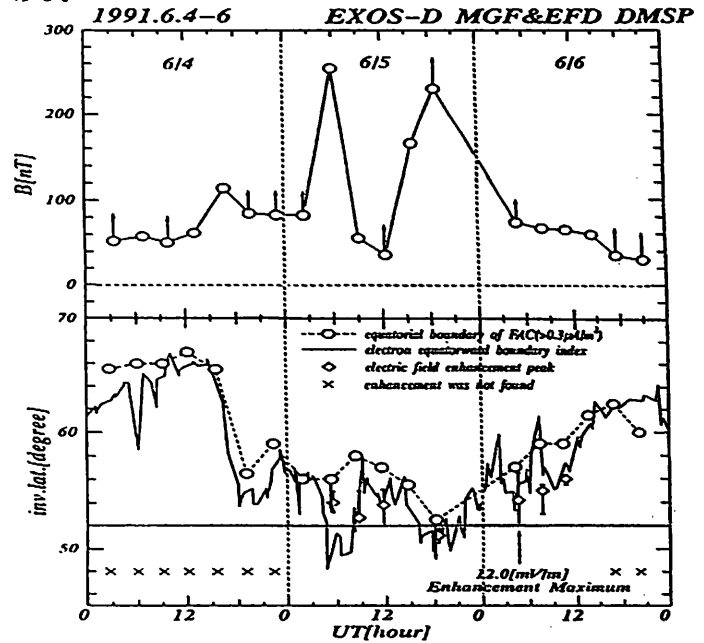


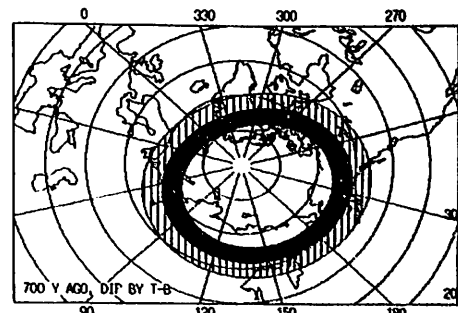
Fig. 1 上段：1991年6月4日-6月6日磁気嵐におけるあけぼの衛星が観測した衛星高度での全磁場の減少量とDst値との逆の変動。下段：同期間におけるDMSP-F8/F9が観測した粒子データから求めた真夜中での電子の降りこみの赤道側境界とあけぼの衛星が観測した磁場から求めた沿磁力線電流領域の赤道側境界の緯度変化、及びあけぼの衛星が観測した中緯度北向き電場のenhancementのピークの位置の緯度変化。

であって、偏心双極子の運動について2つの大きな仮定を行っている。仮定の1つは時間に対してほぼ直線的な偏心双極子の離心移動で、もう1つは周期約1200年の偏心双極子の回転運動(緯度・経度変動)である。

その後の検討の結果、回転運動についてはモデルと磁場資料との間にモードについては大きな違いはないのでそのままにし、離心運動については、180年以前を磁場資料に合わせて変動をほとんどゼロとし、離心距離250-300 kmの値に固定して求めた極光帯を前回のモデルと比較した。

バイキング時代のノルウェーのオーロラ古記録に見られる、今から900-1000年前頃、オーロラがしばしばグリーンランドの方向に見られたと云う記述と比較すると、新しいモデルの方がより実際に近いものと推定される。

偏心双極子の回転運動についても、回転速度にはモデルと磁気資料との間に差があり、もし磁気資料に重きをおくならば、周期1200年と云うより2000年程度の方がより現実的である可能性もあるので、他の項との関連を含めて更に検討を要する。



新しいモデルによる700年前の極光帯、照極光帯

A32-P2-32 The relations between magnetic field variations and optical aurora at conjugate points

\*K. Hashimoto(Kyusyu Univ.), T. Hirasawa (NIPR),  
K. Makita(Takusyoku Univ.) and N. Sato(NIPR)

The conjugacy of geomagnetic variations associated with the auroral electrojet was investigated statistically, using the fluxgate magnetometer data from two magnetic conjugate stations, Syowa in Antarctica and Aedey in Iceland, during the period from September 1989 to September 1990. Calculating the magnitude ratio  $\Delta H_{(Syowa)}/\Delta H_{(Aedey)}$ , the diurnal and seasonal dependence of the conjugacy was examined in detail. Here, a magnitude of geomagnetic variation is defined as a deviation from the quiet time geomagnetic level for each month. Principal characteristics of the magnitude ratio between two conjugate observatories for positive variations include the following: The magnitude of the positive variations (eastward current) in the summer hemisphere is about three times larger than that in the winter hemisphere during 1300-2000UT. It is noticeable that the features of the conjugacy in northern summer are different from those in southern summer. The magnitude ratio shows the largest (about 4.8) around 1800UT in the northern summer, while almost the same magnitude of geomagnetic variations at the two observatories is observed at around 1800UT in February and October.

The magnitude of the geomagnetic variation is also dependent on the

geomagnetic activity level. With the increasing of geomagnetic activity level, the magnitude at Syowa become larger than that at Aedey for both positive and negative variations in all seasons. These results are consistent with the diurnal and seasonal changes of the ionospheric conditions depending on the sunlit.

Although the statistic features of the conjugacies of the geomagnetic field variations have been made clear so far, they include not only bay-type variations but also other types of positive ones owing to the automatic computerizing of the data.

Using the fluxgate data and DMSP auroral photographs, the relations between the discrete and diffuse auroras and the geomagnetic positive fluctuations are examined. It is found that the diffuse auroras associated with proton precipitations are over the observatory when the simple shape type of positive bays in the evening hours are observed. On the other hand, the complex structure type of positive bays on which the small negative fluctuations are superimposed, appear near the discrete auroras. The former result is consistent with the previous study by Kamide and Fukunishi(1975).

A会場

10月14日(木) 午後

# オーロラダイナミクス

## Auroral Dynamics

oral: A32-08~16

poster: A32-P2-33~38

座長 小野高幸 (極地研)  
金田榮祐 (東大理)

A32-08

Average Patterns of Ionospheric Electric Fields and Currents for the Different Phases of Substorms

Y. Kamide<sup>1</sup> and Wei Sun<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University, Toyokawa 442  
<sup>2</sup>Geophysical Institute, University of Alaska Fairbanks, Fairbanks, AK 99701, U.S.A.

A magnetospheric substorm, which is the largest perturbation of the dynamic magnetosphere-ionosphere system, is recognized as reflecting two distinctive physical processes occurring in solar wind/magnetosphere/ionosphere coupling: the directly-driven process and the loading-unloading process. Each one of these has its own characteristic time scale as well as its own spatial scale. The unloading, or energy release process, involves the sudden formation of the so-called substorm current wedge in the midnight sector associated with the formation of localized auroral brightenings. It is believed, however, that the convection system and the corresponding electrojets for the directly-driven process cover a wider local time range.

One of the most effective ways of quantifying the behavioral patterns of the magnetosphere-ionosphere coupling system is to obtain the distributions of electric fields and currents for the different substorm times, since it is expected that the relative importance of the two processes varies considerably during substorm activity, depending on the substorm phases.

The primary purpose of this work is to present the statistical characteristics of the substorm electric fields and currents in the high latitude ionosphere. For this purpose, we utilize the three-day period of March 17-19, 1978 for which the data set of 71 ground-based magnetometers from six meridian chains of observatories is available.

Figure 1 shows examples of the distribution of the calculated electric potential and of the associated ionospheric current vectors for the peak epoch and the recovery phase of substorms.

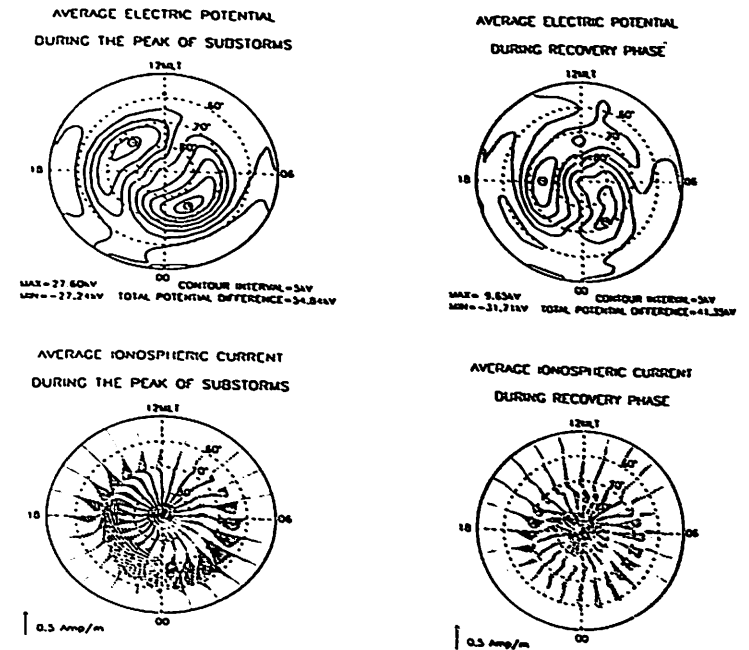


Fig. 1. Average patterns of the electric potential (top panel) and the corresponding current vectors (bottom panel) in the ionosphere for the peak epoch (left top and bottom) and the recovery phase of substorms (right top and bottom).

A32-09

210°地磁気データに基づく低緯度オーロラ中の電離層渦電流特性

遠藤崇行, 湯元清文, 塩川和夫, 田中義人 (名大STE研)  
 210°地磁気観測グループ

Ionospheric Current Vorticies Deduced from the 210° Magnetic Network Data during Low-Latitude Auroral Events

Endo, T. K. Yumoto K. Shiokawa Y. Tanaka (STE Lab.)

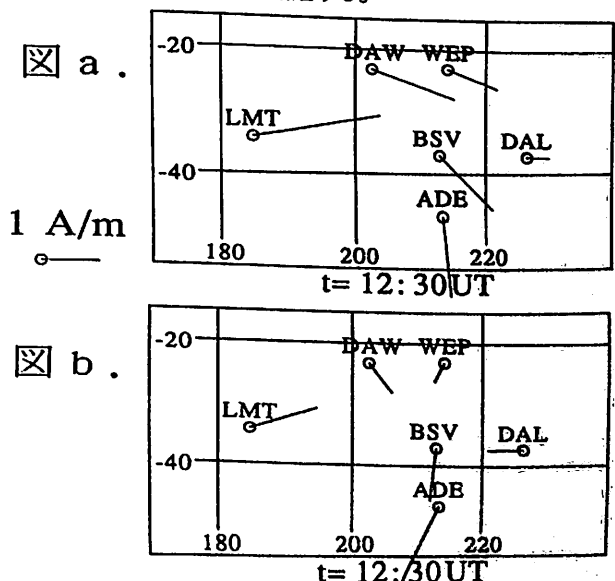
Low-latitude aurorae were observed at Moshiri and Rikubetsu in Hokkaido during February and May, 1992 storm events. From magnetic variation at six stations (L=1.8-2.13) of the 210° magnetic network in Australia, ionospheric equivalent current vectors have been deduced. It is found that an equivalent current vortex with clock-wise rotation is formed in concert with the low-latitude aurora. In the presentation, we will report on characteristics of the deduced ionospheric equivalent current vectors during the low-latitude auroral events.

1992年2月及び5月に北海道の名古屋大学太陽地球環境研究所附属母子里観測所及び陸別町において5回低緯度オーロラを観測した。そのときの210磁気経度沿い多点観測網の地磁気データと、Dst値から得られた低緯度オーロラの発生特性は以下のようであった。

- 2つの観測例では磁気嵐時のDst値が-200nT程度またはそれ以下になっているときに発生している。残りの3つの観測例では、-100nT前後の状態から-30nT/h以上の割合で急激に減少する時発生している。
- サブストームの開始 (positive bayの立ち上がり) とPi2脈動) とほぼ同期して発生していた。
- 北海道母子里との磁気共役点付近にあるバースビルを中心とした、オーストラリアの-35磁気経度付近の観測点間において、D成分の特徴的な

渦電流を伴っていた。

今回は、オーストラリアの6つの観測点で得られた磁場データから、図a, bのような電離層等価電流ベクトルを作成した。図aは、サブストーム開始を基準にした地上の磁場ベクトルを時計回りに90度回転したもので、主に低緯度オーロラに伴うローカルな電離層電流と、オーロラ帯のサブストームに伴う沿磁力線電流の影響との重ね合わせを表しているものと思われる。これら等価電流ベクトルの中の後者の影響を取り除くために、各観測点の磁場から210磁気経度沿いの赤道付近にあるグアムの水平磁場成分を差し引いて作成したのが図bである。a, b両図ともに時計回りの渦電流が形成されている様子が分かるが、図bの方が渦の形や規模をより明確にみることができる。この渦電流の中心からは上向きの沿磁力線電流が流れ出しているものと考えられる。講演では、5つの低緯度オーロラ観測例の電離層等価電流ベクトルについて、その共通な特徴について報告する。



基地観測用デジタル  
全天カメラの開発

○小野高幸、平澤成男（極地研）

Development of a Digital All Sky Camera for Auroral Observations  
Takayuki Ono and Takeo Hirasawa  
(National Institute of Polar Research)

For a replace of the All-Sky film Camra in Syowa Station, a new All-Sky Camera was developed to obtain auroral images in digital form every 10 sec. From the purpose of the observation, the All-Sky Camera should be operational under any moon-light condition. To avoid a damage due to a bright light source, the camera consists of plain CCD device without any photo-electronic amplifying device such as an image intensifier. The photo-electrons are integrated on the CCD chip, and readout with a high spatial resolution of 1000x1018 pixels with an exposure time of 1-4 sec. The data are stored by using the 8mm digital tape and magneto-optical disks.

概要

昭和基地定常観測の全天カメラ装置更新に伴い、これまで高感度フィルムを用いて撮影されてきた全天オーロラ画像をCCDカメラによるデジタル記録へと改良すべくデジタル全天カメラの機器開発が行われた。ここではデジタル全天カメラの概要並びに同時に開発されているアイスランド観測用全天カメラにおける単色撮像を含む観測について述べる。

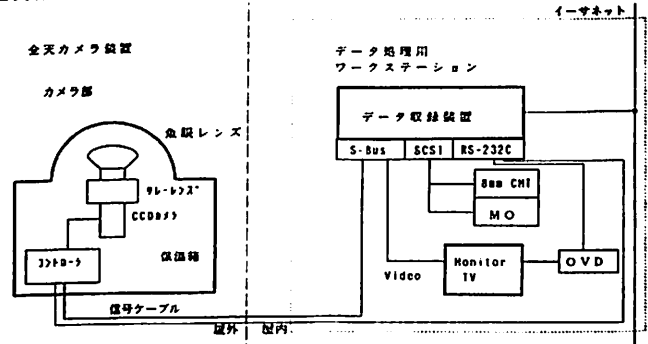
開発の経緯

昭和基地における全天カメラ観測はオーロラ形態の定常観測として、1966年以来継続されてきた。オーロラ形態の観測としては高感度TVカメラ等の機器も併用されているが、観測データの安定性や継続性において優れた長所を持っており、利用価値の高い観測データとして活用されている。これまで、全天カメラ観測は10秒あるいは30秒に1枚の撮影が行われ、月齢によらず天候が悪くない限り観測を実施している。このため毎年約100夜の観測データが取得されている。観測データは帰国後現像処理、データの整理・編集が極地研究所オーロラデータセンターにて行われており、フィルムデータとしての保管と同時にオーロラ画像データ処理システム（ARSAD）を用いたデータ解析が多くのユーザによって行われている。このようなデータ取得から利用に

たる流れを変えることなく、新しい全天カメラ観測の方式を確立するためCCDを用いたデジタル全天カメラ観測装置が開発された。開発にあたっては従来の方式の持つ長所を保持しつつ、今後のデータ利用を効率的に行うために以下の様な仕様に基づいての設計・製作が進められた。開発されたシステムのブロック図を第1図に示す。

1. 人工光や月などの強い光の入射に耐えるためにTVカメラのようなイメージ増倍管を用いずにCCD素子のみにて撮像する。
2. 35mmフィルムの解像度を維持するため、1000x1018画素のCCDを使用する。
3. 従来の観測の時間分解能を維持するため、10秒に1コマの速度での観測を可能とする。
4. 画像データはデジタルデータとして保管する。また同時にNTSC-TV信号を合成して、TV画像としても保管する。TV画像データの記録媒体としてビデオディスクを使用する。デジタルデータ、TV画像データの管理はワークステーションを用いて行う。
5. オーロラ画像を用いてのダイナミック表示をクイックルック処理としてリアルタイムで作成する。
6. ネットワークを用いたデータ交換・転送を可能とする。

昭和基地全天カメラの開発と並行して、簡易型のアイスランド観測用の全天カメラの開発も行われた。このカメラでは単色光のオーロラ画像観測をも可能とするよう、リレーレンズ系に光学的並行部を設置し、ここに干渉フィルターを装着可能となるよう設計された。



第1図 全天カメラブロック図

南極昭和基地における  
プロトンオーロラのイメージング観測

高橋幸弘<sup>1</sup>、福西浩<sup>1</sup>、岡野章一<sup>1</sup>、小野高幸<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>東北大学理学部 <sup>2</sup>国立極地研究所

Imaging Observations of Proton Aurora at Syowa Station In Antarctica

<sup>1</sup> Y. Takahashi<sup>1</sup>, H. Fukunishi<sup>1</sup>, S. Okano<sup>1</sup>, T. Ono<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Faculty of Science, Tohoku University  
<sup>2</sup> National Institute of Polar Research

Observations of proton aurora (Hβ) with MAIS (Multicolor All-sky Imaging System) and a tilting-photometer were carried out at Syowa station in Antarctica from Mar. 1992 to Sep. 1992. Using MAIS, we obtained monochromatic all-sky images in two wavelengths, which were Hβ (486.1nm) and background (481.8nm), simultaneously. Subtracting background images, we are able to investigate true proton auroral features without contaminations such as electron aurora. Doppler-shifted (484.0nm) Hβ images were also observed to obtain the distribution of doppler-shifts in two dimensional images. The tilting-photometer was operated to get spectra from 482.5 to 488.5nm in the magnetic zenith direction. The data sometimes show considerable large doppler-shift (≥0.8nm) in expanding electron auroral regions, such as westward traveling surge or auroral bulge.

第3次南極地域観測隊は、ティルティングフォトメータ及び超高感度多波長イメージングシステム(MAIS)を用いたHβ光(486.1nm)によるプロトンオーロラの観測を実施した。1992年3月から9月までのオーロラ観測期間に計42夜の観測を行い、様々なサブストームフェイズ・MLTにおけるプロトンオーロラの動態を捕らえることができた。

MAISは同時に2波長の単色全天画像が得られ、その2波長の組み合わせも、パソコンで干渉フィルターレットをコントロールすることで6種類の中から選ぶことが可能になっている。プロトンオーロラは非常に微弱なため、電子オーロラや銀河の影響を取り除かないと正しい像が得られない。今回の観測では、486.1nmとバックグラウンド光(481.8nm)を同時に撮像・処理することで、ノイズの無いプロトンオーロラのイメージングに成功した。プロトンオーロラは、降下するプ

ロトンが電荷交換反応で励起状態の水素原子になってそれ自身が発光するため、そのスペクトルはドップラーシフトを示す。従って、少し違う波長で撮像を行い強度比を調べれば、ドップラーシフト量の2次元分布が得られる。今回はその目的で484.0nmと、電子オーロラの様子を記録するための557.7nmの組み合わせを用い、486.1nm/481.8nmの組み合わせと交互に観測を行った。

ティルティングフォトメータは透過幅の狭い干渉フィルターを周期的に傾けることで短時間にスペクトルの得られる装置である。今回は半値幅0.36nmのフィルターを用い、482.5-488.5nmを1秒間で掃引した。視野は磁気天頂方向に固定して観測を行ったが、ドップラーシフト及びドップラーブロードニングのダイナミックな変化を捕らえることができた(図1)。

MAISとティルティングフォトメータのデータを組み合わせることで、プロトンオーロラの動態を総合的に調べるができる。電子オーロラの活動が活発な時の幾つかの例について解析を行った結果、次のことが明らかになった。

- 1) プロトンオーロラは、オーロラバルジやWestward Traveling Surgeなどの拡大する電子オーロラのフロント領域で増光する。ただし、発光領域は電子オーロラに比べ一律で、低緯度側まで広がっている。
- 2) 電子オーロラのフロント領域では、ドップラーシフトは若しくは大きな値(≥0.8nm)を示すことがある(通常は0.6nm程度)。その継続時間は固定方位のフォトメータ観測で1-2分程度である。

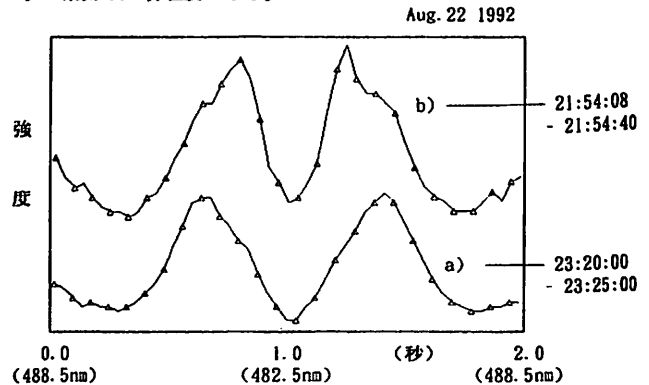


図1 ティルティングフォトメータの出力波形。中心が482.5nm、両端が488.5nmに相当する。a)磁気水平方向の300秒間の平均で、ピークは486.1nm。 b)磁気天頂方向で大きなドップラーシフト(～1.0nm)が観測された例(32秒間の平均)。

# カナダ北極圏における極冠域オーロラの観測 - 1. 朝側 sun-aligned アークの動き

<sup>1</sup>塩川和夫、<sup>2</sup>湯元清文、<sup>1</sup>園分征、<sup>3</sup>林幹治、<sup>2</sup>小口高、<sup>3</sup>D. J. McEwen、<sup>3</sup>木山喜隆、<sup>4</sup>松岡彩子、<sup>4</sup>早川基  
(<sup>1</sup>名大STE研) (<sup>2</sup>東大理) (<sup>3</sup>サスカチュワン大) (<sup>4</sup>新潟大理) (<sup>5</sup>宇宙研)

Observations of Polar Auroras in Canadian Arctic - 1. Global Motion of Morningside Sun-aligned Arcs

K. Shickawa<sup>1</sup>, K. Yumoto<sup>1</sup>, S. Kokubun<sup>1</sup>, K. Hayashi<sup>2</sup>, T. Oguti<sup>2</sup>  
D. J. McEwen<sup>3</sup>, Y. Kiyama<sup>4</sup>, A. Matsucka<sup>4</sup>, and H. Hayakawa<sup>5</sup>  
<sup>1</sup>STE Lab., Nagoya Univ.; <sup>2</sup>Univ. of Tokyo;  
<sup>3</sup>Univ. of Saskatchewan; <sup>4</sup>Niigata Univ.; <sup>5</sup>ISAS

A characteristic duskward motion of the morning-side sun-aligned arcs is found from statistical studies of ground-based data. The studies are based upon the observation of the arcs by all-sky TV cameras and a multi-channel scanning photometer at Resolute (MLAT=84.5°, MLON=316°) and Cambridge Bay (CBB, MLAT=77.6°, MLON=306°) in Canada during December 1992 - January 1993. Most of the sun-aligned arcs observed at RSB move from dawn to dusk in the field of view of the all-sky TV camera. For several events, the motion is quasi-periodic with periods of several minutes. On the other hand, the motions of the arcs at CBB are a mixture of dawn-to-dusk, dayside-to-nightside, unclear motions, and some exceptions. The quasi-periodic duskward motions of the arcs are also observed at CBB. The typical speed of the motion is 500 m/s at the ionospheric altitude for both RSB and CBB. In the presentation, we will discuss these data combined with the IMF conditions.

オーロラオーバルの内側にあたる極冠域は、太陽風-磁気圏境界層のマントル、L LBLや、磁気圏尾部のロープといった領域に対応すると考えられている。これらの領域は太陽風の影響を直接受けて変動しているが、その大規模構造が太陽風のパラメ

ータの変化と共にどのように変わっていくのかは、まだ良く分かっていない。これを知るためには、磁気圏の大規模構造の電磁圏への投影現象であるオーロラを、極冠域において観測し、そのグローバルな動きの特徴を見いだすことが重要である。しかし特に朝側に特長的にみられる極冠域の sun-aligned アークが、どのような動きをしているかということはこれまで全く分かっていなかった。

本論文では、カナダ北極圏のレゾリュートベイ (RSB, 磁気緯度84.5度、磁気経度316度) 及びケンブリッジベイ (CBB, 磁気緯度77.6度、磁気経度306度) において、1992年12月から1993年1月にかけて全天カメラ及び多波長撮写フォトメータで行ったオーロラ観測の結果を報告する。これまでの観測は、地理的条件の差にもかかわらずほとんどが磁気緯度80度よりも低い緯度で行われており、今回のRSB (磁気緯度84.5度) でのオーロラの動きの観測は、その意味でも非常に新しい。そして、特にこのRSBの緯度において、朝側の sun-aligned アークがほとんどの場合、全天カメラの視野の中を朝側から夕方側にゆっくりと動いていく、という特徴が今回の観測から見いだされた。典型的な動きの速度は約500m/sであった。また、この動きが数分間隔で繰り返しているケースも見られた。観測ではIMP-JのIMFデータを含めて、より詳しく議論する。

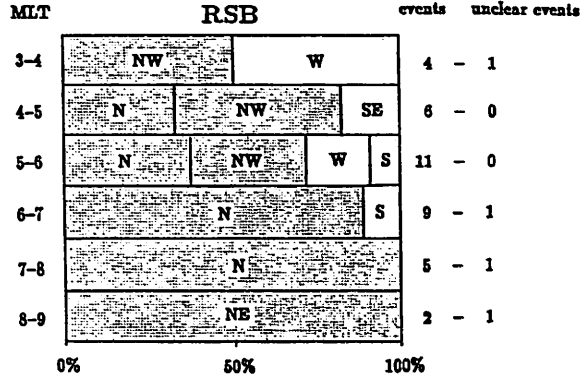


Figure 1. The directions of arc motions observed by an all-sky TV camera at Resolute (MLAT=84.5°). "Events" means the number of the events for given MLT range. Note that the duskward motion of arcs becomes the directions of NW at 03 MLT, N at 06 MLT, and NE at 09 MLT from a view of a ground station.

# A32-13 Godhavn で観測された高緯度オーロラと同時の DMSP 観測降下粒子の特徴

<sup>1</sup>坂野井 健<sup>1</sup>、<sup>2</sup>福西 浩<sup>1</sup>、<sup>2</sup>巻田 和夫<sup>2</sup>  
1: 東北大学理学部 2: 拓殖大学工学部

Characteristics of High Latitude Auroras and Precipitating Particles Observed Simultaneously by All-Sky TV at Godhavn and DMSP Satellite  
<sup>1</sup>T. Sakanoi<sup>1</sup>, <sup>1</sup>H. Fukunishi<sup>1</sup>, <sup>2</sup>K. Makita<sup>2</sup>  
1: Geophysical Institute, Tohoku University 2: Takushoku University

We compared high-latitude auroras and precipitating particles using all-sky TV data obtained at Godhavn(76.6° INV), Greenland and DMSP particle data simultaneously observed during the interval of December 1989 - January 1990. The results are: (1) ray-structured arcs correspond to low-energy (<1keV) burst-like electron precipitation. (2) faint arcs observed around 10h MLT sector correspond to precipitation of low-energy (10eV-1keV) electrons and low-energy (several hundreds eV) ions. (3) bright discrete arcs correspond to inverted-V type electron precipitation events. Using all-sky data, the separation of time and spacial variations of satellite data is also discussed.

地上全天TVではオーロラを二次元的に、時間空間変化を分離して観測できるが狭い領域しか観測できない。一方人工衛星の観測では、オーロラ粒子や沿磁力線電流などの磁気圏での構造を知ることが可能であるが、時間変化と空間変化の分離が困難である。よって地上全天TVと人工衛星の同時観測は互いの欠点を補うために有効である。

グリーンランドの Godhavn は高緯度 (76.7INV) に位置し、真冬で16h-10h MLT の範囲が観測可能である。このためこれまで研究の少ない高緯度オーロラ、また昼間側やカスプのオーロラの観測が期待される。巻田他 (1993) は1989年12月-1990年2月の期間に Godhavn で観測された地上全天TVデータの解析から、高緯度に出現するオーロラを3つのタイプに分類した。今回はこれらのオーロラに対応する磁気圏側の粒子構造を明らかにするために、この期間の DMSP 衛星 (850km 高度) 粒子データの16件の同時観測事例について解析した。このうち地上全天TV

に見られたオーロラは時間変化の激しいレイアークが2例、フェイントアークが8例 (このうち1例はレイアークが同時に見られた)、明るいディスクリートアークが4例、判別困難が2例だった。その結果を以下に示す。  
(1) 時間変化が激しいレイアークの領域では、微細構造を持つバースト的な1keV以下の降下電子が観測された。また、その領域はいずれもMLT 10h 付近であった。  
(2) MLT 10h 付近で観測されたフェイントアークは4例あり、それに対応する DMSP 粒子観測には4例すべてに、フラックスの大きい数十-数百 eV 低エネルギー電子と数百 eV のエネルギーのイオンの cusp-like な降り込みが観測された (図1)。このフェイントアークはレイアークに比べて安定であるため、粒子構造も安定していると想像される。  
(3) 明るいディスクリートアークには、inverted-V型電子降下現象が一對一対応していた。

講演では、これに加えて電子降り込みの分布関数にみられる特徴について、また、人工衛星の問題点である時間変化と空間変化の分離について地上データを用いて議論する予定である。

参考文献: 巻田他、地球惑星科学関連学会1993年合同大会予稿集

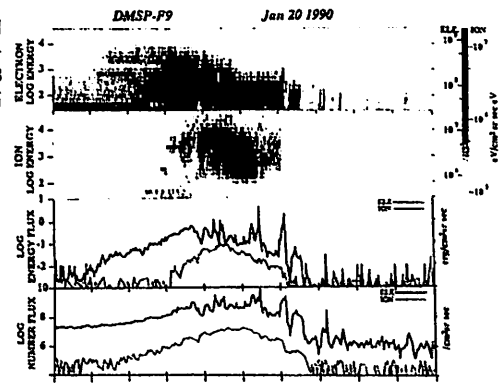


図1 全天TVにフェイントアークが観測された DMSP 粒子観測の例 (1990年1月20日)

UT	10:54:00	10:54:30	10:55:00	10:55:30	10:56:00	10:56:30	10:57:00	10:57:30	10:58:00	10:58:30	10:59:00
MLAT	68.9	70.4	72.4	74.1	75.9	77.4	79.3	81.0	82.7	84.5	86.3
MLON	32.6	32.5	32.1	31.9	31.6	31.3	30.7	30.5	29.5	28.3	24.5
MLT	6.8	9.2	9.2	9.2	9.2	9.2	9.2	9.7	9.7	9.6	9.4
GLAT	61.6	63.3	64.9	66.6	68.2	69.8	71.4	72.9	74.4	75.9	77.2
ALT	829	829	831	831	831	831	833	833	833	833	833



A32-14 Auroral dynamics observed by AKEBONO visible TV camera - Its interpretation by the high energy particle simulation in the inner magnetosphere

M. Ejiri, A. Kadokura, H. Miyaoka and T. Oguti (National Institute of Polar Research)

The visible (Oxygen green line : 557.7nm) TV camera aboard EXOS-D (Akebono) took successive auroral images in the high latitude at the various phases of the magnetospheric storm/substorm. Though there are several uncertainties in auroral mappings into the equatorial magnetosphere, we simply attempt to trace auroral images along the model geomagnetic field (Tsyganenko T87) into the equatorial plane. Two examples are shown in Figs.1 and 2; 17:07:29 on June 11, 1991 and 18:18:34 on June 13, 1991, respectively. Auroral images in the corrected geomagnetic latitude - MLT coordinate are in the right panel while the resultant mappings in the left.

If we assume that the auroral luminosity is produced as a result of high-energy particles precipitating along the geomagnetic field from the equatorial magnetosphere, we have constructed the particle injection model to explain the observed results. The energetic particle source (an omni-directional pitch angle distribution function of 0.03-50keV energy particles) is assumed at a distance of  $L=10$ , which produces an injection boundary around the geosynchronous distance at the substorm

onset time. The Volland-Stern type convection electric field is introduced as a function of  $k_p$ . This simulation is not a self-consistent in a sense that the polarization field is not feed-backed to the model field. However, the fundamental features will be discussed in the present paper.

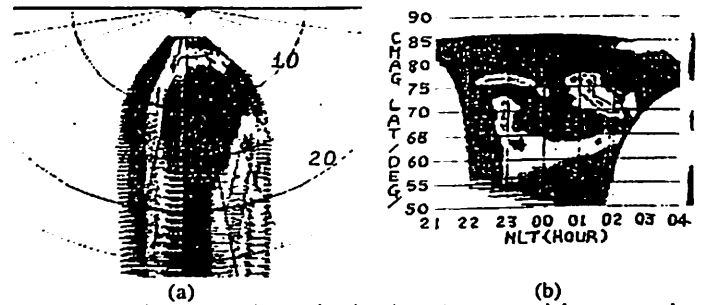


Fig.1. Auroral image and its projection into the equatorial magnetosphere (17:07:29 June 11, 1991)

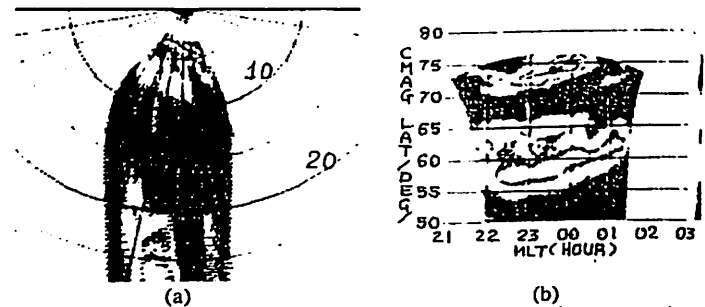


Fig.1. Auroral image and its projection into the equatorial magnetosphere (18:18:36 June 13, 1991)

A32-15 Substorm 時における polar cap size 変動

伊藤勝尚, 園分征, 上出洋介, 荻野龍樹 (名大STE研)  
J.S. Murphree (カルガリー大学)  
J.D. Craven (アラスカ大), L.A. Frank (アイオワ大)

Variation of the polar cap size during substorm

\*K. Itoh<sup>1</sup>, S. Kokubun<sup>1</sup>, Y. Kamide<sup>1</sup>, T. Ogino<sup>1</sup>, J.S. Murphree<sup>2</sup>, J.D. Craven<sup>3</sup> and L.A. Frank<sup>4</sup>  
1.Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University  
2.Department of Physics, University of Calgary  
3.Geophysical Institute, University of Alaska Fairbanks  
4.Department of Physics and Astronomy, University of Iowa

The total magnetic flux through the polar cap is determined on the basis of auroral image data obtained from the Viking and DE-1. The rate of magnetotail energy loss (gain), as determined with the Coroniti-Kennel relationships, indicates substorm condition.

Polar cap と呼ばれているこの領域は磁力線が open の領域であると考えられることから、この size 変動は substorm が磁気圏尾エネルギーをどのように消費しているかについて、情報を与えてくれる。本研究では CDAW9 期間中の substorm を使用して、人工衛星 (Viking, DE-1) によるオーロライメージのデータから polar cap size, tail に蓄積されたエネルギーを求める。

Frank and Craven(1988) は DE-1 衛星のオーロライメージのデータから polar cap size(open flux) を数値積分を用いて求め、それから Coroniti and Kennel(1972) の model から tail に蓄積されたエネルギーを計算し、

エネルギーの gain,loss を求めている。IMF や AE indices の変化も考慮することによって,substorm のエネルギーの動きが再現できる。

図 2 はイベント E における磁気圏尾エネルギーの変動を示したもので、AL index の変化に伴い tail のエネルギーも安定していないことが分かる。

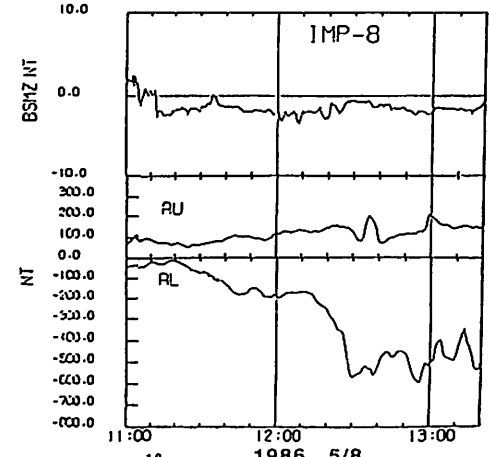


図 1 IMP-8による磁場 (Bz成分) と AU・AL index

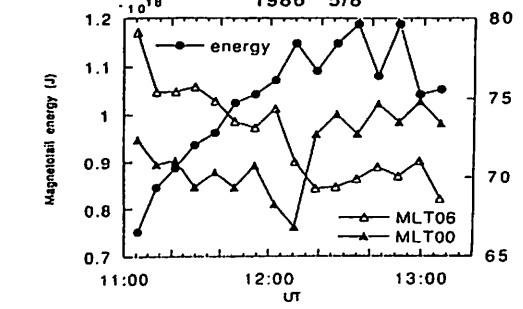


図 2 Magnetotailに蓄えられた energy と MLT06,00 における極側境界緯度

夜側オーロラ活動度の朝方・夕方側領域への偏り

金田栄祐

東京大学理学部地球惑星物理学科

Deviations of Nightside Auroral Activities towards Evening (or Morning) Hour Regions

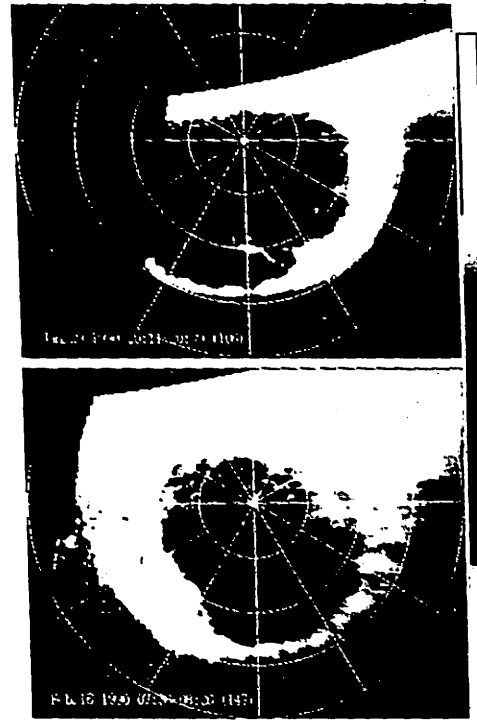
Eisuke KANEDA

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

Global aurora dynamics revealed by snap-shot imaging ( or imaging photometry with time resolutions of several minutes at worst ) from satellites have shown that nightside auroral display locates frequently its central position on pre- and post-midnight MLT meridians. However, there have not been made definite morphologies on this issue.

Since nightside auroral displays originate mainly from substorm activities, the classical model of auroral substorm has been referred, implicitly or explicitly, as the standard of synoptic signatures of the substorm in defect of the above-mentioned morphology. In this classical model, the center of activities is located in the midnight meridian. It can easily be considered that this substitution would seriously influence incorporations of results of in-situ satellite observations into a composite diagram covering the entire polar region.

The following two polar-plot aurora images (in corrected ge. lat. vs MLT coordinates) that were obtained by UV imager on the AKEBONO delineate examples of activity deviation from the midnight meridian. The MLT difference of activity center between the both amounts to 5 hours, width of which corresponds to nearly half of night hemisphere. As the two events are not rare respectively, dislocation of the activation from midnight



A32-P2-33

ディフューズオーロラの共役性

港屋浩一<sup>1</sup>、小野高幸<sup>2</sup>、佐藤夏雄<sup>2</sup>、藤井良一<sup>3</sup>、山岸久雄<sup>2</sup>、巻田和男<sup>2</sup>、芳野起夫<sup>2</sup>

1. 電通大、2. 極地研、3. 名大STE研、4. 拓殖大

Conjugacy of diffuse auroras

"Hirokazu Minatoya", Takayuki Ono<sup>2</sup>, Natsuo Sato<sup>2</sup>, Ryouichi Fujii<sup>2</sup>,

Hisao Yamagishi<sup>2</sup>, Kazuo Makita<sup>2</sup>, Takeo Yoshino<sup>1</sup>

1. Univ. of Electro-Communications, 2. National Institute of Polar Research 3. STE Laboratory, Nagoya Univ., 4. Takushoku Univ.

The auroral conjugate TV data among Husafell in Iceland, Syowa and Asuka station in the Antarctica were obtained in the period from 22UT, 9th to 02UT, 10th on Sep. in 1991. We have been analysing these data to estimate the real conjugate points from conjugate auroras. During 22-23UT, the torch auroras drifting westward with active pulsations were seen in these data. We analysed diffuse aurora event for pulsating or torch auroras. It is possible to investigate the states of small or large scale magnetospheric structure and the generation of auroral particles.

At present we analysed the fluctuations of pulsating auroral intensities for torch auroras observed at Husafell and Syowa station. The results revealed that some fluctuations occurred in phase, but the others occurred out of phase at both hemispheres.

At the presentation, we'll show more detailed results of the conjugacy of diffuse aurora.

はじめに

1991年9月9日22時~10日02時(UT)にアイスランドのHusafellと南極の昭和、あすか基地にてSIT-TV航行による共役観測データが得られた。9日の5時頃にはSCが観測され、9日の真夜中は磁気嵐の主相に相当しており、Kp値は7-5と非常に磁気圏が活発な状態であった。このとき、22時10分から3観測点では磁場成分の急激な下降とともにオーロラが始まり、その後n'北行イオーロラを伴ったオーロラの通過が見られた。

本研究の目的は、共役イオーロラから求めた実際の共役点特性から磁気圏の状態、およびイオーロラ降下機構を推定することにある。今回は時間的に特徴のあるn'北行イオーロラ、およびイオーロラに注目し、それらの共役性を調べることによって、局所的、および大規模の低緯度側の磁気圏内の様子を推定することを試みる。

イオーロラについては解析の前例は無いが、n'北行イオーロラの解析についてはStenbaek et al. 1978; Fujii et al. 1987 によってなされている。彼らの解析ではn'北行イオーロラは共役性があるときと無いときがあるという結果が得られているだけで、本質的な機構については分かっていない。本研究ではイオーロラ共役現象について今ま

で解析されていないイオーロラの長時間かつイオーロラの軌形(速度、位置)の定量的な特徴を明らかにすることによって、共役現象の本質を見いだすことを試みる。

解析

1秒毎に観測された9月9日22:40~22:50UTの全天TVデータから、西に~0.6km/secで移動するイオーロラがみられた。イオーロラ内部ではn'北行イオーロラが確認された。この間の両半球のイオーロラ内部のIGRF共役点における強度変化を比較し、実際の共役点とIGRF共役点と一致しているかを調べた。

結果

図1に磁気緯度、経度が(66.0N, S, 70.0E)における強度変化を示す。図1からはおよそ6~30秒で強度変化(n'北行イオーロラ)がみられる。矢印で示された時刻では、両半球(Busafell, Syowa)とも同位相で変化している。つまり、実際の共役点はIGRF共役点と一致し、かつイオーロラ降下機構が南北対称的であると考えられる。ところが、他の時間帯では強度変化に相関がみられない。この原因は実際の共役点がIGRF共役点の位置から移動してしまったか、またはイオーロラ降下機構の南北非対称性による共役性の消失が考えられる。以上の解明にはイオーロラの時間的な軌形の変化に着目して共役性を論じていくことが必要である。発表時にはn'北行イオーロラ、イオーロラの共役性を利用してディフューズイオーロラの共役性を明らかにする予定である。

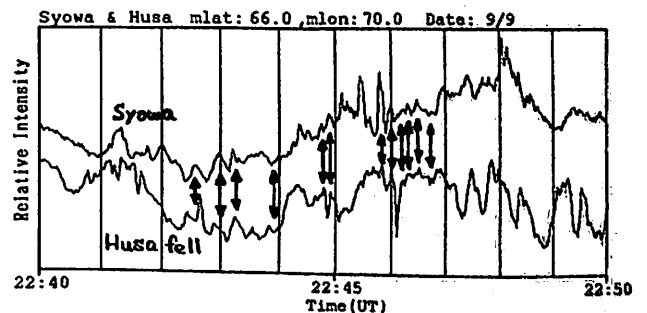


図1 全天TVデータから求めた、9/9 22:40-22:50UTのBusafellとsyowaにおける磁気点(緯度66.0°, 経度70.0°)上のイオーロラ強度変化。

山岸久雄(極地研), 山崎一郎, 菊池 崇(通総研), 西野正徳(名大STE研), 佐藤夏雄(極地研)

Time variation of geomagnetic conjugate point inferred from Syowa Station-Iceland imaging riometer observation

H. Yamagishi(NIPR), I. Yamazaki, T. Kikuchi(CRL), M. Nishino (STE Lab. Nagoya Univ.) and N. Sato(NIPR)

Abstract: A pair of imaging riometers was installed at Syowa Station-Iceland geomagnetic conjugate pair in February 1992. Geomagnetic conjugate point can be determined experimentally with this pair of imaging riometers by finding out similar absorption structure appeared in the both field of view. The observation partly confirms the local-time variation of the conjugate point location estimated from the fieldline tracing using magnetosphere models such as Tsyanenko-Uzmanov 1987. The observation also suggests a large displacement (more than 100 km) of the conjugate point within a short period (less than 1 hour).

われわれは1990年7月, アイスランドのチョルネスに8x8ビームのイメージングリオメータを設置した後, 1992年2月, 南極昭和基地に同様のシステムを設置し, 電離層電波吸収によるオーロラ像の南北共役観測を開始した. 従来, 光学観測によるオーロラ像の南北共役観測が行われてきたが, 観測可能な時期は両半球に同時に夜が訪れる春, 秋分期に限られ, また, 両半球の観測点が同時に晴天に恵まれる機会が少ないために, 地磁気共役点で同時にオーロラが観測された例は数少ない. イメージングリオメータは光学観測に比べ, 観測視野が狭く(200km四方), 空間分解能, 時間分解能が粗い(それぞれ20km, 1秒)が, 日照や天候に左右されず, 一年中観測できるため, オーロラの南北共役性を研究するには優れた観測手段である.

IGRFモデルに基づく磁力線トレース計算によれば, 昭和基地の地磁気共役点は1993年現在, チョルネスの南西約45kmに位置し, 両地点のイメージングリオメータ観測視野は70%近く重複する. この意味でも昭和基地とチョルネスのイメージングリオメータ同時観測は共役性の研究に非常に有効といえる.

さて, 南極域の一地点から出た磁力線が北極域のどの地点につながっているかという, 現実の地磁気共役点を知ることは, 磁気圏の構造や, 磁気圏スケールでおこる現象の理解に重要である. 磁気圏電流を考慮した磁場モデル(Tsyganenko-Uzmanov 1987等)によれば, 昭和基地の地磁気共役点はチョルネスの周辺を数10kmから数100kmの範囲で日周運動し, その変動幅は春秋分期に小さく, 夏至, 冬至期に最大となる. また, 地磁気擾乱度に応じて変動幅は大きくなる.

これらのモデルは, 磁気圏衛星の統計的観測結果に基づくため, サブストームのように一時的に大きな沿磁力線電流が流れるような場合の状況は表現できないと考えられている. それでは実際の地磁気共役点はどこに位置し, どのように動くのであろうか? それを実験的に確認する現実的な方法としては, 磁気赤道面に起源を持つ降下粒子現象(例えばバルセーティングオーロラ)に注目し, これを両半球における磁力線のfoot point付近で広範囲にわたって画像観測し, 両画像中に相似した形態を見つけだし, これをもって地磁気共役点の証とすることである. イメージングリオメータはこのように目的に最も良く適合した観測方法である. そこで, 1992年3月から1993年1月までの期間について昭和基地, アイスランドのイメージングリオメータデータの比較を行った.

CNAが頻発する朝(05MLT付近)の低緯度側数100kmに位置するが, 実際の観測結果でも, 昭和基地画像はチョルネス画像の低緯度側に相当する特徴が現れ, モデル計算が支持されている. また, モデル計算によれば, 夕方(18MLT)を中心とする時間帯では昭和基地の地磁気共役点はチョルネスの西南西へ大きくずれ, 両地点の観測視野は重なり難くなる. 実際の観測でも, 夕方~夜のCNAは朝方のCNAに比べ, 両地点間の相関が悪くなったおり, モデル計算の特性を支持する結果となっている. 一方, 観測結果がモデル計算と異なる点としては, 同一CNAイベント(1~2時間)の中でも, 画像のずれ方は刻々と変化し, 地磁気共役点が1時間で100km以上も移動する場合があることがわかった.

ニールスンにおける昼間側の同時イメージング観測結果

西野正徳<sup>1</sup>, 田中義人<sup>1</sup>, 林 幹治<sup>2</sup>, J. A. Holtet<sup>3</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:オスロ大学

Simultaneous Image Observations of Dayside Ionospheric Absorptions with Aurora All-sky at Ny-Alesund (L=16)

M. NISHINO<sup>1</sup>, Y. TANAKA<sup>1</sup>, K. HAYASHI<sup>2</sup>, and J. A. HOLTET<sup>3</sup> 1:STEL, NAGOYA UNIV. 2:UNIV. TOKYO 3:UNIV. OSLO

At Ny-Alesund, dayside ionospheric absorptions are often observed with the intensity of about 1 dB by the imaging riometer(30MHz). Simultaneous observations of the imaging riometer with all-sky of aurora were carried out in January, 1993 in order to discuss the absorption mechanism in the polar ionosphere.

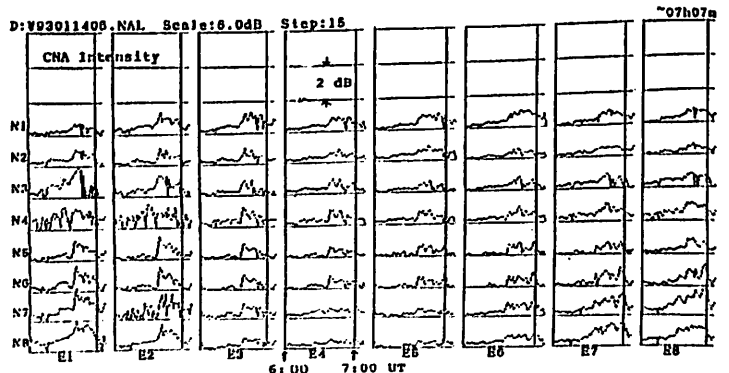
ニールスン基地(75.4° MLAT, L=16)におけるイメージングリオメータ(30MHz)によるCNA観測では, 昼間側で, 1dB前後の電離層吸収現象が観測されることがある. この現象の発生機構を解明するため, 1993年1月にイメージングリオメータとオーロラ全天カメラの同時観測を実施した. 図はイメージングリオメータの64方向のアンテナビーム(視野範囲は上空約200kmの四方形)で観測された吸収量時間変化(1993年1月14日, 6h00m~7h07m UT, ~8h30m UT=12hMLT)の一例を示す. 6h00m~6h40m UTには東側(N4行のE1~2)で強度1dB前後の周期的(~

8分)なCNAの発生があり, これは同時時間帯に現れたオーロラアークと位置, 発生時間の点で合致しているように思われる. 6h40m UT以後は南東方向の低緯度側で1.5dB程度の吸収現象が発生し, 7h00m UT頃には南西方向で吸収現象が発生した. 6h40m~7h07mの吸収現象はオーロラ現象とは異なる. また吸収領域は磁気経度の東向き象ではないと言える. また吸収領域は磁気経度の東向き象ではないと言える. また吸収領域は磁気経度の東向き象ではないと言える. また吸収領域は磁気経度の東向き象ではないと言える.

最近のRosenberg(1993)等の論文では, South Pole Stationの磁気正午近くで630.0nmの放射にともなわれたF層電子密度擾乱の発生(HFレーダ観測)に起因するCNAがパッチ状でpolewardへドリフトするという報告があるが, 今回のオーロラ発生ともなわれないCNAはRosenberg等のeventとは異なった特性を持っているように思える. 講演ではCNAとオーロラ画像の比較を示す.

参考文献 Rosenberg, T.J. et al.(1993): JGR, Vol. 98, 7757-7764.

JAN 14 1993, NAL



地上フォトメータ観測から推定される  
オーロラ降下電子発生機構

○ 守嶋 圭 (東大理)、小野高幸 (極地研)、  
林 幹治 (東大理)、平澤威男 (極地研)

A Generation Mechanisms of Auroral Electrons  
Evaluated by using Ground-Based Photometric Observations.

○ Kei Morishima (1), Takayuki Ono (2),  
Kanji Hayashi (1), and Takeo Hirasawa (2)

(1: Univ. of Tokyo, 2: National Institute of Polar Research)

Energy parameters of precipitating auroral electrons have been derived by using the intensities of 844.6nm(OI) and 670.5 nm(N<sub>2</sub>IPC) measured by the ground-based photometry at Syowa Station, Antarctica in 1990. Relations between average energy and total energy fluxes of incident electrons are investigated for several types of auroras. Especially in discrete auroras, downward electron energy flux generally varied proportionally with square of average energy (Fig. 1). This tendency is identified Ohmic law's feature, and its relation is accounted for the theory in which electrons are accelerated by a field-aligned-potential difference. In some discrete aurora, the exceptional cases in which precipitating electrons don't show Ohmic law's feature (Fig. 2) can be caused by two factors. The one is caused by a geometric relation between auroral arcs and the field of view of the photometer. The other is that the L-E-L constant varies with time due to the change of plasma parameters, such as electron density and thermal energy in the magnetosphere. For deriving the energy parameters of precipitating electrons, we use the model calculation which evaluates behavior of the electron flux in the atmosphere. In this model, electron intensity doesn't fit to observation in low altitude range, so, we start to improve the algorithm of the two stream method.

1990.9.13  
(2301:40 - 2302:15 (UT))

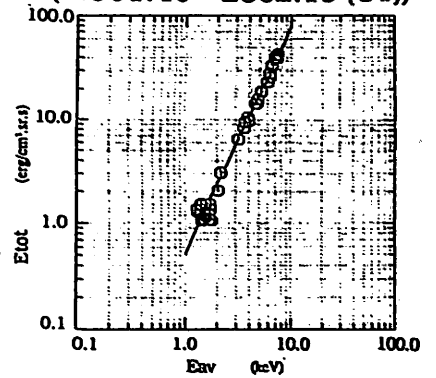


Fig. 1  
A relation of average energy versus total energy flux for discrete aurora. The energy parameters of precipitating electrons show the Ohmic law's feature, namely,  $E_{tot} \approx E_{av}^2$ .

1990.4.20  
(2026:50 - 2028:30 (UT))

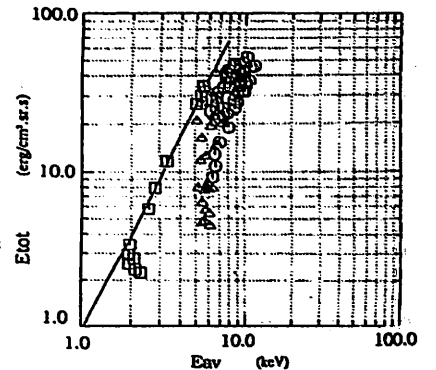


Fig. 2  
A relation of average energy versus total energy flux for a westward travelling surge. Some part of trends represented by the symbols ○, △ don't show the Ohmic law's feature.

A32-P2-37 ファブリーペローエタロンを用いた  
オーロラ分光観測装置 (FPDIS) の開発

久保田実<sup>1</sup>、新原洋祐<sup>1</sup>、岡野章一<sup>1</sup>、阿部利弘<sup>1</sup>、福西浩<sup>1</sup>、小野高幸<sup>2</sup>  
1: 東北大理 2: 極地研

Development of a Fabry-Perot Doppler Imaging System

久保田実<sup>1</sup>, Y. Niipara<sup>1</sup>, S. Okano<sup>1</sup>, T. Abe<sup>1</sup>, H. Fukunishi<sup>1</sup>, T. Ono<sup>2</sup>  
1: Upper Atmosphere and Space Research Laboratory, Tohoku University  
2: National Institute of Polar Research

We have developed a Fabry-Perot Doppler Imaging System (FPDIS) which enables us to measure 2-dimensional distributions of Doppler shifts and Doppler widths of aurora emission lines. The FPDIS consists of a servo stabilized piezo scanned Fabry-Perot etalon with a clear aperture of 116mm, a 2-dimensional cooled photon detector whose phosphor output is optically coupled to a CCD camera and digital image processor. The system is now under test operation of airglow emission at Zao observatory and will be operated at Syowa Station, Antarctica in 1994 for the study of thermospheric dynamics at high latitude.

本研究はFPDIS (Fabry-Perot Doppler Imaging System) を用いて熱圏大気の温度と風速を高時間分解能で観測し、オーロラ活動に対する熱圏大気の応答の様子を詳しく調べることを目的としている。

観測に用いるFPDISは、熱圏大気の温度と風速の地上からのリモートセンシングにこれまで用いられてきたファブリーペロー干渉計を2次元的に拡張したものである。すでに31次南極観測隊においてFPDIS1号機を用いた観測が行われており、オーロラブレイクアップに伴ういくつかの興味深い現象が見つかった[Nakajima, 1992]。今回は1号機で見つかった問題点を改善し、より精度の高い観測をする計画である。改善する箇所は主に以下の2点である。

1. デテクターの改良: デテクター部の2次元光子増倍管をフォトンイメージングヘッドから近接型イメージインテンシファイアーに換える。それによって、フォトンイメージングヘッドが原因で生じる画像歪を解消し、観測精度を向上させることができる。
2. 画像処理・記録系の変更: 画像処理装置を変更しCCDカメラの出力をリアルタイムで2値化、積分できるようにする。それによってS/Nの高いデータがえられるようになる。

観測する波長はオーロラ輝線のうち酸素原子の発光輝線である01557.7nm及び01630.0nmの2波長で、これらの輝線のドップラー幅からオーロラ発光高度の中性大気温度が、ドップラーシフト量から中性大気風速が得られる。

以下に観測装置FPDISの原理と特徴を具体的に示す(図1参照)。魚眼レンズから入射した光は前光学系によって光束を狭められ、ファブリーペロー

エタロンへと導かれる。このエタロンによって高分解分光された光は後光学系によって、観測波長選択用干渉フィルターを通して2次元光子増倍管である近接型イメージインテンシファイアーへと導かれる。ここで増幅された光は結像光学系を通してCCDカメラへ導かれ、2次元画像としてビデオ信号に変換される。このビデオ信号は光磁気ディスクとオプティカルビデオディスクの2つの媒体に積分時間をかけて記録され、後でこの画像データを解析することにより熱圏大気温度と風速を求め、予想されるFPDISによる観測の時間分解能はオーロラブレイクアップ時で数十秒である。

参考資料

Nakajima, H., A study on auroral-zone thermospheric temperatures and winds using Fabry-Perot doppler imaging observations at Syowa station, Antarctica. Doctor thesis, 1992.

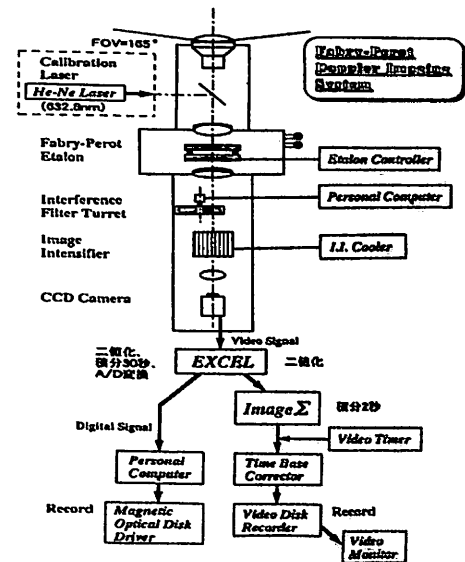


図1 FPDISのシステム構成

# 惑星間磁場変動と ポーラーキャップ・オーロラの出現応答

巻田 和男 (拓大工), 山岸 久男・江尻 全機・鮎川 勝 (極地研),  
桜井 亨 (東海大)

Interplanetary magnetic field variations and the response of polar cap aurora

Kazuo Makita<sup>1</sup>, Hisao Yamagishi<sup>2</sup>, Masaki Ejiri<sup>3</sup>, Masaru Ayukawa<sup>3</sup>,  
Touzu Sakurai<sup>3</sup>

- 1) Takushoku University
- 2) National Institute of polar Research
- 3) Tokai University

The relationship between polar cap auroras and IMF variations were examined by using Godhavn all-sky TV data. Generally, the faint arcs are observed more frequently under the fluctuations of northward IMF values rather than under the constant northward IMF values. Another corona type auroras are seen near the noon sector and more frequently observed during the southward IMF period. On the other hand, oval auroras are also observed in the night sector during the substorm. It is found that the poleward edge of oval does not expand so much after the onset of substorm under the southward IMF conditions. However, during the northward IMF period, oval expands to the very high latitude ( $>75^\circ$ ) after the onset of substorm.

## (1) はじめに

極冠域での諸現象と太陽風との間の密接な関係については、すでに多くの人々により様々な報告がなされている。しかしながら、まだ十分とはいえない。本研究は極冠域オーロラの現象を調べることにより、磁気圏と太陽風との相互作用を明らかにすることを目的としている。なお、ここでは1989年より1990年の冬期ゴッドハーブンにおいて得られたオーロラデータをもとに惑星間磁場の変動との対応を調べた。

## (2) 惑星間磁場変動に対する極冠域オーロラの応答

極冠域に見られるオーロラについては、これまで報告してきたように①北向きIMF時に見られる弱いアーク、②昼側を中心に見られるコロナ・オーロラ、③オーバル帯から伝搬してくるディスクリート・アークに分けられる。これらの異なるタイプのオーロラがIMFの変動といかなる対応関係にあるのかを調べてみた。

①の弱いアークについては、IMFが北向きの時に夕方及び朝方に見られる傾向は従来通りであるが、同程度の大きさの北向きIMFであってもその時間変動が激しい場合の方がアークは明るくかつ出現頻度も高い傾向が見られる。これに対して、北向きのIMF状態であってもその値があまり変動しない時には、アークは暗くかつ出現頻度は低い。

②昼付近に見られるコロナ・オーロラについては、一般に南向きIMF時に良く観測されるが、IMFの時間変動が激しい時には北向きIMF時にも頻繁に見られるようである。そして、北向きIMFでその値があまり変動しない時にはコロナ・オーロラはほとんど見られない。

③夜中付近に見られるオーバル起源のオーロラについてみると、サブストーム時に高緯度側に広がるディスクリート・オーロラはIMFが南向きの状態ではあまり高緯度に移動しない。解析結果から、サブストーム時に高緯度 ( $>75^\circ$ ) にオーロラが広がるのは北向きIMFの時であった。

## (3) まとめ

ポーラー・キャップ特有の①、②のオーロラに関しては、IMFの符号と共にその時間変動がオーロラ発生に寄与している可能性が今回の解析により明らかになった。このことは太陽風から磁気圏へのエネルギー輸送を考える場合、惑星間磁場の時間変動をも考慮していくことが重要であることを示唆している。他方、オーバル・オーロラの動きとIMFの符号との解析結果からみると、南向きのIMFの状態ではオーバル帯を常に低緯度に動かそうという力が働いているため、サブストーム時の爆発的なエネルギー放出が起きてもさほど高緯度まで広がらないものと考えられる。もちろん、大きなサブストーム時にはIMFの符号に関係なく高緯度まで広がる例も見られるため、このような定性的な議論では不十分であろう。今後解析例を増やし極冠域オーロラの応答についてより定量的な議論ができるようになっていくつもりである。

B会場

10月12日(火) 午前

# 電離圏

## Ionosphere

oral: B11-01~13

poster: B11-P2-14~24

座長 藤井良一 (名大STE研)  
小山孝一郎 (宇宙研)

ロケット搭載用窒素振動温度計の開発

川島高弘<sup>1</sup>、田辺登<sup>2</sup>、小山孝一郎<sup>3</sup>、鈴木勝久<sup>4</sup>、市川行和<sup>3</sup>、小川利雄<sup>4</sup>、堤井信力<sup>2</sup>  
 (1.東大理、2.武蔵工大、3.宇宙研、4.横浜国大)

DEVELOPMENT OF THE PHOTOSPECTROMETER TO MEASURE THE VIBRATIONAL TEMPERATURE (T<sub>v</sub>) OF NITROGEN MOLECULES

T. KAWASHIMA, T. TANABE, K. OYAMA, K. SUZUKI, Y. ICHIKAWA, T. OGAWA, S. TEII,  
 (1. Tokyo Univ. 2. Musashi Institute of Technology 3. ISAS 4. Yokohama Univ.)

Vibrationally excited nitrogen molecules play important role in the lower ionosphere. For example, recombination of O<sup>+</sup> with N<sub>2</sub> is strongly influenced by T<sub>v</sub>. Theory suggests that vibrationally excited N<sub>2</sub> molecule can give their energy to ambient thermal electrons and elevate the electron temperature. In spite of the need to know T<sub>v</sub>, no direct reliable measurement has been available so far.

We are trying to develop CCD photospectrometer in order to measure T<sub>v</sub> in lower ionosphere by sounding rocket. We discuss the parameters which are necessary to design the photospectrometer, such as emission intensity of N<sub>2</sub><sup>+</sup>, S/N ratio and gain of the light detector system.

下部電離圏 (~100km) では N<sub>2</sub> 振動励起分子が重要な役割を担っている。例えば下部電離圏の電子密度を左右する次の式



の反応係数は T<sub>v</sub> に大きく依存することが知られている。

またイオン温度 T<sub>i</sub> < 電子温度 T<sub>e</sub> の原因として窒素振動励起分子 N<sub>2</sub><sup>+</sup> が電子を選択的に加熱する次の反応が考えられている。



しかし、窒素振動温度は重要な役割を担っていると考えられているが、未だかつて実際に下部電離圏での測定がなされていない。

我々は分光計を用いたロケット搭載用窒素振動温度計の開発に取り組んでおり、基礎実験を終え実用段階に入りつつある。

<実験方法>

下部電離圏と同程度の真空度 (~10<sup>-3</sup> Torr) にしたスペースチャンパーに N<sub>2</sub> を封入する。電子銃による電子衝撃により N<sub>2</sub> を電離し、N<sub>2</sub><sup>+</sup> の励起 (B<sup>2</sup>Σ<sup>+</sup> ← X<sup>2</sup>Σ<sup>+</sup>) にともなう2本のスペクトル (4236 Å, 4278 Å) に T<sub>v</sub> をパラメータとする理論曲線をカーブフィットさせることにより適切な T<sub>v</sub> を求める。fig. 1 に基礎実験の段階でモノクロメーターと光電子増倍管 PMT によって測られたスペクトルを示す。この時は T<sub>v</sub> ~ 300° K とする有意な値が得られた。

ロケット搭載用にはコンパクトでかつ1スキャン (3800 Å ~ 4400 Å) を基礎実験で1分かけていたところを1~2秒にする必要があるため、CCD素子を用いた簡易分光計を用いる。この CCD 窒素振動温度測定器概念図を fig. 2 に示す。

目下分光計の設計基準を検討中であり、予想されるスペクトル強度に必要とされる gain、その際の S/N 比、装置間数等の詳細は学会で報告する。gain、S/N 比の大ききさ如何によりイメージインテンシファイア (I-I) による増光、ヘルツェ素子等による CCD 素子の冷却も検討する予定である。

参考文献

REACTION OF ATOMIC OXYGEN IONS WITH VIBRATIONALLY EXCITED NITROGEN MOLECULES A. L. SCHMELTEKOPF (P. S. S 1967 Vol. 15 pp. 401 - 406)

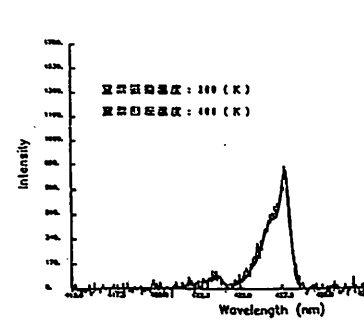


fig. 1 B<sup>2</sup>Σ<sup>+</sup> ← X<sup>2</sup>Σ<sup>+</sup> spectrum T<sub>v</sub> = 300° K

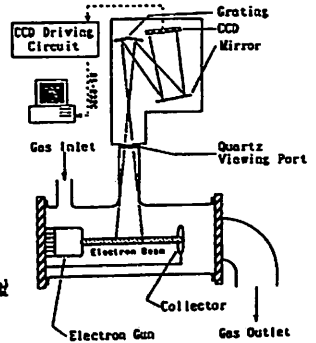


fig. 2 CCD窒素振動温度測定器概念図

E<sub>s</sub> サウンダー - NPE方探機能をもつ イオノゾンデ

中村 義 勝 Yoshikatsu NAKAMURA  
 通信総合研究所 Communications Research Laboratory, Koganei, Tokyo, 184  
 E<sub>s</sub> sounder - ionosonde with a function of NPE direction-finding

NPE direction-finding method (Tsuruda and Hayashi, 1975), developed for VLF direction-finding has been proved to be a powerful tool to detect the morphology of the ionospheric exit region of a whistler (Nakamura et al., 1989) (see Fig. 1). We propose E<sub>s</sub> sounder, which is an ionosonde having a NPE direction-finding function, to detect the morphology of ionospheric sporadic E layer.

古くから研究されているスプラジック E (E<sub>s</sub>) 層は、その名の通り、時間的、空間的に不規則に発生する電子密度の濃い層で、HF帯電波の遠距離伝播を可能にする反面、HF帯及びVHF帯の電波を反射し、特にVHF帯のテレビジョン放送、移動通信、また衛星の電波にも干渉を与える。E<sub>s</sub>層の反射高度はほぼ100-120 kmであり、多くの場合分反射をし、イオノゾンデではこれより上部の層も同時に反射が観測されるため、きわめて薄い層 (2-5 km) と考えられており、その水平方向の広がりは数10-数100 km といわれている。E<sub>s</sub>層は中緯度においては、夏期昼間に多く発生し、その発生原因については、流星による金属イオンが中性風により集められるというWind Shear理論が有力視されている。しかし、現状ではE<sub>s</sub>層の具体的な形状とその変化を観測する手段はない。もしそのようなことが可能であるなら、E<sub>s</sub>層の研究は大きく進歩するであろう。

NPE方探法<sup>1)</sup>は、VLF帯においてその有効性が確かめられており、到来電波の垂直電界成分 E<sub>z</sub> (通常垂直モノポールアンテナで測る) 及び直交、水平磁界二成分、H<sub>x</sub>、H<sub>y</sub> (通常直交ループアンテナで測る) を測定し、これら三成分の代数演算 から到来方位を求める。NPE方探方式はアンテナの指向特性を用いたゴニオメータ法と本質的に異なり、到来波が楕円偏波であっても誤差を生ずることなく (No Polarization Error)、到来方位角と到来天頂角の同時測定が可能である。図1は、1個のホイッスラがその周波数帯域 (10 kHz) 内に含む多数の周波数成分 (帯域巾 0.156 kHz) の各到来方位をNPE方探法で測定し、高度 100 km の電離層下端面に投影してプロットした例で<sup>2)</sup>、ホイッスラの電離層出

口の様相が明かである。もし短波帯においてNPE方探が可能であるなら<sup>3)</sup>、E<sub>s</sub>層の広がり、様相及びその時間変化を知ることが可能であろう (図2参照)。

最新のイオノゾンデの一つ、ディジゾンデ (Digisonde) では、電離層反射波の到来方位が測定可能であるが、到来方位の精度は方位角 30° という粗いものであり、反射層の形状を調べることは不可能である。NPE方探機能を備えることによってイオノゾンデは一層強力な観測手段となりうる。本講演ではNPE方探機能を備えた、次世代のNPEイオノゾンデ (E<sub>s</sub>サウンダ) について検討した結果について報告する。

NPE方探はVLF方探と同様に、広帯域で行うのが望ましい。図3は、図2における送信部を現用のイオノゾンデで代用する場合の簡易型の受信及び処理装置を示す。NPE方探機能をもつイオノゾンデ (E<sub>s</sub>サウンダ) の有効性を検討するために、まず図3の簡易型E<sub>s</sub>サウンダ装置で実験することが望ましい。

References

- 1) Tsuruda and Hayashi, J. A. T. P., 37, 1193, 1975.
- 2) Nakamura et al., Rev. of the CRL, 35, 81, 1979.
- 3) Nambo et al., the 81th SCEPSS, 203, 1987.

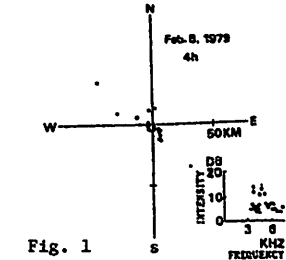


Fig. 1

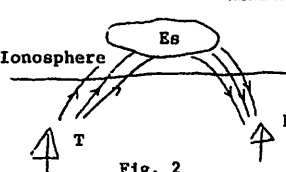


Fig. 2

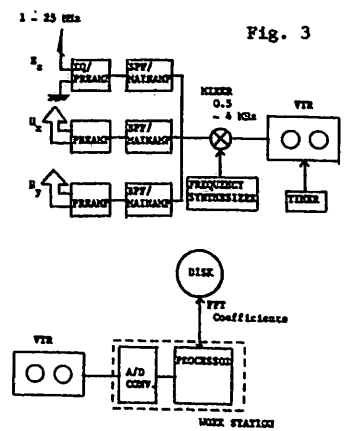


Fig. 3

B11-03 局所的な下部電離層の擾乱のもとでの VLF 電波の伝搬 -有限要素法による推定

馬場清英 (中部大工) 早川正士 (電通大)

Subionospheric Propagation of VLF Radio Waves in the Presence of Localized Perturbations of the Lower Ionosphere

Kiyohide BABA(Chubu Univ.)

Masashi HAYAKAWA(The Univ. of Electro-Comm.)

Theoretical formulations of subionospheric VLF radio propagation in the presence of localized perturbations of the lower ionosphere have been given by J.R. Wait in the three-dimensional case. This method is essentially based on the assumption that the mode conversion from one order to others can be ignored because of the slowly varying properties of the wave-guide. Detailed calculations made by Poulsen et al. showed no complicated variations of the scattered field on the ground near the perturbation. We give the two-dimensional theoretical field estimations in the VLF waves by means of Finite Element Method and show complicated field variations near the localized perturbations.

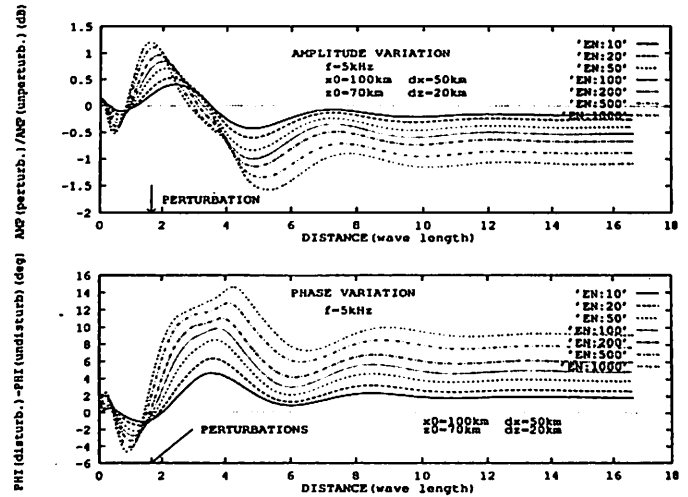
極域などで粒子降下等に起因する2次元電離層増加による夜間の下部電離層の局所的な擾乱によって電離層下を伝搬するVLF電波が影響を受け、その位相と振幅が振動を受ける。これらの現象は"Trimpi"効果と称されている。これらの現象を利用することにより、過渡的かつ局所的な電離層の局所的変動を調べる事が出来るようになった。そのためには乱れの大きさ、強さ及びそこを伝搬してくる電波の被る影響を定性的、および定量的に評価しておく必要がある。初期の段階における理論的なモデルは送信点と受信点を結ぶ大圏伝搬路(Great Circle Path)上に電離層擾乱がある2次元のものとして取り扱われていた。しかしながら測定データ等の解析からさらに一般的な取扱いが必要となり、大圏伝搬路から外れた(off-GC-path)領域にある乱れの影響を考える必要がでてきた。即ち、3次元モデルが必要になった訳である。3次元モデルでの理論的な計算方法の定式化はJ.R. Waitによって与えられ、off pathの効果も評価する事が出来る。しかしながらその計算方法は摂動法に基づいており、

導波管の伝搬媒質の変化は極めて緩やかであり、乱れのある地点でのモードの変換はないものと仮定している。従って、擾乱の地点の近傍での散乱電磁界は近似的に表されるだけである。我々は、2次元モデルではあるが、有限要素法を用いて特に擾乱近傍での電磁界を計算して地表での位相および強度の変化を評価する。

2次元の電離層と地表は平面成層モデルを用いる。電離層は等方性であると仮定する。有限要素法の定式化は2次三角要素を用いて行う。バックグラウンドの電離層電子密度は指数関数型を仮定する。局所的な電離層の電子密度の乱れは Gauss 関数型であるとする。伝搬方向を x-軸、鉛直方向を z-軸としたとき電子密度は

$$N = N_0 \cdot [1 + EN \cdot \exp\{-(z - z_0)^2/dz^2 - (x - x_0)^2/dx^2\}]$$

$N_0$ はバックグラウンドの電子密度、ENは密度の enhancement factor である。図に  $f=5\text{kHz}$ 、伝搬距離が 1000km の場合の結果の例を示す。局所的な擾乱が生じたときの地上での電磁界の変動量を示している。擾乱の近くでの振幅と位相の波動的変動が特長的である。



B11-04 火星における上層-下層大気結合

品川裕之 (通線研平磯)

Coupling of the Upper and Lower Atmospheres at Mars

H. Shinagawa (Hiraiso Solar Terrestrial Research Center, CRL)

Coupling between the upper and lower atmospheres at Mars has been studied using Mariner 9 radio occultation data. It is found that there is a good relationship between the surface pressure and the peak altitude of the ionosphere of Mars, if solar zenith angle dependence on the peak altitude is subtracted from data.

火星では非常に大規模なダストストームが時々起こり、それに伴い、下層・中層大気の加熱が起こることが観測されている。これにより火星大気全体が持ち上がり、電離層のピークの高さが増加することが予想されている。実際、Mariner 9 の初めの観測期間ではダストストームが発生し、このときの電離層のピークの高度は他の期間に観測されていたものより10-30km程度高くなっていた。この高度の増加をダストストームによるものと解釈する報告もある [Hantsch and Bauer, 1990]。Mariner 9 は火星を周回し、radio occultation の観測によって、表面から高度数十kmまでの温度、圧力分布、及び電離層での電子密度の高度分布を同時に測定した [Kliore et al., 1972]。Mariner 9 の初めの期間では大規模なダストストームが発生し、下層・中層大気の加熱が観測された。品川 [1993] は、これらのデータから、電子密度ピーク高度と表面近くでのパラメータ (温度、温度勾配、気圧など) との関係調べたが、ほとんど相関は見いだせなかった。一方、太陽天頂角と電子密度ピーク高度の場合にははっきりした相関が見られ、その傾向は、理論的なモデル (Chapman モデル) に近いが、太陽天頂角からのばらつきも多少存在している。

今回は、表面付近のパラメータと、太陽天頂角の影響を差し引いた電離層ピーク高度との相関をMariner 9のデータを用いて調べた。その結果、表面気圧と電離層のピークの高度との間に良い相関があることがわかった (図1)。気圧が

高い電離層高度が高くなる傾向が存在する。しかし、温度や温度勾配との相関は認められなかった。また、Mariner 9 の前期と後期の観測の電離層のピーク高度の大幅な違いについてはまだ明らかではない。

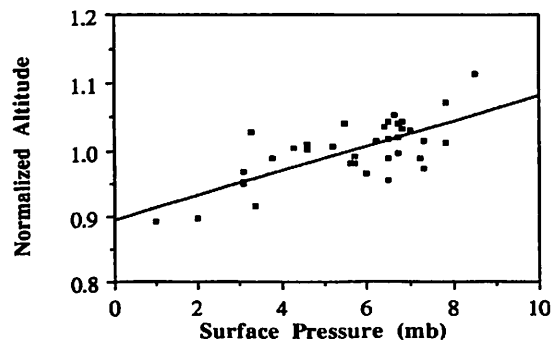


図1. Mariner 9 の後期のデータを用いた、太陽天頂角の影響を差し引いた電子密度ピークと表面気圧との関係。

参考文献

- Hantsch, M. H., and S. J. Bauer, Solar control of the Mars ionosphere, *Planet. Space Sci.*, 38, 539, 1990.
- Kliore, A. J., D. L. Cain, G. Fjeldbo, B. L. Seidel, M. J. Sykes, and S. I. Rasool, The atmosphere of Mars from Mariner 9 radio occultation measurements, *Icarus*, 17, 484, 1972.
- Kliore, A. J., G. Fjeldbo, B. L. Seidel, M. J. Sykes, and P. M. Wocehshyn, S band occultation measurements of the atmosphere and topography of Mars with Mariner 9: Extended mission coverage of polar and intermediate latitudes, *J. Geophys. Res.*, 78, 4331, 1993.
- 品川, 「火星の電離層」, 平成3年度宇宙科学研究所磁気圏・電離層シンポジウム集録, 1992.



太陽活動極小期における地磁気擾乱時の  
熱圏大気組成の変動

\*前田佐和子 (京都造形芸大) · 藤原均 (東北大理)

THERMOSPHERIC COMPOSITION PERTURBATIONS  
DURING GEOMAGNETIC DISTURBANCES AT  
LOW-SOLAR ACTIVITY

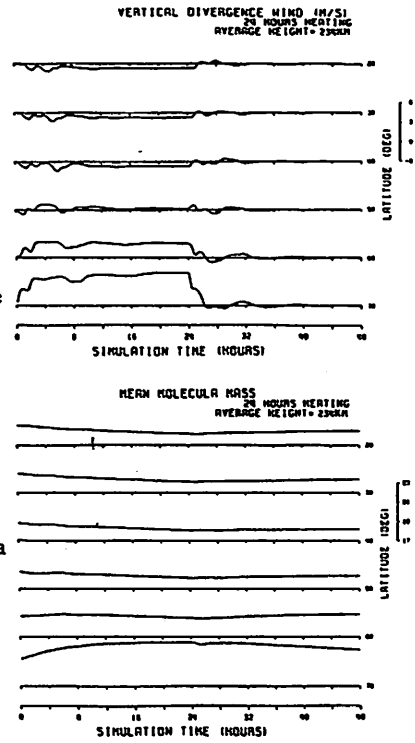
\*Sawako MAEDA<sup>1</sup> and Hitoshi FUJIWARA<sup>2</sup>

1) Kyoto Univ. of Art and Design, 2) Tohoku Univ.

Satellite observations showed that global changes of thermospheric gas composition resulted from strong heating in the auroral regions correlate with depletions of electron density in the ionospheric F2 layer (Prolss, 1980). The composition changes depend on geomagnetic storm intensity and season. Numerical simulations for a period of high-solar activity strongly suggested that the storm-induced composition changes should cause the decreases of NmF2 in high-latitudes and summer mid-latitudes (Fuller-Rowell et al., 1991). A storm-time circulation, which accompanies upwelling of air in high-latitudes, downwelling in low-latitudes and horizontal advection, is considered to be a cause of the neutral gas composition changes. Previous studies have indicated that the storm-time meridional circulation is driven by sustained heatings maintained at high latitudes (Brinkman et al., 1992, Maeda et al., 1992).

In order to study the composition changes in response to geomagnetic disturbances with various durations, numerical simulations have been

performed under a condition of low-solar activity. The main results are as follows; (1) the storm-time circulation is driven by the high-latitude heatings lasting at least 6 hours, (2) the boundary between the upwelling and downwelling of gas lies between 50° and 40° in latitudes, (3) the increase of mean molecular mass at a constant pressure level can be seen above 50° in latitudes, (4) magnitudes of the composition changes depend on the duration of geomagnetic disturbances.



References  
Brinkman, D.G., et al., J. Atmos. Sci., 49, 660, 1992.  
Fuller-Rowell, T.J., et al., J. Atmos. Terr. Phys., 53, 541, 1991.  
Prolss, G.W., Rev. Geophys. Space Sci., 18, 183, 1980.  
Maeda et al., J. Geophys. Res., 97, 14947, 1992.

極域下部 F 領域における  
イオン組成モデル

\*井上 健<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)

A Model of Ion Composition  
in the Auroral Lower F Region

\*Ken Inoue<sup>1</sup>, Takashi Shibata<sup>1</sup>, Kristian Schlegel<sup>2</sup>  
(<sup>1</sup>Denki-Tsushin University, <sup>2</sup>MPAE)

Residuals of the EISCAT ion temperature profile have been analyzed for ion composition in the altitude region between 100 and 250km during geomagnetically quiet conditions. The transition altitude between molecular and oxygen ions is found to be lower than that of the EISCAT model now in use by about 17km at maximum.

EISCAT 観測で得られたイオン温度 ( $T_i$ ) の高度分布には、下部 F 領域付近 (高度 160~230km) でシステマティックな異常がしばしば見受けられる。筆者らは、この異常分布が  $T_i$  算出時に使用されたイオン組成 (質量) モデル  $M(z)$  の不当性によるものであるとの立場から新しいイオン組成モデル  $M(z)^{new}$  を演繹した。

E および下部 F 領域において、イオン温度  $T_i$  は中性大気温度  $T_n$  と

$$T_i = T_n + \frac{m_n}{3k} (v - u)^2 \quad (1)$$

の関係で結びついている (SCHUNK, 1975)。ここで、 $k$  はボルツマン定数、 $m_n$  は中性大気質量、 $v$  はイオンのドリフト速度、 $u$  は中性大気風の速度である。式 (1) の右辺第 2 項は、 $v$  と  $u$  の速度差に起因する frictional heating を表しており、磁氣的に静穏で電界等によるイオン加速が無視できる場合には、 $T_i \approx T_n$  とみなされる。

ところで、CIRA モデルによれば中性大気温度の高度プロファイルは  $\tan^{-1}$  関数で近似される。そこで筆者らは、磁氣的に静穏な時 ( $K_p \leq$

3) のイオン温度高度分布も  $\tan^{-1}$  関数で表現されると仮定し、それを観測値  $T_i(z)$  にフィッティングすることによって正当なイオン温度分布  $T_i^{fit}(z)$  を求めた。新しいイオン組成 (質量) モデル  $M(z)^{new}$  は、この  $T_i^{fit}(z)$  と観測値および旧モデル  $M(z)$  を使用して、

$$M(z)^{new} = \frac{T_i^{fit}(z)}{T_i(z)} M(z) \quad (2)$$

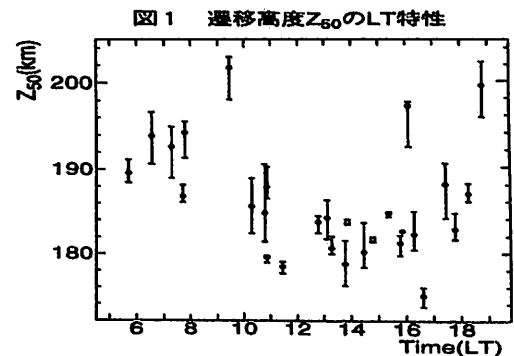
から求められる。

このようにして得られた新モデルで、イオン組成が  $O_2$  から  $O^+$  へ遷移する中間高度  $Z_{50}$  を求めたものが図 1 である。14LT 頃に  $Z_{50}$  が最低高度となっており、日変化の存在が認められる。なお、この 14LT 頃の  $Z_{50}$  は旧モデルによる値よりも約 17km 低くなっている。

紙面の制約により、詳しい議論は講演時に譲る。

参考文献

SCHUNK, R. W. (1975), Planet. Space Sci., 23, 437~485.



野澤 裕徳、藤井 良一、松浦 延夫 (名大太陽研)、アスゲイア・ブレッケ (トロンソ大)

A Study of the E-region Neutral wind using EISCAT data

Satonori Nozawa<sup>1</sup>, Ryoichi Fujii<sup>1</sup>, Nobuo Matuura<sup>1</sup> and Asgeir Brekke<sup>2</sup>  
<sup>1</sup> STE Lab., Nagoya University <sup>2</sup> IMR, University of Tromso

From statistical analyses of the EISCAT CP-1 data obtained from 1987 through 1991, Brekke et al. (1993) established background neutral wind velocity patterns for each season and found significant seasonal variations on eastward zonal mean wind, which is the largest in summer and the smallest in winter. Nozawa and Brekke (1993) investigated the mean neutral winds as well as tidal winds under disturbed and quiet geomagnetic conditions and indicated that a) for mean wind, the seasonal variation is more outstanding than the variation due to auroral activity, and b) for the tidal winds, the differences between quiet and disturbed time periods are identified above 109 km and become clearer with the increase of height.

This paper presents results from case study analyses of the CP-1-H data obtained during two consecutive periods; September 21-25, 1987 and March 16-20, 1988. The CP-1-H provides ionospheric quantities at four heights in the E-region (101, 109, 119 and 132 km) and at one height in the P-region (278 km). The data analyses are made in the approximately same way as those by Brekke et al. (1993), but averaging technique is not used here.

The experiment on September 21-25, 1987: This experiment started out at 0800 (UT) on Sep 21 and ended at 0800 (UT) on Sep 25. A

large data gap occurred from about 1500 (UT) on Sep 21 to 0800 (UT) on Sep 22 for all heights. During this period three days are geomagnetically quiet days and one day is a disturbed day according to Ap index.

The experiment on March 16-20, 1988: This experiment started out at 0900 (UT) on Mar 16 and ended at 0900 (UT) on Mar 20 with a good data coverage under low geomagnetic activity throughout the period.

We will present mean wind patterns as well as tidal wind patterns such as 24, 12, 8 and 6 hour components, deduced from these two experiments with FFT algorithm. Comparisons between the present results and the statistical results will also be presented.

References:

Brekke A., S. Nozawa and T. Sparr 1993, submitted to J.G.R.  
 Nozawa S. and A. Brekke 1993, submitted to J.G.R.

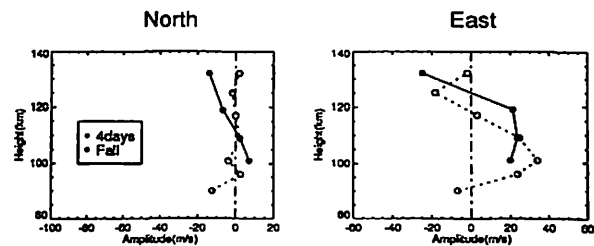


Figure A comparison of northward and eastward mean winds between the results from the experiment on September 21-25 and the fall background neutral wind from Brekke et al. (1993).

Comparison of electron spectra calculated from EISCAT electron density profiles with those observed by DMSP satellites

R. Fujii,<sup>1</sup> S. Nozawa,<sup>1</sup> M. Sato,<sup>1</sup> T. Ono,<sup>2</sup> A. Brekke,<sup>3</sup> C. Hall<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>STEL, Nagoya University, <sup>2</sup>Nat'l Inst. Polar Res., <sup>3</sup>The University of Tromso

The incoherent Scatter (IS) Radar (e.g., the EISCAT radars) have provided us a unique and powerful tool to measure ionospheric electrodynamic parameters such as electric fields, electron densities, electron/ion temperature and neutral wind velocities. An important parameter which the IS radars are not able to measure directly is, however, an energy distribution (=spectrum) of precipitating electrons. The electron spectrum gives us useful information, in particular, on which domain, CPS, BPS, LLBL, etc., we are looking at and these domains have been defined and identified with peculiar characteristics of their spectra obtained from satellites' observations [Winningham et al., 1975; Eastman et al., 1976; Newell and Meng, 1991]. Hence, it is very much desirable to establish a method for the inversion problem from the altitude profile of electron density to spectra of precipitating electrons and it will remarkably reinforce the capability of the IS radar measurements. This inversion problem has been solved in the past by two methods; UNTANGLE [Vondrak and Baron, 1975] and CARD [Brekke et al., 1989], but these two methods have not as yet been sufficiently checked if they really give us electron spectrum same to those simultaneously observed with satellites.

In this paper we present a preliminary result obtained from a case study by using simultaneous observations (1988-1990) between the EISCAT Common Program 1 at Tromso (geogra. lat.: 69.67°, geogra. long.: 18.95°, inv. lat.: 66.48°, mag. long.: 103.54°) and the DMSP F8 & F9 satellites. The data we have used are listed below.

Simultaneous observations between EISCAT and DMSP

Year/Month/Day	Time period(UT)	Distance(km)	Kp index
1) 1988/05/03	1830 - 1831	27.8	1+2-2-.1,1,2, 3-3-
2) 1988/05/03	2148 - 2150	15.4	1+2-2-.1,1,2,3-, 3-
3) 1988/09/01	0328 - 0329	45.3	4,5-,3+3+,4-3,3-
4) 1988/09/07	0649 - 0650	30.0	1,2,2+.1+,1,0+,1-,1-
5) 1989/07/31	1818 - 1820	90.7	2-,1,1+,1-,1,1-, 1,2
6) 1989/08/02	0648 - 0650	25.1	3-,2-,2+,1,1-,1,2-
7) 1989/08/03	0805 - 0805	72.5	2,2,2-,2-,1-,1,0+
8) 1989/09/06	0319 - 0321	42.1	2,3-,2+3-,3+3+,3,2
9) 1989/09/06	0646 - 0648	10.0	2,3-,2+3-,3+3+,3,2
10) 1990/04/10	0318 - 0319	65.6	4,5+,7,8-,8,7+,7+,6
11) 1990/06/13	0633 - 0635	69.3	8-,6-,5-,6+,5-,5-,4-
12) 1990/09/27	0638 - 0640	4.7	3-,2+,3-,2-,2+,2-,1,1+
13) 1990/11/28	0330 - 0331	33.8	4,5-3,2,2,2+,4+,2

Brekke, A. et al., Auroral ionospheric conductance during disturbed conditions, *Ann. Geophys.*, **7**, 269-280, 1989.  
 Eastman, T. E. et al., The magnetospheric boundary layer: Site of plasma, momentum and energy transfer from the magnetosheath into the magnetosphere, *Geophys. Res. Lett.*, **3**, 685-688, 1976.  
 Newell, P. T. and C.-I. Meng, Mapping the dayside ionosphere to the magnetosphere according to particle precipitation characteristics, *Geophys. Res. Lett.*, **19**, 609-612, 1992.  
 Vondrak, R. R. and M. J. Baron, A method of obtaining the energy distribution of auroral electrons from incoherent scatter radar measurements, in *Radar Probing of the Auroral Plasma*, edited by A. Brekke, pp.315-330, Universitetsforlaget, Oslo, 1975.  
 Winningham, J. D. et al., The latitudinal morphology of 10 eV to 10 keV electron fluxes during magnetically quiet and disturbed times in 2100-0300 MLT sector, *J. Geophys. Res.*, **80**, 3148-3171, 1975.

**B11-09 MU レーダー/可搬型 VHF レーダーによる  
E 領域沿磁力線イレギュラリティーの波動構造の研究**

◎玖村深<sup>1</sup>, 山本衛<sup>1</sup>, Roland T. Tsunoda<sup>2</sup>,  
小川忠彦<sup>3</sup>, 五十嵐喜良<sup>3</sup>, 深尾昌一郎<sup>1</sup>

(1. 京大超高層, 2. SRI International, 3. 通総研)

**A Study of Wavelike Structure of the E-Region  
Field Aligned Irregularities  
Observed with the MU Radar and a Movable VHF Radar**

◎F. Kumura<sup>1</sup>, M. Yamamoto<sup>1</sup>, Roland T. Tsunoda<sup>2</sup>,  
T. Ogawa<sup>3</sup>, K. Igarashi<sup>3</sup>, S. Fukao<sup>1</sup>

(1. RASC Kyoto Univ., 2. SRI International, 3. Communications Res. Lab.)

We have studied the E-region field aligned irregularities by the multibeam and the interferometry observations with the MU radar. They have shown that the irregularity drift velocity is usually westward, and that the wavefront propagates south-westward. In the period from the end of May to the end of July, 1993, we conducted a joint experiments with the MU radar and a movable VHF radar which was located about 40km north of the MU radar. The radar is called FAR (=Frequency Agile Radar), and was operated at 43.72MHz with 16kW peak output power. From simultaneous observations in May 27~June 4, June 18~June 20 and July 19~July 26, it was found that the wavefront propagated south-westward.

**はじめに**

これまでに我々は、MU レーダーを用いた多ビーム観測、干渉計観測により電離圏 E 領域沿磁力線イレギュラリティー (FAI=Field Aligned Irregularities) の観測を行ってきた。その結果多ビーム観測から、波動の東西伝播特性について、ほとんどの観測例について、西向きに伝播していることがわかった。また、干渉計観測からは、FAI エコーが筋状に北西から南東に 10~20km の間隔をおいて分布し、時間とともに南西に伝播することがわかった。今回我々は、FAI の南北水平構造の解明を主目的として、可搬型 VHF レーダーと MU レーダーによる協同観測を行なった。

**MUR/FAR 共同観測の概要**

東西水平方向だけでなく南北方向にも広がりのある観測を行なうために、FAR (Frequency Agile Radar) と呼ばれる可搬型 VHF レーダーを MU レーダーの北方約 40km の地点に設置して、二つのレーダーによる協同観測を実施した。FAR は 4 台×2 列の同軸コリニアアンテナを持ち、周波数、送信出力、レンジ分解能はそれぞれ、43.72MHz, 16kW, 3km である。FAR の観測期間は 5 月末から 7 月末であったが、このうち、5/27

~6/4, 6/18~6/20, 7/19~7/26 の各期間は、MU レーダーとの同時観測を行なった。MU レーダーによる多ビーム観測と FAR による観測を組み合わせることで、空間的により広い範囲を観測することが可能となった。図 1 に、MU レーダー、FAR の位置関係と、それぞれの観測ビームの配置図を示す。図中の東西にのびる実線は、高度 100km においてビームと地球の磁力線が直交する水平位置を表したものである。

**観測結果**

1993 年 6 月 20 日から 21 日にかけての同時観測の結果について報告する。MU レーダーによる多ビーム観測では、20 日 23:00~21 日 1:00 にかけて、短時間で発生と消滅を繰り返す筋状のエコー (準周期エコー) が東から西に伝播していく様子が観測された。MU レーダーの各ビームと FAR から得られるエコー強度の時間・高度分布図を比較すると、FAR から得られる分布図においては、MU レーダーから得られる分布図に見られるほど明確には準周期エコーの形は見られないが、短時間で発生と消滅を繰り返すエコーの姿ははっきりと見られた。また、MU レーダーの西から 8 番めのビームと FAR の観測結果において、イレギュラリティーの発生と消滅のパターンがよく似ていて、その時刻もほぼ同じであることがわかった。これより、波動構造を持ったイレギュラリティーが上の 2 地点で同時に観測されたとすれば、その 2 地点を結んだ線が波面に相当すると考えられる。これは、波動は南西に伝播するというこれまでの観測結果に一致するものである。

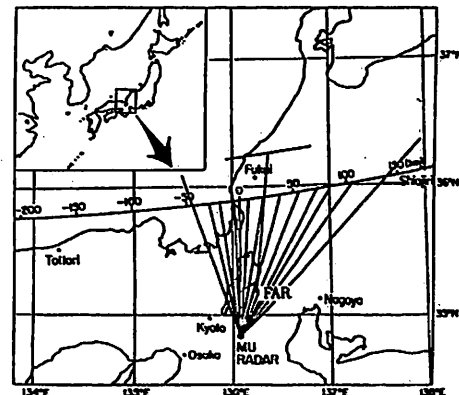


図 1. MU レーダー、FAR の位置関係とそれぞれのビーム配置図

**B11-10**

**High Resolution Interferometry Studies of E-region  
Field-Aligned Irregularities on the MU Radar**

◎W.O.J. Brown, S. Fukao, M. Yamamoto and \*R.T. Tsunoda

(Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University, Uji, Kyoto 611)

(\*Geoscience & Engineering Center, SRI International, Menlo Park,  
California 94025, U.S.A.)

Mid-latitude VHF radars such as the MU radar generally do not detect strong backscatter from the ionosphere. An exception to this is the scatter that occasionally occurs from irregularities aligned with the Earth's magnetic field. Examples of observations of this scatter on the MU radar were reported by Fukao et.al. (1988).

One particularly interesting form of the scatter are the intense quasi-periodic echoes that often occurs for several hours after sunset in the E-region, reported on the MU radar by, for example, Yamamoto et.al. (1992). These echoes appeared to be related to sporadic-E layers as observed on a nearby ionosonde. Tsunoda et.al (1993) has suggested a mechanism to explain these observations based on gravity wave modulation of sporadic-E layers.

Yamamoto et.al. (1992) made a study of the quasi-periodic echoes using interferometry to determine the small scale angular distribution and motion of the irregularities. This study is continuing those observations using higher resolution to investigate the still smaller scale structure and behaviour of the irregularities. Also, as well as interferometry, this study is making a simple spaced antenna analysis to determine the apparent velocities of the irregularities. Examples of preliminary results of the study will be presented.

**References**

- Fukao, S., J.P. McClure, A. Ito, T. Sato, I. Kimura, T. Tsuda and S. Kato, *Geophys. Res. Lett.*, 15, 768-771, 1988.
- Tsunoda, R.T., S. Fukao and M. Yamamoto, *Rad. Sci.*, (submitted), 1992.
- Yamamoto, M., N. Komoda, S. Fukao, R.T. Tsunoda, T. Ogawa and T. Tsuda, *Rad. Sci.*, (submitted), 1992.

**LTCS-2 (1988年12月5日~10日)の期間における MUレーダーIS観測**

永田修一<sup>1</sup>・高見友幸<sup>2</sup>・深尾昌一郎<sup>1</sup>・津田敏隆<sup>1</sup>・山本 衛<sup>1</sup>  
 (<sup>1</sup>京大超高層 <sup>2</sup>ボストン大)

**IS observation with the MU radar during LTCS-2 campaign**

<sup>1</sup>S.Nagata<sup>1</sup>, T.Takami<sup>2</sup>, S.Fukao<sup>1</sup>, T.Tsuda<sup>1</sup> and M.Yamamoto.<sup>1</sup>  
 (<sup>1</sup>RASC Kyoto Univ., <sup>2</sup>Center of Space Physics, Boston Univ.)

The observations of F-region ion drifts and electron density with the MU radar have been conducted during LTCS-2 campaign (5~10 December 1988). We present the daily variation of quiet-time ion drifts and the influence of geomagnetic disturbances to the ion drifts in this period. We also present statistical results of ion drifts obtained by monthly observations (September 1986 ~ December 1992).

**観測期間**

LTCS-2(Lower Thermospheric Coupling Study)ではそのキャンペーン期間(1988年12月5日~10日)に中間圏・熱圏・電離圏の共同観測が全球規模で行われた。MUレーダーもこれに参加しており、12月4日から12日にかけてF層のイオンドリフト及び電子密度の連続観測を行っている。

この期間の地磁気活動は4日、10日の夜間、更に11日の夜間から12日にかけて各々中規模の擾乱が発生した他は静穏であり、特に5日の朝から10日午前まではほとんどの時刻で $Kp \leq 1+$ であった。

**解析結果**

図1にこの期間のF層イオンドリフトの東西成分(磁力線直交方向)の変動を示す。静穏状態が続いた期間のうち6日午後から10日午前に着目すると、若干の日日変動が見られるものの周期的な日変動を示しており、しかもその振幅は日ごとに増大していく傾向にある。この傾向はドリフトの南北成分(磁力線直交方向)にも同様に見られているが、ドリフトの東西・南北両成分はE・F層ダイナモを通じて熱圏風系と密接に関係しており、持続する静穏状態のなかで熱圏風の1日周期成分は安定し、更にその振幅を徐々に増大させる、という可能性を示唆している。

一方5日から6日午前にかけては先に見られたような静穏日の変動パターンがまだ定まっておらず、前期間の地磁気擾乱時に発生した熱圏風系の変化が回復せずに残っていることを示している。

また11日の夜以降のドリフトは擾乱直後から西向きに大きな変化を示しており、磁気圏からの影響を示唆している。

講演ではLTCS-2の期間におけるMUレーダーの観測結果について詳細に検討するとともに、先に述べた

- 1日周期成分の増幅
- 熱圏風系の静穏時状態への回復
- 擾乱時における西向きイオンドリフトの付加

についての統計的解析結果も併せて議論する予定である。

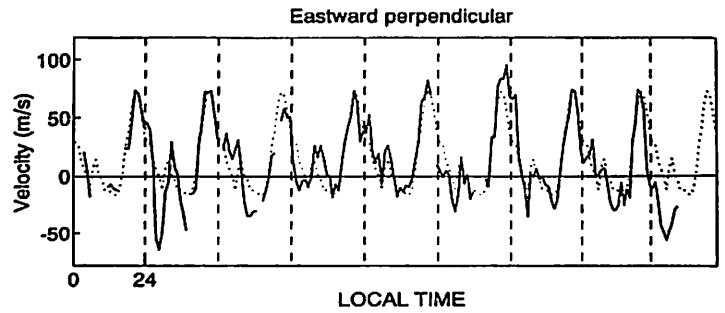


図1 MUレーダーで観測された1988年12月4日~12日におけるF層イオンドリフトの東西成分(磁力線直交方向)。点線は6日~10日の平均日変動を示す。

**GPSを利用した全電子数観測序報: MUレーダとの同時観測**

松浦延夫・藤井良一・野澤悟徳・築地義雄・山口敏明・今泉敏雄

(名古屋大学太陽地球環境研究所)

中村卓司(京都大学超高層電波研究センター)

Preliminary Report on Total Electron Content Measurements with GPS-TEC Meter: Simultaneous Observation with MU Radar

Nobuo Matuura, Ryoichi Fujii, Satonori Nozawa, Yoshio Tsukiji, Toshiaki Yanaguchi, Takeo Imaizumi (STE Lab., Nagoya University) Takuji Nakanura (RASC, Kyoto University)

Abstracts: GPS (Global Positioning System) satellites transmit radio waves of two frequencies, L1 wave(1.57542 GHz) and L2 wave(1.22760 GHz), upon which a similar code (P-code) is superposed. Total electron content (TEC) within the column along the line of sight between a GPS satellite and a receiver on the ground can be measured by detecting the difference in the propagation delay times between two radio waves with a correlation technique applied to the received P-codes. TECs observed simultaneously from both GPS method and MU radar method in which the radar beam was steered so to track the GPS satellite were compared and discussed.

**概要**

GPS (Global Positioning System:汎地球測位システム)の衛星

は、高度 20,183 km、周期 0.5 恒星日(11時間58分)、軌道傾斜角63度の円軌道を飛行し、6 軌道面に各 4 個の衛星(最終段階)が配置されるので、地球上のどの場所でも 3 乃至 4 個の衛星が常に視野内にあることになる。GPS衛星は2周波(L1波: 1.57542 GHz、L2波: 1.22760 GHz)の電波に同一の周波数拡散方式信号(Pコード)を重畳して無指向的に送信しているため、地上で受信した2周波の電波に重畳された信号の相関処理を行うことにより、衛星・受信点間の伝搬遅延時間差、即ち、GPS-地上受信点間の全電子数(TEC)を得ることができる。

この原理に基づいて全電子数を測定する装置がGPS-TECメータであり、太陽地球環境研究所では同装置による観測を1991年末から行っている。同装置は、電離圏の二次元的状態を把握する上で有効であるとともに、設置の手軽さ、観測・データ処理の自動化による省力性、比較的低コスト等の利点をもつので、今後同装置の利用度が増加するものと考えられる。この意味で、GPS-TECメータの測定精度等の基礎的特性を十分に認識しておく必要がある。その一環として、MUレーダとの同時観測を行い、GPS法及びMUレーダ法の両者により得られたTECの比較、検討を行った。また、十分な精度の基に行われるGPS法とISレーダ法によるTECの同時観測は、プラズマ圏の電子密度情報を与えるので、有効な観測手段となり得る。

MUレーダの主ビームを時間間隔10分毎に移動させてGPS衛星を追尾することにより、同一視線方向に沿った10分間平均のGPS-TEC及びMU-TECを求めた。MUレーダのビームは、天頂角30度以下に制限し、MUレーダによる電子密度は、イオンゾンデによる15分毎観測のfoF2値を用いて、F2ピークの電子密度を校正した。MU-TECは、高度範囲約200 kmと約500 km(S/N ≈ 1)の間の全電子数であり、GPS-TECより低いことが予想されたが、同時観測の結果は予想以上に大きい差を示した。その原因についての検討結果を述べる。

B11-13 デジタル電離層観測機 DGS-256による  
電子密度高度プロファイルの観測  
\* 永山 幹敏, 五十嵐 喜良 (通信総合研究所)

N(h) Profile Observations  
with DGS 256  
\* M. Nagayama and K. Igarashi  
Communications Research Laboratory.

Abstract

Digital ionosonde DGS-256 have been operated at Kokubunji station by the Communications Research Laboratory. The electron density profile N(h) are automatically calculated with the ARTIST(Automatic Real Time Ionogram Scaler with True Height) software. We present the several N(h) observation results rescaled with ADEP (ARTIST Data Editing and Printing) system. The electron density profile in altitude is very valuable for an detection of TID, a validation of ionospheric modeling and so on.

DGS-256電離層観測機は、デジタル方式の観測機で、イオノグラム観測、ドリフトモード観測等行え、複数台で斜入射観測も可能である。

イオノグラムは、正常波、異常波及び斜め受信波の分離を行い収集する。取得されたイオノグラムから強度情報を基に、自動読み取りソフトウェア(ARTIST)を用いて、14項目におよぶ各種パラメータ、及び電子密度高度プロファイルの自動読み取りを、観測終了後、直ちに実施しカセットテープに格納し、且つディスプレイに表示する。自動読み取りに不具合のあるデータは、カセットテープをデータ編集装置(ADEP)に掛けるて読み直し、作表等出力する。

図1は、1993年6月18日の自動読み取りパラメータ及び高度プロファイルを示している。上段の図は、 $F_oF_2$ 、 $F_oF_1$ 、 $f_oE$ 、 $h'F$ 、 $h'F_2$ 、及び $h'E$ の日変化を示し、下段の図は、高度プロファイルの日変化を示している。横軸は時間(UT)、縦軸は高度(km)で、プラズマ周波数1.0MHzから0.5MHz毎の等高線で表示している。

この電子密度高度プロファイルの結果から、TIDの遅延検出を試みた結果等を報告する。

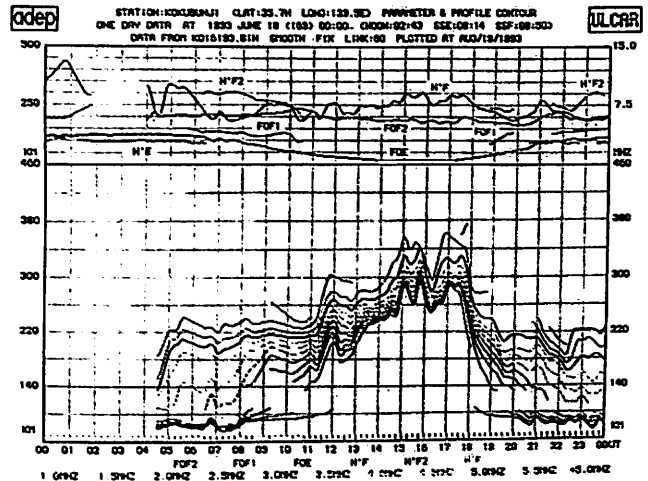


図1 Plasma frequency contours vs time for 17 June 1993 from kokubunji. The top panel indicates foF2, foF1, foE, h'F, h'F2 and h'E over the 24 hour period from 00:00UT to 23:59UT. The bottom panel shows plasma frequency contours in true height and time. Contour lines are spaces at 0.5MHz intervals.

B11-P2-14 OI 557.7nm夜間大気光の木曾・蔵王  
での同時全天イメージング観測

\*新原洋祐<sup>1</sup>、岡野章一<sup>1</sup>、高橋幸弘<sup>1</sup>、久保田実<sup>1</sup>、大久保一郎<sup>1</sup>、  
阿部利弘<sup>1</sup>、福西 浩<sup>1</sup>、木山喜隆<sup>2</sup>、深尾昌一郎<sup>3</sup>  
1: 東北大理 2: 新潟大理 3: 京大超高層

Simultaneous observations of night airglow at Kiso and Zao using Multicolor All-sky Imagers

\*Y.Niihara<sup>1</sup>, S.Okano<sup>1</sup>, Y.Takahashi<sup>1</sup>, M.Kubota<sup>1</sup>, I.Okubo<sup>1</sup>,  
T.Abe<sup>1</sup>, H.Fukunishi<sup>1</sup>, Y.Kiyama<sup>2</sup>, S.Fukao<sup>3</sup>  
1: Geophysical Institute of Tohoku University  
2: Faculty of Science, Niigata University  
3: RASC, Kyoto Univ.

Airglow observations with the Multicolor All-sky Imaging System (MAIS) have been made routinely at Zao observatory (140.56° E, 38.09° N) since December, 1991. We have succeeded in simultaneous observations of OI557.7nm emissions at Kiso and Zao by insatting a similar all-sky imager at Kiso observatory (137.63° E, 35.80° N) in May, 1993.

多波長全天撮像装置(MAIS)を用いた観測は1991年12月以降蔵王観測所(140.56° E, 38.09° N)で新月期間の暗夜に行なわれており、各波長の夜間大気光の様々な変動現象が捉えられている。今回は、新たにMAIS 2号機を今春東京大学理学部天文学教育研究センター木曾観測所(137.63° E, 35.80° N)に設置し、2台のMAISによる大気光の同時観測をすることに成功した。これによってより広い範囲の現象を追う事が出来る。また図1に示す様に木曾のMAISの視野はMURレーダーの観測域をカバーするので両者のデータの比較が可能となる。

1993年5月26日/27日のOI 557.7nm大気光のデータの解析から、2つの顕著な変動現象が認められた。まず真夜中の0時から1時にかけて波動状構造が南西から北東に向かって移動していき(速度は約100m/s)、次に1時から3時にかけて新たな増光部が南に出現

し、それが北へ拡大していく(速度は約100m/s)のが見られた。これらの現象は木曾、蔵王両方のデータで見られる。この原因として大気重力波の伝播が考えられるが、MURレーダーやイオノゾンの電離層データと比較し、詳しく考察する予定である。

1993/05/27

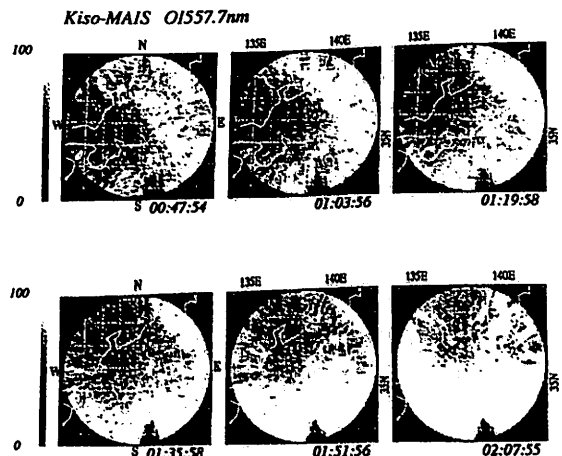


図1 1993年5月27日00時47分~02時07分(JST)におけるOI 557.7nm大気光の全天イメージ。中心は東京大学理学部天文学教育研究センター木曾観測所(137.63° E, 35.80° N)の天頂にあたる。相対輝度で表示している。露出は120秒。

The preliminary test for the instrumental function of the Gardian probe is prepared by setting the cylindrical sensor in the laminar air flow with the intention of confirming characteristics of the flow and a relation between the probe voltage and the ion current.

強制開傘型パラシュートは前回迄にバルートと呼ばれていた緩降下型特殊気球のことを言い、高度50~80km領域で超音速状態を実現することが可能であるので、プラズマのプローブ観測に迫っている。ガーディアンプローブは大気中の正負のイオン密度を測定する装置で、降下方向と中心軸が一致するように搭載された同軸二重円筒形コンデンサーをセンサーにしており内外電極に挿入電圧を印加して中心電極に流れる微小電流を測定する。その基礎実験計画の概略を述べる。

直径20cm、厚さ5mm、長さ1mの円筒形の透明樹脂材料の中に大気を流して層流を得る。送風用ファンを一端に固定して回転させ真空掃除機のように排気して筒の他端から大気を吸引させる。吸引端に層流を作るために蜂の巣状のメッシュを設置する。流れの状態は線香の煙か、特殊油を放電点火して発生させた煙の流れの状態を写真撮影して調べる。最も流れが層流に近い部分にアルミ製の実験用筒型GPプローブのセンサー〔内側電極外径、 $a=0.03$  [m] 外側電極内径： $b=0.1$  [m]、長さ： $L=0.7$  [m]〕を設置する。流速を測定して流量を計算する。印加電圧は一定として、中心電極電

流は検流計で測定する。

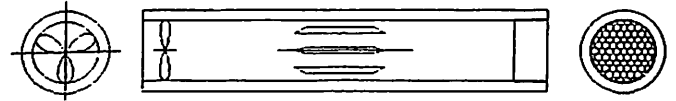
プローブ等価容量値： $C_{00}=2\pi\epsilon_0\cdot L/\ln(b/a)=32.34$  [pF]、センサー吸引面積： $S=\pi(b^2-a^2)$  [m<sup>2</sup>] で、大気の電気伝導度： $\lambda=10^{-14}$  [mho/m]、イオン密度： $N=10^9$  [m<sup>-3</sup>]、流速： $V=1$  [m/sec] の場合、流量： $\phi=S\cdot V$  [m<sup>3</sup>/sec]、イオン移動度： $\kappa=\lambda/eN$ 、飽和イオン電流： $i_s=eN\phi=4.6$  [pA]、飽和電圧または臨界電圧： $v_s=\epsilon_0\phi/\kappa C_{00}=125$  [V] となる。

電離源として蛍光灯、紫外線光源、あるいは、特殊放射性物質を使用しその強弱でイオン密度を変化させる。また、センサー内側をアクアダックでコーティングした場合や室温による影響も考える。

大気汚染効果を調べる為に吸引口側で火を燃やしたりオゾンナイザーでオゾンが発生させてみることも試みる。

流れを得るために風洞実験設備を利用することと、振動の少ない自動車やヘリコプターに積載する方法、航空機や気球から落下させる方法なども検討を行なう。

第一図は室内実験用の設備の概略を表したものである。一端に吸引用のブローと駆動部分があり、他端には流入する大気の流れを層流にするための蜂の巣状のメッシュが設置されていて、ガラス管の中央部分には、特性を測定するためのガーディアンプローブを置いている。



トウィーク空電を用いた低緯度帯電離層高度観測  
大矢浩代、島倉信 (千葉大学)

Observation of the ionosphere altitude of low latitudes by using  
Tweek atmospherics  
Hiroyo Ohya and Shin Shimakura (Dept. of Electrical Eng.,  
Chiba University)

The ionosphere altitude of Tweek atmospherics, whose frequency is varying with time, is discussed by using a new method. This is the method analysing phase of those waves in time domain. As a result, the ionosphere altitude in night time is about 90 km.

1. はじめに

トウィーク空電の伝搬パラメータ (cut-off 周波数、雷の発生時刻、伝搬距離) を時系列のまま推定するシステムが開発された。これは従来の方法に比べて伝搬パラメータを精度良く求めることができる。また大量の空電を解析し大規模の電離層擾乱を調べるためにデータ処理の自動化が必要である。そこで自動的にトウィーク空電を抽出するシステムが開発され、演算時間が短縮された。この一連のシステムにより、cut-off 周波数から電離層高度の長期間の時間変化を調べることが可能となった。本研究ではその結果を示し、 $K_p$  指数との関連性について考察する。

解析に使用した空電は名古屋大学太陽地球環境研究所母子里観測所で1992年2月7日9:50-2月10日20:50 (UT) の毎時50分-51分に得られたトウィーク空電 (磁場1成分) である。

2. 解析方法

自動空電抽出システムでは、中心周波数4kHz、3kHz、2kHz、バンド幅200Hzの各周波数成分の到達時間差から空電であるかを判断している。また解析システムでは、疑似空電を作成し、観測信号と疑似空電の位相差を収束させることにより、伝搬パラメータを推定している。この伝搬パラメータのうち、cut-off 周波数から、伝搬路の平均的電離層高度を求めることができる。

3. 結果

図1に各1分間に含まれている空電約50個から求められた電離層高度の平均値の時間変化を示す。電離層高度は約88kmで、夜間の電離層高度は90km前後であるという従来の結果と一致している。また図1は解析した期間の中で最も電離層高度の時間変動が大きい。特徴的な点は12:50分までは電離層高度は下降しているが、その後上昇するという変動がみられることである。この電離層高度変化は $K_p$  指数の大きさだけでなく時間変動と関連がある可能性がある。

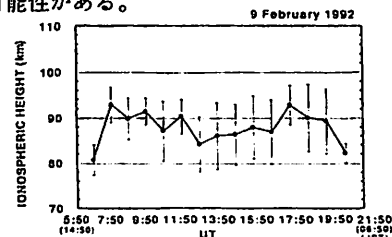


図1:1992年2月9日(UT)の電離層高度の時間変化

# B11-P2-17 1964年12月の地磁気 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 December, 1964

M. Takeda (Faculty of Science, Kyoto University)

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

前回の発表では、地磁気Sq場のUT変化を調べるために1964年12月1カ月間について、Takeda (1984)の方法を赤道について非対称な場合に拡張した球関数解析によりUT1時間毎にSq等価電流系を求めた。今回は、まずUT変化について各UT別に1カ月通した平均場を求めてその特徴をさらに詳しく調べた。その結果、地球外部電流系についてはUT14-18時頃には、南北対称に近くなる一方、UT4-8時頃には北半球の電流渦がほぼ消滅し、南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UT変化は主に地理緯度と地磁気緯度のずれに起因するものとみられる。また、もとの等価電流系からそれぞれのUTの1カ月平均場を差し引いた電流系を求めるというTakeda and Araki (1984)の方法により、逐日変化を24時間×31日の等価電流のUT平均場への付加場の変動として調べた。その結果、前回の1980年3月の解析結果と同様に、Sq場の強弱がUT方向に10時間弱程度・日方向に2-3日程度続く現象がしばしば見いだされた。逐日変化について詳しくは学会時に述べる。

## References

Takeda, M. and T. Araki, *J. A. T. P.*, **46**, 911-915, 1984.  
Takeda, M., *J. G. G.*, **36**, 215-228, 1984.

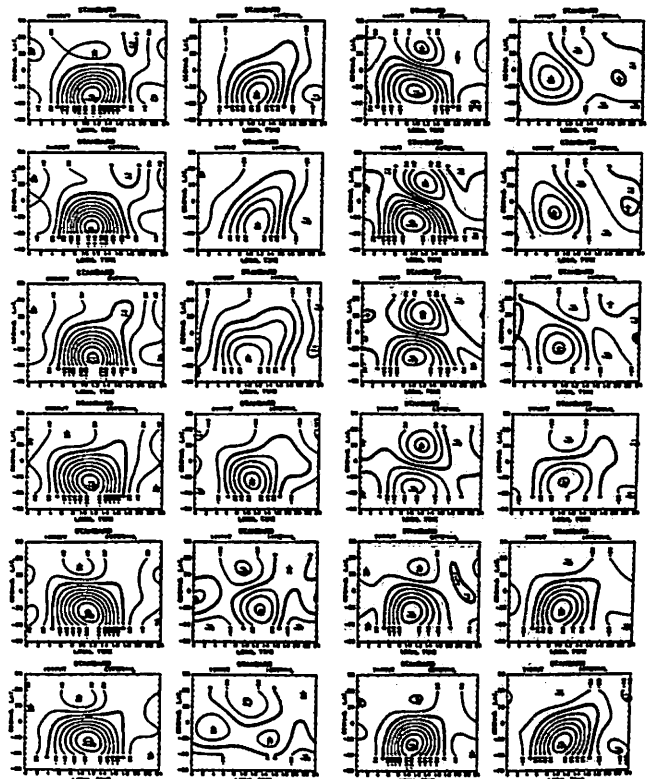


Fig. 1 UT variation of the equivalent Sq current in December 1964.

# B11-P2-18 大気重力波に伴う 電離圏擾乱の鉛直構造

藤弘篤<sup>1</sup>, 井上健<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 Structure of AGW Associated Ionospheric Fluctuations

A.Fujihiro<sup>1</sup>, K.Inoue<sup>1</sup>, T.Shibata<sup>1</sup>, K.Schlegel<sup>2</sup>  
(<sup>1</sup>Denki-Tsushin University, <sup>2</sup>MPAE)

The vertical structure of AGW (atmospheric gravity wave) associated ionospheric fluctuations for the 100~240km altitude range in the daytime has been investigated by making use of the data provided by the EISCAT experiments. Two-dimensional spectral analysis with respect to frequency and vertical wavenumber of the fractional ion temperature fluctuations has shown that the dominant part of wave energy is carried by the upgoing wave, whose vertical wavenumber satisfies the theoretical allowance for the internal gravity waves in the presence of the atmospheric viscous dissipation.

EISCAT-UHF システムによる CP-1 観測モードでは、極域 E, F 領域の電子密度、電子およびイオン温度、イオンの視線方向ドリフト速度等を、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、それらプラズマパラメータのうち中性大気の変動に追従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 100~240km 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波動パラメータを調査している。

極域電離圏を対象とする場合に留意すべきは、とくに磁気擾乱時に予想される電界や降下粒子等の影響を注目する大気波動関連のものから除外する点にある。そのため解析にあたっては、 $\Sigma K_p$  が 10 以下の磁氣的に静穏な日のデータが選ばれている。

波動パラメータを求めるために、時間と高度のフレームで 2次元スペクトル解析 (LIM and MALIK, 1981) を施した。図 1 は結果の 1 例で、1988 年 9 月 7 日の 0430~1640UT における平均的 2次元スペクトルを周波数-鉛直波数座標で示している。スペクトル強度の分布を 5dB 間隔である。図中の波線は、大気粘性による減衰効果を考慮した場合にその高度で理論的に存在可能な大気重力波内部モードの最大鉛直波数を周波数に対して描いたもので、観測領域内の 2つの代表的高度 (150km と 200km) のものが示されている。図より、擾乱のほとんどのスペクトル成分は理論曲線内に限定されており大気重力波によるものであることが裏付けられ、さらに卓越成分はその鉛直波数が負であることから、下層から上層へとエネルギーを運ぶ upgoing 波であることが分かる。

紙面の制約により、詳しい議論は発表時に譲る。

## 参考文献

LIM, J.S. and N.A.MALIK (1981), *IEEE Trans. Acoust. Speech Signal Process.*, **ASSP-29**, 401~413.

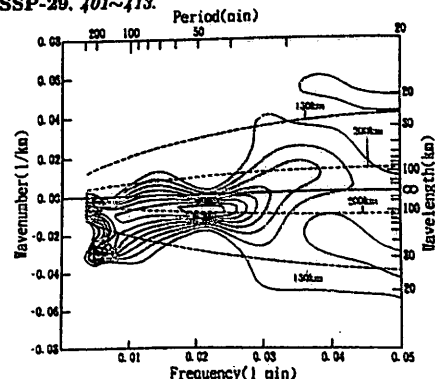


図 1 1988 年 9 月 7 日, 0430~1640UT のパワースペクトルの 2次元分布

B11-P2-19 計算機トモグラフィによる  
電離層電子密度分布像の再生 (3)

田口 昭久・伊藤 秀一・奥澤 隆志・柴田 喬  
(電気通信大学)

Reconstruction of Ionospheric Image  
of the Electron Density Distribution  
Using Computerized Tomography(3)

Haruhisa Taguchi, Shuichi Itoh, Takashi Okuzawa,  
and Takashi Shibata (Denki-Tsushin University)

Radio computerized tomography(CT) is quite attractive as one of the diagnostic tools for ionospheric physics. The CT technique, which utilizes the data of ionospheric total electron content (TEC) obtained by transionospheric satellite beacon measurements, can be applied to produce a vertical slice images of electron density structure in the ionosphere. In this paper, further discussions on the feasibility of the CT technique are given, with noting a few problems and their improvements in the application of two types of algorithm, the multiplicative algebraic reconstruction technique (MART) and the spline function method (SFM), from the view point of simulation.

本研究は、医療をはじめとする様々な分野で用いられている CT (Computerized Tomography) の電離層問題への応用である。

観測量としての全電子数(TEC)は、電波源(移動衛星)と地上に複数個配置する受信点間の電子密度の電波通路沿い積分値である。

前回までの報告では、主に代数的再構成法 (ART)、乗算型代数的再構成法 (MART)、スプライン関数法 (SFM) の 3 つのアルゴリズムを比較してその得失について論じたが、今回はとくに後二者の問題点を指摘し、それらの改善に関する考察を若干行う。

両アルゴリズムによる再生像の誤差分布を図 1 (a. MART, b. SFM) に示す。なお、再生領域内の j 番目のセル毎の誤差  $\epsilon_j$  [%] を次式のように定義している。

$$\epsilon_j [\%] = \frac{N_{j-calc} - N_{j-model}}{N_{j-model}} \times 100 \quad (1)$$

ただし、 $N_{j-calc}$  はセル j における再生電子密度、 $N_{j-model}$  はモデルとして与えられた電子密度である。

両方の結果とも、電離層上部と下部において誤差の大きいことが一見して分かる。再生像をとくに中間高度領域から輪切りして抜き出すことで有効再生像とする必要があろう。さらに問題点として以下のことが挙げられる。

- MART-反復法をとるかぎり再生の成否は初期分布の与え方に依存する。また反復を打ち切るいわゆる収束条件と式 (1) の誤差評価が直結していない。
- SFM-電離層下部に 2 点、上部に 1 点、付加データを(実際の問題としてはイオノグラムなどから)与えなければならない。また現状では、最適内部節点数が決められていない。

今後、情報理論的な見地から、とくに前者に関して非反復法としてのアルゴリズムを新たに確立し、後者については最適の内部節点数を決める方法を検討する必要がある。

斜線の部分は  $|\epsilon_j| \geq 20$  の部分

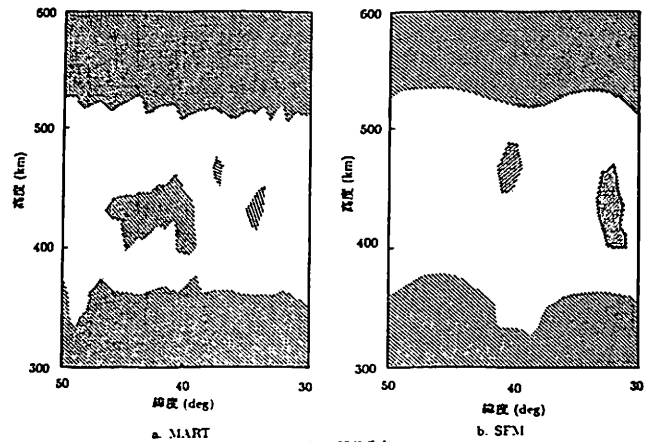


図 1 誤差分布

B11-P2-20 プラズマバブル、ブロッブ、およびクレスト状  
経度構造を含む低緯度電離層の大規模構造

高橋忠利、大家 寛、斎藤尚生(東北大理)

LARGE-SCALE STRUCTURE WITH PLASMA BUBBLES, BLOBS AND  
LONGITUDINAL CREST OF THE LOW LATITUDE F-REGION

T. Takahashi, H. Oya and T. Saito (Tohoku Univ., Sendai 980 Japan)

ABSTRACT: Through the Hinotori observations in the low latitude ionosphere the plasma blobs, steep local enhancements of the plasma density, as well as the detailed structures of the plasma bubbles, had been discovered. In this paper we will describe several outstanding observational results of large scale low latitude structure including the plasma bubbles, blobs and the longitudinal crest. An observed configuration of the "crest" in the low latitude topside ionosphere is enhancement in the longitudinal direction; and it is disclosed that plasma bubbles are frequently formed in the midst of the crest. The observational sequences are discussed in the context of dynamical behaviour of the large scale disturbance region relating the F-region Electric field.

1. はじめに

「ひのとり」衛星により、Plasma Blobs と名付けた密度増加域の構造が発見されている (Oya, et al., 1986)。Plasma Blobs はその形状と出現特性において Plasma Bubbles と対照的な存在である (Watanabe and Oya, 1986)。一方、この対照的な構造が、中-低緯度電離層の大規模な構造の中に連続的に観測される興味深い現象が観測されている。本論文ではこうした観測例のいくつかについて報告し、その形成メカニズムを背景電離層のダイナミクスに関連して検討する。

2. Plasma Blobs と Plasma Bubbles の連続観測例

Fig. 1 に、1981年10月2日の連続軌道において、明らかな対応を持って観測された Plasma Blobs と Plasma Bubbles のプロファイル軌道データとともに示した。現象の Local time は 23:00~01:00 でありこの時刻の電離層 Plasma の Drift を考慮すると上図の Blobs は中図の Bubbles (A) と経度線上の対応があるといえる、また Plasma Bubbles (C, D) が Crest と名付けられた経度方向の構造と対応していることも興味深い。Crest 状構造は比較的頻繁に観測されており、Bubbles 形成域の 3 次元大規模構造の一つの特徴をなすものと考えられる。

3. 議論および結論

Plasma Bubbles の形成が低緯度 F 領域の東向き電場とよい相関を持つことはよく知られている、この電場としては sunlit terminator に生ずる F-region Dynamo による Eving enhancement、磁気圏の擾乱に伴う電場 (Takahashi, et al., 1987) がある。ここで論じられたような Crest 構造や背景電離層の増加域での

Plasma Bubbles の形成はこうした電場に非一様性があればその電場の強い場所形成されやすいと考えられる。さらに、このような場所では電離層の上昇により Conductivity が低下するので電場がさらに強められ上昇が促進される、という電離層の構造全体に関わる一種の不安定状態が生じるものと考えられる。上部電離層での波頭状の Crest 構造はこのようなプロセスの反映であり、Crest の中心に Bubbles が形成されることもこれに関連して理解される。

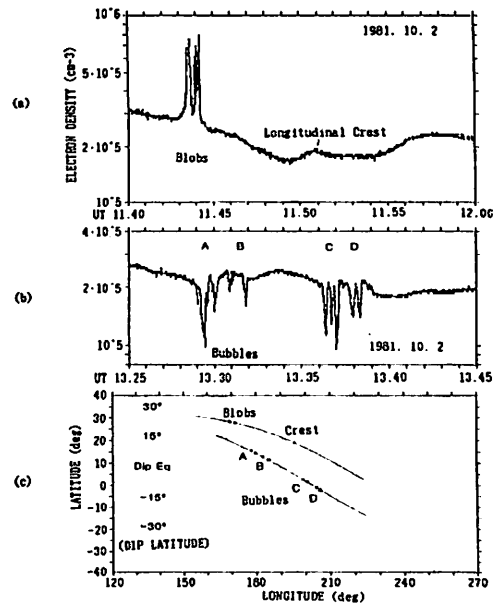


Fig. 1. A remarkable examples of sequential observation of the plasma blobs and plasma bubbles. The longitudinal crest are also observed in the first path. Reference

Oya, H., et al., J. Geomag. Geoelectr., 38, 111-125, 1986.  
Watanabe, S. and H. Oya, J. Geomag. Geoelectr., 38, 125-150, 1986.  
Takahashi, T., et al., J. Geomag. Geoelectr., 39, 187-209, 1987.



プラズマ圏電子数の日変化(2)

山本淳(海上保安大学校)  
高橋富士信、今江理人、三木千紘、皆越尚紀、川合栄治(通信総合研究所)

Diurnal Variation of the Plasmaspheric Electron Content (2)  
Atsushi Yamamoto(Maritime Safety Academy)  
Fujinobu Takahashi, Michito Imae, Chihiro Miki, Hisanitsu Minakoshi,  
Eiji Kawai(Communications Research Laboratory)

We determine Total Electron Content(TEC) from the Faraday rotation of the ETS-II satellite signals and the ionospheric delay of the GPS satellite signals. We obtain the diurnal variation of the plasmaspheric electron content from the subtracting the Faraday TEC from the ionospheric delay TEC. We show diurnal variations of the plasmaspheric electron content in ordinary condition and in ionospheric disturbance.

前回<sup>(1)</sup>は電波の伝搬遅延時間測定とファラデー回転測定による全電子数(TEC)測定結果の差から高度約2000km以上のプラズマ圏電子数の平常時の平均的な日変化を求めた。求められた電子数は昼間角になり(すなわちファラデー回転測定法で得られたTECの方が大きな値を示している)物理的に有り得ないものとなったが、電子数の相対的な変化としては昼間少なく夜間多いという、従来の結果と同様なものとなった。このような結果となった主な原因は、両TEC測定に含まれる誤差にあると考えられる。考えられる誤差要因の中には除去や補正が困難であるものもあり、得られた結果の値の正確さについては明言できないが、増減の傾向については従来の結果と合致していることから、誤差が主にオフセット的なものであると考えることができる。また、電離層の高度変化やプロファイル変化によって、ファラデー回転から求められるTECの値が変化することから、得られた結果がプラズマ圏電子数の日変化を表すのではなく、電離層の高度変化、プロファイル変化を表すのではないかという考え方もできる。しかしながら、Titheridge<sup>(2)</sup>の解析結果によれば、ファラデーファクターとして、高度420kmにおける代表値を使用することで、ほとんどの場合誤差5%以内で高度2000kmまでの電子数を求めることができることが示されている。すなわち、2つのTEC測定結果から求めたものは、測定の誤差を除けば、電離層高度変化やプ

ロファイル変化ではなく、プラズマ圏の電子数の日変化を表していると考えるのが妥当である。

前述のように、今回はプラズマ圏電子数の平常時の平均的な日変化を求めたが、今回は1990年3月の測定結果を使用して、静穏時と擾乱時のプラズマ圏電子数の日変化の比較を行った。図1は3月28日(静穏時)、図2は3月30日(擾乱時)のプラズマ圏電子数の日変化を示している。擾乱時には夜間(UT12h付近)に全電子数増加が認められたが、図2では同時刻以降プラズマ圏電子数が減少していく様子が現れている。

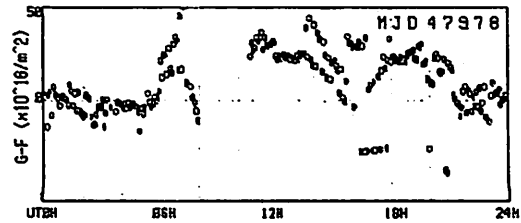


Fig.1 Diurnal variation of the plasmaspheric electron content on 28th March 1990 (in ordinary condition).

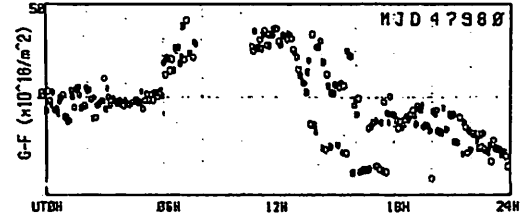


Fig.2 Diurnal variation of the plasmaspheric electron content on 30th March 1990 (in ionospheric disturbance).

参考文献

- (1)山本他、プラズマ圏電子数の日変化、地球惑星科学関連学会1993年合同大会予稿集、1993.
- (2)Titheridge, J.E., Determination of Ionospheric Electron Content from the Faraday Rotation of Geostationary Satellite Signals, Planet. Space Sci., Vol. 20, pp. 353-369, 1972.

Electron Temperature Profile up to the Height of 8000 km

- First Reliable Measurements of Thermal Energy Electrons -

K.-I. Oyama<sup>1</sup>, T. Abe<sup>2</sup>, Y. Sakaide<sup>3</sup>,  
I. Kutiev<sup>4</sup> and T. Okuzawa<sup>3</sup>

1. The Institute of Space and Astronautical Science
2. Aoyama University
3. University of Electron Communication
4. Geophysical Institute, Bulgarian Academy of Science

Above 4000 km, it is generally difficult to measure electron temperature, because the natural plasma density is only about  $10^9 m^{-3}$  so that secondary electrons from the electrode as well as from the satellite skin may be of the same order<sup>(1)</sup>. Few observations only have been reported<sup>(2)</sup>. Models of the plasmasphere electron temperature are based upon a limited number of observations<sup>(3,4)</sup>. With its special set of probes AKEBONO could measure the electron temperature up to about 8000 km. As data are still being analyzed, only preliminary height profiles of  $T_e$  are shown here. We first studied the local time dependence at low latitudes. Between 6 and 18 hLT  $T_e$  roughly changes from -5000 K at 2000 km to 9000 K at 9000 km. Between 18 and 22 hLT  $T_e$  is about 3600 K at 4000 km and 7000 K at 8000 km. Because the profile obtained for 10 to 14 hLT is nearly the same as for 14 to 18 hLT, we may conclude that between 10 and 16 hLT the height profile does not change. Between 22 and 02 h,  $T_e$  is about 2300 K at 2000 km and 5000 K at 5000 km. At 4000 km the electron temperature is about 2600 K from 02 to 06 hLT; this is the lowest value observed. We conclude that the plasmaspheric temperature is clearly local time dependent. Electron temperature obtained between 10 and 18hLT were grouped after invariant latitude as shown in Figure 1. The electron

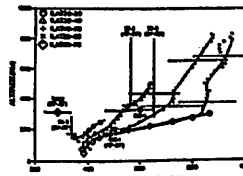


Fig. 1. Invariant latitude dependence of electron temperature for 10 to 18 hLT. Black circles and squares are from ISIS-1 and TAIYO. These two observations are taken from Rich et al., (2) together with S3-3 data.

temperature increases as the invariant latitude increases from 20 to 70°. In the Figure contains ISIS-1, S3-3 and TAIYO data as summarized in (1). S3-3 and TAIYO missions were during solar minimum, in 1975 and 1976 respectively. The ISIS-1 mission took place in a high solar activity period in 1971. AKEBONO data, however, were obtained in 1989 when the solar activity was much higher. Even at an altitude as high as 8000 km, the profile is thus controlled by solar activity. Reasonably ISIS data for 40 to 54° are found between S3-3(40-54) and AKEBONO data for 40 to 50°. It is also reasonable that S3-3 data for 54 to 62° and for 40 to 54° are lower than AKEBONO data for 40 to 50° and 50 to 60°. We are continuing further detailed data analysis in terms of solar activity, Kp index, and seasonal dependence including local time and invariant latitude dependence.

REFERENCES

1. R.J.L.Gard, and J.K.E.Tunaley, *J.Geophys.Res.* 76, 2498-2505(1971).
2. F.J.Rich, R.C.Sagalyn, and P.J.L.Wildman, *J. Geophys.Res.* 84, 1328-1332(1979).
3. M.J.Rycroft, and I.R.Jones, *Adv.Space Res.* 5, 21-27(1985).
4. H.J.Strangeways, *J.Atmos.Terrr.Phys.* 48, 671-683(1986).

B11-P2-23 GPSによる電離圏全電子数  
(TEC)変動の観測(2)

餅田 真一・大高一弘・奥澤 隆志・柴田 喬  
(電気通信大学)

Variations of Ionospheric Total Electron Content  
Observed with GPS (2)

Shin-ichi Mochida, Kazuhiro Ohtaka, Takashi Okuzawa,  
and Takashi Shibata (Denki-Tsushin University)

Further discussion of the TEC variations obtained by the time delay measurements of radio signals from GPS is given in this paper. Problems on which we concentrate attention are: (1) What is the shortest time scale we can detect from our TEC measurements? and (2) What are the characteristics of TEC provided from individual satellites of GPS?

前回はGPSを利用する電離圏全電子数(TEC)の東京周布における1年間の観測データに基づいて、その各月ごとの平均日周変化を明らかにするとともに国分寺の( $f_oF_2$ )<sup>2</sup>のそれと比較した。

通総研の2台のTECメーターによる同時観測によれば、そのオフセットが機器ごとに異なっているようであるが、TEC値の振幅レベルは信頼性に欠けるとしても、上記の変動パターンは周布のTEC<sub>v</sub>(添字Vは鉛直補正済みの意味)と国分寺の( $f_oF_2$ )<sup>2</sup>との間で相当に良く一致しているのがみられた。

現在のシステムによるTEC観測の問題点は、(1)月平均日周変化のような長周期の変動は検出できるとして、さらにどの程度短い時間スケールの変動まで検出の範囲を伸ばせるか、(2)TECメーター内部の複数衛星を対象とする平均操作以前の詳細はどのようになっているのか、言い換えれば、個々の衛星による同時観測データに掛かっているバイアスを明らかにしておくこと、にならう。当然、(2)は(1)の問題と独立ではあり得ない。

Fig.1は、1992年5月10日の周布のTEC<sub>v</sub>ならびに国分寺の( $f_oF_2$ )<sup>2</sup>の日周変化(ともに実線)の比較である。なお、点線は5月平均値である。また、この日の4時58分(JST)に柿岡でSSCが観測されており、そのレンジはH成分で426nTに達していた。これを見るかぎり、約2~3時間のスケールで両者の変動の対応がある程度ついていることが分かる。この意味で、現状では数時間の変動スケールなら検出可能であると言える。

Fig.2は、1992年5月3日のTECメーターによる個々の衛星によるTEC<sub>v</sub>データをその衛星緯度とともに時間の関数として描いたものである。これによれば、とくに仰角の大きな衛星からのTEC<sub>v</sub>値が大きめに算出されること(衛星番号#12,24参照)、ならびに東西方向に飛ぶ衛星(#16)と南北方向に飛ぶ衛星(#06,24)からのそれぞれのTEC<sub>v</sub>変動に差異がありそうである。今後、これらの点について事例を増してさらに検討を加えたい。

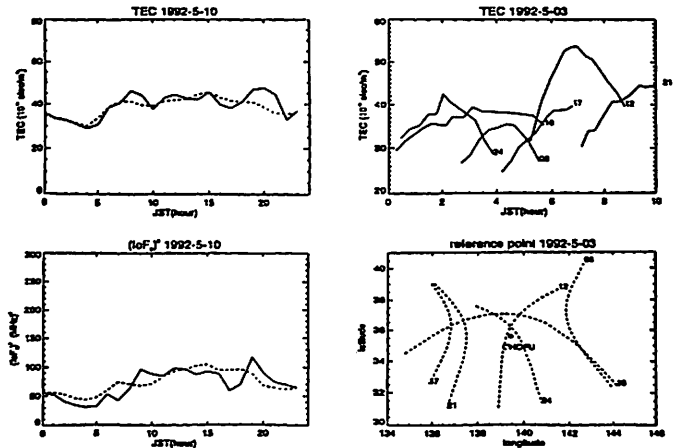


Fig. 1 TEC<sub>v</sub> と ( $f_oF_2$ )<sup>2</sup> の比較

Fig. 2 TEC<sub>v</sub> と衛星緯度

B11-P2-24 POLAR WIND の高度 Profile と電子温度

阿部 琢美 (青山学院大学) 渡部 重十 (北海道情報技研)  
B.A. Whalen, A.W. Yau (HIA/NRC) 佐川 永一 (通信総研)

Altitude Profile of the Polar Wind Velocity and  
Its Relationship to Electron Temperatures

Tak. Abe (Aoyama Gakuin Univ.), S. Watanabe (HIIT)  
B.A. Whalen, A.W. Yau (HIA/NRC), E. Sagawa (CRL)

We present the first direct observations of both polar wind velocities and local electron temperatures simultaneously measured with two instruments (SMS/TED) on Akebono satellite in the mid-altitude (1500~4000 km) polar ionosphere, and discuss their interrelationship with a particular interest in great significance of plasma temperature upon the ambipolar electric field. The SMS observations show that the polar wind velocity of light ions (H<sup>+</sup>) increases rapidly with altitude, typically from ~1 km/s at 2000 km to 5~6 km/s at 4000 km altitude in the dayside polar cap. At a given altitude, the velocity was found to correlate positively with the local temperature, which demonstrates the direct relationship between the local magnitude of ion acceleration and that of the ambipolar electric field due to the plasma pressure gradient.

極域電離層に起源をもつ polar wind は 1960 年代後半以降多数の研究が課題としてきたテーマのひとつであるが、理論的側面に幾多の顕著な研究が追われたのに対し観測面では DEI/RIMS と EXOSD/SMS により本格的な直接観測が為されているに過ぎない。あけぼの衛星搭載の SMS は low energy ion (< 25 eV, 複数種) について二次元の RPA profile を得るが、これらの量から ion の drift 速度 (V<sub>d</sub>) や温度、密度が算出可能である。いっぽう同衛星には熱的電子エネルギー分布の測定を主眼として TED が搭載され、電子温度 (T<sub>e</sub>) および電子密度 (N<sub>e</sub>) を求めることが可能である。polar wind プラズマの特性と T<sub>e</sub> との密接な関連性については、熱的プラズマの温度・密度勾配に起因する偏極電場が直接に ion の outflow を drive するメカニズムから十分に予想される因果関係であるが、V<sub>d</sub> 推定に関わる諸々の問題や低密度条件下での T<sub>e</sub> 算出の不確定性等からこれらの物理量の同時直接観測は過去には報告が無い。こうした背景をもとに本講演では polar wind を支配する重要なパラメータである電子温度に注目し、T<sub>e</sub> と V<sub>d</sub> との関連性について報告を行なう。データの選択においては polar wind 以外のメカニズムによる上向き

イオン流 (oval や cusp 起源の Up Flowing Ion) の影響を極力抑制するため、Λ が昼側 80 度夜側 77 度以上で得られたデータのみを解析に使用することとした。また衛星の MLT coverage が変化することに起因する T<sub>e</sub> 以外の parameter の寄与を極力軽減する為、データの範囲を 1991 年 4 月 30 日から 5 月 31 日までの計 41 パスに限定した。Fig.1 はこれら 41 パス中の 4 パスについて観測から求めた H<sup>+</sup> ion の V<sub>d</sub> の磁力線方向成分を高度に対して図示したものである。速度は高度 2000km で約 1km/s、2500km 以上で次第に加速され 4000km で 5~6km/s に達しているが、直線的な変化から V<sub>d</sub> がほぼ高度の一次関数として表現され得る事がわかる。実際、最小二乗法により得られた相関係数の値は何れも 0.9 以上であった。またパスに応じて、速度 profile の傾きが変化したり、同一高度での V<sub>d</sub> が異なることなどが理解できる。

こうした速度 profile の変化と局所的な T<sub>e</sub> との関係を探るため Fig.2 に示すように三つの高度範囲における V<sub>d</sub> と T<sub>e</sub> の相関図を作成した。高度 1900~2100 km では T<sub>e</sub> の大小に関わらず V<sub>d</sub> は小さく 1.5km/s 以下、従って相関係数 (R) も小さい。2400~2600 km では相関係数は小さいが最小二乗法により得られた直線は僅かに右上がりの勾配を有する。更に高い高度 (2900~3100km) では直線はより急な勾配をもち、T<sub>e</sub> = 4500°K と 7000°K では速度が二倍以上異なる。ここに述べた相関、すなわち高い T<sub>e</sub> のもとで大きな V<sub>d</sub> が達成されるという観測事実は前述したような polar wind の dynamics を如実に示唆するものである。

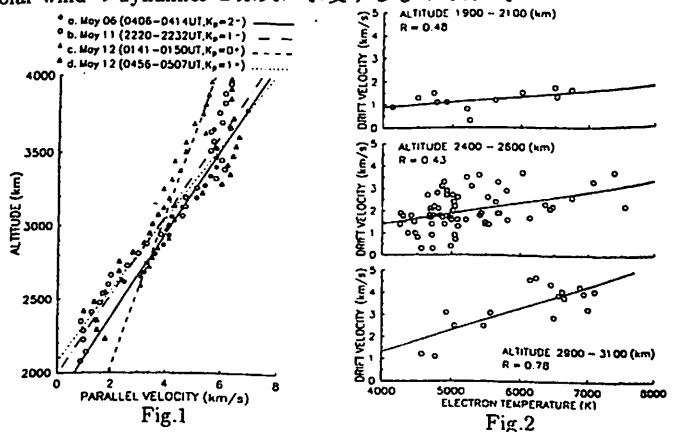


Fig.1

Fig.2

B会場

10月12日(火) 午後

# 太陽風磁気圏相互作用

## Solar Wind-Magnetosphere Interaction

oral: B12-01~04

poster: B12-P2-01~02

座長 萩野龍樹 (名大STE研)  
町田 忍 (京大理)

B12-01

磁気圏尾部境界の太陽風の流れ

\* 鶴田浩一郎、早川基、松岡彰子、山本達人 (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)、F. S. Mozer (U. C. Berkeley)

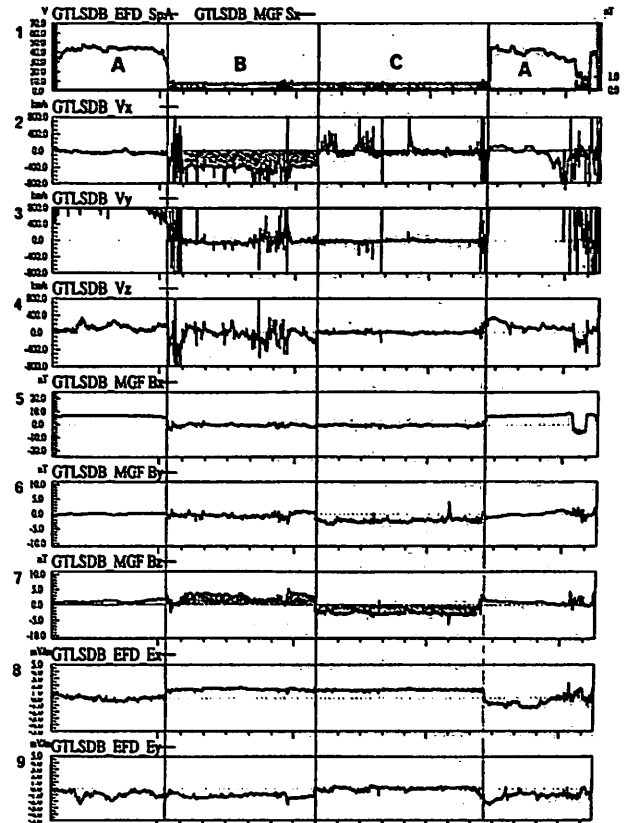
Solar Wind Like Flow near the Distant Tail Boundary

K. Tsuruda, H. Hayakawa, A. Matsuoka, T. Yamamoto (ISAS), M. Nakamura (Tokyo Univ.), T. Okada (Toyama Pref. Univ.), S. Kokubun (Inst. STE Nagoya Univ.), and F. S. Mozer (U. C. Berkeley)

Boundary flows at about -150 Re were studied using the electric field and magnetic field data observed on GEOTAIL. The flow velocity derived from the ExB drift shows remarkable IMF Bz dependence, i.e. 400 km/s during northward Bz and less than 200 km during southward Bz. Reliability of the data and implications of the above result will be discussed.

春の学会で紹介した磁気圏尾部中心近くでの太陽風の流れの例を増やす目的で磁気圏境界付近の流れを調べていて不思議な現象に気がついた。右ページの図にその一例を示す。9枚のパネルは上からシングルプローブのデータ、ExBから求めたプラズマ速度Vx, Vy, Vz, 磁場の三成分、電場二成分である。パネル1に記したマークAはテールロープとおぼしき領域、BおよびCはソースとおぼしき領域である。このうち、Bと記した領域では平均的な太陽風速に相当する400 km/sの流りが観測されているが、C領域では平均流速が100 km/s以下である。パネル9に記した電場のy成分(観測値)が領域Cで非常に小さくなっていることが直接的な原因であるが、このときパネル7に示したBzの符号が反転していることに気がつく。92年の11月17-20日のデータを調べた結果同じ傾向が見られることがわかった。約30例について大雑把に読み取ったBzとVxの関係から、Bzが正の時は流速が大きく、負の時は小さくなるようである。あたかも、磁気圏による太陽風の減速がBzの正負によってコントロールされているかのような結果であるが、データ処理上、観測上の問題も残っているのでそれらを含めた検討結果を報告する。

GEOTAIL EFD/MGF PLOT 92:11:20 06:15:19 92:11:20 10:15:19



UT	07:00	08:00	09:00	10:00
Xgsm	-142.670	-142.830	-143.010	-143.170
Ygsm	-19.790	-19.610	-19.510	-19.550
Zgsm	7.900	8.640	9.120	9.350

PL04DATA(200) = 0.000 1.300 m/s 1.000 m/s 0.000

B12-02

磁気嵐時におけるオーロラベルトの位置

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

The Location of the Auroral Belt During Magnetic Storms

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

The equatorward boundary of the nightside auroral region scaled from DMSP electron precipitation data is utilized to study the size of the auroral belt during intense magnetic storms, as well as that of the polar cap which is supposed to divide the 'open' and 'closed' regions. The size of the polar cap provides us with information on the solar wind-magnetosphere interactions and on energy dissipation associated with magnetic storms and substorms.

The development of the Dst index has been found to be highly correlated with the southward interplanetary magnetic field (IMF). It is quite interesting to study the relationship between the size of the auroral belt and the intensity of the ring current to develop an understanding of the energy budget of magnetospheric and ionospheric processes.

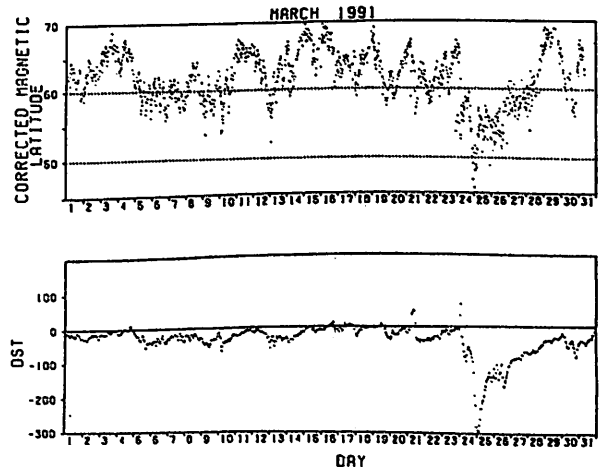
The present study also shows in detail how the size of the auroral belt varies during intense magnetic storms.

本研究では、磁気嵐時のオーロラベルトの位置の変化を調べるため、DMSP 衛星からの降下粒子データ (電子) を用いた。オーロラベルトの大きさは、惑星間磁場 (IMF) の南向き成分と高い相関を示し、南向き成分が大きくなるにつれて低緯度側に移動することが観測されている。一方、赤道環電流の大きさを示す Dst 指数の変化も、IMF の南向き成

分と高い相関を持つことが明らかになっている。したがって、オーロラベルトの位置には、磁気嵐依存性があることがわかる。しかし、それらの定量的関係は調べられていない。

今回は、DMSP 粒子データから決定される赤道側境界の時間変化と、Dst 指数の一時間値との関係を調べた。その結果、60°付近からそれ以上の高緯度側境界の変動に対して、Dst の値の変動は比較的小さいが、55°以下の低緯度側での時間変化では、大きい Dst 変動が見られた。つまり、オーロラベルトが中低緯度に移動する時には、磁気嵐時のように大きなエネルギーが必要とされることがわかる。このことは、太陽風から供給されるエネルギーが、磁気圏、電離圏でどのように消費されるかについて、ひとつのヒントを与えている。

ここに示す図は、今回のデータの一例である。



## Directly Driven Control of Magnetospheric Activity

Z. V. Lewis

Most of the energy input from the solar wind is dissipated according to the directly driven system, sudden 'unloadings' of previously stored energy being spasmodic and associated only with enhanced energy input. A consideration of the directly driven system in isolation allows for a simple physical description of magnetospheric evolution under fluctuating solar wind conditions and the construction of a corresponding phase space diagram. Within this description directly driven 'control' of the parallel evolution of the loading-unloading system is identified and magnetospheric equilibrium states may be understood. Model equations describing both aperiodic substorm sequences and convection bay behaviour in the presence of constantly Southward IMF are presented.

### B12-04 VLF Imaging of the Venus Electron and Ion Foreshocks

° G. K. Crawford, R. J. Strangeway,  
and C. T. Russell

Institute of Geophysics and Planetary Physics,  
University of California at Los Angeles

VLF plasma wave measurements obtained from the Pioneer Venus Orbiter Electric Field Detector(OEFD) have been used to construct statistical images of the wave characteristics as a function of position within the Venus foreshock (the region upstream of the bow shock which is magnetically connected to the shock surface). The data set used in generating our statistics contains all data measurements made upstream of the shock for three Venus years (approximately 600 orbits). Since the VLF characteristics of the foreshock vary with changes in IMF orientation, we have restricted ourselves to a discussion of 3 representative IMF orientations: nominal Parker spiral angle (25 to 45 measured with respect to the solar wind flow direction), very perpendicular (70 to 90), and very parallel(0 to 15). In general, we find that the electron foreshock boundary is clearly observable in statistics from the 30 kHz OEFD channel. The results show a strong decrease in 30 kHz wave intensity with both foreshock penetration depth and distance along the foreshock

boundary from the point of tangency. There is also an asymmetry in the intensity of the 30 kHz emissions between measurements made in the upstream and downstream foreshocks. The ion foreshock is characterized by strong emissions in the 5.4 kHz OEFD channel, but these emissions are observed much deeper in the foreshock than expected from terrestrial observations. On the other hand, the ULF wave activity found in the Venus foreshock, while weaker than equivalent terrestrial measurements, shows similar behavior as a function of position within the foreshock. Hence, in a qualitative sense, we can infer the presence of similar types of ion distributions to those found at the Earth. Given this result, the fact that no VLF activity is observed at Venus in regions where field aligned ion distributions are expected is surprising. At present, this discrepancy remains to be resolved.

## 太陽風と惑星電離圏との相互作用の 粒子シミュレーション

○島津浩哲, 町田忍 (京都大・理), 田中基彦 (核融合研)

### Particle Simulation on the Solar Wind and Planetary Ionosphere Interaction

H. Shimazu<sup>1</sup>, S. Machida<sup>1</sup>, and M. Tanaka<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Department of Geophysics, Kyoto University

<sup>2</sup> National Institute for Fusion Science

A one-dimensional implicit particle code, HIDENEK (M. Tanaka, *J. Comp. Phys.*, 107, 124, 1993), is used to study large scale, low frequency electromagnetic phenomena occurring in the interaction between the solar wind and the planetary ionosphere. Ions are treated as super particles with their cyclotron motion. As for electrons, the guiding-center approximation is adopted with their perpendicular motion whereas the inertia effect is retained in the parallel motion to the magnetic field. A slightly backward time-decentered scheme, which facilitates to treat such large scale and low frequency phenomena as the planetary scale, is employed to solve the equations of motion and the Maxwell equations.

We modified the code in order to make the calculation possible with open boundary conditions that particles flow into and out of the system and have performed compu-

tation. We assumed a continuous injection of the super Alfvénic plasma into the simulation system. This plasma flow contacts with the cold dense plasma in the upper ionosphere placed in the right half of the simulation region so as to model either the Venusian or Martian upper ionosphere. Differences are expected between the magnetic pressure supported shock like the earth environment, and the particle pressure supported shock like the case of Venus or Mars.

The quasi-parallel collisionless shock is formed in front of the stationary plasma. Reflected ions are obtained in the shock front in our case as reported in the case for the earth. Picked-up ions characterizes the interaction at Venus and Mars. Our result shows that there is some possibility of the ion pick-up attributed to the trapping and resultant momentum transfer from the solar wind to those ions through the waves generated near the planetary shock.

## 人工衛星と高速プラズマ流の 相互作用の計算機実験

○岡田雅樹 大村 善治 松本 紘  
京都大学超高層電波研究センター

### Computer Experiments of Interaction between Spacecraft and Fast Plasma Flow

○Masaki OKADA Yoshiharu OMURA Hiroshi MATSUMOTO  
Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University.

We have performed computer experiments on the interaction between a spacecraft and a fast plasma flow whose drift velocity is faster than the background ion sound velocity, i.e.  $M_s \equiv V_d/V_s > 1.0$  by using 2-dimensional electromagnetic particle code (KEMPO). We have reported a shock formation behind of the spacecraft in the case that the ion temperature is lower than the electron temperature<sup>1)</sup>. We have shown that the spacecraft potential plays an important role on formation of this ion acoustic shock. We introduce an analytical estimation of the focusing effect, which is first introduced by Al'pert<sup>2)</sup>, and compare the numerical calculation of his analytical estimation with our simulational results. The relative scale size of the spacecraft to the Debye length of the background plasma is not only an important factor on the formation of the ion acoustic shock, but also the shape of the spacecraft plays a crucial role on the shock and/or wake structure. We are going to show our results of the computer experiments comparing with the theoretical estimation.

我々はこれまで計算機実験によって、太陽風などのイオン音速を超える希薄高速プラズマ流 ( $M_s \equiv V_d/V_s > 1$ ) と人工衛星との相互作用について2次元電磁粒子コード (KEMPO) を用いて研究を行ってきた。そして、背景プラズマのイオン温度が電子温度よりも低い場合には人工衛星の後方にイオン音波衝撃波が発生することを示した<sup>1)</sup>。この際、衛星のポテンシャルが衝撃波の発生に関して重要な役割を演じていることが計算機実験によって明らかになった。宇宙プラズマ中においてプラズマが集中する現象は、初め Al'pert<sup>2)</sup> によって理論面から予測されたが、実際の観測結果を十分に説明できる程度には至っていない。また、人工衛星の背景プラズマのデバイ長に対する大きさだけではなく、衛星の形状が衛星の後方に発生する航跡の構造に大きく影響することが予測されている。

下の図は、(a) 衝撃波が発生しない場合に衛星から  $2\lambda_D$  だけ離れた位置におけるイオン密度の変動、および、(b) 衝撃波が発生した場合の  $2\lambda_D$  の距離における同じくイ

オン密度の変動をそれぞれ表している。図中、実線が数値計算によって得られた値であり、シンボルが計算機実験によって得られた値である。航跡および衝撃波による密度の減少および上昇する位置については良い一致が見られる。一方、計算機実験に使用した衛星の矩形モデルによる影響も大きいことがわかる。

今回の発表では、Al'pertの理論式を元に数値計算によって得られた結果と計算機実験によって得られた結果との比較を行なった結果について紹介すると同時に、人工衛星からの光電子あるいは電子ビームなどの放出によって衛星の電位を制御した場合に相当するモデルを用いて得られた計算機実験の結果について報告する。また、衛星の形状が航跡や衝撃波の形状に与える影響について、実際の観測結果と比較しながら、解析的に得られる理想的な形状の衛星によって発生する航跡や衝撃波の様子が衛星の形状によってどのように変化するかについても議論を行なう予定である。

### 参考文献

- [1] 岡田雅樹, 第87回SGEPSS予備集 G12-11
- [2] Al'pert, Y. L., *Space Plasma*, Volume 2, Cambridge Univ. Press, 1990

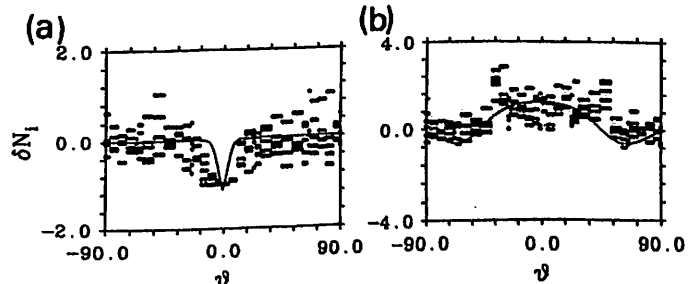


図 1: Angular dependencies of the ion density perturbation  $\delta N_i$ , where (a)  $T_i/T_e = 1.0$  case and (b)  $T_i/T_e = 0.1$  case, respectively.

B会場

10月12日(火) 午後

# 地球・惑星磁気圏構造

## Magnetospheric Structure

oral: B12-05~16

poster: B12-P2-11~13

座長 三浦 彰 (東大理)  
前沢 洸 (名大理)

地球磁気圏擾乱に対する磁気軸の傾きの効果

°恒川幹朗 荻野竜樹  
(名古屋大学 太陽地球環境研究所)

Effect of Dipole Tilt on the Geomagnetic Disturbance

°M. Tsunekawa T. Ogino  
Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University

We have studied the effect of dipole tilt on the geomagnetic structure and disturbance by using a 3-dimensional time-dependent global MHD model of interaction between the solar wind and the magnetosphere, in which we have used a massive parallel processor, Matsusita ADENART.

1. はじめに

地球磁気圏の擾乱度は春分と秋分に大きく、夏至と冬至に小さいと報告されている。その原因の1つと考えられている磁気軸の傾きの効果を解明するため、磁気軸が傾いているとき、惑星空間磁場(IMF)を伴って地球方向に進んできた太陽風と、地球磁気圏の相互作用のダイナミクスを3次元電磁流体力学的(MHD)シミュレーションから調べた。

2. シミュレーションモデル

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軸正、磁気軸の傾きは、z軸に対し太陽方向へ角度 $\theta$ をとりMHD方程式をmodified leap-frog法を用いて初期値問題として解いた。シミュレーションボックスには、南向き及び北向きの2つの場合のIMF(大きさ $5nT$ )、 $n_{sw} = 5/cm^3$ ,  $v_{sw} = 300km/s$ ,  $T_{sw} = 2 \times 10^5 \text{ } ^\circ K$  の様な太陽風が流れている。MHD方程式は境界を除いた(150,50,100)の格子点上で解き、メッシュサイズは $\Delta x = \Delta y = \Delta z = 0.6R_e$ 、時間ステップは数値安定性の条件を満足するように $\Delta t = 0.281s$ と選択した。

3. シミュレーション結果

磁気軸の傾きの角度、及び太陽風に伴うIMFの方向を変化させ、計算をおこなった結果の1つを図1(傾き角 $\theta = +30^\circ$ , IMF  $B_z = -5nT$ )に示す。プラズマ圧力は等高線で、磁場Bは、Bの大きさの変化を透視法で表示している。図1からIMFが南向きで磁気軸が傾く(北半球が夏)と、プラズマシートが上に持ち上げられ、その断面はアーチ状の構造となり、昼側ではIMFと地球磁場との相互作用からできる磁場の弱い部分が下がっているのがみられる。

Incoming Southward IMF  
 $B_z = -5nT$   $t = 164.9 \text{ min}$   $\theta = 30.0^\circ$

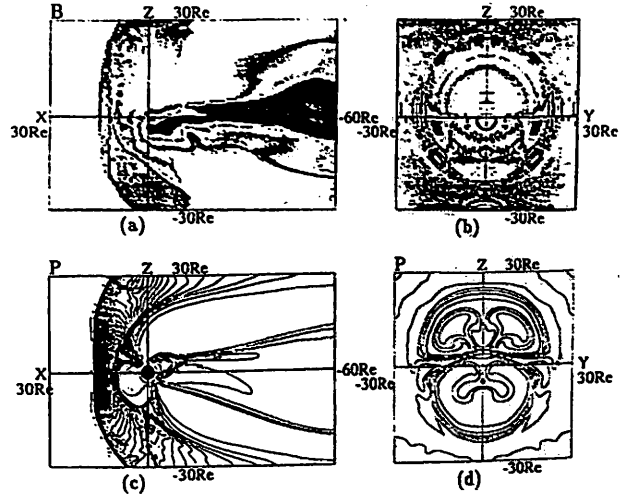


図1 (a)磁場Bの大きさの分布をx軸(太陽方向)から眺めた透視図、(b)磁場Bの大きさの分布をy軸(夕方方向)から眺めた透視図、(c)プラズマ圧力分布  $y = 0R_e$  の断面図、(d)プラズマ圧力分布  $x = -20R_e$  の断面図。

X型磁気中性線形成に関する数値実験

°中林 潤哉 町田 忍 (京大・理)

A Numerical Simulation on the X-type Neutral Line Formation

°J. Nakabayashi S. Machida  
Dept. of Geophysics, Kyoto Univ.

In the earth plasma sheet, the magnetic field strength is so weak that the Larmor radius of the particles is large compare to the spatial scale of the magnetic field approximately given as  $\frac{B}{\sqrt{vB}}$ . Therefore, kinetic effects which is not included in the MHD model may become important. In this regards we developed  $2\frac{1}{2}D$  EM hybrid code and carried out a numerical simulation on the X-type neutral line formation. The results of our hybrid simulation and an importance of the ion kinetic effects will be reported.

磁気圏尾部のプラズマシート中では磁場強度が弱いため、粒子のラーマー半径は大きくなり、それに比して、磁場構造の空間スケール $\sim \frac{B}{\sqrt{vB}}$ は小さくなる。そのため、MHD方程式では記述できないようなkineticな効果が、現象に重要な影響を与えることが考えられる。

このような効果を研究するため、2次元の電磁ハイブリットコードを作成した。このコードでは、イオンを粒子とし、電子は等温、質量0で電気的中性を保つ流体として扱い、イ

オンの運動方程式と磁場の時間発展を与えるFaradayの式を解いている。

今回は、X型磁気中性線形成に関する数値実験を行った。初期条件として、平衡解であるHarris解を仮定した。これは、磁場を $B = B_0 \tanh \frac{z}{L}$ で与え、プラズマとの間で圧力平衡を保つものである。ここに、磁気圏対流に対応したDawn to Dusk電場を、時間的に徐々に増加させつつ印加した。これによって、中性面へプラズマが集積し、電流によって駆動された不安定によってX型磁気中性線を形成する。この過程の時間発展を追うことにより、磁気リコネクション領域の特性や、同時に発生する衝撃波や不連続面の発生・形成に関する研究を行った。特にプラズマの加速・加熱に伴って、速度分布関数にどのような変化があらわれるかをみた。また、良く知られているMHDモデルなどの結果と比較することによって、イオンのkineticな効果がどのように影響しているかを考察した。



B12-07

Magnetotail の slow shock における heavy ion の効果 1

藤本正樹 中村雅夫 前沢列  
(名古屋大学理学部)

The effects of heavy ions at the slow shocks of geomagnetotail 1

M. Fujimoto, M. Nakamura, K. Maetzawa  
(Nagoya University)

We study the structures of the slow shocks at the reconnection region of geomagnetotail by hybrid simulation including the heavy ion effects. The results show that if the heavy ions are massive and dense, the trailing wave trains are not formed at the downstreams of the slow shocks.

地球近傍の magnetotail において substorm 時に reconnection が起こると現在考えられている。

この領域では、reconnection の後 plasma sheet から対になった slow shock が lobe 領域へと拡大して、shock の下流の粒子を earthward と anti-earthward へと加速する。

我々は、この様子を、1次元 hybrid simulation を用いて解析を行った。

2流体モデルでは、slow shock の後方には L-mode の wave train が存在することが予想されていた。[Coroniti, 1971] しかし、観測では確かめられていない。

以前の hybrid simulation の結果では wave train の有無は parameter によっていた。[Winske et al., 1985, Lee et al., 1989, Omid, 1992]

そこで我々は、geomagnetotail の reconnection 領域での parameter を用い、以前の simulation では考慮されていなかった

heavy ion の存在を考慮にいた simulation を行い、次の結果を得た。

1 proton のみの場合、規則正しい L-mode wave train が見られる。

2 heavy ion の存在を考慮した場合

a) heavy ion の質量が小さく、その密度が小さい時、slow shock の後方には L-mode の wave train がみられる。

b) heavy ion の質量が大きく、その密度も大きい時、slow shock の前方に expansion wave が発生し wave train が見られなくなる。

実際の geomagnetotail では、酸素イオンが 2b) を引き起こすのに十分くらい存在するので、観測における wave train の未発見を説明することができる。

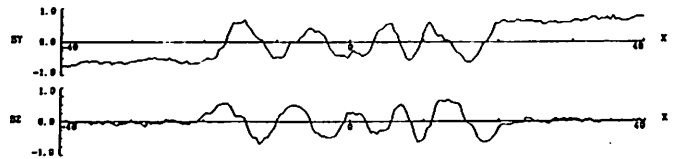


Fig 1 proton のみの場合の規則正しい L-mode の wave train の磁場

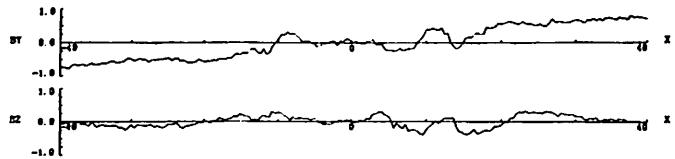


Fig 2 number density 1% の酸素イオン(O+)を入れた場合の磁場

B12-08

Magnetotail の slow shock における heavy ion の効果 2

中村雅夫 藤本正樹 前沢列  
(名古屋大学理学部)

The effects of heavy ions at the slow shocks of geomagnetotail 2

M. Nakamura, M. Fujimoto, K. Maetzawa  
(Nagoya University)

We study the acceleration processes of heavy ions at the slow shocks of geomagnetotail. The results show that the energy gains of the heavy ions are nearly proportional to their masses.

我々は、heavy ion の存在を考慮にいた地球近傍の Magnetotail の reconnection 領域の 1次元 hybrid simulation をおこない、そこで起こる slow shock について、議論した。[Fujimoto et al., 本学会予稿]

本講演では、その領域での heavy ion の加速メカニズムの解析をおこなう。

- 1 heavy ion の質量が小さい場合、slow shock の下流には L-mode の wave train ができ heavy ion はその位相によって加速される。
- 2 heavy ion の質量が大きく、密度が小さい場合も slow shock の下流には wave train ができるが、heavy ion はその wave train の位相とはほとんど無関係に電場により shock 面と平行に加速される。
- 3 heavy ion の質量が大きく、密度も大きい場合、wave train は見られず、shock の下流で電場により磁力線に垂直 (shock 面と平行) に加速される。

1、2、3 のいずれの場合にしても heavy ion は、上流の

Alfven speed の約 2 倍まで加速されている。したがって、粒子の energy は、ほぼその質量に比例していることが分かった。

これで、substorm 時に high energy の酸素イオンが多く観測されることが説明できる。

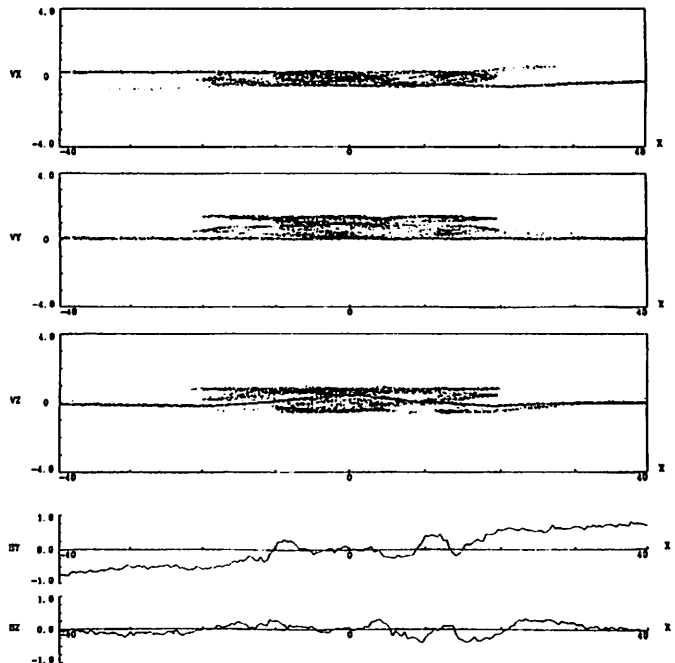


Fig 1 number density 1% の酸素イオン(O+)を入れた場合の酸素イオン(O+)の速度と磁場

## Global Circulation of Plasmas in the Earth's Magnetosphere

Tatsuki Ogino

Solar-Terrestrial Environment Laboratory,  
Nagoya University

We have executed a long time simulation of the solar wind - magnetosphere interaction by using a 3-dimensional global MHD model with a long tail ( $-130R_e$ ). For southward and northward IMF conditions, different types of steady state magnetospheric configurations were obtained in 2 ~ 3 hours after a uniform IMF was continued to be applied.

For southward IMF ( $B_z = -5nT$ ), a near-earth magnetic neutral line is formed and a plasmoid is ejected when the neutral line expands to magnetopause. After ejection of the extra plasma source in plasma sheet, the dayside merging balances to the tail reconnection in 2 hours and an antiparallel magnetic field configuration is formed in the long region of magnetotail. At that time there is no successive plasmoid ejection in a very thin plasma thin plasma sheet, and steady state magnetospheric convection is well maintained for long time.

When the IMF quickly turns from southward to northward ( $B_z = 5nT$ ) in the steady state for southward IMF ( $B_z = -5nT$ ), reconnection site moves from subsolar point to high latitude tail. As the results, magnetic pressure in lobes decreases and tail-like field somewhat relaxes in near-earth tail. However antiparallel field configuration does not change drastically in the whole magnetotail in a short time less than 1 hour. Newly added closed field lines in the day-side magnetopause due to high latitude tail reconnection wrap the hot plasma just outside the magnetopause, which collects near magnetic neutral line, and carry it to plasma sheet from magnetosheath. This is a quick and dominant process to supply plasma source to plasma sheet.

The plasma sheet is fattening and dipolarization occurs in the whole magnetosphere, which turns out to create a steady closed magnetosphere about 3 hours after northward turning of IMF. A large amount of plasma source is stored in the fat plasma sheet with a large volume. The closed magnetosphere is well maintained with a steady magnetospheric convection during northward IMF. When IMF turns southward again, the fat plasma sheet is compressed to form near-earth neutral line and eject the extra plasma source as a plasmoid. Thus global circulation of plasmas associated with change of IMF is turned out to be a key feature in magnetospheric dynamics.

## HF RADIO NOISES ASSOCIATED WITH GEOMAGNETIC STORMS

Koitiro Maeda

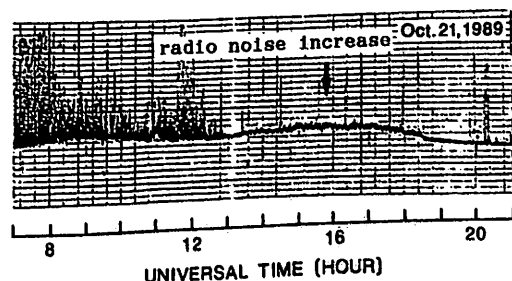
Department of Physics  
Hyogo College of Medicine

In association with the low-latitude auroral event on October 21, 1989, we observed a relatively great radio noise increase at 29.98 MHz at Tsugecho (about 24° geomagnetic latitude). The 29.98 MHz radiometer observations were made with a half-wave dipole set at a height of a quarter wavelength above the ground. In our observations the background level is normally determined by the galactic background radiation. The radio noise increase of October 21 took place from 9h to 18h30m in UT (from 18h on October 21 to 3h30m on October 22 in JST). The amount of the maximum increase was about 30% with respect to the quiet-day background level. The radio noise increase was characterized by a gradual rise and fall variation with small amplitude fluctuations. Carefully rejecting other possibilities, we have concluded that the radio noise increase we detected on October 21 was due to radiation presumably from high energy electrons associated with the auroral event.

The radio noise increase started around the beginning of the steep decrease of the horizontal (H) component of the geomagnetic field recorded at Kakioka on October 21. The radio noise gradually increased and reached its maximum in the recovery phase of the sudden H-component decrease. The duration of the radio noise increase was nearly the same as that of the geomagnetic H-component decrease at Kakioka. An overall correlation of the radio noise increase with the magnetic storm suggests that the radio noise increase is presumably related to high energy electrons

associated with the geomagnetic storm. A probable cause is synchrotron radiation from the high-energy electrons.

In the light of the radio noise increase we observed on October 21, 1989, we looked for another radio noise event associated with a strong geomagnetic storm. We found radio emissions similar to that of October 21 in at least three other storm-time data sets. In each of these events the radio noise increase took place invariably in the recovery phase of the H-component decrease. This must be a clue to explore the origin of the HF radio noise associated with the geomagnetic storm.



プラズマ圏ダイナミクスを支配する電場

・ 大家 寛 (東北大理)

Electric Field Controlling the Plasmaspheric Dynamics

Hiroshi Oya

Department of Astronomy and Geophysics,  
Tohoku University, 980 Sendai, Japan

Three remarkable phenomena have been discovered from the observation of PWS on board the EXOS-D(Akebono) satellite; i.e. EPWAT(Equatorial Plasma Wave Turbulence), disruption of the plasmopause in main phase of the magnetic storm, and "Donkey ears phenomena" in the recovery phase of the large magnetic storm. The EPWAT phenomena suggest the azimuthal motion of the plasma across the equatorial region magnetic field, while the plasmopause disruption and the donkey ears phenomena are respectively caused by the radial outflow and radial in-flow of the plasma across the magnetic field. The EPWAT phenomena are caused by the radial electric field that is constantly existing in the equatorial region plasmasphere while the radial plasma flow out and in-flow phenomena are related to the enhancements of the betatron type azimuthal electric field caused respectively by the development phase and decreasing phase of the ring current.

1. 序

あけぼの (EXOS-D) 衛星に搭載された PWS 観測によって発見された赤道域プラズマ擾乱現象 (EPWAT) [Oya et al., 1991]、磁気嵐主相におけるプラズマポーズの崩壊、そして磁気嵐回復期におこる低緯度のプラズマ激減 (ロバの耳) 現象は [Oya, 1991]、ともに大規模なプラズマ圏プラズマ運動を反映している。このプラズマ運動は電離層と異なり、プラズマ圏では完全電離プラズマが磁力線を横切っておこる現象であるので、電場の寄与が本質的である。

2. EPWAT現象

EPWATは磁気嵐の発生に無関係に常時高度 1,000 km 以上の磁気赤道域を土星の環のようにとりまいている現象である。ここで EPWAT に関わる UHR 波動を励起する自由エネルギーは、磁力線を横切っておこるプラズマ運動が 1 つの仮定として考えられる。完全に地球をとりまいて存在する事を考えるとこれは、地球に対して放射状に存在する電場であり、地球全体が磁気圏に対してプラスかマイナスの電荷をもって帯電していることがありうる。

3. 磁気嵐時のプラズマ運動

磁気嵐主相に生じるプラズマポーズの崩壊は、プラズマ圏プラズマが外側に向かって流出していくことと対応し、一方磁気嵐回復時に赤道域を中心に急激に密度が低下するのは、外側のプラズマシートより希薄だが熱いプラズマが流入してくることに対応している。これらのことを励起する電場は、その方向を磁気嵐の主相と回復期で切り替え、かつ経度方向に向いた電場であることから、環電流  $\vec{I}$  にかかわり

$$\nabla^2 \vec{E} = \mu_0 \frac{\partial \vec{I}}{\partial t} \quad (1)$$

として発生するベータatron型の電場である。いま空間の広がり特性波数  $k$  で表せば

$$\vec{E} = - \left( \frac{\mu_0}{k^2} \right) \frac{\partial \vec{I}}{\partial t} \quad (2)$$

であり、プラズマ運動  $\vec{V}_D$  は

$$\vec{V}_D = - \left( \frac{\mu_0}{k^2 B^2} \right) \left( \frac{\partial \vec{I}}{\partial t} \times \vec{B} \right) \quad (3)$$

となる。環電流の発達期はしたがって、 $\vec{V}_D$  は外側に向き、回復期には内側に向くことになる。

Reference:

- Oya, H. et al., *Geophys. Res. Lett.*, 18, 329-332, 1991
- Oya, H., *J. Geomag. Geoelectr.*, 43, Suppl., 369-393, 1991

ミラー磁場に沿うプラズマ流を含む沿磁力線電流の無衝突モデル

三浦 彰 (東大理)

The Collisionless Model of the Field-aligned Current Including Plasma Flow Along the Mirror Field

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

It is commonly believed that field-aligned currents are carried by electrons, which are more mobile than ions. Contrary to this common view, it is shown that, based on a collisionless model, plasma sheet ions can carry a net downward field-aligned current into the ionosphere when an earthward plasma flow is injected at the plasma sheet into the mirror field. This is simply due to different pitch angle distributions of ions and electrons at the plasma sheet caused by the plasma flow. Relevance of this possibility to downward field-aligned currents observed poleward of the evening auroral zone is discussed.

オーロラ帯の電離層とプラズマシートは磁力線によってつながっており、この磁力線上には沿磁力線電流が存在する。またプラズマシート境界の磁力線上では沿磁力線プラズマ流の存在が観測されている (図 1)。磁気圏物理では沿磁力線電流は易動度のより大きな電子によって運ばれるという考えが支配的だが、本研究では、ミラー磁場に沿ってプラズマ流の存在する磁力線上ではイオンが沿磁力線電流の主なキャリアーとなる場合があることを示す。これはミラー磁場に沿ってプラズマシートのプラズマが電離層へ向かって流れ込む場合には、プラズマシートに於けるロスコーン内に存在するイオンの数の方が電子の数より多くなるためである。つまり、電子は電離層に到達する前にプラズマシートに向かってミラー反射によって跳ね返されるがイオンの多くはミラー反射することなく電離層まで到達し下向きの沿磁力線電流を担うためである。またこの解析では沿磁力線プラズマ流と共にオーロラ電子の加速に本質的な沿磁力線ポテンシャル差 (ポテンシャルは電離層の方が高い) も考慮に入れる。このような沿磁力線ポテンシャル差はプラズマシートの電子の電離層に向けての加速、つまり上向きの沿磁力線電流に寄与する。

本研究では以上の可能性を沿磁力線電流とポテンシャル差の関係を数値的に求めることによって定量的に明らかにする。考えている領域では粒子の平均自由行程は系の長さより大きくプラズマは無衝突とみなせるので、プラズマシートのイオンと電子に対してエネルギーと磁気モーメントは保存すると考える。またプラズマシートに於いてプラズマは準中性であると

仮定する。これらの仮定の下に得られた計算結果によればポテンシャル差が大きい時には沿磁力線電流は上向きで降下電子が沿磁力線電流のキャリアーとなる。しかしポテンシャル差が小さいと沿磁力線電流は下向きとなり降下イオンがキャリアーとなる。この状態ではミラー磁場配位はダイナモ領域となり沿磁力線電場と沿磁力線電流が逆向きとなる。得られた計算結果は今までに報告されてきた幾つかの論文の結果を含む。まず沿磁力線プラズマ流の速度が 0 の場合には沿磁力線電流とポテンシャル差の関係は Knight [1] 及び Fridman and Lemaire [2] によって得られた結果とほぼ一致する。また沿磁力線電流が 0 にならないという条件をつけられれば得られるポテンシャル差はプラズマシートに於けるイオンの流れのエネルギー程度になり、これは Serizawa and Sato [3] の結果と一致する。

講演では得られた沿磁力線電流とポテンシャル差の関係のプラズマ流速度、ミラー比等に対する依存性を明らかにし、夜側のオーロラ帯の極側で観測されている下向き沿磁力線電流との関係について報告する。

文献

- [1] S. Knight, Parallel electric fields, *Planet. Space Sci.*, 21, 741, 1973.
- [2] M. Fridman and J. Lemaire, Relationship between auroral electron fluxes and field-aligned electric potential difference, *J. Geophys. Res.*, 85, 664, 1980.
- [3] Y. Serizawa and T. Sato, Generation of large scale potential difference by currentless plasma jets along the mirror field, *Geophys. Res. Lett.*, 11, 595, 1984.

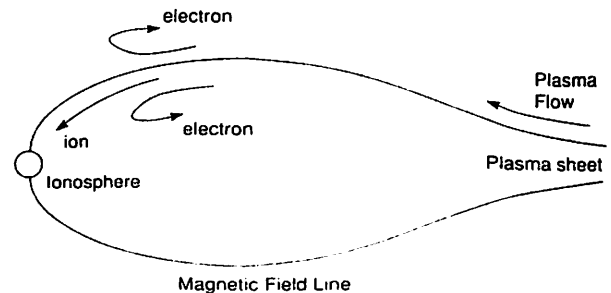


図 1. プラズマシートにつながるオーロラ帯の磁力線

B12-13

## Storm-time Plasma sheet and Birkeland Currents

IIJIMA, Takesi<sup>1</sup>, WATANABE, Masakazu<sup>1</sup>, KUSAKA, Hiraku<sup>1</sup>, and RICH, F. J.<sup>2</sup>

1. Department of Earth and Planetary Physics, Graduate School of Science, University of Tokyo

2. Air Force Geophysical Laboratory, Hanscom, Air Force Base, Massachusetts, U. S. A.

We have determined the dynamic characteristics of the plasma sheet and Birkeland currents for a great magnetic storm on February 8-9, 1986, using the vector magnetic field data and precipitating plasma data acquired with the DMSP F7 satellite. We focus our discussion on the structure on the innermost region of plasma sheet that shifts equatorward as low as  $\sim 40^\circ$  in eccentric geomagnetic latitude and involves very cool plasma regime, presumably from the opposite hemispheric ionosphere and the mechanism of field-aligned currents there.

磁気圏夜側のプラズマシート構造は地磁気活動に依存した特徴変化を示す。静穏時とサブス

トーム・グロース相については既に発表してきた。今回は大磁気嵐に関して得られた新しい結果を示す。議論の焦点を次に示す。

●エネルギー対時間スペクトログラム、速度分布関数、粒子フラックスおよび我々が新たに導入しているスペシフィック・エントロピーの緯度特性を用いると、大磁気嵐時のイオンプラズマシートは内部プラズマシートと外部プラズマシートに大別される。特に内部プラズマシートの最も低緯度側に冷たいプラズマ区域が存在し、地球向き対流によると思われる分散特性を示す。源は反対半球の電離層と推定される。

●この冷たいプラズマ区域（地磁気緯度  $\sim 45^\circ - 55^\circ$  に広がり、L-方向のプラズマ圧力はほとんどつぶれている）に、大規模沿磁力線電流が存在している事実は、従来のメカニズムでは説明しきれないものと思われる。

●スペシフィック・エントロピーの緯度特性より、外部プラズマシートで発生する非断熱過程で生成された粒子が内部プラズマシートに送りこまれているものと推定される。

B12-14

## Magnetosheric Equatorial Currents in Baseline Magnetosphere

KUSAKA Hiraku<sup>1</sup>, IIJIMA Takesi<sup>1</sup>, POTE MRA, 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

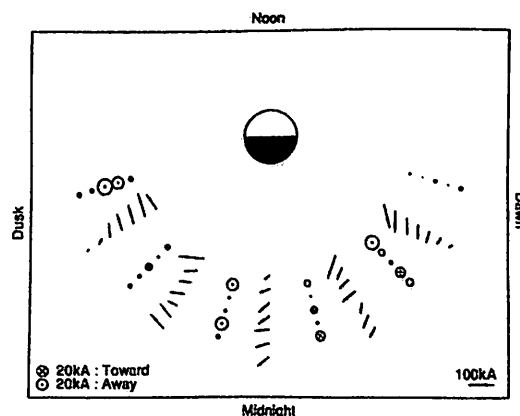
2. Applied Physics Laboratory, The Johns Hopkins University

We have analyzed the vector magnetic field data acquired with the AMPTE CCE satellite for prolonged calm periods ( $|AL| < 100\text{nT}$ ). A total of 3087 hours for 436 days during 1985 and 1986 were subjected to our study. We have determined the characteristics of the intensities and flow directions of current flowing both parallel and perpendicular to and near the geomagnetic equatorial plane in the region between  $L=5.0$  and  $8.0 R_e$ . This analysis was done in a cylindrical magnetic coordinate system. Magnetospheric equatorial currents in baseline magnetosphere as determined from this study including the following: (1) the azimuthal currents flow westward and exhibit variations dependent on L and MLT. (2) The observed declination component disturbance manifests the tailward draping of geomagnetic field lines both on the dawnside and dusk-

side. On the other hand, this declination component contributes to produce the equatorial radial currents that flow toward the Earth in the late-evening sector and away from the earth in the midnight-to-early morning sector. (3) The currents perpendicular to geomagnetic equatorial plane occur and seem to conform the traditional field-aligned current systems.

### Equatorial Current

5.0Re - 8.0Re



# ディフューズ・オーロラ領域に見える 10 keV イオンの欠如とその性質

白井仁人<sup>1)</sup>、前沢潤<sup>2)</sup>、向井利典<sup>3)</sup>、賀谷信幸<sup>3)</sup>  
 1) 名古屋大学理学部、2) 宇宙科学研究所、3) 神戸大学理学部

Lack of Ions near 10 keV in the diffuse auroral region

H. Shirai, K. Maezawa, T. Mukai, and N. Kaya

Using the data obtained by the Akebono satellite, we have examined the ion distribution in the diffuse auroral region. In many case, there were a band-like lack of 10 keV ions. (It is seen as a white band in the example in Fig. 1.) We will discuss its characteristics (the local time, latitude, etc.) and compare them with the result of the model calculation of the adiabatic ion motion in the magnetosphere.

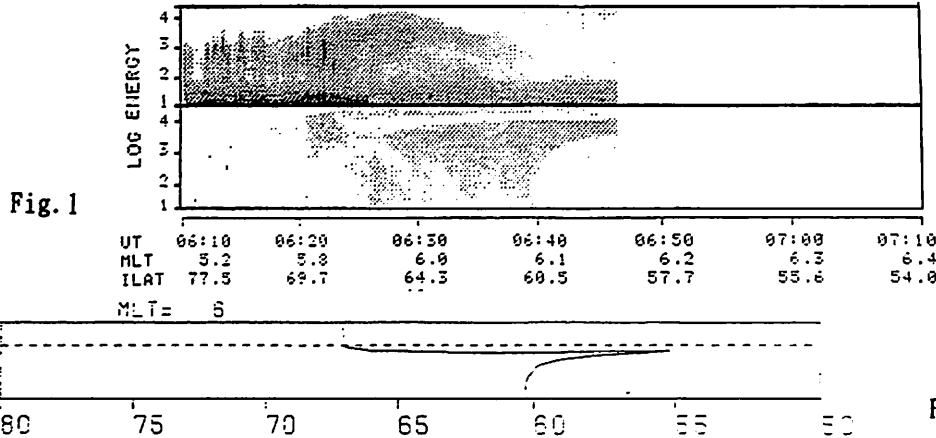


Fig. 1

ELECTRON

ION

Fig. 2

我々は、あけぼの衛星のデータを用いて、ディフューズな粒子の降り込み領域を中心に粒子分布等について調べてきた。そして、その結果、ディフューズ・オーロラ領域で10 keV付近のイオンが帯状に欠如している例が多くあることに気づいた。

図1がその一例で、1989年11月27日 第2パスで観測された電子(上)とイオン(下)のE-tダイアグラムである。左側がpole側、右側が equator側で朝側のデータである。pole側から見て行くと、ディスクリートの電子の降り込みが見えなくなるちょうど equator側(11AT~67)から、ディフューズ・イオン中に白いバンド状のイオンの欠如が見える。図2は磁気圏でのイオン運動のモデル計算の結果で、あけぼのデータと比較できるように E-tダイアグラムと似たスケールで表してある。境界線の左側がopen path、右側が closed path の領域で、open path 領域にイオンが存在できるとすると観測とよく合うことが分かった。

本講演では10keVイオン欠如の性質として、出現緯度、地方時依存性等について述べ、また、モデル計算の結果とあけぼのデータとの比較から、10keVイオンの欠如が起こるメカニズムについて考察する予定である。さらに、速度空間分布の非等方性なども含めて磁気圏内イオンの分布について考えていきたい。

B12-16

# 極域電離層の構造的なプラズマ対流の磁気圏生成領域

田口 聡 (電通大)、杉浦正久 (東海大開発技術研)、  
 家森俊彦 (京大)、R.A.Hoffman (NASA Goddard Space Flight Center)  
 J.D.Winningham (Southwest Research Institute)  
 J.A.Slavin (NASA Goddard Space Flight Center)

Magnetospheric source regions for the highly structured plasma flow in the polar ionosphere

S.Taguchi,<sup>1</sup> M.Sugiura,<sup>2</sup> T.Iyemori,<sup>3</sup> R.A.Hoffman,<sup>4</sup> J.D.Winningham,<sup>5</sup> and J. A. Slavin<sup>6</sup>

<sup>1</sup>The University of Electro-Communications, <sup>2</sup>Institute of Research and Development, Tokai University, <sup>3</sup>Kyoto University, <sup>4</sup>NASA Goddard Space Flight Center, U.S.A., <sup>5</sup>Southwest Research Institute, U.S.A.

Using the Dynamics Explorer 2 magnetic and electric field and plasma data, magnetospheric source regions corresponding to the highly structured plasma convection for northward interplanetary magnetic field are examined. Following characteristics on the source region are obtained: (1) the source region has high density (frequently 1-10 cm<sup>-3</sup>) and low temperature (frequently <100 eV) electrons, (2) includes polar rain type plasmas, (3) exists on higher-latitude magnetic field lines than the source of the region 1 field-aligned current, and (4) enables ions having a range of energy from 100s eV to about 10 keV to precipitate in the ionosphere. Based on these characteristics, we show that the source region lies in the magnetosheath equatorial plane.

惑星間空間磁場が北向きの時、電離層昼間側ローカルタイム領域のプラズマ対流は、巨視的なスケールで coherent なパターンを示す。一方、朝夕および夜側ローカルタイム領域においては、状況は複雑である。ある場合には、巨視的なスケールで coherent なプラズマ対流パターンが現れ、また別の場合には、非常に不規則で構造的なパターンが現れる(図の午前側)。本研究では、この後者の場合を取り扱う。DE2 衛星の磁場、電場、粒子データに基づいて、構造的なプラズマ対流の磁気圏における生成領域を明らかにすることを目的とする。

- 解析から、磁気圏生成領域について次の結果が得られた。
- (1) 主たる部分は、電子密度が高く(1-数10/cc)、電子温度が低い(<100 eV) 領域である。
  - (2) polar rain 的なプラズマを含む。
  - (3) region 1 沿磁力線電流の生成領域より高緯度の磁力線上に存在する。このときの region 1 沿磁力線電流は LLBL 起源の性質を示す。
  - (4) 数 100 eV から 10 keV 程度までのエネルギーのイオンを電離層に降下させる。

これらの結果は、構造的なプラズマ対流の生成領域がマグネトシースに延びる開いた磁力線にあることを示唆する。構造的なプラズマ対流は、図のように電離層のMLT 4時から6時頃に現れているから、生成領域は磁気圏の夜側にあると考えられる。そのような夜側のマグネトシース領域において、イオンのバルク速度の反地球向き成分が熱速度より大きい時には、マグネトシースから磁気圏に侵入したイオンは電離層に到達できないであろう。従って、構造的なプラズマ対流の生成領域として、夜側マグネトシース赤道面に渦のようなものが生じている領域が存在することを提案する。この渦をつくるプラズマの流れは、地球向きのバルク速度と、イオンの熱速度より十分小さい反地球向きのバルク速度を持つと思われる。

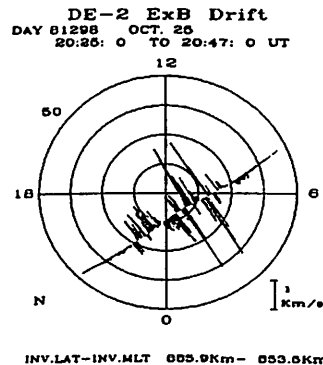


Figure. Highly structured plasma flow observed by DE 2.

Acknowledgments.  
 We thank N.C.Maynard for permitting us to use his electric field data.

## 1次元電流シートの動的平衡解の構造

篠原 育, 寺沢 敏夫 (東大理)

### Structure of the dynamic equilibrium solution of 1-D current sheet

I. Shinohara and T. Terasawa (Univ. of Tokyo)

We have investigated the structure and stability of the dynamic equilibrium solution of 1-D current sheet. In previous work, the effects of electrons were ignored because the electron contribution to the current in the current sheet was regarded to be smaller than that of the protons. But, it is important to understand the role of electrons, that is, the modulation of the particle motion under the existence of the electric field. We will discuss the effects of electrons on the structure and stability of the dynamic equilibrium of the current sheet.

磁気圏尾部を流れる電流はプラズマ・シートの粒子によって運ばれている。しかし、その尾部電流の詳細な構造ははまだ不明である。電流シートにおける力の釣り合いを考える時、 $\mathbf{J} \times \mathbf{B}$ 力と圧力勾配の釣り合いを考える静的な平衡解(例えば、Harris 解)が広く知られているが、尾部ローブを流れるプラズマの流れが磁気中性面を横切るときに受ける遠心力が $\mathbf{J} \times \mathbf{B}$ 力に抗する効果も重要である。このため、ローブから入射した個々の粒子の運動とそれらの作る電磁場が自己無撞着になるように求められたEastwood-Hill型の動的平衡解が最近注目されている。(Pritchett and Coroniti, *J. Geophys. Res.*, 97, 16,773, 1992)

従来、尾部電流は主にプラズマ・シートのイオンによって担われていると考えられているために、電子の効果は重要でないと考えられてきた。それによって、これらのモデルも一成分イオン系をとり

あつかって議論がなされている。しかし、電流シートの構造を考える場合、電子の効果によってできるホール電場が、どの程度構造を変化させるか、あるいは、そもそも、電子の効果考えた場合に安定な動的平衡解が存在するのかということ調べてやらなければ不十分である。

このような理由によって、本研究では最初に一成分イオン系のモデルの追試をおこない、さらにそれを発展させて電子の効果を含めた動的平衡解を求める。講演では、平衡解の構造と安定性を議論する予定である。

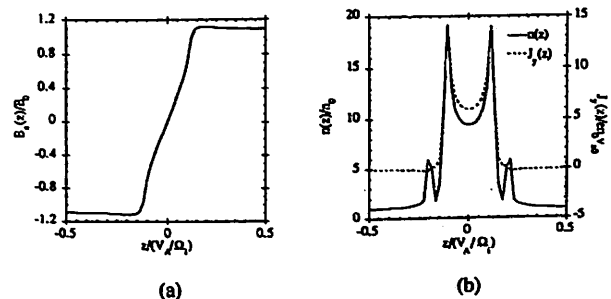


図 - 1 成分イオン系モデルの追試の結果。 ( $B_z/B_0=0.2$  の場合)

(a) 磁場の構造:  $B_x$  成分と (b) 密度分布と電流分布:  $J_y$  成分

$z=0.2$  付近に現われる密度と電流のピークは、粒子が磁気中性面を横切って meandering している効果による。

## 磁気圏尾部中性面付近のプラズマ流の特性

中村 るみ (名大, STE研)

DNペーカー, DHフェアフィールド (NASA/GSFC)

RLマクフェロン (IGPP/UCLA)

EWホーンズ (LANL)

### CHARACTERISTICS OF PLASMA FLOW NEAR THE MIDLING NEUTRAL SHEET

\*R Nakamura (STELab, Nagoya Univ.),

D N Baker, D H Fairfield (NASA/GSFC),

R L McPherron (IGPP/UCLA), and E W Hones (LANL)

Understanding the relationship between plasma flow and the magnetic field near the center of the plasma sheet is essential to the study of the magnetospheric substorm onset mechanism. Using IMP 6, 7, 8 magnetic field and particle data, plasma flow properties near the neutral sheet is investigated in the region  $X = -15 \sim -38 R_E$ . We selected data near the neutral sheet crossings by a reversal in  $B_X$ . We used data only in the midnight sector, which we assumed to be  $-7 R_E < YGSM < 9 R_E$  taking into account the aberration of the magnetotail.

By dividing the data set according to the satellite X position, we are able to examine the radial profile of the plasma flow in the midtail region. Since the major component in the magnetic field was nearly parallel to the Z axis at the estimated crossings, these flows tend to be generally perpendicular to the field. The average flow speed increase with increasing distance from the Earth. During rather quiet times ( $AE < 100 nT$ ), the increase in the flow speed is consistent with convection flow due to electric field of  $0.3 \sim 0.5 mV/m$ .

High speed flow events ( $V > 300 km/s$ ) are restricted in the region tailward of  $X = -25 R_E$ . The predominant flow direction of these flows is sunward. The relationship between  $B_Z$  polarity and plasma flow direction during high speed flow events is largely consistent with that expected due to magnetic reconnection processes associated with substorms.

**Electric Field and Potential Structures  
with Northward IMF**

**2. Potential Asymmetry in the Closed Field Region**

○A.Matsuoka, K.Tsuruda, A.Nishida, H.Hayakawa and T.Mukai  
The Institute of Space and Astronautical Science

We have investigated the dawn - dusk potential structure when the IMF is northward using electric field data from the EXOS-D satellite. Figure 1 shows the potential difference in the closed field region (determined by the particle signatures) versus magnetic local time after removing the Earth's corotation electric field. The result is that the dawnside closed field region has a very small potential difference while the duskside one has a significantly larger one.

Most of the previous studies regarding magnetospheric convection or particle trajectories assumed that the convection field, i.e. the field not including the corotation field, was symmetrical in the dawn-dusk direction (Axford and Hines [1961], Brice [1967], Chen [1970], Stern [1975]). Wolf [1970] derived the convection field including the effect of the difference in ionospheric conductivity between the dayside and the nightside. He suggested that the convection field would be modified, as in Figure 2, resulting in a larger potential on the dusk side.

We have made a simple model to estimate this modification quantitatively and have found that this effect may be significant when there is a large jump in the ionospheric Hall conductivity at the terminator and when the Pedersen conductivity in the polar region is small. It is possible that the potential difference in the dusk region may

be several times that in the dawn region when the magnetic activity is small.

The properties of our model and the results of our analysis using data under various IMF conditions will be discussed.

Fig. 1. The potential difference in the closed field region (determined by the particle signature) after removing the Earth's corotation electric field. The abscissa is scaled by the magnetic local time of the open-closed boundary.

Fig. 2. A schematic view of the convection field as affected by the day-night ionospheric conductivity difference. The lines correspond to equipotentials, namely the stream lines of the  $E \times B$  convection.

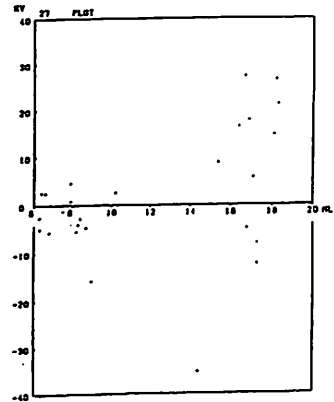


Fig. 1

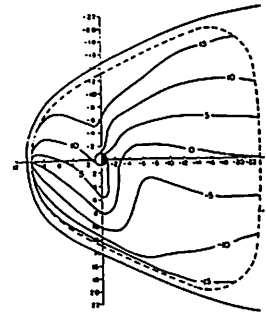


Fig. 2

B会場

10月14日(木) 午前

# 大気圏力学

## Atmospheric Dynamics

oral: B31-01~11

poster: B31-P1-17~18

座長

山中大学 (京大超高層)

前川泰之 (大阪通信大工)



梅雨季対流圏のMU・X帯・C帯レーダー同時観測
\*堀垣佳明<sup>1</sup>・山中大学<sup>2</sup>・深尾昌一郎<sup>2</sup>・清水収司<sup>3</sup>・上田博<sup>3</sup>・
前川泰之<sup>1</sup>・佐藤亨<sup>4</sup>・津田敏隆<sup>2</sup>・渡辺明<sup>5</sup>
(1大阪電通大<sup>2</sup>京大超高層<sup>3</sup>北大理<sup>4</sup>京大工<sup>5</sup>福島大教育)

Multi-Radar Observations of the Troposphere near the Baiu Front with MU, X-band and C-band Radars
\*Y. Shibagaki<sup>1</sup>, M.D. Yamanaka<sup>2</sup>, S. Fukao<sup>2</sup>, S. Shimizu<sup>3</sup>, H. Uyeda<sup>3</sup>,
Y. Maekawa<sup>1</sup>, T. Sato<sup>4</sup>, T. Tsuda<sup>2</sup> and A. Watanabe<sup>5</sup>
(1Osaka Electro-Commun. Univ., 2RASC Kyoto Univ., 3Hokkaido Univ.,
4Kyoto Univ., 5Fukushima Univ.)

We have carried out a three-week observations by the MU radar during the Baiu season in 1991 (17 June-8 July). The results observed by the MU radar have been compared with those by C-band radar of Osaka Meteorological Observatory and X-band radar of Hokkaido University. We have analyzed the meso-γ scale convective motions accompanied with strong rainfall. We obtained a model of the hierarchical structure organization of cloud convections.

序論 前回までの報告では、1991年梅雨季になされたMUレーダー3週連続観測(6月17日~7月8日)のデータ解析結果から、低気圧・前線との位置関係によって、鉛直流を含む三次元風速の変動に特徴的違いがあることを示した。今回はこの期間に同時観測がなされたC帯(大阪管区気象台)、X帯(北大; 信楽MU観測所内に移設)気象レーダーのデータと比較解析を行った。C帯データは中~中間規模スケールの低気圧・前線システムに伴う雲の分布・雲頂等と対応させるために用い、またX帯データはMUレーダーの周層半径60kmにわたる積雲~中規模の雲の分布・水平風速等が得られる。

気象レーダーとの解析結果 全観測期間中、鉛直流変動とC帯データとの対応は前線の北側では前線面に頭打ちされた上昇流に伴う雲、低気圧中心付近では温暖・寒冷前線通過に伴う雲頂の上昇(図1:(a)鉛直流、(b)雲頂)、低気圧からかなり離れた前線の南側では断界面を突き抜けた上昇流に伴う雲がみられた。

また、雲の水平分布については、最も降水量の多かった7月4~5日のC帯データには、中間規模低気圧に伴う温暖・寒冷前線通過時に16mm/h以上の降雨をもたらした雲群が存在した。特に、寒冷前線通過時には地上で10mm/h以上の激しい降雨が観測され、X帯データからはこの雲に対応した強いエコーが半径20kmにわたり確認された。この期間、MUレーダーの鉛直流データには2m/s以上の顕著な上昇流が下降流と交互に現れていた。また、水平風には高度2~4km付近で南風から北風への急激

な変化がみられた[清水他, 1992参照]。このような顕著な鉛直流や水平風の収束は雲を活性化させ激しい降雨をもたらした要因と密接な関係があると考えられる。

結論 このように天頂方向に天候によらず高度分解能観測可能なMUレーダー、低仰角方向における降水粒子の水平運動を観測できるX帯ドップラーレーダー、また広域の雨雲の分布を観測できるC帯レーダーを同時に用いたマルチレーダー観測を行うことで、水平循環を含む雲対流組織化に関する詳細な解析が可能となることが証明された。講演時にはこれらをまとめた前線通過時の雲の3次元モデルを示す予定である。

文末に当りデータを頂いた大阪管区気象台の方々に対し深く謝意を表する次第である。

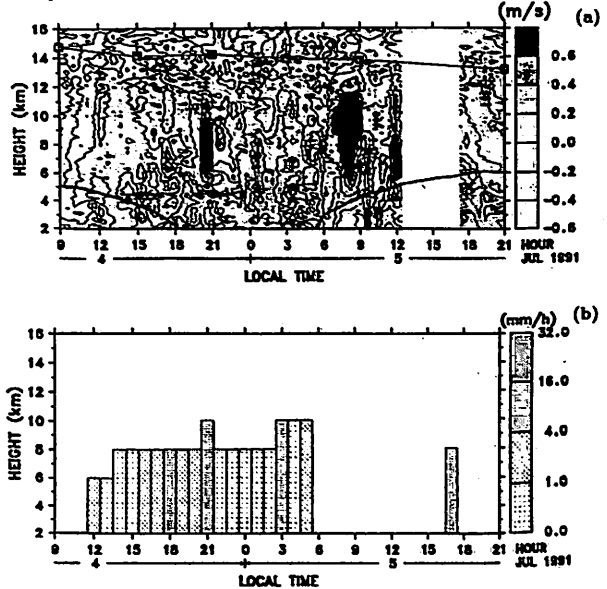


図1 1991年7月4~5日のMUレーダーによる鉛直流の時間・高度変化(a)、C帯レーダーによる雲頂の時間・高度変化(b)。

赤道域大気境界層のメソスケール風速変動スペクトル

\*橋口 浩之<sup>1</sup>・山中 大学<sup>1</sup>・深尾 昌一郎<sup>1</sup>・津田 敏隆<sup>1</sup>
S. W. B. Harijono<sup>2</sup>・H. Wiryosumarto<sup>3</sup>
(1:京大超高層 2:BPPT, Indonesia 3: LAPAN, Indonesia)

The Spectra of Mesoscale Atmospheric Velocity Fluctuations in the Boundary Layer over Equatorial Region
\*H. Hashiguchi<sup>1</sup>, M. D. Yamanaka<sup>1</sup>, S. Fukao<sup>1</sup>, T. Tsuda<sup>1</sup>,
S. W. B. Harijono<sup>2</sup> and H. Wiryosumarto<sup>3</sup>
(1: RASC, Kyoto Univ. 2: BPPT, Indonesia 3: LAPAN, Indonesia)

Frequency power spectra of zonal and meridional wind velocities observed with the Boundary Layer Radar at Serpong, Indonesia (6.4°S, 106.7°E) at heights between 0 and 3 km are calculated. We find that the spectra follow an f<sup>-2</sup> power law in the range of periods between 30 min and 1 day.

はじめに 京大超高層によって開発された境界層レーダーは非常に優れた時間(~1分)・高度(100m)分解能で3次元風速プロファイルを連続観測できる特徴を持つ。その境界層レーダーを用いて国内において1992年5月から約4ヶ月間、1992年11月からインドネシアにおいて半年以上連続観測を実施しており現在もなお継続中である。これまで観測の乏しかった赤道域において得られた風速データを用いて、そのスペクトル解析を行ったので報告する。

観測結果 右図に1992年11月に境界層レーダーによって得られた水平風速の時系列データから求めたスペクトルを各高度毎に示す。周期30分~1日の帯域の水平風変動はほぼ普遍的にf<sup>-5/3</sup>則よりむしろf<sup>-2</sup>則に近いスペクトルを呈していることが分かる。また1日より低周波数側の成分は白色に近くっており、周期1日あたりの帯域がトータルな風速変動分散に最も大きく寄与しているものと考えられる。

さらにu成分とv成分との間に顕著な差がないことから、Kelvin波のようなものではなく水平に等方的に分布した擾乱が卓越しているものと考えられる。また高度が高くなるほど値が増加する傾向が見られるが、高周波数側の落ち方には高度による顕著な違いは見られない。

ここでは11月の結果のみ示したが他の月についてもほぼ同様なスペクトルが得られている。前回の学会で報告したように11月と12月以降とは卓越風向が逆転していたが、卓越風向の変化は風速変動には大きく寄与しないようである。

まとめ 赤道域インドネシアで実施している境界層レーダー観測データを用いてスペクトル解析を試みた。これまでにない長期かつ高分解能なデータによってメソスケール周波数帯域全体を完全にカバーするスペクトルが得られ、周期30分~1日の帯域においてf<sup>-2</sup>則を満たしていた。今後国内観測データとの比較や降雨時と非降雨時におけるスペクトル形状の違いなどについて調べたいと考えている。

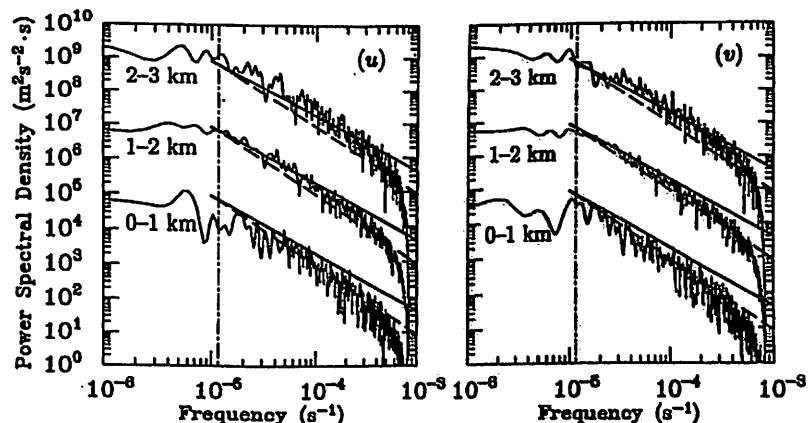


図: インドネシアにおいて1992年11月に境界層レーダーによって得られた東西風(左)と南北風(右)の周波数スペクトル。下から高度範囲0~1km, 1~2km, 2~3kmの平均値を変えており、10<sup>2</sup>倍ずつずらして示す。縦に伸びる一点鎖線は周期1日に対応しており、太い実直線および破線はそれぞれf<sup>-5/3</sup>およびf<sup>-2</sup>の傾きをもつ直線を表す。

## MU レーダーによる周波数ドメイン干渉計を用いた乱流層の研究

°C. Kilburn, 深尾昌一郎, 山本衛  
(京都大学超高層電波研究センター)

### Frequency Domain Interferometry Studies of Thin Atmospheric Layers using the MU Radar

°C. Kilburn, S. Fukao, M. Yamamoto  
(Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University)

A limitation of MST (Mesosphere Stratosphere Troposphere) radars is the performance in range and of particular interest is the improvement of the range resolution when observing thin atmospheric layers which contain turbulence and/or steps in refractive index. Turbulent layers are studied due to the energy concentration they contain and the possibility of significant transport of constituents.

Frequency domain interferometry (FDI) was introduced by Kudeki and Stitt (1987) and has become the most popular 'high resolution' technique for MST radar. In FDI, the altitude of localised scattering or reflecting regions is determined by the phase differences of signals received at two distinct radar frequencies. An estimate of the scattering layer thickness can also be derived from a cross-correlation analysis.

Frequency Domain Interferometry (FDI) was previously set up at the MU radar and has been used for observations of tropospheric and stratospheric turbulent layers. A different approach was used in the present paper involving the use of two frequency pairs with different frequency separations. Experiments were performed on 27 February and 4 June 1993 on the MU radar. The two frequency pairs of 46.25 + 46.75MHz and 46.25 + 46.5MHz were used with a 2 $\mu$ s pulse length. The observations were not simultaneous, rather, successive 30 second records used alternate frequency pairs. Only vertical beams were used and the observation height range was 4.05km - 22.95km. Some results from the two experiments for the 250kHz frequency separation are shown in figures 1 and 2. These figures have been derived using simple FDI equations similar to those of Kudeki and Stitt (1987) and using a technique to convert the FDI information into a high resolution RTI (range-time-intensity) plot. The layers shown in figure 1 did not appear to be separable in the ordinary 300m range gate power data and so this extra structure has been given by the FDI technique. The layers are tracked over time and the strong layer at 6.45km

in figure 2 is seen to rise over the experiment. The layers have been measured to be around 100m in thickness.

#### Reference

Kudeki, 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.

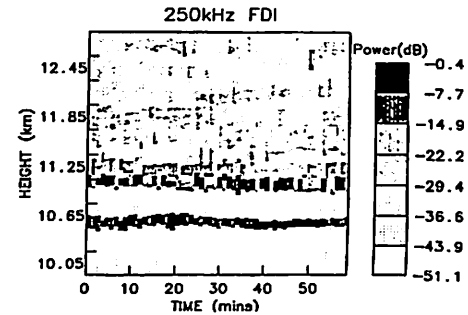


Figure 1. FDI results for heights around the tropopause on 27 February 1993. Experiment start time was 18:26LT.

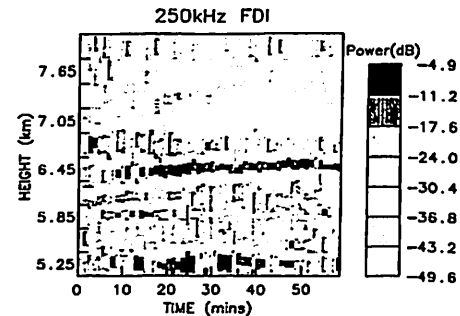


Figure 2. Results showing a strong tropospheric layer from the experiment on 4 June 1993. Start time was 09:14LT.

## Comparison of Spaced Antenna and Interferometric Wind observations on MF and VHF radars.

°W.O.J. Brown, °G.J. Fraser, S. Fukao, and M. Yamamoto

(Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University, Uji, Kyoto 611)

(\*Department of Physics, University of Canterbury, Christchurch, New Zealand)

Medium Frequency (MF) radars are useful tools to probe the mesosphere and lower thermosphere. The radars generally operate in spaced antenna mode, in which backscattered signals (from weak ionization in the lower ionosphere) drift across separated receiving antennas in a manner that can be related to atmospheric motions.

By utilizing phase information, interferometry can also be carried out. Interferometry gives the Doppler shifts and angles of arrival of the backscattered signals and thus a separate measure of atmospheric motion can be determined.

VHF radars generally make wind measurements much lower in the atmosphere. They usually operate in Doppler beam swinging mode in which a narrow beam is pointed in several different directions and the Doppler shift in each direction is measured. In this manner a picture of the mean motion of the atmosphere is formed. Some VHF radars, for example the MU radar, use this mode and also can operate in spaced antenna drifts and interferometry modes, (eg: Fukao et.al. 1990).

This study compared the wind measurements of the two spaced antenna modes and examined the conditions under which the techniques agreed or disagreed. The study used two MF radars and a VHF radar. The MF radars are sited near Christchurch on the South Island of New Zealand and at Scott Base on Ross Island in the Antarctic, (Fraser, 1989). The MU VHF radar near Kyoto in Japan was also used.

On all three radars it was found that the spaced antenna velocities and the interferometry velocities were very similar if the atmosphere was relatively stable. However if the atmosphere was turbulent, then the two methods disagreed with each other.

The study also examined the nature of scattering structures. Difficulties can arise with techniques such as the Doppler beam swinging mode if there are narrow tilted scattering layers, particularly when making high resolution studies. The spaced antenna mode of operation is not affected by this problem and can make high resolution studies of the behaviour of the scattering layers.

#### References

Fukao, S., T. Sato, T. Tsuda, M. Yamamoto, M. D. Yamanaka and S. Kato, *Rad. Sci.*, 25, 477-485, 1990.  
Fraser, G. J., *Pure and App. Geophysics*, 30, 291-301, 1989.

下部成層圏慣性内部重力波の水平規模について

野野 慎也<sup>1</sup>・山中 大学<sup>1</sup>・柴垣 佳明<sup>2</sup>・下舞 豊志<sup>1</sup>・深尾 昌一郎<sup>1</sup>  
(<sup>1</sup>京大超高層 <sup>2</sup>大阪電通大)

Horizontal Scale of Inertia-Gravity Waves in the Lower Stratosphere

S.Ogino<sup>1</sup>, M.D.Yamanaka<sup>1</sup>, Y.Shibagaki<sup>2</sup>, T.Shumomai<sup>1</sup> and S.Fukao<sup>1</sup>  
(<sup>1</sup>RASC, Kyoto Univ., <sup>2</sup>Osaka Electro-Commun. Univ.)

In order to investigate the horizontal scale of inertia-gravity waves in the lower stratosphere, we compared hodographs of wind fluctuations observed at six stations located meridionally. There were very few cases in which similar elliptic hodographs were obtained at two neighboring stations. This suggests that one monochromatic wave structure does not extend more than one horizontal wavelength (~10<sup>3</sup>km).

**1はじめに** 下部成層圏に現れる慣性内部重力波の性質については、これまでレーダーなどの一点観測で鉛直波長・周期・偏波特性などが調べられてきたが、水平構造については未解明な点が多い。本講演では1991年6月17日~7月8日のMUレーダー3週間連続観測結果と同時期の気象管署資料の解析に基づき、下部成層圏慣性内部重力波の水平構造について検討する。

**2解析方法** 札幌・秋田・輪島・潮岬・南大東島(気象庁レーウィンゾンデ)と信楽(MUレーダー)で観測された水平風速2成分のデータを用いて、高度10~20kmにおけるホドグラフの南北方向の比較を行なった。過去に、この期間のデータを用いたスペクトル解析の結果、鉛直波長~2kmのモードの卓越が報告されている(山中他,1992)。同様の特徴は他の研究でも報告されている。今回の解析では、この卓越モードに注目して、高度方向に1.5~3.0kmのバンドパスフィルターをかけたデータを用いた。

**3解析結果** 得られたホドグラフには、楕円を描くものや直線偏波するもの、また楕円らしきものを描くが完全に1周しないもの、楕円とは認めにくいものなどがあった。また、楕円らしきものを描いた場合、時計回りをするものがほとんどであるが、反時計回りをするものも約2割認められた。

きれいな楕円を描くことが少ないため、楕円をフィッティングして波動要素を求め、観測地点間の比較をすることは困難である。そこでまず偏波の向きと背景風との関係について調べた。その結果、楕円というよりむしろ直線偏波的に見えるケースのうちの半数が背景風と同じ向きに偏波していることがわかった。

また、隣合う地点のホドグラフを比べてみると、よく似た楕円を描く場合があるがそのようなケースは稀であった。

**4考察** 隣合う2地点間の相関が良くないことと、きれいな楕円を描かないことについては、下部成層圏慣性内部重力波そのものが完全に1波長・単色性を維持していな

い可能性と、卓越鉛直波長が解析に用いたフィルターの幅からはずれている可能性などが理由として考えられる。

なお、MUレーダーデータと気象庁レーウィンゾンデデータとは、精度・分解能等に差があり、このことが解析結果に及ぼす影響も考慮すべきと考えている。

**5まとめ** MUレーダーと気象庁レーウィンゾンデデータを用いて下部成層圏慣性内部重力波の単色波解析を行ない、1つの単色波が1水平波長程度以上にわたって確認できる例が極めて少ないことがわかった。なお、鉛直・時間方向にも1波長・周期以上にわたって単色波が確認できることはあまりないことが知られており(下舞他の講演参照)、これまでの連続単色平面波理論を用いた解析や記述には限界があることを示唆している。

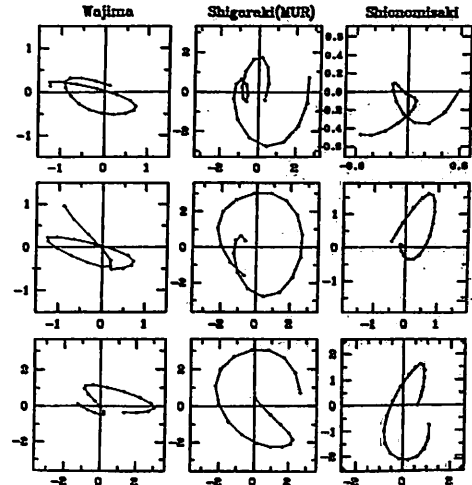


図2: 輪島、信楽、潮岬における水平風速2成分のホドグラフ(7月3日21時)

高度 13.0~16.0km (上)  
14.5~17.5km (中)  
16.0~19.0km (下)

MUレーダー3週間連続観測に基づく中下層大気における鉛直渦拡散係数の推定方法の比較検討

黒崎 聡・山中 大学・橋口 浩之・津田 敏隆・深尾昌一郎  
(京大・超高層)

The Comparison between of Estimation Methods of Vertical Eddy Diffusivity

in the Lower and Middle Atmosphere on the Basis of Three-Week Observations with the MU Radar

S. Kurosaki, M. D. Yamanaka, H. Hashiguchi, T. Tsuda and S. Fukao  
(RASC, Kyoto Univ.)

The MU radar can measure the eddy diffusivity  $K$  in the troposphere, lower stratosphere and mesosphere. We used the two methods of analysis. One is calculating eddy diffusivity  $K_e$  from spectral width, and another is calculating  $K_p$  from echo power, observed from June to July in 1991. In the lower stratosphere, the values of  $K_p$  approximate the ones of  $K_e$ . In the troposphere, the echo-power method is less reliable than the spectral-width method, because we can't observe atmospheric temperature and humidity with high precision and temporal resolution.

1. 序論

1991年6~7月に行われたMUレーダー3週間連続観測データから、対流圏全域~下部成層圏、および中間圏における二通りの算出方法で求める鉛直渦拡散係数  $K_e$  (レーダーのエコーパワースペクトルのスペクトル幅から推定 [Hocking, 1983, 1985, 1988]) および  $K_p$  (同エコーパワー強度から推定 [Gage et al., 1980]) の時間高度変化を解析し、両者の算出方法を比較検討する。

2. 推定方法

乱流によるスペクトル幅  $\sigma$  からエネルギー消散率  $\epsilon_e$  を式  $\epsilon_e = 0.4\sigma^2 N$  を用いて算出する(ここで  $N$  は Brunt-Väisälä 角周波数)。

さらに鉛直渦拡散係数  $K_e$  は式  $K_e = \epsilon_e / (3N^2)$  により求める。

一方同様に観測されたエコーパワーから、レーダー方程式などを用いて、乱流構造定数  $C_n^2$  が求まる。そして次式によりエネルギー消散率  $\epsilon_p$  を求める。

$$\epsilon_p = 3.43 \times 10^{15} F^{-\frac{1}{2}} N^{-3} \left(\frac{T}{P}\right)^3 \left[1 + \frac{15500g}{T} \left(1 - \frac{1}{2} \frac{\partial \ln q / \partial z}{\partial \ln \theta / \partial z}\right)\right]^{-3} (C_n^2)^{\frac{1}{2}}$$

ここで  $F$  はレーダーの観測領域内の乱流領域の割合、 $T$  は気温(絶対温度)、 $P$  は気圧、 $q$  は絶対湿度、 $\theta$  は温位である。鉛直渦拡散係数  $K_p$  は  $K_e$  と同様求める。 $T$ 、 $P$ 、 $q$ 、 $\theta$  はMUレーダーのある滋賀県信楽町におけるゾンデ観測によって得られたものである。

3. 解析結果の比較

1991年6月17日~23日における対流圏全域~下部成層圏における  $K_p$  の時間高度変動を図1に示す。同時期の  $K_e$  では、ジェット気流付近でビームブロードニングが大きくなり大量のデータの欠損が生じる。また、 $K_p$  では下部対流圏において10m<sup>2</sup>/sを超える  $K_e$  より大きな値が多く検出されている。メジアン値の高度プロファイルにおいては、 $K_e$  で見られるジェット気流直下(高度12km付近)での極大は顕著ではない。一方、下部成層圏においては  $K_p$ 、 $K_e$  とほぼ同様な大きさ、分散が得られている。

4. 考察

$K_p$  では  $T$ 、 $q$  の誤差が無視できないが、その影響は下部対流圏において特に強いと考えられる。一方、下部成層圏では  $K_e$  におけるブロードニングの影響、 $K_p$  における  $T$ 、 $q$  の誤差がいずれも小さく、いずれの方法でも信頼度の高い結果が得られていると結論できる。

5. 結論

エコーパワーによる方法ではどの高度でもむらなく鉛直渦拡散係数の値を推定できるが、特に対流圏では  $T$ 、 $q$  の高精度同時観測ができないため、前項で用いたスペクトル幅による方法に比べ信頼度が低い。

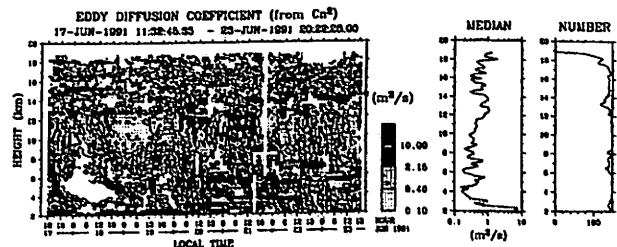


図1: 対流圏~下部成層圏における鉛直渦拡散係数  $K_p$  の時間高度変化。期間は1991年6月17日~7月8日。時間・高度分解能は1時間・150m。時間中央値の高度プロファイルもともに示す。

MU レーダー 3 週間連続観測結果の  
時間ウェーブレット解析

下舞豊志・山中大学・深尾昌一郎・津田敏隆 (京大・超高層)

Application of Time Domain Wavelet Analysis to  
Three-Week MU Radar Observations

T. Shimomai, M. D. Yamanaka, S. Fukao and T. Tsuda  
(Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University)

The orthonormal wavelet analysis is applied to time series of three-dimensional wind velocities observed by the MU radar for three weeks in June-July 1991. We compare the results with those of vertical wavelet analysis presented so far. The results suggest that gravity waves with vertical wavelength of about 2 km in the stratosphere are often active when medium scale cyclones with time scales of about two days become strong.

MU レーダー観測からは鉛直・時間 2 次元のデータセットが得られるので、一次元正規交ウェーブレット解析としては前回までに報告してきた鉛直方向の他、同じアルゴリズムで時間方向にも行なうことができる。そこで今回は、前回までと同様に 1991 年 6~7 月に行なわれた 3 週間連続の MU レーダー観測データ (高度 2km 以上の 30 分平均データ) と解析プログラムを用いて、時間方向のウェーブレット解析を行なった。

時間方向には約 1000 点のデータとなるので、結果全体に対する端の影響は鉛直方向 (約 120 点) の解析よりも小さい。しかし、時間方向の場合のスケールパラメータに対応する周波数は、鉛直方向の場合の波数と違って、結果の解釈には注意を必要とする。すなわち、1 点のレーダー観測によって得られる波の周波数は、本来の (媒質に対する) 周波数ではなく、地面に対する周波数である。特に対流圏界面付近においては背景風速による Doppler 偏移が無視できないので、内部重力波そのものの周波数の変動に関する情報は背景風の影響を大きく受けて本来のものとは違ったものとなっているはずである。そこで今回の解析では周期自体に及ぼす背景風速の変動の影響が比較的小さいと考えられる、内部重力波よりも長周期の成分に重点を置く。これにより得られる対流圏低気圧活動の時間的変動と、前回までに得られた圏界面重力波の活動の時間的変動とを比較する。

梅雨季に卓越することが知られている、周期が約 2 日程度の成分を取り出したところ (図 1), 3 週間の観測期間の後半において顕著に現れており、またこの成分の振幅が 4 日程度の周期で変動されていることが確認された。この結果を、鉛直ウェーブレット係数の絶対値に 2 日の移動平均を施したもの (図 2) と比較すると、両者の極大領域が

重なる部分と重ならない部分があることがわかる。重なっている部分は、対流圏内の中間規模低気圧とこれに伴うジェットの変動が成層圏の約 2km の波と密接に関係していることを示唆している。一方、重なっていないところは、低気圧とは全く別起原の重力波であることを示唆するものである。

従って、時間方向のウェーブレット解析から、対流圏界面直上に局在する内部重力波が、対流圏内の中間規模低気圧と密接に関係しているものとそうでないものとに分けられることがわかった。

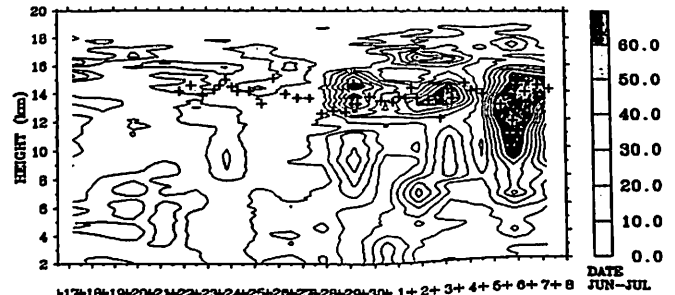


図 1. 3 週間連続 MU レーダー観測結果の南北風速変動分の時間ウェーブレット解析の結果。周期約 2 日の成分のウェーブレット係数の絶対値の時間・高度変化を示す。

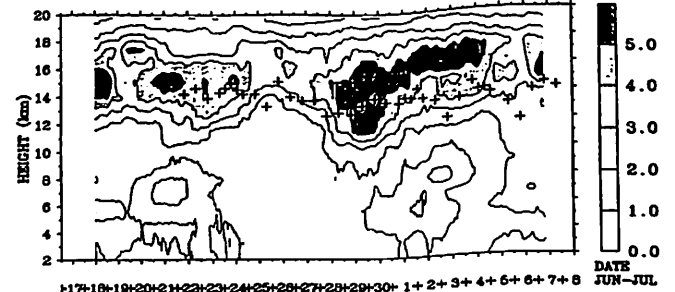


図 2. 3 週間連続 MU レーダー観測結果の南北風速変動分の鉛直ウェーブレット解析結果の鉛直波長約 2km の成分に 2 日の移動平均を施したものの。

ヒカマルカ VHF 帯レーダーにより観測された  
上部成層圏における鉛直伝播性の短周期内部重力波

前川泰之<sup>1</sup>、深尾昌一郎<sup>2</sup>、山本衛<sup>2</sup>、山中大学<sup>2</sup>、津田敏隆<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

Vertically Propagating Upper Stratospheric Short Period  
Gravity Waves observed by the Jicamarca VHF Radar

Y. Mackawa<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 scattering echoes observed by the Jicamarca VHF radar in Sept. and Oct. 1990. This experiment is the first attempt for long term observations that makes use of high-altitude-resolution of the revised Jicamarca radar systems. As a result, reliable vertical wind velocity profiles have been, for the first time, obtained with height resolution of 500 m. These wind profiles, as a whole, indicate downward phase propagation which means upward energy flow of the internal gravity waves in the upper stratosphere.

As for the vertical wind oscillation with periods of longer than 1 h, our earlier analysis has indicated that the characteristic time and vertical scales are quite different between the upper stratosphere and the mesosphere. That is, the upper stratospheric gravity wave has a much shorter vertical scale and a little longer time scale than the mesospheric one. Furthermore, the upper stratospheric wave shows a marked dissipation near the stratopause, suggesting the wave break and saturation. The upper stratospheric maximum value is typically  $\sim 0.3 \text{ ms}^{-1}$ , and this value is well explained by the theoretical saturation condition on the monochromatic gravity waves with period of  $\sim 4 \text{ h}$  and vertical wavelength of  $\sim 8 \text{ km}$ .

Our succeeding spectral analysis for time and vertical scales has also supported this fact at each height range. On the other hand, the frequency spectra are found to have the almost same frequency components in comparatively short period range of less than 1 h from the lower stratosphere to the mesosphere. Note that the spectrum is fairly flat in the lower stratosphere, whereas the spectrum has sharp peaks in the mesosphere. Thus, specific waves with periods of less than 1 h are considered to primarily reach the meso-

sphere among various waves in the lower stratosphere.

To visualize these waves, Fig. 1 shows a contour plot of short period oscillation with comparatively large vertical scales observed on Sept. 28, 1990 from the lower stratosphere to the mesosphere. It is found that the waves are fairly continuous in these height ranges from 20 to 80 km, and the phase is slightly tilted downward, indicating upward energy flow similarly. In this case, the characteristic wave period is 10-20 min, which agrees well with spectral analysis in each height range. Also, vertical profiles of standard deviation of these short period waves are, as a whole, inversely proportional to the square root of atmospheric density in the entire height ranges of 20-80 km, and so the energy of these waves is not so much dissipated in the upper stratosphere as the longer period waves.

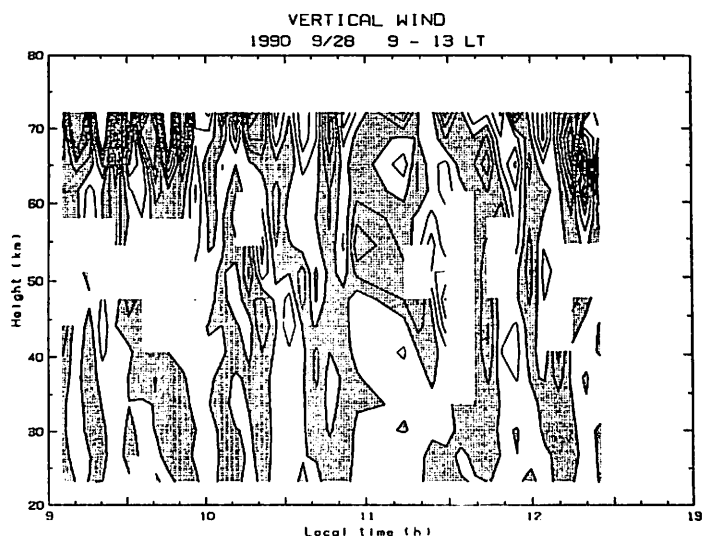


Fig.1 Contour plot of short period oscillation ( $T < 1 \text{ h}$ ) with comparatively large vertical scale ( $\lambda_z > 8 \text{ km}$ ).

準単色重力波を取り入れた  
準一次元大循環モデルにおける  
中間圏界面・中部成層圏弱風層  
山中 大学 (京大・超高層)

Mesopausal and Middle-Stratospheric Weak Zonal-Wind Layers  
in a Quasi-One-Dimensional General Circulation Model  
in the Presence of Quasi-Monochromatic Internal Gravity Waves

Manabu D. Yamanaka (RASC, Kyoto U.)

Tanaka-Yamanaka's (1985) quasi-one-dimensional stratospheric general model has been extended to the whole middle-atmospheric model incorporating Yamanaka-Fukao's (1993) quasi-monochromatic saturated internal gravity waves, saturated stationary planetary waves, eddy viscosity, molecular viscosity and ion drag. This extended model can simulate both the middle-stratospheric and mesopausal weak-wind layers. Generation mechanism of weak winds in this model and difference from the foregoing models are discussed.

実際に基づく重力波鉛直分布 (Yamanaka & Fukao, 1993) を取り入れた Tanaka & Yamanaka (1985) 成層圏準一次元モデル「改訂版」(前回報告) を、さらに中間圏・下部熱圏まで拡張したモデルに再改訂した。

前回と全く同様に基底南北モードに関する準地衡風近似平均渦位方程式 (独立変数は高度  $z$  と時間  $t$ , 従属変数は  $\bar{u}$ ) を用い, 放射加熱 (冷却) 項は Newton 冷却係数  $\alpha(z)$  と年周期変化する放射平衡東西風速  $\bar{u}_R$  で表わし, 下端 ( $z = 10\text{km}$ ) で  $\bar{u} = \bar{u}_R$ , 上端で  $\partial\bar{u}/\partial z = \partial\bar{u}_R/\partial z$ , 初期 (夏至) に全高度で  $\bar{u} = \bar{u}_R$  とし, 時間 step = 1 日で implicit 数値積分 (鉛直中央差分) する。力学的強制項として重力波による  $\bar{F}_{GW}$  に加え, 惑星波による  $\bar{F}_{PW}$  との線形結合  $\delta_{GIV}\bar{F}_{GW} + \delta_{PIV}\bar{F}_{PW}$  ( $0 \leq \delta_{GW}, \delta_{PIV} \leq 1$  は飽和頻度を表わす係数) とし,  $\bar{F}_{GW}$  は観測に基づく卓越鉛直波数 ( $2\pi/1.5\text{ km}$ )  $\cdot \exp(-z/34\text{ km})$  と代表的周波数  $3 \times 10^{-4}\text{ s}^{-1}$  をもつ無数の移動性「準単色」重力波に伴う  $\partial\bar{u}/\partial z$  の向きの強制を全高度で与え, また  $\bar{F}_{PW}$  は Garcia (1991) の飽和条件 (全渦位の南北勾配 = 0) に調節された東西波数 2 の停滞波を  $0 < \bar{u} < \bar{u}_c$  ( $\sim 60\text{ m/s}$ ) の場合に与えたことも前回と同様である。

今回は上端を  $z = 130\text{km}$  に拡張し (鉛直 grid = 2.5 km), 成層圏モデルでは省略していた渦・分子粘性項 (Matsumo, 1982 が示したように  $\alpha$  に付加項を加

えたのと等価) およびイオン抗力項 (Kato & Matsushita, 1969) を加えた。但し Lindzen (1981) 的に飽和振幅を満たすように決まる重力波減衰率が弱および分子粘性の両方の作用で決まると仮定し, すなわちある高度 ( $z \approx 115\text{ km}$  で均質あるいは乱流圏界面に相当) を境に下方では準単色重力波の減衰で, 上方では分子粘性のみでそれぞれ決まるものとした。

成層圏界面より下方では前回報告した成層圏モデルの結果が再現された (下図参照)。すなわち惑星波 (西風減速作用)・重力波 (シア強化作用) の飽和が  $\delta_{PW}, \delta_{GW} \sim 0.1$  程度の頻度で生じていれば現実的な  $\bar{u}$  の高度分布が得られ, このときは放射冷却過程で決まる子午面循環の作る Coriolis トルクが波動による抵抗とほぼ釣り合っている。なお, 夏の成層圏における  $\bar{u}$  が  $\bar{u}_R$  より強い東風となっていることは, これまでの三次元大循環モデルにおける中間圏ジェット軸の下降とも符合している。さらに, 同じパラメタリゼーションと飽和頻度のままで成層圏界面以上でも現実に近い結果 (中間圏界面弱風層) が得られることがわかった。現実にできるだけ近づけるためには, 成層圏界面より上では強制的に常に  $\delta_{PW} = 0$  とすればよいが, そうしなくても冬の西風ジェットが弱まることを除いて東西風の交替の様相は同様である。

準単色重力波の作用による加速の式は,  $\partial\bar{u}/\partial t = \bar{F}_{GW} = [\bar{F}_{GW}/|\partial\bar{u}/\partial z|] \cdot \partial\bar{u}/\partial z$  と書けるので,  $\bar{u}$  のプロファイルは特性曲線  $dz/dt = -[\bar{F}_{GW}/|\partial\bar{u}/\partial z|]$  に従って時間が経つにつれて常に下降することになる。このことは, 上向きに臨界高度へ向けて伝搬する単色波に関する理論的結果 (Booker & Bretherton, 1967) と矛盾しない。プロファイルの下降速度  $-[\bar{F}_{GW}/|\partial\bar{u}/\partial z|]$  は平均 Richardson 数および卓越鉛直波数とそのスケールハイトに依存し, 成層圏で  $\sim 10^{-4}\text{ m/s} \sim 10^{-1} - 10^0\text{ km/month}$ , 中間圏で  $\sim 10^{-2}\text{ m/s} \sim 10^{+1}\text{ km/month}$  となり, 赤道域の成層圏準 2 年周期振動 (QBO) や中間圏半年周期振動 (SAO) の位相下降速度とも同程度である。

準単色重力波を取り入れた準一次元モデルを用いると, 中部成層圏と中間圏界面に存在する弱風層を両方とも一挙に再現することが可能である。これら中高緯度の現象に限らず, QBO や SAO の位相下降速度のコントロールにも, 準単色重力波が主要な役割を果たしているはずである。

レーダーによる上部中間圏から下部熱圏におけるプラネタリー波の多点観測 (2)

梶 雅基<sup>1</sup>, 中村 卓司<sup>1</sup>, 津田 敏隆<sup>1</sup>, 深尾 昌一郎<sup>1</sup>

A.H.Manson<sup>2</sup>, R.A.Vincent<sup>3</sup>

(1: 京大超高層 2: サスカチュワン大学 (カナダ),

3: アデレード大学 (オーストラリア))

°Masaki Tsutsumi<sup>1</sup>, Takuji Nakamura<sup>1</sup>, Toshitaka Tsuda<sup>1</sup>,  
Shoichiro Fukao<sup>1</sup>, A.H.Manson<sup>2</sup>, R.A.Vincent<sup>3</sup>

(1: RASC, Kyoto Univ. 2: Univ. of Saskatchewan, Canada,  
3: Univ. of Adelaide, Australia)

We have been studying planetary waves around mesopause region using data obtained by Kyoto meteor radar (35°N, 136°E), Saskatoon MF radar (52°N, 107°W) and Adelaide MF radar (35°S, 138°E) during 1983-1986. Using cross spectral analysis we picked up dominant waves with periods such as 1.2 day, 1.8 day, 5 day and 8 day. For some cases 1.2 day and 1.8 day waves showed structures implying the existence of normal mode mixed Rossby gravity waves, (1,0) and (2,0). 16 hr wave showed very good correlation with 2 day wave at Saskatoon where 12 hr tide was the most dominant wave component throughout a year, and poor correlation at Adelaide where diurnal tide was the most dominant, suggesting nonlinear processes between 2 day wave and semidiurnal tide were important for 16 hr wave forcing. Waves with periods longer than 10 days had strong peaks in winter hemisphere.

本研究では京都 (35°N, 136°E) の流星レーダー, サスカトゥーン (52°N, 107°W) およびアデレード (35°S, 138°E) の MF レーダーの 1983 年から 1986 年までのデータを用いて中間圏界面付近のプラネタリー波の周期および緯度経度構造を主に周波数スペクトルの手法を用いて調べている。短周期波動にとって背景風としての役割を持ちそれらとの相互作用を起すこととされているプラネタリー波は成層圏高度では衛星観測などから卓越周期成分やグローバルな構造

が詳しく研究されているが, 中間圏界面高度では観測が不足しておりしかも一点観測が中心であるためその理解は進んでいない。前回の発表では最も卓越した成分である 2 日周期波を中心に解析結果を示した。今回は他の周期成分について詳しく調べる。

解析にあたっては, まずそれぞれの観測地点での自己スペクトルから卓越成分を取り出し, その周期と卓越期間が 2 地点間以上で似通っているものについて相互スペクトル解析を行ない位相の違いなどを調べている。これまでに 1.2 日, 1.8 日, 2 日, 5 日, 8 日といった付近の周期成分で相関の高い期間が確認されており, 1.2 日および 1.8 日周期成分の中にはその位相差から (1,0), (2,0) などの混合ロスビー重力波の存在を示唆するものがある。

また 16 時間周期の成分が 3 つの観測地点すべてで存在しており, その周期から 2 日周期波と大気潮汐波との非線形相互作用に基づくと考えられる。特にサスカトゥーンでは 2 日周期成分との相関が極めてクリアであり, 年間を通じて半日周期大気潮汐波が最も大きなエネルギーを持つ波動成分であるのが特徴である。アデレードでも 2 日周期成分との相関は認められるが逆相関を示す期間もあり, 年間を通じて一日周期潮汐波が卓越成分である。また京都ではその中間型を示している。以上から 16 時間周期波の生成には半日周期潮汐波が深く関係していると考えられ, さらなる理解のために定量的な波動間のエネルギー収支について見てゆきたい。

周期が 10 日以上長周期のプラネタリー波については各観測地点毎に卓越したものが認められる。これらの波動は毎年規則正しく冬半球に卓越する傾向があり (特にサスカトゥーンとアデレードで顕著), 冬季の平均風 (東向き, 90 km) と逆方向つまり西向きに伝搬するロスビー重力波の特徴が現れていると考えられる。また各観測地点間での相関は短周期のものに比べて低いが, これは長周期プラネタリー波は一般に位相速度が小さく背景風の影響をうけ易いため周期や緯度経度構造が変形を受けているからと推測される。

また成層圏で同期間に観測されたプラネタリー波の活動度を調べ上下高度領域間の関係を調べる予定である。

中層・超高層大気における潮汐波・  
プラネタリー波の数値モデリング (10)

麻生武彦 河野浩幸 (京都大学工学部)

Numerical modelling of tide and planetary-scale waves  
in the middle to upper atmosphere (10)  
T. Aso and H. Kawano (Kyoto University)

We have been studying the numerical modelling of the time evolution of tides in the middle atmosphere in the mostly linear and, in particular cases, nonlinear regimes. The model relies on the spectral method with spherical harmonics as an orthonormal expansion function. In this work, migrating tides which travel westward with the sun have been the main subject to quantify the wind and temperature variation of tidal period. Local tide which sometimes jeopardizes comparison of observations with theory is known to be attributable to non-migrating component which can be generated, e.g. by the heating due to land-sea contrast. In the present study, time evolution of non-migrating tide is evaluated which could shed light on the short-term and also non-global variability of tidal behavior in the middle atmosphere.

我々はこれまで、中層大気潮汐波の時間発展について主に線形メカニスティックモデルにより、又一日周期による半日周期の励起について非線形コードを用いて数値モデリングを行ってきた。(Aso, 1993) モデルはスペクトル法に拠り、展開関数としては球面調和関数を用いている。このモデリングでは太陽と同期して西方へ伝播する基本的な migrating tide について計算が行われ、レーダー等による風や温度の潮汐成分の観測との比較、とくに variability の観点からの定量的検討に資する結果が得られた。一方、局所的或いは太陽と同期しない non-migrating tide が観測とモデルとの齟齬の大きな要因であることがつとに指摘され、いくつかの定常モデルによる評価がなされてきた (Tsuda and Kato, 1989 他)。Non-migrating tide は海陸分布による differential heating 他種々の要因により励起され下層高度で卓越するが、時として比較的高々度までその影響が及ぶ可能性についても検討がなされている (Ekanayake, Aso and Miyahara, 1993)。本稿では tide の局所性、時間変動性或はその時定数の解明の観点からこの一日周期 non-migration tide の時間発展についてメカニスティックモ

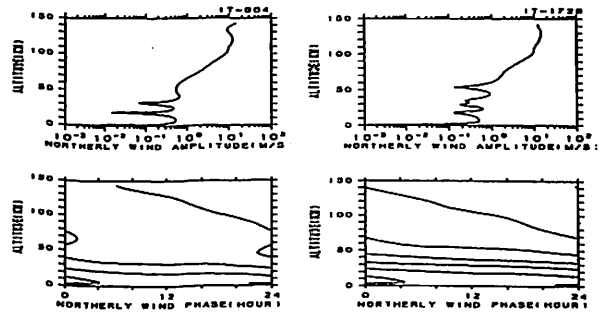


図 1: 緯度 31.5°, 経度 0° における、立ち上がり後 3 日 (左) および 6 日 (右) の non-migrating モードを含む一日周期南北風成分の振幅・位相の高度プロファイル

デルを用いてその様相を明らかにするものである。モデルは線形で、経度方向波数  $s$  を  $-19 \sim 19$  の範囲にとり、ルジャンドル陪関数の次数をそれに応じて 3 角切断乃至平行 4 辺形切断としている。Forcing としては海陸分布に依存する境界層における熱束を仮定し、さらにより現実的な励起源として GCM モデルにより得られた下層における溶熱放射、対流加熱等のデータを九大宮原氏より提供を受けたので、これを用いて計算を行なう予定である。図 1 は 0.5 日で立ち上がる海陸分布に依存する熱源による一日周期の励起源に対する non-migrating tide の時間発展の 1 例として、立ち上がり後 3 日および 6 日における南北風成分の振幅及び位相の高度分布を示す。この場合  $s = 1$  の migrating 成分も含まれるが、下層における短波長成分の寄与が明らかである。また、その時間推移は、立ち上がりはやはり半日周期潮汐に比して遅いが、とくに多数モードの混在により振幅の大きさは周期的変動を示す。

謝辞 本計算は科学研究費補助金(創成的基礎研究費 代表松野太郎大教授)及び京大超  
高層電波研究センター電算機利用共同研究費の援助により京大大型計算機センターにおいて行  
われている。

参考文献

- [1] Aso, T., J. Geomag. Geoelectr., 45, 41-63, 1993.
- [2] Ekanayake, E.M.P., T. Aso and S. Miyahara, IAMAP-IAHS '93, Abstracts M6-25, 1993.
- [3] Tsuda, T. and S. Kato, J. Meteor. Soc. Japan, 67(1), 43-55, 1989.

(第 94 回地球電磁気・地球磁気学会講演予稿, 1993 年 10 月)

B31-P1-17 計算機シミュレーションによる  
熱圏大気の力学過程の解明  
～ 3次元モデルの構築 ～

藤原 均<sup>1</sup> 前田佐和子<sup>2</sup> 福西 浩<sup>1</sup>  
1) 東北大学理学部  
2) 京都造形芸術大学

Simulation Study of Dynamical  
Processes in the Thermosphere

H. Fujiwara<sup>1</sup> S. Maeda<sup>2</sup> H. Fukunishi<sup>1</sup>

1) Geophysical Institute of Tohoku University  
2) Kyoto University of Art and Design

We have studied the thermospheric response to substorm energy injection using 2-dimensional, time-dependent, coupled dynamics and composition model. In this study, we have understood the meridional (zonally-averaged) energy transfer processes. The next step of our study is to understand the global variations of energetics and dynamics in the thermosphere. We have started constructing a 3-dimensional thermospheric general circulation model.

これまでに私たちは 2次元モデルを用いて、サブストームの際に熱圏領域に注入されるエネルギーの輸送過程を中心に、熱圏大気の力学過程を調べてきた。その結果として、緯度方向へのエネルギー輸送についていくつかの理解が得られている(藤原他, 1993)。我々の次なる興味は、熱圏大気の全球的な力学過程を捉えることであり、そのためには 3次元モデルによる解析が必要不

可欠となる。従来の熱圏領域における 3次元モデル (Thermospheric General Circulation Model: TGCM) には、代表的なものとして、NCAR-TGCM (Dickinson et al., 1981)、UCL-TGCM (Fuller-Rowell and Rees, 1980) があり、観測結果と計算結果との比較により大きな成果を上げている。これらのモデルでは、緯度・経度幅一定の格子点を採用しているため、極域の擾乱に対しては必ずしも有効とは言えない。近年、低緯度における熱圏・電離圏の現象に注目が集まりつつあり、私たちのグループでは観測結果と比較可能な、中・低緯度に焦点を合わせた 3次元モデルの開発を開始している。格子点を全球に一律に配置する方式 (Kurihara, 1965) を採用し、全球で空間分解能が一定となるモデルを構築する予定である。

参考文献

- Dickinson et al., A three-dimensional, time-dependent general circulation model of the thermosphere, J. Geophys. Res., 86, 1499, 1981
- 藤原 他, 第93回 SGPSS 講演予稿集, 1993
- Fuller-Rowell and Rees, A three-dimensional, time-dependent global model of the thermosphere, J. Atmos. Sci., 37, 2545, 1980
- Kurihara, Numerical Integration of Primitive Equations on a Spherical Grid, Monthly Weather Review, vol. 93, No.7, 399, 1965

山田雄二 (地磁気観測所) ・ 中村卓司 (京大超高層)

THE GEOMAGNETIC VARIATION DRIVEN BY THE QUASI 2-DAY WAVE IN THERMOSPHERIC WINDS

Yuji YAMADA (Kakioka Magnetic Observatory)  
Takuji NAKAMURA (RASC, Kyoto Univ.)

We analyzed the magnetic field data of several stations in the east Asia and deduced a geomagnetic variation due to the quasi 2-day wave in thermospheric winds. The associated ionospheric currents estimated from the variation frequently form a vortex. It is also found that the vortex moves westward and the velocity is, in some cases, smaller than that of the Sq current vortex, which indicates that the period of the variation is longer than a day.

中間圏～熱圏の風の風の変動の中に準2日周期の振動がしばしば観測されており、中低緯度では潮汐風に匹敵する振幅になることもある。それは西進するロスビー重力波であると考えられている。この様な大規模なスケールの大気の運動が熱圏でのダイナモ効果によって電離層電流を生成し、地上で磁場変動として観測されることは数値計算から予想されている。今回、地上の磁場データの解析から準2日波によると思われる地磁気変動成分を取り出すことができたので報告する。

使用したデータは東アジアの観測点の1980年の毎時値である。昨年春の学会で報告した父島Z成分毎時値に対する主成分分析によって、地磁気日変化が2日周期で変動している期間をまず調べた。それらの期間について、地磁気水平ベクトルについてUT毎に24時間前の値との差をとり、電離層電流のUT変化を推定した。

図1はその例である。左は地磁気水平成分毎時値の夜間平均値からの変動量をベクトルの形でそのままプロットしたものである。ただし電離層電流を推定するため磁場ベクトルを90度右回りに回転させている。この図には当然Sq電流渦が太陽の動きに応じて西向きに移動している様子が現れている。それに対して、右図に示したように24時間前のベクトルとの差をプロットすると、同様に西向きに移動する電流渦が存在するが、この電流渦の動きがSq電流渦に比べて明らかに遅いことがわかる。もしこの磁場変動をもたらす風系の移動が地球の回りを回転している回帰的な構造であるとすると、その周期は1日より長いことを示しており、2日周期波によるものであることを裏づけている。今回の講演ではこのような地磁気変動の詳細について京大流星レーダーによる風速データとの対応も含め検討する予定である。

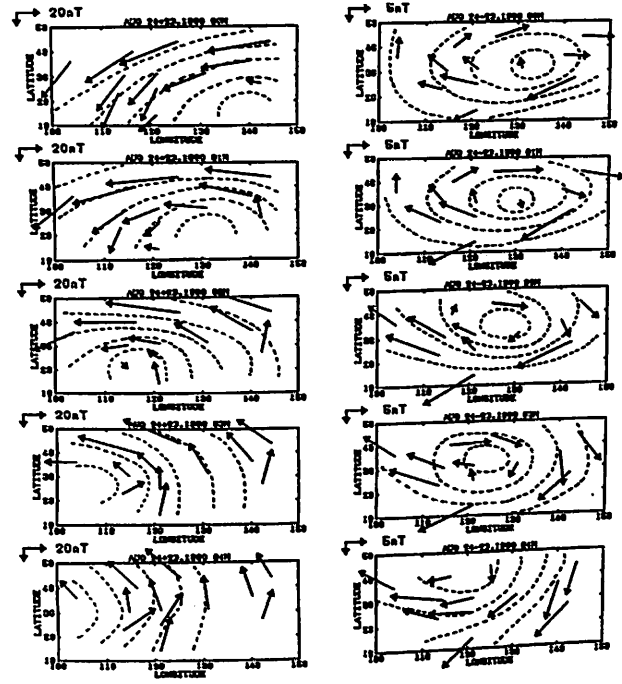


図1 1980年8月23日と24日の地上磁場をUT毎に平均し1時間毎にプロットした電離層等価電流(左)と、両日のベクトルの差(の半分)をプロットしたもの(右)。これらの日は父島地磁気Z成分に2日周期変動が卓越していた。

B会場

10月14日(木) 午後

# 大気圏化学・放射

## Atmospheric Chemistry & Radiation

oral: B32-01~15

poster: B32-P1-19~25

座長

岩坂泰信 (名大STE研)

岡野章一 (東北大理)



B32-01

He-Neレーザーを用いた連続測定器による大気メタンの観測

北 和之 佐野琢己 村田 功 小川利敏 (東京大 理)

OBSERVATIONS OF ATMOSPHERIC METHANE BY USING HE-NE LASER

Kita, K., Sano, T., Murata, I. and Ogawa, T. (Univ. Tokyo)

An instrument has been developed to measure atmospheric methane concentration. The instrument was suffered from drifts due to variation of ambient temperature and pressure. However, the instrument can be stabilized by stabilizing axial mode of the laser and by scanning atmospheric pressure in the absorption cell. By using this instrument, variation of methane concentration was detected. Increase of methane concentration above rice paddy field can be interpreted as production of methane in the rice paddy.

大気中のメタンは重要な温室効果気体であり、またオゾン量の変化等に関連して大きな役割を果たしている。このメタン量の変化を連続的に測定することを目的としてHe-Neレーザー(2947.91 cm<sup>-1</sup>)を光源とした赤外吸光法でメタン濃度を測定する装置を開発してきた。これまでも発表してきたように、この装置は原理的には数秒程度の時間間隔で測定できるはずであるが、周囲温度などの変化によるドリフトにより性能が大きく制限されてきた。ドリフトの最大の原因は長光路吸収セル内でのレーザー光と迷光の干渉条件が温度などで変化することであり、対策を施したところ0.02-0.04ppmv程度の精度で測定が可能になった。但しまだ急激な温度変化や周囲の気圧変化などにより時に大きなドリフトを生じることがあり、特に飛行船からの観測の際に大きな問題となっていた(図1左)。これは周囲の条件変化によりレーザーの縦モードの遷移が起こりかけたときにビームに大きく変動が起こるためであるらしいことがわかった。P Z T素子を用いてレーザーの縦モード

ドをその中心に安定化させるフィードバック回路を組んだところ大きく改善がみられた(図1右)。但し装置全体の熱膨張などによるドリフトは残るため標準ガスとの比較が必要となり時間分解能を90秒と大きく損じる結果となっている。この装置を用いて、昨年から水田上でのメタン発生量と都市域でのメタン発生を調べるために観測を行っている。水田でのメタン発生量の推定は他の微気象学的フラックス推定手法との比較を行う目的で農水省農業環境技術研究所の原田・宮田氏及び大阪府立大学の文字助教教授らのグループと共同でつくば市近郊の谷和原にある農業技術センター圃場にて 8/24-26に行われた。風上から風下に向かい水田上でメタン濃度が上昇していく様子が特に大気が安定な夜間では明瞭にみられた。このことから水田上の空間をそのままオープンチャンパーとみなしてメタン発生フラックスを推定できると考えている。詳細な解析は未了で講演会時に発表する。飛行船からのメタン観測は、日本飛行船事業(株)のご好意により7月末より1カ月に一回程度の割合で行っており、都市域でのメタン発生量の推定を目標としている。これについても詳細な解析はこれからであるが、さらにCOやオゾンなどの観測も同時に行い総合的な観測にしていきたいと考えている。

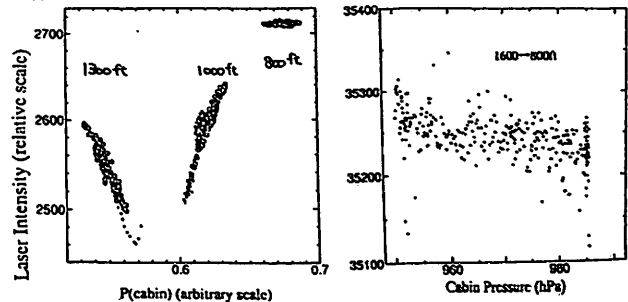


図1 飛行高度によるレーザー光強度の変化。(左) 安定化前(1992.10.30) (右) 安定化対策後(1993.7.27)

B32-02

ラマンライダー大気観測

柴田隆、岩坂泰信、林政彦、小塩哲朗 (名古屋大学STE研)

Raman Lidar Observations of the Atmosphere

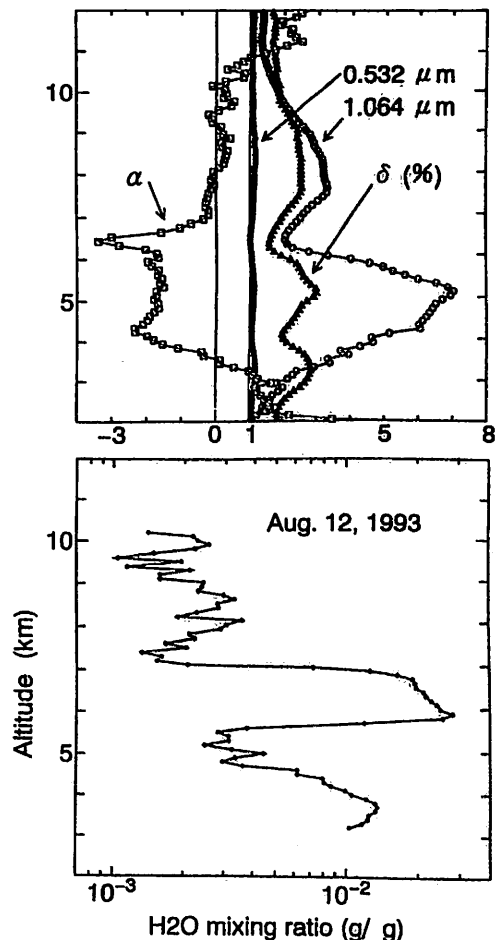
T. Shibata, Y. Iwasaka, M. Hayashi, T. Ojio

(STELab., Nagoya University)

Nagoya University Raman lidar is in operation since August 1992.

We have concentrated in the simultaneous observations of tropospheric water vapor profile and aerosols. Aerosols are observed at Nd:YAG fundamental (1.064 μm) and its SHG (0.532 μm). Depolarization profile is also observed at SHG wavelength. Now we are going to discuss about the aerosol characteristics and its relations with water vapor in the troposphere. The lidar system is now also tried to be used in much advanced purposes of multi-wavelength observations of middle atmosphere.

名大STE研ラマンライダーの運用が開始してほぼ1年経過した。前回までに報告してきたように、本ライダーは大気からのラマン散乱エコーを効率良く受信することにより、N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>等の高度分布を高精度で得ようとする装置である。さらに、大気分子からのレイリー散乱、エアロゾルからのミー散乱も同時に、Nd:YAGレーザーの3倍波までの3波長で同時に受信できる。また、偏光解消度の測定も同時に可能で、合計6種類の散乱信号を同時に検出可能である。右の図は同時観測の興味深い一例で、水蒸気混合比(上)、エアロゾルの2波長の散乱比、変更解消度(δ)、散乱波長依存性(λ<sup>-α</sup>) (以上、下)の高度分布である。高度6~7kmに水蒸気濃度の高い層があり、ここでの相対湿度は氷に対しほぼ100%である。しかるにこの付近のエアロゾル濃度は極小となっている。α δの値は大粒子、非球形粒子を示している、が粒子濃度自体は小である。講演ではこの種のルーチン観測結果。および、最近開始した、これ以外の観測手法への応用等について報告する。



航空機観測のためのNO<sub>y</sub>測定器の開発

家田 正彦 近藤 豊 川上 修司 中島 英彰  
(名古屋大学 太陽地球環境研究所)

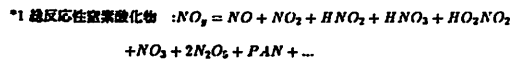
The development of the airborne NO<sub>y</sub> detection system

M.Ieda Y.Kondo S.Kawakami H.Nakajima  
(Nagoya univ. STE Lab.)

Instrument for the measurement of total reactive nitrogen (NO<sub>y</sub>) in the troposphere on board aircraft is being developed. NO<sub>y</sub> is measured by converting it into NO catalytically on the surface of a heated gold tube. Improvement of the instrument is presented.

## 1. はじめに

対流圏及び成層圏下層に於ける大気微量成分の広域的な測定に、航空機観測は極めて有用である。当研究所では、NO<sub>y</sub><sup>1</sup>の西太平洋域での同観測を行い、また並行して測定器の開発を手掛けているが、最近、信頼性向上のため、新たな改良が加えられたので、ここにその概要を発表し、さらにその成果について議論する。

西太平洋における対流圏のNO<sub>y</sub>, NO

川上 修司<sup>1</sup> 近藤 豊<sup>1</sup> 小池 真<sup>2</sup> Helmut Zeireis<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>名古屋大学太陽地球環境研究所  
<sup>2</sup>German Aerospace Research Establishments(DLR), Wessling, Germany

## Total Reactive Nitrogen and Nitric oxide in the Troposphere over the Western Pacific Ocean

S. Kawakami, Y. Kondo, M. Koike, H. Zeireis  
<sup>1</sup>Solar Terrestrial Environment Lab., Nagoya University  
<sup>2</sup>German Aerospace Research Establishments(DLR), Wessling, Germany

Nitric oxide(NO) and total reactive nitrogen (NO<sub>y</sub>) in the troposphere were measured over the Western Pacific Ocean from NASA DC-8 aircraft in September and October, 1991. We made many correlation analysis between NO<sub>y</sub> and O<sub>3</sub>, NO<sub>y</sub> and PAN etc. The correlation plot of NO<sub>y</sub> and O<sub>3</sub> in Maritime air mass is showed in Figure 1. NO<sub>y</sub> is well correlated with O<sub>3</sub> in Middle and Upper troposphere of Maritime air mass.

## 1. はじめに

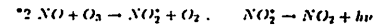
対流圏におけるオゾンを中心とした光化学を考えると、窒素酸化物、特にNO<sub>x</sub>(=NO+NO<sub>2</sub>)の役割は重要である。その濃度が、オゾンの生成・消滅速度をコントロールし、その濃度を決めていると言われている。1991年9月から10月にかけて行われた航空機観測 PEM-West 観測データをもとにして、NO<sub>y</sub>と各化学種の相関を求めた。その相関から、アジア大陸からのNO<sub>x</sub>の放出による太平洋の大気への影響、特にオゾンの光化学的生成に対する影響を調べた。

## 2. 解析方法

この観測で得られたデータを、10日間のトラジェクトリー解析の結果を用いて中緯度の西太平洋の起源の空気塊だと思われるものを選び出した。さらに、大陸から離れて3日以内の大陸の影響を受けている空気塊のデータ(大陸性)と、大陸からはなれて10日以上海洋の影響を受けている空気塊のデータ(海洋性)に分けた。西太平洋の海洋性の気塊と大陸性の気塊において高度別に、NO<sub>x</sub>, NO<sub>y</sub>とO<sub>3</sub>, CO, CH<sub>4</sub>, PANなどの相関をとった。高度は、0~1kmを境界層(BL), 1~4kmを下部対流圏(LT), 4~7kmを中部対流圏(MT), 7~kmを上部対流圏(UT)とした。なお、NO<sub>x</sub>は、

## 2. 測定原理

完全遮光された反応容器内において、サンプル大気中のNOと、数%程度のオゾンとの、ケミルミネッセンス反応<sup>2</sup>による発光を、光電子増倍管により検出することで、NOの濃密度に比例したカウント出力を得る。さらにNO<sub>y</sub>は、純金コンバータを用いてNOに変換した後、同様な方法で検出される。



## 3. 改良点

## 1) 純金コンバータの動作と低圧下での使用

コンバータは、300±1°Cに制御された純金チューブを用い、NO<sub>y</sub>をNOに変換する。従来は大気圧下でコンバータを稼働させているのに対し、新方式の流量コントローラを採用することで、コンバータを低圧下(50hpa)で動作させ、外気圧の変動に対するカウントの安定化を図った。また、この改良により、測定器のレスポンス向上も期待される。

## 2) テフロン・バルブによる質量流量制御

コンバータ低圧動作のために、その上流側にサンプル流量をコントロールするが、硝酸の吸着のため既存のMFC(マスフロー・コントローラ)は、使用できない。そのため完全にテフロンを用いたバルブシステムを駆動して、流量制御を行う。なお、制御に際し、流量は、コンバータより下流側に測定しフィードバックされる。

\*\*詳細は、予備実験によるデータを加えてセッションにて述べる予定です。

測定されたNO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>などをもとにして光化学平衡を仮定し計算で求めたものである。

## 3. 結果

## (a) 海洋性の気塊

NO<sub>y</sub>は、O<sub>3</sub>とMT, UTともに相関があった。NO<sub>y</sub>とPANの相関は、PANがNO<sub>y</sub>の主要な成分であることから、NO<sub>y</sub>と良い相関があった。NO<sub>y</sub>とCOの相関はよくない。Hübler et al.[1992]にあるように、COはNO<sub>y</sub>にとって良いトレーサーにはならないと考えられる。また、NO<sub>y</sub>とCH<sub>4</sub>の相関は、MT, UTともに良い。

## (b) 大陸性の気塊

NO<sub>y</sub>とO<sub>3</sub>は、MT, UTで相関がある。これは、対流圏、成層圏に同様な発生源があるために相関が生じると思われる。PANとの相関は、MT, UTともに良い。NO<sub>y</sub>とCO, CH<sub>4</sub>は、MTで相関があるが、UTではない。

以上より、NO<sub>x</sub>, NO<sub>y</sub>の各気塊中の濃度(垂直分布)(1993年春気象学会予稿参照)とPANとの相関がよいことを考えると、大陸はNO<sub>x</sub>, NO<sub>y</sub>の強いソースだと考えられる。また、講演では、水蒸気や炭化水素との相関もあわせて話すつもりである。

## 参考文献

[1] Hübler, G., et al., J. Geophys. Res., 97, 9833, 1992

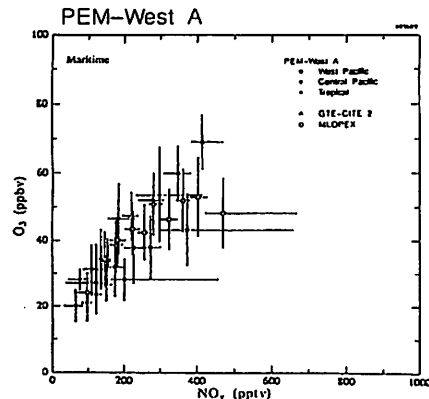


Figure 1 NO<sub>y</sub> versus O<sub>3</sub> mixing ratio

B32-05 気象ロケットMT-135による成層圏オゾンの観測 (4)

渡辺隆・内藤一郎(筑波技術短期大)・小川利紘(東大)

OBSERVATION OF STRATOSPHERIC OZONE DISTRIBUTION BY ROCKET-OZONESONDES(4)

Takashi WATANABE<sup>1</sup>, Ichiro Naito<sup>1</sup> and Toshihiro OGAWA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>:Tsukuba College of Technology

<sup>2</sup>:Department of Earth and Planetary Physics, University of Tokyo

Altitude distributions of the stratospheric ozone density have been obtained using rocket-ozonesonde aboard a meteorological rocket MT-135 at Uchinoura(31N, 131E). The optical ozone sensor consisted of four-color UV filter radiometers which measured the absorption of the solar radiation by ozone between 52 and 20km. Revised optics have been employed for the experiments in 1993. The optics consist of four set of independent radiometers which enable about 20 times efficient data acquisition than that with the previous optics. Higher altitude resolutions of ozone profiles especially above 40 km are expected. Atmospheric temperature and wind have been measured simultaneously. Ozone data comparisons have been made with the ozonesondes, millimeter telescope in Nagoya University, lidars in Tsukuba, and SAGE satellite, respectively. Rocket experiments are scheduled at Uchinoura in late September 1993, and the preliminary result will be presented.

オゾンホール観測などからフロンなどの人工生成物質によるオゾン消耗のメカニズムが明らかになってきたが、地球規模での長期的変動を調べるためには、変動の大きさが小さいことから、精度の高い観測データが必要とされる。これまでの予備によれば、オゾン層長期変動は、40km付近の上部成層圏で最も顕著に現われ、この大きさはオゾン全量に現われる変化に比べ約10倍に達すると見られるので、成層圏オゾン密度とその高度分布を測ることが重要と考えられる。

我々はこのような成層圏オゾンの長期変動をモニターすることを目的として、気象ロケットMT-135用オゾン観測システムの開発を行ってきた。この観測装置を使用した観測も1990年8月以来内之浦において観測が行われていた。今回の報告では、1993年9月に予定されている58,59号機の観測結果の速報を中心として、地上観測、衛星観測との比較などについて報告する。

観測に使用するオゾンセンサーは、5色フィルタフォトメータで、測定波長は265, 290, 300, および307nmの4色長波で太陽紫外線のオゾンによる吸収を測定する。また420nm帯(レファレンス)で測定装置姿勢のモニタを行う。今回は装置光学系の改良を行った。新方式の光学系は、これまでのモータによって4枚のフィルタを回転させて切り替える方式を変更して、1枚のオゾンチャンネル用と1枚のレファレンス用フィルタの組を1つのフォトメータユニットとして、オゾンチャンネルのフィルタ径長のみ異なる4連のフォトメータユニットを1台のセンサーとして用いている。この改良によるメリットとしては、これまでのフィルタ切り替え方式に比べてフィルタ交換中のデータのロスがなくなり、取得効率を約20倍程度向上させることができたこと、およびモータなど可動部分がなくなったことによる軽量化、および小型化を行うことができたことがあげられる。また、データ取得効率の改善によりデータのrangeが小さくなることにより精度の向上が図れる。また、特に、ソナーの落下スピードの大きい高度40km以上でのオゾン分布の高度分解能の改善が期待される。

ロケットによる観測ではオゾンの他、バルコワイヤによる気温の垂直分布、およびレグ追跡データから風の観測が同時に得られる。

これまでの観測で得られた主な結果:

- (1)内之浦上空の夏季の成層圏オゾンは日変動が小さいことがわかった。このことの中、上部成層圏のオゾントレンドがロケット観測により検出できる可能性を示していると思われる。
- (2)冬季のプロファイルは特に中部-下部成層圏に波動構造が顕著に見られる。また、day-to-day variationが大きい。
- (3)SAGE IIによる occultation data との比較から中上部成層圏の高度で±10%の範囲でよい一致を示す。

B32-06

昭和基地における HCl, HF 赤外分光観測

・村田 功、北 和之、岩上 直幹、小川 利紘(東大)

Ground-based spectroscopic measurement of HCl and HF at Syowa Station

Isao Murata, Kazuyuki Kita, Naomoto Iwagami and Toshihiro Ogawa

(Graduate School of Science, University of Tokyo)

Vertical column contents of some trace gases including HCl and HF were observed by solar infrared absorption techniques at Syowa Station, to study the dynamics and chemistry of Antarctic ozone. Observed HCl and HF vertical column contents imply that stratospheric HCl was removed in winter by heterogeneous reactions. HCl vertical column contents were small in winter, and increased as the ozone hole collapsed in summer. However, HF vertical column contents remained fairly constant during the observation. Both summer HCl column contents and HF column contents are consistent with the model expectation for unperturbed air at 70°S, while winter HCl column contents are significantly low, suggesting that only HCl was removed by heterogeneous reactions.

1991年、南極昭和基地(69° S, 40° E)に於て赤外および紫外・可視分光観測を行った。今回は、そのうち赤外観測の結果についてHCl, HFを中心に報告する。

観測方法は、太陽を光源とした分光法であり、C10xのリザーバーとしてオゾンホール生成に重要な関係を持つHClを中心にHF, H<sub>2</sub>O, OCS, CO, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>の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3000cm<sup>-1</sup>で0.09cm<sup>-1</sup>程度である。観測は'91年7月30日

から12月21日まで行い、計41日分のデータを得ることができた。

図1, 2はHCl, HFの鉛直コラムの解析結果である。これを見るとHCl鉛直コラムは冬期間に少なく、夏にかけて増加していることがわかる。これに対し、HF鉛直コラムは冬期から夏期にかけてあまり変化していない。HF/HClの比を取ってみると、8月には0.5~1.0程度であるが11月には0.2程度になっている。HF/HClの比は普通0.2前後であるから、これは冬期間中にHClがHF/HClの比によって減少していることを示唆している。また、冬化学反応によって減少していることを示唆しているが、これは期のHCl鉛直コラムは夏期の1/5程度まで減っているが、これはオゾンの減少する下部成層圏だけでなく、他の高度においてもHClが減少していると考えないと説明がつかない。

また図1には、昭和基地のオゾン全量もプロットしてみた。ほぼオゾンホールの崩壊とHClの増加との時期が一致していることがわかるが、HClの増加はオゾンホール発達中の9月ごろからと徐々に始まっている。これは9月には極域成層圏雲(PSCs)が消滅しているためHClを壊す反応が進まず、逆にHClを生成する反応(CI + CH<sub>4</sub> → HCl + CH<sub>3</sub>)が徐々に進行しているためではないかと考えられる。

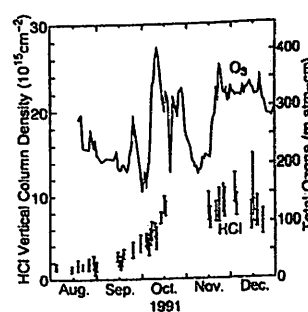


図 1

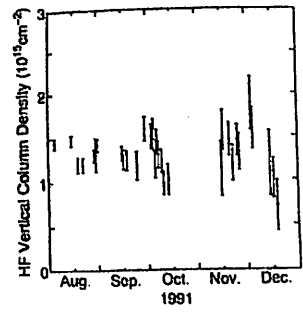


図 2

可視分光器を用いた昭和基地における  
成層圏NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>の観測

津久井健太<sup>1</sup>, 近藤 登<sup>1</sup>, 中島 英彰<sup>1</sup>, W.A.Matthews<sup>2</sup>, 小池 真<sup>1</sup>,  
林 政彦<sup>1</sup>, 山内 恭<sup>3</sup>, 青木周司<sup>1</sup>  
1) 名大STE研, 2) NIWA, 3) 極地研

Ground Based Measurements of Column Amount of  
NO<sub>2</sub> and O<sub>3</sub> using Visible Spectrometer at Syowa Station

K.Tsukui<sup>1</sup>, Y.Kondo<sup>1</sup>, H.Nakajima<sup>1</sup>, W.A.Matthews<sup>2</sup>, M.Koike<sup>1</sup>,  
M.Hayashi<sup>1</sup>, T.Yamanouchi<sup>1</sup>, and S.Aoki<sup>1</sup>  
1) Solar Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University  
2) National Institute of Water and Atmospheric Research, Lauder, New Zealand  
3) National Institute of Polar Research

**ABSTRACT** Stratospheric NO<sub>2</sub> and O<sub>3</sub> slant column amounts have been measured by using visible spectrometer since March 1990 at Syowa Station, Antarctica (69° S). According to the data from March 1990 to January 1993, the following characteristics are found:

- 1) Observed slant column amounts of O<sub>3</sub> are consistent with the Dobson data at Syowa Station or TOMS data.
- 2) From late September to mid November in 1992, observed slant column amounts of NO<sub>2</sub> and O<sub>3</sub> were much smaller than those in 1990 or 1991. The observed decreases in NO<sub>2</sub> and O<sub>3</sub> can be explained that Syowa Station was located in the polar vortex at that time. The TOMS data and the temperature data over Syowa Station are consistent with that.
- 3) After mid November in 1991, observed slant column amounts of NO<sub>2</sub> were 30-40% smaller than those in 1990. It is considered to be due to the eruption of Mt. Pinatubo in June 1991.

1. 序 南極成層圏のオゾン減少のメカニズムにおいて、重要な過程は

- 1) 極渦中の低温な下部成層圏で形成されたPSC<sub>2</sub>表面上での不均一な反応過程による、準安定なHCl, ClONO<sub>2</sub>などの活性なCl<sub>2</sub>への変換、またこの時間同時におこるNO<sub>2</sub>のHNO<sub>3</sub>への変換及びPSC<sub>2</sub>粒子内への取込み
- 2) 春期のCl<sub>2</sub>の光解離にともなうCl-ClO触媒反応を通じたオゾンの高速破壊
- 3) 火山噴火などにともなう硫酸エアロゾル上での不均一な反応過程によるNO<sub>x</sub>のHNO<sub>3</sub>への変換

である。このように窒素酸化物、塩素酸化物はオゾン減少に深く関与している。そこで、オゾン減少の化学的、力学的過程を研究する上でこれらの成分の濃度をオゾンと同時に観測することが重要である。

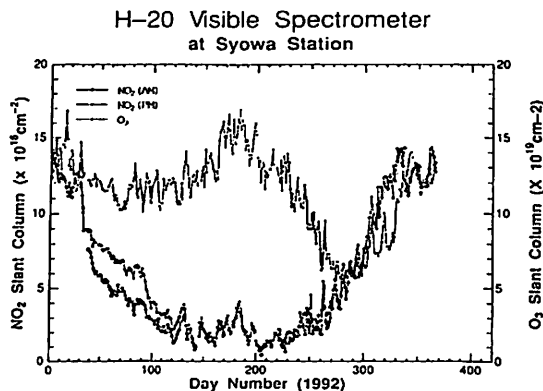
2. 測定方法 本研究で用いた可視分光器は、太陽天頂角90度のとときと正午の太陽光スペクトルを観測し、NO<sub>2</sub>とO<sub>3</sub>の吸収スペクトルの差からそのSlant Column量を求めるものである。この天頂角分光法の利点は、吸収線の形が測定波長範囲では天候に左右されないため毎日の観測が可能であるという点である。また、太陽が天頂角90度にならない極域の冬や夏でも90度に近い天頂角の観測値から天頂角90度のデータを推定できるため、年間を通してほぼ欠測のない観測ができる。

南極昭和基地における観測は1990年3月から開始した。また1992年2月からは新たに観測波長を432-457nmから432-487nmに上げた改良型分光器による観測もはじめた。今回は、南極昭和基地において、1990年3月から1993年1月までに観測した結果を報告する。

3. 結果 1990年から93年までの3年間の観測で得られた結果をまとめると以下のようになっている。

- 1) 可視分光器によるO<sub>3</sub>のSlant Column量の観測結果と、ドブソン分光計やTOMSによる結果がだいたい一致している。
- 2) 秋から春にかけてNO<sub>2</sub>と成層圏大気温度の変動に良い相関がある。また、NO<sub>2</sub>とO<sub>3</sub>の変動に良い相関がある。これは極渦の境界付近でNO<sub>2</sub>とO<sub>3</sub>の大きな濃度勾配があり、昭和基地が極渦の中に入ったたり出たりしていることに起因している。
- 3) 1992年では過去2年に比べて、特に9月最後から11月中旬にO<sub>3</sub>量が低くなっており、10月中旬では他の年の50%になっている。このことはTOMSによる南半球のオゾン分布図や昭和基地上空の気温データから推測される通り、昭和基地が極渦の中に長くともまっていたためと考えられる。
- 4) 1991年11月中旬以降NO<sub>2</sub>のSlant Column量が30-40%減少しているが、これ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NO<sub>x</sub>がHNO<sub>3</sub>に変換される速度が大きくなったためと解釈できる。

Fig.1に可視分光器で観測した、昭和基地における1992年のO<sub>3</sub>とNO<sub>2</sub>のSlant Column量を示す。



成層圏・中間圏 OH のドップラー分光測定, 3

猪俣 敏 岩上直幹 小川利紘 (東大理)

Doppler Detection

of the Stratospheric and Mesospheric OH, 3

S.Inomata, N.Iwagami and T.Ogawa (Univ. Tokyo)

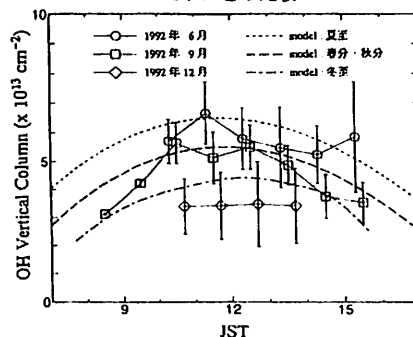
Atmospheric OH column abundance is measured with ground-based UV spectroscopy utilizing the Doppler shift of solar spectrum due to the solar rotation. The noon OH vertical column abundance is  $6 \times 10^{13} \text{cm}^{-2}$  in summer and  $3-4 \times 10^{13} \text{cm}^{-2}$  in winter. To examine the accuracy of the current photochemical theory, we compare the diurnal and seasonal variations of measured OH with the results from a 1-D photochemical model.

我々は太陽を光源とした特殊な紫外分光法による成層圏 OH コラム量の定量法を確立し、本郷キャンパス内において測定を継続している。この方法は、太陽自転による太陽スペクトルのドップラーシフトを利用し、つまり太陽の東西両端のスペクトルを比較測定することで太陽スペクトル中の強い太陽大気吸収構造を消去し、通常の方法では検出困難な地球大気 OH の吸収構造を拾い出し、コラム量を定量している。装置は 1.5m ダブルパス回折格子型分光器と MCP 一段付き MOS リニアイメージセンサを中心としたもので、波長 308nm 付近にある X<sup>2</sup>Π-A<sup>2</sup>Σ<sup>+</sup>(0,0) 帯 1P<sub>1</sub>, 3Q<sub>1</sub>, 3Q<sub>21</sub>線の吸収を 1pm の高波長純度で測定している。

右図は '92年 6月, 9月, 12月の OH 鉛直コラム量の月平均日変化につき、測定値とモデル計算値との比較を表している。この計算値は 0~50km については 40種の原子・分子について 0.5km おきに数密度を計

算する 1次元光化学拡散モデルで計算し、50km 以上は中間圏用のモデルの結果を用い、両者を 50km でつなぎ合わせたものである。観測データは、朝方から徐々に増加し、正午付近でピーク値をとり、夕方に向けて減少していく日変化と、夏に多く冬に少ない季節変化を示しており、モデル計算と良い一致を見る。正午付近の値は夏で  $\sim 6 \times 10^{13} \text{cm}^{-2}$ 、冬で  $\sim 3 \times 10^{13} \text{cm}^{-2}$  で、冬の値はモデル計算値に比べて若干少なめである。OH の生成過程は中間圏では H<sub>2</sub>O の光解離、成層圏では O<sub>3</sub> の光解離によって生成した O(<sup>1</sup>D) と H<sub>2</sub>O との反応である。よって、モデルにおいて計算される OH 量は大気中の H<sub>2</sub>O 量によって左右されるが、この計算では H<sub>2</sub>O 量の季節変化は考慮していない。センシティブティ・スタディーの結果から、成層圏での H<sub>2</sub>O の量を 1割減少させると OH の鉛直コラムが約 5%減少することがわかった。現在、中間圏での H<sub>2</sub>O の季節変化の効果、また、太陽フレアによる L<sub>α</sub>線放射強度増加の影響を適切に取り扱えるように、成層圏用のモデルの改良を進めている。

観測データの月平均日変化と  
モデルとの比較

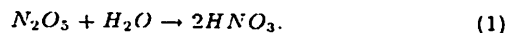


# Observations of NO<sub>2</sub> and O<sub>3</sub> Using Visible Spectrometers at Moshiri (44°N) and Kiso (36°N)

•H.Nakajima, Y.Kondo, and M.Koike  
(STE Laboratory, Nagoya University)

Ground-based observations of NO<sub>2</sub> and O<sub>3</sub> using visible spectrometers have been made at Moshiri (44°N) in Hokkaido since April, 1991. Observation also started at Kiso (36°N) in November, 1992. These spectrometers (called H-20) measure visible spectra (432–487 nm) of scattered sunlight from the zenith at sunrise and sunset at solar zenith angle of 90 degrees. By comparing these spectra with those taken at small solar zenith angles (called the control spectrum, i.e., a spectrum taken at noon), stratospheric slant column amount of NO<sub>2</sub> and O<sub>3</sub> can be deduced.

In the polar vortex in the stratosphere, it has become clear that large amount of O<sub>3</sub> is destroyed during spring due to the heterogeneous reactions which takes place on the surface of polar stratospheric clouds (PSCs). Recently, it is suggested that the heterogeneous reaction on the surface of sulfuric aerosol can convert NO<sub>x</sub> to HNO<sub>3</sub> efficiently, via the reaction



This can affect the loss of O<sub>3</sub> at even middle and/or low latitudes. Mt. Pinatubo erupted in June 1991 and injected large amount of SO<sub>2</sub> and other gases into the stratosphere. As a result, large amount of sulfuric aerosols were formed and spread over both hemispheres. The NO<sub>2</sub> and O<sub>3</sub> data from Moshiri and Kiso were used to study whether or to what extent does the reaction (1) converts NO<sub>x</sub> to HNO<sub>3</sub>.

Figure 1 shows the daily variation of NO<sub>2</sub> for morning (AM) and evening (PM) at Moshiri (44°N) from April 1991 to February 1993.

According to that figure, it is clear that NO<sub>2</sub> column amount in summer in 1992 is much (about 50 % to 25 %) less than that of in 1991. This result suggests that the reaction (1) efficiently destroys NO<sub>x</sub> even at mid-latitude. Data extended to the full of 1993 and the data from Kiso (36°N) are to be presented.

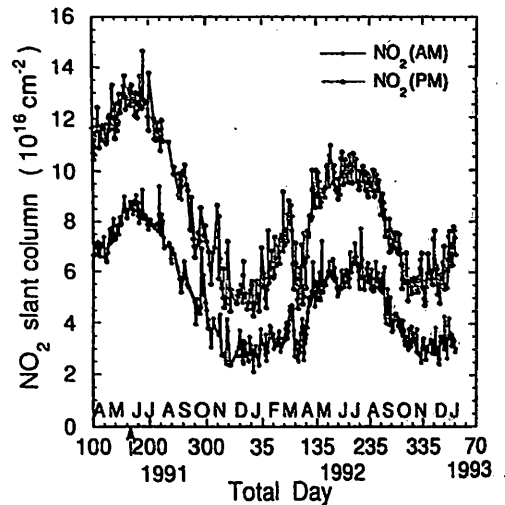


Figure 1. Daily variation of NO<sub>2</sub> for morning (AM) and evening (PM) at Moshiri (44°N) from April 1991 to February 1993. Arrow around 165 Total Day in 1991 represents the eruption date of Mt. Pinatubo.

## 中緯度成層圏の NO/NO<sub>y</sub> について —気球観測とモデル—

•杉田考史・近藤 豊・小池 真 (名大太陽地球環境研究所)  
R. Salawitch (Harvard 大学, U.S.A.) P. Aimeidieu (CNRS, フランス)

### NO/NO<sub>y</sub> in Mid-latitude Stratosphere —Balloon-borne Measurements and Modelling—

•T. Sugita・Y. Kondo・M. Koike (Nagoya Univ., STELab.)  
R. Salawitch (Univ. of Harvard, U.S.A.) P. Aimeidieu (CNRS, France)

In order to investigate the decline of mid-latitude ozone, nitric oxide (NO), total reactive nitrogen (NO<sub>y</sub>), ozone and aerosol surface area were measured on board balloons launched from Aire-sur-l'Adour (44°N) in autumn of 1992. It is shown that measured NO/NO<sub>y</sub> is in good agreement with University of Harvard Model calculations which includes heterogeneous reactions.

#### 1 はじめに

過去10年間の未解明な中緯度オゾンの減少傾向を理解するために、硫酸液滴の表面上で生じる不均一反応に焦点が向けられ、それに関する室内実験やモデル、そしていくつかの観測例が最近報告されている。ここでは、中緯度成層圏の窒素酸化物 (NO, NO<sub>y</sub>)、オゾンそしてエアロゾルの同時直接測定の結果とモデル計算の結果を報告し、さらにピナツポ噴火によって増大したエアロゾル表面積 (ASA) の変動が窒素酸化物の分配をどのように支配しているかについて議論する。

#### 2 気球観測とモデル

1992年秋期にフランスの Aire-sur-l'Adour (44°N) において NO, NO<sub>y</sub>, オゾンそしてエアロゾルの測定が気球を用いて2回行われた。観測が行われた時の成層圏の気温は、明らかに PSCs が生成するには高すぎる温度であったため、測定されたエアロゾルは硫酸液滴であると考えられる。つまり、PSCs による不均一反応の効果を除去したうえで硫酸液滴の窒素酸化物への影響が評価できる。

測定された化学種のうち、NO<sub>y</sub> は気球の上昇中に、NO は下降中とともに化学蛍光法によって測定された。オゾンは ECC オゾンゾンデによって、エアロゾルは光散乱式エアロゾル測定器によって各々上昇下降ともに測定された。

以上の観測値をもとに Harvard 大学のモデルを用いて NO/NO<sub>y</sub> が計算された。モデルは気相のみの場合 (GP) と不均一反応を含めた場合 (HET) の2パターンで行った。HET には N<sub>2</sub>O<sub>5</sub> との反応 (1) と ClONO<sub>2</sub> との反応 (2) の2つが入れてあり、これらの反応によって NO<sub>x</sub> (=NO + NO<sub>2</sub>) が HNO<sub>3</sub> へ変換されることになる (脱 NO<sub>x</sub>)。その結果は明かに不均一反応の効果が示されており、HET と観測値の NO/NO<sub>y</sub> には良い一致が見られた。

観測で得られた NO/NO<sub>y</sub> と ASA の高度分布からは、20 km で 4.5 の ASA に対し NO/NO<sub>y</sub> は 0.04 程度である。この値は 1991 年の同時期に航空機観測で得られている結果と良く一致している [Fahey et al., 1993]。この中で Fahey らは、ASA が 5-10 以上になると (1) による脱 NO<sub>x</sub> は飽和状態になることを示している。今回の観測からも図 1 に見られるように、21 km での 3 から 19 km での 6 まで ASA が増大しているにもかかわらず NO/NO<sub>y</sub> は 0.04 程度ではほぼ一定となっている。ゆえにこの高度領域における脱 NO<sub>x</sub> は、既に飽和しているものと考えられる。

さらに、観測時の成層圏中の気温では (2) の反応速度は小さいため、ほとんど (1) の反応によって脱 NO<sub>x</sub> が生じているものと考えられる。また、モデルの結果から ASA の増大による HET/GP の減少は最大で 0.2 (20 km) であり、不均一反応によって窒素酸化物の分配が大きく変化していることが明らかになった。しかしながら脱 NO<sub>x</sub> は、ある ASA レベル以上で飽和状態になることが示唆された。このことは ASA の増大で (1) による N<sub>2</sub>O<sub>5</sub> の消滅速度が、N<sub>2</sub>O<sub>5</sub> の形成速度よりも大きくなる時に生じると考えられている [Mills et al., 1993]。

## 1992年秋の成層圏エアロゾル ～火山擾乱期における新たな噴火の影響～

岩坂泰信、柴田隆、林政彦、長谷正博、中田晃、小塩哲朗  
名古屋大学太陽地球環境研究所

### Stratospheric Aerosol in fall of 1992

- Effect of volcanic eruption in volcanically perturbed period -  
Iwasaka, Y., Shibata, T., Hayashi, M., Nagatani, M., Nakada, A., and Ojio, T.  
Solar Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University

#### <はじめに>

ピナツボ火山の噴火が成層圏エアロゾル層におよぼす影響は、本研究豊川キャンパスにおけるライダーの観測結果をもとにして、前回までにも発表してきた。今回は、成層圏高度で積分した後方散乱係数（以下IBCと略）の変化、特に1992年夏～秋にかけての再増大について、若干の考察を発表する。

#### <IBCの変化>

e-folding decay time 147日～363日の5つについて、噴火後300日から450日までのIBCデータをもとに、回帰計算を行った。結果を図1に示す。IBCは、噴火後150日前後で1回目のピーク( $6 \times 10^{-3} \text{sr}^{-1}$ )に達し、550日ごろに2回目のピーク( $2.5 \times 10^{-3} \text{sr}^{-1}$ )を迎えている。2回目のピークはエルチチョン火山の噴火の際の最大値に匹敵する。

#### <新たな噴火の影響>

1992年9月3日（噴火後444日）、2回目の増大が始まる頃、厚さ数百m、偏光解消度10%程度という層が高さ18km付近に観測された。この層は9月いっぱいには減衰しつつも連続して観測された。おそらく新たな火山性物質によるものであろう。

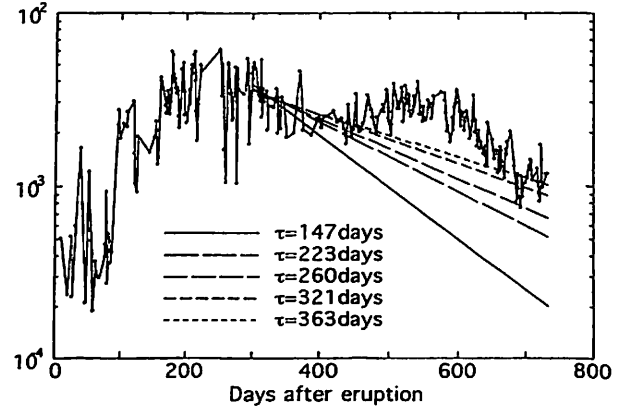
ピナツボ火山は、1991年6月以降にも数回噴火しており、そのうち92年8月に起こった水蒸気爆発はかなり大規模であったらしい。また、6月には、アラスカのSpurr火山も噴火しており、それらのうちいずれかが放出した火山灰が、9月に愛知県豊川市上空に到達したものと考えられる。

IBCの2回目の増大は季節変化の影響だけでは説明できず、これらの噴火の寄与は非常に大きいと思われる。しかし、新たに付加された物質の量および起源はまだ知られていない。

#### <今後の課題>

2回目のIBCの増大における新たな噴火の寄与を考えるうえで、起源および規模を特定することが必要である。また、新たに付加された物質が、どのような過程を経てIBCの増大にどれくらい寄与したかを考察していく予定である。

図1. 後方散乱係数の積算値(IBC)の変化。縦軸の単位は $\text{sr}^{-1}$ 。



## アラスカにおけるライダー大気観測

岩坂泰信\*, 松永捷司, 柴田 隆, 林 政彦, 村井康浩, 森 育子, 長谷正博, 中田 晃 (名古屋大学STE研); 藤原玄夫, 秋吉英治 (福岡大学理学部); 山崎孝治 (気象庁気象研究所); 近藤幸治 (高層気象台); 中根英昭 (環境研)

### Lidar Measurements of the Atmosphere at Alaska

Y. Iwasaka\*, K. Matsunaga, T. Shibata, M. Hayashi, Y. Mural, I. Mori, M. Nagatani, H. Nakada (Nagoya Univ., STEL); M. Fujiwara, H. Akiyoshi (Fukuoka Univ., Dep. Phys.); K. Yamazaki (MRI); K. Kondoh (Meteorol. Obs.); H. Nakane (NIES)

Measurements on stratospheric Pinatubo cloud with a lidar at Alaska are presented. Those measurements suggest that polar stratosphere plays as transitional stock room of stratospheric volcanic aerosols.

はじめに：成層圏物質のグローバル循環は、地球環境や気候の深いつながりを持っていることが次第に明らかにされつつある。成層圏物質の循環機構やそれが気候や地球環境に与える影響を評価する上で、1991年に噴火したピナツボ火山の噴煙の広がり具合を知ることは大きな意義がある。

ここでは、1991年の暮れから開始された成層圏エアロゾル層のアラスカでの観測結果を報告し、火山性エアロゾルの輸送過程その間に生じる変質の可能性について報告する。

観測結果：観測は、アラスカ大学の支援を受けてフェアバンクス郊外のポーカークラットにおいて行なわれている。1991/92の冬の

ライダー観測結果で興味をもたれるのは1991年の12月の結果である。2月や3月の結果と著しく異なる点として27km付近のピークの存在が挙げられる。

このピークの高度での空気塊の流跡線を検討した結果、多くの予想に反してこの高度の空気塊がこの地域に到達したのはごく最近であり、短時間のうちに、低緯度地帯からやってきたものであることがわかった。この時期の中低緯度地帯の信頼おけるライダーデータは無いが、発生源に近いことと異常に大きい散乱比をもたらした事となんらかの関係があると考えられる。

また、全体のプロファイルを見ると、時間とに重心が降下していることやエアロゾル総量が増加していることが推定される。これらは、成層圏物質のグローバル循環という観点から見ると極成層圏が興味深い役割を果たしているように考えられる。

1993年の冬期に得られた観測結果では、すでに、20km以上の高度には顕著に増強した層は観測されない。しかし大きな特徴として、1992年の同時期のエアロゾル量と比べてさして顕著な減少を示していない点や、圏界面直上の混合比が相変わらず大きい値がつづいている点をあげることが出来る。

これらの点は赤道から極方向へ運ばれる物質の輸送量と極成層圏から対流圏へ運びだされる物質量の収支を考えるうえで興味をもたれる点である。

今後の課題：本観測が示すように極成層圏の物質循環に果たす役割はきわめて興味深いものがある。関連観測が充実している南極においても同様のライダー観測が実施され、比較検討できるなら、全球的な物質循環を考えるうえでさらに興味ある知見が得られるであろう。

### ”おそろ/BUV”による大気SO<sub>2</sub>の検出

鈴木勝久 (横浜大教育)  
松本直記 (慶応高校)

Detection of Atmospheric SO<sub>2</sub> by Means of "OHZORA/BUV"

K.Suzuki(Yokohama National University)  
N.Matsumoto(Keio High School)

There are absorption bands of SO<sub>2</sub> between 300nm and 315nm. To detect these absorption by the atmospheric SO<sub>2</sub> emitted from fuel combustion and industrial activities we analysed the "OHZORA/BUV" data. It is expected that the SO<sub>2</sub> emission is large in Central Europe, the south part of China, and the east part of Northern America. The UV spectra (300-310nm) in these regions were compared with the spectra which were obtained in the equatorial region in the same orbit.

The absorptions were estimated less than few %.

太陽紫外光の地球大気による散乱強度から大気中のオゾンを定量する方法は衛星観測に広く用いられている。特にNIMBUS/TOMSは長期間オゾン全量の地球図を得ている。通常この観測に用いられる波長域は250~350nmであるが、この波長域にSO<sub>2</sub>の吸収帯が存在する。この吸収帯を利用して火山噴出によるSO<sub>2</sub>の濃度を定量する試みがNIMBUS7/TOMSの

データで行われている。定量の方法はオゾン定量に用いる波長のうちの320nm付近の4波長を用いるものである。

大気中には火山噴出のような自然起源のSO<sub>2</sub>だけでなく、人工起源のSO<sub>2</sub>の放出があり中央ヨーロッパ、中国南部、北米東部の地域ではこの放出が大きい。今回この人工起源のSO<sub>2</sub>の吸収について、おそろ/BUVのデータを用いて調べた。おそろ/BUVはTOMSと違って波長250~320nmを連続掃引して散乱光強度を測定している。解析の方法はSO<sub>2</sub>の人工放出が大きいと思われる地域の観測スペクトルと、同一回軌道でSO<sub>2</sub>の放出がないと考えられる赤道付近のスペクトルとの比を求める。オゾン吸収の緯度変化もこのスペクトル比に影響を与えるが、考えている波長域ではオゾンは緩やかな減少する吸収断面積を有しているため、特徴のあるSO<sub>2</sub>のバンド構造とは区別がつく。解析結果によればSO<sub>2</sub>による数%以下の吸収が見られる場合があるが、解析データが少手で吸収の特徴についてはまだ明らかでない。

### ライダーによる中間圏ナトリウム層温度測定の見直し

長澤 親生、阿保 真 (都立大・工)

Investigation of Mesospheric Sodium Temperature Measurements using a Lidar

Chikao NAGASAWA and Makoto ABO  
Tokyo Metropolitan Univ.

Abstract: A new lidar system for measuring Na temperature profiles is proposed. The lidar system consists of a stabilized cw single mode dye laser oscillator followed by a pulsed-dye power amplifier which is pumped by an injection-seeded Nd:YAG laser and an usual Nd:YAG pumped pulse dye laser tuned by a grating.

はじめに、Na層を利用したライダーによる温度測定は、Gibson et al. (1977) によって初めて行われ、その後、Neuber et al. (1988) により実用的な観測が行われた。ライダー測定に新しい方法を導入して高精度のNa層温度測定法を実用化したのはShe et al. (1990) である。最近ではこの方法を発展させることによって、温度だけでなく風速の測定にも成功している (Bills et al. 1991 等)。我々はShe et al. (1990) の測定方法の中で問題点として残っている同時2波長の測定を実現するために、新たな方法を提案し基礎実験を行っている。

測定方法 Na原子の蛍光スペクトルはDoppler効果による温度広がりを出す。したがって、このスペクトルの広がりを正確に測定することにより、Na原子の温度測定が可能である。She et al. は、狭帯域リング色素レーザーをパルス色素レーザーに注入同期させることによって得られた狭帯域パルス色素レーザー光を、Na原子の蛍光スペクトルの温度依存性の大きいところと比較的小さいところに、約10分ごとに交互に同期させることによって温度分布を導出するという、従来にない効率的な方法を実用化した。しかしながら、この方法には数10分間Na層の密度分布が変化しないという仮定が必要であり、Na層の密度分布の変動が激しい場合、重大な誤差の原因となる。

我々の方法は、2台のレーザー装置を準備する。一方のレーザー装置はShe et al. と同様の装置によってNa原子の蛍光スペクトルの温度依存性の大きいところに正確に同期させるが、もう一方のレーザーは通常の観測に用いているスペクトル幅が2GHz (2pm) と比較的広帯域のパルス色素レーザーを用いることを考えている。繰返し10Hzの1台のパルスYAGレーザーで上記2台のレーザーを200msごとに交互にポンプすることにより、測定中のNa密度の変動に起因する誤差を抑えることができる。

Fig.1に上から従来の狭帯域2波長、狭帯域と広帯域 (1pm)、狭帯域と広帯域 (2.5pm) それぞれのレーザーの組み合わせにおける、温度による共鳴散乱断面積の比の計算結果を示す。これより、従来の狭帯域2波長とそれほど散乱強度の比が変わらず、Na層の時間変動によらない温度測定が可能なることがわかる。

参考文献 Gibson, A.L., et al., Nature, 281, 131-132, 1979.  
Neuber, R. et al., J. Geophys. Res., 93, 11093-11101, 1988.  
She, C.Y., et al., Geophys. Res. Lett., 17, 929-932, 1990.  
Bills, R.E., et al., Opt. Eng., 30, 13 21, 1991.

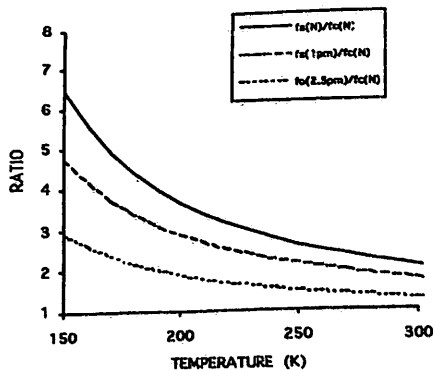


Fig.1 レーザの組み合わせによる共鳴散乱断面積の比の温度変化

## B32-15 夜光雲のリミットサイクル振動形成

杉山 卓也  
京都大学 理学部

Limit cycle oscillations in the formation of noctilucent clouds  
Takuya Sugiyama  
Faculty of Science, Kyoto University

**Abstract.** We model the formation of Noctilucent clouds and Polar Mesospheric clouds through Proton Hydrates ( $H^+(H_2O)_n$ ). In time dependent simulations of the cloud formation, we found stable oscillations of the cloud formation with periods of  $\sim 4$  days. The water vapor content in the mesosphere controls the nucleation rate quite sensitively, and the diffusion-advection relaxes the water vapor profile which is affected severely by the deposition into ice particles and by the evaporation of particles at the bottom of the cloud. The competition between the "sensitivity" to and the "relaxation" of water vapors make the cloud system to oscillate stably.

夏極中間圏にみられる夜光雲、中間圏雲に対して、Proton Hydrateを凝縮核とする氷粒子形成モデルを作成し、雲形成の全過程のシミュレーションを行った<sup>1)</sup>。ただし、簡単化のため、氷粒子自身の拡散過程は扱っていない。この結果、雲形成は、周期4日程度で安定に振動することが見いだされた。凝縮核形成層は、temperature dip 3.5K, Gauss width 600mと仮定され、6月平均温度 profile の高度85 km の極小 128.5K に重ね合わされた。核形成層から重力落下する embryo (種) flux を図1に示す。雲の全形成過程を調べるために、Embryos の半径を 1nm (落下速度 =  $0.6\text{cm s}^{-1}$ ) と近似し、中間圏の拡散係数を  $D_{xx} = 20\text{m}^2\text{s}^{-1}$  とし、上昇気流の速度を  $2\text{m s}^{-1}$  とする、ただし、種の落下の必要性から、気流は 88.5 km では終息すると仮定している。図2 a は、高度70km での  $[H_2O] = 3.3\text{ppmv}$ 、図2 b は同じく  $4.0\text{ppmv}$  の雲形成の様相である。図 a においては半減期4日で定常状態に至る。図 b では周期4日、核形成から明るい雲までの遅延は1.3日である。凝縮核による水蒸気の消費と蒸発・拡散による水蒸気の供給が釣りあえば定常、競合すれば

振動に至る。図 c は  $D_{xx} = 40\text{m}^2\text{s}^{-1}$  を除いて図 b と同じである。大きな拡散により周期が3.3日となり、水蒸気量の供給が豊かで多くの種が生まれ、その数が電子数を上回るため電子密度の"bite-out" ないしは "depression" が発生する。図3は図2 b と同じ条件下で、gradual onset と sudden onset の場合の安定な振動を表す位相図である。この gradual onset の場合、準安定状態に10日留まっている。非線形系としての中間圏雲形成は、 $[H_2O]$  が小さい場合には定常が安定、大きい場合には振動が安定で、定常は準安定であると考えられる。雲の振動形成は雲形成時の多様な物理量の変動を説明できるものと期待される。

<sup>1)</sup> T. Sugiyama, Ion-recombination nucleation and growth of ice particles of the noctilucent clouds. Submitted to JGR.

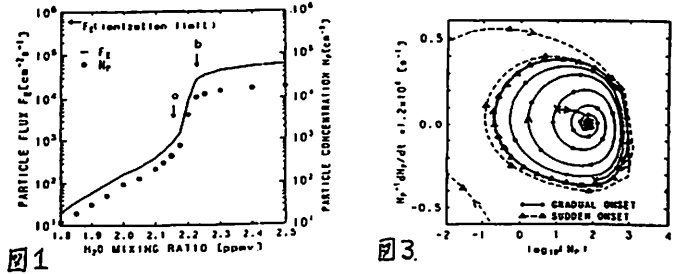


図1

図3

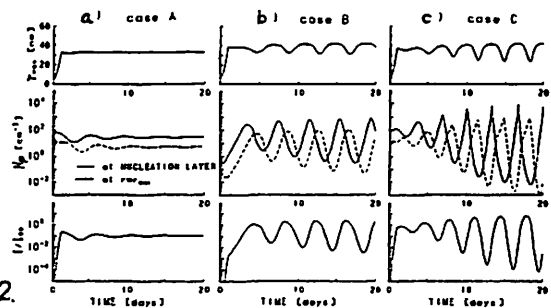


図2

## B32-P1-19

### 高高度気球搭載光学オゾンゾンデによる成層圏オゾン高度分布の観測

\*岡林昌宏・岡野章一・田口真・福西浩 (東北大・理)

### Observation of Upper Stratospheric Ozone by Balloon-Borne Optical Ozonesonde

\*M.Okabayashi, S.Okano, M.Taguchi, H.Fukunishi  
(Faculty of Science, Tohoku University)

Measurements of ozone in the upper stratosphere are important to understand the photochemical processes and the solar activity dependence of stratospheric ozone. The highest altitude that can be attained with conventional electrochemical ozonesonde is  $\sim 30\text{km}$ . Recently, light-weight, high-altitude balloons, which can reach an altitude of over  $40\text{km}$ , have been developed. We have developed optical ozonesondes, consisting of UV filter radiometers in the Hartley band, for applying it to these high-altitude balloons. Vertical distributions of solar UV were observed with the optical ozonesondes in June 9, 1993 at Sanriku Balloon Center. Vertical ozone profiles are obtained by differentiating measured UV intensity 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量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により、上部成層圏のオゾン観測には限界がある。

最近、高度42km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光学オゾンゾンデを開発した。

光学オゾンゾンデの原理は次の通りである。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し、それを微分することによりオゾンの高度分布を求める。

光学オゾンゾンデ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。測定する紫外線波長は、296nmと305nmの二つの波長である。太陽紫外線強度の他に、気温、気圧、装置温度を同時に測定する。光学オゾンゾンデの全重量は1.7kg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1993年6月9日に観測をおこない、太陽紫外線強度の高度分布が得られた(図1)。波長296nmの紫外線は、高度24km以上からオゾンによる吸収が減り、紫外線強度が増加を始めた。305nmの紫外線は、対流圏では大気分子の散乱による減光の効果による高度変化が大きく、成層圏ではオゾンの吸収による紫外線強度の高度変化があらわれている。

得られた太陽紫外線強度の高度分布からオゾンの高度分布を導出する作業に現在取り組んでおり、同時に、より高精度で省コストな観測器の開発を行っている。

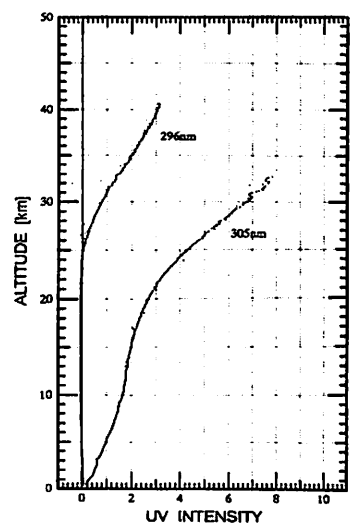


図1 三陸で1993年6月9日に観測された紫外線強度(296nm, 305nm)の高度分布。



B32-P1-20

中間圏ナトリウム層のライダー観測(3)

長澤 親生、○阿保 真 (都立大・工)

Lidar observations of Mesospheric Sodium Layers (3)

Chikao NAGASAWA and Makoto ABO  
Tokyo Metropolitan Univ.

Abstract: On the basis of lidar measurements for about two years, characteristics of the bottomside of the mesospheric sodium layer are reported. The nocturnal variation of bottomside shows typical feature in winter.

**はじめに** 現在まで約2年間ライダーによる中間圏Na層の観測を行ってきた。これまでに大気重力波やSporadic Na層に関する報告をしてきたが、今回はNa層のbottomsideの観測結果の解析を行ったので報告する。

**データ解析** 通常中間圏Na層は、高度約90kmをpeakとして高度約80kmから約100kmまでに成層している。Na層の生成論はRichter and Sechrist (1979) やSwider (1986) などによって展開されてきた。それらによるとNa層は流星の流入、化学過程、力学過程によって形成されていると考えられている。特にNa層のbottomsideはNaがNaO、NaO<sub>2</sub>やNaクラスターイオンに変化することによりNa層のsinkとなると考えられている。

これらの仮説を検証する意味において、まず我々は、これまでの2年間のNa層ライダー観測結果から、bottomsideのデータの解析を行った。Fig.1にNa層のbottomsideの傾きの季節変動を示す。またFig.2に11、12月のbottomsideの傾きの

夜間変動を示す。冬季において特徴的な傾向が見られる。

これらの変化はNaとの反応が考えられる物質であるO<sub>2</sub>やO<sub>3</sub>の分布に依存しているが、この高度の温度変化にも依存しており、温度分布の測定が重要である。我々は現在Na密度と温度のライダーによる同時測定を準備している。

**参考文献**

- E.S.Richter and C.F.Sechrist Jr. (1979) , J. Atmos. Terr. Phys., 41, 579-586.  
W.Swider (1986) , Planet. Space Sci., 34, 7, 603-608.

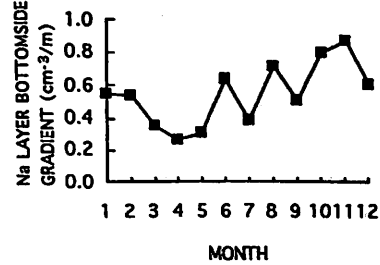


Fig.1 Na層のbottomsideの傾きの季節変動

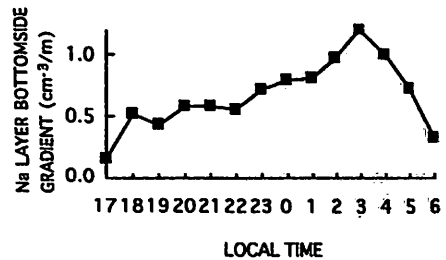


Fig.2 11、12月のbottomsideの傾きの夜間変動

B32-P1-21

ROCKET OBSERVATION OF ATOMIC OXYGEN IN THE THERMOSPHERE BY AN IMPROVED RESONANCE LAMP TECHNIQUE

T.Imamura, K.Kita, N.Iwagami and T.Ogawa

Department of Earth and Planetary Physics, University of Tokyo  
W.H.Morrow  
Resonance Ltd.

An *in situ* measurement of the O atom concentration in the lower thermosphere was carried out by the sounding rocket S310.20 at Uchinoura (31°N) on Jan.28,1992 adopting an improved resonance fluorescence technique. We got the most reliable data free from the Doppler shift effect and the shock effect due to the rocket motion.

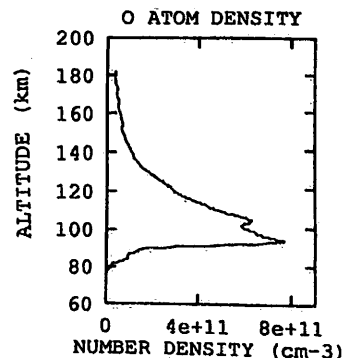
The instrument contained an oxygen resonance lamp and photomultipliers. The lamp emits the O(<sup>3</sup>P-<sup>3</sup>S) 130.4 nm triplet radiation, and the radiation is resonant-scattered by the ambient O atoms. In our improved method the look direction of the detector is varied smoothly along the lamp beam, and the scattering region which contribute to the detected fluorescence intensity moves between about 10 cm and 40 cm from the skin of the instrument. The detected intensity varies due to the optical length variation while the scattering region moves. By comparing the detected intensities at different optical lengths, we can determine a reliable O atom density. Thus the absolute value is derived from relative values.

The relative variation through scanning is a function of not only the O atom density, but also temperature, wind velocity and others. We did a careful calibration in a space chamber, but the condition obtainable in it is limited. To examine the dependence on these physical values, we solved

the radiative transfer equation in both the ambient gas and the resonance lamp including multiple scattering and partial frequency redistribution by numerical calculations. The solution in the condition of the calibration agree well with the calibration data.

The lamp spectrum is modified by Doppler shift due to the rocket motion, and the atmosphere near the rocket having a supersonic motion may be heavily disturbed in the thermosphere where rarefield gas dynamics should be applied. We have estimated these effects by numerical calculations such as the DSMC method which has been developed recently. Through these simulations we found that the density gradient near the rocket is a serious error source for the present measurement, especially when the spin axis deviates from the motion vector.

After these analyses we obtained a preliminary result. The O atom density distribution shows several fine structures in the lower thermosphere. Such structures are also observed in the electron density distribution simultaneously measured.



メソポーズ領域の  
大気温度の地上測定

山本博聖、川上多佳子、矢嶋健一  
関口宏之、牧野忠男 (立教大・理・物理)

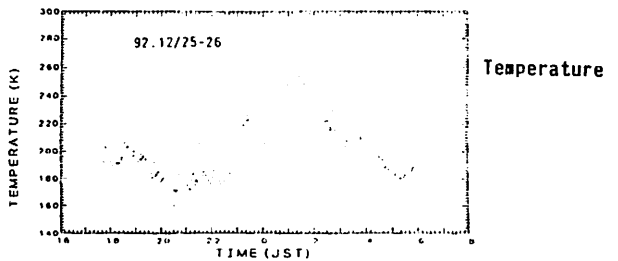
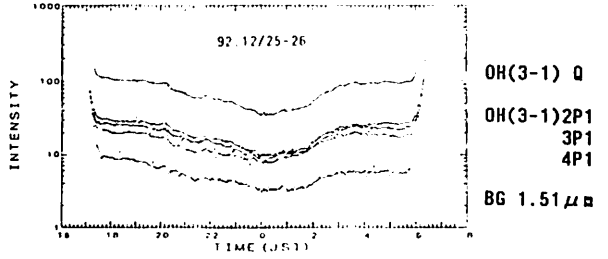
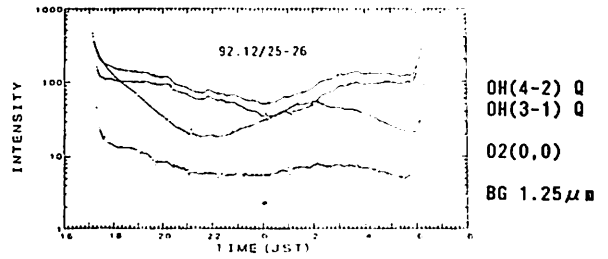
Mesopause temperature derived from the ground-based  
measurements of the OH(3-1) band airglow

H. Yamamoto, T. Kawakami, K. Yajima, H. Sekiguchi  
and T. Makino  
Department of Physics, Rikkyo University

To derive the mesopause temperature, the ground-based measurement of Q, 2P1, 3P1 and 4P1 branches of the OH(3-1) band nightglow has been made since 1992. Narrow bandpass filters are used to get radiance of each branches. The data obtained in Dec. 1992 showed a wave-like structure of which period was 8-10 hrs. and amplitude was about 100K.

メソポーズ領域の大気温度を地上からフィルター放射計を用いて昨年度から観測を行っている。観測は日没約30分後から日の出30分前までの夜間に実施し、観測対象の大気光はOH(3-1)帯のQ, 2P1, 3P1, 4P1枝であり、それぞれを半値幅約3nmのフィルターで測定する。最も感度がよいのは、Q/4P1もしくは2P1/4P1の値から導出する方法である。昨年度は夏期に1度、冬期にも2-3度の観測データが得られ、簡単な解析結果を前回報告した。夏期は夜間はほぼ一定の大気温度を示すが、冬期においては大気温度が8-10時間の周期で変動し、温度差が100°にも達する例が観測された。しかも、この変化の周期・位相ともにOH大気光ではなく、O2大気光と一致していた。

今年度は特に季節に対するこの温度変化の様相を詳しく調べることを目的としたが、天候不順のため例年に比べて地上観測に適した日がきわめて少なく、夏期のデータは1度しか得られなかった。今回はこの観測結果の報告と大気温度導出手順について報告する。図には池袋での昨年12月の観測結果を示す。



東北大学蔵王新観測所における  
熱圏大気光学観測

岡野章一、久保田 実、大久保一郎、新原洋祐、  
阿部利弘、福西 浩  
(東北大学理学部)

Optical Observations of the Thermosphere at the New Zao Observatory

S. Okano, M. Kubota, I. Ohkubo, Y. Niihara,  
T. Abe, and H. Fukunishi  
(Faculty of Science, Tohoku University)

Zao Observatory of Tohoku University, at which airglow observations were started in 1957, has been moved to a new location (38° 06' 04.1" N, 140° 31' 57.4" E, 690m above sea level) for evading light contamination in surroundings. Imaging observations of night airglow with a Multicolor All-sky Imaging System (MAIS) have been resumed at the new facility. In addition to observations with the MAIS, two-dimensional observations of thermospheric temperatures and winds with a new version of Fabry-Perot Doppler Imaging System (FPDIS Mk II) are planned to be started soon.

はじめに

東北大学蔵王観測所は1957年に夜光観測所として設置されIGY以来大気光観測を実施してきたが、最近になって悪化した周囲の人工雑光条件を避けるために、旧観測所より約2.6km 西北西の観測条件の良好な地点(38° 06' 04.1" N, 140° 31' 57.4" E, 標高690m)に新観測所を建設し本年4月に移転を完了し光学観測を再開した。新観測所2階の光学観測室(59m<sup>2</sup>)の屋上には1.2m×1.2m および0.9m×0.9mの閉閉式開口部がそれぞれ2ヶ所ずつ設けられ大気光の採光が行えるようになっている。蔵王新観測所では現在新月期間の晴天夜に、大気光多色撮像装置(Multicolor All-sky Imaging System: MAIS)による01557.7nm, 01630.0nm, Na1589.3nm およびOH(8-3)帯大気光の全天イメージング観測が行なわれているが、我々は熱圏の風・温度の2次元分布の観測を目的とするファブリーペロードップラーイメージン

グシステム(Fabry-Perot Doppler Imaging System; FPDIS)の2号機(Mk II)を新たに開発し蔵王観測所での観測を開始しようとしているので、ここではFPDIS Mk IIの概要について述べる。

FPDIS Mk II

FPDIS Mk IIは我々が開発したFPDIS Mk Iと全体の構成はほぼ同様であるが、Mk Iでの経験に基づいていくつかの改良が加えられている。FPDIS Mk Iは第31次南極地域観測隊による昭和基地越冬観測において熱圏温度および風速の2次元観測に用いられ多量のデータが取得されている。

FPDIS Mk IIのシステム全体は、①全天(視野全角180°)からの光がファブリーペローエタロンに入射する際に平行ビームとなるようにするための前光学系、②ファブリーペローエタロン、③干渉フリンジの結像のための後光学系、④干渉フリンジの2次元検出器、および⑤画像記録装置から構成される。ファブリーペローエタロンは有効径106mm、スペーシング20.49mmのキャパシタンススタビライズドエタロンを用いている。FPDIS Mk IIでの改良点として2次元検出器に、Mk Iで用いられた電子レンズを用いた2段MCPのフォトンイメージングヘッドに替えて、3段MCPの近接型フォトンカウンティングイメージャーが用いられている。近接型フォトンカウンティングイメージャーを用いることにより電子レンズの介在による画像歪みをほぼ完全に取り除くことが可能となった。また画像記録装置としてMk Iの冷却CCDカメラでのオンチップ積分に替えて、テレビフレームレートでの二値化・積分が可能なシステムを採用した。これによって画像上でのフォトンパルス重なりがあっても正しい計数が容易に行えるようになった。

以上の改良はFPDIS Mk Iにも施され、Mk Iは現在蔵王観測所で第35次南極観測へ向けての試験観測中であるが、これが終了次第Mk IIの観測が開始される予定である。

## MAISによってハワイ・ハレアカラ山で観測されたOH(8-3)全天画像

\*大久保一郎, 久保田実, 岡野章一, 田口真, 阿部利弘, 福西浩, 木山喜隆\*  
1:東北大理 2:新潟大理

OH(8-3)band All-sky Images  
with MAIS at Mt. Haleakala, Hawaii

\*I. Ohkubo<sup>1</sup>, M. Kubota<sup>1</sup>, S. Okano<sup>1</sup>, M. Taguchi<sup>1</sup>, T. Abe<sup>1</sup>, H. Fukunishi<sup>1</sup>, Y. Kiyama<sup>2</sup>  
1:Geophysical Institute, Tohoku University  
2:Faculty of Science, Niigata University

The Multicolor All-sky Imaging System (MAIS) is capable of obtaining all-sky images at two different airglow wavelength at a time. Airglow observation with MAIS have been made at Mt. Haleakala, Hawaii on October, 1991 and February, 1993. We present temporal and spatial variations of OH(8-3) emission on February, 1993.

多波長全天撮像装置(MAIS)はさまざまな波長の大気光の全天撮像観測の為に開発された。

これまでMAISを用いた観測は、歳王で行われている新月の晴天夜の定常観測のほかに、1991年10月、1993年2月の2度それぞれ約1ヵ月にわたりハワイ・ハレアカラ山頂で観測を行ってきた。

1993年2月のハレアカラ観測では、観測期間の前半は01557.7nm, 01630.0nm, Na-Dlineを中心に観測し、後半はOH(8-3)バンドを中心に観測した。今回はOH(8-3)バンドの解析結果について報告する。OH(8-3)全バンド強度の画像は観測日によって空間分布が大きく異なっており、また激しい時間変動を捉えている。

2月25/26日の例では(図1)、南方に広がっていた増光部(22h39mHST)が徐々に減光してゆくと、真夜中すぎ(01h59mHST)に視野全体が急増光し、その後減光したあと今度は西方が増光している(05h05mHST)。また、同じ日に約1時間おきに撮像したNa-Dlineの画像がOH(8-3)と同様の変動を見せて

いる。一方01557.7nmの画像では変動のパターンは一致するものの、急増光する時刻がOH(8-3)より約1時間ほど早い。他の日では、またまったく異なる変動パターンを見せている。本講演では、これらの変動の源について、別の解析により得られるOH(8-3)回転温度の水平分布との比較を交えて考察する。

1993/02/25 1993/02/26

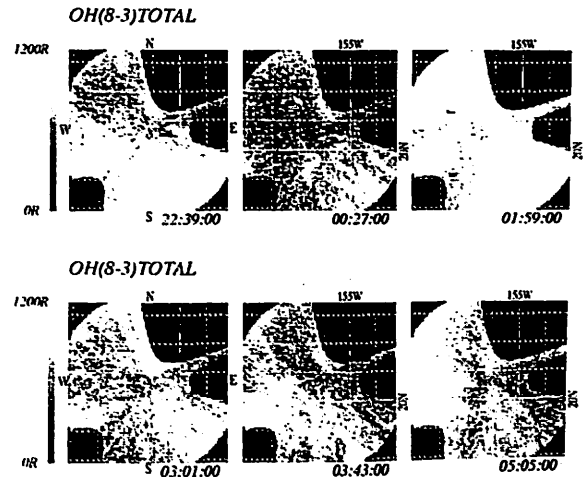


図1 1993年2月25日22h39m~26日05h05m(HST)のOH(8-3)バンドの全天画像。真夜中過ぎに急増光を示している。画像中央はハワイ・ハレアカラ山(西経156°10'30"北緯20°42')の天頂にあたる。画像の欠如部分は観測地周辺の建物によるものである。露出時間540秒。

ハワイ・ハレアカラにおける大気光観測結果-その2-

\*木山喜隆(新潟大理)、

北 和之、岩上直幹、小川利紘(東大理)

Airglow observation at Mt. Haleakala in Maui island, Hawaii

\*Y. Kiyama(Niigata Univ.),

K. Kita, N. Iwagami, T. Ogawa(Tokyo Univ.)

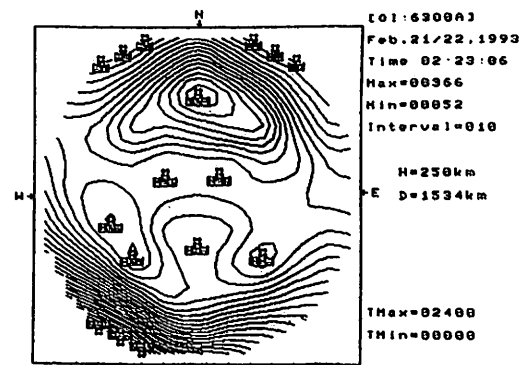
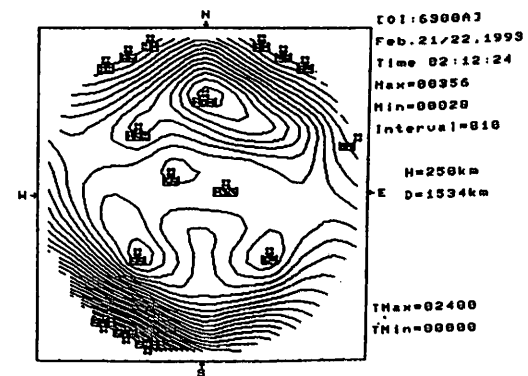
We observed the nightglow at Mt. Haleakala in Maui island, Hawaii, on February 1993. The used photometer can scan all sky in 5 minutes and observ simultaneously 3 colors of airglow (OH(7-2), Background, [O1]6300A or [O1]5577A).

Figure 1 shows [O1]6300A intensity-map on February 21, 1993.

ハワイ・マウイ島・ハレアカラ山頂(3000m)で、今年2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), [O1]6300A or [O1]5577A)を同時に観測できる。

今回の観測結果の特徴として、亜熱帯グロー[O1]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。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。



ポスターセッション

# 惑星大気

poster: P1-26~29



# 火星超高層大気の 計算機シミュレーション

## — 1. 太陽加熱率の導出 —

久保麻紀、藤原均、福西浩  
(東北大学理学部)

### A Numerical Simulation of the Martian Upper Atmosphere -1. Calculation of Solar Heating Rates-

M. Kubo, H. Fujiwara, H. Fukunishi  
(Geophysical Institute of Tohoku University)

To develop a two dimensional Martian thermospheric model, as the first step, we constructed a simulation code to obtain solar heating rates. In this study, we considered the solar flux in a range of the wavelength 50Å-1940Å and its absorption by CO<sub>2</sub>, CO and O in a case of solar minimum condition (F10.7=71.0). The results of this calculation are in good agreement with some previous works.

二次元モデルを用いて火星超高層大気の力学的・熱的構造を解明する事が本研究の目的である。今回はその前段階として、太陽EUV・UV放射(波長範囲 50Å-1940Å)による加熱率を計算するために、新たなシミュレーション・コードを開発した。このコードは大気の光学的厚さを幾何学的要素を考慮して求めるもので、非球対称な大気にも適応出来る。このコードを用いることによって、火星超高層大気重要な熱源である太陽加熱率を二次元的(緯度、高度方向)に求めることができた。図1に一例として、緯度60°における太陽加熱率の計算値の高度分布を示す。これは太陽活動極小期(F10.7=71.0)を仮定したもので、与えた太陽フラックスはほぼ Viking 1号観測時(F10.7=69.4)に相当する。太陽加熱に寄与する大気粒子としてはCO<sub>2</sub>、CO、Oを考慮しており、その数密度の初期値には Nier and McElroy[1977]の観測データを、また、温度の初期値には Bougher et al.[1990]のMTCGMモデルによる全球平均一次元温度プロファイルを使用している。熱化効率EUV領域には0.18、UV領域には0.22を採用した[Bougher et al.,1990]。この計算結果は、Bougher and Roble[1991]の結果と良い一致を見せている。

今後はここで得られた太陽加熱に加えて、さらに種々の物理・化学過程を取り入れたモデルを作成していく予定である。

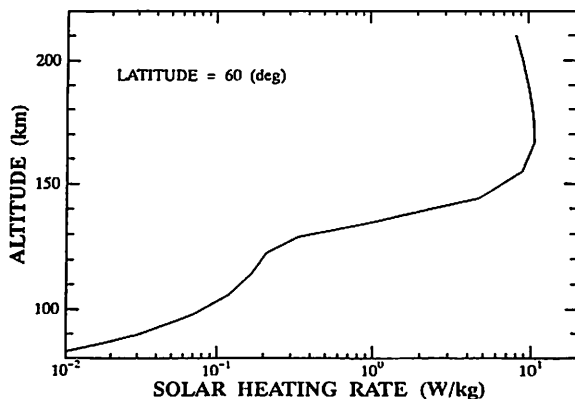


図1 緯度60°における太陽加熱率の高度分布

#### 参考文献

Nier, A. O., and M. B. McElroy. Composition and structure of Mars upper atmosphere: Results from the neutral mass spectrometers on Viking 1 and 2. *J. Geophys. Res.*, 82, 4341-4349, 1977.  
Bougher, S. W., R. G. Roble, E. C. Ridley, and R. E. Dickinson. The Mars thermosphere 2. General circulation with coupled dynamics and composition. *J. Geophys. Res.*, 95, 14811-14827, 1990.  
Bougher, S. W., and R. G. Roble. Comparative Terrestrial Planet Thermospheres 1. Solar Cycle Variation of Global Mean Temperatures. *J. Geophys. Res.*, 96, 11045-11055, 1991.

# 火星酸素コロナO I 130.4 nmの モンテカルロ・シミュレーション

篠崎憲二、岡野章一、福西浩  
東北大学理学部

## MONTE CARLO SIMULATION ON O I 130.4nm EMISSION OF THE MARTIAN OXYGEN CORONA

K. Shinozaki, S. Okano, H. Fukunishi  
Faculty of Science, Tohoku University

A Monte Carlo complete frequency redistribution (MCCFR) code, which has been developed by Nishikawa(1992) for calculating the intensity distribution of hydrogen corona around Mars, is applied to Martian oxygen corona. The height distribution of optical depth calculated using oxygen 130.4nm scattering cross section and oxygen density distribution suggests that the intensity distribution of oxygen corona is primarily due to a contribution of single scattering photons.

惑星超高層大気中の水素、酸素原子は太陽光を共鳴散乱することにより、水素ライマンα線、O I 130.4nm大気光などを発光している。現在我々は火星探査衛星 P L A N E T - B に搭載する「重水素・水素吸収セル付き紫外分光計」(UVS)で観測される光の強度分布から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。

火星の水素コロナに関しては西川(1992)が水素ライマンα線の多重散乱の効果をモンテカルロ法を用いて計算し、さまざまなジオメトリから火星大気を観測した場合の水素ライマンα線の放射強度を求める計算コードを開発した。この計算コードでは光学的厚さが1以下の薄い領域においては、放射伝達方程式を直接解くことによって計算効率を向上させている。現在、

火星酸素コロナに対してこの計算コードを応用し、インバージョンのための計算を開始したところである。そのための予備計算として酸素コロナの光学的厚さを計算して、多重散乱の効果の見積りを行なった。

図1はモデルから計算された火星の水素コロナ、酸素コロナの光学的厚さの高度分布である。この図から火星酸素コロナの光学的厚さは地表付近でも1.6程度と小さく、水素原子の約6.9と比較して光学的に非常に薄いことがわかる。この計算により、酸素原子による共鳴散乱は水素原子に比べて一次散乱が支配的であるといえる。よって、インバージョンでは第一ステップとして一次散乱のみを考慮した酸素原子で行なう。本講演では火星酸素コロナを想定し、さまざまにジオメトリを変化させた場合のO I 130.4nm大気光の放射強度を求めた結果を示す。

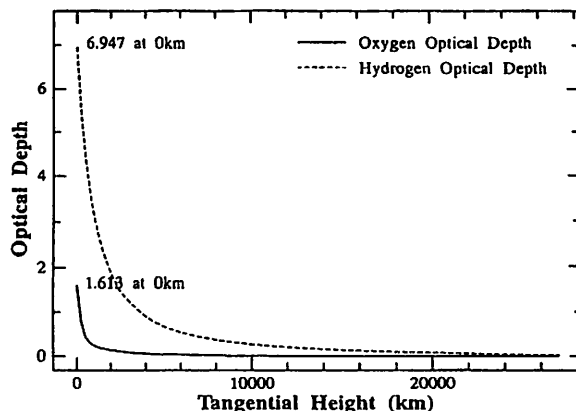


Figure 1. Optical depth of Martian oxygen and hydrogen corona.

#### 参考文献

西川 拓、修士論文 モンテカルロ・シミュレーションによる火星水素コロナの研究、1992

C会場

10月12日(火) 午前

# 太陽圏

## Heliosphere

oral: C11-01P~22P

座長 南 繁行 (大阪市大工)  
宗像一起 (信大理)

## C11-01P

### Geotail LD センサー の地上テスト

1小井 辰巳 1村木 紘 2篠 智彰 2道家 忠義 2菊池 順  
 3前沢 洸 4永田 勝明 5柳町 朋樹 6B. Wilken  
 1名古屋大学太陽地球環境研究所 2早稲田大学理工学センター  
 3名古屋大学理学部 4玉川大学工学部 5立教大学理学部  
 6Max Planck Inst. für Aeronomie

Geotail 衛星は1992年7月に打上げられ、現在観測中の磁気圏尾探査衛星である。LD センサーは Geotail に搭載されている観測機器であり、高エネルギー粒子観測装置 (HEP) のうちの一つである。LD センサーは HEP の中でもプラズマの延長ともいえる比較的低エネルギーの粒子を主な観測対象としている。その電子、陽子に対するそのエネルギー範囲は30から400 keVの電子、30から1500 keVとなっている。更にヘリウムイオン、炭素イオン以上の重イオンも観測対象となっている。

LD センサーの粒子弁別の原理は、TOF (Time Of Flight) による粒子速度の ( $v$ ) の測定と、シリコン検出器による個々の粒子のエネルギー ( $E$ ) の測定から、個々の粒子の質量 ( $M$ ) を求めることにある。ちなみに TOF の経路長は34 mm、シリコン検出器の厚さは300  $\mu$ m である。

現在、LD センサーの観測はおおむね順調に進んでいるが、しかしいくつかの点において問題点も指摘されている。その一つが、その電子に対する計測率が極端に悪い事である。又、高エネルギー電子のつまり400 keV 付近及びそれより高い領域での観測率もよくわかっていないとは言えない。

更に、LD センサー全体の検出効率も、まだ十分なデータが無く観測値から正確な物理量に直すことが困難な状況にある。

そこで、我々は今年の十月過ぎにドイツから、ほぼ同型の観測器を持って来て、早稲田大学理工学センターの加速器でキャリブレーションする事を計画している。

それに先立ちシリコン検出器での電子の検出効率を計るための以下の実験を行った。観測器のエネルギーに対しての検出効率を計るには単一エネルギー同強度のビームを使うのがもっとも適しているが、単一エネルギーの電子ビームを作る適当な加速器が無いので、 $^{90}\text{Sr}-\text{Y}$  からの  $\beta$  線を利用する事にした。 $^{90}\text{Sr}-\text{Y}$  から照射される  $\beta$  線の最大エネルギー (約2.3 MeV) を止めるのに十分な厚さのシリコン検出器を用いて照射  $\beta$  線のエネルギースペクトルを取る。次に、400  $\mu$ m の厚さの SSD の後ろにアンチカウンターを置いて、このシリコン検出器で止まった  $\beta$  線のエネルギースペクトルを計った。そしてこの二つのエネルギースペクトルを比較する事によって400  $\mu$ m の厚さのシリコン検出器でのエネルギーに対しての検出効率を求める事にした。この実験の結果について本講演で述べる。

## C11-02P

### 平磯における光学太陽望遠鏡開発の現状

秋岡 貞樹、西川 淳、磯辺武、猪木誠二、近藤哲朗 (通総研平磯)

#### Development of H alpha Optical Solar Telescope in Hiraiso

Maki Akioka, Jun Nishikawa, Takeshi Isobe, Seiji Igi, Tetsuro Kondo  
 (Hiraiso Solar Terrestrial Research Center, Communications Research Lab.)

Development of optical solar telescopes system is in progress at Hiraiso, CRL. The purposes of these telescope are observational research of solar eruptive phenomena (flares, filament eruptions and surges etc.) and its solar terrestrial connection. Our final goal is the understanding of solar terrestrial relations and its prediction named "Space Weather Forecast Program". In this talk, status of our H alpha solar telescope and some observational results are reported. The status of solar magnetic telescope under construction, is also briefly shown.

#### 1、はじめに

通信総合研究所平磯宇宙環境センターでは、本格的な光学観測による太陽観測を開始するため、H $\alpha$ 速度場望遠鏡及び磁場望遠鏡の開発を進めている。本発表では93年10月におけるシステムの現状、92年4月からの観測で得られた観測例の一部を紹介する。さらに、今後の開発計画及びデータ公開について紹介する。

#### 2、望遠鏡の原理

太陽光を回折格子分光器を用いて分光観測してやると、無数の吸収線が観測される。これは、太陽光球からの連続放射が太陽大気によって選択吸収を受ける事によるもので、太陽大気の様々な情報を含んでいる。回折格子のかわりに非常にせまい透過波長範囲のフィルターを用いてやると、ある特定の吸収線のみを取り出して観測する事ができる。不透明度の高いH $\alpha$ 線を用いれば、太陽活動の舞台である彩層を直接観測する事が可能になる。また、観測波長を微妙に変化させてやるとドップラーシフトの検出が可能になり、太陽大気の運動の様子を推定する事ができる。

#### 3、現在の観測システム

当初の予定では、平磯センターにおける電波観測業務におけるフレア予知に役立つ事を最重点に考えられていたが、現在は、定常業務のみならず他の観測機器との共同観測等に対応できることおよび研究観測に用いる事のできる質のデータが取得できるようシステム開発を進めている。主な特徴は次のとおり

- ・屈折クーデ (D:150mm f:2250mm)
  - ・O<sub>2</sub> 25A リオフィルターを装備
  - ・全面像結像用レンズを装備
  - ・パソコン、ワークステーションによる自動制御、自動撮像
  - ・リアルタイムシーイングセレクション (大気の安定した瞬間に撮像)
  - ・自動焦点合わせ (試験中)
  - ・ネットワークでリアルタイムアクセス可能 (データQL, 望遠鏡 制御)
  - ・観測波長の自動制御機能により、ドップラーシフトのリアルタイム検出が可能。
- これらのうち、ベースとなった望遠鏡、リオフィルターはツイイス製、全面像結像の光学系及び二コン製である。焦点面より後ろの制御システム、撮像システム等は全てわれわれでシステムを製作した。

以下の観測プログラムを標準としてH $\alpha$ センター及び $\pm 0.7\text{A}$ の波長での撮像を自動運用している

- |              |      |    |        |     |             |
|--------------|------|----|--------|-----|-------------|
| (1) 拡大像視野撮像  | 2分毎  | 視野 | 5分*5分  | 分解能 | 約0.8"/pixel |
| (2) 拡大像広視野撮像 | 30分毎 | 視野 | 7分*10分 | 分解能 | 約0.8"/pixel |
| (3) 全面像撮像    | 10分毎 | 視野 | 太陽全面   | 分解能 | 約5"/pixel   |
- (1)は太陽面の700 kmに相当)

但し、これらの観測パラメータは、支援ソフトウェアによって容易に変更が可能である。

拡大像の観測領域は原則として陽光SXTのPFI観測領域を選んでいる。

#### 4、データの公開

現在、拡大像と全面像を1日各1枚、宇宙研「ようこう」チームのワークステーションに伝送している。これは、「ようこう」データ解析用ワークステーション群からアクセスできる。また、観測ログ (拡大像観測領域、観測時間等) を一部の太陽研究者に、1カ月に1度e-mailで送付している。今後、データの公開、共同研究などに積極的に対応していきたいと考えている。データはすべてデジタルデータであり、ネットワーク等を通じて伝送できるのでご相談いただきたい (大量になる場合は8 mテープ、MO等のメディアで提供することになる)。  
 <謝辞>



メートル波太陽電波バーストと「ようこう」で観測された  
太陽コロナ

○ 眞 棋一 (通信総研)、磯辺 武 (通信総研平磯)、「ようこう」SXTチーム

Soft X-ray Feature of Solar Corona Associated with Strong Meter Wave Solar Radio Burst  
S. Watani<sup>\*1</sup>, T. Isobe<sup>\*2</sup>, and Yokkoh SXT team

<sup>\*1</sup> Communications Research Laboratory  
<sup>\*2</sup> CRL/Hiraiso Solar Terrestrial Research Center

Our radio spectrograph in Hiraiso observes m-wave radio emission from solar coronal disturbances and the Soft X-ray Telescope (SXT) aboard Yokkoh also observes them. We analyzed soft X-ray images taken by the SXT and found soft X-ray enhancements associated with large solar radio bursts in several cases. We will discuss these events. A strong solar radio continuum occurred at about 03:00 UT August 20 1992 and continued for several hours. The soft X-ray enhancement in the north side of the NOAA7260 was observed by the SXT associated with this solar m-wave radio burst and continued for a long time.

我々は、ダイナミックスペクトル計を使って太陽電波の観測を続けているが、電波バーストに関連した太陽コロナの様子の様子を詳しく調べるためには、太陽コロナの高分解能のイメージが必要であった。1991年8月に打ち上げられた太陽観測衛星「ようこう」に搭載された軟X線望遠鏡(SXT)では、太陽コロナが時々刻々とダイナミックに変化する様子が捉えられている。そこで、我々は、強いメートル波バーストが観測された際の太陽コロナの様子を「ようこう」のSXTによって撮影された軟X線イメージを使って調べた。この結果、電波バーストに関連していると思われる構造が軟X線イメージで見つかったので報告する。1992年8月20日に観測されたメートル波帯の強い太陽電波バーストの例を図1に示す。また、このバーストに伴って「ようこう」のSXTで観測された太陽コロナの様子を図2に示す。この電波バーストでは、図1に示されたように顕著なインパルスバーストは見られず、緩やかに強度が増加し長時間続いた。「ようこう」の軟X線イメージでは、図2に示したように、最初、活動領域NOAA7260で小さなループ構造及び小さなループとこの活動領域の上の中性線をまたぐ大きなループ間のインタラクションが見られ、その後、この活動領域の上に位置するフィラメントを中心として、中性線に沿って大きなアーケード構造が発達した(図2)。この部分のlight curveは、メートル波太陽電波の緩やかな増加に対応している。

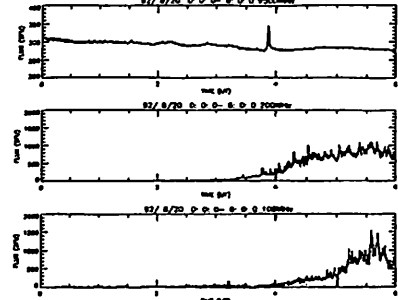


図1: 通信総研平磯センターで観測された大きなメートル波太陽電波バースト

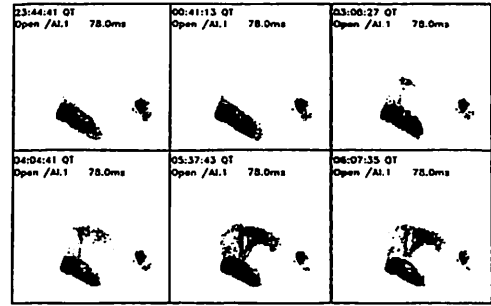


図2: 図1の電波バーストに寄与したと思われる「ようこう」で観測された軟X線の大きなアーケード構造の時間変化

「ようこう」で観測された太陽軟X線コロナの  
自転の特徴

○小塚幸央、小島正宜(名大STE研)、渡辺 堯(茨城大・理)

Characteristics of Rotation of Soft X-Ray Coronal Structures  
Observed with Yokkoh

○Y. Kozuka, M. Kojima (STE Lab., Nagoya Univ.),  
and T. Watanabe (Ibaraki Univ.)

It is known that the coronal field rotates quasi-rigidly, while the photospheric field shows a differential rotation. Rotation of large-scale coronal structures, however, has not been investigated in detail. The purpose of the present study is to clarify the rotation of the soft X-ray corona. We investigate characteristics of the rotation of the large-scale coronal structures by using images taken with the Soft X-ray Telescope (SXT) boarded on Yokkoh. Rotation rate of each structures is determined by using synoptic charts which are constructed by daily SXT images. It is found by this analysis that the rotation rates in the northern hemisphere are different from those of the southern hemisphere. The rotation rates of active regions and quiet coronal structures in the low-latitude range are about 27.3 and 26.9 days, respectively, in the northern hemisphere, while 26.8 and 27.2 days, respectively, in the southern hemisphere.

コロナ磁場の自転は光球面磁場の自転とは、異なっている。コロナ磁場は、準剛体的に自転しているが、光球面磁場は差分回転を示す。しかしながら、大規模なコロナの構造の自転については、まだ詳細に調べられていない。コロナ構造の自転の詳細な研究は、太陽磁場の研究に役立つばかりでなく、太陽圏構造、回帰性磁気嵐のメカニズムなどの研究にも役立つ。本研究は、軟X線コロナの自転の特徴を調べることが目的である。

解析には、「ようこう」軟X線望遠鏡(SXT)で撮影された、1992年1~10月(Carrington Rotation 1851-1860)の期間の軟X線コロナ画像を用い、大規模コロナ構造の自転の特徴を調べた。毎日のSXT全面画像から軟X線コロナ強度のシノプティック・チャートを作成し、これを用い、それぞれの構造の自転周期が求められた。

図1に解析期間の自己相関を求めた結果を示す。全体的な特徴として、黒点等の差分回転に比べて剛体的に回転していることがわかる。また、相関は高緯度ほどよく、自己相関の結果が静穏領域コロナの構造を比較的反映していることを示すものと思われる。さらに、低緯度領域では、北半球の方が南半球よりも速い速度で自転しているように見える。一方、コロナ中の特徴的な構造に着目してそれらの個々の経度変化を追跡すると、低緯度においては、活動領域と静穏コロナ領域の構造の自転周期は、北半球では約27.3、26.9日、南半球では約26.8、27.2日である。すなわち、活動領域と静穏コロナ領域の間にも自転速度に違いがあることがわかった。

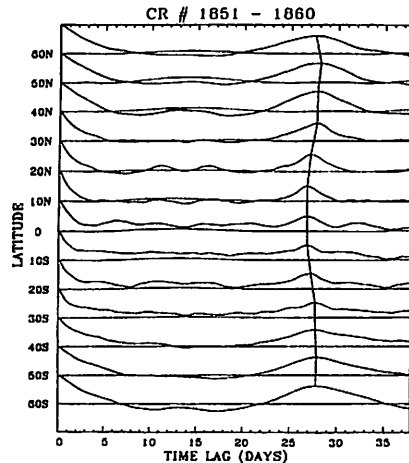


図1: 緯度10度毎の自己相関の計算結果

## C11-05P

### MACROSTRUCTURE OF THE SOLAR CORONA

--- ANALYSIS OF THE YOHKOH SXT DATA ---

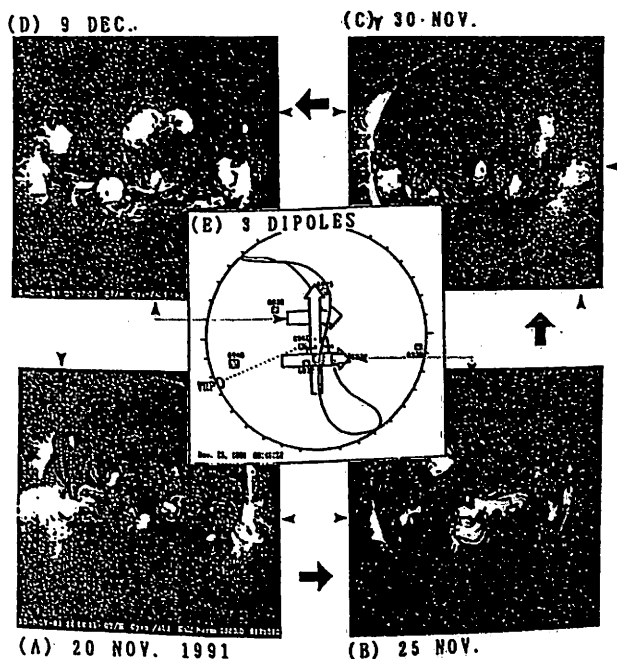
T.Saito 1, Y.Kozuka 2, T.Takahashi 1, S.Tsuneta 3, and M.Kojima 2

1. Onagawa Magnetic Obs., Astrogeophys. Inst., Tohoku Univ., Sendai 980.
2. STE Lab., Nagoya Univ., Toyokawa 442.
3. Inst. of Astronomy., Univ. of Tokyo, Mitaka, Tokyo 181.

Two previous models (rotational reversing and triple dipole) on the solar magnetic field are substantiated by analyzing the Yohkoh SXT data. Figure 1 shows the SXT images and the Boulder sunspots, respectively, for November–December, 1991, as an example. The magnetic neutral line at the source surface is also shown in the central panel, where the neutral line is projected from the source surface to the photosphere in order to clarify the relation between the line and the active region. In Figure 1B, four magnetic loops are well recognized corresponding to the four bipolar spots. Faint but large loops covering all these loops are recognized, especially when they were near the solar limb. The large loops are just the evidence of a giant bipolar magnetic region (GBMR) in the triple dipole model. The loops and the region are represented by the horizontal dipole in the southern hemisphere in Figure 1E.

The similar loops and a GBMR are recognized on the far side of the sun in the northern hemisphere as shown in Figures 1C and D. Hence, the loops and the GBMR are represented by the far side dipole in the northern hemisphere in the panel E. From the observed magnetic field polarities in the polar caps, we may put the northward axial dipole at the center as shown in the panel. Then we may derive the following evidences to substantiate the triple dipole model: (1) The large magnetic loops corresponding to the two antipodal GBMR's are recognized in the SXT images. (2) The centers of the loops and the low-latitude neutral line are nearly on the same longitudes. (3) The relation between the source surface neutral line and the three

dipoles in Figure 1E is quite in agreement with the triple-dipole model. (4) The source surface neutral line is nearly vertical in low latitude, while horizontal in high latitude. (5) Being associated with decreasing of activity of these GBMR's, the observed neutral line had inclined gradually from the beginning to the present stage of the Yohkoh observation. We may conclude from these facts that the triple dipole model describes well the real solar circumstances.



## C11-06P

### A Broad Interplanetary Disturbance Associated with a Coronal Neutral-Sheet Eruption on May 19, 1992

<sup>†</sup>T. Watanabe (Dept. of Earth Sci., Ibaraki Univ.), M. Kojima, and Y. Kozuka (STELAB, Nagoya Univ.), M. Akioka (CRL, Hiraiso), M. Yatagai, and H. Kurokawa (Fuc. of Sci., Kyoto Univ.), and YOHKOH Team

Although many examples of interplanetary disturbances which were associated with disappearing filaments (or eruptive prominences) have been obtained, it is not still uncertain about the role of a disappearing filament in formation of the related interplanetary disturbance. We obtained an interesting example which will be helpful to seek for the answer of the question.

A dark filament whose center was located originally at about (30°N, 50°E) disappeared between 02 UT and 06 UT on May 19. An H-alpha/soft X-ray enhancement was observed in a nearby active region before the disappearance, suggesting that emerging magnetic fluxes appeared in the region triggered the filament disappearance. A bright soft X-ray arcade structure was formed after the eruption of the filament in a broad range covering between (40°N, 60°E) to (12°N, 20°E). Fig. 1 shows the soft X-ray image taken at 18:44 UT on May 19 by YOHKOH SXT. The location of the disappearing filament is also indicated. The arcade seems to have been formed above the photospheric magnetic neutral line extending from the site of the filament eruption, although the neutral line is not clearly shown in the H-alpha synoptic chart published in the Preliminary Solar-Geophysical Data (SESC/NOAA) because no appreciable dark filaments were observed. It is suggested that the arcade was formed as a consequence of a large-scale eruption of the coronal neutral sheet situated above the photospheric magnetic neutral line.

A sudden commencement (sc) of geomagnetic storm was observed at 04:13 UT on May 22, 1992. It is reasonable to assume that the SC was caused by an interplanetary shock wave associated with the filament disappearance or the coronal neutral-sheet eruption. The mean shock speed in the region between the Sun and the Earth is about 580

km/sec. This value is a typical one for filament-disappearance associated interplanetary disturbances. The interplanetary disturbance was also detected by three-station IPS observations of STELAB (327 MHz) in a wide range of interplanetary space as transient enhancements of the solar wind speed. The longitudinal extent of the disturbance was considerably larger than that of a typical filament-related interplanetary disturbance which has a longitudinal extents of about ±50°; the extent of the western portion measured from the center of the disappearing filament was larger than 80°. In many cases, interplanetary disturbances were seldom observed in the western hemisphere when the relevant filament disappearances took place near the eastern solar limb. In the case discussed in this paper, large-scale eruption of the coronal neutral sheet, which was probably triggered by the disappearance of the dark filament, is suggested to be the source of the extraordinary broad interplanetary disturbance.



Fig. 1. A YOHKOH/SXT image taken at 18:44 UT on May 19, 1992. The bright arcade structure formed by an eruption of the coronal magnetic neutral sheet is seen in the North-East quadrant of the solar disk. A sketch of the dark filament which disappeared at 02 - 06 UT on the same date is also shown.

1992年9月8日の Local time に依存した  
宇宙線の Forbush decrease 前の前兆的強度減少

\*藤本和彦、森下伊三男\*、藤井善次郎、梶原志津子  
(名大 STE 研,\* 朝日大)

Local time dependent pre-IMF-shock decrease of cosmic rays,  
on September 8, 1992

K.Fujimoto, I.Morishita\*, Z.Fujii and S.Sakakibara  
Cosmic-Ray Section, Solar-Terrestrial Environment Laboratory  
Nagoya University, Nagoya 464-01, Japan  
\*Department of Information Management, Asahi University  
Hozumi-cho, Motosu-gun, Gifu 501-02, Japan

In the previous paper(Nagashima et al 1992), the authors pointed out the existence of the local-time-dependent precursory decrease of cosmic rays in front of shock wave of the interplanetary magnetic field (IMF), and interpreted it as being due to their IMF-collimated outward flow across the shock from the inside of Forbush decrease (Fd). In the present report, the characteristics of the typical example recently observed in front of the Fd on September 9, 1992 are quantitatively determined using the data of Nagoya muon telescope.

宇宙線の Forbush decrease は IMF(惑星間空間磁場)-shock wave が地球を通過したことによって生じると考えられている。shock の後面で低くなっている宇宙線強度を、IMF shock が地球に到達する前に前兆的な宇宙線強度減少として観測する例を我々は見いだした。この前兆的強度減少は、磁気雲の中側から shock front を横切って流れだした collimated outward flow によって起こると考えられる。この宇宙線の流れ(異方性)の中心位置の程度が $\phi_c$ 、緯度 $\lambda_c$ であり、半径が $\chi_c$ で

あった時、地上 Muon 望遠鏡で観測されるべき宇宙線強度減少の期待値を求めた。この期待値と観測値から、一時間毎に $\phi_c, \lambda_c, \chi_c$ 及びスペクトルを求める。Forbush decrease のスペクトルとの比較から、磁気雲の shock front での磁場の乱れの度合などを議論する。

NAGOYA-HOBART ミューオン望遠鏡による  
Forbush Decrease 時の宇宙線強度南北非等方性の観測

\*梶原志津子、藤井善次郎、藤本和彦、上野裕幸、織戸賢(名大 STE 研)  
宗像一紀、安江新一、森 覚、赤羽重信(信大理)  
J.E.Humble, A.G.Fenton, K.B.Fenton, M.L.Duldig (Univ. of  
Tasmania)

North-South Anisotropy of Cosmic Rays during Forbush  
Decrease, observed by NAGOYA and HOBART Muon  
Telescopes.

S.Sakakibara, Z.Fujii, K.Fujimoto, H.Ueno and K.Orito  
(STE-Lab. Nagoya Univ.)  
K.Munakata, S.Yasue, S.Mori and S.Akabane  
(Dept. of Phys. Shinshu Univ.)  
J.E.Humble, A.G.Fenton, K.B.Fenton, M.L.Duldig  
(Univ. of Tasmania)

Cosmic-ray intensities observed at Nagoya (35°N, 137°E) and Hobart (43°S, 148°E) frequently show differences, especially at times of Forbush decreases(Fd's). Since December 1991, when a multi-directional surface-level scintillator telescope (consisting of 2 layers of 9 m<sup>2</sup>, a counting rate of 89 · 10<sup>4</sup> c/hr for the vertical) similar to that at Nagoya was installed at Hobart, several Fd-associated events have been observed which show different time profiles in the muon intensity variations at the two stations. In this report, we present the example observed before the start of the Fd of September 9 and November 1, 1992.

宇宙線強度の南北非等方性は黄道面に垂直な宇宙線の流れによると考えられており、これが Forbush decrease(Fd)中にしばしば存在する

ことが知られている。最近、Nagashima et al. により、この Fd 中の宇宙線の南北非等方性が惑星間空間磁場(IMF)の  $B_z$  成分の増大と関連していることが見出され、この現象は Fd の原因となる Magnetic cloud の構造を反映しているとの指摘がなされた。このような現象が起こる宇宙線は、極地方の中性子モニターで測られた比較的低いエネルギー(〜数 GV)であるが、今回、中緯度のミューオン望遠鏡(NAGOYA および HOBART)で観測される宇宙線(数 10 GV ~ 100GV)にも、Fd の前面または Fd 中に宇宙線強度の南北非等方性が表われている現象が観測された。HOBART 望遠鏡による観測開始以降の 1992 年中に起こった Fd (Table 1) について、その原因となった IMF-shock の SSC time の前後の期間における比較的短時間の強度変動に注目して、宇宙線強度の南北差と IMF の構造との関連を検討する予定である。

Table 1. Forbush decreases observed during 1992.

Time of SSC	Magnitude of Fd(%)	THULE TOKYO	
Feb. 8 14:27	3.6	1.3	
Feb.20 01:09	3.3	0.6	
Feb.26 16:57	7.4	3.7	
May 7 02:28	2.0	1.7	
May 9 15:57	6.0	1.0	
Aug. 4 14:08	3.5	2.2	
Aug.22 21:	4.1	0.6	
Sep. 9 01:39	3.4	0.9	
Nov. 1 21:46	3.7	1.1	

C11-09P 惑星間空間の平面状磁場構造と  
太陽面活動域との対応  
○中川朋子(東北工大)・内田豊(東京大理)

Correlation between Interplanetary Planar Magnetic Structures and Active Regions on the Sun  
Tomoko Nakagawa (Tohoku Institute of Technology)  
Yutaka Uchida (Dept. Astronomy, University of Tokyo)

Planar magnetic structures in which interplanetary magnetic field vectors are highly variable and are parallel to a plane are correlated with active regions on the Sun by using Sakigake solar wind data and Yohkoh soft X-ray images of the photosphere. During the period from January to July, 1993, three typical planar magnetic structures well coincided with active regions on the Sun.

太陽風が一様かつ定常的に吹き出すものなら、惑星間空間磁場は常にArchimedean spiralに沿った方向のベクトルとなるはずであるが、実際の惑星間磁場はこの方向から大きく外れていることが少なくない。spiral方向から外れた磁場は太陽風の源あるいは惑星間空間の非一様性・非定常性を反映するものと考えられる。

このような非spiral磁場が時折方向・強度とも激しく

変化しながら数時間にわたり平面に平行になることが「さきがけ」によって発見され、平面状磁場構造(planar magnetic structure)と名付けられた。この構造には、プラズマにも低速・高密度・高 $\beta$ という特徴が見られた。

この構造の発生機構を考えるため、これまで高速太陽風や太陽風速の上昇域との相関、flare, filament, active prominencesとの相関を調べたが、どれも有為な関係は見られなかった。太陽磁気圏のsector境界とは時折よく対応したが例外も少なくない。太陽自転に伴う回帰性があり、太陽表面での生成を示唆するものと考えられる。

一方、平面に平行なほとんど全ての方向をとる磁場ベクトルを説明するためには、惑星間空間で閉じたループ状の磁力線を考えると都合がよい。上記の発生特性を考え合わせ、太陽表面で閉じていた磁力線が惑星間空間に引き出され平面状構造としれ観測されるという仮説を作った。これを検証するには、惑星間磁場の平面状構造と太陽面の閉磁力線との相関を直接調べるのが有効である。

本研究では、「さきがけ」の観測した平面状磁場構造を、同時観測された太陽風速度を使って太陽表面まで戻し、その領域の「ようこう」X線画像を用いて太陽面上の構造との対応を調べた。解析期間はなるべく太陽面の静穏な1993年1-7月とした。この期間中、3つの典型的な平面状磁場構造が観測されたが、単純な太陽風モデルを使うと3つともループ状の構造を繰り返し放出しているactive regionに対応することが解った。

C11-10P

ENERGY AND PITCH ANGLE DIFFUSION OF IONS  
DUE TO NONLINEAR ALFVÉN WAVES

Tohru Hada

Department of Physics, College of General Education,  
Kyushu University

Alfvén waves in the solar wind typically have large amplitude, and are not likely to be random phase, since nonlinear interaction strongly couples different Fourier modes. Considering these facts, it is of interest to discuss, to which extent the quasi-linear type argument with random phase approximation correctly describes the velocity space diffusion of ions. We have performed test particle simulations using Alfvén waves with power-law type spectrum, with a variety of orders of wave power, and with a variety of degrees of wave phase correlation. Energy (E) and pitch angle ( $\alpha$ ) diffusion coefficients are evaluated as functions of E and  $\alpha$ . Statistical measures characterizing long time behavior of ions are also discussed.

EVOLUTION OF LARGE AMPLITUDE ALFVÉN WAVES  
IN THE SOLAR WIND WITH  $\beta \sim 1$

Tohru Hada

Department of Physics, College of General Education,  
Kyushu University

A set of equations is obtained which describes evolution of finite amplitude, dispersive, elliptically polarized quasi-parallel Alfvén waves, when the plasma and the wave amplitude satisfy the condition,  $[1 - C_s^2/C_A^2] < \delta B/B_0$ , where  $C_A$  and  $C_s$  are the Alfvén and the sound speed, respectively, and  $\delta B/B_0$  is the Alfvén wave amplitude normalized to the background magnetic field. When this condition is satisfied, the sound wave as well as the right- and left-hand polarized Alfvén waves are nearly all degenerated. The solar wind plasma is a typical medium for the obtained set of equations to apply, since the plasma  $\beta$  is high, and the solar wind Alfvén waves have large amplitude. Modulational instability of a circularly polarized parallel Alfvén wave is discussed.

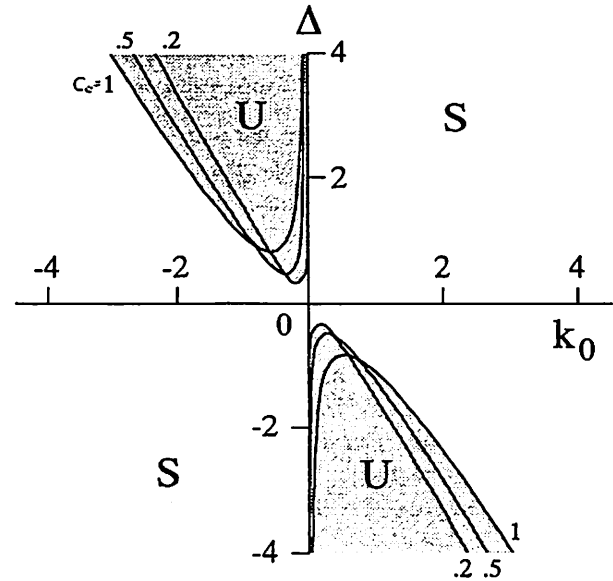


Figure 1

Fig. 1. The modulational stability boundaries for a parallel Alfvén wave (normalized amplitude  $c_0$ , wave number  $k_0$ ) in the long perturbation wavelength limit. Stable and the unstable (shaded) regime are respectively denoted as S and U. The instability takes place when  $k_0 \Delta < 0$ , where  $\Delta$  is the normalized, scaled difference between the sound and Alfvén speeds. When the sound and the Alfvén modes exactly degenerate, the system is stable.

Measurements of solar wind in the acceleration region

° Y. Yamauchi<sup>1</sup> P. K. Manoharan<sup>1,2</sup> M. Kojima<sup>1</sup>  
H. Mori<sup>3</sup> T. Tanaka<sup>3</sup> T. Kondo<sup>3</sup> H. Takaba<sup>3</sup> M. Tokumaru<sup>3</sup>

1. Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University, Toyokawa 442, Japan.
2. JSPS fellow, *On leave from* : Radio Astronomy Center, Tata Institute of Fundamental Research, P. O. Box 8, Udhamandalam ( Ooty ) - 643001, India.
3. Communication Research Laboratory, Japan.

Introduction

Observations of near-Sun solar wind are important to study the acceleration mechanism of the dynamic solar wind and to test various proposed theoretical models of the plasma acceleration. However, only limited observations are available at closer distances ( $< 50$  Rs) from the Sun. In this study, we report solar wind measurements made using the interplanetary scintillation (IPS) method, in the distance range 10 - 60 Rs. These IPS measurements have been made using the 26-m antenna at the Communication Research Laboratory near Kashima at 2.3 and 8.5 GHz.

Method of analysis

We estimate the parameters of the solar wind by fitting theoretical models to the observed scintillation spectra. While model fitting, we fix the power-law

exponent at a reasonable value and vary solar-wind velocity, axial ratio, and inner-scale size. The best fit is obtained by the iterative process of chi-square reduction.

Results

1. By comparing the velocity estimates of the present study with the available three-station measurements, it is seen that the single-station estimates are reliable only when the signal-to-noise ratio of the observed spectrum is good ( $\geq 25$  dB).
2. In the ecliptic plane, the solar wind acceleration is seen in the distance range 10 - 30 Rs. However, in the polar region, where a large coronal hole dominates, no clear increase of the solar-wind velocity is seen. More observations are required to study the acceleration of the solar wind emanating from the coronal hole regions.
3. The estimates of the axial ratio are consistent with interferometric measurement made by Armstrong et al (1990).
4. The inner-scale sizes of turbulence show monotonous increase with heliocentric distance and are consistent with earlier measurements.

Reference

Armstrong, J. W., Coles, W. A., Kojima, M., and Rickett, B. J. 1990, Ap.J., 358, 685

IPS観測から推定した太陽風加速の状態

梶田和幸(中部大工) 小島正宜(名大STE研)

Solar Wind Acceleration deduced from the IPS Observations

K. Hakamada(Chubu U.) M. Kojima(STEL, Nagoya U.)

The solar wind speeds (SWSs) at the P-point were projected onto the photosphere along lines of force of interplanetary magnetic fields and coronal magnetic fields. The SWSs are then compared with intensities of He I (1083nm) absorption line (HEIs) at the footprints of these field lines in the chromosphere. The maximum correlation between the SWS and the HEI are found for the case that the SWS is projected from the point separated by 0.029 AU from the P-point to the radio source. From this analysis, it is suggested that the solar wind is accelerated within about one day to the radial distance of ~27 solar radii on the average and that the acceleration may be faster than expected by the Parker's theory for the isothermal corona.

太陽彩層の温度に関するヘリウム吸収線(1083nm)強度の値(HEI)と惑星間空間での太陽風速度の値(SWS)とを比較した。まず、太陽光球磁場の観測値とコロナ磁場のポテンシャルモデルを用いてコロナ中の磁力線のトレースを可能にした。次に、図1のようにP<sub>0</sub>点でのSWSを惑星間磁場およびコロナ磁場の磁力線に沿って太陽光球面まで投影した。その磁力線の根元の位置のHEIを観測データから内挿した。こうして求めたSWSとHEIとの相関係数は0.18であり、両者の間に相関は認められなかった。太陽風は太陽から低速度で吹き出した後、コロナ或は惑星間空間で加速されP<sub>0</sub>点をSWSの速度で吹き抜ける。そこで、

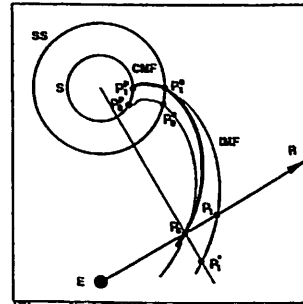


図1. 光球面上のP<sub>0</sub>点とP<sub>1</sub>点から出て電波星への視線上のP<sub>0</sub>点とP<sub>1</sub>点を通る惑星間磁場の磁力線を示す。太い螺旋はそれに沿って太陽風が加速されながら吹き抜けると推定される道筋を示す。

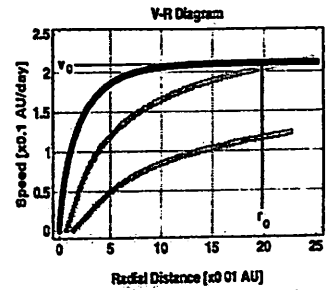


図2. 太い実線はこの解析から推定された太陽風速度の距離依存性。灰色の2本の線はT = 2 × 10<sup>6</sup>K (上の線)とT = 1 × 10<sup>6</sup>K (下の線)の等温コロナを仮定したときのパーカーの理論曲線。

電波星への視線上でP<sub>0</sub>点より0.05AU電波星寄りのP<sub>1</sub>点を通る磁力線を前述の方法でトレースし光球面上の吹き出し口P<sub>0</sub>点とP<sub>1</sub>点を用いて両者の相関は0.38に増化した。従って、太陽風はP<sub>1</sub>点から吹き出した後徐々に加速されSWSの速度でP<sub>0</sub>点を通過すると考えるのが自然である(図1の太い螺旋)。詳細な解析によれば、SWSと最も良い相関を得るHEIは電波星への視線上でP<sub>0</sub>点から0.029AUだけ電波星よりの点を通る磁力線の根元あたりにあることが分かった。ここではパーカーの理論曲線と良く似た太陽風速度の時間変化を与える関数として $v(t) = v_0 a^{(t-t_0)}$ を用いたところ観測結果をうまく説明できた。図2の太い実線は太陽風が図1の太い螺旋上を伝播する時の速度の距離依存性を示している。

この解析から次のことが分かった、

- (1) 太陽風は太陽表面から吹き出した後、約1日間加速され、約27R<sub>☉</sub>付近で365km/s<sup>-1</sup>に達する。(2) 太陽風は等温コロナに対するパーカー理論が予測するよりも早く加速されている可能性が大きい。

The Spectrum of the Electron-Density Fluctuations in the Solar Wind and its Variations with Solar-Wind Speed

P.K. Manoharan<sup>1,2</sup>, M. Kojima<sup>1</sup> and H. Misawa<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University, Toyokawa 442, Japan.

<sup>2</sup> JSPS Fellow, On leave from: Radio Astronomy Centre, Tata Institute of Fundamental Research, P.O. Box 8, Udhamchandlam (Ooty) - 643 001, India

We analyse simultaneous Interplanetary Scintillation (IPS) measurements for the solar distance range 70 - 185 R<sub>☉</sub> made using the Ooty Radio Telescope and the Solar-Terrestrial Environment Laboratory three-antenna system during the first half of the current solar cycle 22. These have been used to establish the spectral characteristics of the electron-density fluctuations in the solar wind.

We find that the spectral shape in the temporal-frequency range 1 - 10 Hz (sensitive to IPS) shows the dependence on the velocity of the solar wind. At times of low activity, a spectrum as  $q^{-3.8}$  is observed in the high-speed streams ( $V_{sw} \approx 600 \text{ km/s}$ , associated to high latitudes). However, in the low-speed wind

( $V_{sw} \approx 400 \text{ km/s}$ , associated to low latitudes), a flatter spectrum  $q^{-2.9}$  is observed and which does not show significant variation with solar activity. Thus, our observations indicate the distinctly different nature of the spectrum for high-speed flows from coronal holes and flows from other equatorial regions.

A comparison of the present high-speed stream spectral estimates with available spacecraft data suggests a three-component model for the density spectrum, as proposed by Coles and Harmon (1989). The Coles-and-Harmon investigation provides spectral shapes at three different frequency ranges in the near-sun and equatorial solar wind. The present study shows that the frequency range and scale size involved in each component depends on the source region of the solar wind on the Sun. Thus, in the high-speed, low-density wind emanating from coronal holes, we observe a steep spectrum,  $\alpha \approx 11/3$ , at frequencies below 10<sup>-4</sup> Hz, followed by a flattening,  $\alpha \approx 3.0$ , at frequencies ~ 10<sup>-3</sup> - 10<sup>-2</sup> Hz, and a steeper spectrum of  $\alpha \approx 3.8$ , at higher frequencies. In the case of the low-speed wind, since the density is high, the region of local spectral flattening extends to the high-frequency range, 2 - 4 Hz, with a small inner-scale size, and this results in a flat spectrum.

Reference :

Coles, W.A., and Harmon, J.K.: ApJ, 337, p1023, 1989.

C11-15P

衝撃波粒子加速機構の  
モンテカルロ法シミュレーション

寺沢敏夫 (東大理) and J. R. Jokipii (U. Arizona 惑星科学)

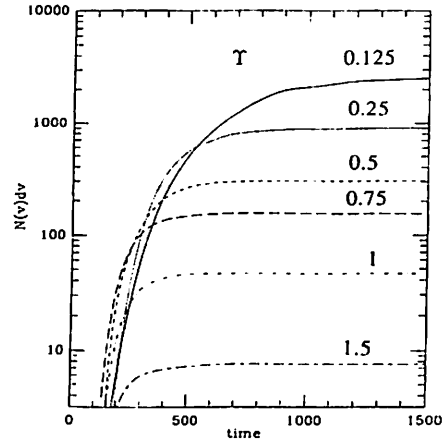
Monte Carlo Simulation of Shock Acceleration Process  
T. Terasawa (U. of Tokyo) and J.R. Jokipii (U. of Arizona)

We consider the Monte-Carlo simulation of charged particle acceleration at quasi-perpendicular/perpendicular shocks. The analysis shows that the results from diffusion shock acceleration theory are valid provided the dimensionless parameter  $T = (\lambda \parallel / R_c) (U_{shock} / w)$  is significantly less than unity. In particular, the acceleration rate increases with increasing  $T$ . However, as this parameter approaches and becomes greater than unity the energy spectrum softens, although the acceleration rate continues to increase. As  $T$  becomes significantly greater than unity, the acceleration essentially ceases. We verify, in addition, that the acceleration at a quasi-perpendicular shock is indeed significantly more rapid than that of a quasi-parallel shock, and that it scales with the angle between a shock normal and the magnetic field as predicted by diffusion theory. Drift in the  $U \times B$  electric field at the shock is found to be the cause of the particle acceleration.

衝撃波とその周囲に存在する散乱体の間に働く統計的粒子加速機構、いわゆる衝撃波Fermi加速機構は宇宙における様々な爆発的エネルギー解放現象に伴う重要な物理過程であると考えられているが、in situな観測により直接理論を検証できる場合は太陽系プラズマの世界以外にはない。本研究では準垂直衝撃波における統計的粒子加速過程をモンテカルロ法により扱い、粒子のエネルギースペクトル、加速率（加速に要する特徴的時間スケールの逆数）を求め、簡単な解析的理論の結果と比較した。加速過程は1つのパラメタ、

$T = (\lambda \parallel / R_c) (U_{shock} / w)$  によって分類されることが示された。ここに  $\lambda \parallel$  : 平均自由行程,  $R_c$  : 粒子のラーモア半径,  $U_{shock}$  : 衝撃波の伝搬速度,  $w$  : 被加速粒子の速度である。われわれが見いだした  $T$  への依存性をまとめると、  
 $T \ll 1$  : 通常のDSA理論 (Diffusive Shock Acceleration: Axford, Bell, Blandford & Ostrikerによって発展させられた) に帰着する  
 $T \leq 1$  :  $T \rightarrow 1$  につれ加速率は増大するが、 $T \sim 1$  ではエネルギースペクトルはソフト化する。  
 $T > 1$  :  $T \gg 1$  では散乱効果が有効でなくなり、統計加速機構も働かない。  
 ( $T$  が 1 を少し越えたところで加速率も下降に転ずる)

この  $T$  依存性は衝撃波面におけるドリフト加速の寄与として説明することができる。



図：さまざまな  $T$  についての被加速粒子数の時間変化を示す。  $T \sim 0.75$  付近で加速率は最大となる。(エネルギースペクトルは既にソフトになっているので  $T \rightarrow 1$  大につれ飽和粒子数は減少している)

C11-16P

「すいせい」によるHalley彗星探査: Revisited

島田延枝, 寺沢敏夫 (東大理), 向井利典 (宇宙研)  
 三宅亘 (通総研), SUISEI ESPチーム  
 M. Tatallyay (KFKI, Hungary)

SUISEI's Halley Encounter: Revisited

N. Shimada, T. Terasawa (U. of Tokyo), T. Mukai (ISAS), W. Miyake (CRL)  
 the SUISEI ESP Team and M. Tatallyay (KFKI)

We have re-investigated Suisei plasma data during its Halley encounter period. The earlier suggestion by Tatallyay that the sharp shock transition observed by Suisei was due to the density jump in the solar wind is not consistent with the temperature profiles at Suisei and Vega-2. We shall present a new consistent interpretation of these data sets.

PLANET-A「すいせい」はハレー中心核から約45万kmのところで顕著な太陽風速度の急上昇を観測し、彗星前面の定在衝撃波を検出したものと解釈された (Mukai et al., 1986, Nature特集号)。この速度の変化はVega1,2, Giottoが捉えた衝撃波領域でのゆるやかな速度上昇よりはるかに急であり、その違いの原因に興味を持たれてきた。昨年のCOSPAR(1992)でM. Tatallyayは、Vega2の太陽風データをハレー彗星上流に共回転を仮定して外挿 (2.8時間のタイムラグを仮定) した結果、「すいせい」が速度急上昇を観測した時刻に太陽風密度が急に増加したと推定されることを示した (図1)。彼女の解釈によれば、「すいせい」の見た速度上昇は、太陽風密度増大に伴い衝撃波が中心核に向け収縮したために見かけ上、急な速度変化として観測されたものである。

今回、我々はこの解釈の妥当性を検討するため、温度データを加えて、「すいせい」とVega2プラズマデータのより詳しい相互比較を行なった。Vega2は上記の密度増加の約70分後に温度の急増を観測したが「すいせい」では見つからない (図2)。従って、Tatallyayの最初の解釈は温度のデータからは支持されない。一方、タイムラグが約70分であったとする新たな解釈が生まれた。これによれば「すいせい」がcometoseath内で観測した特異な密度・温度構造の説明が可能になる。また、「すいせい」の見た速度上昇はやはりMukai et alの解釈通り衝撃波そのものを観測したと考えられ、Vega1,2, Giottoとの違いの原因は磁場構造の違い (例えば、準平行vs.準垂直) などに求められるべきである。

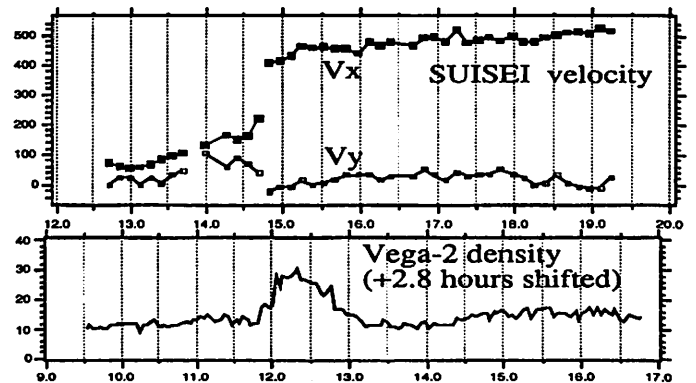


図1. 「すいせい」プラズマ流速データとVega-2密度データの比較。横軸は1986年3月8日世界時 (SCET)。Vega-2が12:00UTに観測した密度増大が「すいせい」における速度急増 (14:45UT) の原因とするTatallyayの解釈 (1992) に基づく。

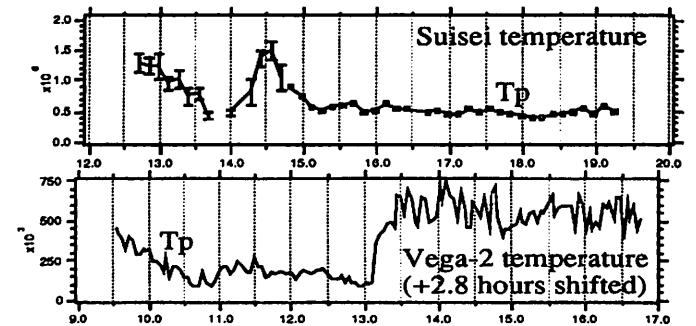


図2. 「すいせい」とVega-2の陽子温度データの比較。Vega-2が13:10UTに観測した温度増大は「すいせい」のデータには見られない。

太陽圏外圏の3次元MHD解析(その2)

・野澤 恵、鷲見治一(名大STE研)

Three-Dimensional MHD Analysis of the Outer Heliosphere-II

Satoshi Nozawa and Haruichi Washimi  
(Solar-Terrestrial Environment Lab. of Nagoya Univ.)

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. And the relation between the 3-D distributions of the ram, the thermal and the magnetic pressures will be studied in detail.

我々は太陽風プラズマ(特に太陽トロイダル磁場に注目)と星間ガスの相互作用について3次元のMHD解析を行なっている。

太陽トロイダル磁場は超音速の太陽プラズマ流により運ばれ、太陽からの距離に比例して減少する。しかし、星間ガスとの相互作用で形成される終端衝撃波 (terminal shock) の外側(太陽プラズマ流は亜音速)では、太陽風プラズマの速度が急激に減衰するため、太陽トロイダル磁場は停滞を起こし距離に比例して増大する。

我々の最近の解析では、終端衝撃波の外側でこの太陽トロイダル磁場の磁気圧増加の効果により、太陽-終端衝撃波間の距離が予想される距離より2から3割程度小さくなることを指摘した(セルフピンチ効果)。

太陽自転軸/星間ガスの流れ/星間磁場の向きが平行な場合の解析では、太陽トロイダル磁場の増大する効果が太陽プラズマの流れの向きの変化を起こし、自転軸に沿うプラズマの柱の形成を明らかにした。この柱は安定に存在し、星間ガスの流れの方向に伸び出し、細長いペンシル型の構造を作り出した。

太陽自転軸と星間ガスの流れ/星間磁場の向きが垂直の場合では、平行な場合と同様に、太陽自転軸からプラズマのチャンネルが延びだし、星間ガス流によりたなびく構造が現れた。このチャンネルは安定で拡散していくことはなかった。また、太陽赤道面の上下で磁場が逆転するため、磁気中性面が形成され、プラズマ密度、圧力が増大し、安定な赤道面ディスク構造を作り出した。このディスク構造は3次元計算を行なうことで初めて明らかになった。

詳細な解析として、上記のプラズマのチャンネルの内部の構造について述べる。チャンネルの中心部ではトロイダル磁場の減少により、プラズマ密度が増大する。逆にチャンネルの外側ではトロイダル磁場圧がプラズマの流れの動圧に比べ増大し、トロイダル磁場の効果によるチャンネルの形成を確認することができた。

講演では詳細な構造の解析として、各物理量の評価やエネルギーのバランスについても議論をしたい。また、太陽自転軸が星間ガスの流れに対しある角度で傾いている場合のプラズマチャンネルやディスク構造についても触れるつもりである。

太陽磁気圏のシミュレーション実験

(スケールング則について)

南 繁行(大阪市立大学工学部)

Laboratory Modeling of the Heliosphere  
-- Scaling Law

Shigeyuki Minami (Osaka City University)

Abstract:

We have performed a laboratory formation of the heliosphere formed as an interaction between a simulated spherically expanding solar wind and the uniform LISM (Local Interstellar Medium) supersonic plasma flow. Here we discuss a scaling law for the laboratory heliosphere simulation.

太陽風とLISM(Local Interstellar Medium)との相互作用で出来る太陽磁気圏の構造とくに星間磁場との関連をシミュレーション実験で示してきた。LISMのアルフェンマッハ数 $M_a$ が1より小さい場合、ヘリオポーズがフロント側でノーズの突き出し、テイル側でオープンになることがわかった。本稿ではこれらの結果を比較磁気圏学的に示すと共に太陽磁気圏のスケールング則についてのべる。

第1図(a)  $M_a < 1$ で傾斜したLISM磁場のもとで、(b)は  $M_a \gg 1$ のときのヘリオポーズの構造をしめす瞬間写真である。第1表は実験のパラメータである。軸対称の場合にはターミナルショックの位置 $R$ [AU]は次式で表される。

$$R = v_{\infty} / v \sqrt{N_{sw} / N_{\infty}}$$

Exactなスケールングには次の基準が必要であることがわかった。

- (1) イオンジャイロ半径  $\ll$  システムサイズ
- (2) 
$$\frac{(N_{sw})_{lab}}{(N_{sw})_{space}} = \left\{ \frac{(R)_{space}}{(R)_{lab}} \right\}^2$$

(3) 太陽風 = COLLISIONLESS;

LISM = COLLISIONAL.

(4) LISMの $M_a$ と $M$ (マッハ数)がlabとspaceで同じ。

(5) 太陽風の $M$ がlabとspaceで同じ。

本シミュレーションは基準(2)以外は満足している。定量的に TERMINAL SHOCK の位置を示すことをのぞいて太陽磁気圏のシミュレーション条件をみたしている。



第1図 (a)  $M_a < 1$ のとき、(b)  $M_a > 1$ のとき。

第1表 シミュレーション実験パラメータ

		Space	Laboratory
Solar Wind	$v_{\infty}$	500 km/s	50 km/s
	$N_{\infty}$	10 cm <sup>-3</sup> (at 1 AU)	10 <sup>14</sup> cm <sup>-3</sup> (at 5 cm)
	$M_a$	10	5 { $\alpha v_{\infty} / \sqrt{(v_{\infty}^2 + v_s^2)}$ }
LISM	$v$	20 km/s	20 km/s
	$N$	0.01 cm <sup>-3</sup>	10 <sup>13</sup> cm <sup>-3</sup>
	$B$	0.5 nT	0 - 450 G
	$M_a$	0.3	0.1 - 10



森下伊三男 (朝日大・経営)、長島一男 (名大・STE研)

The Extent of Heliomagnetosphere Inferred from the Relation between Cosmic-Ray Solar-Cycle-Modulation and Sunspot Number

Isao Morishita (Dept. of Information Management, Asahi Univ.)  
Kazuo Nagashima (STE Lab., Nagoya Univ.)

The extent of the modulation region of the cosmic rays in the heliomagnetosphere can be inferred from the phase lag of their solar-cycle-modulation behind the sunspot activity. In the present paper, by analyzing the cosmic-ray monthly data during 1950-1992, it is shown that the region is characterized by three partial regions called outer, middle, and inner regions with their respective boundary radii of 154AU, 74AU, and 28AU. It is noteworthy that the outer boundary almost coincides with that of the order of 160AU inferred from the cosmic-ray observation in space (McDonald *et al.*; JGR, 97, 1557, 1992).

およそ10年前、我々はion-chamber (IC)とNeutron Monitor (NM)のデータを連結し、1936年から1977年までの約40年間の宇宙線強度と太陽黒点数との回帰分析をおこなった。その結果、宇宙線に影響を及ぼす太陽系磁気圏の大きさが約80 AUであり、また、宇宙線強度に22年周期の変動が見られること等を見出した。その後、Neutron Monitorのデータが蓄積してきたので、今回、解析を改めて行い、その結果を報告する。

前回の解析では、ion-chamberのデータが大気の温度による大きな年周変化を含んでいることから、解析の結果に少なからぬ影響を与えていた。そこで、解析期間を約44年(2×22年)に近づけ、できる限りion-chamberのデータを取り除くことにし、ICデータはHuancaya (Jan.,1950-Mar,1954)、NMデータはOttawa (Apr.,1954-Sept.,1967), Deep River (Oct.,1967-Oct.,1992)を用いて解析を行った。回帰分析は次のような重回帰式を用いた。

$$I_i = I_0 + \sum_{j=0}^j f_j R_{i-j} \quad (i = 0, 1, 2, \dots)$$

ここで、 $I_i$ は*i*番目の月の宇宙線強度、 $f_j R_{i-j}$ はその*j*カ月前の太陽黒点数  $R_{i-j}$ に代表される太陽活動によって生じる惑星間空間での擾乱の宇宙線強度に及ぼす影響の程度を表す。図1に*j*を36カ月としたときの  $f_j$ の様子を示し、図2に上限*j*を0から36まで変化させたときの  $I_0^{OSS}$  と  $I_0^{SIM}$ の相関係数  $r_{I_0^{OSS}, I_0^{SIM}}$ を、 $I_0^{OSS}$ と  $R_{i-j}$ との単相関係数  $r_{I_0^{OSS}, R_{i-j}}$ と共に示す。一般に、上限*j*を大きくすればする程、未知数が多くなり ( $j+2$ 個)、

実際の宇宙線強度  $I_0^{OSS}$ と回帰式によって得られる強度  $I_0^{SIM}$ との乗差二乗和  $RSS(\sum (I_0^{OSS} - I_0^{SIM})^2)$ は小さくなり、 $I_0^{OSS}$ と  $I_0^{SIM}$ の相関も良くなる。従って、 $I_0^{OSS}$ を再現するのに最適な*j*を得るために相関係数は良い指標とはならない。そこで、ここでは、AIC (Akaike Information Criterion)を用いることにする。AICの定義式は、 $AIC = N \ln(RSS) + 2M$ で与えられ、*N*はデータ数(今回は514)、*M*はパラメータの数である。AICはRSSがいくら小さくなくてもパラメータ数が大きければ大きな値を持ち、AICが最小となったとき、最適なパラメータの数で  $I_0$ を再現できたことになる。図2では  $r_{I_0^{OSS}, I_0^{SIM}}$ は*j*が36の時に最大となるが、図3に示すようにAICは*j*が22の時に最小となる。更に、図3を詳しく見ると*j*が22以下であってもAICが増加が見られることがわかる。従って、*j*は22として、 $j=0-j$ の中から不必要となる*j*を取り除くことを試みる。即ち、その様な  $f_j$ を取り除く ( $f_j=0$ とする) ことによって、AICが最小となるような*j*のみを選び出す。その結果、図4に示す様に  $f_j$ に3つのグループが見い出された。*j*の値が小さい方からそれぞれのグループを inner, middle, outer と名付けると、太陽風によって太陽活動の擾乱が惑星間空間に運ばれていくと、太陽風の速さを400 km/sと仮定すると、それぞれのグループの領域の大きさはおよそ28, 73, 154 AUと推定できる。

報告では、更に、22年周期の変動についても言及する予定である。

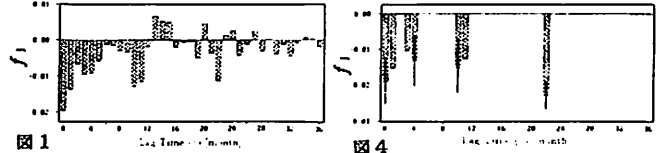


図1

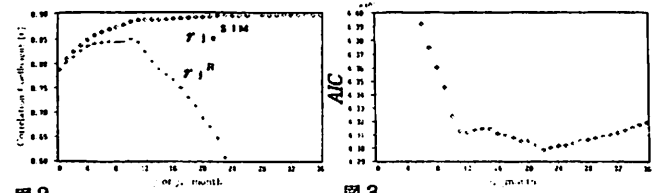


図2

図3

宗像 義教・龍岡 亮二 (中部大)

Cosmic Ray Solar Diurnal Variations observed at Deep Underground Muon Telescopes (I)

Y.Munakata and R.Tatsuoka (Chubu University)

Cosmic ray solar diurnal variation are studied using data from world wide network neutron monitor, surface muon telescope (Nagoya), shallow underground (Misato, Embudo and Takeyama) and deep underground muon telescope (Socorro and Sakashita) in the period 1968-1992. It is found that 'anomalous' solar diurnal variation occurs through the years of 1980's for Socorro station.

宇宙線の太陽時日変化は銀河宇宙線の太陽系空間との相互作用によって生成されると考えられている。

Rigidityの高い宇宙線はこの相互作用が少ないために見掛け上の日変化は小さくなる。図1にEmbudo (median primary rigidity :mpr:125GV)とSocorro (mpr:280GV)の1968年から1992年までの日変化の年平均値ベクトルのベクトル和を示した。図1によれば1970年代と1980年代では両者の動きに明らかな違いが見られる。1970年代ではSocorroの日変化はEmbudoより明らかに小さく、これは日変化のスペクトルをフラットだと仮定すればよく説明できる現象である。ところで1980年代ではSocorroの日変化はEmbudoの日変化と同じ方向でしかもその大きさもほぼ等しい。図1に合わせて示したTakeyama (mpr:212GV)でも事情

は同じに見える。この現象は日変化のスペクトルをフラットだと仮定すれば、upper cut-off rigidityを極めて高くする必要があり、またupper cut-off rigidityを低めにとるためにはそのスペクトルのべきを正にとる必要がある。いずれも考えにくい事である。1980年代のSocorroの日変化は何によってこのように大きく観測されたのであろうか?

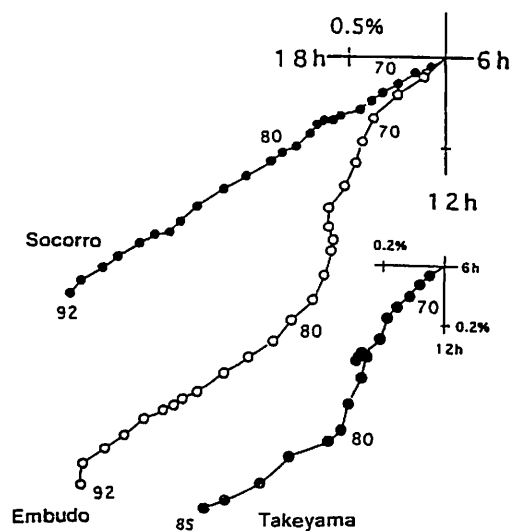


Fig.1 Solar diurnal variation at Embudo, Socorro (1968 - 1992) and Takeyama (1968 - 1985). Error are compatible size a simbol 'o'.

深い地下での宇宙線太陽時日変化(II)

○龍岡亮二 宗像義教 (中部大学)

Cosmic Ray Solar Diurnal Variations Observed at Deep Underground Muon Telescopes (II)

○R. Tatsuoka and Y. Munakata (Chubu Univ.)

In our previous report, we have shown the abnormal relation between the observations at Socorro and Embudo underground stations. Only on the basis of Diffusion-Convection-Drift model, we cannot explain this abnormal relation without curious assumptions. In the present report, we show the contribution of anisotropy estimated from the observations at world-wide neutron monitor network on which the effect of Diffusion-Convection-Drift is dominated, and discuss a possibility of the effect from the galactic anisotropy and upper-atmospheric temperature in order to explain the abnormal relation shown in the solar diurnal variations observed at underground muon telescopes.

前の報告で示された Socorro 及び Embudo のデータ相互間の異常について、ひとつの解釈を試みる。宇宙線日変化の説明に良く用いられるモデルとして、Diffusion-Convection-Drift モデルがある。これは惑星間空間磁場の擾乱による宇宙線ガスの拡散をベースにしたもので宇宙線の rigidity が 100GV 程度まで小さな場合は有効と考えられる。

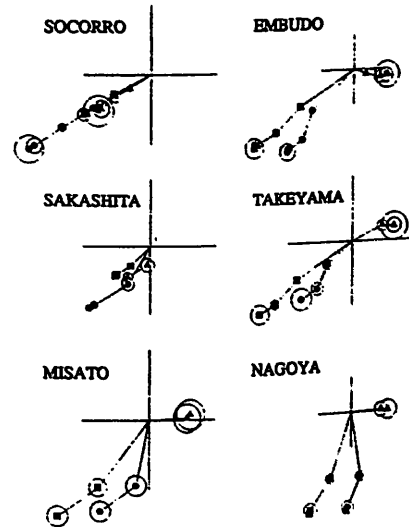
一方、rigidity が大きくなるに従い、磁場擾乱による拡散は考えにくく、太陽磁気圏境界における銀河異方性そのものが日変化に現われて来るものと考えられる。

即ち、rigidity の観測領域が低い station では拡散に基づく異方性が示

され、これに対し地下の station では低 rigidity で支配的な異方性の影響が少なくなるものの、その効果は無視できないと思われる。そこで、高 rigidity の宇宙線が示す異方性と低 rigidity のそれとを独立な形で扱う解析が地下の太陽時日変化には必要と考えられる。

ここでは、とりえず地下の観測データ(D)に含まれる低 rigidity で支配的な拡散からの寄与(v)を推定し、それを基に前の報告で示された異常性について考えてみる。低 rigidity で支配的な異方性の推定には、今回、Neutron Monitor の観測データのみを用いた。

結果は下図に示してあるが、銀河異方性に加え、上層大気での気温効果と思われる影響を考慮する必要性がこれより指摘できる。



1960年—1990年の期間における各10年平均での summation-dial.  
●: Observe(D), ■: v, ▲: R = D - v.

南北両半球観測でみた宇宙線恒星時日変化の南北非対称性

● 宗像一起<sup>1)</sup>、安江新一<sup>1)</sup>、加藤千尋<sup>1)</sup>、森 覚<sup>1)</sup>、小山守一<sup>1)</sup>、赤羽重信<sup>2)</sup>、藤井善次郎<sup>3)</sup>、森下伊三男<sup>4)</sup>、J. E. Humble<sup>5)</sup>、A. G. Fenton<sup>5)</sup>、K. B. Fenton<sup>5)</sup>、M. A. Duldig<sup>6)</sup>

<sup>1)</sup>信州大、<sup>2)</sup>松本深志高、<sup>3)</sup>名大STE研、<sup>4)</sup>朝日大、<sup>5)</sup>タスマニア大、<sup>6)</sup>オーストラリア南極局

Two Hemisphere Observations of the North-South Sidereal Asymmetry at -1TeV

● K. Munakata<sup>1</sup>, S. Yasue<sup>1</sup>, C. Kato<sup>1</sup>, S. Mori<sup>1</sup>, M. Koyama<sup>1</sup>, S. Akahane<sup>2</sup>, Z. Fujii<sup>3</sup>, I. Morishita<sup>4</sup>, J. E. Humble<sup>5</sup>, A. G. Fenton<sup>5</sup>, K. B. Fenton<sup>5</sup> and M. L. Duldig<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Shinshu Univ., <sup>2</sup>Matsumoto Fukashi H.S., <sup>3</sup>STE-lab., <sup>4</sup>Asahi Univ., <sup>5</sup>Univ. of Tasmania, <sup>6</sup>Australian Antarctic Div.

A new underground muon telescope system installed at a depth of 154 mwe at Liapootah, central Tasmania, has been continuously monitoring cosmic ray intensity since December 1991. In two hemisphere observations, this telescope plays an important role as a conjugate station to Matsushiro in Japan, which has been operating at a similar depth (220mwe) since 1984. In this paper, we analyze data recorded at Liapootah during 10 months of 1992, to test the north-south asymmetry in the sidereal diurnal variation. We find that a significant sidereal variation (0.057±0.011%, 3.6±0.7hr) is observed by the vertical component telescope (median latitude of viewing λ<sub>E</sub> 36.2°S). The anti-sidereal diurnal variation is found to be small (0.017±0.011%, 14.6±2.5hr) indicating that the sidereal variation cannot be regarded as a spurious one produced by annual modulation of the solar diurnal variation. Comparison with the average sidereal variation (0.026±0.004%, 3.0±0.5hr) observed by Matsushiro (λ<sub>E</sub> 34.5°N) during the last 8 years confirms the existence of a north-south asymmetry in which the amplitude of the variation increases as the median direction of viewing moves southward over the equator. This is the first positive result indicating the north-south sidereal asymmetry by bi-hemisphere observations.

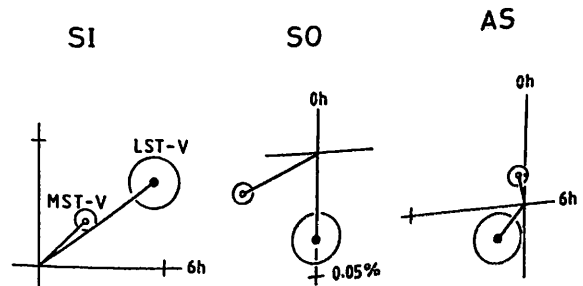


Fig.1: Harmonic Dials of the solar (SO), sidereal (SI) and anti-sidereal (AS) diurnal variations observed by the vertical telescopes at Liapootah (LST-V) and Matsushiro (MST-V). The error circles are deduced from the counting rates.

Telescope		LST-V	MST-V
Sidereal(SI)	amp.(%)	0.057±0.011	0.026±0.004
	phase(h)	3.6±0.7	3.0±0.5
Solar(SO)	amp.(%)	0.035±0.011	0.035±0.004
	phase(h)	12.0±1.2	16.3±0.4
Anti-sidereal(AS)	amp.(%)	0.017±0.011	0.012±0.004
	phase(h)	14.6±2.5	23.1±1.2

TABLE 1: The average diurnal variations observed by the vertical telescopes at Liapootah during 10 months between January and December 1992, together with the averages observed by the vertical telescopes at Matsushiro for the 8 years 1984 to 1992. The errors are deduced from the counting rates.

C会場

10月12日(火) 午後

# 岩石磁気・古地磁気・ 海洋磁気異常

## Rock magnetism, Paleomagnetism & Marine Magnetic Anomaly

oral: C12-01~16

poster: C12-P1-01~08

座長

鳥居雅之 (京大理)

林田 明 (同志社大工)

C12-01

堆積岩の自然残留磁化の  
粒子サイズ依存性

米澤隆文 (神戸大理)

森永速男 (姫路工大)、安川克己 (神戸大理)

Grain-size dependence of natural remanent magnetization  
of sedimentary rocks

Takafumi YONEZAWA (Fac. Sci., Kobe Univ.)

Hayao MORINAGA (Fac. Sci., Himeji Inst.Tech.)

Katsumi, YASKAWA (Fac. Sci., Kobe Univ.)

We collected paleomagnetic samples from one turbidite unit, which is assumed to have been deposited for a short term. The following results were obtained on the basis of paleomagnetic measurements and grain-size analysis for the samples: (1) Some rock-magnetic parameters depend on the grain size of the samples. (2) Especially, the precision of characteristic directions is greatly different between mudstones and sandstones. The scatter of directions for mudstones is smaller than that for sandstones.

我々は、特に堆積岩の粒子サイズに注目して、自然残留磁化方向のばらつきや、磁気的安定性を以下の手順で検討した。

(1) 古地磁気試料採取は大阪府泉南市の採石場で行った。試料は、和泉層群中のよく級化している一枚のタービダイト層より採取した。エンジンドリルを用いてタービダイト層の上部(泥質岩)から下部(礫質岩)にかけて、円柱試料を32個、上部よりブロック試料を3個定方位で採取した。我々は、これらの試料が一枚のタービダイト層中のものであることから、地質学的には同時期に磁化を獲得したと考えた。

(2) 実験室で、円柱状試料を高さ約2.5cmに整形した。ブロック試料からは同形の試料を8個取り出した。残留磁化の安定性を調べるためにそれぞれの試料に対し500度までの段階熱消磁を施し、超伝導磁力計を用いて残留磁化を測定した。さらにこれらの測定値を用いてKirschvink(1980)の主成分分析により特徴的方向を取り出した。

(3) 試料の粒子サイズを決定するためにタービダイト層の上部(泥質岩)、

中部(砂質岩)、下部(礫質岩)の代表的試料の岩石薄片を作り顕微鏡で観察した。

以上の結果、粒子サイズの違いに依存して種々の岩石磁気学的パラメータや残留磁化の特徴に差があることがわかった。特に、特徴的方向のばらつき程度は、タービダイト層の上部より22.5cmを境に変化する。この境界は、泥質岩と砂質岩の境とほぼ一致する。すなわち、粒子サイズのより大きい砂質岩の残留磁化方向が泥質岩の残留磁化方向より集中度が落ちる傾向がある (Figure 1)。

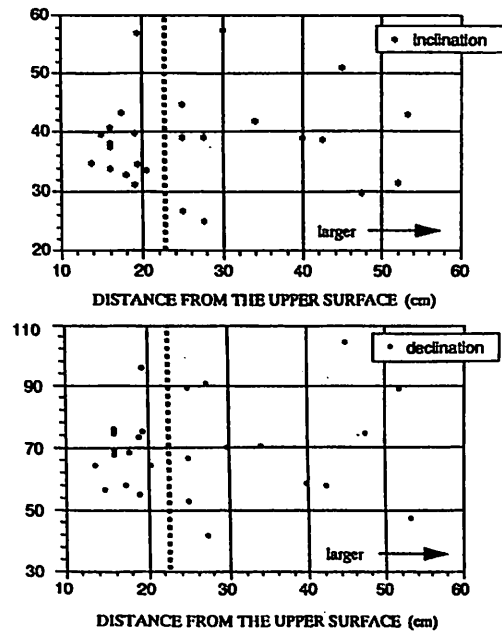


Figure 1 Variation of paleomagnetic directions (declinations and inclinations) against distance from the upper surface of the investigated turbidite unit.

C12-02

14世紀の断層池堆積物に認められる堆積後残留磁化  
- 柳ヶ瀬断層の最新活動層準直上層の古地磁気年代 -

伊藤 孝 (株)ダイヤコンサルタント)

Post-depositional remanent magnetization recognized in the fault pond deposits of the 14th century

- Palaeomagnetic age of the deposits overlying the latest faulting-event horizon of the Yanagase Fault, central Japan -

Takashi ITO (DIA Consultants Co.)

In order to determine the age of the SI deposits overlying the latest faulting-event horizon of the Yanagase Fault, palaeomagnetic measurements were made on silt and clay samples collected from the SI deposits. A reliable palaeomagnetic direction was obtained ( $D=0.9^\circ$ ,  $I=+42.9^\circ$ ,  $\alpha_{95}=4.2^\circ$ ). Referring to the archaeomagnetic study (Hirooka, 1977), this direction indicates about 1420 A.D..

However, the  $^{14}C$  ages of the plant remains collected from the SI deposits are 1340 A.D. to 1364 A.D. (Sugiyama et al., 1993). The difference between the palaeomagnetic and  $^{14}C$  ages ranges 60 to 80 years, which is probably ascribed to post depositional remanent magnetization.

1. はじめに

1992年11月上旬に、柳ヶ瀬断層のトレンチ調査が滋賀県余呉町 ( $35^\circ 36' N$ ,  $136^\circ 11' E$ ) において実施され、同断層の活動に伴い形成された凹地の堆積物と判断される S1 層が確認された (杉山ほか: 1993)。本研究は、古地磁気学的手法により S1 層の堆積年代を求めることを目的として行った。

2. 試料の採取および測定

測定用試料は、S1 層の中でシルト質細砂層、シルト層および粘土層から採取した。試料採取には一辺が 24mm のプラスチックキューブケースを用いた。測定は、新妻・小山 (1989) と同型の交流消磁装置一体型のスピナー磁力計を使用した。段階交流消磁は、NRM 測定後、2~4mT おきに最大 24 ないし 31mT まで行なった。

3. 測定結果

残留磁気方向について、まず層相および層準区分による統計処理を行なったが有為な差は認められなかった。次いで全試料による統計処理を行った。6mT 段階交流消磁後の残留磁気方向は、23 試料の平均で  $D=0.9^\circ$ ,  $I=+42.9^\circ$

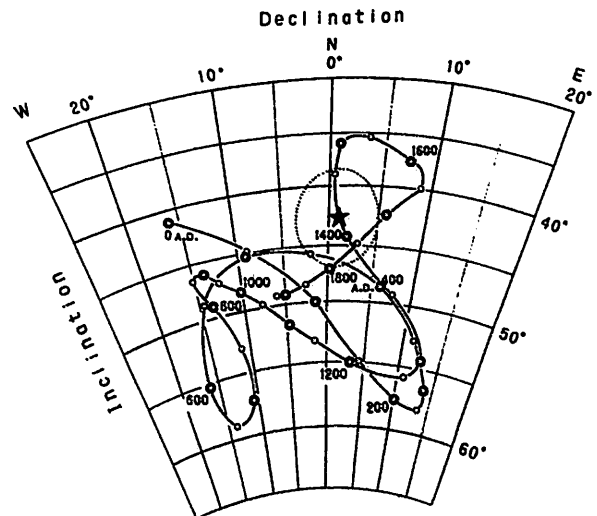
( $\alpha_{95}=4.2^\circ$ ) を示し、現在の地球磁場方向とは有意に異なる。

4. S1 層の古地磁気年代および  $^{14}C$  年代の比較

S1 層が NRM を獲得した年代は、広岡 (1977) の過去 2000 年の地磁気永年変化図からは、西暦 1420 年頃が最も可能性が高い。

一方、植物遺体の  $^{14}C$  年代から求めた S1 層の堆積年代は西暦 1340~1364 年 (標準偏差約 50 年) であり (杉山ほか: 1993)、同層が NRM を獲得した年代より約 60~80 年古い。

この約 60~80 年の差は、上位の砂礫層が短期間に堆積することなどにより、S1 層の圧密作用が進行する過程で、同層が NRM を獲得するまでの期間を示しているものと考えられる。



第1図 S1 堆積物の残留磁気方向が示す古地磁気年代・広岡 (1977) の過去 2000 年の地磁気永年変化図に加筆。★は S1 層の残留磁気方向をあらわす。点の円は  $\alpha_{95}$  の信頼円をあらわす。  $D=0.9^\circ$ ,  $I=+42.9^\circ$  ( $\alpha_{95}=4.2^\circ$ )

C12-03

VSM(振動型磁力計)によるヒステリシス

ス曲線から得た東南極スカルプスネス産の片麻岩類の磁氣的異方性について

・ 中井睦美(総合研究大学院大学・国立極地研究所)・船木 實(国立極地研究所)

The magnetic anisotropy obtained from hysteresis curve by a VSM for the gneissic rocks from Skarvsnes, East Antarctica.

\*Mutsumi NAKAI (Department of Polar Science, The Graduate University for Advanced Studies), Minoru FUNAKI (National Institute of Polar Research)

Three magnetic properties,  $I_R$  (saturation isothermal remanent magnetization),  $H_C$  (coercive force) and  $X_{diff}$  (differential susceptibility), were obtained from hysteresis curves measured by a VSM. These magnetic properties of gneissic rocks from Skarvsnes have anisotropy. Especially, the anisotropy of  $H_C$  shows clear but the anisotropic ellipsoids of these magnetic properties are not always similar.

変成岩地域から古地磁気データを得る時には、岩石中の磁性鉱物の並びを無視することはできない。粒子の並びについての磁氣的解析についてはAMS (Anisotropy of magnetic susceptibility)を使うのが一般的であるが、IRM

の異方性も有効であるという報告 (STEPHENSON *et al.*, 1986) もある。そこで、同じ物理的条件で、何種類かの磁気特性が読み取れるというヒステリシス曲線の特徴を生かして、VSM (振動型磁力計) を使っての磁気特性の異方性の測定を試みてきた (NAKAI *et al.*, 1992, 中井・船木, 1993)。

スカルプスネスの片麻岩類についても、 $I_R$  (飽和等温残留磁化)、 $H_C$  (保磁力)、 $X_{diff}$  (磁気モーメントが0付近の時の微分磁化率で初期帯磁率に近い量) について、磁氣的異方性について検討したところ、特に $I_R$  と  $H_C$  についてはNRMの方位と異方性の最大軸方向には関連があることがわかった。また、磁気特性の値の異方性を表わす楕円体について計算したところ、3つの磁気特性のなかでも $H_C$  が一番明確な異方性をもつことがわかった。しかも、ひとつの試料について同一の物理条件で測定したはずの3つの磁気特性は、それぞれ違う方向の異方性の最大軸をもつこともあり、異方性の楕円体の形も必ずしも似た形を示さない。これら岩石中における3つの磁気特性の異方性についての相互の関連は、試料によってかなり差がある。従って、これらの磁気特性の異方性の原因となっている粒子は、それぞれ別のものである可能性がある。

今後の課題として、人工的に磁性鉱物の種類や粒子の大きさ等の条件をそろえた試料についての測定や、片麻岩以外の粒子配列のある岩石や、粒子配列のほとんどない均質な岩石についてのVSMによる測定を試みて、それぞれの磁気特性の原因となる粒子の配列等について検討していきたい。

C12-04

太平洋pelagic clay における2.5Ma以降の磁性鉱物粒径の増加

山崎俊嗣 (地質調査所海洋地質部)

Increase in Magnetic Grain-Size Since 2.5Ma Recorded in Pacific Pelagic Clay

Toshitsugu YAMAZAKI (Geological Survey of Japan)

A paleomagnetic and rock-magnetic study was conducted on several pelagic (red) clay cores from the Pacific along 20°N. It was revealed that magnetic grain-size has increased since about 2.5Ma. This may be in close relation to the global paleoclimatic deterioration at 2.5Ma. For clarifying this link, it is necessary to know the relative importance of the possible sources of the magnetic minerals, eolian, biogenic, and authigenic.

Pelagic clay (red clay)は、堆積速度が極めて遅いこと、石灰質及び珪質の微化石を全く含まず古地磁気以外に年代決定の手段がないことなどから、古海洋学的研究の対象となることは少なかった。しかし、pelagic clayは太平洋の深海底堆積物の代表的岩相のひとつであり、岩石磁気学的手法により古環境変化に関する情報が得られれば、地球規模環境変化に関する研究の進歩に貢献できるであろう。

白嶺丸NH91-1航海では、典型的なpelagic clayの分布域の北緯20度線上から数本のコアを採取した。これらの自然残留磁化及び、帯磁率、ARM、IRM等の岩石磁氣的性質を測定した。代表的な測定例を図に示す。帯磁率周波数依存性及び、帯磁率/ARM比は、ガウス/松山境界付近、約2.5Ma以降に磁性鉱物の平均的粒径が増加することを示す。他のコアでも、堆積速度が異なるにもかかわらず同様の現象が見られた。従って、深さではなく年代に依存した現象である。

2.5Maという年代は、地球環境変化史の上で重要なポイントである。この時期より地球の気候が寒冷化し、北極氷床が発達して氷期・間氷期サイクルが明瞭となり、大気循環が強化された。Pelagic clay

分布域ではeolian dustの供給量及び粒径の増加が知られている。上記の磁性鉱物粒径の変化も、この地球環境変化に関連していると考えられる。Pelagic clayの磁性鉱物の起源は必ずしも明かではないが、eolianとすれば、大気循環の強化により運搬される磁性鉱物の粒径が増加したと考えられる。Biogenicあるいはauthigenicとすれば、深海環境の変化による続成作用の変化の可能性を検討する必要がある。

なお、本研究は新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の事業で(株)関西環境総合センターに委託して実施している「海洋中の炭素循環メカニズムの調査研究」の成果の一部である。

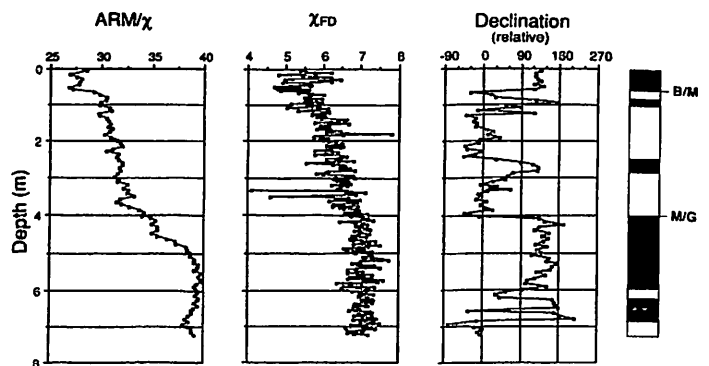


Figure 1. Magnetic properties of a pelagic-clay core from the Pacific (NP21: 20°00'N, 172°34.5'E). Magnetic polarity (right column), declination of NRM, frequency dependence of magnetic susceptibility, and the ratio of ARM and susceptibility (left).

## 北西太平洋の海山の 古地磁気学的研究 (その2)

中西正男 (東大海洋研)

J. S. Gee (ラモント・ドハーティ地質学研究所) ·  
ODP第144次航海乗船研究者一同

### Paleomagnetic Studies of the Northwestern Pacific Guyots (Part2)

M. Nakanishi (Ocean Research Institute, Univ. of Tokyo),  
J. S. Gee (Lamont-Doherty Geological Observatory),  
and Scientific Party ODP Leg 144

Land-based paleomagnetic studies of discrete volcanic samples from ODP Leg 144 have focused on recognition of the paleolatitudes of the northwestern Pacific guyots. The results of our land-based paleomagnetic measurements by alternating field demagnetization are consistent in those of shipboard measurements. We also conducted thermal demagnetization. Paleomagnetic directions in some samples were poor stability above 350°C demagnetization, but the other samples showed essentially stable directions after heating to 580°C.

国際深海計画 (ODP) 第144次航海で西太平洋の5つの海山 (ギョー) で掘削が行われた (Ocean Drilling Program Leg 144 Shipboard Scientific Party, 1993)。船上での古地磁気測定の結果は昨年秋の地球電磁気・地球惑星圏学会やアメリカ地球物理連合 (AGU) の学会で公表した (中西他, 1993; Nakanishi et al., 1993)。その後、火成岩については船上では超伝導磁力計を用いていたが、陸上ではスピナー磁力計を用いて測定を行った。その際の消磁方法として交流消磁・熱消磁を用いた。交流消磁だけでなく熱消磁を用いた理由は、陸上では海山の古緯度をより正確に求めるためだけでなく、岩石の中に含まれる磁性鉱物を研究するためである。また、海中で噴出した火成岩が受けた変質作用を研究するために顕微鏡観察も合わせて行った。火成岩以外のサンプル (炭酸塩岩) は残留磁化の強さが弱いので神戸大学、国立極地研究所の超伝導磁力計を用いて古地磁気測定を行った。消磁方法は交流消磁を用いた。

陸上での火成岩の交流消磁による測定結果は船上での測定結果と矛盾しないものであった。しかし、それぞれのサイトで伏角が幾分浅くなる傾向が見られた。そのため、伏角から求められる古緯度の結果も船上の測定結果だけのものより僅かながら低い結果が得られた。Hole 878A (MITギョー) の基盤に相当する火成岩の上部の伏角は負の値を示し、南半球の正帯磁と考えられるが、下部では伏角が正の値を示し逆帯磁と考えられる。火成岩の放射性年代から、この火成岩は白亜紀の磁気静穏期以前 (約122 Ma) であることが判明しているため、この逆帯磁は白亜期前期の地磁気の逆転期 (例えば、M1) に相当すると考えられる。

熱消磁による測定によって得られた測定結果は交流消磁による測定結果を追認するものであった。Site 871 (Limalokギョー) の10個の試料を熱消磁した。そのうち3つの試料は570°C付近まで熱消磁をおこなっても安定な磁化方位を得られた。しかし、それ以外の試料は350°Cあるいは400°C以上になると磁化方位が安定しなくなる。このような試料の帯磁率が400°C付近で大きく変化した。

Hole 878Aの火山性砕屑物と火成岩の間に位置する炭酸塩岩層 (Aptian初期) から得られた試料は船上での15 mTまで交流消磁を行った結果逆帯磁であった。それを確かめるために陸上で90 mTまで交流消磁を行った。4つの試料を測定したが、そのうち2つの試料でその方向は船上で予測された逆帯磁であることが判明した。伏角はその下位に位置する火成岩より浅い。

本講演では火成岩の陸上での測定結果を中心に報告する。

### 引用文献

- Nakanishi, M., J. S. Gee, and Scientific Party ODP Leg 144, Paleolatitude of guyots in the northwestern Pacific Ocean: preliminary results of ODP Leg 144, *EOS Trans. AGU*, 73, 586-587, 1992.
- 中西正男・J. S. Gee・ODP第144次航海乗船研究者一同、北西太平洋の海山の古地磁気学的研究 (その1) - 深海掘削計画 (ODP) 第144次航海の成果 - 第92回地球電磁気・地球惑星圏学会講演予稿集, C12-02, 1992.
- Ocean Drilling Program Leg 144 Shipboard Scientific Party, Insight on the formation of Pacific guyots from ODP Leg 144, *EOS Trans. AGU*, 74, 358-366, 1993.

## マリアナトラフの拡大軸方向にみられる 地磁気三成分異常の大きさ変化

鳥 伸和 (東京大学地震研究所)

### Intensity variations in the vector geomagnetic anomaly field along Mariana Trough spreading axes Nobukazu Seama

Earthquake Research Institute, University of Tokyo  
Email: seama@jim-sun.eri.u-tokyo.ac.jp

Vector geomagnetic survey along the 100-km length of Mariana Trough shows along-axis intensity variations in the vector geomagnetic anomaly field. This along-axis intensity variation can be explained as (1) a variation in the magnetized layer thickness, which is probably strongly dependent on different thermal gradient variations under the spreading axis (high thermal gradient beneath segment center, and low thermal gradient at segment edges); (2) variations in layer magnetization intensity, which can result from hydrothermal alteration, mineralogical variations.

背弧海盆であるマリアナトラフの中軸を中心とする縦横約100km、50kmの海域で、STCM (Shipboard Three Component Magnetometer<sup>1</sup>) とプロトン磁力計を用いた地磁気の精査 (全長1700km) を白鳳丸 KH92-1 航海<sup>2</sup> Leg.1 で、46時間かけて行った。1秒ごとのSTCMのデータセットに、船体による磁場の影響補正を施し、地球座標に変換をした後に、適当なフィルタを使って、1分間隔の地磁気三成分のデータを得る。さらに標準磁場 (IGRF90<sup>3</sup>) を使うことで地磁気三成分異常が得られた (Fig. 1a,b)。

マリアナトラフの地磁気三成分異常及びMBSD (Magnetic Boundary Strike Diagram<sup>4</sup>; Fig. 1c) は、マリアナトラフは海洋底拡大と同じプロセスでできたことを強く支持している。また、正帯磁している地域 (Fig. 1cの斜線: Brunhes期、0-0.74Ma) の幅 (19-24km) から、現在 (Brunhes期) の拡大速度は13-17mm/yr (Half spreading rate) となる。

Fig. 1a,bに明かなように、地磁気三成分異常の大きさは、マリアナトラフの拡大軸方向 (N15°W) に変化している。この拡大軸に沿っての地形変化は小さく (<900m)、基盤が露出している (堆積物がほとんどない) ことから、地磁気三

成分異常の大きさの変化は、磁化層の厚さの変化もしくは磁化強度の変化によるものと考えられる。磁化層の厚さは、単純に考えると、拡大軸下の平均的な温度勾配を反映しているといえる。すなわち、その厚さが薄いと温度勾配が大きく、厚くなると温度勾配が小さくなる。磁化強度の変化には、(1) 高温熱水活動による影響、(2) 磁化を担っている物質の違いなどの可能性が考えられる。

マリアナトラフでみられる拡大軸に沿った地磁気三成分異常の大きさ変化が、磁化層の厚さの変化によるものなのか、もしくは磁化強度の変化によるものなのかは今のところ区別できていない。もしこの区別ができれば、平均的な温度勾配、高温熱水活動の活動度または物質の違いを推測するということにつながる。いずれにしても、地磁気三成分異常の大きさ変化が拡大軸下の熱的構造を反映しているのは明らかであり、地殻熱流量が割りにくく熱水活動が活発である中央海嶺の観測では、このような手法が今後有効になると考えられる。

### 参考文献

1. Isezaki, N.: *Geophysics*, 51, 1992-1998, 1986.
2. Segawa, J. ed.: Preliminary report of the Hakuho-maru cruise KH92-1 (in press)
3. IAGA Division V Working Group 8 (R. A. Langel, Chairman): *J. Geomag. Geoelectr.*, 43, 1007-1012, 1991.
4. Seama, N., Y. Nogi, and N. Isezaki: *Geophys. J. Int.*, 113, 155-164, 1993.

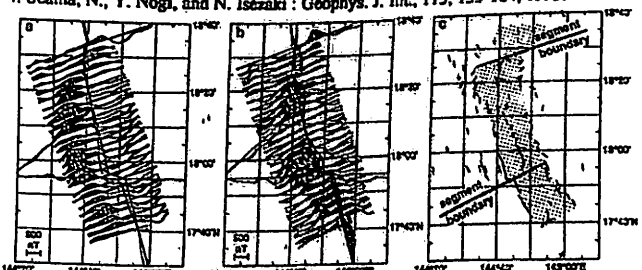


Fig. 1. (a) Profiles of the horizontal component (N75°E; perpendicular to the spreading axis) of the magnetic field anomaly along the ship's track. Positive values are shaded. (b) Profiles of the vertical component of the magnetic field anomaly. Positive values roughly correspond to zones of normally-magnetized crust. These profiles document the existence of magnetic anomaly lineations. (c) MBSD<sup>4</sup> which shows that the Brunhes (normal magnetization, hatched area) - Matuyama boundary strikes N15°W parallel to the axis.

C12-07

### 古地磁気方位による広域テフラの対比 — 中部九州, 近畿, そして房総半島 —

◦林田 明 (同志社大)・鎌田浩毅 (地質調査所近畿センター)  
・檀原 徹 (京都フィッション・トラック)

Correlation of wide-spread tephra based on paleomagnetic directions  
— Central Kyushu, Kinki, and the Boso Peninsula —

Akira Hayashida (*Doshisha University*), Hiroki Kamata (*Geological Survey of Japan, Osaka*) and Tohru Danhara (*Kyoto Fission-Track Co., Ltd.*)

The O7 and Ku6C volcanic ashes of the Kazusa Group in the Boso Peninsula have paleomagnetic directions consistent with the Yabakei and the Imaichi pyroclastic-flow deposits in central Kyushu, respectively, as well as the Pink and Azuki volcanic ashes of the Osaka Group. Implying the acquisition of TRM and DRM within a short period in relation to paleomagnetic secular variation, this result confirms the correlation of the wide-spread tephra and the source pyroclastic-flow deposits.

火山地域で溶岩または火砕流の獲得する熱残留磁化と、それにもなって噴出・堆積した火山灰が各地で獲得する堆積残留磁化とは、その極性が同一であるばかりでなく、古地磁気経年変化の記録としても一致した方位を示すものと期待される (たとえば Reynolds, 1979)。われわれは、層序・年代・構成鉱物・屈折率などの資料 (檀原ほか, 1992; 鎌田ほか, 1992) によって対比されていた大阪層群のピンク火山灰と中部九州の耶馬溪火砕流 (ハラミオ・サブクロン), およびアズキ火山灰と今市火砕流 (マツヤマ・クロン後期)

の古地磁気方位が、それぞれよく一致することを見いだした (林田ほか, 1993 年地球惑星科学連合学会)。今回は、房総半島の上総層群の火山灰層のうち、耶馬溪火砕流・ピンク火山灰に対比される O7 火山灰, および今市火砕流・アズキ火山灰に対比される Ku6C 火山灰の残留磁化を測定し、これらの対比の検討をおこなった。その結果、耶馬溪火砕流と今市火砕流を起源とする広域テフラの対比をより確実なものし、第四紀層序学上の知見を得ることができた。

交流消磁の前に O7 火山灰と Ku6C 火山灰の磁化強度は、どちらも  $1 \times 10^2$  A/m 程度であった。これは大阪層群のアズキ火山灰・ピンク火山灰と同様であり、中部九州の今市火砕流・耶馬溪火砕流のほぼ 1/100 の強度である。両者の磁化は交流消磁に対して安定であり、ともに初生磁化と考えられる磁化成分が見いだされた。O7 火山灰は正帯磁で浅い伏角を持ち、Ku6C 火山灰はやや東に偏った逆極性の磁化方位を示す。これらは、耶馬溪火砕流・ピンク火山灰, および今市火砕流・アズキ火山灰の磁化方位とよく一致し、経年変化を考慮した上でもそれぞれ同時期に磁化を獲得したものと考えられる。

中部九州の耶馬溪火砕流からは  $0.99 \pm 0.03$  Ma の K-Ar 年代が、大阪層群のピンク火山灰からは  $1.00 \pm 0.08$  Ma のフィッション・トラック年代が得られている。したがって、O7 火山灰の含まれる上総層群の大田代層上部から梅ヶ瀬層下部にかけての正帯磁帯 (BO-B-1 正磁極亜帯; 新妻, 1976) がハラミオ・サブクロン (0.99 - 1.07 Ma; Shackleton et al., 1990) に相当することが確かめられたことになる。また、上総層群の酸素同位体データは BO-B-1 正磁極亜帯の下部が間氷期に当たること示している。このことから、大阪層群のピンク火山灰層下位に存在する Ma 1 海成粘土層は、間氷期ステージ 3 1 に形成されたことが示唆される。

C12-08

### 始良火山灰の残留磁化

中島正志・藤井純子  
(福井大学教育学部)

#### Remanent Magnetization of the Aira-Tn ash

Tadashi NAKAJIMA・Junko FUJII  
(Faculty of Education, Fukui University)

Paleomagnetic measurements have been carried out on the Aira-Tn ash (AT) derived from Aira caldera in Kagoshima Prefecture, Kyushu. AT is exposed in a widespread area of Japanese islands, forming the important time-marker in the upper Quaternary sequences (Machida and Arai, 1976). The eruption age of AT was determined to be  $24,720 \pm 290$  y.B.P. with radiocarbon dating by Matsumoto *et al.* (1987).

Paleomagnetic samples were collected from ten sites in Miyazaki Pref., Shimane Pref., Okayama Pref., and Fukui Pref. These samples have stable remanent magnetizations with respect to the progressive alternating field cleaning up to 40 mT. The VGP's obtained from different sites agree well with one another (Long. =  $101^\circ$ W, Lat. =  $76^\circ$ N,  $A_{95} = 2.4^\circ$ ). It means that their remanent magnetizations were acquired under the same geomagnetic dipole field in about 25,000 y.B.P.

歴史時代や先史時代の日本列島の地球磁場の様子は、考古学遺跡の焼土 (中島・夏原, 1981 など) や堆積物のボーリング・コア (Nakajima & Kawai, 1973 など) の残留磁化測定によって解明されてきた。しかし、これら既報の大多数は、ある限られた地域内の地磁気経年変化を明らかにしたもので、同時期面の

日本列島における地磁気分布についてはほとんど言及されていない。

最近、九州地方と近畿地方では歴史時代の地磁気経年変化の様子が異なる可能性が指摘され (広岡, 1982; 中島ほか, 1989 など)、それぞれの地方ごとに経年変化曲線を作成することが考古地磁気年代推定にとって重要な課題となっている。いくつかの異なる地域での経年変化曲線が得られると、結果として、各時代の地磁気分布図 (磁気図) が作成できる。いろいろな時代の磁気図が完成すると、単に年代推定の精度を高められるだけでなく、非双極子成分の移動など地球磁場の性質そのものについての重要な情報が得られることになる。

歴史時代については、年代を正確に知ることのできる遺跡での考古地磁気測定結果が蓄積されることによって、磁気図の作成は比較的容易であると思われる。しかし、先史時代については、一般には年代測定の誤差が地磁気変化の時間スケールよりも大きいため、同時期面を特定することが難しい。そこで、同時期面を示す鍵層として広域テフラを用い、その残留磁化を測定することにより、磁気図を作成することにした。その第一歩として、代表的広域テフラの1つである南九州始良カルデラ起源の始良 Tn 火山灰 (通称 AT: 町田・新井, 1976) を採取し、その残留磁化測定を行った。AT の噴出年代は約 2 万 5 千年前である。

島根県、岡山県、福井県の 7 地点からの AT と、宮崎県の 3 地点で採取した始良火山入戸軽石流堆積物の溶結凝灰岩の測定を行った。いずれも段階交流消磁に対して非常に安定で、 $10^\circ \sim 15^\circ$  の東偏を特徴とする。各地点の測定結果から求めた VGP はほぼ同じである (平均 VGP: Long. =  $101^\circ$ W, Lat. =  $76^\circ$ N,  $A_{95} = 2.4^\circ$ )。これらのことから、すくなくとも AT の残留磁化は、それが噴出した時代の地球磁場の指標として信頼できるものと考えられる。今後さらに多数の地域の AT を測定することにより、2 万 5 千年前の日本列島における磁気図を作成する。

また、最近、福井県内の数地点で広域テフラの 1 つである大山倉吉テフラ (DKP) が見つかった。これらの DKP についての残留磁化測定結果もあわせて報告する。DKP の噴出年代は約 5 万年前である。

C12-09

高森遺跡で発見された更新世中期の地磁気逆転  
 廣岡公夫、森定 尚、常川ゆかり、宮澤 誠(富山大・理)  
 山田弘弘(東北歴史資料館)

Geomagnetic Reversals of the Middle Pleistocene Found  
 at the Takamori Paleolithic Site  
 K. HIROOKA, T. MORISADA, Y. TUNEKAWA, H. MIYAZAWA (Toyoama Univ.)  
 and A. YAMADA (Tohoku Historical Museum)

Four Geomagnetic reversals are found at 4 horizons in the Takamori Paleolithic Site, in the Miyagi Prefecture. There found 17 tephra layers (Ta-1 to Ta-17) in the middle Pleistocene sedimentary sequence of the site. Reversals are at horizons of Ta-1 (6.5 m depth), Ta-7 (5 m depth), Ta-10 (4 m depth) and Ta-15 (3 m depth). The estimated ages of these reversals are 470 ka, 420 ka, 410 ka and 370 ka respectively. Variations of about 20° in both declination and inclination are recognized. The estimated period of the variations might be around 40 to 50 ka.

宮城県築前町の高森遺跡では約30万年前頃ではないかと推定される下山里火砕流(早田, 1989; 鎌田, 1991)の更に8 m下の地層から石器が発見されており、更新世中期の早い時期に既に日本列島に人がいたことがほぼ確実となった。高森遺跡の古地磁気層序の研究は、最下位の高清水層相当層、その上に重なる17枚の高森火山灰層、そしてそれらを下山里火砕流が不整合に覆う厚さ 8.5 m の露頭があるD地点で行われた。1991年に総計49層(層番号 MQ0~MQ8, MQ10~MQ37, MQ40~MQ51)で試料を採取し、磁化測定をした結果、4層で逆転磁化が見つかった。1992年には、それぞれの地磁気逆転の特徴、すなわち、これらの逆転の途中経過を明らかにすることを目的として、逆転残留磁化を示す4層を中心にして、それらの上下の地層を間隔を密にして、30層( MQ55~MQ61, MQ68~MQ72, MQ79~MQ88, MQ93~MQ100)で詳細なサンプリングを行った。これら総計79層の磁気測定結果を報告する。サンプリングが行われた高森遺跡D地点では、詳しい火山灰層序学的研究

がなされていて(早田・八木, 1991)、この露頭の最下位の湖成堆積物である高清水層と、最上位の下山里火砕流の間にある17枚のテフラの層は、下位から高森第1テフラ (Ta-1)、第2テフラ (Ta-2) ~第17テフラ (Ta-17) と番号がつけられている。

中期更新世に属する約 8.5 m の厚さの地層中で、逆転残留磁化が見いだされた層は、Ta-1, Ta-7, Ta-10, Ta-15の4層であった。1992年のサンプリングは、Ta-1付近で7層(層番号 MQ55~MQ61)、Ta-7で5層(MQ 68~MQ72)、Ta-10で10層(MQ79~MQ88)、Ta-15で8層(MQ93~MQ100)である。1、2の層を除いて、各層10個ずつの試料を得ているので、試料総数は800個に迫る。測定の結果、最上位から約 3m (Ta-15)、4 m (Ta-10)、5 m (Ta-7)、6.5 m (Ta-1)の4層で偏角、伏角ともに反転している。Ta-10の層以外は逆転磁化を示すのはテフラの層のみで、その上位や下位の粘土層は正帯磁になるので、地磁気の逆転は非常に短期間のものであったことが窺える。

また、特に伏角に、2 mほどの間隔で30°近い周期的変動が認められる。偏角にも伏角ほどではないが同様の変動が見える。

最下位付近の層は正帯磁を示しているため、少なくとも、73万年前以前の松山逆転期までには遡らない。30万年より古い中期更新世で、複数の報告がある地磁気逆転あるいはエクスカージョンを挙げれば、38万年前の Biva III、46万年前の Emperor、56万年前の Big Lost、62万年前の Delta がある。

このように中期更新世の前半と考えられる今回の高森遺跡の地層が堆積した時代に相当するものは4つあり、今回、高森遺跡で発見された4つの逆転がそれぞれにあたるかも知れない。そうすると、石器出土層が65万年前くらいとなるが、これでは、少し古すぎるくらいがあるので、仮に、この露頭の最上位を30万年、最下位を50万年とし、堆積速度が一定であったと仮定して年代を当てはめると、逆転磁化をしめす層は下位から、47万年、42万年、41万年、38万年前のものとなる。もし、これが正しいとすると、Ta-1の47万年前のものは Emperor event に、Ta-15の38万年前のものは Biva III event に対比される可能性が高い。さらに、この年代の見積りが正しいとすると、偏角・伏角に見られる2 m間隔の変動は、4~5万年の周期となる。

C12-10\*

Preliminary Paleomagnetic Study on Lake Sediments at  
 Yuanshan, Ilan, Northeastern Taiwan

Lee, Teh-Quei  
 Institute of earth Sciences, Academia Sinica, Taipei, Taiwan, R.O.C.

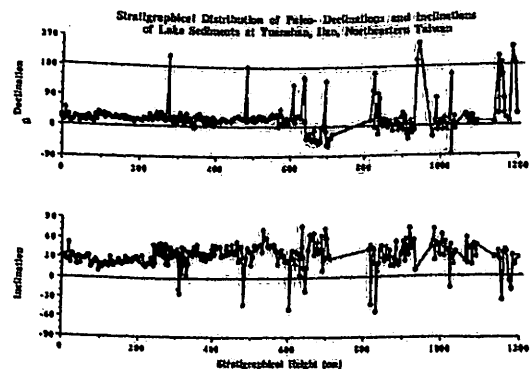
This study will present the first result analyzed from lake sediments in Taiwan. A total of 303 samples were collected from Yuanshan at Ilan. Distance between two adjacent samples is about 2-5 cm, and thermal demagnetization was employed for analyzing the characteristic directions of the samples.

Intensities of the natural remanent magnetization (NRM) seem to decrease stepwisely at the stratigraphic height higher than 450 cm, however variation of the correspondent magnetic susceptibilities showed a slight increase. This indicates that the decreasing paleointensities of NRM should not be due to different magnetic minerals contained in our samples. Instead, it might be an indicator for the existence of an excursion of geomagnetic field during the deposition of this lake. In addition, from the stratigraphical variation of paleo-declinations and VGP (Virtual Geomagnetic Pole) longitudes, it could be found that an abruptly change appeared at the height of about 620 cm. This might also support the existence of a geomagnetic excursion during the deposition time of the lake sediments.

If the record really pointed out an excursion of the earth magnetic field, then in considered with the pollen data (Liew, 1993) studied from the same area, this excursion might be assigned as the BIWA II event which has the age of about 295 kybp. In addition, the mean paleo-declination occurred before the

so-called excursion is about 20°. This might indicate a clockwise rotation of about 20° had happened here after the deposition of the sediments. Such rotation phenomenon is strongly related to the opening of the Okinawa Trough near Taiwan area and supports the opening was uni-direction: toward south only.

In addition, the variation patterns of paleo-declination and inclination at the lower part of this record did prove the existence of paleo-secular variation of the geomagnetic field and seems to support the existence of an excursion at the top part of it.





°三木雅子<sup>1</sup>、中村徳矢<sup>1</sup>、古川雅英<sup>2</sup>、乙藤洋一郎<sup>1</sup>、曹恕中<sup>3</sup>、黄致友<sup>3</sup>  
1 神戸大理 2 放医研 3 中央地質調査所 (中華民国)

Geomagnetic Paleosecular variation obtained from  
Plio-Pleistocene Tatun Volcanics in Taiwan

Masako Miki<sup>1</sup>, Tokuya Nakamura<sup>1</sup>, Masahide Furukawa<sup>2</sup>, Yo-ichiro Otofujii<sup>1</sup>, Shuhjong Tsao<sup>3</sup> and Tunyow Huang<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Fac. of Science, Kobe Univ. <sup>2</sup> National Institute of Radiological Science. <sup>3</sup> Central Geological Survey, R.O.C.

The geomagnetic secular variation in the Pacific is characterized by the Pacific dipole window. We made a paleomagnetic study on Plio-Pleistocene Tatun volcanics in Taiwan, in an attempt to determine the northwestward distribution of the Pacific dipole window.

Tatun Volcanic Group is located in northern end of Taiwan (Fig.1). It consists of about 20 volcanic cones. The volcanic rocks are composed mainly of tuff breccias, basalt and andesitic lava flows. K-Ar ages are assigned to be between 0.37 Ma and 2.56 Ma (Juang and Bellon, 1984). Oriented hand samples were collected from 20 sites for paleomagnetic study.

The stability of the magnetization was examined through progressive demagnetization experiments of both alternative field and thermal techniques (Fig.2). The principal component analysis of Kirschvink (1980) was used to calculate the best fit demagnetization lines for linear demagnetization trajectories.

Reliable paleomagnetic results were obtained from 16 sites in preliminary. All of the directions have normal polarity. The mean direction of 16 sites is  $D=4.5^\circ$  and  $I=44.7^\circ$  with an  $\alpha_{95}$  value of  $8.1^\circ$ .

The VGP position was calculated from the paleomagnetic direction of each site. The mean VGP position is  $84.9^\circ N$  and  $174.5^\circ E$  with an  $\alpha_{95}$  value of  $8.1^\circ$ . The angular dispersion value calculated from VGPs is  $17.1^\circ$  with an upper limit of  $22.5^\circ$  and a lower limit of  $13.8^\circ$ . These results indicate that the Pacific Dipole Window does not exist in Taiwan.

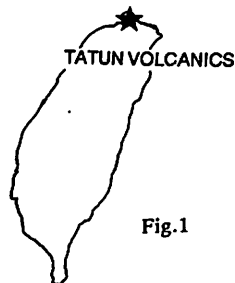


Fig.1

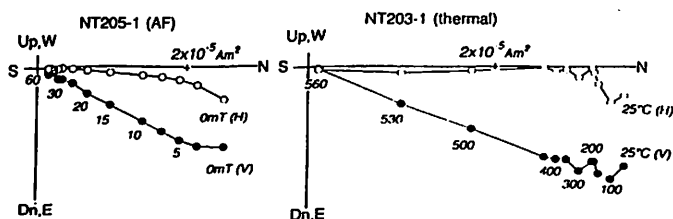


Fig.2 Examples of progressive Thermal and AF demagnetization.

兵頭政幸 (神戸大理)

Longitudinally Confined VGPs for the Geomagnetic Fields  
Since 3 Ma in Java

Masayuki Hyodo (Dept of Earth and Planetary Sciences, Kobe University)

Paleomagnetic fields from Gauss to Brunhes chrons have been obtained from sediments in Sangiran and Mojokerto, Java. Transitional fields during the Upper Olduvai reversal from Mojokerto show a VGP path confined to a band of longitude  $200^\circ E \pm 20^\circ$ . The longitude is almost antipodal to  $20^\circ E \pm 10^\circ$ , the band of longitude for a VGP path during an excursion just above the Olduvai sub-chron observed at both of Sangiran and Mojokerto. Paleomagnetic fields during the last 3 Ma include a lot of fields largely deflected from a geocentric axial dipole field, mainly during the geomagnetic polarity sub-chrons of Mammoth, Kaena, Olduvai and Jaramillo. Most of the VGPs cluster around a band of longitude in the Pacific which coincides with the longitude band of VGP path for the Upper Olduvai transition and is antipodal to the longitude band of VGPs for the Sangiran Excursion. These preferred longitude bands are almost perpendicular to those of transitional VGPs for many recent reversals from other sites on the globe. The geomagnetic fields in Java may have been governed by a long-lived stationary non-dipole field persisting for more than 1 million years.

VGPs in Gauss, Matuyama and Brunhes chrons

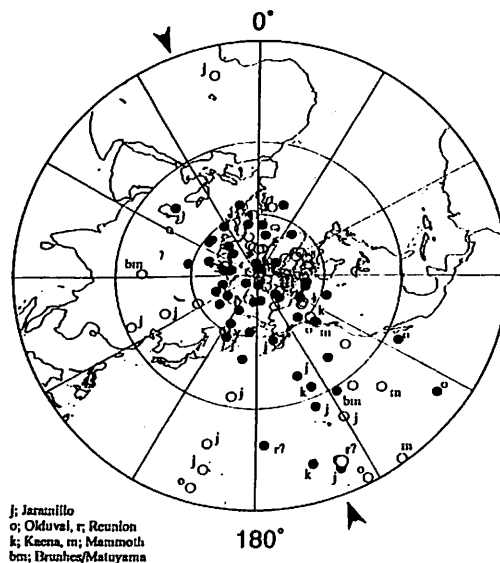


Fig.1 VGPs from horizon mean magnetizations in Gauss, Matuyama, and Brunhes chrons except those from the excursion and the transition fields. The arrows show the preferred longitude bands for the VGP paths of the excursion and the Upper Olduvai transition. The low latitude VGPs from fields during geomagnetic sub-chrons or around the Brunhes/Matuyama polarity boundary are marked by alphabetical letters; 'j' represents the Jaramillo sub-chron, 'o' the Olduvai sub-chron, 'r' the Réunion sub-chron, 'k' the Kaena sub-chron, 'm' the Mammoth sub-chron, and 'bm' the Brunhes/Matuyama boundary.

逆問題としての、古地磁気による大陸の復元 (III)

\*内村 英雄 ・ 河野 長  
(東工大理) (東大理)

Inverse problem of paleomagnetic reconstruction (III)

\*Hideo UCHIMURA <sup>(1)</sup> and Masaru KONO <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Dept. of Earth and Planet. Sci., Tokyo Inst. of Tech.

<sup>(2)</sup> Dept. of Earth and Planet. Phys., Univ. of Tokyo

At the last meeting, we concluded that inversion using the total slip as the penalty function will be useful for objective paleomagnetic reconstruction, based on the result of the case of the two-blocks problem. Next task to put the method to practical use are incorporation of the misfit and application to the multi-blocks problem. We obtained the trade-off curve between the misfit (eq.1) and the penalty (total slip), and obtained a solution allowing the misfit. However, it seems to be difficult to use the same scheme as the two-blocks problem to multi-blocks problem.

我々は、これまでの講演のように、大陸(ブロック)と球面との間のすべり量をペナルティとして用いることで任意性をできるだけ排除し、古地磁気データから過去の大陸位置を推定する試みを行ってきた。その際、モデルとして求めるのは全ブロックに共通な極移動曲線("common" polar wander path)である。また、これは古地磁気極-サイト-古地磁気方位の関係式からわかるように非線形の問題である。復元がよく知られている北大西洋、つまり北アメリカとヨーロッパの2体問題を中心に、これまでこの方法の有用性を探ってきたのであるが、2ブロックの場合でさえペナルティ(すべり量)最小化のプロセスが非常に非線形性が高

く、通常よく用いられる最急勾配法や共役勾配法による最小化では local minimum しか得られず、global minimum に達するためには simplex 法のスキームが必要であることがわかった。simplex 法を用いた反復計算は計算時間の面では非常に不利であるが、初期値によらずほぼ同一の解が得られる。また、それは期待されるモデルにほぼ一致するため、我々の方法は少なくとも北大西洋の復元には適用可能であることがわかった。

しかしながら、今後この方法を実用化するためには、(1) ミスフィットの導入、(2) 3以上のブロックの場合にも全く同じように適用できるのか、という問題がある。これまでではデータの誤差を無視してきたが、現実の古地磁気データは  $\alpha_{95}$  で表されるような誤差を伴っており、ミスフィットが無いとするやり方は不自然である。ミスフィットは次のように表すことができる。

$$S_1 = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \frac{(\cos^{-1}[\sin \Lambda_i \sin \Lambda_j + \cos \Lambda_i \cos \Lambda_j \cos(\Phi_j - \Phi_i)])^2}{w_{ij}^2} \quad (1)$$

$i, j$  は各ブロック、各年代を示し、分子は全ブロックに共通な極と個々のブロックから計算される極との角距離であり、分母は各々の古地磁気極の不確定さの相対的大きさを表す重みである。 $w_{ij}^2$  としては  $2/\kappa_{ij}$  とするのが適当と思われる。damping factor を変えてミスフィットとペナルティの線形和を最小化することによりトレードオフ曲線が得られ、適切なミスフィットに対応する解を得ることができた。(2) については現在も試行錯誤しているが、どうやら今までと全く同じスキームを3ブロック以上の場合にまで適用することは無理である可能性もある。

また、(1)(2) 両方にいえることだが、モデルの次元数にほぼ比例して計算時間が増す傾向があり、誤差を考慮した多数のブロックの場合など、より現実的で複雑な問題にこの手法を適用する場合、計算時間が実際に耐えないほど増加する可能性がある。モデルの実効的な次元数を小さくする何らかの方法が更に必要になる可能性がある。

古地磁気学から見た東南極-スリランカの関係

船木 實\* (極地研) 吉田 勝 (大阪市立大)

PALEOMAGNETIC RELATIONSHIP BETWEEN ANTARCTICA AND SRI LANKA

M. Funaki (National Institute of Polar Research)  
M. Yoshida (Osaka City University)

A total of 104 paleomagnetic samples were collected from 12 sites in Sri Lanka. The samples with stable NRM against AF and thermal demagnetization showed a VGP position at latitude 4.9°S, longitude 41.9°E. When the VGP is rotated based on the models of India-Antarctica and Sri Lanka-Antarctica reconstruction model, it is overlaid on the APWP of Gondwana at early Paleozoic. However, the VGP is apart from the APWP at that period, when it is rotated to India-Australia. Consequently, it can be concluded that Sri Lanka was connected with Antarctica in Gondwana.

1. はじめに  
 Gondwana内で、南極-インドの関係は必ずしも明確ではない。南極エンダービーランドにインド亜大陸が接続していたという説に対し、オーストラリアにインドが接続していたという説もある。我々は数年にわたってこの問題に取り組んできた。特にインドプレートの一部を成すスリランカ島は、昭和基地のあるリュツォホルム湾に接続していた可能性がある。今までに得られたスリランカの古地磁気学的データは、この可能性を指示しているが、サイト数、試料数が少なく、また消磁等の問題もあり、更なる研究を進める必要があった。今回、新たに12サイトから合計104試料が得られたので、その自然残留磁気(NRM)の性質を調べた。これらの岩石は片麻岩類、花崗岩それにチャノカイトで、ブロック状岩石から、実験室で直径2.5cm長さ2.5cmの測定試料を切り出した。なお、採集岩石はCOLOMBOの南南東30km地点の2サイト、及び KANDY の周辺10サイトから採集されたものである。

2. 実験結果  
 各サイトから3個の試料を任意に選び、段階交流消磁を50mTまで行ない、NRMの安定を調べた。その結果、3サイトの岩石のNRMは極めて不安定であった。残りの9サイトの岩石には安定なNRM成分の存在を確認した。この安定なNRM成分を持つ試料から、新たに3個の試料を選択し630°Cまで熱消磁を行った。この結果、各サイト毎に、安定なNRM成分のブロッキング温度が430°C付近にある試料(Group A)、530°C付近にある試料(Group B)、580°C付近にある試料(Group C)に分類できることが判明した。  
 これらの代表的な試料の消磁結果を基に、各サイト毎にGroup Aは280°、330°、430°Cで、Group Bは330°、430°、480°Cで、そしてGroup Cは430°、480°、530°Cで熱消磁をした。その結果、Group Cに属する試料は、各サイト毎に一定方向のNRMを持つが、Group AとGroup Bの試料からは意味ある磁化方位を得ることができなかった。Table1にGroup Cの最も  $\alpha_{95}$  の値が小さくなった時の熱消磁後のサイト平均の値を示す。

3. 考察

Group Cに属する試料は、全てKANDY周辺から採集された試料である。この付近の岩石の年代は多数報告されているが、若いものでは520-450Ma(Ma/Sr)が得られている。即ちこの付近の岩石は古生代初期にあった変成時の環境を記憶している可能性が高い。このブロッキング温度から、Group Cの岩石は冷却過程の500-580°Cに獲得され、magnetiteや磁石を担っていると考えられる。

Table1で  $\alpha_{95} < 10$  のVGPの平均値は古緯度(Lat)=4.9°S、古経度(Lon)=41.9°Eが得られる。このVGPを下記の3種のスリランカあるいはインドの回転モデルにしたがって、スリランカをゴンドワナに回転させる。

CASE 1: Saith and Hallan (1970) インド-南極 回転

(Lat=1°N, Lon=7.7°W,  $\omega=88.9^\circ$ ) → pLat=48.7°S, pLon=14.8°W

CASE 2: Funaki et al. (1990) スリランカ-南極

(Lat=5.3°S, Lon=23.8°E,  $\omega=100.5^\circ$ ) → pLat=23.1°S, pLon=20.4°E

CASE 3: Saith and Hallan (1970) インド-オーストラリア

(Lat=38.4°S, Lon=4.4°E,  $\omega=49.1^\circ$ ) → pLat=34.2°S, pLon=64.2°E

一般的なゴンドワナの極移動曲線が Thompson and Clark (1982) により報告されている。CASE 1-3のモデルにしたがってVGPを回転すると、CASE 1と2は古生代初期のAPWP付近に分布するが、CASE 3の場合はこれより大きく外れる。岩石年代とVGPの位置は、CASE 2のモデルでは妥当であるが、CASE 3では矛盾する。この結果、スリランカは南極のクイーンモードランドに接続しゴンドワナの一部を成していた可能性が大きいことを示し、オーストラリアとは直接関係なかったことを示している。

Table 1 Paleomagnetic results of group C in the sample from Sri Lanka

	SITE A	SITE B	SITE C	SITE D	SITE E	SITE F
Temp	480°C	480°C	480°C	480°C	480°C	530°C
N	9	7	11	14	4	5
I	68.8	81.8	58.0	64.0	57.2	72.7
D	247.5	319.9	235.3	270.3	261.4	265.4
K	75	29	47	320	28	199
$\alpha_{95}$	6	11.3	6.7	2.3	17.7	5.4
pLat	-7.6	19.1	-31.4	5.2	-2.4	3.5
pLon	45.6	-69.6	36.9	36	39	48.6

道東・北部地域の第三系の古地磁気

\*田中彰子・広岡公夫・森定 尚 (富山大・理) 福沢仁之 (北海道大・理)

Paleomagnetism of the Tertiary sedimentary rocks of the northern part of the East Hokkaido, Japan

Akiko TANAKA, Kimio HIROOKA and Tadashi MORISADA (Toyama Univ.)  
Hitoshi FUKUSAWA (Hokkaido Univ.)

Paleomagnetic study was carried out on the Tertiary sedimentary sequence distributing in the northern part of the East Hokkaido, Japan.

After appropriate thermal or AF demagnetization, reliable paleomagnetic directions were obtained from 17 horizons. They reveal that declinations of the age between 30~18Ma deviate eastward and no deviation in declination was observed after 12Ma. These facts may imply a clock-wise rotation between 18~12Ma. On the other hand, the declinations before 30Ma deviate westward. Such rotational movements must be related to the opening of the Okhotsk Sea Basin and westward migration and collision of the Kuril Arc.

九州や北海道では、15Ma前後の日本海の拡大による日本列島の折れ曲がりとは別の構造運動を被っているらしい。今回は、北海道東部の北部地域に分布する第三系の陸成・海成堆積物から試料を採集し、古地磁気学的研究を行った。試料採取層は下位から、下部漸新統の陸別層、若松沢層、上部漸新-下部中新統の遠廻層、時和層、津別層、上部中新統の美都層、能取層の総計22層である。地層は、おもに珪質頁岩から構成され、生層序や放射年代が詳しく分かっている。

これらの試料の自然残留磁化 (NRM) を測定した後、各層準について、母試料の異なるコア試料を3~4個選りパイロットサンプルとして、50°C間隔で100~400°Cの熱消磁を行った他、各層準から1個のコア試料をパイロットサンプルに選んで、5mT間隔で15~30mTの段階交流消磁を行った。この結果、1層準を除いて熱消磁を採用し、パイロットサンプルのまとまりが最も良くなる段階を中心に前後を含んだ3段階で残りのコア試料を消磁し、最適消磁段階の結

果を古地磁気データとした。本研究では22層準中、5層準はまとまらなかったため、17層準の古地磁気データを報告する。熱消磁は、200°C或いは150°Cの段階で効果的であったものが多く、強度は $10^{-4} \text{Am}^2/\text{kg}$ 程度で、成分の磁化から成ることがわかった。地層面は堆積時には水平であった、という前提にたつと、傾動補正を行うことにより、地層生成時の地磁気の記録を得ることができる。ただしほぼ同時代の一連の地層で、かつ異なる構造をもつ地点の古地磁気データが補正前の方がまとまりがよく、補正後にばらつくときには、地層変動後に獲得された二次磁化成分であるおそれがある。本研究では、補正後の方がまとまりよくなったので、その磁化を初生的なものであると判断した。

各層準の偏角・伏角の年代変化を、逆帯磁は正帯磁に変換して示したのがFig. 1で、伏角の不変性は、地盤の南北方向の変化がなかったことを示唆している。30~18Maで東偏が顕著であるのに対し、12Ma以降では現在の地球磁場に近いことから、18~12Maの間に30°近い時計廻りの回転運動が起きたことが推測される。又、若しく西偏している30Ma以前の2つのデータを有為とみなすと、33Ma前後に80°を越す反時計廻りの回転運動があったことにもなる。これらの回転は、オホーツク海の大と千島島の西進に起因しているのかもしれない。

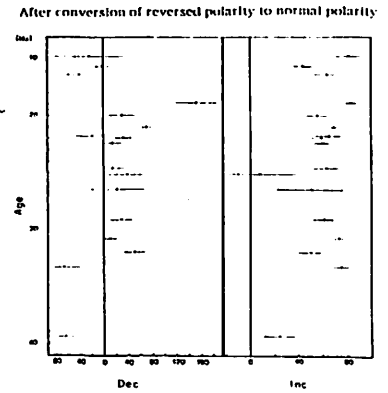


Fig.1 Tilt corrected site mean direction

PALEOMAGNETIC STUDY OF CRETACEOUS TO PALEOGENE WELDED TUFFS OF SIKHOTE ALIN, RUSSIA

Yo-ichiro OTOFUJI\*, Michiko MATSUMOTO\*, Takahiro YAMAMOTO, Takeshi SHIBATA, R.G. KULINICHI\*\*, P.S. ZIMIN\*\*\*, A.P. MATUNIN\*\*\*, V.G. SAKHNO\*\*\* and Takaaki MATSUDA\*\*

\* Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Science, Kobe University, Kobe, Japan

\*\* Department of Geology, Faculty of Science, Himeji Institute of Technology, Himeji, Japan

\*\*\* Russian Science Academy, Pacific Oceanography Institute, Vladivostok, Russia

More than 200 samples were collected at 23 sites from Cretaceous to Paleogene formations in the Sikhote Alin mountain range around Kavalerova and Dalinegorsk (Fig. 1). Samples are from welded tuffs in the Bogopol, Sijanov II, Sijanov I, and Kisin Formations which were produced during the period between 90 Ma and 42 Ma.

Twenty sites have reliable paleomagnetic directions with unblocking temperature higher than 560 °C. The low temperature components were removed in the initial stage of demagnetization by 200 °C. The Bogopol Formation showed reverse polarity and revealed little deflection in declination from the south ( $D=185.9^\circ$ ,  $I=-53.2^\circ$ ,  $\alpha_{95}=13.2^\circ$ ). The Sijanov Formation preserved only reversed polarity and its paleomagnetic direction deflects eastward by  $12^\circ$  from the south ( $D=168.0^\circ$ ,  $I=-59.5^\circ$  and  $\alpha_{95}=12.8^\circ$ ). The Kisin Formation revealed both normal

and reversed polarities, and showed large counter-clockwise deflection in declination of  $45^\circ$  ( $D=-45.0$ ,  $I=71.4^\circ$  and  $\alpha_{95}=15.0^\circ$ ).

The relative rotation of the Sikhote Alin with respect to the East Asia is estimated. Amount of rotation of the Bogopol Formation is less than  $3^\circ$ . Large counter-clockwise rotation is expected for the older formations: The counter-clockwise rotation of  $32^\circ$  is expected for the Sijanov Formation and the rotation of more than  $70^\circ$  is for the Kisin Formation. We conclude that the Sikhote Alin area has never been submitted to rotational motion since the period when the Bogopol Formation were formed. The Sikhote Alin area had already experienced a large counter-clockwise rotation more than  $70^\circ$  prior to the appearance of the Bogopol Formation.

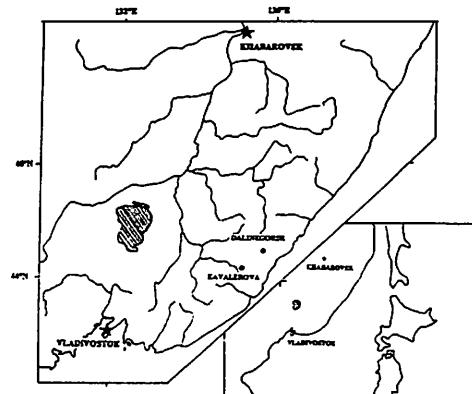


Fig. 1. Sampling localities are distributed around the cities of Kavalerova and Dalinegorsk.

The Demagnetization Plane:  
A new method for presenting stepwise demagnetization

Nobuaki Niitsuma  
Institute of Geosciences, Shizuoka University  
836 Oya, Shizuoka 422, Japan

Demagnetization is the most important process in paleomagnetic studies to read the record of the geomagnetic field of the past. The paleomagnetic field has been recorded in rocks as remanent magnetization. The remanent magnetization contains influences of magnetic fields after the formation of the rock up to the present time. If we aim to obtain the record of the paleomagnetic field at the time of formation of the rock, we have to distinguish the initial paleomagnetic record from the remanent magnetization by demagnetization. Stepwise demagnetization procedures have been used to separate the initial component from the remanent magnetization.

This paper reviews the ordinary method and proposes a new projection method of stepwise demagnetization.

The remanent magnetization of the rock usually has multiple components. If the remanent magnetization is mainly composed of two major components, the stepwise demagnetized remanent magnetization vectors should align on a plane which contains the vectors of the two components and the origin. This plane is called as "Demagnetization Plane" in this paper.

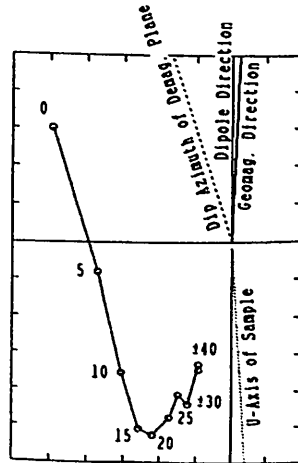
The new method is a pair of projections on the Demagnetization Plane and the perpendicular plane. The associated perpendicular plane shows how the stepwise demagnetized vectors are aligned on the Demagnetization Plane.

The direction of the normal and reversed geocentric axial dipole fields at the time of formation of the rock (after tilt correction) is projected on the Demagnetization Plane, and the direction used as the vertical axis of the Demagnetization Plane. The angle of the axial dipole vectors to the Demagnetization Plane are projected on the associated perpendicular plane.

The direction of the normal geocentric axial dipole at the sampling site (before tilt correction) is also projected on both planes as the reference to the present geomagnetic field. The direction of the up-down axis of the sample is projected on both planes as the reference of the artifact during sampling.

Vector heads of the stepwise demagnetized remanent magnetizations after bedding tilt correction, are presented as points on both planes and connected to each other in order of the demagnetization step. Software has been developed to make the calculation and graphics for the stepwise demagnetization data.

If the remanent magnetization is composed of more than two major components with different directions, the points should not align on the Demagnetization Plane, which can be checked by the positions of the points on the associated perpendicular plane. When the points align on the Demagnetization Plane, we can analyse quantitatively the multi-components of the remanent magnetization vectors by using the points on the Demagnetization Plane.



KUU292LA:  
reversed polarity, inclination same as the antipodal field of geomagnetic field at the site which is shallower than dipole field, westward declination, and normal polarity component reduces with AF demagnetization.  
Number = AFD level in mT. Scale interval =  $2 \times 10^{-6}$  kA/m.  
Demagnetization Plane: Dip = 60.9°  
Dip Azimuth = -66.8°

ODP第143, 144次航海の孔内磁力計観測から推定される西太平洋海山の磁化構造

野木 義史(気象研究所), 伊藤 久男(地質調査所), John Tarduno (Scripps Institution of Oceanography), William W. Sager (Texas A&M University)

Magnetic Structures of Seamounts in the Western Pacific Ocean deduced from ODP Leg 143 and 144 Downhole Magnetometer Logs

Yoshifumi Nogi (M.R.I.), Hisao Ito (G.S.J.), John Tarduno (S.I.O.), William W. Sager (Texas A&M University)

Downhole magnetometer logs during ODP Leg 143 and 144 from the Allison (Site 865), Resolution (Site 866), Wodejebate (Site 873), MIT (Site 878) and Seiko (Site 879) Guyots in the Western Pacific Ocean were used to constrain the nature and origin of the igneous sections of the seamounts. Magnetic boundaries, apparent inclination, polarity of magnetization and that acquired in the northern or southern hemisphere were determined from the variations and the amplitudes of the horizontal and the vertical magnetic field subtracting the present day geomagnetic field in the hole, under the assumption of that perfect circle cross section of the hole and the homogeneous cylindrical region.

Downhole magnetometer log results from shallow basaltic sills in the Allison Guyot show that their magnetization were acquired in the southern hemisphere during normal polarity chron and apparent inclination is about 30°. These with radiometric age and paleomagnetic results from the recovered core suggest shallow igneous intrusive unit in the Allison Guyot were formed around 16°S during Cretaceous normal super chron. On the other hand, magnetometer log results from shallow basalt in the Resolution Guyot indicate that their magnetization were acquired in the southern hemisphere during reversed polarity chron and their apparent inclination is between 40° and 50°. These inclination value appear to be somewhat steeper than that from discrete paleomagnetic measurement of core samples. Magnetometer log results and radiometric age results suggest that shallow basalt units in the Resolution Guyot were acquired their magnetization in the southern hemisphere during around magnetic anomaly No. M5 time. These results provide new constraints on the nature and origin of the seamounts in the Western Pacific Ocean.

ODP第143次および144次航海では、西太平洋の海山の形成および沈降史とそれに伴う carbonate platform の形成史とその古環境を明らかにする目的で、西太平洋の海山の掘削を行なった。太平洋は、ほぼハワイのあたりを境に東と西で海底の様相が大きく変化し、西側では、多くの海山が見られる。しかしながら、西太平洋の多くの海山の成因等は、いまだ不明の点が多い。これらの海山の形成史を明らかにするために、ODP第143次および144次航海において、海山の掘削孔での孔内3成分磁力計による観測を行なった。

第143次航海では、Mid-Pacific Mountainsの中のAllison Guyot (Site 865)と

Resolution Guyot (Site 866)で観測を行ない、また、第144次航海ではWodejebate Guyot (Site 873), MIT Guyot (Site 878)そしてSeiko Guyot (Site 879)で観測を行なった。第143次航海では、日本製の孔内3成分磁力計を使用し、第144次航海では、日本製の孔内3成分磁力計が使用できなかったため、SchulumbergerのGFIT (General Purpose Inclination Tool)のデータを使用した。

解析の手順は、まずlimestone内で得られたデータからそれぞれの地点での現在の地球磁場の大きさを見積り、得られた孔内の磁場変化から見積られたそれぞれの地点での現在の地球磁場の大きさを差し引いた磁場変化を掘削孔の周囲の磁化の物体による磁場変化とした。この磁場変化から、掘削孔内での磁化構造の境界を決定し、また、周囲の磁化物体が、円筒形で水平成層の均質な磁化物体であると仮定して、水平、鉛直成分の変化から、周囲の磁化物体の見かけの傾角 (apparent inclination) および南または北半球の正帯磁か逆帯磁かを決定した。

第143次航海で得られたMid-Pacific Mountainsの中のAllison Guyotでは、表層のbasaltic Sillsの層が、南半球の正帯磁を持ち、見かけの傾角は約30°であることがわかった(図1)。見かけの傾角は、掘削試料の古地磁気学の結果による傾角とほぼ一致し、この傾角は古緯度に直すと約16°に対応する。また、Allison Guyotのbasaltic Sillsの放射性年代の結果が約105-111Maであることから、Allison Guyotの表層のbasaltic Sillsは白亜紀の地磁気静穏期に形成されたことが推定される。以上表層のbasaltic Sillsは白亜紀の地磁気静穏期に形成されたことが推定される。以上表層のbasaltic Sillsは白亜紀の地磁気静穏期に南緯16°あたりで形成されたことを示している。

Allison Guyotより西のMid-Pacific Mountainsの中のResolution Guyotの表層のbasaltic Sillsは、1625-1630 mbsfの層は南半球の逆帯磁で見かけの傾角は40-50°を示す。しかしながら、1625-1630 mbsfの層で孔内磁力計により得られたbasaltの見かけの傾角は、40-50°、この地点での掘削試料の古地磁気学から推定される傾角よりも深い。また、表層の放射性年代の結果は約127Maを示しており、表層のbasaltは、地磁気異常No. M5付近の逆帯磁の磁気磁化を獲得したと推定される。

現在、第144次航海のデータも解析中であり、本講演では上記の結果に加えて第144次航海の孔内3成分磁力計観測の結果についても報告する。

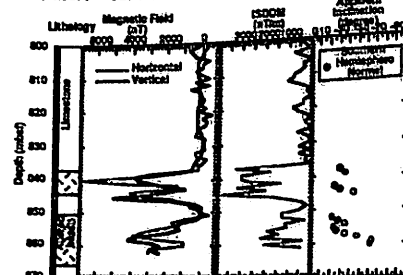


図1 Allison Guyotでの水平、鉛直成分の孔内磁場変化とISDDM(Intensity of spatial differential downhole magnetic field)および計算された見かけの傾角。

Implications

Lee, Teh-Quei, Yi-Teh Lue and Chong-Shern Horng  
Institute of Earth Sciences, Academia Sinica, Taipei, Taiwan, R.O.C.

This study will present the paleomagnetic results analyzed during last 10 years for applying to interpret the collision tectonics in Taiwan area. Data were collected from Coastal Range of eastern Taiwan, northern Taiwan and southwestern Taiwan.

A diachronic clockwise rotation of about 25-30° has been investigated at Coastal Range at least since late Pliocene. The rotation seems to have southward propagating characteristics with a speed of about 70 km/my. From the results, a model about the tectonic evolution of Coastal Range was proposed. It is shown in Fig. 1.

At northern Taiwan, two different rotation phenomena have been recognized and proposed to be occurred at the same time (Fig. 2). The eastern division showed a clockwise rotation of about 20°-40°, however the western division showed a counterclockwise rotation of the same amount approximately.

Magnetostratigraphies of two Plio-Pleistocene sedimentary sequences have been well established at southwestern Taiwan (Fig. 3). An extremely high sedimentation (about 1 cm/yr) phenomenon was investigated during Jaramillo normal event which implies an episode occurred at the source area (Central Range) and a subsidence at the foreland basin. Clockwise rotation was also found at the sites with the age older than 0.9 Ma.

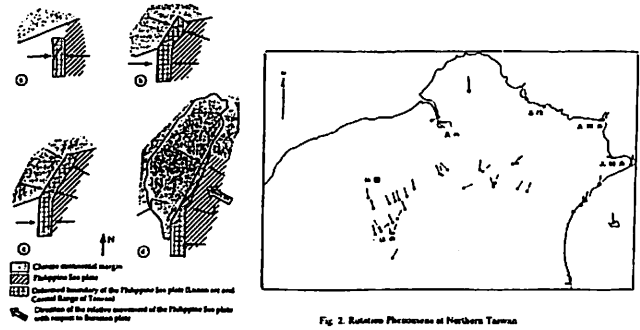


Fig. 1. Tectonic Evolution of Coastal Range

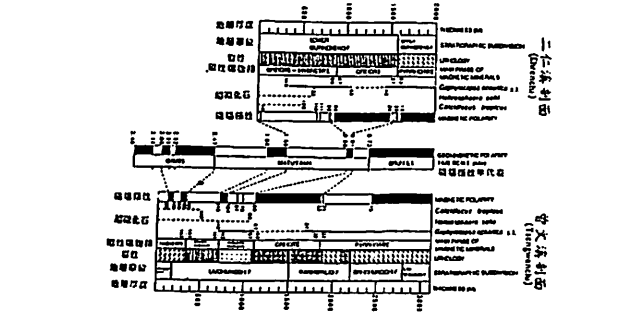


Fig. 2. Rotation Phenomena at Northern Taiwan

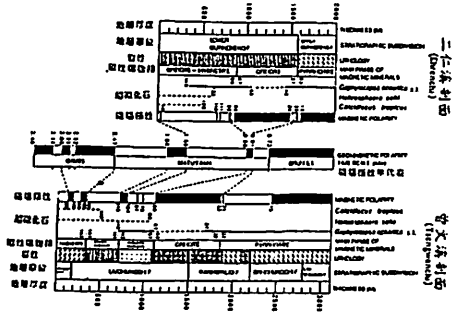


Fig. 3. Magnetostratigraphies of two Plio-Pleistocene sedimentary sequences at southwestern Taiwan

北中国早期中生代の赤色砂岩における  
初生磁化と二次磁化の担い手の解明

鄭重 (シノイ) 松本良 (東大・地質)

An integrated rockmagnetic approach to Chinese Permo-Triassic redbeds: The elucidation of the primary remanence and remagnetization carriers

ZHENG Zhong MATSUMOTO Ryo

An integrated rockmagnetic approach was carried out on Permo-Triassic redbeds in Middle Shanxi, North China. More than 200 core samples were collected in 14 sites from those redbeds formations.

Detailed thermal demagnetization uncovered two components: one has very high and narrow unblocking temperature between 670°C and 690°C (component A), while the other has wide unblocking temperature up to 690°C (component B). The former has two polarities and a positive fold test suggesting a remanence acquired before folding in Tertiary. However the later has a uniform normal polarity and a negative fold test suggesting a recent overprint remanence acquired younger than folding age in Tertiary. Intending to elucidate the origin of these remanences, a combined rockmagnetic study was performed.

Several magnetic characteristics of these redbeds were observed by this study.

(1) The remagnetization degree changes by sampling sites, core samples

and even within a core sample suggesting a extremely varied remagnetization.

(2) The IRM acquisition/thermal demagnetization experiment and section observation show that both remanences were carried by hematite.

(3) Two distribution patterns of the hematite were observed by Scanning electron microscopy and section observations. Pattern A: the hematite grains of size several micron distribute within stratiform mica. Pattern B: the hematite grains of size mostly less than 1 micron distribute in the crack and adhere to the surface of grains (quartz, feldspar, mica) of sandstone.

(4) After time progressive HCl leaching, the hematite grains of Pattern B were removed and the residual remanence is consistent with component A, suggesting that the hematite grains of Pattern A are the magnetic carriers of component A and the hematite grains of Pattern B are the magnetic carriers of recent overprint remanence.

(5) Some structure of hematite grains of pattern A suggests the hematite might degrade from mica and grew during first stage of lithification, thus provide a evidence of the primary characteristic of the remanence component A.

It is yet unclear about the origin of the hematite grains of Pattern B (the remagnetization carriers). However, two processes can be considered. (1) The hematite grains grew during recent crystallization from the Fe ion brought by vadose water. (2) The hematite grains grew during recent degradation of mica in the crack of sandstone grains.

In conclusion, the remagnetization was raised by recent chemical weathering ( a chemical remanence ).

**Key word: Redbeds, North China, Primary remanence, Remagnetization, Thermal demagnetization, HCl Leaching, Scanning electron microscopy observation.**

C12-P1-05 太平洋における深海底表層堆積物の  
Environmental Magnetism

井岡昇 (関西環境総合センター)・山崎俊嗣 (地質調査所)

Environmental Magnetism of Deep-Sea Surface Sediments in the Pacific  
Noboru IOKA (KEEC) and Toshitsugu YAMAZAKI (GSJ)

We determined the magnetic susceptibility ( $\chi$ ), ARM and IRM of deep-sea surface sediments collected at 2° or 3° intervals along two lines, 20°N and 175°E, in the Pacific. The IRM acquisition experiment suggests that the major magnetic mineral is magnetite. The ratio of ARM/ $\chi$  and the frequency dependence of  $\chi$  indicate that magnetic grain-sizes in the remote area of the Pacific are small (SD?) and uniform except for the regions close to island-arcs or hotspots. This may indicate abundant fine grains of bacterial origin.

私たちは、太平洋の深海底堆積物を用いた地球環境変化研究の一環として、岩石磁気学的手法の適用を試みている。今回は、堆積物表層の岩石磁気的性質の広域的变化について報告する。

表層堆積物試料は、主にボックス・コアラ(コア長は最大40cm程度)を用いて、北緯20度線及び東経175度線に沿って2度ないし3度間隔で採取された。北緯20度測線は、遠洋性粘土(red clay)の分布域をハワイ西方からマリアナ東方にかけて横断し、岩相はCCD以深では遠洋性粘土、それ以浅では石灰質軟泥/粘土からなる。東経175度測線は、北フィジー海盆から北太平洋にかけて縦断し、さまざまな岩相の堆積物が得られた。

全地点において、帯磁率( $\chi$ )およびその周波数依存性( $\chi_{FD}$ )、NRM、ARMについて測定を行なった。さらに一部の地点ではIRM獲得実験を行なった。その結果をまとめると、

(1) IRM獲得実験は、マグネタイトが主な磁性鉱物であることを示唆する。地域差はほとんどない。

(2) ARM/ $\chi$ ,  $\chi_{FD}$ から推定される磁性鉱物の粒径変化は、陸源物質の供給の大きいと考えられる島弧や火山島の近くでは磁性鉱物粒径が増加するが、太平洋の広い範囲で比較的均一かつ小さな粒径(SD?)であることを示す(図:北緯20度測線における例)。生物源マグネタイトの寄与が大きい可能性を示唆する。

(3) 石灰質軟泥はARM/ $\chi$ が大きい、これらは帯磁率が極めて小さい(石灰質成分による希釈効果)ことから、磁性鉱物のconcentrationのちがいによるinteractionの差が影響していると思われる。

なお、本研究は新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の事業で(株)関西環境総合センターに委託して実施している「海洋中の炭素循環メカニズムの調査研究」の成果の一部である。

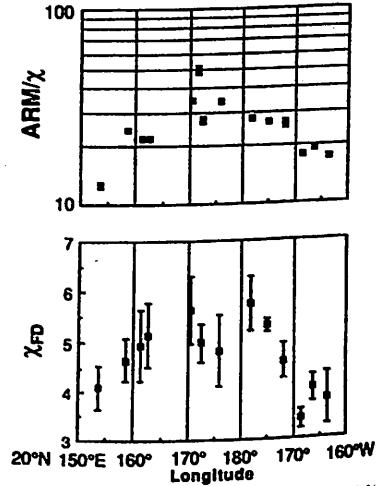


図 北緯20°測線の表層堆積物のARMと帯磁率の比(上)、帯磁率周波数依存性(F)

C12-P1-06 Identification of greigite and pyrrhotite  
in fine sediments by a mineral magnetic method

\*M.Torii, K. Fukuma (Dept. Geol., Kyoto Univ.)  
and

C.-S. Horng, T.-Q. Lee (Inst. Earth Sci., Academia Sinica, Taiwan)

Coexistence of greigite, pyrrhotite, and magnetite was reported from the onland section of Plio-Pleistocene marine sediments, around Tainan City, southern Taiwan (Horng et al., 1992 a, b). In their papers, magnetic mineralogy was studied mainly by an X-ray diffractometry and thermomagnetic analysis. Here we report some additional mineral magnetic studies, mainly focusing on the discrimination between greigite ( $Fe_3S_4$ ) and pyrrhotite ( $Fe_7S_8$ ) bearing sediments.

Our purpose is to test various magnetic methods to help an identification among magnetic iron sulfides by using bulk (crude) samples. Although the X-ray method is more direct and determinative way in identifying minerals, we have to make a mineral separation in some extent which tends to miss magnetically weak and/or very fine minerals. To escape from these sort of artifact caused by the separation or condensation, we insisted on the "bulk sample" method.

We obtained following rock magnetic parameters: hysteresis parameters ( $J_r/J_s$ ,  $B_c/B_s$ ) by an alternating gradient force magnetometer (MicroMag), low-field susceptibility ( $\chi$ ) and its frequency dependency (F %), temperature dependency of low-field susceptibility, ARM acquisition and its MDF, IRM acquisition and its MDF, blocking temperatures of composite IRMs, and low temperature transition of IRM by a superconducting susceptometer (MPMS). These experimental works were done both at Kyoto

University and at Institute for Rock Magnetism of Minnesota University.

Thermal demagnetization of the composite IRMs (Lowrie, 1990) is effective when the coercivity contrast exists among coexisting minerals, such as the case of magnetite and pyrrhotite mixing (Torii et al., 1992). However we found that coercivities of fine grained pyrrhotite and greigite are almost comparable. Further blocking temperature of those two minerals range from 250 to 350 °C. These facts make the application of Lowrie's method difficult for the case of pyrrhotite and greigite coexisting samples.

We measured low-field susceptibility after each step of the thermal demagnetization of composite IRMs. The greigite bearing samples show sharp drops of the susceptibility in the range of 200 to 300°C, and the susceptibility increases rapidly when heated above 350°C. Contrary to this, pyrrhotite bearing samples did not show any change in the susceptibility in the temperature range from 200 to 300°C. The low-field susceptibility increases only by the heating above 300°C associated with considerable increase in F %. These thermal characteristics has been reported by Horng et al. (1992 b) and by Roberts and Turner (1993) for greigite bearing rocks. The thermal instability of greigite is remarkable even mixed with magnetite, and thus it can be used as a good key for identification.

Pyrrhotite features its low temperature transition of magnetization at about 30 K (Rochette et al., 1990). Nothing has been so far reported about the low temperature properties of greigite. We carried out the thermal demagnetization of saturated IRM imparted to greigite bearing sample at 6 K by using MPMS, and could not find any transition until 300 K. Low temperature measurement thus can be a diagnostic factor in identifying pyrrhotite and greigite bearing rocks.

C12-P1-07

古気候が支配する黄土中の磁性鉱物の変化

福岡 浩司、 鳥居 雅之  
(京大理)

Climatic control of the magnetic mineralogy of the Chinese loess

Koji FUKUMA and Masayuki TORII  
Department of Geology & Mineralogy, Kyoto University

Magnetic mineralogy of the Chinese loess is variable depending on the paleoclimate and governs the susceptibility signals. It is well known that the variation of magnetic susceptibility of the Chinese loess and its interbedded paleosols provide a record of paleoclimatic change for the last 2.5 Ma. Our result suggests that antiferromagnetic goethite is formed in the loess section (cold period), whereas ferrimagnetic maghemite is in the paleosol section (warm period) by pedogenesis. Such a difference in pedogenic iron oxides induces the variation of susceptibility reflecting the paleoclimate.

中国黄河流域に分布する黄土〔黄土層（氷期に対応）と古土壌層（間氷期に対応）の互層からなる〕から得られる帯磁率は、過去250万年間の古気候の変動を記録していることがよく知られている。しかし、どのような機構によって古気候が黄土の帯磁率の変動に反映されるのかは現在のところ不明の点が多い。私たちは、Luochuan地域から得られた試料を使い、次の方法を用いて磁性鉱物の種類、量比、粒径等の特性を求めた。

- ◆ 空気中とArガス中での熱磁気分析
- ◆ 低温での等温残留磁化の熱消磁
- ◆ AGFMによる磁気ヒステリシスの測定
- ◆ AGFMによる等温残留磁化の獲得
- ◆ 初帯磁率とその周波数依存性の測定

その結果は次の表にまとめることができる。

	aeolian	pedogenic
Loess (Cold)	SD-MD Magnetite (Partially maghematized)	Goethite Low SP-SD Maghemite
Paleosol (Warm)	SD-MD Magnetite (Partially maghematized)	High SP-SD Maghemite

土壌化の過程で生成する磁性鉱物（鉄を含む酸化物・水酸化物）が、古気候の変動に従って、寒冷な気候下で生成する反強磁性（帯磁率小）のgoethiteから、温暖下で生成するフェリ磁性（帯磁率大）のmaghemiteへ変化する。この変化は、現生の土壌中の鉄を含む酸化物・水酸化物の気候に応じた地理的分布と対応する。古気候の変動に応じたgoethite ⇄ maghemiteの変化が黄土における古気候を明瞭に反映した帯磁率の変動を生んでいると考えられる。

C12-P1-08

Paleomagnetic Study of Kalam Volcanics, Upper Swat Valley, Northern Pakistan

Mitsuo Yoshida<sup>o</sup>, Mirza Naseer, Mohammad Ali, Ifikhar Mustafa Khadim (Geoscience Laboratory, Geological Survey of Pakistan, Islamabad, Pakistan) and Yoshiki Fujiwara (Hokkaido University)

Calc-alkaline volcanic rocks are widespread in a northeast-southwest elongated Kalam volcanic zone stretching from Upper Swat through Dir to northern Afghanistan. This is one of the volcanic province in the Kohistan arc developed in the western branch of the Himalayan west-syntax. The sequence of Kohistan arc is interpreted as a complete cross section of a mature island arc formed by subduction during Mesozoic time and obducted onto the Asian plate in late Cretaceous to Paleogene time. The Kalam Volcanics is probably the uppermost part of the island arc sequence. No radiometric age of the volcanics is available, but the geochronological setting is estimated as the time younger than the Early Eocene on the basis of paleontological data in underlying Baraul Banda Slates.

Total 23 oriented samples (5 sites) were collected from altered pyroclastic flow (welded tuff) deposits to the southwest of Kalam village, Upper Swat valley. Progressive thermal demagnetization (THD) analyses in ca.13 steps, usually to 600°C, were carried out for all specimens. NRM components were defined by linear trajectories on orthogonal vector projections on Zijderveld diagram. According to the result of the analyses, almost all samples possess mainly three components of remanent magnetization; the Component-1, 2, and 3. The Component-1 is generally

unstable scattering component and it can be observed in the steps less than THD 300°C. The Component-2 is magnetically very hard and clustered one which is identified in the THD interval between 300°C and 540°C. The Component-3 is relatively soft but stable one and it can be detected in the final THD steps above 540°C.

According to thermomagnetic analysis, the sample shows different three Curie temperatures;  $T_1=110-200^\circ\text{C}$ ,  $T_2=520-540^\circ\text{C}$ , and  $T_3=670-730^\circ\text{C}$ . By combining the results of optical microscopic observation, these are probably derived from maghemite ( $T_1$ ), Ti-poor titanomagnetite ( $T_2$ ), and ilmenohematite ( $T_3$ ) and correspond to the magnetic carriers of Component-1, 2, and 3, respectively.

These magnetic carrier minerals are probably secondary products of hydrothermal alteration. The directions after the tilt correction become much more scattered. Therefore the remanent magnetization components can be interpreted as post-tilting (post-deformation) overprints.

The Component-1 is recent magnetization under low-temperature oxidization environment concerning to supergene alteration. The Component-2 and 3 show reversed polarity and were probably acquired in a alteration process immediate after the crustal deformation which may closely relate to the obduction of the Kohistan arc onto the Asian plate. The estimated paleolatitudes show low latitude (around 20-25°N) and the deformation (tilting) was probably followed by approx.40° counter-clockwise rotation of the terrane.

C会場

10月14日(木) 午前

# 固体惑星

**Solid Planet**

oral: C31-01~04

座長 野上謙一 (獨協医大物理)



C31-01

Cosmic Ray Exposure Age Determinations of Cosmic Iron and Chondritic Spherules using Cosmogenic <sup>26</sup>Al

K. Yamakoshi & H. Matsuzaki  
[ ICRR, Univ. Tokyo ]

The long-lived radionuclide, <sup>26</sup>Al [half life = 8.02X10<sup>5</sup> y], is a good indicator for cosmic ray age determinations of meteoroids. In this work <sup>26</sup>Al activities [511 keV, 1809 keV] of iron iron and chondritic spherules in non-destructive forms are measured with an extremely low background gamma ray facility at Mt. Nokogiriyama.

The total weight of both spherules exceed 200 mgms and grain numbers of each samples may be more than 5000 particles. The dredged red clays are obtained by the R/V Hakurei-Marui II of the Metal Mining Agency of Japan and taken at off Hawaii Islands at a depth of 5000 meters.

The obtained <sup>26</sup>Al activities could be induced through Si, Mg, Al, Ca (solar p, x) and <sup>56</sup>Fe (Galactic p, y) reactions, respectively.

And the expected activities (R) are given by the following formula:

$$R = \lambda ND = g[1 - \exp(-\lambda T)]$$

where D is the weight of the meteoroids, N is the atom number, g is the production rate of <sup>26</sup>Al and T is the cosmic ray exposure time.

In the following steps of this study, <sup>26</sup>Al activities will be measured with the respective size groups of both spherules and can be discussed the size dependence of the induced activities due to Poynting-Robertson effect.

And also the same trials will be done for <sup>60</sup>Ni through <sup>56</sup>Fe (solar alpha, n) and <sup>55</sup>Mn through <sup>56</sup>Fe (solar p, alpha) reactions with the samples used in this work.

C31-02

深海底堆積物から新しく発見されたBrownlee粒子

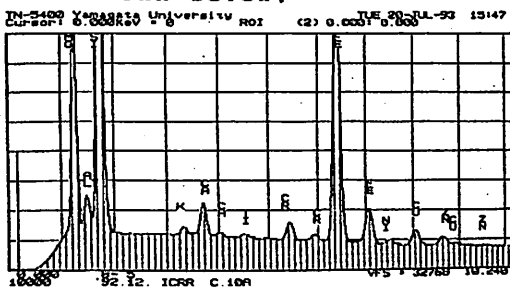
鈴木啓英、野間元作、桜井敬久[山形大理]、山越和雄、松崎浩之、狩野直樹[東大宇宙線研究所]、野上謙一[独協医大、物理]

BROWNLEE'S PARTICLES FOUND IN DEEP SEA SEDIMENTS

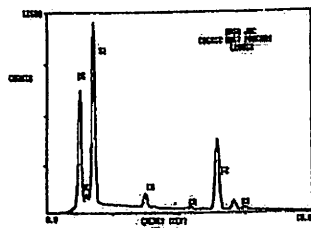
Y. SUZUKI, M. NOMA, H. SAKURAI [FACULTY SCI., YAMAGATA UNIV.], K. YAMAKOSHI, H. MATSUZAKI, N. KANO [ICRR, UNIV. TOKYO], K. NOGAMI [DEPT. PHYS., DOKKYU UNIV. SCHOOL MEDICINE]

In July 1993 three Brownlee's particles are discovered newly in the magnetic fractions gathered from deep sea sediments dredged by R/V Hakurei-Marui at off Hawaii Islands at a depth of 4500 m.

Suzuki et al. (1993) are searching extra terrestrial grains with a high sensitive x-ray micro-analyzer among several hundred magnetic grains whose sizes exceed 74 μm. The chemical composition of a typical large grain whose size is 100X95 μm is shown below:



The data are averaged with the results of 10 point measurements overall the sample grain, and it is observed, nickel analytical spots are not concentrated in special regions but distributed widely and homogeneously over the sample surface. Cu and Zn peaks are originated from the base-material (brass). In the next figure, a typical data of Brownlee's (stratospheric) particle obtained and compiled by CDPET of Johnson Space Center of NASA is shown, whose code is L2005G. And it is assigned as "C" (cosmic origin). The both diagrams coincided surprisingly with each other, however, the sample of NASA is quite small (~5 μm). These fragile and delicate dust particles from deep sea sediments promise the possibility to discuss the origin of the interplanetary materials in the near future.



[REFERENCE] Y. SUZUKI, M. NOMA, H. SAKURAI, K. YAMAKOSHI, H. MATSUZAKI, N. KANO & K. NOGAMI : IN PREPARATION FOR JGG(1998).

原始太陽系における微粒子の衝突成長過程  
北田洋平、向井正（神戸大・理）

Collisional Growth of Dust Particles in Primordial  
Solar Nebula

Youhei KITADA, Tadashi MUKAI (Faculty of Science, Kobe  
University)

Abstract

Collisional growth of small solid particles results in an aggregate which has very complex structure. Such coagulation of dust particles is very important process in the formation of planetesimals. Based on BPCA and BCCA models for fractal aggregates, we have carried out the numerical simulations to estimate the structure of resulting aggregates (e.g., number density of constituent particles). Especially, a dependence of sticking probability of collisional particles on the structure of resulting aggregate has been examined. It is found that lower sticking probability is, more compact the structure becomes.

原始太陽系内での惑星形成過程において、小さな固体微粒子同士の合体成長、即ち凝集現象による塵の形成は重要な過程である。一般に、衝突合体によってできる塵の構造は、空隙率が高く、小さな構成粒子が繋がった鎖状の凝集体構造をしている。このような凝集体の不規則な形状は、原始太陽系星雲内の物理的、化学的現象において重要な役割を担っている筈である。しかし、従来の研究では、凝集体の構造は複雑であるため、簡略化のために塵は球近似として扱われてきた。しかし、より現実的な塵の研究を行うためには、こうした不規則な構造の定量化は不可欠である。実際に、近年のコンピューターの発達にともない、数値シミュレーションによって理論的な凝集モデルが立てられるようになると、そういった

試みが数多く行われるようになった。今回我々は、BPCA(Ballistic Particle-Cluster Aggregate)、BCCA(Ballistic Cluster-Cluster Aggregate)と呼ばれる凝集体モデルについて、構造の定量化を試みた。これら二つのモデルの構造は、凝集体の典型的な形状に対応している。つまり、BPCAが単分散、BCCAが多分散の系の凝集を再現している。したがって、これらの両極の場合について調べることによって、自然界に一般に存在する凝集体についての議論ができる。しかしながら、これらの理論モデルの多くにおいて、衝突の際の粒子の付着確率は1、即ち、衝突すれば必ず付着すると仮定されていた。一般に衝突の相対速度や、粒子の構成物質などによって付着確率は変化する。そこで、ここではBPCAモデルについて粒子衝突の際の付着確率を変化させ、構造にどのような影響を与えるかを調べた。図1は、それぞれの付着確率で形成された凝集体の数密度である。この図から、付着確率が小さいほど、より密な構造になることがわかる。

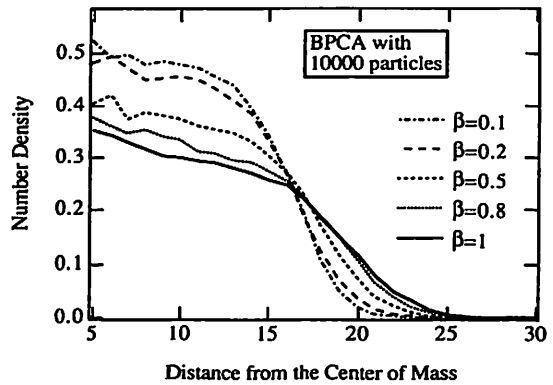


図1 BPCAモデルについての構成粒子の数密度。βは粒子衝突の際の付着確率。

惑星間塵の空間分布における木星摂動の効果

○円山憲一（神戸大・理）、木村宏、石元裕史（神戸大・自然）、  
向井正（神戸大・理、自然）

Modification of the Spatial Distribution of Interplanetary Dust  
Grains by Jovian Perturbation

Ken-ichi Maruyama<sup>1)</sup>, Hiroshi Kimura<sup>2)</sup>, Hiroshi Ishimoto<sup>2)</sup>  
and Tadashi Mukai<sup>1)</sup>

1) Dept. of Earth Sci., Faculty of Sci., Kobe Univ., Nada 657

2) The Graduate School of Science and Technology, Kobe Univ., Nada 657

To examine the observed evidence of the spatial distribution of interplanetary dust particles(IDPs), it is important to investigate the orbital evolution of IDPs under the influence of both Poynting-Robertson drag force and Jupiter's gravitation. Our calculations of time variations of IDPs' orbits have revealed that some dust particles are trapped in resonance with Jupiter and their positions depend on the eccentricity of dust particles or Jupiter-dust configuration. Such trapping phenomena continues till its eccentricity decreases down to enough small value or till dust grains escape from resonance by close approach to Jupiter. Taking into account these effects, we will show the spatial distribution of IDPs in the steady state.

惑星間塵は太陽重力のほかに様々な摂動力を受けながら太陽のまわりを飛んでいる。この摂動力には太陽の放射圧、ポインティング・ロバートソン効果、惑星の重力などがあり、これらの摂動力によって塵は軌道を変えていく。これらの塵の起源としては彗星の塵や小惑星同士の衝突の破片などが考えられている。塵は彗星や小惑星などから放出されたあと、太陽の重力と放射圧が釣り合うような軌道に入り、その後ポインティング・ロバートソン効果によって太陽へ螺旋軌道を描きながら落下していく。ポインティング・ロバートソン効果のみを考慮した軌道進化に基づいて、惑星間塵の定常状態の空間分布を考えると、ダストの空間数密度  $\rho$  は  $1/r$  に比例する ( $r$  は太陽からの距離)。一方、黄道光の観測から地

球軌道の内側では  $\rho$  は  $1/r^{1.3}$  に従い、外側では  $1/r^{1.5}$  に従うという結果がある。また最近、惑星間飛翔体ユリシーズのダスト衝突測定から木星に向かうにつれてむしろ塵の密度が増える傾向にあることが分かってきた。この測定結果を説明するためにはポインティング・ロバートソン効果に加えて惑星からの摂動力を考えるか、あるいは、ダストの分布が非定常的なものであると考えることが必要である。

そこで我々は、塵に働く摂動力に、木星の重力を加えて、木星軌道内側の共鳴地点にある塵の軌道進化を調べた。ただし、簡単のために木星軌道は円軌道とし、塵は木星と同じ平面内にあるとした。その結果以下のようなことが分かった。塵が木星と共鳴関係の位置にあるとき、惑星摂動とポインティング・ロバートソン効果によって離心率が減少して十分小さな値になるまで、軌道長半径が変化しないことを見つけた。またそのような"トラッピング"が数万年間続くことも分かった。またトラッピングが起こらなくても共鳴地点では塵の軌道要素が大きく変化することも分かった。木星に近い共鳴軌道にある塵のほうが、トラッピングされる時間が長いことも分かった。そしてこのような効果によって塵がどのような空間分布を示すかを調べるために、定常的にいくつかの母天体からN個の塵を放出した。その後の放出塵の軌道進化を追うことによって、太陽からの距離に対する塵の数密度分布を見積った。

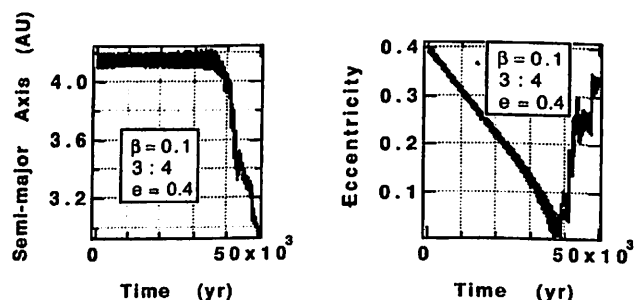


図1：トラップされた塵の軌道要素変化の一例。

C会場

10月14日(木) 午前

# 主磁場・ダイナモ

**Main Field & Dynamo**

oral: C31-05~08

座長 渋谷秀敏 (大阪府立大)

C31-05 地磁気1時間平均値観測点の  
重み決定(1960-1980年)

○横山由紀子(能開大情報)・望月英二(東大理)・  
浜野洋三(東大理)

Weights of Observation Points  
of Geomagnetic Hourly Mean Values (1960-1980)

○Y. Yokoyama (Univ. Ind. Tech.), E. Mochizuki (Tokyo Univ.),  
and Y. Hamano (Tokyo Univ.)

Weights of 77 geomagnetic observatories that have continuous hourly mean data between 1960-1980 are determined as a part of a project of constructing geomagnetic database. A priority of data digitizing is given according to the weights.

1. はじめに

地球内部磁場の変動には数十年から数百万年以上の時間スケールのものである。しかし、10年より短い時間スケールの変動については存在するのか、しないのかわかっていない。10年以下の変動としては現在存在の可能性が考えられているのは、5-7年程度の準周期的変動とジャーク(またはインパルス)と呼ばれる現象である。これらの変動は今まで主に磁場の年平均値を用いて調べられてきたため、現象の存在や時間スケールを客観的に特定することが困難であった。

2. 問題点

そこで、我々は年平均値よりも短い時間でサンプルされた1時間平均値を用いてこれらの現象を調べようと考えた。しかし、そのためには

- (1)観測点の数が少なく偏っている。
  - (2)外部磁場と内部磁場の分離が困難である。
  - (3)データがデジタル化されていない。
- の3つの問題を解決しなければならない。(1)についてはMochizuki & Yokoyama[1993]によって対策が立てられている。(2)についてはまだ

問題に着手したばかりである。(3)は地磁気世界資料解析センターが中心となって現在デジタルデータベース化を進めている。

3. 1時間平均値データベース作成のために

今回は地磁気1時間平均値データベース作成のための1手順として1960-1980年の間連続してデータが使用できる(見込みの)観測点をリストアップし、各点の重みを決定した。この重みはもと(1)の問題を解決するために開発された、地磁気3成分をガウス係数に展開する際の観測点の偏りを評価する為のものであるが、ここではデジタル化の優先順序を決めるために用いてみた。

4. 結果

高緯度の観測点を除いた77の地磁気観測点を候補に挙げ、それぞれの重みを決定した結果が図1である。観測点の位置を○で、その点の重みを縦棒の長さで表している。

日本の観測点については柿岡、女満別、鹿屋の3点が至近距離にあるにもかかわらず、皆1より大きな重みを持つ結果になっている。

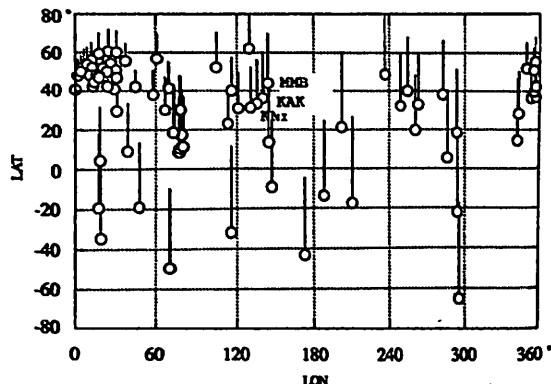


Fig. 1. Determined weights of 77 geomagnetic observatories.

C31-06

球殻 $\alpha\omega$ ダイナモの  
定常解の球殻厚さ依存性

○日向清孝 浜野洋三(東大地球惑星物理)

Shell-thickness dependency of steady solution  
of  $\alpha\omega$ -dynamics in a spherical shell

○Kiyotaka HINATA, Yozo HAMANO  
(Dept. Earth and Planetary Physics, Univ. Tokyo)

$\alpha\omega$ -dynamics in a spherical shell were re-examined to obtain the dependency of the steady state solution on the thickness of the spherical shell. The critical dynamo numbers obtained for the present analysis are consistent with the analytical approximation by Ruzmaikin and Starchenko(1987)<sup>1)</sup>, and rapidly increase as the thickness of the shell becomes thinner. Gauss coefficients we obtain for steady solutions diminish exponentially as their degree, and the decreasing rate gets smaller as the shell becomes thinner.

地球型惑星のFeを主成分とする核は初期には流体核として形成され、熱的進化に伴い固体核(内核)が成長すると考えられる。内核の成長は、潜熱や軽元素の解放により外核中の対流運動を活発にする一方、磁場の生成領域である外核を狭めてゆく。内核成長に伴う惑星の磁場の変化は、主にエネルギー解放率の観点から調べられてきた<sup>2)</sup>が、本研究においては、運動学的に球殻 $\alpha\omega$ ダイナモの定常状態について内核の半径に対する依存性を調べた。

我々は前回('93年3月)、球殻 $\alpha\omega$ ダイナモの定常状態を線形安定論を用いて解き、臨界ダイナモ数と定常解の球殻厚さに対する依存性を調べ、更に、磁場強度と $\alpha$ 効果の関係を仮定して内核成長による磁場強度変化についての簡単な見積りを行った。その際の問題点に

ついていくつかの改善を施した。

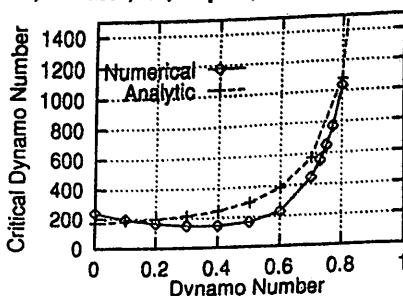
前回は磁場の球関数展開の際に内核と外核で一つの基底関数を用いていたために、薄い外核に対しては動径方向の展開次数を50次程度まで上げる必要があった。今回は、外核と内核で基底関数を分けることにより、外核の厚さによらず、動径方向の打ち切り次数を低く(10-20次)抑えることができた。

また、前回はトロイダル磁場の解が収束しなかったが、今回は複数の $\alpha, \omega$ の分布パターンに対して計算を行なった結果、安定定常解を得、打ち切り次数の範囲内( $\theta$ 方向: $\leq 24$ ,  $r$ 方向: $\leq 20$ )で十分な収束が見られた。また、外核を薄くするにつれ、収束に必要な打ち切り次数が急激に高くなることもわかった。

得られた臨界ダイナモ数は内核半径の増加とともに急激に増大し、半解析的に求められた近似式<sup>1)</sup>を用いた場合と定性的には調和的である(下図)。また、定常磁場のガウス係数は次数とともに指数的に小さくなり、外核が薄いほど高次成分が大きくなる。

Reference

- 1) Ruzmaikin, A.A., S.V. Starchenko, *Sov. Astron.*, 31(5), 552-556, 1987
- 2) Stevenson, D.J., T. Spohn, and G. Schubert, *Icarus*, 54, 466-489, 1983



実線: 固有値解析により求められた臨界ダイナモ数。破線: 半解析的な近似式<sup>1)</sup>による値。

## 格子ガスを用いた 3 次元 組成対流シミュレーション

豊島吉宏・本蔵義守 (東工大理)

### Simulation of a 3D Compositional Convection Based on a Lattice Gas Technique

Y. Teshima and Y. Honkura

Dept. of Earth and Planetary Sciences, Tokyo Institute of Technology

We have used the lattice Boltzmann method to simulate a compositional convection in a rectangular parallelepiped system with periodic boundary conditions. This method has been developed from lattice gas cellular automata (LGCA). In LGCA, variables are boolean populations and we must take averages of particles in space and/or time. The lattice Boltzmann method solves ensemble-averaged populations in the lattice Boltzmann equation. It is difficult to simulate three-dimensional binary fluid by using LGCA, but this method can easily be applied to such a problem.

#### はじめに

地球外核内における対流運動を引き起こしている主な原因として、熱による浮力と内核の成長に伴って放出される軽元素による浮力が考えられる。ここでは軽元素による組成対流を考え、系の底から放出された軽元素が浮力を持つことにより生じる流体運動を格子ガスを用いて計算する。格子ガスを用いて 3 次元における数値計算を行うために、lattice Boltzmann method を用いた。

#### 計算手法

Lattice Boltzmann method は、lattice gas cellular automata (LGCA) から発達したものである。LGCA では、疑似粒子  $n_i(x, t)$  の空間または

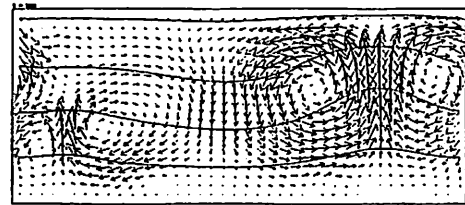
時間平均を取ることにより流体を表し、非圧縮の Navier-Stokes 方程式を満たす。但し、 $n_i(x, t)$  は 0 または 1 をとり、 $(x, t)$  において速度ベクトル  $c_i$  を持つ粒子が存在するか、しないかを表す。Lattice Boltzmann method は、LGCA での疑似粒子のアンサンブル平均を取った粒子密度  $N_i = \langle n_i \rangle$  を直接扱い、格子ガスの Boltzmann 方程式、つまり lattice Boltzmann equation (LBE)、

$$N_i(x + c_i, t + 1) = N_i(x, t) + \Omega_{coll}(N)$$

を解く手法である。LGCA では 3 次元において 2 成分を持つ流体を表すことは非常に困難であったが、LBE を用いることにより可能となった。LBE は LGCA に較べると、平均を取るために生じるノイズが少なく、直接平均値を扱うため計算効率もよい。また LGCA 同様、並列計算に適している。

#### モデルと結果

LBE を用いて次のようなモデルを作り、数値計算を行った。系としては 2 次元では矩形、3 次元では直方体とし、横方向には周期的境界条件をとる。軽元素の放出は系の底のみで起こるものと仮定し、放出位置は温度場を導入することにより決定する。2 次元、および 3 次元での計算の結果、軽元素の上昇に伴って生じる流体運動や、軽元素の放出位置の移動が見られた。



2 次元の場合

## CMB Inhomogeneity and Magnetic Field Reversal

Y. Honkura, Y. Tanahashi, and M. Matsushima

Dept. Earth & Planetary Sciences, Tokyo Institute of Technology

#### 1. Introduction

We have demonstrated that reversals of magnetic field polarity occurs spontaneously from a dynamo process in a rotating spherical shell with a homogeneous boundary condition. In an attempt to explain an exceedingly long period of a certain polarity, we examined the behavior of a dynamo model in which an inhomogeneous temperature distribution was imposed at the outer boundary. Here we report on another example of such an inhomogeneous dynamo model.

#### 2. Another Model

Our previous result has not been very convincing in that model parameters were not identical between homogeneous and inhomogeneous dynamo models; that is, the magnetic Prandtl number was 30 for the homogeneous model and 10 for the inhomogeneous model. We have met some criticism on this point.

We admit such criticism and have tried to examine magnetic field behavior for identical parameter values; only difference is whether the temperature is homogeneous or inhomogeneous at the outer boundary.

#### 3. Result

We now show the results of numerical computations for homogeneous and inhomogeneous models. We have set parameter values as  $Pr = 1$ ,  $Ta = 100$ ,  $Ra = 1320$ ,  $Pm = 10$ , and  $A = 0.03$  (amplitude of temperature variation).

Figures 1 and 2 show time evolution of some dominant Gauss coefficients. It should be noted here that in these figures short-period fluctuations are suppressed by taking moving averages.

#### 4. Conclusion

(1) The  $g_1^0$ -term changes, rather periodically, its sign in the homogeneous model.

(2) The  $g_1^0$ -term does not change its sign in the inhomogeneous model, although it fluctuates irregularly.

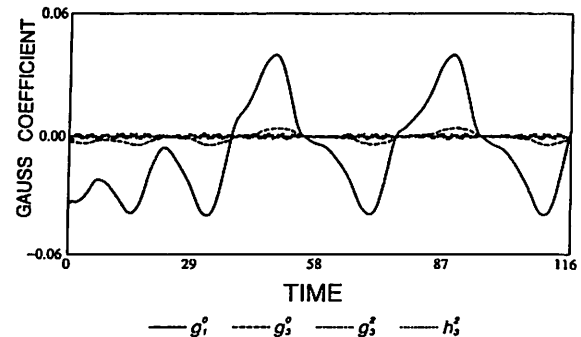


Fig. 1. Time evolution of Gauss coefficients for the homogeneous model.

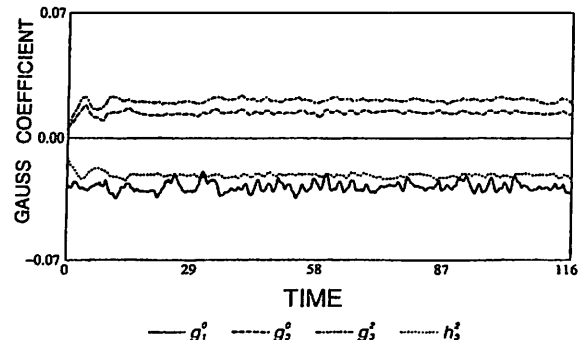


Fig. 2. Time evolution of Gauss coefficients for the inhomogeneous model.

C会場

10月14日(木) 午後

# 地殻活動電磁気学・ 電気伝導度・磁場計測

## Tectonoelectromagnetism, Electric Conductivity & Field Measurement

oral: C32-01~15

poster: C32-P1-09~16

座長

佳友則彦 (京大防災研)

藤原 智 (国土地理院)

地磁気長周期変化による  
地球の電磁感応 (3)

山崎英樹・本蔵義守  
松島政貴 (東工大理)

Electromagnetic Response of the Earth by  
Long-Period Geomagnetic Variations (3)

H. Yamazaki, Y. Honkura and M. Matsushima  
Dept. of Earth and Planetary Sciences, Tokyo Institute of Technology

We examined the electromagnetic response of the Earth by analyzing long-period geomagnetic variations. First, for this purpose, we collected daily-mean data covering 10 years from 59 stations over the globe, but the result was not very convincing. We then collected the data over 20 years to increase the reliability. In order to reduce errors in the data, we applied a remote reference method. We then compare our result with the response derived by Banks.

1. 計算方法

磁場変化が  $P_1^0$  で表現できるとすると、ある観測所での磁場の水平成分を  $H_1$ 、ノイズを  $N_1$ 、とした時、垂直成分は

$$Z_1(f) = A(f)H_1(f) + N_1(f)$$

と書けるであろう。  $H_2$  を remote reference 点での水平成分、ノイズを  $N_2$  とすると

$$P_{Z_1, H_2} = A(f)(P_{H_1, H_2} + P_{H_1, N_2}) + P_{N_1, H_2} + P_{N_1, N_2} \\ = A(f)P_{H_2, H_2}$$

この  $A(f)$  から応答関数が求められる。

本研究では長周期の地磁気変化を扱うので、できるだけ長期間のデータがあることが望ましい。低周波領域における精度を上げるためにもこ

のことは必要であると思われる。そこで、20年以上の日平均データを用いて計算を行った。図1は '33~'75 のデータによる Kakioka での応答関数である。ただし reference 点を Tucson としている。

2. 結果

ここで計算した応答関数を、これまでの結果と比較してみたところ、両者がよく一致していることがわかった。特に低周波における改善が期待できる。この応答関数の結果を用いてインバージョンを行えば、下部マントルの電気伝導度がよい精度で求められるであろう。また、地球内部電気伝導度分布の層構造モデルを考え、それから導かれる応答関数と比較したものを図2に示す。

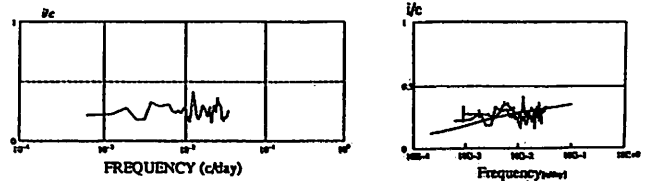


図1: '33~'75 の日平均データから計算した  $\frac{i}{e}$  (上)

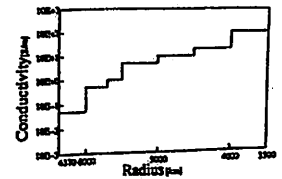


図2: 層構造のモデルから計算した  $\frac{i}{e}$  (右)

界面動電現象による

地電位差 - 地磁気変化の計算機シミュレーション

川瀬 隆治 歌田 久司 (東京大学地震研究所)

The numerical simulation of the electrical potential and geomagnetism caused by the electrokinetic phenomena.

Takaharu KAWASE, Hisashi UTADA.

(Earthquake Research Institute, Univ of Tokyo)

It is expected that the electrokinetic phenomena can cause the characteristic distribution of the electrical potential and geomagnetism. It is thought to depend on the heterogeneity of the ground. So we investigated their relation in some cases using the partial differential method.

界面動電現象の支配方程式は、輸送方程式

$$(1) I = -Lec \cdot \text{grad}(V) + Lev \cdot \text{grad}(P)$$

$$(2) J = Lve \cdot \text{grad}(V) - Lvv \cdot \text{grad}(P)$$

I; 電流 J; 流体体積流 V; 電位 P; 間隙圧

Lec, Lev, Lve, Lvv; 輸送係数

及び、電流と流体の連続の式

$$(3) \text{div } I = 0$$

$$(4) \text{div } J = -A \cdot dP/dt \quad (A = \text{porosity} \cdot \text{compressibility})$$

によって記述される。これらの支配方程式を離散化し、圧力源をおいたときの電位、圧力、さらに地表で期待される磁場の各分布を調べるために差分法を用いた数値実験を行った。本シミュレーションは、いくつかのケースについてこれらの分布を調べることに、界面動電現象特有の電場、磁場分布の存在と、その

各パラメーターへの依存性を調べるものである。

一例として均質構造を考えた場合、PとVのカップリングは(4)式の係数A(即ち流体の圧縮率)に依存する。今、仮に非圧縮性流体を考慮することにする。圧力源のみを与えて周囲の境界条件をPとVについて0とすると、各場所での電位は0であるにもかかわらず、圧力分布によって流体と共に電流が流れることになる。従って、それに伴う磁場が生じるために、電位分布が各場所0であるにもかかわらず、磁場が観測されることになる。

(1)式の第2項は、間隙圧勾配に比例して、電流が生じることを意味している。これは、流体とそのまわりの媒質面との間のツェータ電位によって分離した電荷の一部が、流体の流動によって移動することを表している。この流体中の電荷の移動は電流となって現われるが、これがなんらかの「停滞」を起こした場合には局部的な電荷分布異常を生じ、それが流動電位として観測されることになる。流体とともに流動する電荷量は、その場所のツェータ電位や空隙率などの物性量で決められる。流体中の電荷の「停滞」は、これらの物性量の不均質の境界の他、多孔質媒質と非多孔質媒質との境界や、流体と非流体との境界に生じる。後の2つの境界は、界面動電現象の前提となる「多孔質媒質と流体」で構成される系とそうでない系との境界であるから、境界条件として与えることになる。従って、現段階でのシミュレーションは「多孔質媒質中の流体」に媒質の不均質を与えた場合を調べることになる。

流体中の電荷の移動は、電流となるため磁場を生じることが考えられる。本シミュレーションでは、多孔質媒質中の流体に間隙圧力源を与えた場合の圧力及び電位分布と地表で観測されることが期待される磁場の分布を、いくつかの場合について見積る。その結果から、界面動電現象で説明することが可能な地電位差、地磁気の分布と不均質分布との関係を考察する。

### 境界要素法を用いた 応力磁気効果の見積り

坂中伸也・大志万直人・住友則彦  
(京都大学防災研究所地震予知研究センター)

#### Tectonomagnetic Model Calculation Using Boundary Element Method

S.Sakanaka, N.Ohshiman, and N.Sumitomo  
Research Center for Earthquake Prediction  
Disaster Prevention Reseach Institute , Kyouto University

It is sometimes reported that geomagnetic field is changed in association with accumulation of stresses within the crust. We will make clear that mechanisms by simple forward modeling using boundary element method(BEM). BEM has advantage for simple shape model calculations on amount of calculation comparing with finite element method and so on.

In order to confirm a new scheme of tectonomagnetic model calculation with using BEM is appropriate, we applied it to one of standard models called 'Yukutake model'. This model is considered that an infinite cylindrical pipe is embedded within a half space and that a hydrostatic pressure is applied from inside the cylinder.

地殻の応力集中を見積もる手段の一つとして地上で磁場をモニターする方法がある。応力磁気効果(ピエゾ磁気効果)によって生じた岩石の磁化がどのように地上での磁場に影響するかという定式化は次式がよく用いられる。

$$W_s(r) = \iiint_V \Delta M_s \cdot r \left( \frac{1}{\rho} \right) dV$$

今回の計算では応力-磁気効果の原理は一軸性応力下での岩石の磁化変化の実験(Ohnaka and Kinoshita 1968)の結果、磁場を領域境界の寄与だけで表す定式化はSasai(1991)の結果を用いさせて頂いてモデル計算を行った。

$$W_s(r) = 4\pi C_s u_s(r) \theta(r \in V) + D_s \iiint_V \left[ \frac{E_s}{\rho} dV + \iiint_S \left[ \left\{ -C_s \frac{\partial u_s(r')}{\partial n'} + \Delta M_s \cdot n' \right\} \frac{1}{\rho} + C_s u_s(r') \frac{\partial}{\partial n'} \left( \frac{1}{\rho} \right) \right] dS \right]$$

上式はSasai(1991)での磁気ポテンシャルの表現式である。第1項は磁性体内部にのみ効いてくる項で、地上での磁場には影響しない。また、第2項の体積力の項が無視できるとすると、結局第3項の磁性体の表面だけの積分で表現することができる。この表現式は境界要素法でそのまま用いることができる。境界要素法を用いるに於いての利点は、モデルの境界領域のみに変位または応力を与えるだけでよく、計算の過程でも領域内部の値を必要としないことで、それによって初期値を与える手間、CPUタイム、計算機のメモリ領域などを従来の方法に比べて節約できることが期待できる。この計算方法が確立されれば、より実用的に同様なモデル計算に適用できるのではないかと考えている。

この新しい計算方法が適当かどうかをチェックする意味で、いままでもよく計算されて解が確立されているいわゆる行武モデル(1967)に適用してみた。行武モデルは、無限長の円筒を地下に置き、内部から静水圧をかけて地上での磁場の変化を見るものである。本講演では従来の行武モデルの計算結果との比較を行う。

### 西表島周辺群発地震 活動域の空中磁気異常

中塚正・牧野雅彦・森尻理恵(地質調査所)

#### Aeromagnetic Anomalies in the Area of Earthquake Swarm around Iri-omote Island

T. Nakatsuka, M. Makino and R. Morijiri (Geol.Surv.Japan)

西表島周辺地域では、1991年1月から5月に活発な群発地震活動があったが、1992年8月より再び群発地震活動が活発化し、9月から10月には震度5を含む多数回の有感地震が発生した。この群発地震活動に関しては、1989年に発生した伊豆半島東方沖地震火山活動(手石海丘の噴火)との対比などから、マグマ活動との関連の可能性も指摘された。

北琉球弧から中琉球弧にかけては、火山フロント(トカラ火山列)が明確に認められるが、西表島の位置する南琉球弧では、火山フロントの存在とその位置に関しては、必ずしも明らかでない。西表島周辺での火山活動としては、1924(大正13)年に大量の軽石漂流が確認された海底噴火があったが、その噴火地点は特定されていない。

この地域の陸域地質調査からは、新第三紀以降の火成活動は認められておらず、磁気異常源となる可能性がある予想される地層としては、古第三系宮良層群の野底層(グリーンタフ・凝灰角礫岩・安山岩溶岩等)および古生界石垣層群のトムル層(黒色片岩・緑色片岩等)があげられる。

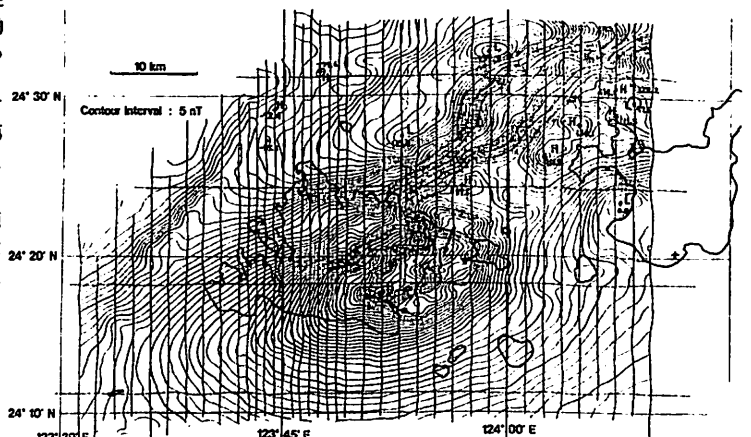
1993年2月19日~3月4日に西表島周辺地域の空中磁気現地調査を実施し、航空機による全磁力測定とGPS測位等のデータおよび石垣島に設置した観測点における地磁気日変化データを取得した。測線間隔は、群発地震の震源域付近では1km、その他の部分で2kmである。

得られた全磁力異常分布の解析から次の諸点が認められた。

- ①石垣島北側から西表島東部の古見岳にのびる高磁気異常は、地表付近まで分布する野底層の分布域に対応する。
- ②その北縁はシャープな段差を示し、NE-SW方向の断層に規制されていることを想起させる。
- ③長波長の高磁気異常が分布する西表島南東部には、野底層の延長もしく

は別の高磁性岩体が比較的深部に存在する。

- ④西表島北西部は、厚い堆積層とその下に⑥の傾斜した基盤が存在する。
  - ⑤探査域北西縁近くの磁気異常急変帯は、トラフの海底地形に対応する。また、デジタル化した地形データを用いて計算した一様磁化の仮定に基づく地形効果との比較検討から、次のことが指摘される。
  - ⑥全般に、観測磁気異常と地形効果との対応は一部を除いて相関がよくなく、地形の表層付近は堆積層の分布が卓越する。
  - ⑦西表島の地形効果の長波長成分は、観測とかなり相似し、この島の深部には、地形に類似した形態の磁気基盤が想定される。
  - ⑧トラフを画する海底地形の急崖に対応した磁気異常は、西表島北方の屈曲部に境に観測磁気異常への現れ方が異なる。
  - ⑨観測における①の北側の低磁気異常の帯は、地形効果にも基本的に現われており、海底地形の急崖部と野底層の北を限る構造で説明される。
- 以上の結果から、群発地震の震源域である西表島北西部には堆積層が発達し、現世の火成活動の痕跡とみられる磁気異常は存在しないといえる。



西表島周辺地域の空中全磁力異常 (IGRF 残差, 海拔高度 2000ft)



藤原 智・中堀義郎・湊 敏弘・都筑三千夫 (国土地理院)

Geomagnetic Survey concerned with the 1993 south-west off Hokkaido Earthquake

Satoshi FUJIWARA, Yoshiro NAKAHORI, Toshihiro MINATO and Michio TSUZUKU (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. We investigated the changes in the CA transfer functions and geomagnetic field 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.

国土地理院は北海道南西沖地震(1993年7月12日、M=7.8)による地磁気の変化を調査するために、7月14日~8月4日の期間、渡島半島を中心に一等磁気測量を4点で実施した。各磁気点における地磁気各成分の変化を気象庁地磁気観測所女満別出張所を基準にして示したのが図1である。震源域に一番近い今金(震源域まで約50km)では、地震の約1年前と地震直後で地磁気北向き成分(H)にほぼ同じ)や下向き成分に最大約7nTの変化がみられた。一等磁気測量の総合的な精度は約3nTであるので有意な変化である。また、この変化は、数年前の変化とは逆のセンスをもっており、地震前に蓄積していた歪が地震とともに開放されたかと仮定したときの、ピエゾ磁気効果によるものであるという解釈も可能である。しかし、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有意な変化はみられない。また、今金では1983年前後(日本海中部地震)に今回と同じ様な変化を示しており、変化の原因を調べるためには断層モデルによる地磁気変化の見積もりなどが必要である。

フラックスゲート磁力計の毎分値データよりCA変換関数を求めたものをインダクションベクトルとして図2に示した。今金では地震の前後とも十分な観測時間と信号強度がえられたために周期6.4分に見られる変化の信頼性は高く、地震により震源域での電気伝導度が下がった可能性がある。

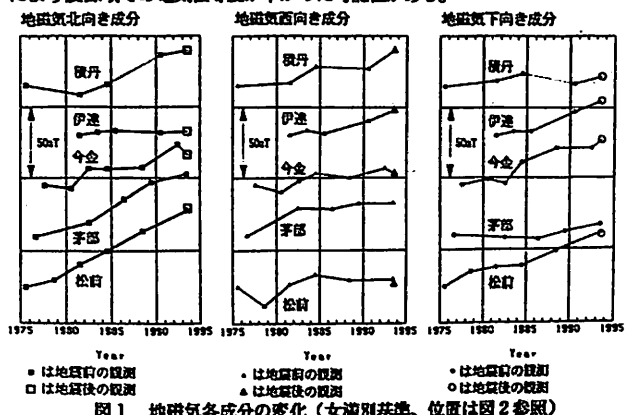


図1 地磁気各成分の変化(女満別基準、位置は図2参照)

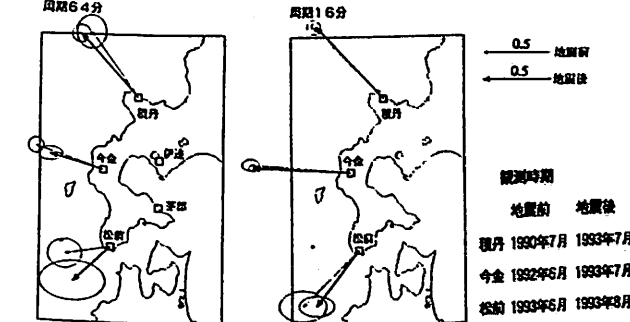


図2 インダクションベクトルの変化(実数部、楕円は2σを表す)

宮城県北部地震震源域の空中磁気探査

三品正明(東北大・理)・歌田久司(東京大・地震研)

Aeromagnetic survey in and around the focal area of Northern Miyagi earthquake in 1962

Masaaki MISHINA (Fac. of Sci., Tohoku Univ.) Hisashi UTADA (ERI, Univ. Tokyo)

An aeromagnetic survey was performed in the focal area of 1962 Northern Miyagi earthquake and its vicinity area in 1992. Total intensity of geomagnetic field was measured by a proton precession magnetometer installed at an airplane. A GPS receiver and a video tape recorder(VTR) with camera were used for positioning observation points. As the recording system for magnetometer, that for GPS system and VTR were not synchronized well each other, the accuracy of the positioning was not so good as about 100m. Data observed at Mizusawa Geodetic Observatory (GSI) were used to correct daily variation. Comparing with IGRF, we obtain geomagnetic anomalies. Marked positive anomalies were observed to the southwest of the focal area. By the model calculation these anomalies are interpreted by magnetic bodies which have strong magnetization and lei western side of the focal area form the south to the north.

はじめに 宮城県北部は現在東北地方内陸部で最も地震活動が活発な地域のひとつであるとともに、1900年(M7.0)、1962年(M6.5)と近年に2度の被害地震が発生した特異な地域でもある。この地域は表層が厚いため活断層も地震断層も見つけられていない。1993年に行われる電磁気共同観測の予備調査として空中磁気探査が行われた。全体的な解析はまだ進んでいないが、結果の一部を紹介する。

測定 測定地域はおおむね北緯38度30分から39度10分、東経140度55分から141度20分の範囲である。飛行高度は4000ft(約1200m)で、高度測定には気圧高度計が使われた。(要旨も参照)

補正 日変化の補正はこの測定地域内にある国土地理院水沢測地観測所の毎分値を使った。経緯度と高さの補正は別には行わずIGRFとの比較によ

て磁気異常を求めた。

磁気異常 得られた磁気異常分布図の主要部をFig.1に示す。1962年宮城県北部地震の震央を☆印で、およその余震域を破線で示した。図から明らかなようにこの地震の南西から西側に顕著な正の高異常が分布している。

解析・結果 磁気異常が磁気基盤の凹凸によって作られていると考えて、観測された磁気異常を説明するような基盤深度を計算によって求めた。誘導磁化のみを考えて一様磁化しているものとして試行錯誤的に深度を求めた。Fig.2に求められた磁気基盤深度分布を示した。なお規模の小さい凹凸については地質調査所による1500mでの磁気異常図を参考にした。

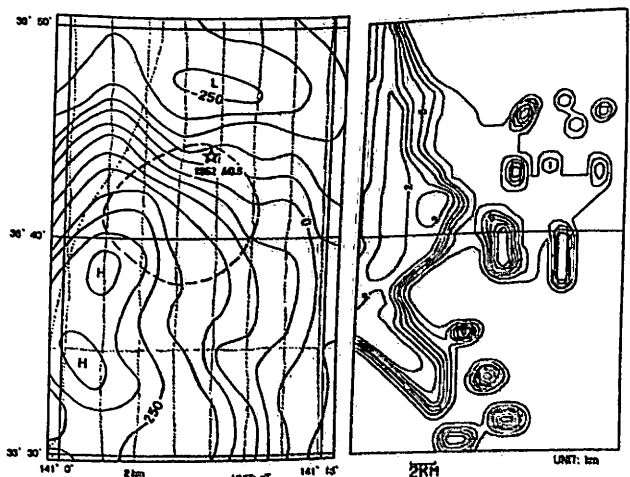


Fig.1 観測された全磁気異常。IGRF Fig.2 全磁気異常から推定された残差。高度4000ft、コンター間隔は50nT。磁気基盤分布。点線は航跡、破線は1962年宮城県北部地震の余震域、☆印は本震の位置を表す。

## 伊豆北東部での地殻活動に伴う全磁力変化

大志万直人<sup>○</sup>・笹井洋一・石川良宣・本蔵義守  
(京大防災研) (東大震研) (東工大理)

### Geomagnetic Changes Associated with the Crustal Activities in the North-Eastern Izu Region

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.)

During the period from 1989, when the Teishi knoll seafloor eruption occurred, to 1992, no remarkable activities of seismic swarm in the north-eastern Izu region were observed. It seems, however, that the crustal condition in this region has become re-activated since the end of 1992, so that a swarm activity was observed in Jan. and a remarkable one took place again in May-June, 1993. During the period, correlated changes in the total intensity associated with the crustal activities, which were centered at the south of Mt. Komuro, were observed at several continuous geomagnetic sites.

海底噴火以後伊豆東方沖での群発地震は、昨年末までは91年8月、12月にわずかな活動を示しただけであったが、93年に入り、1月に最大地震 M3.8 を含む群発活動が見られ、5月下旬から6月にかけて、かなり大規模な群発活動が発生した。

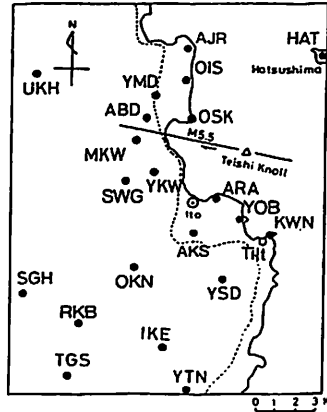
連続観測点は、逐次増設され、93年に入ってからも、OKN(1月)、RKB(2月)、YOB・AR2・AKS(7月)が増設され、現在21点で連続観測を実施している(第1図)。第2図に92年9月から93年8月までの期間の、菅引(SHG)を基準とした、全磁力値の夜間単純差の5日平均値を示す(一部の測点のみ)。93年1月の活動域は、KWNのほぼ東側に隣接し、5月下旬から6月にかけての群発活動域は、ARAのほぼ真下に位置していた。残念ながら、ARAでは5月頃から8月始めまで、センサー周辺の庭工事が行なわれていたため、人工擾乱を受けてしまった。一方、KWNでは92年10月下旬から93年1月にかけて、

3nT程度の全磁力減少が観測された。この減少分は5月頃から僅かの回復が見られるものの、ほぼ一定値を保ったままで、92年10月時点の値まで、まだ回復していない。

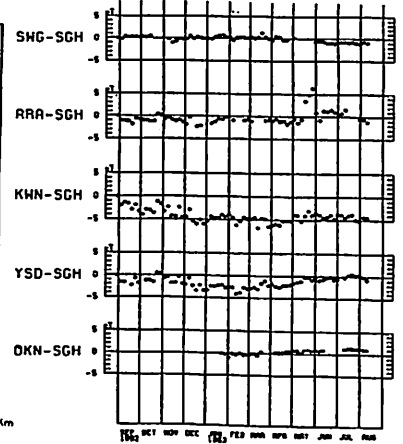
KWNでのような92年10月頃からの全磁力減少は、YSD、IKEでも見られる。ただし、YSD、IKEでは、5月頃から、それまで見られた減少傾向が増加に転じ、現在までに、ほぼその値を回復したように見える。さらに、93年1月下旬からの観測開始のため、それ以前の変化の様子は不明だが、観測開始から現在までの変化から推測すると、どうもOKNでも、昨年の終わり頃からの減少、5月以降の回復という変化があったように見える。

以上から、判断すると、92年10月から現在までに生じた、「全磁力の減少、その後の増加回復」(ただしKWNでは回復していない)という変化は、ある広がりを持った全磁力変化で、現在小室山あたりを中心に起っている地殻変動の熱的な側面を反映したものと推測される。

第1図



第2図



## 無人飛行船による雲仙岳上空全磁力測定 (不均質帯磁構造について)

電磁気研究グループ

発表者: 松島政資 (東工大理)

### Total Magnetic Field Measurement above the Unzen Volcano Using a Blimp-Borne (Inhomogeneous Magnetization Structure)

Electromagnetic Research Group

(to be presented by M. Matsushima, Tokyo Inst. Tech.)

Geomagnetic total intensity was measured with a radio-controlled blimp over Unzen Volcano on March 12, 1992. The path of the blimp flight was determined with three transits. The total intensity distribution is characterized by a pair of positive and negative anomalies reflecting the magnetization of Mt. Fugen (Fig. 1), and is explained by the effect of topography with non-uniform magnetization (Fig. 2). Here the non-uniform magnetization is determined by an inversion method.

1992年3月12日、無人飛行船にプロトン磁力計を取り付け、雲仙岳上空において全磁力測定を行った。当初、GPSを使って航路の決定を行う予定であったが、積載重量等の兼ね合いから、トランシットを用いて3地点(仁田峠第二駐車場・妙見岳山頂・囃見岳山頂)から航路決定を試みた。また、仁田峠第二駐車場からの8mmビデオによるモニター記録も参考にして航路を決めた。

5秒間隔で測定した全磁力の分布および決定した飛行船の航跡をFig. 1に示す。等高線の間隔は50 nTである。普賢岳下部を中心とした磁性体によってできる全磁力分布がFig. 1に見られる。このデータから普賢岳の帯磁強度に関する情報が得られる。

今年春の合同大会では、地形の効果による磁気異常を計算した結果を示した。一様に帯磁している場合と比較して、帯磁が非一様である場合には、特に、普賢岳東部に帯磁が強い領域があるとすると、観測された全磁力分布をうまく説明できる(Fig. 2)。しかしながら、普賢岳近くの磁気異常を十分に説明するには至っていない。今回は、インバージョンによって帯磁強度分布を求め、今後の全磁力変化の空間分布を調べていく上での基礎とする。

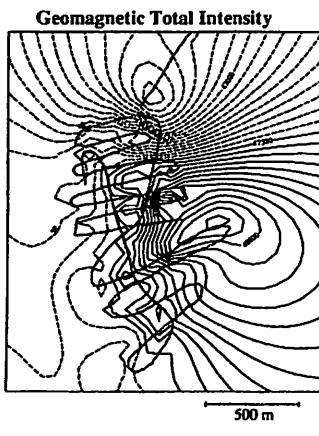


Fig. 1

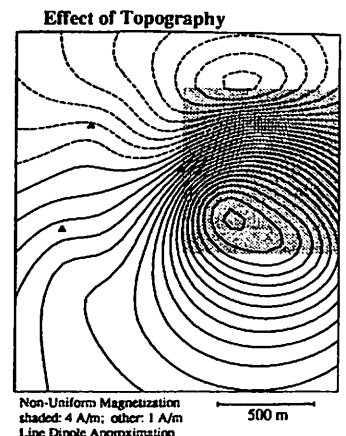


Fig. 2

# Network-MT法による 雲仙火山周辺での見かけ比抵抗分布

上嶋 誠・歌田久司・鎌山恒臣(東大震研)・  
橋本武志・田中良和(京大理)・雲仙火山MT観測グループ

Spatial distribution of apparent resistivity around Unzen Volcano revealed by the Network-MT method

M. Uyeshima, H. Utada, T. Kagiya (ERI),  
T. Hashimoto, Y. Tanaka (Fac. Sci., Kyoto Univ.) and  
Magnetotelluric Research Group of Unzen Volcano

In order to determine the deep geoelectric structure under the Unzen Volcano now in eruption, and to monitor the variation of the structure, we have conducted the Network-MT observation since last winter. Here, the spatial distribution of apparent resistivity will be shown. Low resistivity portion is detected just under the Mt. Fugen-dake in the period range  $10^{2.5} - 10^4$  sec.

現在も活発な活動を続ける雲仙火山周辺の深部電気伝導度構造を決定し、更に、火山活動の推移に伴う構造の変化を捉えるため、島原半島北部で1992年12月よりNetwork-MT観測を継続している。

図1に、解析によって得られた1992年12月-1993年1月の期間の周期64分の見かけ比抵抗分布を示す。1オーダー内におさまる微弱な空間分布が捉えられている。普賢岳から北東方に広がる低比抵抗域、その北方で千々石の方へ伸びる低比抵抗域が特徴的である。図2には、図1の太線で囲まれた東西に並んだ7つの地域について、見かけ比抵抗の周期依存性を示す。鎌山等の短周期による周期500秒迄のULF-MT観測結果と、今回の最短周期

の結果とは調和的であった。

電磁誘導のスケール長(例えば比抵抗を100Ωm、周期を64分とすると、300km)にくらべ水平方向の見かけ比抵抗分布のスケール長が格段に小さいことや(図1)、東側と西側の高-低のコントラストが周期によらず存在している(図2)ことから、上述の低見かけ比抵抗異常の原因が地殻の比較的浅い部分にあることが示唆される。

最後に、本研究において、多大なる御協力を頂いている町の方々や、快く電極設置場所を提供頂いた方々に厚く謝意を表します。

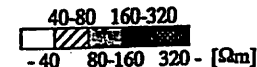
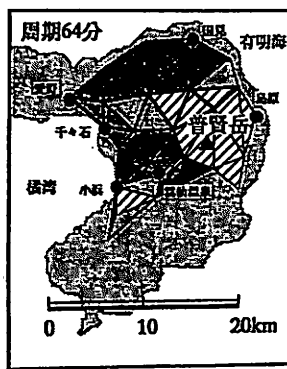
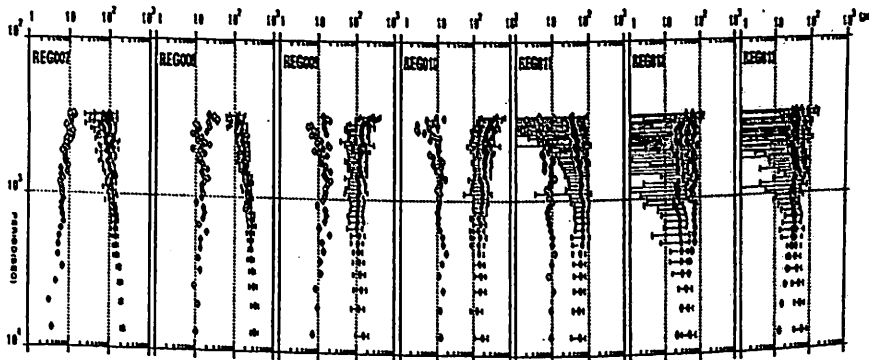


図2 見かけ比抵抗の周期依存性。図1の東西に並んだ太線で囲まれた7つの領域について示している。2つの非対角impedanceを示し、黒塗りは電極が東北東-西南西方向である(即ち、図1において空間分布を示した)もの。

図1 周期64分の見かけ比抵抗の分布。2つの主軸非対角impedanceのうち、電極が東北東-西南西方向であるものを示している。



## 霧島新燃岳火口周辺の自然電位分布について

橋本武志・田中良和(京大理) 鎌山恒臣・増谷文雄(東大震研)

Spatial distribution of self-potential measured around the crater of Shinmoe-Dake, Kirishima volcanoes.

Takeshi HASHIMOTO, Yoshikazu TANAKA (Fac. Sci., Kyoto Univ.)  
Tsunemi KAGIYAMA, Fumio MASUTANI (Earthq. Res. Inst., Tokyo Univ.)

Self-potential was measured around the crater of Shinmoe-Dake, Kirishima volcanoes. Followings were found with our survey.

- 1) Some positive SP anomalies exist on the fumaroles inside the crater.
- 2) In Shinmoe-Dake region there is the negative correlation between SP and topographic elevation with its coefficient  $-1\text{mV/m} \sim -2\text{mV/m}$ .
- 3) There exists a clear positive anomaly on the east of the outside of the crater, where no fumaroles can be seen.

The fact 3) suggests that the fissure, which appears on the westside surface of the crater, extends to the eastside under the ground.

活火山では、特に噴気地帯や高温地帯の地表で自然電位の正の異常がしばしば見られる。このような自然電位異常は、地下の熱水の流動に伴う電流系が地表に現れた結果であるとする仮説があり、この仮説に従えば正の電位異常が見られる場所は、地下での熱水の上昇域に対応する。自然電位の空間分布を調べることで、地下での熱水対流の規模を推定することができる。また、地表へ直接水蒸気の噴出がない領域でも潜在的に地下で熱水の上昇があるかどうかを推定することが可能ではないかと推定される。

著者らは、1991年11月に微噴火を開始した霧島新燃岳の火口周辺における自然電位の空間分布を調査した。調査はまだ進行中であるが、これまでのところ1992年11月に火口の外側、1993年5月に火口の内側を測定した。図1はこれらの測定結果を合わせて等電位線図にしたものである。特徴を箇条書きにする以下ようになる。

- 1) 火口内の噴気孔周辺で50 mV程度の正の電位異常がある。
  - 2) 火口の外側では基本的に地形標高と相関のある電位分布になっており、その係数は $-1\text{mV/m} \sim -2\text{mV/m}$ である。
  - 3) 2)に重なる火口外側の東斜面に50 mV程度の正の電位異常がある。
- 3)の異常は、地表には噴気が認められない場所に位置している。しかし、これは火口西側斜面の割れ目噴気跡を東に延長した位置にあり、このラインに沿って地下で構造的な弱線がある可能性を示唆している。  
なお、火口の西側斜面では連続記録で自然電位の変動をモニターしており、2つの調査時期の間に大きな電位変動がなかったことを確認している。

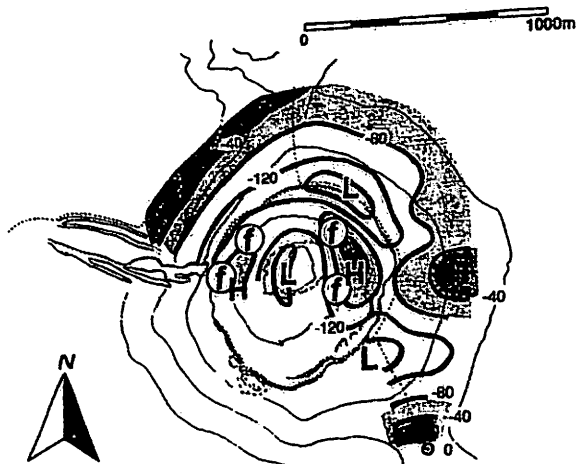


図1: 新燃岳周辺の自然電位マップ。fは噴気を表す。

Time variation of apparent resistivity

Hiromi Takayama (Meteorological Research Institute)

Geoelectric variation observed by making use of telegraphic facilities are very stable over a long time. Time variation of apparent resistivity was investigated. Everyday 256 data, which were sampled every minute from 0000 to 0415, were used. Multiple regression model was fitted to geoelectric and geomagnetic variations in time domain. Apparent resistivity was obtained by Fourier-transforming parameters of the estimated model. A result for KSM-MTO (19.1km, N93° E) is shown in Fig.1. Means of apparent resistivity for 8, 16, 32, 64 and 128 minutes are 708, 914, 1010, 1190 and 1050 Ω・m, respectively. Variances for 16 and 32 minutes are comparatively small and that for 8 minutes is rather large.

NTT(日本電信電話株式会社)の通信施設を利用した長基線地電位の測定を1985年から継続している。この観測で得られる地電位変化は長期的に非常に安定している。今回は水戸でのデータを用いて、見掛け比抵抗の時間変化を調べた。

データは毎日の0時0分から4時15分までの256個の1分値を用いた。これは夜間の方が相対的に人工的ノイズが小さいためである。地磁気データとしては柿岡のKASMMERの1分値を用いた。解析対象とする測線ごとに地磁気データを測線に平行な成分と直交する成分に変換した。地電位データをE(t)、地磁気データの測線に平行な成分をX(t)、直交する成分をY(t)としてそれらの間に次の様な関係があると仮

定した。

$$E(t) = \sum_{m=0}^M \{a(m)X(t-m)+b(m)Y(t-m)\}$$

最小二乗法によってa(m)とb(m)を求め、モデルの次数MはAICを最小にするように決定した。a(m)とb(m)をフーリエ変換することによってインピーダンステンソル、さらに見掛け比抵抗値を計算した。

笠間-水戸(19.1km, N93° E)の地電位変化についての結果をFig.1に示す。上から8, 16, 32, 64, 128分の見掛け比抵抗である。それらの平均値はそれぞれ708, 914, 1010, 1190, 1050 Ω・mである。分散は16分と32分で小さく、8分が最も大きい。

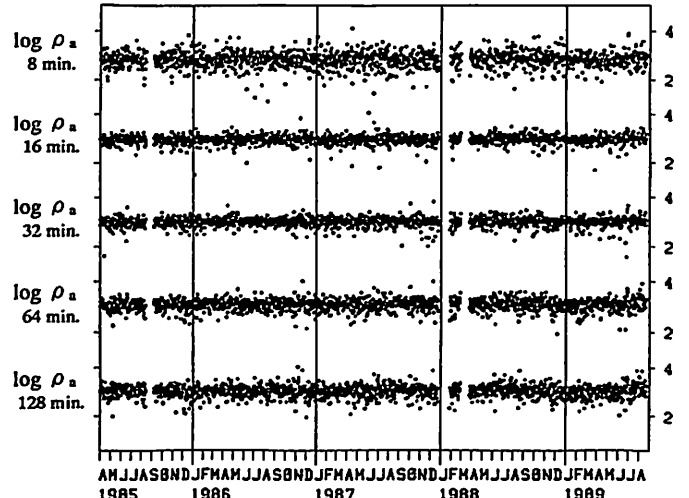


Fig.1 Time variation of apparent resistivity for KSM-MTO.

Measurement of Subsurface Resistivity with Broadcasting Wave

Y. Kitamura and M. Seto (Tohoku Institute of Technology)

Subsurface resistivities were measured by using the medium band radio waves transmitted from commercial broadcasting stations. The measurements were carried out at some places where there are tunnels beneath there.

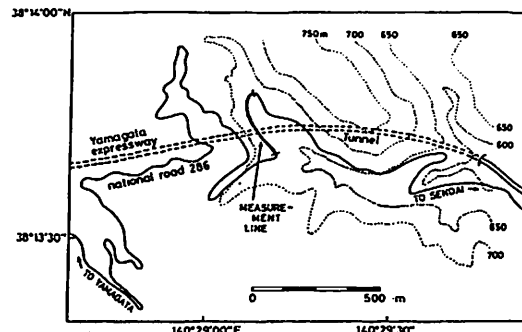
The results indicated that resistivities measured just above tunnel are low compared with those measured around the tunnel.

中波放送局から送信されている放送波(表面波)の偏波状態は、大地の比抵抗あるいは周波数に依存しており、偏波状態を知る事によって比抵抗を求められる。この方法は古くから提案されているが、その有用性などについては十分な議論がされていないと思われる。また、放送波を用いた比抵抗測定方法は他の方法に比べ測定が容易であるので、その有用性を調べることは重要である。

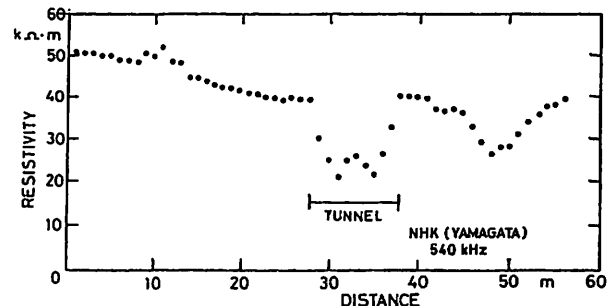
そこでまず、トンネルという地下に明瞭な比抵抗変化のある場所で放送波を用いた比抵抗測定実験を行って、比抵抗変化を検出できるかどうかを調べた。

第一図は仙台と山形を結ぶ山形自動車道の笹谷トンネル付近の概略図である。トンネルの上約70mの所を国道286号線が横切っており、それを測線として実験を行った。

第二図が測定結果の一例である。NHK山形第一放送(540kHz)を用いてトンネルの真上付近を1m間隔で測定した結果である。トンネルの上で比抵抗値が小さくなっているのがわかる。



第1図



第2図

NHK山形とトンネルは約13km離れているが、約35km離れたNHK仙台(891kHz)や東北放送(1260kHz)を用いても、測定した。しかし、第二図のような明瞭なトンネルの影響は見られなかった。

また、他のトンネルを対称にして同様な実験を行った。放送局からの距離、用いる周波数、雪など大地の表面の状況などの制約は受けるが、この方法は浅い所の比抵抗測定に用いることができると思われる。

TDEM 法による花折断層周辺の比抵抗構造 (II)

°神田 径、歌田久司 (東大地震研)  
地殻比抵抗研究グループ

Resistivity structure in the Hanaori fault zone inferred from TDEM sounding (II)

°Wataru Kanda, Hisashi Utada

( Earthquake Research Institute, University of Tokyo )

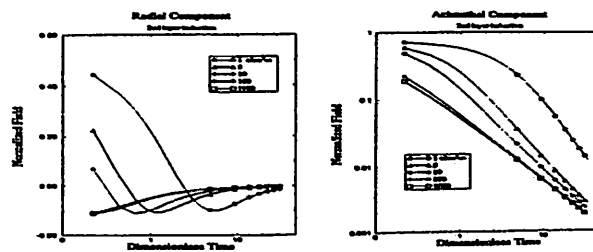
Research Groupe for Crustal Resistivity Structure

Abstract

In November 1991 TDEM experiment was carried out around the Hanaori fault, Northwest of Lake Biwa, as a part of the cooperative project by the Research Group for Crustal Resistivity Structure. We have already reported the resistivity structure which was inferred from vertical component of magnetic field data. In this study, horizontal components are analyzed and possibility of deep sounding by use of them is discussed.

1991年11月、地殻比抵抗研究グループでは、琵琶湖北西部の花折断層周辺における地球電磁気共同観測の一つとして、深部探査を目的とした TDEM 比抵抗探査を実施した。TDEM 法は人工信号源を用いて大地の過渡応答波形を測定する時間領域の電磁法である。コントロールソースを用いるのでノイズに強いことのほか、一次場のない状態で測定を行うため、地表面付近の構造の影響を受けにくいという利点があり、深部探査に適した手法として近年注目されている。

前回の学会では、一次元の比抵抗構造についてのプレリミナリーな解析結果を報告したが、測定データ (磁場三成分・電場二成分) のうち



(a) 動径方向成分 (b) 方位方向成分

図 1: 磁場の水平成分の標準曲線

磁場の鉛直成分のみを用いて解析を行なったにすぎなかった。そこで、今回さらに解析を進め、磁場の水平成分を用いた場合の考察も行なってみた。

図 1 に磁場の水平二成分の標準曲線を示す。一次元の三層モデルで第一層および第三層を  $100\Omega \cdot m$  として第二層の比抵抗値を変化させて描いたものである。ただし、横軸は時定数  $\mu_0 \sigma_1 r^2$  で無次元化した時間、縦軸には一次磁場で規格化した磁場をとっている。動径方向成分を例にとると、conducting な層の存在によって、いわゆる late time においても比較的大きな振幅を期待できる場合があり、減衰のはやい鉛直成分に比べてノイズの大きな場所においても深部の情報が得られる可能性があることを示唆している。

本講演では、磁場の水平成分を用いた深部探査の可能性および鉛直成分から得られた結果とのちがいについて報告する。さらに、地殻比抵抗研究グループでは、本年 11 月に東北地方で共同観測を予定しており、TDEM 法による比抵抗探査を行なう際に注意すべき点についても言及したい。

花折断層の電気伝導度構造

(断層深部の構造)

°宝谷博之、山口覚 (神戸大理)、後藤忠徳、住友則彦 (京大防災研)、地殻比抵抗研究グループ

THE CONDUCTIVITY STRUCTURE AROUND THE HANAORI FAULT  
H.HOUTANI, S.YAMAGUCHI (Kobe Univ.), T.GOTO, N.SUMITOMO  
(Disaster Prevention Research Institute, Kyoto Univ.), Research Group for Resistivity Structure

In autumn, 1991, the resistivity structure around the Hanaori fault was investigated by Research Group for Resistivity Structure. Then, a clear contrast of the conductivity structure was found between both side of the fault. But the deeper part (some tens of km) of the east side of the fault has been hard to detect because of the severe artificial noise.

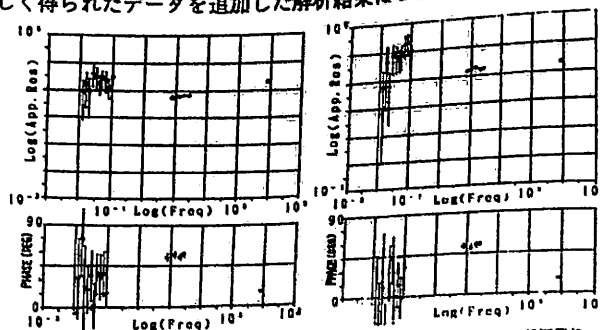
Additional observation in the ULF band was carried out at six sites. We will report preliminary sounding curves of additional observation and revised conductivity structure around the Hanaori fault including the result of additional observation.

1991年秋、地殻比抵抗研究グループは琵琶湖北西部に位置する花折断層周辺で ULF, ELF, VLF 帯の電磁気共同観測を行った。その結果、断層東西での電気伝導度構造が大きく異なる事が明らかになった (SGPESS 90,91 回講演)。その違いは以下の様にまとめられる。

- ・断層西側: 100m~500m以浅 .. 数100Ωmの低電気伝導度を示す  
これ以深 .. 60Ωmの高電気伝導度を示す
- ・断層東側: 10m~100m以深 .. 500Ωm以上の低電気伝導度を示す

さて、深部構造の決定するのに重要なULF帯の観測は、断層西側で3点、近傍で1点得られているだけであった。特に人工ノイズが大きいため、解析可能なデータはこれまで得られていなかった。

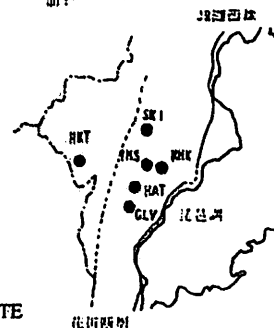
そこで今回、我々は5月末~7月末にかけて追加のULF観測を行った。観測点は断層西側の平良北(HKT)、断層近傍のSKI場(SKI)、及び断層東側の4点である。現在、これらのデータを解析中であるが、予備的な解析結果を以下に示す(中津北)。本講演では、この新しく得られたデータを追加した解析結果について報告する。



左上: 中津北(NMK) で得られた見掛け比抵抗(TE MODE)  
右上: 同上 (TM MODE)

※ 中津北では深部に数千~数万Ωmの低電気伝導度が表示されている。

右図: 断層を挟んだULF追加観測のSITE

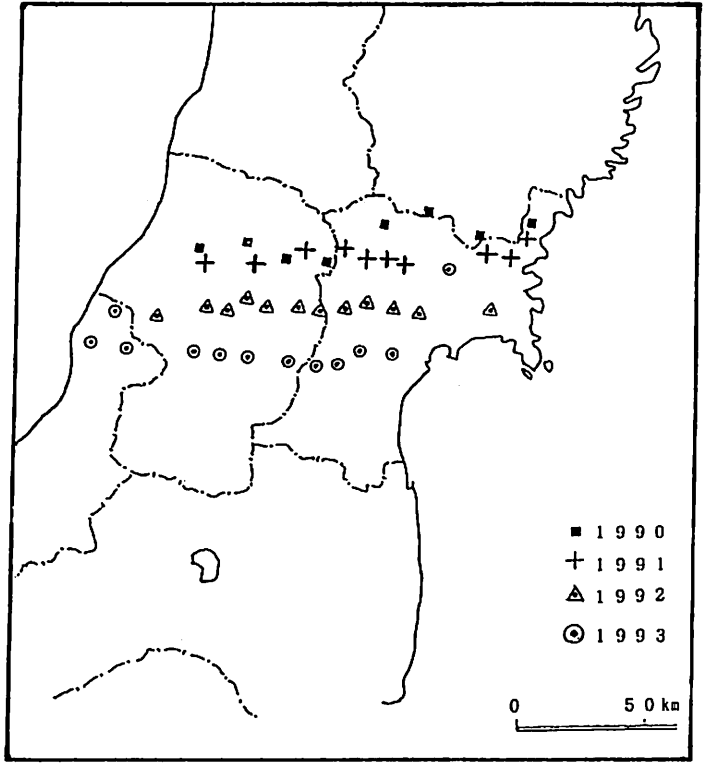


Yukio Fujinawa (NIED), Makoto Uyeshima (ERI)  
Noriaki Kawakami, Sinji Takasugi (GERD)

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. Broad band magnetotelluric sounding (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 is apart about 30 km. Measurements at a pair of two sites on each transect spacing about 70 km were conducted simultaneously for the sake of remote-reference data analysis. Every site was carefully chosen so as to avoid civil noises as far as possible.

The induction arrows on the northern two transects indicate that there is a major structural boundary passing WNW-ESE from near Mt. Chokai through Matsushima near Sendai reaching several tens kilometer depth, which is consistent by other geophysical data : seismic velocity distribution, geomagnetic and gravity anomalies.

Impedance- and tipper strikes show variable distributions both in space and frequency suggesting complex features of the geoelectrical structure in the region. Models obtained using 1-D Bostlick inversions of rotationally invariant parameters indicates several low resistivity anomalies affected by the Quaternary volcanic activities in the Tohoku Mountain Ranges, the sediment near the Japan Sea coast, localized inhomogeneity at the seismically active region of the latest Northern Miyagi Earthquake (1962). Two-dimensional models are also tried by the inversion techniques taking account of the resolving power of the present measurement.



Broad-band magnetotelluric sounding along the three transects.

The New System of KASMER (II)

Masayoshi Tezuka, \*Satoru Tsunomura, Akira Yamazaki, Tetsuo Tokumoto  
and Yuji Yamada  
( Kakioka Magnetic Observatory )

Optical pumping magnetometers, which have been used as the main instruments for variation measurement of Kakioka Standard Magnetometer (KASMER) were replaced with the new machines in the spring of 1993. The new system which is composed of a high sensitivity fluxgate magnetometer and four Overhauser magnetometers is in routine operation now.

After the examination and test observations, we decided to direct the axes of Fansleau-Braunbek coils to vertical ( H measurement ), geomagnetic north ( Z measurement ) and 45 degree east from geomagnetic north ( Fyz measurement ) directions.

Cancel fields are kept constant and the H, Z and D components are calculated from measured values :

- H component : H and Z measurements
- Z component : Z and H measurements and D component
- D component : Fyz, total field and H measurements.

The method is different from that of the previous system where supplemental cancel fields have been operated in order to measure the target values directly. In the new system, the compensations are made through the calculation using other component measurements.

The mini computer system was also replaced with that composed of work stations which are connected by ethernet cables. KASMER data are recorded by two workstations in parallel. Sampling rates of the magnetometers are all unified as one second to avoid the complexity of data logging software. Data logging and processing programs are mainly divided into the following three parts

1. Data logging and monitoring
2. Absolute measurement data processing

3. Data processing for the base line adjustment and corrections  
Each group consists of several programs. The non-stop data logging program is not allowed the data missings. HP workstation ( HP9000/720 ) can afford the heavy duty of several years continuous operation and the data logging procedure for the measurement system are stably continued by the strong priority settings supported by HP-UX. Data are sent from the interfaces ( DASBOX 8300A of SYSTEM DESIGN SERVICE CORPORATION ) to WS via DMA transfer.

The monitoring of the data is displayed on the graph on X-Window system with one second updating. The data correction procedures are basically same as those of conventional methods. The recent data comparison of a fluxgate and Overhauser magnetometers are shown in Fig.1. In the lecture, the error estimation of component observation by Overhauser magnetometers and the data processing procedures on WS will be introduced.

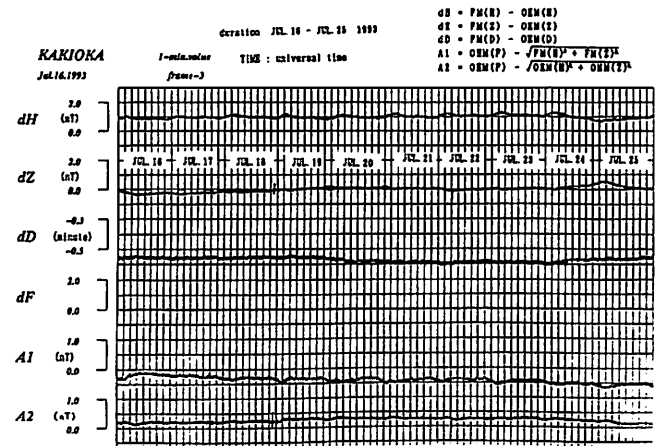


Fig.1 The comparison of one minute values of H, Z and D components of Overhauser magnetometers with those of a fluxgate magnetometer.

○ 官腰潤一郎\*、塩崎一郎\* 鳥取大学教養部  
中村正夫\*\*、瀬戸憲彦\*\* 東京大学地震研究所  
藤縄幸雄\*\*\* 科学技術庁防災科学技術センター  
Observation of the Geoelectric Potential Difference in Wakayama Using  
Multi-channel Electrodes of Short-spacing in the Hope of Detecting an  
Earthquake Precursor

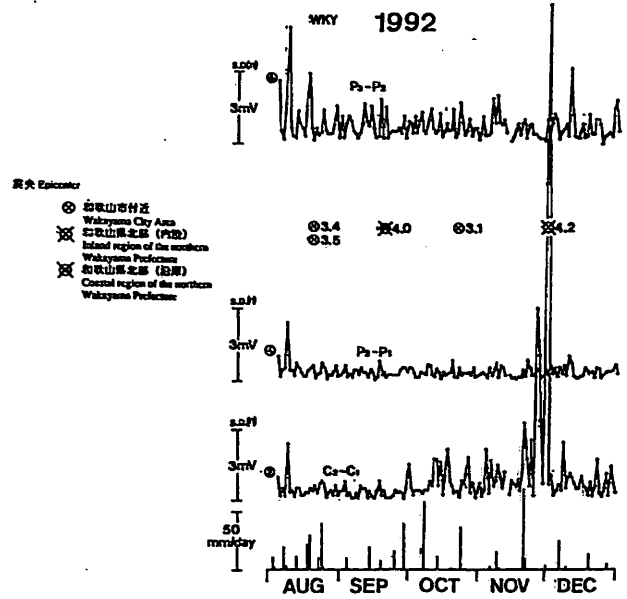
○J.Miyakoshi\*, I.Shiozaki\* ( Inst.Earth Sci.,Tottori Univ.)  
M.Nakamura\*\*, N.Seto\*\* (Earthq.Res.Inst.Univ.Tokyo)  
Y.Fujinawa\*\*\* (Nat.Res.Inst.Earth Sci.&Disaster Prev.)

Based on successful results of four cases in our observation of the electric precursor to the earthquake occurrence, continuous observation of the electric potential difference (E.P.D.) between a pair of grounded electrodes is now under way in a small cave in the Wakayama Seismological Observatory, University of Tokyo. Observation of E.P.D. are conducted with 9 electrode pairs using two kinds of electrodes for comparison, carbon lod electrodes and Pb-PbCl<sub>2</sub> lod electrodes. The distance between electrodes are quite short, about 30 meters at most, and the measurement are made every 30 minutes digitally. Wakayama City and its vicinity are well-known among seismologists for the anomalously high activity of the shallow earthquakes always. There are also high man-made electric noises which are produced, most probably, by the electric trains operating during the daytime.

Observation was started in the August 1989 and hitherto we found that the standard deviation of the E.P.D. during the night time (S.D.(n)) is usually less than 1 mV, however, it reaches more than 2mV preceding to the earthquake of M=3 class occurred in the area of Wakayama City, or reaches more than 10 mV, preceding for about 10 days to the earthquake, or accompanied by the earthquake of M=4 class occurred in the inland region of northern Wakayama Prefecture. But not to the earthquakes occurred in the coastal region of the northern Wakayama Prefecture.

This will be difficult to be explained as the sudden resistivity change or as the streaming potential phenomena. Some electromagnetic emission from the epicentral region must have been occurred intermittently and our observation, using the carbon lod electrodes with the long time constant, succeeded to observe a part of the emission, although the mechanism of propagation of the electromagnetic wave in the earth crust is not uncertain for us yet.

No. of Electrode	Electrode	Position
0	Pb-PbCl <sub>2</sub> lod	Concrete wall in the observation cave
	Carbon lod	
1	Pb-PbCl <sub>2</sub> lod	Ground in the observation cave
	Carbon lod	
2	Pb-PbCl <sub>2</sub> lod	Ground in the observation cave
	Carbon lod	
3	Pb-PbCl <sub>2</sub> lod	Slope upon the observation cave



- 1.電極間隔30m程度の炭素棒電極間電位差の夜間静穏時のバラツキ(標準偏差, SD)は普段は1mV以下であるが、和歌山市周辺に発生するM>3クラスの地震或は和歌山県北部に発生するM>4の地震に先行または相伴してSD>2mV、ときにはSD>10mVの大きなバラツキを示す。
- 2.M>4の地震であっても海側に発生した場合にはバラツキは生じない。
- 3.このバラツキは炭素棒電極間に顕著であり、殆ど同じ場所に埋設されているにもかかわらず非分極性の鉛塩化鉛電極間では顕著でない。
- 4.このバラツキの原因を降雨の影響として説明することはできない。人為的ノイズでもないと思われる。
- 5.このバラツキは、恐らく周辺における地震発生前に震源域で固体的に電磁放射が行われこれによる電場変化が時定数の大きな炭素棒電極間で観測されたためであろう。

尾坪秀俊(東海大航空宇宙学専攻)、青山巖、利根川豊(東海大航空宇宙)

Analysis of Magnetic Field Disturbance  
Produced by Electric Railway in the Hadano Basin

H. OTSUBO (Course of Aeronautics and Astronautics, Grad. School, Tokai Univ.)  
I. AOYAMA, Y. TONEGAWA (Depart. of Aeronautics and Astronautics, Tokai Univ.)

Magnetic fields are measured in the Hadano Basin with fluxgate magnetometer in order to analyze magnetic field disturbance which would be produced by leakage current due to electric railway, mainly, the Odakyu Line.

Relations between the magnetic field disturbance and electromagnetic structure of lower part of underground, especially, aquifer are investigated. So the Hadano Basin is mostly filled with groundwater, the portion above basement is relatively considered as a high conductive thin layer. Thus, if the leakage current is assumed as a finite vertical line current, the horizontal magnetic field disturbance gives smaller estimation compared with the leakage current assumed as a semi-finite. To ascertain the above, the theoretical model is adapted as exact as possible.

これまで地下の電磁気的構造の推定において、鉄道、送電線、パイプラインなどの人工物は擾乱磁場を発生させる有害な存在であった。しかし、最近では逆にこの擾乱を利用した地下構造の推定も試み始められている。鉄道からの漏洩電流を測定し断層や構造線などの地下の電気的構造を推定する事が行なわれており、その結果

鉄道からの漏洩電流は定性的には十分に地下の比抵抗構造を反映していると報告されている(土井・住友(1984)、藤原・住友(1986)、官腰・西田(1984))。また、鉄道から電流が漏洩する仕組み(電気学会(1977))、擾乱磁場の計算法(柳原・大島(1955)、柳原(1977)、井上(1980)、徳本・角村(1984))、漏洩電流の擾乱の大きさとその日の降水量と関係(高橋・小川(1988))等が報告されている。

本研究では、秦野盆地における鉄道(主に小田急線)からの漏洩電流により生じた磁気変動と電磁気的地下構造との関係を調査する目的で、フラックスゲート磁力計による磁場観測を行ない、周波数解析や簡単なモデル計算との比較を試みている。特に水瓶と宮われる秦野盆地の帯水層と磁気変動との関係を検討している。

秦野盆地の基底は、丹沢層群をつくる緑色凝灰岩で、その上に丹沢山地より運搬された砂礫が堆積している。堆積物の厚さは、盆地の中央部にあたる運動公園付近では160[m]と推定されている(長瀬他(1972))。また、盆地の地下には大規模な地下水層があることも知られている(長瀬(1985)、横山・荻野他(1979)、秦野市教育委員会(1984)、大木他(1971)、横山・平野他(1979)、横山・荻野他(1972))。

秦野盆地の基底上に多量の流動的地下水が存在することに着目すると、その部分は他の深部よりも高い電気伝導性を持つ薄い層であると想像される。従って鉄道からの漏洩電流は、ほぼ全てをその薄層に吸収され、ある経路を辿って変電所に戻ると思う。吸収された漏洩電流は二次的な擾乱磁場を生ずるが、その電流の成分は非常に複雑であるので今回は考慮しないことにした。そこで、漏洩電流は有線電流と仮定され、従来の半無限とするよりも、水平電流擾乱に類似地点によっては非常に小さく見積もられることが推測される。前回の1988年3月から1989年3月までの観測では各観測地点毎に、正午前後(日本時間)、約2000秒の磁場8成分データを1秒毎にデジタル記録した。モデル計算の結果、地下の電気伝導度を一概と扱うよりも盆地の基底深度を考慮した方が観測値に近い値を得られた。しかし、昼間の観測では人工的雑音の多い事に加えて電車の往来も頻繁でありモデル計算は複雑になり厳密さを損なう。そこで今回の1993年4月以降の観測では小田急線の下り最終電車の到着を待って出来る限り現象に近いモデルを設定し解析を行う。

C32-P1-12

浅間火山における磁気異常

\*牧野豊彦・中塚 正・大畑茂雄 (地質調査所)

Geomagnetic Anomalies of Asama Volcano  
M.Makino, T.Nakatsuka, and S.Okuma(Geological Survey of Japan)

In the vicinity of Asama Volcano, we carried out a helicopter survey, low altitude and small spacing between flight-lines(150m). The geomagnetic anomalies enable us to discriminate mafic rocks from felsic ones between the members of Asama Volcano; Kurofuyama, Hotokeiva lava, Maekakeyama, and Kazayama. Magnetic intensity of Kurofuyama lower member is roughly estimated to be 2 A/m, Maekakeyama lava 1 A/m, and Kozumayama lava dome 0.3 A/m.

1992年10月に浅間火山において低高度・高密度の空中磁気探査を実施した。ヘリコプターに釣り下げた2台のバードにプロトン磁力計と携帯型パソコンを搭載し、測定データを無線でキャビンに送信し、GPSデータ、気圧高度データ、対地高度データを収録する探査システムを開発した。対地高度ならびに測線間隔は150 mに設定し、探査地域は東が小浅間山、西が車坂峠、南が石尊山、北が鬼押出を含む東西約12km、南北10kmである。

Fig.1から明らかなように地形・地質に対応した磁気異常が得られた。黒斑山の牙山溶岩はSiO<sub>2</sub> 54%の苦鉄質(Aramaki,1963)で、それに対応した最も強い磁気異常をもつ。珪長質のデイサイトから成る小浅間山の磁気異常は弱い。また、前掛山、益山火口はかなり良く地形の影響を反映した磁気異常分布を与える。ただし、仏岩溶岩は小浅間山と同質のデイサイト(SiO<sub>2</sub> 72%)から成る火山体を作っているが(荒牧,1993)、そこには顕著な強い磁気異常がみられることから、強磁性岩体の存在を示すと思われる。

謝辞：地上定点地磁気観測では東大浅間山火山観測所の皆様には御世話になりました。

ASAMA

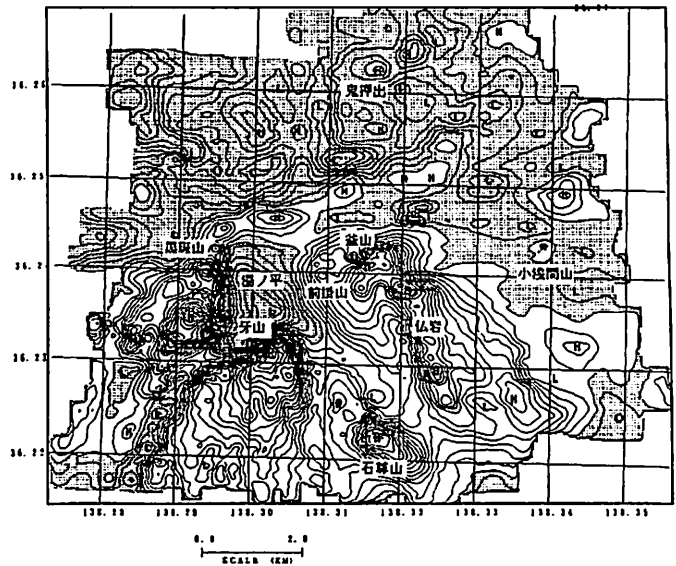


Fig.1 Geomagnetic anomaly map of Asama Volcano. Contour interval is 50nT. Shaded area shows negative anomaly.

C32-P1-13

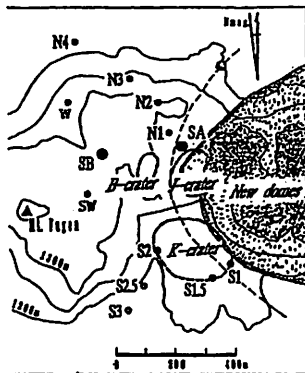
地磁気変化から推定される雲仙岳の火山活動  
(1991-1992)

田中良和・橋本武志 (京都大学理学部)

Volcanic activities as inferred from geomagnetic changes  
on the Unzen Volcano (1991-1992).

Yoshikazu TANAKA and Takeshi HASHIMOTO  
Faculty of Science, Kyoto University

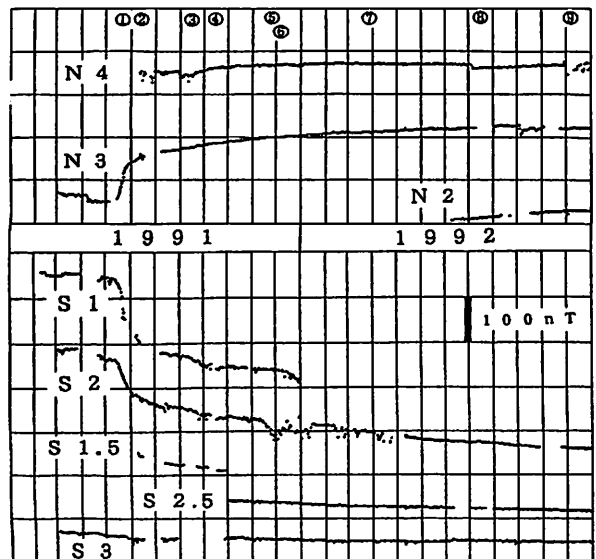
The eruptions of Unzen volcano started in November 1990. Geomagnetic total fields have been observed since March 1991 with proton magnetometers near Jigokuato crater. The fields decayed exponentially after the sudden enhancement related with a new dome intrusion on May 20, 1991 as shown in a figure. This fact supports the geomagnetic changes will be mainly caused by thermal remanent magnetization of old volcanics. Position and size of the sources were calculated monthly with consideration of observational errors, and are discussed with other geophysical data, e.g., seismic activities and ground deformations.



普賢岳山頂部の地磁気観測地点の位置

1990年11月に活動を開始した雲仙普賢岳の火山活動は1993年8月の時点に於ても溶岩を流出し続けている。この火山活動に伴う地磁気全磁力変化が、普賢岳の火口近傍で複数のプロトン磁力計により連続観測されている。

下図の様に、1991年5月の第1溶岩ドーム貫入の時点に生じた急激な磁場変化は、その後、ほぼ一定の時定数で収束の傾向を示す。この事は、今までに報告したように、磁場変化の主原因は熱磁気変化であることを裏付ける。この報告では、観測誤差を考慮して、消帯磁の位置、およびその大きさを月別に微小ダイポールを仮定して求め、他の観測資料と対比しつつ、火道や火山活動の消長を考察する。



普賢岳山頂部で観測された地磁気全磁力変化。  
0時から4時までの値を火山研究施設に化成し日値とした。



山本哲也(地磁気観), 鎌山恒臣, 歌田久司(東大農研),  
雲仙火山MT観測グループ

ULF Electromagnetic Research around Unzen Volcano (2)  
Tetsuya Yamamoto<sup>1)</sup>, Tsuneomi Kagiya<sup>2)</sup>, Hisashi Utada<sup>2)</sup>  
and Magnetotelluric Research Group of Unzen Volcano

- 1) Kakioka Magnetic Observatory, JMA.
- 2) Earthquake Research Institute, Tokyo Univ.

The magnetic and electric field variations in the ULF band were observed around Unzen Volcano for the research of the resistivity structure.

Analyzing data, it was found that Tierra Tecnica U36, which was used at many sites to observe EM fields, made noises in its measuring magnetic components at the beginning part of each block (48 minutes data for the 1 second sampling mode). Each noise had the same shape and various amplitude. To reduce this noise, standard waveform of noise was estimated at first, and then used in the reductions of each block with the amplitude of daily stacked waveform.

We should calculate impedance tensors and transfer functions at every site after these noise reduction.

雲仙岳周辺の地下の比抵抗構造を明らかにするために、1991年からELF帯、ULF帯の電磁気観測を行っている。前回(1992年秋季大会)の報告後、1993年3月には12点で同時観測を行った。現在、これらのデータ解析している。解析にあたり、特定の測定器では測定値に特

殊な雑音が入ることが分かり、データ処理に先だてこの雑音の処理をすることにした。

問題の測定器はテラテクニカ製U36である。U36は非常に使いやすい測定器であるため、われわれの観測ではULF帯の電磁場測定に、かなりの地点でU36を用いている。U36は、1秒サンプリングの場合、48分を1ブロックとして測定し、ブロック毎に3.5インチのフロッピーディスクにデータの書き込みを行う。この各ブロックの先頭の約30秒間に雑音が入ることがわかった。この雑音の特徴として、次の点があげられる。

- ・雑音は磁場3成分にあり、電場2成分にはない。
- ・雑音の波形は、各測定器、各成分ではほぼ同一、振幅は各測定器、各成分、各測定日でことなる(大きな場合0.2nT相当)。
- ・雑音は常にマイナス側にふれる。
- ・測定器、または測定日によってほとんど雑音のない場合がある。

フロッピーディスクへの書き込み動作が雑音の原因とみられるが詳細は不明である。各成分間でコヒーレントな雑音であり、従来のデータ処理の手法では除去できない。特に周期数秒から数十秒の結果に影響があるとみられる。この周期帯はULF帯観測で最も注目している周期帯であるが、現象の振幅が小さいため雑音の影響が大きくなる。

この雑音を取り除くため次のような処理を行うことにした。

- ・雑音の標準波形をもとめる。
- ・各測定日のスタック波形から、雑音の振幅を決める。
- ・各測定日の各ブロックに、標準波形ともとの振幅で補正を行う。

このような雑音が明らかになったために、これまで雲仙周辺で得られていた結果についても見直しが必要になった。U36の素性をふまえたうえで、インピーダンス・テンソル、地磁気変換関数の再計算を行っている。

藤原 智(国土地理院)

CA Transfer Functions obtained by the First order Geomagnetic Survey  
in Japan  
Satoshi FUJIWARA (Geographical Survey Institute)

The Geographical Survey Institute is conducting the first order geomagnetic survey in Japan. After 1987 we have used a tri-axial fluxgate magnetometer. We calculated the CA transfer functions at each station using the data.

国土地理院では日本全国の一等地磁気測量を実施している。1987年より一等地磁気測量にはフラックスゲート磁力計が使用されており、地磁気3成分の連続データ(毎分値)がえられるようになった。このデータを使用して各一等地磁気点におけるCA変換関数を計算した。CA変換関数を求める手法は従来のFFTを使用したスペクトル法によるものである。CA変換関数は地下の電気伝導度構造を求めるために使用されており、従来より大学をはじめとするCA研究グループにより精力的に観測が行われている。今回求めたCA変換関数は、

- (1) 全国にむらなく観測点分布している。
- (2) 観測機器、解析手法が同一である。
- (3) 真北からの方位測定を行っているので偏角の影響がない。
- (4) 磁気点は定期的(2~5年)に改測されるので、CA変換関数の変化を求めることができる。

といった特徴をもつ。

CA変換関数は周期128、64、32、16、8および4分について求めた。図1に周期64、8分のインダクションベクトルを示す。

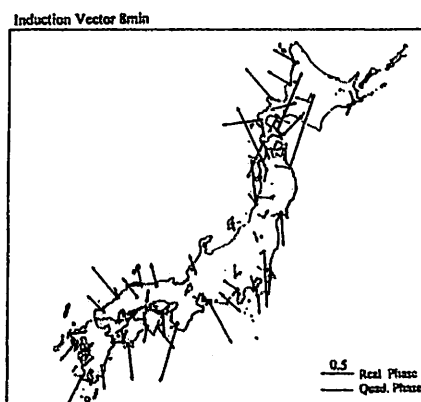
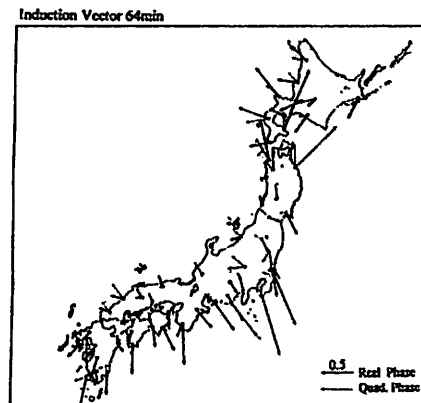


図1 周期64、8分のインダクションベクトル

## 中国・四国地方の電気比抵抗構造

塩崎一郎・宮腰潤一郎(鳥取大学教養部)

住友則彦(京都大学防災研究所) 安川克己(神戸大学理学部)

## Two-Dimensional Resistivity Structure Beneath Chugoku and Shikoku Districts in Southwestern Honshu, Japan

Ichiro Shiozaki and Jun'ichiro Miyakoshi, Tottori Univ.  
Norihiro Sumitomo, Kyoto Univ. Katsumi Yaskawa, Kobe Univ.

Wide band magnetotelluric measurements were carried out across the southwestern Japan arc. The southwestern Japan arc is not a typical island arc for several reasons: the trench (Nankai trough) is not so deep as the Japan trench, there is low-angle subduction without a deep seismic plane and volcanism is inactive although there are several late quaternary volcanoes (Sugimura, 1978).

The aim of this study was to investigate the resistivity structure of the crust and the upper mantle, paying particular attention to determine whether or not a conductive part exists in the lower crust of this region, and to relate it to the geophysical processes beneath one of the island arc systems.

We assumed the crustal resistivity structure beneath this region to be two-dimensional, taking into consideration the distribution of induction vectors and the angle of the principle axis of tensor impedances. Accordingly, we devised a two-dimensional model for the southwestern Japan arc, using the finite element method.

This revealed that there is no conductive part in the lower crust; the lower crust is resistive with a resistivity of 10000 ohm-m. This result is in harmony with much petrological evidence that the crust of the southwestern Japan arc is mainly composed of unhydrated minerals such as pyroxene gabbro and granulite (Takahashi 1978, Fujii 1984). This implies that the subducting Philippine Sea plate beneath this region is too young to supply water for the lower crust.

本研究は、典型的な島弧としての性格を欠くとされる西南日本弧の地殻およびマントル上部の電気比抵抗構造を求めることを目的としたものである。地殻比抵抗研究グループにより、中国・四国地方において広い周期帯の地磁気変化ならびに電場変化が観測された。そのデータを基に2次元構造解析を行い、

中国地方から四国地方にわたる電気比抵抗構造を推定した。本研究により以下の点が明らかになった。

1) 中国・四国地方の下部地殻は、全般的に高比抵抗(10 kohm-m)である。(このことは、本研究により明らかになった最大の成果である。)

この観測事実は、東北日本弧に比べてこれらの地域の下部地殻には十分な水が供給されていないことを意味するが、中国地方においては、地震学の研究成果を始め、岩石学・地質学的研究成果と矛盾するものではない。このことは、フィリピン海プレートの沈み込みの先端が中国地方まで達していないことを示唆するものであろう。

2) 四国地方下では、深さ35 kmに100 ohm-mの比抵抗値をもつ、フィリピン海プレートの沈み込みに対応づけることができる領域の存在を確認した。四国地方では、フィリピン海プレートが沈み込んでいるにもかかわらず、下部地殻が高比抵抗であることは、一見、矛盾するよう見える。このことは、フィリピン海プレートの四国地方の下への沈み込みが地質学的年代ではごく最近に開始されたので、プレートからの脱水反応による水が、まだ効果的に下部地殻に供給されていないことを示唆するものであろう。

3) 中国地方の三瓶山の下では、上部地殻内に低比抵抗領域の存在を確認した。さらに、ごく限られた範囲ではあるが、地殻深部以深に、低比抵抗体が存在する可能性が示唆された。この比抵抗値が、中国地方に存在する数少ない第四紀の火山である三瓶山下の熱的な構造を反映しているものと考え、他の地質学・岩石学・地震学からの知見と調和する。

4) 四国地方外帯の上部地殻内に、2つの低比抵抗層(10 ohm-mの比抵抗値を持つ)の存在を確認した。これらの領域は、同地方下の無地震領域とほぼ一致する。

一方は、三波川帯下に存在する。三波川帯の上部地殻内に低比抵抗領域があること、ならびに震源分布から推定される岩石物性が延性的であること、さらに三波川帯を構成する岩石が地下深部から上昇したものであること、という3つの事実を説明するために、地下深部に“底付け”されていた海洋プレート中のマントル物質が、上部地殻まで上昇する過程のなかで、一部蛇紋岩化して三波川帯に残されたというモデルを考えた。

他方は、秩父帯および四十帯下に存在する。地震波速度解析より推定された空隙率を用い、その空隙中に水が存在するという仮定のもとに、アーチーの法則より堆積岩の比抵抗値を求めた。この比抵抗値は、観測値と一致する。

5) 西南日本を内帯と外帯に分ける中央構造線は、明確な比抵抗構造の境界として地質境界の南数kmに確認された。この境界は、地殻深部にまで達するものである。このことは、大規模な構造線の活動の歴史を示唆するものであろう。