

**第 88 回**  
**地球電磁気・地球惑星圏学会講演会**

---

88th SGEPPS Fall Meeting

**講演予稿集**

Abstracts

- と き / 1990年11月19日(月)~21日(水)
- と ころ / 大宮ソニックシティビル(市民ホール)

November 19-21, 1990  
Omiya Sonic City Bldg.

**地球電磁気・地球惑星圏学会**

Society of Geomagnetism and Earth, Planetary and Space Sciences

(S G E P S S)

# 地球電磁気・地球惑星圏学会

Society of Geomagnetism and Earth, Planetary and Space Sciences  
(S G E P S S)

## 第88回総会・講演会プログラム

日時 1990年11月19日(月)～21日(水)

場所 大宮ソニックシティビル(市民ホール)

〒331 埼玉県大宮市桜木町1-441

TEL 048-647-4111 FAX 048-647-4159

	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
11月19日(月)	I	磁気圏構造(I)	磁気圏構造(II)		磁気圏モデル		極域現象(I)	極域現象(II)				
	II	大気圏組成放射(I)			大気圏組成放射(II)	大気圏力学						
	III	地球内部電磁気学(I)			地球内部電磁気学(II)	地球内部電磁気学(III)						
11月20日(火)	I・II	ポスターセッション			レビュー講演	記念写真撮影	総会		懇親会			
	III	極域現象(III)										
11月21日(水)	I	太陽圏(I)	太陽圏(II)		オーロラ・ダイナミクス(I)	オーロラ・ダイナミクス(II)						
	II	ULF(I)	ULF(II)		磁気圏プラズマ波動(I)	磁気圏プラズマ波動(II)						
	III	岩石磁気・古地磁気			固体惑星	電離圏(I)	電離圏(II)					

\*指定時間を厳守して下さい。(講演12分、討論3分)

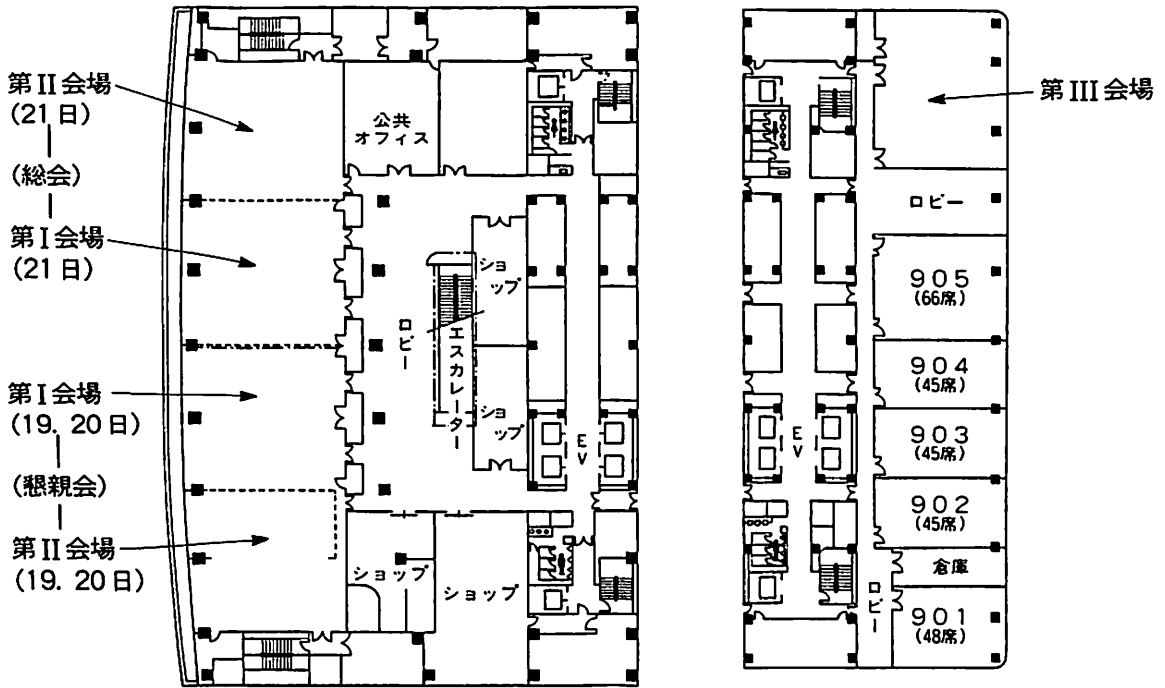
\*各会場ともスライドプロジェクター、オーバーヘッドプロジェクター各1台が同時使用可能です。

9      10      11      12      13      14      15      16      17      18      19      20

Nov. 19 (Mon)	I	Magnetospheric Structure (I)	Magnetospheric Structure (II)		Magnetosphere Modeling		Polar Region (I)	Polar Region (II)		
	II	Atmospheric Chemistry and Radiation (I)			Atmospheric Chemistry and Radiation (II)		Atmospheric Dynamics			
	III	Solid Earth Geomagnetism and Geoelectricity (I)			Solid Earth Geomagnetism and Geoelectricity (II)		Solid Earth Geomagnetism and Geoelectricity (III)			
Nov. 20 (Tue)	I • II	Poster Session			Review Talks		Photograph	General Meeting		Banquet
	III	Polar Region (III)								
Nov. 21 (Wed)	I	Heliosphere (I)	Heliosphere (II)		Auroral Dynamics (I)		Auroral Dynamics (II)			
	II	ULF (I)	ULF (II)		Magnetospheric Plasma Waves (I)	Magnetospheric Plasma Waves (II)				
	III	Rock Magnetism and Paleomagnetism			Solid Planet	Ionosphere (I)	Ionosphere (II)			

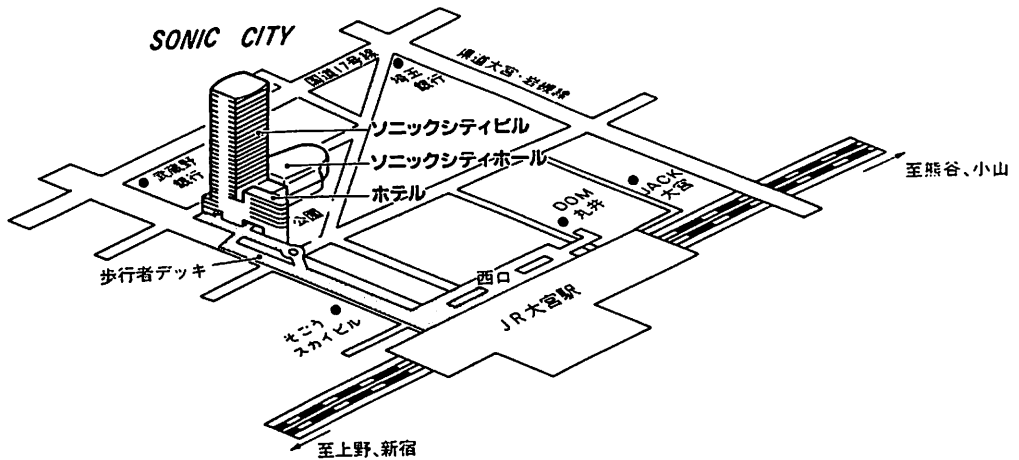
4F 大宮ソニック市民ホール

9F 研修室



(控室 8F 802号)

会場地図



JR大宮駅西口から歩行者デッキで徒歩3分

\* なお会場周辺のホテル等は会報129号を御参照下さい。

開始時間	第 I 会場	第 II 会場	第 III 会場
	<p>19a - I 磁気圏構造 (I) 座長 西谷 望 (名大STE研) 中村正人 (宇宙研)</p>		<p>19a - III 地球内部電磁気学 (I) 座長 半田 駿 (佐賀大教養) 西田泰典 (北大理)</p>
9:30	<p>1 Ion Distributions and Flows In the Plasma Sheet M. NAKAMURA (宇宙研)、 G. PASCHMANN, W. BAUMJOHANN, AND N. SCKOPKE (MPE)</p>		<p>1 対馬でのMT観測 (序報) 半田 駿 (佐賀大教養)、田中良和 (京大理)</p>
9:45	<p>2 磁気圏尾部における Sudden Impulse の磁場 回転極性 河野英昭、山本達人、國分 征 (東大理)</p>	<p>19a - II 大気圏組成放射 (I) 座長 小池 真 (名大STE研) 中根英昭 (国立環境研)</p>	<p>2 中央構造線 (紀伊半島中央部) の VLF・ELF - MT 調査 山口 覚 (帝国女子短大)、柏原功児、溝畑茂 治、安川克己 (神戸大理)、渡辺邦彦、小泉 誠、小泉尚嗣、住友則彦 (京大防災研)</p>
10:00	<p>3 INITIAL SIGNATURES OF MAGNETIC FIELD AND ENERGETIC PARTICLE FLUXES AT TAIL RECONFIGURATION S. Ohtani (東大理、APL)、K. Takahashi, L. J. Zanetti, T. A. Potemra, R. W. McEtire (APL)、and T. Iijima (東大理)</p>	<p>1 NOAA 衛星 TOVS データによる日本上空オゾ ン全量の導出 (2) 高橋修二、川村 宏、岡野章一、 福西 浩 (東北大理)</p>	<p>3 北海道中東部における NETWORK - MT 観測 —北海道東部地域の地下電気伝導度構造につい て— 上嶋 誠 (防災科研)、歌田久司、川瀬隆治 (東大震研)、西田泰典、大島弘光、清水久芳 (北大理)、上田誠也 (東海大海洋)</p>
10:15	<p>4 磁気圏尾部における沿磁力線電流の構造 - 3 長井嗣信 (気象研) 高橋主衛 (APL)</p>	<p>2 レーザーヘテロダイン分光計で観測された対 流圏界面付近のオゾン変動 田口 真、岡野章一、福西 浩 (東北大理)</p>	<p>4 島弧 (東北日本) 及び大陸 (インド・デカン) 横 断観測による地殻比抵抗構造の研究 鍋谷祐夫 (弘前大理)、R.P.SINGH (IIT)</p>
10:30	<p>5 磁気圏磁場モデルにおける沿磁力線電流系 西谷 望 (名大STE研)</p>	<p>3 オゾンレーザーレーダーによる成層圏オゾン 濃度観測 (2) 上部成層圏オゾン濃度季節変動について 林田佐智子、中根英昭、松井一郎、杉本伸 夫、笹野泰弘 (国立環境研)</p>	<p>5 長基線地電位の潮汐成分について —水戸付近の場合— 高山寛美 (気象研)</p>
10:45	<p>(休み)</p> <p>19a - I 磁気圏構造 (II) 座長 長井嗣信 (気象研) 大谷晋一 (東大理)</p>	<p>4 福岡大学におけるレーザーレーダー観測 対流圏と成層圏のエアロゾル 小林直行、藤原玄夫 (福岡大理)</p>	<p>6 BAYTAP - G を用いた地電位データの解析 —沼津付近の長基線地電位の場合— 小嶋美都子 (地磁気観測所)、森 俊雄 (地震 観測所)、高山寛美 (気象研)</p>
11:00	<p>6 磁気圏境界層の考察 小さなシースプラズモイドの進入の可能性 小口 高 (名大STE研)</p>	<p>5 南極冬季の成層圏光化学過程に及ぼすPSCの 影響 張呈祥、岩坂泰信 (名大STE研)</p>	<p>7 活動的火山における自然電位比較観測 西田泰典、松島喜雄 (北大理)</p>
11:15	<p>7 「あけぼの」衛星の高度でLLBLを同定するこ とは可能か 西田篤弘、向井利典 (宇宙研)、賀谷信幸 (神 戸大工)、早川 基 (宇宙研)</p>	<p>6 北極成層圏の硝酸塩エアロゾル 北極オゾン、タイプIのPSC、PSCの落下 岩坂泰信、林 政彦、近藤 豊 (名大STE 研)、大和政彦、古賀聖司 (名大水圏研)、P. Aimediou (Serviced' Aeronomie, CNRS)、 W. A. Matthews (DSIR/PEL Lauder)</p>	<p>8 伊豆東方沖群発地震と伊豆大島における地電位 差異異常変化の関係 川瀬隆治 (東大震研)、上田誠也 (東海大海 洋)、上嶋 誠 (防災科研)、木下正高 (東海大 海洋)</p>
11:30	<p>8 地球磁気圏対流の太陽風磁場に対する応答 —EXOS - D と IMP - J による同時観測— 中川朋子、鶴田浩一郎、向井利典、西田篤 弘、松岡彩子、早川 基 (宇宙研)、R. Lepping (NASA/GSFC)</p>	<p>7 北極圏の早期脱窒とオゾンの化学損失 近藤 豊、岩坂泰信、小池 真、林 政彦 (名大STE研)、P. Aimediou (CNRS)、P. Newman (NASA)、W. A. Matthews (DSIR)</p>	<p>9 Interpretation of the Apparent Resistivity Change Prior to the 1986 Eruption of Izu - Oshima Volcano (I). 歌田久司 (東大震研)</p>
11:45	<p>9 中緯度電離層電場の IMF 依存性 —MU レーダーデータの解析— 家森俊彦・竹田雅彦・荒木 徹・田中良和・ 米山利明 (京大理) 山本 衛 (京大超高層)</p>	<p>8 1990年1月の北極極渦内での成層圏オゾンの 減少 小池 真、林 政彦、近藤 豊、岩坂泰信 (名大STE研)、P. Newman (NASA)、M. Helten (KFA)、U. Schmidt (KFA)</p>	<p>10 Dst 場によって海洋中に誘導される電流 竹田雅彦 (京大理)</p>
12:00	<p>10 EXOS - D (あけぼの) に搭載された PWS - UHR データによって示唆されるプラズマポー ズ形成のダイナマックス 大家 寛 (東北大理)</p>	<p>(昼休み)</p>	<p>(昼休み)</p>
12:15	<p>(昼休み)</p>		

開始時間	第 I 会場	第 II 会場	第 III 会場
	19p - I 磁気圏モデル 座長 田中高史 (通総研) 町田 忍 (宇宙研)	19p - II 大気圏組成放射 (II) 座長 北 和之 (東大理)	19p - III 地球内部電磁気学 (II) 座長 笹井洋一 (東大震研) 西谷忠師 (秋田大鉱山)
13:00		1 夜間大気光 O <sub>2</sub> 、OH のロケット観測 (II) 内藤一郎、山本博聖、関口宏之、牧野忠男、 久田裕介、松田一郎 (立教大理)	1 地上磁気測量による三宅島の磁気異常分布 三品正明 (東北大理)
13:15	1 有限体積 TVD スキームによる非構造格子上の 三次元 MHD シミュレーション 田中高史 (通総研)	2 南極昭和基地におけるオーロラドップラーイ メージング観測: 速報 岡野章一、中島英彰 (東北大理)、小野高幸 (国立極地研)、塩川和夫 (名大 STE 研)、福 西 浩 (東北大理)	2 1990 年の阿蘇火山活動に伴う地磁気変化 田中良和 (京大理)
13:30	2 EFFECTS OF DIPOLE TILT ON THE MAGNETOSPHERIC CONFIGURATION AND POLAR CAP STRUCTURE SIMULATED BY A 3-DIMENSIONAL GLOBAL MHD MODEL Tatsuki Ogino (名大 STE 研)、Raymond J. Walker and Maha Ashour-Abdalla (UCLA)	3 低緯度熱圏-酸化窒素の変動 岩上直幹、北 和之、小川利紘 (東大理)、K. S. ザルプリ (N. P. L., ニューデリー)	3 ダム地磁気効果の数値計算 一鳥取県日南湖 (菅沢ダム) を例として一 笹井洋一 (東大震研)、大志万直人 (日大文 理)、宮腰潤一郎、塩崎一郎 (鳥取大教養)
13:45	3 3次元高速磁気再結合過程によって発生する沿 磁力線電流の計算機シミュレーション 清水 徹 (高知高専)、鶴飼正行 (愛媛大工)	4 D/H 比測定用吸収セル付き真空紫外分光計の 開発 [III] 川原琢也、岡野章一、福西 浩 (東北大理)	4 岩手県岩泉町付近の磁気探査 西谷忠師 (秋田大鉱山)、菊池真市 (水沢高)
14:00	4 CONVECTIVE GENERATION OF "GIANT" UNDULATIONS ON THE EVENING DIFFUSE AURORAL BOUNDARY Takashi Yamamoto (東大理) K. Makita (拓殖大) and C.-I. Meng (APL/JHU)		5 中部日本における地磁気変換関数 山本哲也 (地磁気観)
		19p - II 大気圏力学 座長 中村卓司 山中大学 (京大超高層)	
14:15	5 Line-Tying Effect on the Kelvin - Helmholtz Instability 2 : Ionospheric Boundary Condition and Eigenmode Structure Akira Miura (東大理) and J. R. Kan (ア ラスカ大地物研)	5 MU レーダー観測に基づく梅雨期降雨系の力学 的階層構造 小谷玄哉、山中大学、深尾昌一郎 (京大超高 層)、佐藤 亨 (京大工)、山本 衛、津田敏 隆、加藤 進 (京大超高層)、上田 博 (北大 理)、住 明正 (東大理)	6 全磁力に含まれる半年や一年周期の変動の除去 法について 住友則彦 (京大防災研)
14:30	6 抵抗性ティアリング不安定のダイナモ領域 原田雅樹、三浦 彰、玉尾 孜 (東大理)	6 MU レーダーによる下部対流圏鉛直風速の振 動と対流セルの観測 前川泰之 (大阪電通大)、深尾昌一郎 (京大 超高層)、横田友昭 (松下電器)、小谷玄哉、 山中大学、津田敏隆、山本 衛、中村卓司、 加藤 進 (京大超高層)	7 南極・アフリカ間の地磁気異常縞模様の走向 野木義史 (気象研)、島 伸和 (東大海洋研)、 伊勢崎修弘 (千葉大理)
14:45	(休み)	7 RASS による対流圏温度プロファイルの高時 間分解能観測 足立樹泰、津田敏隆 (京大超高層)、増田悦 久 (通総研)、中村卓司、山本 衛、加藤 進、深尾昌一郎 (京大超高層)	(休み)
	19p - I 極域現象 (I) 座長 早川 基 (宇宙研) 山岸久雄 (極地研)		19p - III 地球内部震磁気学 (III) 座長 横山由紀子 (職業訓練大) 浜端広充 (大阪市大理)
15:00	7 対流反転に伴う極冠帯降下粒子の変化 鶴田浩一郎、向井利典 (宇宙研)、金田栄祐 (東大理)、中川朋子、早川 基、小原隆博 (宇宙研)	8 中層大気上下結合における多重乱流層構造の 役割について 山中大学 (京大超高層)	8 地磁気 60 年変動における双極子と非双極子の 位相差は有意か? 横山由紀子 (訓大情報)、行武 毅 (東大震 研)
15:15	8 極冠域境界の同定について 小原隆博、向井利典、早川 基、町田 忍、 鶴田浩一郎、西田篤弘 (宇宙研)、賀谷信幸 (神戸大工)		9 双極子磁場変化によって引き起こされる非双極 子磁場変化 行武 毅 (東大震研)

16

7

開始時間	第 I 会場	第 II 会場	第 III 会場
15:30	9 「あけぼの」によるPOLAR RAINの観測 白井仁人、前沢 洵(名大理)、向井利典(宇宙研)、賀谷信幸(神大工)、鶴田浩一郎、早川 基(宇宙研)	9 DYANA 観測による中層大気中の大気重力波の解析 津田敏隆、村山泰啓(京大超高層)、小山孝一郎(宇宙研)、中村卓司、山中大学、山本 衛、深尾昌一郎、加藤 進(京大超高層)、D. Offerman(ウッパータール大学、独)	10 GAUSS 係数二乗和の推定 浜野洋三、望月英二(東大理)
15:45	10 エネルギー分散を持つ降下イオンのソース—Cusp/Cleftに於けるInjection領域の推定— 向井利典(宇宙研)、齊藤義文、平原聖文(京大理/宇宙研)、賀谷信幸(神大工)、早川 基(宇宙研)	10 MUレーダーで観測された飽和重力波の周波数スペクトル 村山泰啓、津田敏隆、野村剛彦、中村卓司、加藤 進、深尾昌一郎(京大超高層)	11 A Best-Fit Eccentric Dipole and the Invariance of the Earth's Dipole Moment 佐納康治(京大理)
16:00	11 Ion Precipitation Observed in Sunward Flow in the Vicinity of the Cusp Region Y.-I. Kohno, A. Nishida, A. Matsuoka, T. Mukai, K. Tsuruda, and H. Hayakawa(宇宙研)	11 中間圏界面付近の準2日周期波の南北半球比較観測 中村卓司、津田敏隆、加藤 進(京大超高層)、R. A. ビンセント(アデレード大学)	12 Jaramillo 逆転時の磁場変動 関 美穂、山本圭吾、望月英二、浜野洋三(東大理)
16:15	12 EXOS-Dで観測されたCUSP領域の電場変動 松岡彩子、向井利典、早川 基、河野祐一、鶴田浩一郎、西田篤弘(宇宙研)、岡田敏美(富山県立大)、賀谷信幸(神大工)、福西 浩(東北大理)	12 MUレーダーによる流星風観測(2) 堤 雅基、中村卓司、津田敏隆、山本 衛、加藤 進、深尾昌一郎(京大超高層)	13 ナヴィエーストークス方程式を考慮した地球外核内部流体運動の推定 松島政貴、本蔵義守(東工大理)
16:30	(休み)	13 MAPPING THE GALACTIC BACKGROUND RADIATION WITH THE MU RADAR 前田耕一郎(兵庫医大)、前田佐知子(京都芸術短大)、佐藤 享(京大工)	14 円筒内の成層流体中の非線形磁気流体波の厳密解 浜端広充(大阪市大理)
	19p - I 極域現象(II) 座長 山本達人(東大理) 三宅 亘(通総研)		
16:45	13 科学衛星「あけぼの」で観測された極域の流出電子ビームの特性及びその成因に関して 町田 忍・向井利典・早川 基・小原隆博・松岡彩子・鶴田浩一郎(宇宙研)・福西 浩(東北大理)		15 回転がある場合のMHD熱対流における磁場生成の一機構 加藤浩文、大家 寛(東北大理)
17:00	14 デュフューズオーロラ領域の沿磁力線電流構造 福西 浩(東北大理)、向井利典(宇宙研)		
17:15	15 あけぼの衛星で観測された朝方デュフューズオーロラ帯でのイオンエネルギー分散 平原聖文(京大理/宇宙研)、向井利典(宇宙研)、佐川永一、三宅 亘(通総研)、賀谷信幸(神大工)、早川 基、鶴田浩一郎、西田篤弘(宇宙研)		
17:30	16 電離層沿磁力線電流領域における磁場・電場小規模擾乱の考察 石井 守(京大理)、杉浦正久(東海大開発技研)、家森俊彦(京大理)、N. C. Maynard(AFGL)、J. A. Slavin(GSFC)		
17:45	17 沿磁力線電流域での電子温度変化—その特徴と加熱機構— 阿部琢美(電通大)、相沢宏行(東海大)、小山孝一郎(宇宙研)、渡部重十(NRCC)、福西 浩(東北大理)、奥澤隆志(電通大)		

8

6

第 I・II 会場	開始時間	第 III 会場
<p style="text-align: center;">ポスターセッション</p> <p>P 1 人工地震に伴う地球電磁気変化～岐阜県旧徳山村における観測例～ 小林 剛、酒井英男 (富山大理)、中山 武、土居 光 (京大防災研)</p> <p>P 2 日高地域の MT トランセクトー序報 小川康雄、牧野雅彦 (地質調)、西田泰典、仲山 洋 (北大理)、後藤忠徳 (神戸大理)、横倉隆伸 (地質調)</p> <p>P 3 地球磁場逆転時における多重極子および地球中心核内の電場のふるまい 清水久芳 (北大理)</p> <p>P 4 低圧力における堆積物圧密特性の実験と問題点 綱川秀夫 (東海大開発技研)</p> <p>P 5 走磁性バクテリアによる磁性粒子の微細な磁気構造の解明の試み 酒井英男 (富山大)、船木 寛 (極地研)、松永 是 (東京農工大)、広瀬茂久 (東京工大)</p> <p>P 6 深海底堆積物の磁性鉱物の透過電顕による観察 山崎俊嗣、丸茂克美 (地質調査所)</p> <p>P 7 新潟県粟島近海の未固結堆積物の古地磁気 大野正夫 (東大震研)、浜野洋三 (東大理)、岡村 真 (高知大理)、島崎邦彦 (東大震研)</p> <p>P 8 大気メタン濃度の船上予備観測 北 和之、村田 功、岩上直幹、小川利紘、遠嶋康徳 (東大理)</p> <p>P 9 大気微量成分の地上分光測定：OCS 及び CO の解析 伊藤 清、米村正一郎、岩上直幹、小川利紘 (東大理)</p> <p>P10 ADEOS 搭載大気センサー ILAS および RIS の開発 笹野泰弘、鈴木 睦、横田達也 (国立環境研)、松崎章好 (宇宙研)、杉本伸夫、湊 淳、林田佐智子 (国立環境研)</p> <p>P11 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 (8) 麻生武彦 (京大工)</p> <p>P12 中間圏における重力波周波数スペクトルの高度変化 村岡良和 (兵庫医大)、杉山卓也 (京大理)、深尾昌一郎、山本 衛、山中大学、津田敏隆、中村卓司、加藤 進 (京大超高層)</p> <p>P13 FM/CW レーダによる低緯度電離層擾乱の観測 小林敏生 (通総研沖縄)</p> <p>P14 NNSS 衛星の二地点同時観測による電離層全電子数の推定 石橋弘光、丸山 隆、大高一弘、小川忠彦 (通総研)</p> <p>P15 入射脈動が励起する、日出・日没に沿った電離層電流 坂 翁介 (九大理)</p> <p>P16 POLAR CAP AE INDEX Sarmoko Saroso (京大理)、M. Sugiura (東海大開発技研)、T. Iyemori、T. Araki、T. Kamei (京大理)</p> <p>P17 オーロラ分光器の開発 江尻全機 (極地研)、横田俊昭 (愛媛大)、佐々木進 (宇宙研)、岡村 宏 (電通大)</p> <p>P18 オーロラの分光学的特性 岡村 宏 (電通大)、江尻全機 (極地研)、芳野超夫 (電通大)</p> <p>P19 ミルスクロス型アレイアンテナを用いたイメージングリオメータの開発 Development of Imaging Riometer using the Mills cross array 中西康浩、西野正徳、加藤泰男、加藤利郎、田中義人 (名大STE研)、山岸久雄 (極地研)</p> <p>P20 極冠域及びオーロラ帯における CNA 同時観測 西野正徳、田中義人、小口 高 (名大STE研)、国分 征 (東大理)、A. Egeland (U. Oslo)、A. Brekke (U. Tromso)</p> <p>P21 電力線誘導放射電磁界分布の東北地方横断気球観測 (I) 富澤一郎 (電通大)</p>		<p>20a - III 極域現象 (III) 座長 小原隆博 (宇宙研) 賀谷信幸 (神戸大工)</p> <p>9:30 1 On the Altitude Extension of Ion Conics Heating Regions W. Miyake (通総研)、T. Mukai (宇宙研)、N. Kaya (神大工)</p> <p>9:45 2 あけぼの観測結果：UFI とロスコーン分布との相関 賀谷信幸 (神大工)、向井利典 (宇宙研)、LEP 班</p> <p>10:00 3 大振幅電場変動現象と上向きイオンビーム 早川 基、鶴田浩一郎、向井利典 (宇宙研)、岡田敏美 (富山県立大 学)</p> <p>10:15 4 EXOS-D/SMS で観測された低エネルギー DFI 佐川永一 (通総研)、B. A. Whalen、A. W. Yau、S. Watanabe (NRCC)</p> <p>10:30 5 「あけぼの」による低エネルギー M/Q = 2 イオンの観測 渡辺成昭、佐川永一、巖本 巖 (通総研)、B. A. Whalen、A. W. Yau、渡辺重十 (NRCC)</p> <p>P22 LF/VLF ホイスラ・モード波の日・豪共役点観測 (速報) 田中義人、加藤泰男、西野正徳、湯元清文、池神優司 (名大STE研)、K. J. W. Lynn (DSTO、オーストラリア)</p> <p>P23 木星電波発生に関する 3次元レイトレイシング 三澤浩昭 (名大STE研)、大家 寛 (東北大理)</p> <p>P24 3基線干渉計網によるデカメートルパルサーの位置決定 片瀬拓弥、大家 寛、飯島雅英、森岡 昭 (東北大理)</p> <p>P25 マイクロ波帯周波数による惑星間空間シンチレーションの観測 (II) 森 弘隆、田中高史、近藤哲朗、徳丸宗利、高羽 浩、小山泰弘 (通総研)</p> <p>P26 太陽フレアに伴う衝撃波の惑星間空間における減速について —1989年10月19日、11月15日に発生した太陽フレアに関連して— 古川欣司、大家 寛、森岡 昭 (東北大理)</p> <p>P27 彗星磁気圏擾乱を引き起こす太陽風構造 小塚幸央、斎藤尚生 (東北大理)、沼澤茂美 (JPL)、竹内 仁 (東北大理)</p> <p>P28 固有磁場を持たない惑星磁気圏構造の 3次元 MHD シミュレーション 櫻井厚典、荻野竜樹 (名大STE研)</p> <p>P29 Magnetic Field Structure at the Geosynchronous Orbit T. Araki、T. Iguchi and N. Funato (京大理)</p> <p>P30 Longitudinally confinement of occurrence of substorm and substorm-associated Pi 2 activities at synchronous orbit T. Sakurai、M. M. Ahmad and T. Takahashi (東海大工)</p> <p>P31 GOES - 5 および GOES - 6 で観測された Pi2 磁波の MODE 特性 竹内 仁、斎藤尚生 (東北大理)、櫻井 亨 (東海大工)、松岡 均 (東北大理)</p> <p>P32 ON THE INTERMEDIATE SHOCKS AND ROTATIONAL DISCONTINUITIES IN THE HYBRID AND TWO-FLUID MODELS C. C. Wu (UCLA) and T. Hada (九大教養)</p> <p>P33 斜め伝搬 MHD 波とイオンのサイクロトロン低調波共鳴相互作用 寺沢敏夫 (京大理)、南部充宏、羽田 享 (九大教養)</p>



9:00-12:00

<p>P34 Streaming Tearing Instability at the Magnetopause M. Fujimoto, A. Nishida (宇宙研)、T. Terasawa (京大理)</p> <p>P35 プラズマ乱流によるMHD波の吸収 Absorption of MHD Waves by Plasma Turbulence 中村 匡、原田雅樹 (東大理)</p> <p>P36 磁気嵐時環状電流による沿磁力線電流のシミュレーション 高橋 俊 (日立)、竹田雅彦、家森俊彦 (京大理)、山田雄二 (地磁気観測所)</p> <p>P37 Geocorona EUV放射のあけぼの (EXOS-D) 搭載LEPデータへの影響成分の除去 樋口知之 (統計数理研)</p> <p>P38 『あけぼの』衛星の磁場観測 (MGF) データベースの開発 田中 真、高橋隆男、利根川豊、遠山文雄 (東海大工)、杉浦正久 (東海大開発技研)、藤井良一 (極地研)、福西 浩 (東北大理)、国分 征 (東大理)、他 MGF班</p> <p>P39 粒子とオーロラとの対応 「あけぼの」とGADC90の比較 吉田尚史、国分 征、山本達人 (東大理)、向井利典、早川 基 (宇宙研)、福西 浩 (東北大理)</p> <p>P40 Properties of the Equatorial Enhancement of the Plasma Wave Turbulence (EPWAT) Observed by the Plasma Wave Detector (PWS) Onboard the Akebono (EXOS-D) Satellite M.Lizima, H.Oya and A.Morioka (東北大理)</p> <p>P41 あけぼの衛星で観測された磁気赤道付近におけるELF波動の伝搬特性 笠原植也、澤田 晃、木村磐根 (京大工) あけぼのVLF班</p>	<p>P42 HIPAS VLF変調波のあけぼの衛星・地上同時観測 石田 薫 (京大工)、岡田敏美 (富山県立大工)、笠原植也 (京大工)、長野 勇 (金沢大工)、橋本弘蔵 (東京電機大)、澤田 晃、木村磐根 (京大工) A. Wong, B Chouinard, and W. Huhn (UCLA)</p> <p>P43 プラズマ圏における中緯度LF帯ホイッスラーモードエミッション その特性と発生域について - EXOS-Dの観測結果より - 菊池雅行、大家 寛、森岡 昭、小林 香、飯島雅英 (東北大理)</p> <p>P44 夜側オーロラオーヴァルの境界領域における沿磁力線電流の特性 (2) 電流キャリアー 高橋幸弘、福西 浩 (東北大理)、向井利典 (宇宙研)</p> <p>P45 夜側オーロラオーヴァル境界領域における沿磁力線電流の特性 (1) 電流構造 長妻 努、福西 浩 (東北大理)、向井利典 (宇宙研)</p> <p>P46 カスプ領域での電子温度の振舞い 相沢宏行 (東海大)、阿部琢美 (電通大)、小山孝一郎 (宇宙研)</p> <p>P47 高度800Kmにおける降下粒子と磁場変動からみたサブストーム時のプラズマシート・ダイナミクス 渡辺正和、飯島 健 (東大理)</p> <p>P48 パルセーティングオーロラ中の低エネルギー電子加速現象 ——S-520-12号機北極ロケットによる観測結果とその解釈—— 斎藤義文 (京大理/宇宙研)、町田 忍 (宇宙研)、向井利典 (宇宙研)</p> <p>P49 パルセイティングオーロラに伴うLF帯波動の観測 森岡 昭 (東北大理)、宮岡 宏 (極地研)、大家 寛 (東北大理)、町田 忍 (宇宙研)、斎藤義文、平原聖文 (京大理/宇宙研)、向井利典 (宇宙研)</p>
---	---

第 2 日 目

11月20日(火)

開始時間	
13:30	<p><b>レビュー講演</b></p> <p>・ <b>南極観測 35年の成果</b> 平澤威男 (国立極地研究所)</p> <p>・ <b>日本の古地磁気研究</b> 広岡公夫 (富山大学理学部)</p>
15:15	<p><b>記念写真撮影</b></p>
15:40	<p><b>総 会</b></p>
18:00	<p><b>懇 親 会</b></p>

開始時間	第 I 会場	第 II 会場	第 III 会場
	<p>21a - I 太陽圏 (I) 座長 品川裕之 (通総研) 中川朋子 (宇宙研)</p>	<p>21a - II ULF (1) 座長 湯元清文 (名大STE研) 利根川豊 (東海大工)</p>	<p>21a - III 岩石磁気・古地磁気 座長 渋谷秀敏 (大阪府大総合) 小玉一人 (高知大理)</p>
9:00	<p>1 金星電離層磁場とIonopauseの構造 品川裕之 (通総研)、T. E. Cravens (カンサス大)</p>	<p>1 広域多点観測・地上—あけぼのキャンペーン— —磁場観測を中心に I— 林 幹治、国分 征、山本達人 (東大理)、湯元清文、西野正徳、田中義人、小口 高 (名大STE研)、巻田和男 (拓殖大)、渡部富也 (UBC)、R. E. Horita (U. Vic)、D. McEwen (U. Sask)、A. Brekke (U. Tromso)、A. Egeland (U. Oslo)、福西 浩 (東北大理)</p>	<p>1 PALEOMAGNETIC STUDY OF QUXU PLUTON OF THE GANDESE BELT, TIBET 乙藤洋一郎、門井 淳、船原尚武、村田史之 (神戸大理)、鄭 錫淵 (中国科学院)</p>
9:15	<p>2 太陽風アルフェン波の崩壊不安定性 梅木秀雄、寺沢敏夫 (京大理)</p>	<p>2 GLOBAL MAGNETIC OBSERVATIONS ALONG 210° MAGNETIC MERIDIAN K. Yumoto, Y. Tanaka, T. Oguti, M. Nishino, K. Shiokawa, M. Sato, Y. Kato, Y. Ikegami, K. Hidaka (名大STE研)、M. Seto (東北工大)、T. Uwai, S. Tsunomura (柿岡地磁気)、B. J. Fraser, F. W. Menk (Newcastle大) and K. J. W. Lynn (ERL, オーストラリア)</p>	<p>2 中国華南ブロックの極移動曲線 足立泰久 (神戸大自然科学)、森永速男 (姫路工大)、劉育燕、方国柱 (中国地質大)、安川克己 (神戸大理)</p>
9:30	<p>3 EVOLUTION OF FINITE AMPLITUDE ALFVEN WAVES SUBJECT TO GROWTH AND DAMPING T. Hada, M. Nambu (九大教養)、C. F. Kennel (UCLA), and E. Mjølhus (U. Tromso)</p>	<p>3 210° 磁気子午面観測に基づく Pc3 の波動特性について 吉村保孝、湯元清文、田中義人 (名大STE研)、ULF 波動解析グループ</p>	<p>3 オークランド単成火山群の古地磁気—28Kaの地磁気エクスカージョン— 渋谷秀敏 (大阪府大総合)、J. Cassidy, I.E.M. Smith (Auckland Univ.)、板谷徹丸 (岡山理科大大理)</p>
9:45	<p>4 太陽風速度とコロナの性質 袴田和幸 (中部大工)</p>	<p>4 静止軌道における Pc3 - 4 振動 MODE の地方時依存性の統計的解析 松岡 均、斎藤尚生 (東北大理)</p>	<p>4 ニューゼーランド北島から採取した火山岩試料による南半球における10万年から270万年前の地磁気の統計的性質 橋 常実、田中秀文、河野 長 (東工大理)、綱川秀夫 (東海大開発技研)、B.F.Houghton (NZGS)、巽 好幸 (京大理)</p>
10:00	<p>5 太陽風領域と星間プラズマ領域の境界の構造 福井隆司、前沢 洸 (名大理)</p>	<p>5 極域地磁気脈動の伝搬特性 加藤賢一、利根川豊 (東海大工)、佐藤夏雄 (極地研)</p>	<p>5 種子島第三紀層の古地磁気 小玉一人、井上恵介 (高知大理)、小澤智生 (名大理)</p>
10:15	<p>6 太陽磁気圏のシミュレーション実験 南 繁行 (大阪市立大工)、竹屋芳夫 (中部大工)</p>	<p>6 Eigenmode Analysis of Coupled Hydro-magnetic Oscillations in the Inner Magnetosphere S. Fujita (気象大)、V. L. Patel (NRL)</p>	<p>6 九州北部、芦屋層群の古地磁気 石川尚人 (京大教養)</p>
10:30	(休み)	(休み)	(休み)
	<p>21a - I 太陽圏 (II) 座長 青山隆司 (宮城職業訓練短大) 宗像一起 (信大理)</p>	<p>21a - II ULF (2) 座長 糸長雅弘 (九大中央計数施設) 藤田 茂 (気象大)</p>	
10:45	<p>7 3双極子モデルにもとづく太陽風流源面磁場変化の動画表示 斎藤尚生、大木俊夫、小塚幸央、竹内 仁 (東北大理)、荻野竜樹、渡辺 堯 (名大STE研)</p>	<p>7 IPDP 生起時に於ける磁気圏磁場の変動—矛盾するふたつの観測— T. W. Koleszar、渡辺富也 (UBC)、林 幹治、國分 征、石田十郎 (東大理)、小口 高 (名大STE研)、鶴田浩一郎、町田 忍 (宇宙研)、北村泰一、坂 翁介 (九大理)、R. E. Horita (U. Vic.)</p>	<p>7 Paleomagnetic Results from the late Cretaceous Koto Rhyolite 福間浩司、鳥居雅之 (京大理)</p>
11:00	<p>8 デカメータ帯における昇音型太陽電波バースト (2) 青山隆司 (宮城職訓短大)、大家 寛 (東北大理)</p>	<p>8 低緯度 Pi2 脈動の汎世界的発生の解釈 玉尾 孜 (東大理)</p>	<p>8 GLOBAL PALEOINTENSITY DATABASE FOR GEOLOGICAL TIME: ITS CONSTRUCTION AND USE 田中秀文、内村英雄、河野 長 (東工大理)</p>

- 14 -

- 15 -

開始時間	第 I 会場	第 II 会場	第 III 会場
11:15	9 地磁気活動の長周期変動とその太陽活動・地球温暖化との関連 柳原一夫 (気象協会)	9 $m=0$ ( $\Pi_2$ ) は本当か? 篠原 学、北村泰一 (九大理)	9 ベイズ統計を用いた APC コアサンプルのデコンボリューション 小田啓邦 (京大理)、渋谷秀敏 (大阪府大総合科学)
11:30	10 1989年9月29日のプロトフレアに伴う宇宙線強度増加の時間変化 榊原志津子 (名大STE研)、森下伊三男 (朝日大)、長島一男	10 赤道帯 $\Pi_2$ 脈動の最尤パラメータ推定 (第2報) 糸長雅弘 (九大中央計数)	10 クサリ礫の化学残留磁気 広域同時帯磁とバクテリア起源の仮説 時枝克安、伊藤晴明 (島根大理)
11:45	11 KAMIOKANDE IIで観測された高エネルギー宇宙線ミュオンの強度変動 宗像一起、土田知弘、森 覚 (信大理)、大山雄一 (KEK) 他 KAMIOKANDE group	11 Cavity Resonanceに対応したPoloidal Modeの固有値問題について 吉川顕正 (九大理)、糸長雅弘 (九大中央計数)、北村泰一 (九大理)	11 Rock magnetic property of sub-bottom sediments from the Japan sea (ODP Leg127) 鳥居雅之 (京大理)、林田 明 (同志社工)、L. Vigliotti (IGM, Bologna)
12:00	12 高エネルギー宇宙線 ( $\sim 10^{12}$ eV) 異方性と太陽活動 森 覚、安江新一、宗像一起 (信大理)、一之瀬匡興 (信大教養)	12 磁気圏起源の赤動逆ジェット 北村泰一 (九大理)	12 SIZE DISTRIBUTION OF MICROSPHERULES IN LOWER JURASSIC BEDDED CHERT 趙 章熙、堀 利栄、梅田裕之 (大阪市大理)
12:15	(休み) 21p-I オーロラ・ダイナミクス (I) 座長 宮岡 宏 (極地研) 中村 るみ (極地研)	(昼休み) 21p-II 磁気圏プラズマ波動 (I) 座長 羽田 享 (九大教養) 佐々木進 (宇宙研)	(昼休み) 21p-III 固体惑星 座長 杉浦直治 (東大理)
13:00	1 On the Sudden Brightening of a Discrete Aurora Tatsundo Yamamoto (東大理)	1 準線形理論に於て二次の電場は無視出来るか? 南部充宏、羽田 享 (九大教養)	1 原始大気中での衛星の軌道進化と火星の衛星の起源 佐々木昌 (広島大理)
13:15	2 あけぼのによって観測された AURORA SUBSTORM EXPANSION ONSET の様相 金田栄祐、山本達人、林 幹治 (東大理)、藤井良一、門倉 昭、江尻全機 (極地研)、巻田和男 (拓殖大)、小口 高 (名大STE研)	2 Wave-Particle Interactions in Turbulent States of UHR Mode Waves due to Beam Instabilities Tomohiko Watanabe and Hiroshi Oya (東北大理)	2 ACCRETION OF FINE PARTICLES : 1. STATEMENT OF PROBLEMS AND PRELIMINARY EXPERIMENTS 杉浦直治、岡田達明、清田 馨 (東大理)
13:30	3 Energetic electron and ion precipitation associated with auroral expansion Rumi Nakamura (極地研)	3 ピアス型プラズマダイオードにおけるビームプラズマ カオスの計算機実験 臼井義比古、松本 紘、大村善治 (京大超高層)	3 Experimental Formation of Magnetite and Other Iron Oxide Grains by Gas Evaporation Technique 堀内千尋、齋藤喜夫 (京工織大)
13:45	4 SUBSTORM GROWTH-PHASE FIELD-ALIGNED CURRENT SYSTEM T. IJIMA, M. WATANABE (東大理)、T. A. POTESRA and L. J. ZANETTI (APL)	4 大振幅放射電磁波のエッジ通過によるプラズマ波動起 (Ringing Effect) の計算機実験 矢代裕之、松本 紘、大村善治 (京大超高層)	4 地球大気の起源について 小嶋 稔 (東大理、阪大理) 21p-III 電離圏 (I) 座長 國武 学 (通総研) 山本 衛 (京大超高層)
14:00	5 サブストーム電流系の発達: 1. DE 1 イメージと高緯度電流パターン 上出洋介 (京産大理)、J. D. Craven, L. A. Frank (アイオワ大)、S.-I. Akasofu	5 大型飛翔体周辺のプラズマ環境の研究 (2) 佐々木進 (宇宙研)、臼井基文 (電通大)、横田俊昭 (愛媛大)、宮武貞夫 (電通大)、太田正廣 (都立大)、河島信樹 (宇宙研)	5 EISCAT レーダによって得られた高緯度 E 領域における中性風の特徴— (磁気圏現象の影響) 國武 学 (通総研) Schlegel (MPAE)
14:15	6 極磁気嵐電流系に関する論争の真相 福島 直	6 あけぼの衛星によって観測された狭帯域 ELF ヒスの特性 澤田 晃、太口 努、木村磐根 (京大工)	6 中性風系の簡易理論 前田憲一
14:30	7 パルセイティングオーロラに関する地上-EXOS-D 同時観測 塩川和夫、湯元清文、西野正徳、田中義人、小口 高 (名大STE研)、山本達人、林 幹治、国分 征、渡辺富也 (東大理)、福西 浩 (東北大理) 向井利典 (宇宙研)	7 あけぼの衛星で観測されたオメガ信号の伝搬特性 岸 洋司、澤田 晃、木村磐根 (京大工)、あけぼの VLF 班	7 50MHz 帯 MU レーダによって観測された沿磁力線イレギュラリティのモロロジー (II) 深尾昌一郎、高見友幸、津田敏隆、山本 衛、中村卓司、加藤 進 (京大超高層)

開始時間	第 I 会場	第 II 会場	第 III 会場
14:45	8 低エネルギー降下電子による低緯度オーロラの励起 宮岡 宏、平澤威男(極地研)、湯元清文、田中義人(名大SET研)、F. Creutzberg, D. D. Wallis (NRCC)	(休み) 21p-II 磁気圏プラズマ波動(II) 座長 岡田敏美(富山県立大) 澤田 晃(京大工)	8 MUレーダーによる中緯度E領域沿磁力線イリギュラリティの観測(2) 山本 衛、深尾昌一郎(京大超高層)、小川忠彦(通総研)、津田敏隆、加藤 進(京大超高層)
15:00	(休み) 21p-I オーロラ・ダイナミクス(II) 座長 塩川和夫(名大STE研) 菊池 崇(通総研)	8 ホイッスラー波の自己収束に関する計算機シミュレーション 上田裕子(電通大)、松本 紘、大村善治(京大超高層)、奥沢隆志(電通大)	9 MUレーダー多ビームIS観測による中緯度電離圏擾乱の研究 高見友幸、深尾昌一郎、加藤 進、津田敏隆(京大超高層)、佐藤 享(京大工)、山本 衛、中村卓司(京大超高層)
15:15	9 中性電荷プラズマビームのダイナミクスの計算機実験 古川 浩、松本 紘、大村善治(京大超高層)	9 改良型LTSコードによるVLFトリガード・エミッションの計算機実験 中山稔啓、大村善治、松本 紘(京大超高層)	(休み) 21p-III 電離圏(II) 座長 門倉 昭(極地研) 近藤哲朗(通総研)
15:30	10 オーロラから求めた地磁気共役点の決定 佐藤夏雄(極地研)、長岡孝行(山形大理)	10 DE-1によって赤道付近で観測されたVLF放射の緯度特性 恩藤忠典、中村義勝、渡辺成昭(通総研)	10 磁気擾乱に伴う低緯度帯下部電離層擾乱 森泉美穂子、島倉 信(千葉大工)、早川正士(名大STE研)
15:45	11 オーロラ・サージの電ロダイナミクス 佐藤真之(山形大理)、藤井良一(極地研)、R. A. Hoffman (GSFC)、J. D. Craven、L. A. Frank (アイオワ大)、J. Slavin (GSFC)、杉浦正久(東海大)	11 電離層中のVLFダイポール波源による大地上の電磁界強度分布 長野 勇、北岸陽一、八木谷聡(金大工)、木村警根(京大工)	11 測地VLBIデータから求めた電離圏全電子数 近藤哲朗(通総研鹿島)
16:00	12 ディスクリートオーロラの非共役性 長岡孝行(山形大理)、佐藤夏雄(極地研)、前沢 潔(山形大理)、内田邦夫(極地研)、坂 翁介(九州大理)	12 北極域電離層内における自然VLF及びオメガ電波の観測 岡田敏美(富山県立大)、長野 勇、湯上和之(金沢大工)	12 プラズマバブル中の熱エネルギー収支 小山孝一郎(宇宙研)、渡部重十(NRCC)、高橋忠利、大家 寛(東北大理)
16:15	13 SSC時のCNAの時間空間特性 菊池 崇(通総研平磯)、山岸久雄(極地研)、角村 悟(地磁気観測所)、永野 宏(朝日大)	13 DE-1によるハバロフスク15KHz波の観測-II 中村義勝、恩藤忠典、渡辺成昭(通総研)、T. F. Bell (スタンフォード大)、V. Chmyrev (IZMIRAN、トロイック)	13 低緯度電離圏F領域の動態とプラズマバブルの形成域(II) 高橋忠利、大家 寛(東北大理)
16:30	14 アイスランドにおけるイメージングリオメーター観測 山岸久雄(極地研)、西野正徳、佐野 貢、小島正宣(名大STE研)、菊池 崇(通総研平磯)、佐藤夏雄(極地研)	14 コーラスの方位測定とその発生・伝搬について 服部克巳、早川正士(名大STE研)、島倉 信(千葉大工)	14 電離層負イオン密度の測定方法の実験的研究 渡辺勇三(宇宙研)、雨宮 宏(理研)、中村良治(宇宙研)
16:45	15 ARSADによる、昭和・あすか両基地におけるオーロラ画像の解析 六山弘一(電通大)、平澤威男(極地研)	15 Propagation mechanism of very unusual low-latitude whistlers with additional traces of the Earth-ionosphere waveguide propagation effect Shin SHIMAKURA、Mihoko MORIZUMI(千葉大工) and Masashi HAYAKAWA(名大STE研)	15 JARE30大気球電場観測 門倉 昭、江尻全機(極地研)、山上隆正、秋山弘光(宇宙研)

18

19

第 I 会場

19a-I-1~10

19p-I-1~17

21a-I-1~12

21p-I-1~15

## Ion Distributions and Flows In the Plasma Sheet

M. NAKAMURA<sup>1</sup>, G. PASCHMANN<sup>2</sup>, W. BAUMJOHANN<sup>2</sup>, AND N. SCKOPKE<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Institute of Space and Astronautical Science*

<sup>2</sup> *Institut für extraterrestrische Physik, Max-Planck-Institut für Physik und Astrophysik*

In this paper we present a survey of the three-dimensional ion and electron distributions measured on AMPTE/IRM in the plasma sheet in the near-Earth magnetotail ( $R \approx 10 - 20 R_E$ ). The data are classified according to substorm phases.

In the neutral sheet, individual case studies of velocity distributions reveal that the ions consist of a single population. Fast and slow flows both occurred during the two extremes of magnetospheric activity, the substorm expansion phase and quiet times. Ion beams are occasionally observed and their shapes in velocity space are similar to those observed in the plasma sheet boundary layer. A ring distribution is seen only twice in fifty events. The occurrence rate of fast flows is positively correlated with the global magnetic field elevation during disturbed times and anti-correlated with that elevation during quiet times. The global magnetic field elevation angle is related to the magnetic field configuration in the magnetotail. Therefore, our results indicate a dependence of the flow speed within the neutral sheet on the magnetotail configuration at the point of observation.

In and near the plasma sheet boundary layer, high-speed ion flows are commonly observed [e.g., *Takahashi and Hones, 1988*]. Regardless of activity, the high-speed components of the distribution reduce their speed, increase their angular extent, and eventually become virtually isotropic, when the spacecraft moves from the boundary layer towards the central plasma sheet (Figure 1). The high-speed components, often deviate from simple crescent-shaped distributions and exhibit a signified structure. During disturbed times, substantial flows perpendicular to the magnetic field were observed. In several of the reported cases, an extra cold ion component of comparable density was observed whose bulk velocity perpendicular to the magnetic field sometimes differed dramatically from that of the high-speed components. It is speculated that these differences might be a signature of gyro-phase bunching.

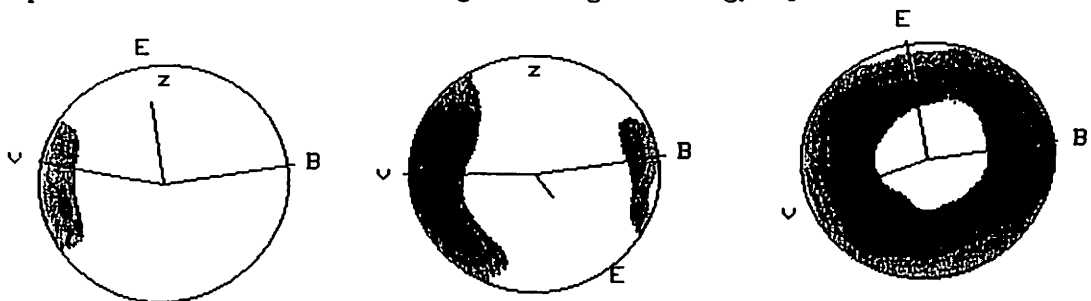


Figure 1. The evolution of the ion phase-space distributions from the plasma sheet boundary layer to the central plasma sheet (left to right panels). The three-dimensional distributions are represented in  $(v_x, v_y)$  plane (in GSM coordinates). Zero velocity is at the center, the circle marks the velocity corresponding to the maximum energy displayed, in this case 40 keV/e. The lines labelled  $v$ ,  $B$ , and  $E$  refer to the projections of unit vectors along the bulk velocity, magnetic field, and electric field ( $= -v \times B$ ).

# 磁気圏尾部における Sudden Impulse の 磁場回転極性

河野 英昭、山本 達人、國分 征 (東大理)

## Polarizations of Sudden Impulses in the Magnetotail

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

By using magnetic field data of IMP-H,I,J, we have studied the polarizations of Sudden Impulses (SI's) in the magnetotail. Unlike the SI observed on the ground, the perturbation field of SI in the tail lobe mainly rotates in the plane which includes the unperturbed initial field. Furthermore, the plane of rotation is roughly parallel to the plane which includes magnetotail axis and the position of the observing spacecraft. These characteristics can be interpreted in terms of the squeezing of the magnetotail by the solar wind discontinuity which moves tailward. Owing to the tail lobe field configuration, the discontinuity moves mainly along the tail lobe field, which causes the SI field to rotate in the plane including the unperturbed field. Moreover, the observed sense of rotation of the SI field is consistent with this interpretation.

SI (Sudden Impulse) は磁気圏に生じる transient な現象の一つであり、太陽風圧力の急変により引き起こされる磁気圏の圧縮/膨張現象である。SI 時の磁場強度は磁気圏の圧縮/膨張に対応して増大/減少するが、その変動磁場は一定方向を保つのではなく回転している。地上での SI 磁場の水平成分 (主磁場に垂直な成分) の回転については、午前側で左回り回転 (主磁場に対して)、午後側で右回り回転、という系統性を持つとの報告がある (Wilson and Sugiura, 1961)。この回転極性は、磁気圏の圧縮/膨張を引き起こす太陽風中の構造が表面波的に tailward に動くことにより生ずると考えられている。この点から、SI 磁場の回転極性は磁気圏の変形の様子を知る上で重要な情報を担っていると考えられる。

この SI の磁場回転極性については、地上の他に  $L=3-6$ 、赤道近くでの人工衛星による観測の結果も報告されている (Patel and Cahil, 1974) が、磁気圏尾部ではまだ調べられていない。そこで今回は、IMP-H、I、J のデータを用いて、磁気圏尾部における SI の磁場回転極性について調査した。

AGA Bulletin に載っている 1971 年-1984 年の期取の SI (SC) から、SI 時に IMP-H/I/J が磁気圏尾部にいる例を pick-up した。その結果、lobe にいる例 5 例、plasma sheet にいる例 5 例を得た。そして、lobe events についての系統的調査を行った。磁場の回転する平面を決めるために、いわゆる Min-Max variance analysis を適用し、磁場データの分散が最大になる方向、最小になる方向を決め、それらを新しい座標系  $x'$   $y'$   $z'$  の軸とした。各座標軸の定義は以下の様である。

- $x'$  軸は分散最大の方向に取る。
- $y'$  軸は分散最小の方向に取る。
- $x'$  軸の正の向きは GSM 座標の X の値が増える向きにとる。
- $z'$  軸の正の向きは GSM 座標の X 軸から遠ざかる向きにとる。

この座標系を見た SI の磁場変動は以下のような特徴を示した。

- $x'$  軸ともとの (SI 直前の) 磁場の間の角は小さい。すなわち、磁場増大の方向はもとの磁場の方向に近い。
- 磁場は主として  $x'$   $z'$  面内で回転する。すなわち、主としてもとの磁場を含む面内で回転する。
- $z'$  軸の方向を GSM 座標上でみると、GSM X 軸からみて放射状に分布している (図 1)。すなわち、磁場の回転面は tail axis の方向に沿っている。
- $x'$   $z'$  面内の磁場の回転極性を見ると、殆どの event で同じ極性を示す ( $x'$  軸から  $z'$  軸に向かう回転; 図 2)。

これらの特徴は、地上の SI の解釈と同様に、magnetotail を圧縮する (膨張させる) 太陽風中の構造が表面波的に tailward に動くと考えれば説明できる。しかし、地上の SI と tail lobe での SI とでは、SI 磁場が回転する面の主磁場に対する向きが違っている。これは、dayside magnetopause 近傍では表面波の運動の方向が磁場を横切

る成分を持つに対し、tail lobe では運動の方向と磁場の方向は殆ど平行である、という差によると解釈される。この差に関して興味深いのは、磁気圏の圧縮により生み出された MHD compressional wave の回転極性に及ぼす影響である。compressional wave は太陽風よりも速いのでより早く観測点に到達するが、伝搬方向が磁場を横切る方向であると、それによる磁場の回転の極性は遅れてくる表面波によるそれと同じである。しかし、伝搬の方向が磁場に平行な場合、もとの磁場を含む面内での回転の極性は compressional wave と表面波では逆になる事が予想される。これを示唆する観測例も発見されている。

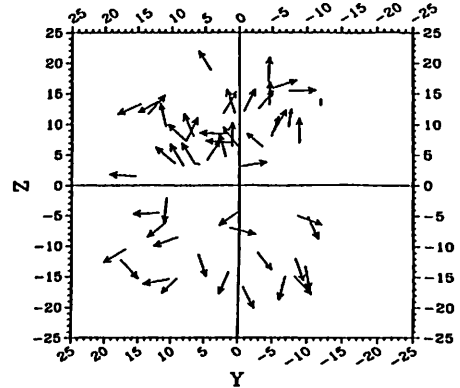


Fig.1 Directions of  $z'$  unit vectors of SI's, expressed in GSM coordinates.  $z'$  axis is decided from event to event, and it is included in the plane of magnetic field rotation and is perpendicular to the direction of main increase in the total field.

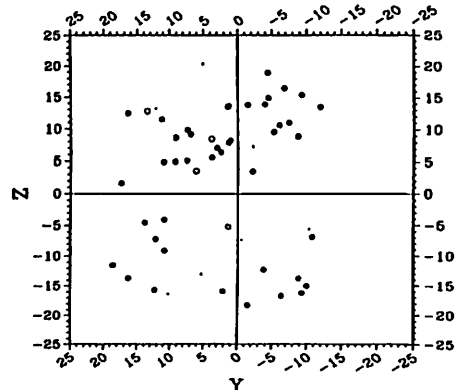


Fig.2 Polarizations of the SI's. Filled circle and hollow circle have opposite senses of rotation. Small dot corresponds to ambiguous rotation.

## INITIAL SIGNATURES OF MAGNETIC FIELD AND ENERGETIC PARTICLE FLUXES AT TAIL RECONFIGURATION

S. Ohtani<sup>1,2</sup>, K. Takahashi<sup>2</sup>, L. J. Zanetti<sup>2</sup>, T. A. Potemra<sup>2</sup>, R. W. McEntire<sup>2</sup>, and T. Iijima<sup>1</sup>

1: Geophysics Research Laboratory, University of Tokyo, Tokyo 113, Japan

2: The Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory, Laurel, MD 20723, U.S.A.

The AMPTE/CCE magnetometer and medium energy (> 25 keV) particle analyzer (MEPA) data are used to examine initial signatures of the tail field reconfiguration (dipolarization) observed in the near-earth magnetotail (< 9  $R_E$ ). The dipolarization has been understood in terms of the sudden decrease in tail current intensity (current disruption). The radial ( $V$ ) magnetic field component is a sensitive measure of spacecraft location relative to the cross-tail current sheet. The north-south ( $H$ ) component perturbation depends on the location of the disruption region (earthward of tailward) relative to the spacecraft. From this point of view, sudden  $H$  increase is selected as indicating the occurrence of a substorm-associated current disruption near the spacecraft. Two types of the dipolarization signatures are found. In type-I events  $|V|$  starts to decrease first, followed by the increase in  $H$ . The energetic particle population increases earthward and/or equatorward of the spacecraft in association with the  $|V|$  decrease, indicating the expansion of the hot plasma region from equatorward of the spacecraft. The tail current disruption is considered to take place earthward and/or equatorward of the spacecraft in these events. The time delay of the  $H$  increase from the  $|V|$  decrease may be ascribed to the tailward expansion of the current disruption. Figure 1 shows an example of the other type (Type-II) of the dipolarization. This type is characterized by a particular phase prior to the dipolarization. The duration of this phase is typically 1 min, much shorter than the so-called growth phase. In this phase  $H$  deviates southward and the energetic particle population starts to increase tailward of the spacecraft. These magnetic and particle signatures suggest that the energization/heating of the plasma sheet plasma takes place and consequently the tail current develops transiently just prior to the local disruption. The two types of the dipolarization signatures do not necessarily result from two different mechanisms, but they would simply reflect the difference of the spacecraft position relative to the current disruption region. It is also found that the distribution of the Type-I and Type-II event occurrence significantly shifts toward dusk from midnight.

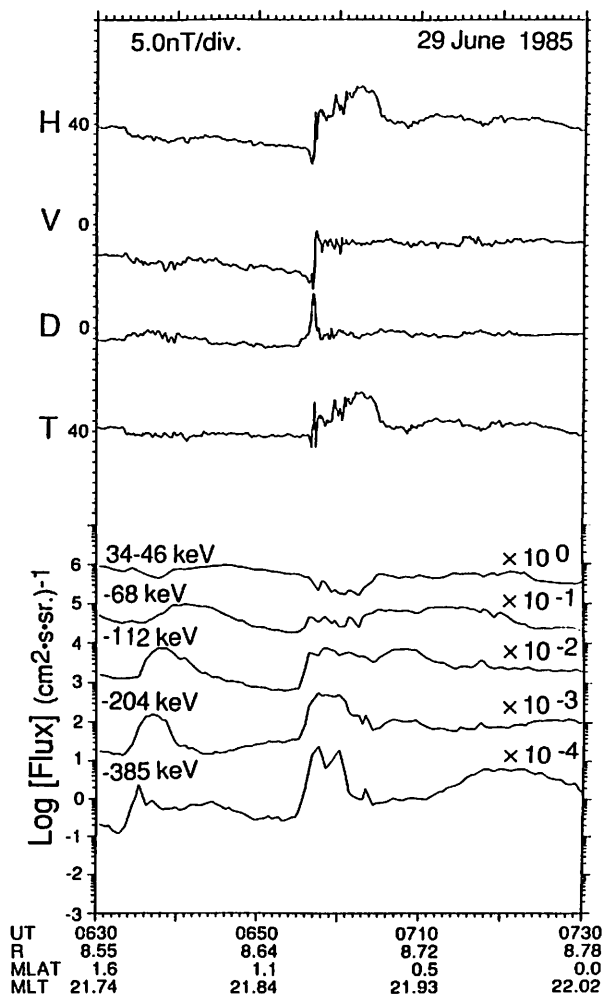


Fig. 1. Magnetic field and energetic particle measurements from AMPTE/CCE for a Type-II dipolarization event on June 29, 1985. The particle data are spin-averaged over 24s and the magnetic field data are 6.2-s median values. The spacecraft locations are indicated at the bottom.



STRUCTURE OF FIELD-ALIGNED CURRENTS IN THE NEAR-EARTH MAGNETOTAIL - 3

Tsugunobu Nagai (Meteorological Research Institute)

Kazue Takahashi (The Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory)

Simultaneous magnetic field and particle measurements by AMPTE/CCE with magnetic field measurements by GOES 5 and GOES 6 have been used to study the structure of field-aligned currents during substorms in the near-Earth magnetotail. Synchronous spacecraft GOES observe westward field perturbations in the post-midnight sector and eastward field perturbations in the pre-midnight sector, respectively. The sense of field perturbations at CCE, near the GOES meridian outside the synchronous orbit, depends on the plasma regime in which CCE stays. Using these observational results, the position of major field-aligned currents can be determined.

In the post-midnight region, a single-sheet current system is formed in the plasma sheet boundary layer, characterized with low energetic ion flux and intense magnetic field, in association with an onset of the substorm expansion phase. The current flow direction in the sheet is earthward. Figure 1 shows schematic illustration for the current system in the post-midnight region. In the late evening region, the current system has a single-sheet structure with currents flowing tailward. This current system is also located in the plasma sheet boundary layer.

In the pre-midnight region, the current system appears to be complex. The upper panel of Figure 2 shows D component data from GOES 5 and GOES 6 and eastward field perturbations are evident for substorms. Simultaneously, CCE observes short-lived, small-amplitude, westward field perturbations when CCE is located in the higher L shell. When CCE is located in the lower L shell, it observes eastward field perturbations as well as GOES.

The lower panel of Figure 2 shows D component data and energetic ion flux (energies higher than 80 keV) from CCE. Until 0400 UT the radial distance of CCE is larger than 8.5 Re and the magnetic latitude of CCE is higher than 11°. Westward field perturbations are observed at CCE. After 0400 UT, the radial distance becomes smaller and the magnetic latitude becomes smaller. Eastward field perturbations are observed at CCE. The ion measurements do not show any significant difference between these two cases and they suggest a double-sheet current system embedded in the plasma sheet boundary layer and the plasma sheet.

A simple current wedge model is applicable to the current system in the post-midnight region and in the late evening region. However, the current system in the pre-midnight region may not be expressed by the simple model.

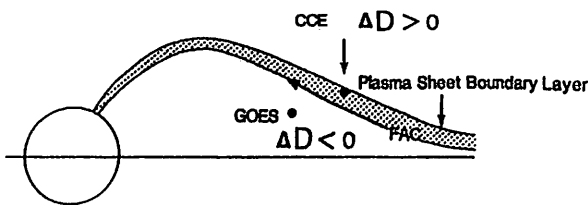
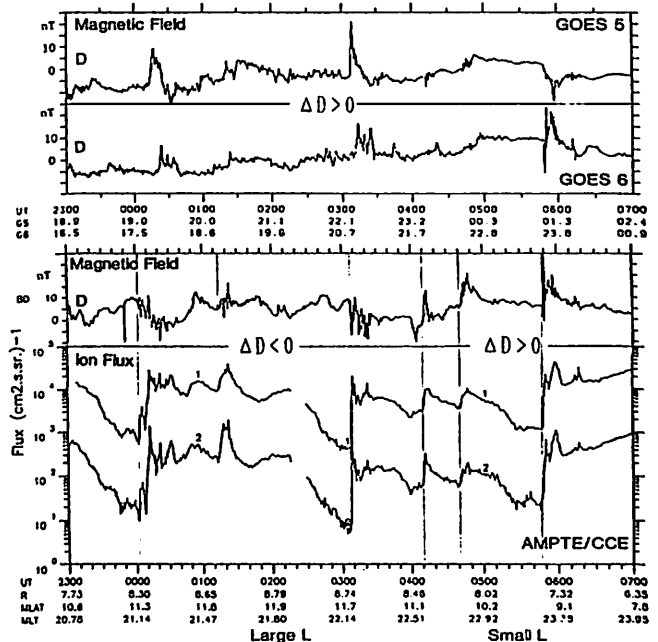


Figure 1



October 21, 1986

Figure 2

# 磁気圏磁場モデルにおける沿磁力線電流系

西谷 望 (名古屋大学太陽地球環境研究所)

Field-Aligned Current System in the Empirical Magnetospheric Magnetic Field Model

N. Nishitani

Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University  
Toyokawa 442, Japan

We have calculated field-aligned current densities in Tsyganenko's magnetic field model. Although the calculated field-aligned currents have Region 1 sense, the current density is much smaller than that actually observed. Furthermore, considerable part of the field-aligned current is short-circuited near the magnetospheric equator and little reaches near the ionosphere. Hence it is concluded the effect of field-aligned currents is not systematically included in Tsyganenko's model.

沿磁力線電流系は磁気圏・電離圏結合において最も重要な要素である。現在最も広く使われている磁気圏磁場モデルであるTsyganenkoモデルに沿磁力線電流系が含まれているか、大きな争点の一つとなっている。今まで、静止軌道の磁場データと地上のオーロラのデータの比較で発見した磁気圏赤道面と電離層の経度的な位置関係のずれから、Tsyganenkoモデルには沿磁力線電流系が有為には含まれていないと結論してきた(1989年春の学会、秋の学会)。一方、Tsyganenkoモデルは観測データに基づいており、実際に存在する沿磁力線電流系が何らかの形で含まれているはずであり、また実際に沿磁力線電流を求めた研究も幾つか行なわれている。しかしながら、このようにして求めた沿磁力線電流が地球のどのくらい近くまで流れ込んでいくか、いかにすれば途中のどこでどの程度磁力線に沿って方向に漏れ出しているかについて、言及した研究はまだなされていない。

今回の発表ではTsyganenkoモデルを使い求めた電流の分布について詳しく議論する。図1は87年モデル(long version, Kp ≥ 5-)を使い磁気緯度64°、地方時22時から磁力線に沿って求めた沿磁力線電流の分布である。電流密度は磁束密度で規格化されている。図からわかるように、電流は赤道から離れるに従い、急激に減少している。このことは、モデルに含まれている沿磁力線電流は大部分磁気圏赤道の近くで漏れ出しており、静止軌道から電離層までの磁力線の示れを起すには効いていないことを示している。しかもこの電流は、モデル中では沿磁力線電流を含まれる項より

も磁気圏尾部電流を表現する項の方が大きな割合を占めており、すなわち尾部電流の沿磁力線成分を見ているとも言える。講演では89年モデルを使った結果についても述べる予定である。

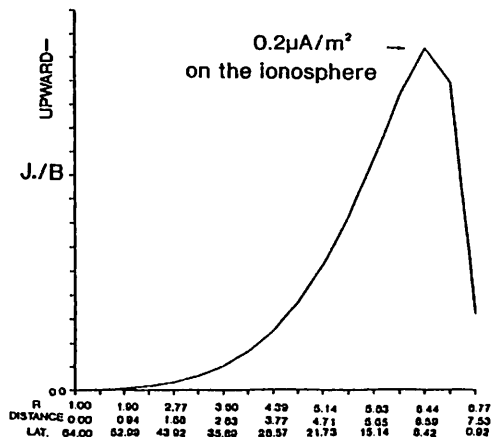


Fig. 1 Distribution of the field-aligned current density along the magnetic field line from the ionosphere to the magnetospheric equator. The ionospheric end point is at 64° lat., 22 MLT. The current density is normalized by the ambient magnetic field B. It is clear that the field-aligned current flowing outward near the geosynchronous altitude is short-circuited not far from the magnetospheric equator.

## ORIGIN OF THE MAGNETOPAUSE BOUNDARY LAYER -- POSSIBILITY OF SMALL PLASMOID PENETRATION THROUGH THE MAGNETOPAUSE

小口 高  
名大 STE研

Possibility of small plasmoids, non-magnetized and o-type magnetized, expected in the magnetosheath to penetrate the magnetopause into the boundary layer is examined. If the plasmoids are really present, they could be the source of the boundary layer.

高時間分解能の記録で見たシース中の磁場は著しく乱れて、変動は平均値の数倍に達し、磁場強度がゼロに近い値を示すこともある (e. g., Higuchi, 1989)。また、人工衛星によって、テイルの magnetopause を横切って測定された磁場から、通過途中の不確定領域を除いて、衛星が明らかにシース側にいるときと明らかにローブ側にいるときの磁場のベクトル積は、解析の範囲でほとんどいつでも、ほぼ磁気圏界面に垂直となることが示される (Ohtani, 1989)。これは、境界層で隔てられた二つの領域内の磁場が常に圏界面にほぼ並行であって、太陽風中の磁場が磁気圏界面に有限の角度で交差する場所がないこと示し、太陽風磁場が直接磁気圏に入り込む Dungey 型のトポロジーが見つからないことを意味する。

磁場の垂直成分が小さいからと云うのは、このトポロジーが見えないことの原因にはならない。なぜなら、ここで調べられているのは、衛星がどちらかの領域にあることがはっきりしている場合だからである。

これらは、大きなスケールでのいわゆる dayside reconnection がきわめて考えにくい概念であることを示している。一方、磁気圏に境界層があることは観測事実である。太陽風の磁場が基本的には磁気圏を取り巻いていて、しかも境界層があるあるためには、磁気圏前面の特定の場所ではなく、磁気圏界面を通しての磁場とプラズマの異

常拡散を考えなければならない。

現実に行っている磁場とプラズマの拡散は、小さなスケールのプラズモイドの拡散によると考えるのが考え易い。もし、シース中にある程度の小さな非磁化プラズモイドが存在すれば、これは磁気圧の一様な範囲では容易に磁気圏界面を透過して磁気圏内に進入できる。また、もし、小さなスケールの o-type 磁場をもつプラズモイドがあれば、これらも比較的容易に磁気圏磁場に融合し得る。dayside reconnection のように大きなスケールでの磁場の融合を考えるのに比べれば、運動エネルギーが卓越して、磁場は力学的に小さな役割しか持たないシースプラズマにおいては、小さなスケールでのそれがずっと可能性が高い。

このような stochastic な考えと顕著な IMF-Bz の効果とは、磁化プラズモイドの磁場の統計的な強度分布を考えれば、平均的には太陽風の磁場が磁気圏内部に拡散したものであるとして理解できるであろう。シース中の乱れの空間的スケールや大きさ、磁気圏内磁場分布、IMF-Bz などの関連によって調べるのが可能かも知れない。

磁気圏側の磁場は Ordered field であって、その太陽風側への拡散は考えにくく、境界層への拡散は主として太陽風側から起こっているであろう。これが、磁気圏内部と考えられる領域に境界層が存在する主な理由であろう。

西田篤弘、向井利典（宇宙研）、賀谷信幸（神戸大工）、早川 基（宇宙研）

## CAN THE LOW LATITUDE BOUNDARY LAYER BE IDENTIFIED IN LOW ALTITUDES?

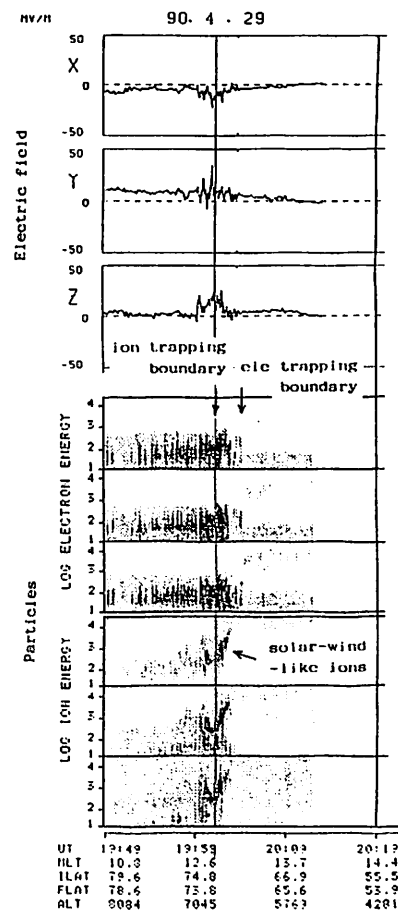
A. Nishida, T. Mukai (ISAS), N. Kaya (Kobe Univ.), H. Hayakawa (ISAS)

We have surveyed the AKEBONO data to find the regions that are identifiable as the low-altitude projection of the low latitude boundary layer. A necessary condition is the coexistence of ions of the solar wind and magnetospheric origins. We have found not only that such cases are rather infrequent but also are liable to alternate interpretations.

低緯度のMagnetopauseのすぐ内側に、太陽風に似たエネルギーを持つイオンが反太陽向きに流れる領域があり、LLBL (Low Latitude Boundary Layer) と呼ばれている。これに対応して、地表から1 Reあるいはそれより低い高度でも、LLBLを通る磁力線の上では特徴的な性質を持つプラズマの領域が観測されるものと期待される。特徴的な性質とは、(1) 太陽風のスペクトルのイオンが存在して、(2) 反太陽方向に流れており、(3) しかも磁力線が閉じていて、(4) 磁気圏内部で観測されるイオンと似たスペクトルを持つイオンも存在する、ということである。(3)の判定は困難であるにしても、(4)を確認することは必須であるにもかかわらず、低い高度でLLBLを同定したと称する従来の論文の中にはこの作業を欠いているものが多い。そこで「あけぼの」衛星のプラズマと電場のデータを用いて、LLBL対応領域の客観的な同定が可能かどうかを調べた。磁気圏内部に特徴的なイオンとしては、10keV域でも観測される捕捉粒子(Trapped Particles)をとった。

まず気づいたことは、(1、2)と(4)をとともに満たす事例の頻度が低いことである。右図は見出した例の一つであって、1 keV前後の太陽風のイオンが $\geq 10$  keVの捕捉粒子的イオンと共存しており、電場は反対太陽方向の流れを示している。しかし、この例においても電子のTrapping Boundaryが太陽風のイオンの存在する領域よりも低緯度側にあることから見て、観測時にCuspとIon Trapping Boundaryの位置がたまたま低緯度方向に移動しつつあったために、太陽風のイオンと捕捉粒子が同じ場所で観測されたという解釈も可能である。

従来、LLBLに対応するとされてきた低高度の領域は、本当にそう考えて良いのであろうか。



An example of the observation in which solar-wind-like ions were found together with the magnetosphere-type trapped ions in the so-called cusp region.

## 地球磁気圏対流の太陽風磁場に対する応答

-- EXOS-D と IMP-J による同時観測 --

中川朋子、鶴田浩一郎、向井利典、西田篤弘、松岡彩子、早川基、R. Lepping、  
(宇宙科学研究所) (NASA/GSFC)

Response of Magnetospheric Convection Observed by EXOS-D  
to Interplanetary Magnetic Field Observed by IMP-J

T. Nakagawa, K.-I. Tsuruda, T. Mukai, A. Nishida, A. Matsuoka, H. Hayakawa, R. Lepping  
(ISAS) (NASA/GSFC)

Electric field and charged particle data obtained by EXOS-D (Akebono) satellite are investigated together with the interplanetary magnetic field data obtained by IMP-J at about 40 RE from the earth. Unexpected patterns of magnetospheric convection are found as well as the traditional convection patterns in which antisunward (sunward) flow exists in the polar cap when z-component of IMF is negative (positive).

太陽風磁場(IMF)に対する極域磁気圏の対流の振舞いについては、従来、「南向きIMFのときはポーラーキャップで反太陽方向の流れ、北向きIMF時は真昼側で太陽方向の流れ」が観測されると言われている。これは南向きIMFの時は真昼側の閉じた磁力線が、また、北向きIMFの時は極域の開いた磁力線が太陽風の磁力線とつなぎ替えられることを反映している。このようなIMFと対流パターンとの関係が常に成り立っているのならば、IMFの極性が変わってから、磁気圏の対流パターンが変化するまでに要する時間を割り出すこともできると期待される。

そこでまず「あけぼの」によって観測された電場(EFD)および粒子(LEP)がIMFに対して期待されているような対流パターンを示すかどうかを確かめることから始めた。極域の磁力線がおおよそ-z方向を向いていることを使えば、 $E + V \times B = 0$ により、反太陽方向の流れは $E_y > 0$ 、太陽方向の流れは $E_y < 0$ によって知ることができる。太陽風データとしては、地球からおおよそ40REの位置を周回しているIMP-Jのデータを用いた。期間は1989年10月2日-9日、10月15日-21日、10月27日-31日で、この期間内でIMFが長時間にわたって安定している時期のデータを選んで解析した。その結果、

- (1) IMFが南向きのとき、ポーラーキャップ内で $E_y > 0$ 、その少し低緯度側で電場 $E_y$ が細かく変化している例が多いこと、
  - (2) そのとき $E_y$ の荒れている領域にスパイク状のエネルギー分布をする電子が見られる場合が多いこと、
  - (3) IMFが北向きのときは $E_y$ が荒れていることが多く、スパイク状の電子との対応もよいこと、などが確認されたが、同時に
  - (4) IMFが南向きでもポーラーキャップ内で $E_y < 0$ が観測される例、
  - (5) IMFが北向きでもポーラーキャップ内で $E_y > 0$ が観測される例、
  - (6) IMF  $B_z$ 、 $B_y$ ともにほとんど零であるのに南向きIMF時並の強い $E_y > 0$ の観測される例
- のように、従来のモデルでは説明されない状態のあることも示された。これらは太陽風のエネルギー、粒子の地球磁気圏への注入を考えるとときに考慮されるべきである。また、 $B_z = 0$ のIMFは、最も「普通の」太陽風の状態を示すものとしても重要である。

中緯度電離層電場の IMF 依存性  
— MUレーダーデータの解析 —

家森俊彦・竹田雅彦・荒木徹・田中良和・米山利明(京大理) 山本衛(京大超高層)

IMF DEPENDENCE OF MID-LATITUDE IONOSPHERIC ELECTRIC FIELDS OBSERVED BY SHIGARAKI MU-RADER

T. Iyemori, M. Takeda, T. Araki, Y. Tanaka, T. Yoneyama (Faculty of Science, Kyoto Univ.) and H. Yamamoto (RASC, Kyoto Univ.)

Middle-latitude ionospheric electric fields inferred from plasma drift measurements by the use of Shigaraki MU-rader are statistically analyzed combining with the IMF and ground magnetic observations in the same period. Sq dynamo electric field pattern consistent with the estimation from geomagnetic Sq field is obtained. The IMF dependence of the electric field is analyzed in detail and compared with the IMF dependence of ground magnetic field variations.

極域電離層電場が惑星間空間磁場(IMF)に強くコントロールされている事は、極域における地上磁場観測、衛星および極域ISレーダーによる電場観測などからよく知られているが、中・低緯度の電離層電場に関しては、観測的事実がまだ明かではない。磁気圏擾乱に起因する中・低緯度の磁場変動には、電離層電流だけではなく、極域に出入りする沿磁力線電流やリングカレントも寄与するため、磁場変動と電離層電気伝導度だけでは、電離層電場を推定する事は困難である。しかし、磁気嵐時の電離層擾乱および磁気嵐急始部(SSC)の解析等からは、極域電場の中低緯度への侵入が推定されており、IMFに依存した電場変動の存在も当然予想される。また中低緯度の地磁気変動には、IMF-B<sub>y</sub>およびB<sub>z</sub>に依存した成分が検出される。これが極域に流れ込む沿磁力線電流によるものかどうかを明らかにするためにも、中低緯度の電場変化のIMF依存性を調べる必要がある。ここでは、京都大学超高層電波研究センター信楽MUレーダーにより測定された電離層プラズマドリフトから推定される電場のIMF依存性について調べた結果を中心に報告する。

データは主に1987年秋から1989年秋までの約30日分の観測テープを処理して得られた1時間毎の南北および東西電場と、その期間の1時間値IMF(NASA/NSSDCデータベース)を用いた。IMFデータの利用できない期間もかなりあり、実際に利用できたデータ期間は約20日分である。また、磁場データは、主に柿岡地磁気観測所の1時間値を用いる。

図1は、IMFに対する電離層電場の回帰直線から求めたSq電場の日変化であり、地上Sq磁場変動等から予想される変化とほぼ一致する。図2は、IMFが南を向いているときのデータを使って決定した回帰直線の傾きから求めた、IMF-B<sub>z</sub>が-5 nTのときに対応する電離層プラズマ対流のベクトルである。中緯度電離層電場のIMF依存性をより明らかにするためには、さらに長期間のデータの蓄積が必要であるが、これまでのデータで得られた結果の有意性および解釈について、磁場観測データとの比較も含め、様々な角度から議論する。

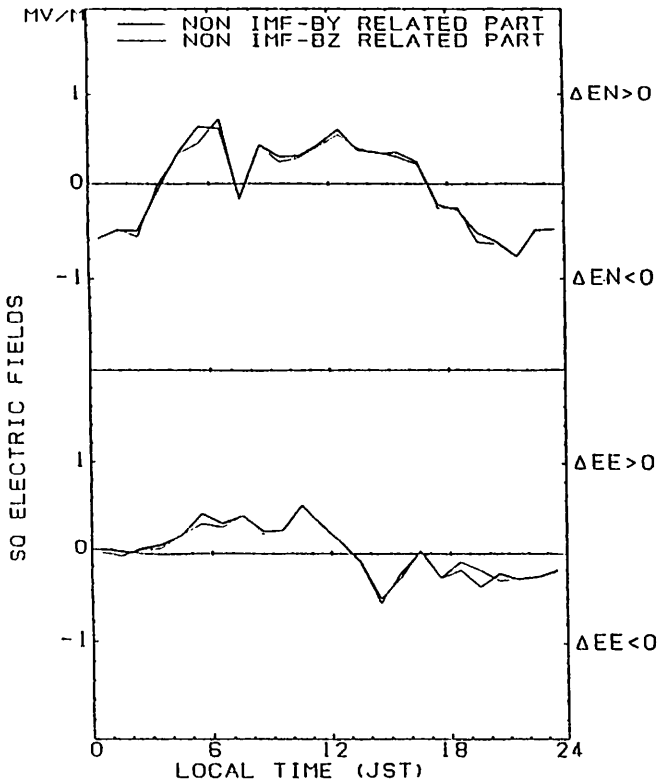


Fig.1 Daily variation of the electric fields at IMF-B<sub>y</sub>=0 (thin lines) or IMF-B<sub>z</sub>=0 (thick lines) determined from linear regression lines, which is consistent with the Sq dynamo electric field variation estimated from geomagnetic field variations.

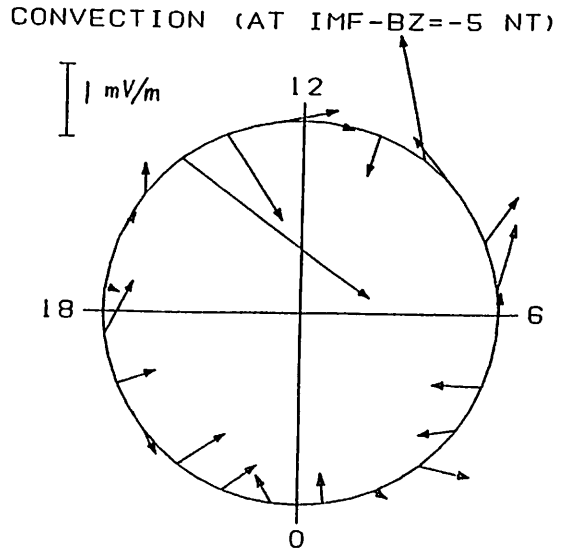


Fig.2 Ionospheric plasma convection pattern at IMF-B<sub>z</sub>=-5 nT determined from the southward IMF dependence of the electric fields.

大家 寛

(東北大・理)

Studies on Dynamics of Low Altitude - High Latitude Region  
 Plasmapause Based on the Plasma Density Distribution  
 Observed by PWS - Onboard the EXOS-D Satellite

Hiroshi Oya  
 Geophysical Institute, Tohoku University

From the UHR mode wave data observed by PWS onboard the EXOS-D (Akebono) satellite clear crosssection of the low altitude and high latitude plasmapause have been obtained. Very large oscillation and the large shock structure in the plasma density distribution show remarkable feature of the dynamics of the plasmapause. i) In the time of large storm the trough region disappears. ii) After two days a large shock structure is revealed at the plasmapause; and iii) a large oscillation of the plasma density distribution with amplitude of factor 2 or 3 is generated in the entire plasmasphere. All these features suggest that the plasmapause is not simply understood in term of the plasma loss and supply process but the dynamics and energetics at the boundary are the important subjects controlling the existence of plasmapause.

1. 序

EXOS-D (Akebono) に搭載されたプラズマ波動観測装置は20kHzから5MHzまで連続に最短 2secで分析観測することが可能である。このモードの観測によって常に UHR (高域ハイブリッド共鳴) モードの波動が観測されている (Oya et al., 1990)。この観測によって、プラズマトラフ、それに接続するプラズマポーズ及びプラズマ圏のプラズマ分布の詳細が明確に観測されている。本研究では、この衛星軌道に沿って観測される UHR周波数から求められるプラズマポーズの密度変化をもとに、そのダイナミックスを究明する。

2. 高緯度低高度域でのプラズマポーズ観測

高緯度域に磁力線沿いに投影されるプラズマポーズの構造がEXOS-D衛星が高緯度域 Invariant Latitude  $55^{\circ}$  ~  $70^{\circ}$  を通過する際に主として3,000~10,000kmにわたる高度で観測される。このプラズマポーズの構造は S, G, I の三つのタイプに分類されていた (Oya et al., 1990)。特に Irregular Type である I Type は、その様相からさらに、Detached Type:  $I_D$ 、Large Oscillatory Type:  $I_O$ 、及び Multi-shock Type:  $I_S$  に分けられる。これらの構造が示すところは、Shock Type が、激しくプラズマ圏の境界が運動していること、また Large Oscillatory Type が、境界で巨大なプラズマ不安定を起こしている点が示唆されることが注目される。

3. 1989年10月20日の磁気嵐効果

1989年10月20日9時15分 JST に SC をもって始った巨大地磁気嵐に関連して起こったプラズマ圏とその境界での激しいプラズマ密度変動は、その他の地磁気嵐にともなう起こるプラズマポーズ及びプラズマ圏現象の代表例として興味ある情報を提供している (図1参照)。その経過をたどると、

- i) 主相においては Trough は完全にうめつくされる。
- ii) 回復後、2日経過してプラズマポーズに激しい衝撃的電子密度変化が発生。
- iii) さらに1日近く経過した時、プラズマ圏全体にわたる Factor 2~3の密度変動を示す巨大振幅のプラズマ変動がプラズマ圏全体に発生する。

4. 検討

以上の衝撃波性の密度変動、また巨大振幅の変動は、いずれもプラズマポーズの形成を制御している磁気圏プラズマ対流域と共回転域の形成の時間変動の効果を反映したものと考えられる。しかし単純に「プラズマの電離圏側からの供給と磁気圏対流による運び去り」といった、物質の連続性だけで解決する問題ではなく、プラズマポーズに関しエネルギー供給及び平衡を決定するダイナミックスの問題が新しく提出されている。

1989.10.23

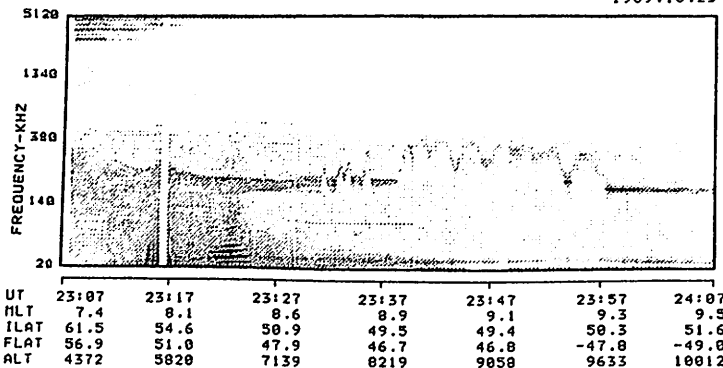


図1 EXOS-Dで10月23日磁気嵐回復後に観測されたプラズマ波動データ。大きなUHR波動周波数の変動はプラズマ圏全体にわたる激しい密度ゆらぎを示している。この場合プラズマポーズは大巾に変形され低緯度帯にありている。





EFFECTS OF DIPOLE TILT ON THE MAGNETOSPHERIC  
CONFIGURATION AND POLAR CAP STRUCTURE  
SIMULATED BY A 3-DIMENSIONAL GLOBAL MHD MODEL

Tatsuki Ogino<sup>1</sup>, Raymond J. Walker<sup>2</sup> and Maha Ashour-Abdalla<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Institute of Geophysics and Planetary Physics, UCLA, USA

We have developed a high-resolution three-dimensional global magnetohydrodynamic (MHD) simulation model of the interaction between the solar wind and the earth's magnetosphere to study the effects of dipole tilt on the magnetospheric configuration and polar cap structure. With the code, we solved the MHD and Maxwell's equations as an initial value problem by using the two step Lax-Wendroff method or a modified leap-frog scheme in order to study earth's magnetospheric configuration and dynamics in the magnetotail, plasma sheet and polar cap depending on an angle between the dipole axis and the GSM  $z$ -axis.

The location of the tail neutral sheet shifts in the north-south direction when we vary the dipole tilt. For positive tilt when the northern hemisphere is summer, the neutral sheet rises above the GSM equatorial plane near the noon-midnight meridian and is depressed below it near the magnetopause as was simulated previously. The shape of the plasma sheet is warped and it is detached from the magnetosheath and becomes elliptic for a larger tilt angle than about  $30^\circ$ . Such a large dipole tilt may not occur for the earth case, however is possible for other planets like Uranus and Neptune. The position and shape of the neutral sheet results from the requirement that the earthward magnetic flux equals the tailward flux.

In the northern hemisphere summer when the dipole tilt is positive, the polar cap boundary becomes cusp-like near midnight. The thickness of this region increases with tilt and the cusp becomes more circular in the northern hemisphere as shown in Figure 1. In the southern polar cap in Figure 2 the cusp becomes thinner with increasing tilt. The area of open field lines does not change much as a function of dipole tilt, however its shape does change. For positive tilt it becomes heart shaped in the northern hemisphere and egg shaped in the southern hemisphere. The latitudes for the field aligned currents of Region 1 type near midnight region in the summer hemisphere are  $2^\circ - 3^\circ$  higher than those in the winter hemisphere. These north-south asymmetries due to the dipole tilt may arise from the difference of the solar wind dynamic pressure in the summer and winter hemispheres.

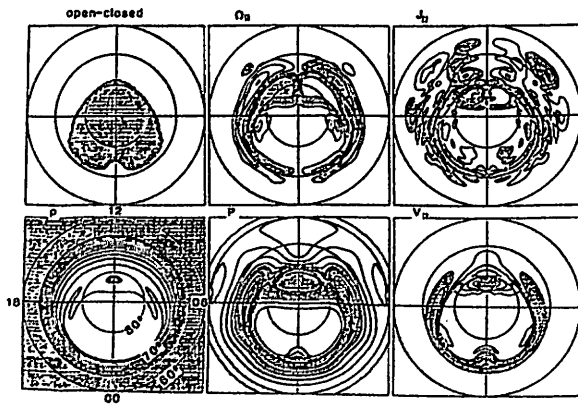


Fig.1. Polar cap structure in the northern summer hemisphere for  $30^\circ$  tilt angle.

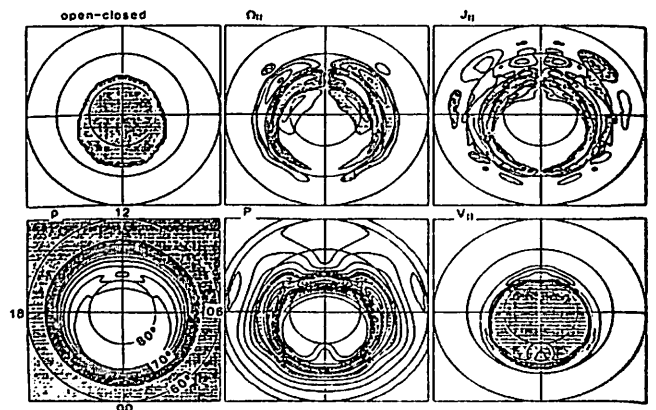


Fig.2. Polar cap structure in the southern winter hemisphere for  $30^\circ$  tilt angle.

清水徹 鵜飼正行  
(高知高専) (愛媛大工)

3-D COMPUTER SIMULATION OF FIELD-ALIGNED CURRENT  
ASSOCIATED WITH SPONTANEOUS FAST RECONNECTION

T. Shimizu<sup>1</sup> and M. Ugai<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Kochi National College of Technology

<sup>2</sup> Ehime University

Temporal dynamics of fast reconnection process is studied numerically to examine field-aligned currents (FAC). The computer model is designed so that the fast reconnection spontaneously build up in a limited region, where a large-scale 3-D magnetic loop is established because of the boundary conditions imposed. We find that, as the fast reconnection proceeds, the initial (1-D) current-sheet system drastically changes its global structure and a new current system involving a field-aligned current along the loop boundary is eventually formed.

3次元の磁気再結合過程では、2次元の時と異なり沿磁力線電流 (FAC) が発生する。特に磁気再結合過程で生成される高速プラズマ流が磁気ループと衝突する時のFACは、磁気圏内部のFAC (Region I, II) や電流系(Dp1)の問題とも関係しており重要である。そこで我々は、均一な厚さのカレントシートの中に局部的に発生した異常電気抵抗によって高速磁気再結合を起動し、それによって形成された磁気ループ内に現れるFACについて、3次元MHDコードを用いて調べた。

我々ののは、'spontaneous'ではあるが Birn(1981)等とは異なり、異常電気抵抗を仮定し原点付近に固定して与えた。又、3次元モデルは今までの2次元モデル(X-Y平面)に比べかなり複雑なので、まずZ方向の効果を弱くする為、Z方向のシステムサイズをX、Y方向に比べ大きくとり、即ち異常電気抵抗が電流(Z)方向に長い分布で発生した場合について主に調べている。磁気レイノルズ数は最大 $R_m = 20$  (原点)とした。

実計算領域は第一象限のみである。その際、原点に接するすべての(内側)境界面と、磁気ループを発生させる為のX方向端面( $X=9.0$ )は対称条件、その他は自由境界条件とした。初期状態で磁場はX方向のみ、電流層の厚さは均一、電流は-Z方向である。Z軸が磁気中性線となる。主な結果のシステムサイズと空間刻みは、 $(L_x, L_y, L_z) = (9.0, 2.4, 16.0)$

$(D_x, D_y, D_z) = (0.05, 0.04, 0.4)$  である。

図1 (a): 磁気中性点 (原点) からSLOW SHOCKを経て磁気ループ境界に沿って電流が強い。

(b): ループ断面のFAC分布を示した。FACはループの境界内側に沿って強く発生し、その最大値は初期の磁気中性層の電流値の約25%で、向きはRegion Iセンスになった。

図2で二種類の電流系を示す。(a)は磁気中性点とSLOW SHOCKに向かう電流系を含む (b)は磁気ループに向かう電流系でRegion IセンスのFACを含んでいる。

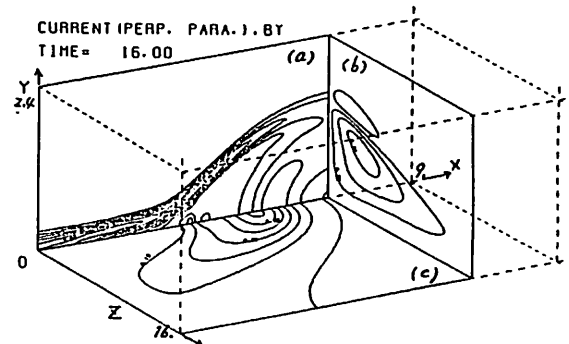


Fig.1 (a):current density on X-Y plane ( $Z=0.0$ )  
(b):field-aligned current density on Y-Z plane ( $X=7.0$ )  
(c): intensity of  $B_y$  on X-Z plane ( $Y=0.0$ )

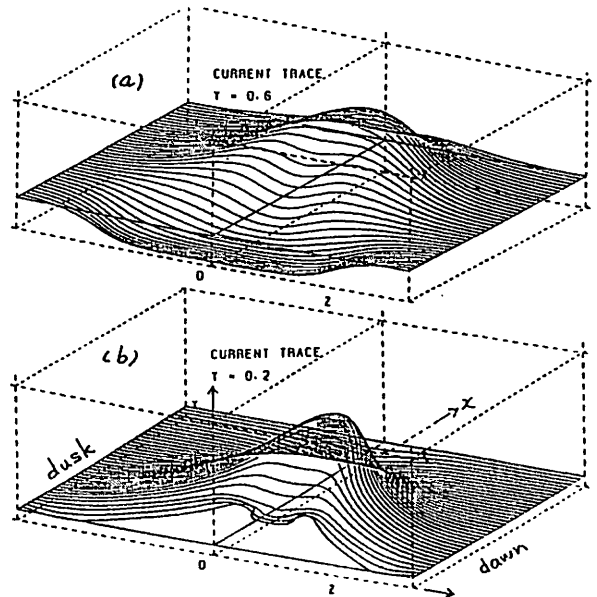


Fig.2 Current stream line  
(a):from X-Z plane ( $Y=0.6$ )  
(b):from ( $Y=0.2$ ) (include Region I FAC)

## CONVECTIVE GENERATION OF "GIANT" UNDULATIONS ON THE EVENING DIFFUSE AURORAL BOUNDARY

Takashi Yamamoto (GRL, Univ. Tokyo) K. Makita (Takushoku Univ.)  
and C.-I. Meng (APL/JHU)

Convective generation of "giant" undulations on the equatorward boundary of an evening diffuse aurora is numerically simulated. A "giant" undulation is defined as a waveform having the crest-to-trough amplitude comparable to the wavelength. The two-dimensional particle code is used for studying the motion of magnetospheric plasma perpendicular to the geomagnetic field. According to the simulation results by Yamamoto et al. (1990), giant undulations are manifestations of the Kelvin-Helmholtz (K-H) waves arising from a polarized arc sheet extending azimuthally. In this previous simulation, initially irregularities were equally given over the entire azimuthal length of the arc sheet so that the resulting undulations were periodic. The objective of the present simulation is a different situation that a K-H wave starts growing from local irregularities on the polarized arc sheet. The simulation results show that the disturbance propagates both westward and eastward (relative to the background flow), forming a series of K-H waves along the arc sheet. As a consequence, giant undulations with spatially varying amplitude develop on the equatorward boundary of a diffuse aurora which is located at higher latitudes than the arc sheet. A series of giant undulations convectively produced in the simulation is remarkably similar to some auroral images photographed from the DMSP satellites.

Fig. 1.  
Outline of the auroral images photographed from the DMSP-F1 satellite in the southern hemisphere. This is a reproduction of Figure 1b of Lui et al. (1982).

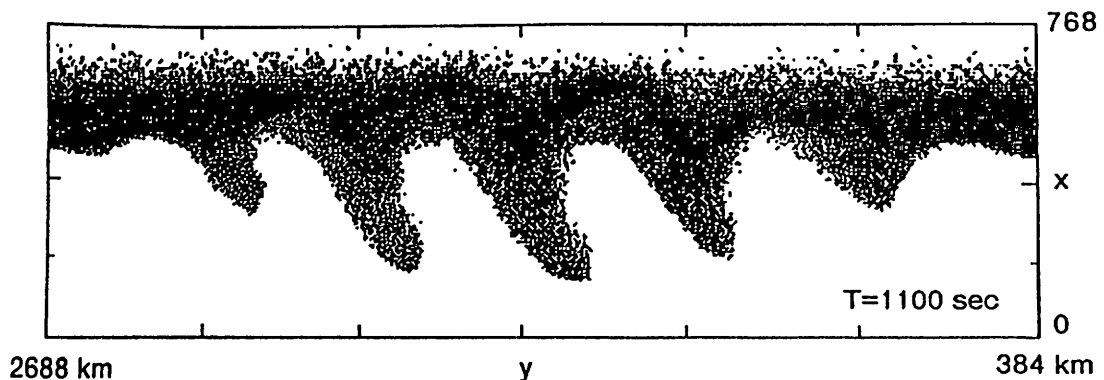
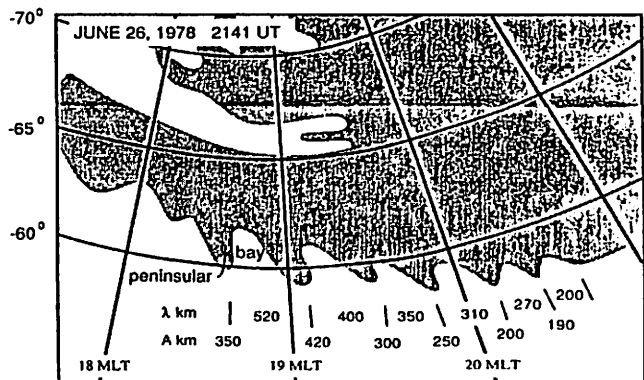


Fig. 2. Distribution of the auroral protons (diffuse auroral pattern). The abscissa ( $y$ ) is for the longitudinal distance on the ionosphere. The ordinate ( $x$ ) is latitudinal.

In the previous SGEPS meeting (Spring 1990), we reported a dispersion relation of the line-tied Kelvin-Helmholtz (KH) instability. In the present calculation we impose a more realistic boundary condition at the ionosphere than that used in the previous report and also the eigenmode structure of the line-tied KH instability is studied in detail.

In the previous calculation we assumed a discontinuous velocity shear profile in the magnetosphere and calculated a dispersion relation of the incompressible line-tied KH instability based on the assumption that no magnetic field perturbation appears in the neutral atmosphere below the ionosphere. However, since the vertical component of the magnetic field perturbation ( $\delta B_z$ ) inevitably exists below the ionosphere, the magnetic field perturbation is not zero below the ionosphere. Therefore in the present calculation we impose a more accurate boundary condition at the ionosphere, which can be written as

$$\delta B_x(x,y,z=l+,t) - \delta B_x(x,y,z=l-,t) = \mu_0 \Sigma_p \delta E_y(z=l) = \mu_0 \Sigma_p B_0 \delta v_x(z=l) \quad (1)$$

where the ionosphere is located at  $z = l$ , the equator is located at  $z = 0$ ,  $\delta B_x(x,y,z=l+,t)$  is a magnetic field component in the neutral atmosphere just below the ionosphere and  $\delta B_x(x,y,z=l-,t)$  is a magnetic field component in the magnetosphere just above the ionosphere. In the previous calculation we neglected  $\delta B_x(x,y,z=l+,t)$ .

By expressing  $\delta B_x(x,y,z=l+,t)$  by Fourier integral we express the boundary condition (1) using the growth rate,  $k_z$  and  $k_y$  as a function of  $x$ . It is then found that at  $x$  sufficiently far from  $x = 0$ , where the velocity discontinuity exists in the magnetosphere, the first term in the left hand side of (1) is much smaller than the second term in the left hand side of (1) for  $k_z l \ll 1 \ll k_y l$ . Therefore, the previous boundary condition neglecting  $\delta B_x$  in the neutral atmosphere is a valid approximation for sufficiently large  $|x|$  and  $k_z l \ll 1 \ll k_y l$ . However,  $\delta B_x(x,y,z=l+,t)$  diverges at  $x = 0$  owing to the assumption that the velocity

profile is discontinuous at  $x = 0$ . Therefore to remove this difficulty it is necessary to take into account the finite thickness of the velocity shear layer in the magnetosphere.

We found that the perturbation is irrotational and currentless except at  $x = 0$ . The eigenmode structure of  $\delta v$ ,  $\delta E$  and  $\delta B$  in the magnetosphere are shown in Fig. 1. for  $\gamma \ll k_y V_1$ , where  $\gamma$  is the growth rate and  $V_1$  is the total velocity jump.

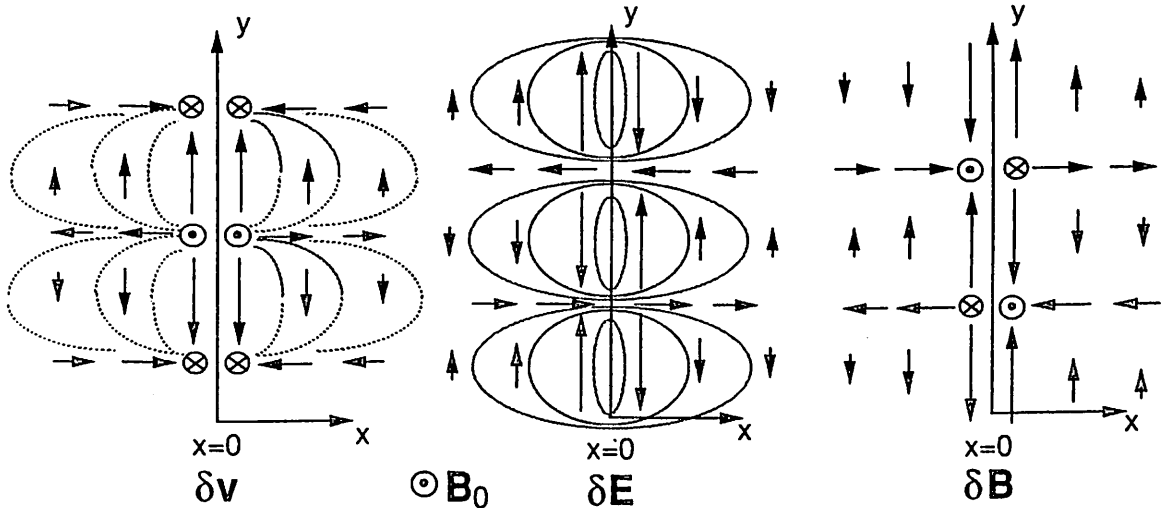


Fig. 1. Eigenmode Structures

抵抗性ティアリング不安定のダイナモ領域

原田雅樹、三浦 彰、玉尾 孜 (東大理)

DYNAMO REGION OF THE RESISTIVE TEARING INSTABILITY

Masaki Harada, Akira Miura and Tsutomu Tamao  
Geophysics Research Laboratory, Univ. of Tokyoo

A linear numerical analysis of the 2-D resistive tearing instability has been performed. The dependance of the linear growth rate on the plasma  $\beta$  and the Lindquist number is studied. The dynamo region, where  $\delta E \cdot \delta J < 0$ , exists off the neutral sheet.

2次元抵抗性ティアリング不安定の線型解析を行い、プラズマ  $\beta$  ( $= P_0 / (B_0^2 / 2 \mu_0)$ )、 $P_0$ 、 $B_0$ は、無限遠での圧力と磁場強度)とリンドクエスト数(拡散時間と波の伝達時間の比)

$$S = (a^2 \mu_0 / \eta) / (a / V_A) = a B_0 \mu_0^{1/2} / \eta \rho_0^{1/2}$$

( $\rho_0$ は無限遠での圧力)

に対する線型成長率の依存性を明らかにし、また、不安定性のエネルギーソースとなるダイナモ領域 ( $\delta E_y \cdot \delta \tilde{J}_y < 0$ ) がどこにあるかを考察する。さらに、磁気中性面に抵抗がある事と、不安定にどんな関係があるのかをみる。

0次の磁場、電流を

$$B_0 = (0, 0, B_0 \tanh(x/a))$$

$$J_0 = (0, -B_0 / \mu_0 a^2 \cosh^2(x/a), 0)$$

として与え、物理量は、

$$f = f_0 + \delta f(x, z, t)$$

$$\delta f(x, z, t) = \delta \tilde{f}(x) \exp(ikz + \gamma t)$$

として、時間発展コードによる線型解析を行う。

$S$ が大きいほど成長率は小さくなり ( $S \ll 1$ )、 $\beta$ が大きいほど成長率は大きくなり、非圧縮の解析結果に近づく。

磁気中性面から離れたところで、 $\nabla p$ ドリフトによる電流が存在するが、不安定の過程で、これがダイナモ電流となり、不安定のエネルギーソースとなる。プラズマの内部エネルギーが解放され、磁場と運動エネルギーを強めるものと考えられる。

xタイプの中性面には、外側からポインティングフラックスとしてエネルギーが流れ込み、これが磁場を強める。しかし、その一部がジュール加熱で失われ、磁場を弱める事で不安定が起こる。(磁場のつなぎかえ)

fig.1  $B_0$  and  $J_0$

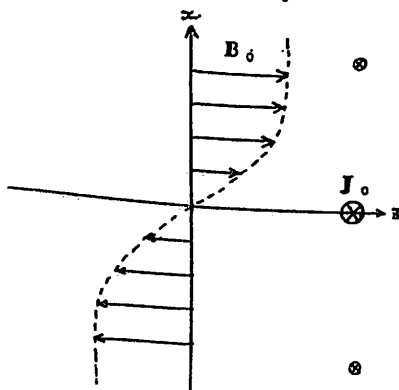
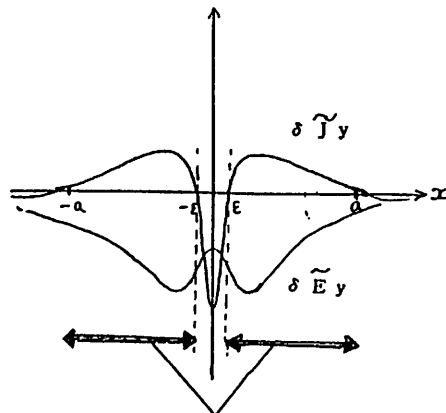


fig.2 Eigen function of  $\delta E_y$  and  $\delta \tilde{J}_y$



[Instability energy is supplied from this dynamo region,  $\delta E_y \cdot \delta \tilde{J}_y < 0$ .]

対流反転に伴う極冠帯降下粒子の変化

前田 浩一郎 向井 利典 金田 栄祐 中川 朋子 早川 基 小原隆博  
 ISAS ISAS 東大理 ISAS ISAS ISAS

POLAR CAP PRECIPITATION ASSOCIATED WITH CONVECTION REVERSAL.

K. Tsuruda, T. Mukai, E. Kaneda, T. Nakagawa, H. Hayakawa, and T. Obara  
 ISAS ISAS Tokyo Univ. ISAS ISAS ISAS

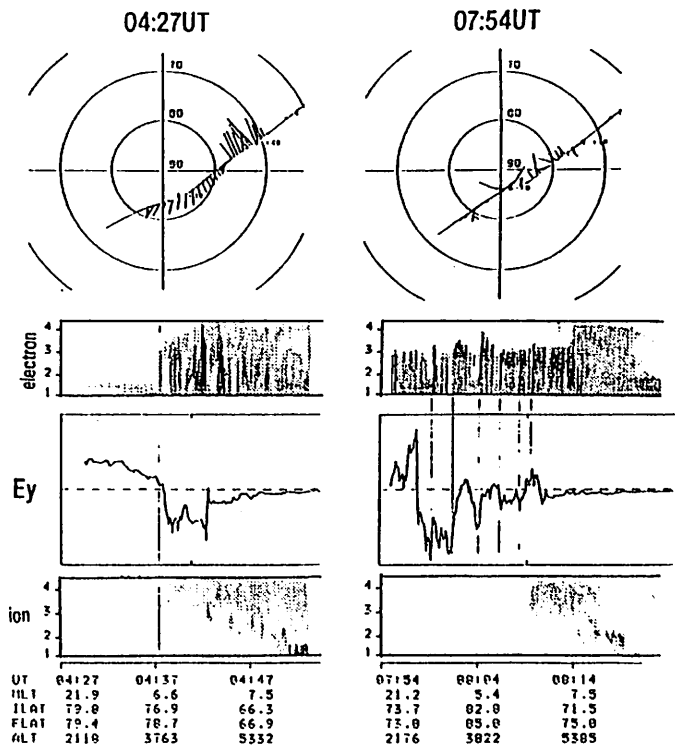
The precipitation in the polar cap changes drastically associated with the change of the direction of convection from anti-sunward to sunward or vice versa. The case that the empty ( no precipitation ) polar cap during anti-sunward convection is filled with moderate precipitation by a change of convection direction to sunward is extensively studied.

極冠帯の降下電子が対流電場の向き ( IMF の南北成分を反映していると考えられる ) によって大幅に変化することは指摘されていることであるが、これが、どの様な機構によってコントロールされているかということについては定説が無い。「あけぼの」による DC 電場、降下電子の観測データのうち、対流の向きが反太陽方向から太陽方向に変化しているケースについて降下電子にどの様な変化が見られるか調べてみた。反太陽方向 ( 南向き IMF と考えられる )

の対流がみられるパスで降下粒子が殆ど見られないにもかかわらず、次のパスで対流の向きが太陽方向に変化すると極冠帯にかなりの量の降下電子が観測される場合がある。

右の図はその典型的な例である。対流の反転に伴う降下電子の源が何処にあるのか、電子を振りだませる機構が対流電場とどの様に関係しているのかといった疑問が出てくる。電流の向きが反転した後の降り込み粒子の源がどこにあるのか、プラズマシート上の粒子なのか、あるいはポラーキャップの磁束にもともとあった粒子が加速されて降り込みが起きるのかといった問題について検討を加えていく予定である。

Nov. 9 '89



# 極冠域境界の同定について

19p-I-8

小原隆博, 向井利典, 早川基, 町田忍, 鶴田浩一郎,  
西田篤弘(宇宙研), 賀谷信幸(神戸大・工)

## Identification of Polar Cap Boundary

T. Obara, T. Mukai, H. Hayakawa, S. Machida, K. Tsuruda, A. Nishida (ISAS),  
and N. Kaya (Kobe Univ.)

We have investigated 'polar cap boundary' based on the data obtained by the Akebono. We have clearly identified a poleward boundary of the high energetic ion when the satellite traversed so-called auroral oval region in almost all the paths.

In quiet periods, we sometimes observed poleward electron precipitation boundary

「あけぼの」の極域における観測の結果, 時に磁極に近い高緯度まで, 非常に強い電子の降下現象が見られる事がある。これら高緯度に降下する電子群が, どこからどの様にやって来るのかについては, 確定出来ていない状況である。その理由の一つとして, 極冠域境界の同定が, 必ずしも自明ではない事が指摘される。極冠域の同定は, 特に Activityが低い時に困難である。

静穏時 (Kp<1) の「あけぼの」の観測の結果を下図に示す。右下図の上側2つのパネルはLEPによって得られたE-tゲイグラムである。非常に高緯度に, 電子が観測されていない領域 (b~c) が見られる。一方 Ionの高緯度側の観測限界は, a及びdである。衛星の軌道上にこれら特徴的な位置を示した(左下図参照)。注目したい事は, Ionと電子では, 境界が一致しない事である。この様な不一致は, Activityが低いときに多く見られる。

電子の分布関数(多くの場合, 加速されたマクスウェル分布を示している)から, 加速電圧と温度を求めてプロットしてみると, 境界a及びdで電子の温度が系統的に変化している。低緯度側では, 100eV以上あった電子温度は, 境界をはさんで高緯度側では平均40eVと有意に低くなっている。

locating in much more higher latitude than that of ion. After the result of analysis of an electron temperature, the temperature varies at the same portion where the poleward ion boundary can be seen.

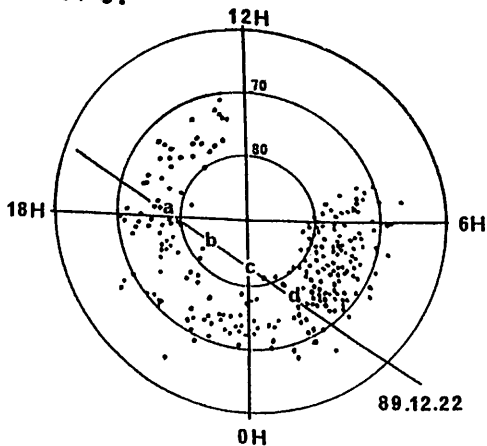
We will discuss the possibility that the poleward boundary of the high energetic ion corresponds to the polar cap boundary.

私達は, 観測された電子温度, 及び数 KeVから10KeVの Ionの存在の有無から, a及びdをプラズマシートの高緯度側境界と判断し, その中の領域を極冠域と考えたい。

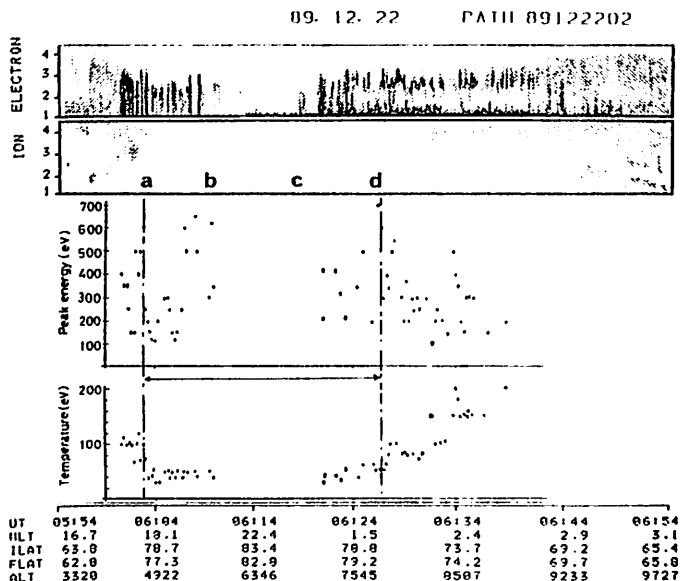
この様な観点に立って, 1989年11月から1990年2月までの「あけぼの」の250パスで Ionの境界を調べた結果ほとんどのパスで境界が同定された。その位置を左下図にプロットしたが, 緯度80度を越えるような所に境界が余り見られないのが特徴的である。

私達がここで注目した数KeV~10KeVの Ionの高緯度側境界が本当に, プラズマシートの高緯度側境界に対応するかどうかは, 電子温度の差異を多数例に渡って調べると共に, 電場の情報も加えて, 総合的にチェックする必要がある。

講演では, 以上のポイントについて報告したい。



上: 観測された高エネルギー-Ionの高緯度側境界  
右: 1989年12月22日の「あけぼの」による観測結果



「あけぼの」による  
POLAR RAINの観測

白井仁人<sup>1)</sup>、前沢湧<sup>1)</sup>、向井利典<sup>2)</sup>、賀谷信幸<sup>3)</sup>、鶴田浩一郎<sup>2)</sup>、早川基<sup>2)</sup>

1) 名古屋大学理学部、2) 宇宙科学研究所、3) 神戸大学工学部

Observation of Polar Rain Electrons by the Akebono Satellite

T. Shirai, K. Maezawa, T. Mukai, N. Kaya, K. Tsuruda, and H. Hayakawa  
(Nagoya U) (ISAS) (Kobe U) (ISAS)

Polar rain electrons are a unique particle population found solely on open magnetic field lines in the polar cap. Their source is believed to be the solar wind strahl electrons which have access to the magnetotail via reconnected field lines. We present typical examples of the phase space distribution and the spatial distribution of polar rain particles observed by the Akebono satellite. Polar rain electrons are usually characterized by a structureless, rather uniform distribution within the polar cap. However, there are cases where the polar rain has a sudden change in the flux level, and/or is intermixed with spiky precipitation in the polar cap. The corresponding signatures in the convection electric field are sought using the simultaneous double probe data.

POLAR RAINは太陽から他の粒子と衝突をせずに、直接やってきて、開いた磁力線に沿って地球磁気圏に入って来る粒子であるとされている。従ってPOLAR RAINを調べることによって、

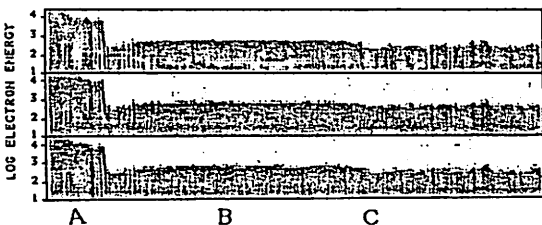
- ① 開いた磁力線の領域 (POLAR CAP) と閉じた磁力線の領域の境界の位置の情報が得られる。
- ② 分布関数から沿磁力線電場の情報が得られる。
- ③ 同時観測による電場・磁場から、磁気圏の電磁場構造が調べられる。

このようにしてPOLAR RAINの観測から、太陽風と地球磁気圏の相互作用に関して重要な情報を、得ることができる。今回はPOLAR RAINの分布関数の特徴を調べ、他のタイプの粒子構造の分布関数との比較を行う。また、他の粒子、及び、電場構造との空間的位置関係について述べたい。

図1は1990年4月5日にPOLAR RAINが見えた時のE-Tダイアグラムである。上の三つのパネルが電子のスペクトル、下の三つがイオンのスペクトルで、三つのパネルはそれぞれ、磁力線に沿って下向き、垂直、上向きのフラックスに対応する。14時24分頃に電子のスペクトルと

イオンのスペクトルが急激に変化する場所があり、ここがPOLAR CAPとオーロラ・ゾーンの境界である。これより高緯度側 (右側) に見える非常に様な粒子フラックスがPOLAR RAINである。図2左と図3左にそれぞれPOLAR RAINの部分 (B点) と、TRAPPED PARTICLEの部分 (A点) の速度分布関数のCONTOUR MAPを示す。ここで特徴的なのは、まず、TRAPPED PARTICLEの方は、UPWARD (図中左方向) とDOWNWARD (図中右方向) の両方の磁力線方向にロスコーンが見えるのに対し、POLAR RAINでは、UPWARDにしかな、ロスコーンが見えないことである。また、図2、3右のエネルギー・スペクトルからは、TRAPPED PARTICLEは10 keV 辺りまでなだらかに減少していくが、POLAR RAINは、約200eV にピークをもち、1keVの手前で急激に減少していることがわかる。また、図1C点のように、POLAR RAINのスペクトルがある境界の前後で変化している場合があり、このような時の粒子構造の変化と電場の変化との関係を、現在、解析中である。

EXOS-D QL PLOT \*\* LEP \*\* PATH 300403-03-ER  
DATE 1990.04.05



UT	14117	14127	14137	14147	14157	15107	15117
MLT	3.6	3.2	6.1	6.7	0.0	14.1	15.9
ILAT	85.3	71.9	77.6	82.4	999.0	999.0	01.3
PLAT	64.3	71.0	76.6	81.7	86.4	80.1	83.7
RLT	7514	0450	9164	7637	9000	9094	9620

図1

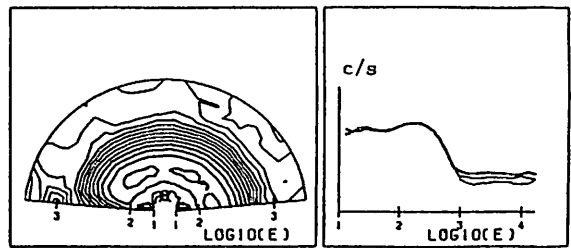


図2 POLAR RAIN

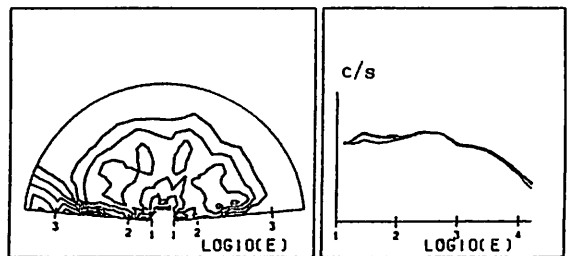


図3 TRAPPED PARTICLE



# 19p-I-10 エネルギー分散を持つ降下イオンのソース

--- Cusp/Cleft に於ける Injection 領域の推定 ---

向井利典、斎藤義文、平原聖文、賀谷信幸、早川 基  
 (宇宙研) (京大理/宇宙研) (神大工) (宇宙研)

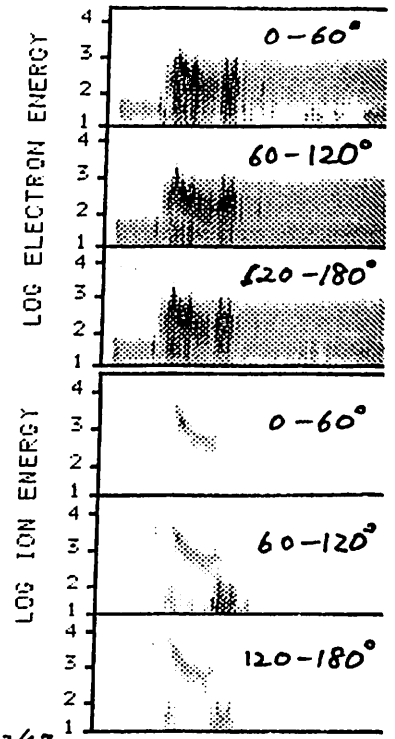
Estimate of the source distance for ion precipitations with energy dispersion:  
 Application to the cusp/cleft

T. Mukai, Y. Saito, M. Hirahara, N. Kaya, and H. Hayakawa  
 (ISAS) (Kyoto Univ./ISAS) (Kobe Univ.) (ISAS)

Source locations for discrete ion precipitations with a characteristic energy dispersion signature in the dayside cusp/cleft observed by LEP onboard EXOS-D are inferred by means of two independent methods: a) the energy dispersion curve and the convection velocity and b) energy dependence of ions on pitch angle. Both methods provide similar results suggesting that the ion energy dispersion with time/space can be interpreted as due to a velocity filter effect by  $E \times B$  convection on the incoming plasma. The field-aligned distance from injection to observation is estimated to be 8~10 Re, indicating that the entry region is located at a high-latitude region.

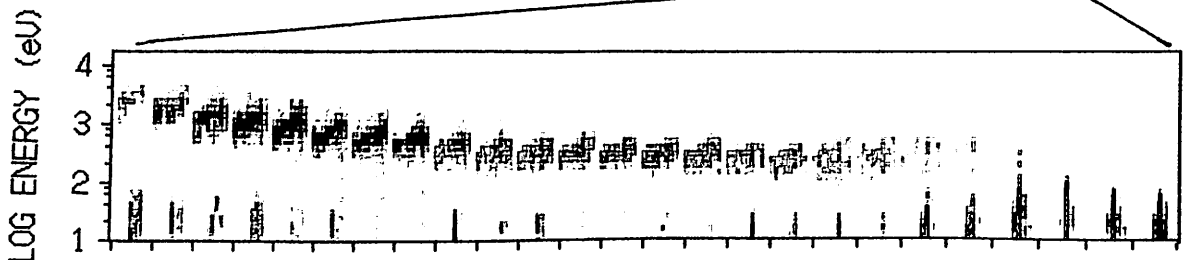
特徴的なエネルギー分散特性を示す降下イオンが高緯度オーロラ帯で時々観測される。最も顕著なのはカスプ近傍であるが、「あけぼの」の観測によれば、他の地方時でもオーバルの極側境界付近で観測されている。それぞれの領域で降下粒子のソースや降下機構が異なるのは当然であるが、エネルギー分散が TOF (time of flight) effect であると解釈できることが多く、そのソースが非常に狭い領域にある事を示唆する。この場合、エネルギー分散カーブと対流電場から、そのソースの場所を推定することができる。また、ソースから観測位置までの走行時間はピッチ角に依存するので、降下イオンのピッチ角依存性からもソースの推定が可能である。後者の方法では、エネルギーとピッチ角の情報が判りさえすれば、瞬間々々(「あけぼの」の場合、2~8秒)での推定が可能である。

左図は、カスプ近傍の例である。下図は、イオンのエネルギー分散を示す部分を拡大したもので、横軸のティップ・マーク間のデータが  $20^\circ$  毎のピッチ角に於けるエネルギースペクトルを示す。ティップ・マークの間隔は8秒毎である。全体としてエネルギー分散を示すとともに、イオン・エネルギーのピッチ角依存性が明らかである。全体としてのエネルギー分散特性と対流電場の大きさから磁力線に沿ったソースまでの距離を求めると、~10 Re となった。また、後者のピッチ角依存性から求めると、8~9 Re となり、両者は概ね一致した結果を示している。この結果は、カスプへのプラズマの injection の領域が比較的高緯度の領域のマグネトポーズにある事を意味する。講演に於いては、多くの例について調べたソース域の統計結果についても検討を加える。



9/2/07

UT	18:36	18:46
MLT	11.3	12.1
ILAT	66.0	77.4
FLAT	64.7	76.8
ALT	4404	5889

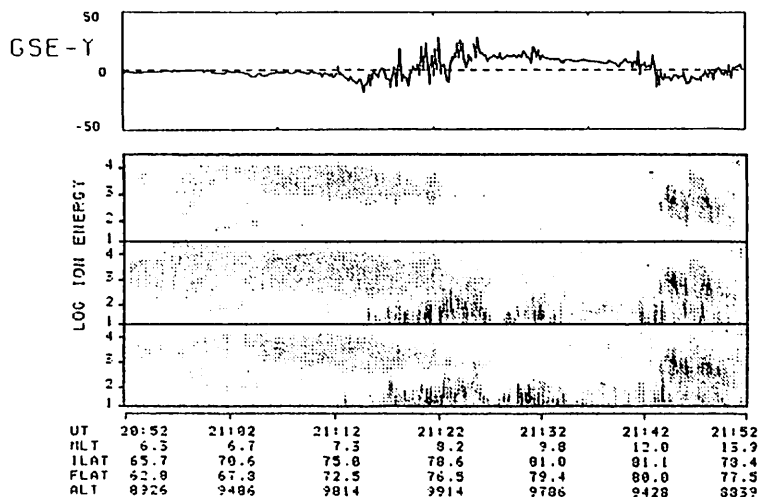


## Ion Precipitation Observed in Sunward Flow in the Vicinity of the Cusp Region

Y.-I. Kohno, A. Nishida, A. Matsuoka, T. Mukai,  
K. Tsuruda, and H. Hayakawa ( ISAS )

We have studied ion precipitations in the vicinity of the cusp region, using the ion precipitation and DC electric field data obtained by the LEP and EFD experiment onboard the EXOS-D satellite. Ion precipitations change their patterns depending on magnetic activity. It is generally accepted that energy dispersions of precipitating ions can be interpreted as a result of antisunward convection, that is, lower energy ions are convected to higher latitude. This type of dispersions can often be seen in antisunward convection during magnetic active periods in our study. On the other hand, ion precipitations during quiet period are observed mostly in sunward convection, and their dispersions do not appear to be interpreted by means of magnetospheric convections. We discuss ion precipitations in the vicinity of the cusp region during magnetic quiet times. Ion precipitations observed by EXOS-D has following features;

1. Ion precipitations often appear in the poleward boundary of sunward flow in the vicinity of the cusp region during magnetic quiet periods(  $K_p < 3$  ), while precipitations can be seen in antisunward convections during moderately disturbed periods as have been pointed out in many previous papers.
2. Several types of energy dispersion are found during quiet time in our data set, for example non-dispersion or multiple-dispersion.
3. Ions precipitate in a region with its width less than about 3 degrees in latitude, and less than about 2 hours in local time.
4. Ion fluxes tend to increase as convection field fluctuates.



EXOS-Dで観測された  
CUSP領域の電場変動

松岡彩子、向井利典、早川基、河野祐一、鶴田浩一郎、西田篤弘（宇宙科学研究所）、  
岡田敏美（富山県立大）、賀谷信幸（神戸大工）、福西浩（東北大理）

Electric field oscillations associated with the charged particle precipitation in the polar cusp : EXOS-D observation

A. Matsuoka<sup>1</sup>, T. Mukai<sup>1</sup>, H. Hayakawa<sup>1</sup>, Y.-I. Kohno<sup>1</sup>, K. Tsuruda<sup>1</sup>, A. Nishida<sup>1</sup>,  
T. Okada<sup>2</sup>, N. Kaya<sup>3</sup>, H. Fukunishi<sup>4</sup>

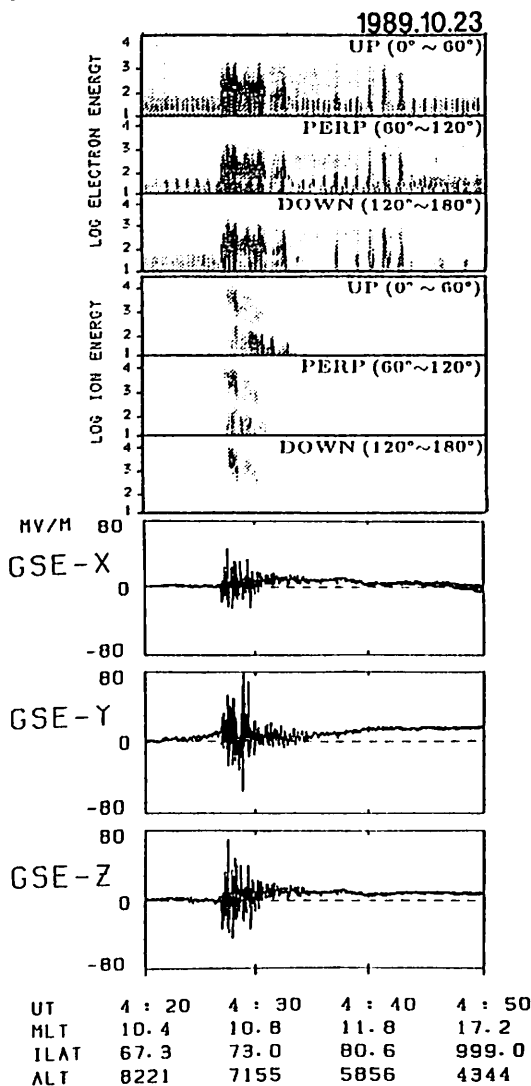
<sup>1</sup>ISAS, <sup>2</sup>Toyama prefectural Univ. <sup>3</sup>Kobe Univ. <sup>4</sup>Tohoku Univ.

The data obtained by EFD ( electric field detector ) and LEP ( low energy particle ) instruments onboard EXOS-D have shown that the electric fields in the cusp region have a highly variable signature associated with the precipitation of the magnetosheath-origin plasma. We suggest that the high-frequency ( > 0.5Hz ) oscillations are due to Alfvén waves propagated from the magnetopause where interplanetary and geomagnetic field lines are reconnected and the magnetosheath plasma is injected into the polar cusp.

EXOS-Dに搭載された電場計測器 ( EFD ) により、CUSP領域ではおおよそ常に振幅が数十 mV/m に及んで変動する電場が観測されることが確かめられた。更に低エネルギー粒子観測器 ( LEP ) のデータとの比較により、高周波成分はシース起源の降下粒子 ( 約 100 eV の electron と及び約 1 KeV の ion ) と密接な関連があることが分かった。

右図はCUSPにおける電場及び粒子の観測例である。0427 UTにおいて2 KeV付近のionと100 eV付近のelectronのフラックスが急激に増加しているが、それと同時に電場が激しい変動を始めており、シース中の粒子がdisconnectionによってCUSPに入ることの考えられる。

この機能的な電場変動の機構としては、  
1) 空間的に激しく変化する Electrostatic potential 構造及び  
2) Reconnection によって起きた MHD 的な波の伝播の二つが考えられる。  
磁場計測器 ( MGF ) のデータの変動成分を用いてポインティングベクトルの方向を調べたところ両方の機構を支持する結果が得られたが、電場/磁場の比を助けた結果は後者を支持するものであった。この波の相互作用に関する考察を、noon-side 全般における電場変動の解析結果との比較の上で報告する予定である。



町田忍・向井利典・早川基・小原隆博・松岡彩子・鶴田浩一郎（宇宙研）  
福西浩（東北大理）

## Characteristics and Generation Mechanism of the Upward Electron Beams in the Polar Region Observed with Satellite AKEBONO

S. Machida, T. Mukai, H. Hayakawa, T. Obara, A. Matsuoka, K. Tsuruda (ISAS);  
H. Fukunishi (Tohoku Univ.)

Upflowing electron beams are often observed with AKEBONO (EXOS-D) satellite. Their characteristic energy is about several hundred electron volts, and the energy distribution usually shows fast time variation suggesting some transient acceleration/heating mechanisms are operative. They appear mostly in the downward current region, and are accompanied enhancement of the fluctuating electric fields as well as the enhancement of the plasma convection velocity. We propose parallel electron acceleration by the Kinetic Alfvén Waves, resultant wave instability and self electron heating are responsible for generating such beams.

電離圏より磁気圏に向かって流出する電子ビームの特性を科学衛星『あけぼの』によって得られた粒子・磁場・電場の観測データを総合的に解析する事によって調べた。下図に示す様に、この流出電子はエネルギーが数百 eV 程度で、速度位相空間においてビッチ角が 10 度以下の狭い領域に局在している。また、分布関数も単純な Shifted Maxwellian でなく、沿磁力線方向に電子を加速し、さらに加熱する機構が作用している事を示している。磁場のデータを解析した結果、われわれの期待した通り、殆どの現象が沿磁力線電流下向きの領域に現われる事を確認した。

電場データを見ると、流出電子ビームのみられる時には、かなりの確率で、電場の Fluctuation Level が増大している事がわかった。時間平均をして求めた対流電場の大きさも周囲に比べて強くなっている場合が

多かった。

さて、流出電子ビームの生成機構としては、過去に、

1) Double Layer に伴った加速

とする説や

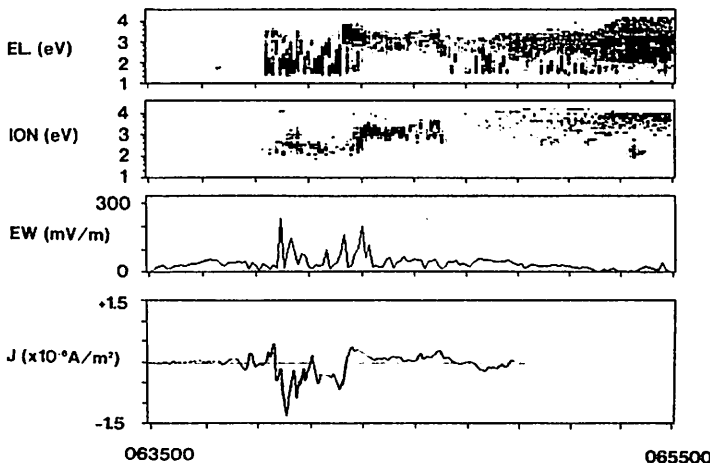
2) 隣接する降下電子加速域からリークしてやってくる静電イオン・サイクロトロン波による加速/加熱

とする説等が唱えられたが、我々は、新たに、

3) Kinetic Alfvén 波に伴う沿磁力線電場による加速と、その加速電子の引き起こすビーム不安定性による加熱

という説を提案したい。現象の駆動源である Kinetic Alfvén 波の作られる領域としては、磁気圏および電離圏の 2 者が考えられるが、この点に関しても、衛星のデータ解析を進め結果を報告したい。

AKEBONO LEP/EFD/MGF DATA 12/07/1989



『あけぼの』によって観測された電子およびイオンのエネルギー・スペクトル。さらに、0.125 Hz ~ 3.2 Hz 間の変動電場の周波数スペクトル、沿磁力線電流が、上から順に表示されている。衛星の位置する時間帯は 4 ~ 5 h LT で、高度は、およそ、8000 km である。

福西 浩、 向井利典  
 東北大理 宇宙研

Structures of Field-Aligned Currents in the Diffuse Aurora Region

H. Fukunishi (Upper Atmo. Space Res. Lab., Tohoku University)  
 T. Mukai (Institute of Space and Astronautical Science)

A comparative study between the magnetic field and charged particle data obtained from the Akebono satellite, has clearly demonstrated that field-aligned currents flowing the diffuse aurora region in the midnight to morning sector include localized upward and downward currents. Localized upward current correspond to inverted V-like electron precipitation with the peak energy of 0.1 - 1 keV while localized downward currents correspond to a cluster of small-scale low energy (10 - 100 eV) upward electron beams. From these results, it is suggested that upward and downward field-aligned acceleration of electrons is occurring in diffuse aurora regions.

オーロラオーヴァルの低緯度側に出現する Diffuse Aurora は、一般に CPS (Central Plasma Sheet) の電子がピッチ角散乱によって電離圏高度まで降下し大気と衝突し発光したものと考えられている。また Diffuse Aurora 領域を流れる Region 2 FAC は、空間構造があまりなく、電流密度も Region 1 FAC に比べかなり弱いと考えられている。しかし、あけぼの衛星の磁場と粒子データを詳しく比較検討した結果、Diffuse Aurora 領域の FAC の分布は決して一様ではなく、狭い範囲に集中して流れる強い上向き、下向き電流が存在することが明かとなった。その典型的な例を図 1 に示す。

この例では衛星は真夜中付近の極冠域から低緯度側に移動するにつれ、1~10 keV の電子の Diffuse Aurora を降下とともに、2325~2330 UT に inverted V 的な降下電子が、2334~2336 UT にさらに低いエネルギーの降下電子が観測され、これらの降下電子に対応し上向き電流が観測される。また別の例では Diffuse Aurora 粒子降下領域の中にバースト状の上向き低エネルギー電子流が存在し、それに対応してきわめて強い下向き電流が観測された。

あけぼの衛星の観測結果から Diffuse Aurora 領域の FAC の特徴は以下のようにまとめられる。

- 1) 真夜中から午前にかけての Diffuse Aurora 領域の FAC の分布は、複雑な空間構造をもって出現する。
- 2) 上向き電流領域に対応し、inverted V 的な降下電子が出現し、これに伴いしばしば上向きイオン流が観測される。
- 3) 下向き電流に対応して低エネルギー (10~数100 eV) の上向き電子流が出現する。この電子流は多数のバーストから成り立つ場合が多い。

以上のことから、Diffuse Aurora 領域でも上向き、下向きの沿磁力線加速が起こっていることは明かであり、その原因について考察する。

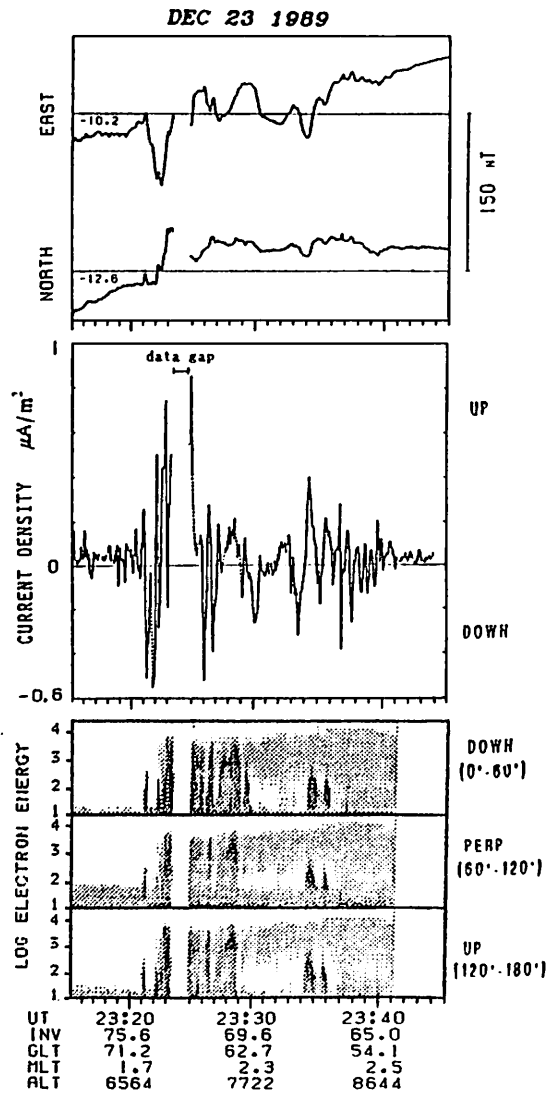


Fig. 1. Field-aligned currents and particle fluxes observed in the post-midnight sector. Top, geographic EW and NS components of magnetic field, middle, field-aligned current density, bottom, E-t deagrams of electrons with pitch angles of 0°-60°, 60°-120° and 120°-180°.

あけぼの衛星で観測された  
朝方ディフューズオーロラ帯でのイオンエネルギー分散

平原 聖文、 向井 利典、 佐川 永一、 三宅 互、 賀谷 信幸、 早川 恭、 鶴田 浩一郎、 西田 篤弘  
(京大理/宇宙研) (宇宙研) (通総研) (通総研) (神戸大) (宇宙研) (宇宙研) (宇宙研)

ION ENERGY DISPERSION IN THE DAWNSIDE  
AURORAL REGION OBSERVED BY EXOS-D SATELLITE

HIRAHARA M., MUKAI T., SAGAWA E., MIYAKE N., KAYA N., HAYAKAWA H., TSURUDA K., NISHIDA A.  
(Kyoto U./ISAS) (ISAS) (CRL) (CRL) (Kobe U.) (ISAS) (ISAS) (ISAS)

We study ion energy dispersion phenomena observed by EXOS-D in the dawnside auroral region. In an ion band, the characteristic ion energy decreases with decreasing latitude. The highest energy at the poleward portion is several hundreds of eV/e, while the lowest energy at the equatorward portion is tens of eV/e. Besides, the peculiar features such as intermittent, bumpy or multi-trend bands are often observed. The occurrence frequency shows a remarkable dependence on MLT: they take place mainly on the dawnside. Although the ion band has been interpreted as due to a velocity filter effect by  $E \times B$  drift motion, the observed electric field data cannot necessarily support such a mechanism. We also examine other mechanisms for the ion band, taking account of the accelerated polar wind or convecting magnetospheric plasma.

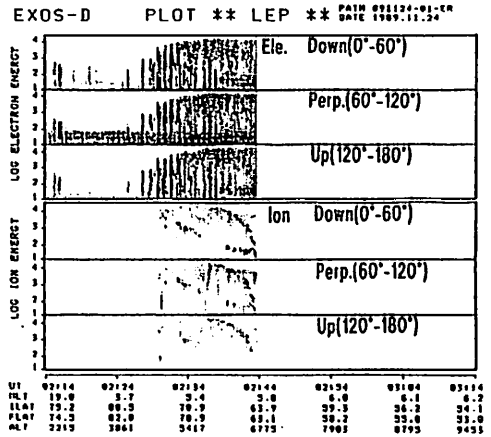
我々は、あけぼの衛星で観測された、主に朝方 (MLT = 0 ~ 8) におけるディフューズオーロラ帯 (LAT = 60 ~ 70) でのイオンエネルギー分散現象に着目してきた。観測データによると、エネルギー分散の高緯度側は、数百 eV/e のエネルギーを持ち、BPS と CPS の領域を電子の E-t 図から推測すると、分散はその境界付近から始まる事が多く、緯度が低くなるに従ってエネルギーが減少し、低緯度側のエネルギーは 10 eV/e 程度になる。このバンド構造の成分は主に水素原子で、その形状は、不連続的、凸凹状、多層構造等、様々である (図・1)。また、イオンバンド現象は MLT に顕著な依存性を持つ。あけぼの衛星は、1990年1~6月に夕方から真夜中にかけて (MLT = 18 ~ 24) のディフューズオーロラ帯を観測しているが、イオンエネルギー分散現象の発生頻度は、朝方におけるよりもはるかに少ない。

この現象は、DE-1, 2, AUREOL-3でも観測されており、あけぼの衛星で観測されたものは、バンド構造の特徴、発生緯度、MLT依存性等、これらと同一の現象であろう。提唱されている機構としては、共役点からの UFI が対流電場と地球磁場による速度フィルター ( $E \times B$  ドリフト) で分散する、と言うものである (Winningham et al., 1984, JGR, Bosqued et al., 1986, JGR) が、過去の論文では電場データの裏付けがなく、その上、あけぼの衛星で観測された電場はこの機構を必ずしも支持しない (図・2)。ほとんどの例が、非常に弱い東西成分の電場、あるいは、共回転電場を示しており、時には、上述の速度フィルター効果説を否定する観測例が存在する。

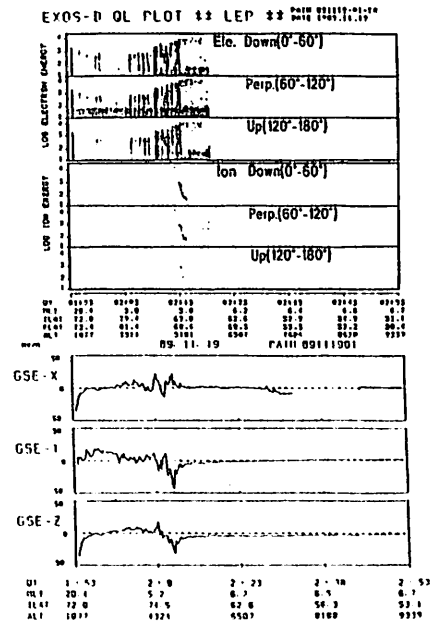
また最近、地磁気の曲率ドリフトと電場構造とを考慮し、ポーラーウィンドがドリフト中に加速され、緯度依存性を持ったエネルギー分散を起こす軌道計算結果も報告された (Delcourt et al., 1989, JGR) が、我々の観測結果、特に MLT = 6 付近の現象に適應させる場合、仮定されるべき電場構造は非常に特異なものになる。この様にイオンエネルギー分散の発生機構に関しては、未だに議論の一致を見ない。

他の可能性としては、磁気圏内の対流粒子が、対流及び共回転電場と地球磁場の下で、そのエネルギー、ピッチ角に従い、緯度、MLT依存を引き起こす (Ejiri, 1978, JGR) 事に、原因を求めるものである。

本講演では観測に基づき、イオンバンド現象の発生機構に関しての従来の説の妥当性を論議し、新しい可能性を探る。



図・1 不連続なイオンエネルギー分散



図・2 イオンエネルギー分散と電場  
( $E \times B$ ドリフトによる速度フィルター効果では説明出来ない観測例)

# 電離層沿磁力線電流領域における 磁場・電場小規模擾乱の考察

<sup>1</sup>石井 守 · <sup>2</sup>杉浦正久 · <sup>1</sup>家森俊彦 · <sup>3</sup>N. C. Maynard · <sup>4</sup>J. A. Slavin  
<sup>1</sup>京都大理 · <sup>2</sup>東海大開発技術研 · <sup>3</sup>AFGL · <sup>4</sup>GSFC

AN ANALYSIS OF SMALL SCALE MAGNETIC AND ELECTRIC FIELD PERTURBATIONS  
 OBSERVED BY DYNAMICS EXPLORER - 2 IN THE FIELD-ALIGNED CURRENT REGION

<sup>1</sup>M. Ishii, <sup>2</sup>M. Sugiura, <sup>1</sup>T. Iyemori, <sup>3</sup>N. C. Maynard, <sup>4</sup>J. A. Slavin

<sup>1</sup>Faculty of Science, Kyoto University, Kyoto 606, Japan  
<sup>2</sup>Institute of Research and Development, Tokai University, Tokyo 151, Japan  
<sup>3</sup>Air Force Geophysics Laboratory, Hanscom Air Force Base, MA 01731, U.S.A.  
<sup>4</sup>Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD 20771, U.S.A.

In a series of presentations we have shown that the magnetic and electric field perturbations observed by Dynamics Explorer (DE) - 2 in the sunlit hemisphere are well correlated and that the degree of correlation depends on the frequency of the waves. The ratios between the observed (East-West) magnetic and (North-South) electric field perturbations are found to be in agreement with the expected values of the Alfvén wave velocity. Therefore it is concluded that these perturbations are small scale Alfvén waves. In this interpretation the influence of the waves reflected from the ionosphere must be taken into account. Then the reflected wave from the ionosphere may produce a phase difference between the magnetic and electric field perturbations at the satellite altitudes. We analyze the phase differences between the observed magnetic and electric field perturbations using a cross correlation method. Results show that in most cases analyzed thus far, little phase differences are found.

これまでの解析では、Dynamics Explorer-2 (DE - 2) 衛星により観測された磁場・電場擾乱が沿磁力線電流領域で高い相関を持ち、その比が擾乱の scale length に依存することを示した(第84・85回地球電磁気・地球惑星圏学会)。更に、small scale では、これらの擾乱が磁力線に沿って伝搬する Alfvén 波によるものであることを、他の解析を併用する事で検証した。今回は、磁力線に沿って伝搬する Alfvén 波が電離層による反射波と干渉することで比の値がどの程度影響を受けるかを解析した。

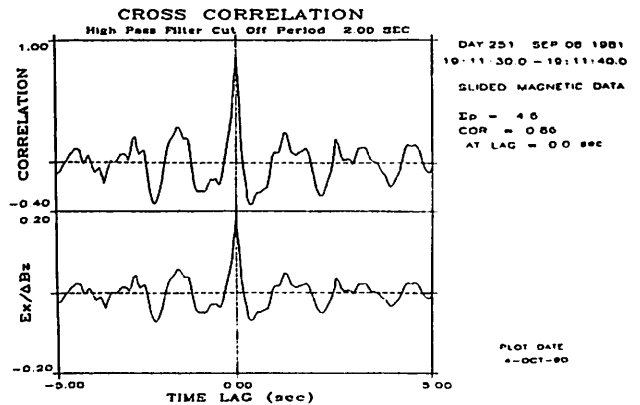
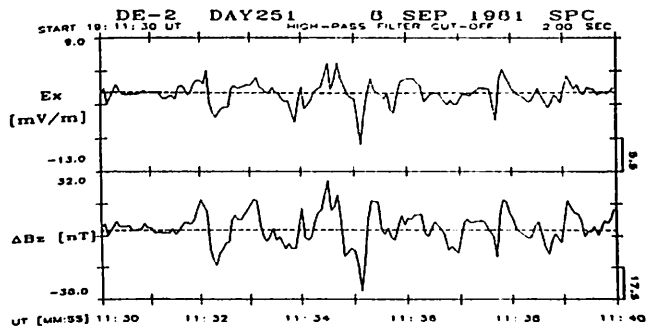
small scale の磁場・電場擾乱が Alfvén 波によるものであれば、電離層による反射波の影響で磁場・電場擾乱の間に位相差が生じる可能性がある(e.g., D.J. Knudsen et al., 1990)。DE-2 の磁場・電場の data に対し cross-correlation をとることでこの可能性を調べてみた。

図は cut-off period 2.0 sec の high-pass filter を用いて取り出した small scale の磁場・電場擾乱の cross correlation 及びそのときの比  $E_x/\Delta B_z$  の変化である。多くの例で両者の有意な位相差は検出されない。

簡潔ではより多くの data を用いた統計的解析と、その原因の解釈について発表する。

### References

Knudsen, D.J., et al., Geophys. Res. Lett., Vol.17, No. 7, p921-924, 1990.



# 沿磁力線電流域での電子温度変化 — その特徴と加熱機構 —

阿部琢美<sup>1</sup>、相沢宏行<sup>2</sup>、小山孝一郎<sup>3</sup>、渡部重十<sup>4</sup>、福西浩<sup>5</sup>、奥澤隆志<sup>1</sup>

<sup>1</sup>電気通信大学、<sup>2</sup>東海大学、<sup>3</sup>宇宙科学研究所、<sup>4</sup>NRC(CANADA)、<sup>5</sup>東北大学

## CHARACTERISTICS OF ELECTRON TEMPERATURE VARIATION ASSOCIATED WITH FIELD-ALIGNED CURRENT REGION

Takumi ABE<sup>1</sup>, Hiroyuki AIZAWA<sup>2</sup>, Koh-ichiro OYAMA<sup>3</sup>,  
Shigeto WATANABE<sup>4</sup>, Hiroshi FUKUNISHI<sup>5</sup>, and Takashi OKUZAWA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Denki-Tsushin Univ., <sup>2</sup>Tokai Univ., <sup>3</sup>ISAS, <sup>4</sup>NRC,CANADA, <sup>5</sup>Tohoku Univ.

Variations of electron temperatures have been examined to identify an effect of the field aligned current (FAC) with a particular interest in electron heating or cooling process. The satellite observation shows that in the higher latitudes the electron temperature increase and the decrease occurs in the upward and the downward FAC region, respectively, while in the lower altitudes the electron temperature is inclined to rise not only in the upward FAC region but in a part of the downward FAC region and there is no decrease in the downward FAC region. A possible explanation of these characteristic phenomena are tried by two sorts of heating processes and the heat conduction upward along the magnetic field. One process is due to energetic electron precipitation and the other is due to joule dissipation caused by perpendicular electric fields.

あけぼの衛星に搭載されたTEDは数eVまでの熱的電子のエネルギー分布を観測する。この結果、今日まで得られた観測の中で注目すべき点として、沿磁力線電流域の高度約1000~2000kmで、電子温度(Te)、電子密度(Ne)が下向き電流領域から求めた電子温度(Te)、電子密度(Ne)が下向き電流領域に対して減少し、上向き電流領域では増加している。これに対し、図2に示された高度約500kmでの観測例においてはTeの変化が異なっており、下向き電流領域では減少はなく、むしろその低緯度側でTeが増加している。

図1は1989年4月にオーロラオーバル上空(高度1600~1100km)で得られたTe, Neのデータである。Downward, Upwardと示された領域はMGF(フラックスゲート型磁圏力計)の観測した磁場3成分を用いて決定された内挿により定義された領域と見なされ、図1に示された高度約1000~2000kmの範囲で、下向き電流領域ではTeの減少、上向き電流領域ではTeの増加が観測される。これに対し、図2に示された高度約500kmでの観測例においてはTeの変化が異なっており、下向き電流領域では減少はなく、むしろその低緯度側でTeが増加している。

一般に、熱的電子を加熱する要因としては数種類のメカニズムが考えられている。これらの中には太陽紫外線による加熱、励起された中性粒子、イオンとの反応による加熱、上向き電流領域においてのみTeを増加させるための一次的な誘因となることは考えにくく、オーバルにおいて有効なのは降下粒子によるものと、磁場に

向の電場起因するジュール加熱、およびそれらの熱伝導の過程であると思われる。観測高度の異なった2つのデータ(図1、図2)において、加熱の生じた領域に差が見られたことは、それぞれの高度での加熱のメカニズムに相違があることを示唆している。これらの現象を説明する加熱機構として

- 1) 比較的高い高度(例えば1400km)では、降下粒子による加熱とその熱伝導(但し上向き電流領域)が作用する。
- 2) 比較的低い高度(例えば500km)では、降下粒子による加熱(上向き電流領域)、垂直電場によるジュール加熱(上向き電流領域から下向き電流領域にかけて)およびそれらの熱伝導が作用する。

このような機構を考えた時、図に示されたような温度変化の解釈が可能となる。図に示されたような温度変化の解釈が可能な領域での電子温度変化の特徴として次のような結果が得られた。

- 1) 下向き電流領域でのTeの減少、上向き電流領域でのTeの増加は、観測高度が高い時に顕著である。これはプラズマ密度の変化によるものと推測される。上向き電流領域での電子温度変化については
- 2) (0~8.0 μA/m<sup>2</sup>)の密度をもった電流と温度変化は高度約800km以上では正の相関関係にあるが、800km未満においては依存性がない。すなわち8 μA/m<sup>2</sup>程度の電流密度ではTeに変化を引き起こすことが出来ない。
- 3) 電流密度が比較的大きい(例えば3 μA/m<sup>2</sup>)時には電子密度とTeの変化は反比例の関係にある。

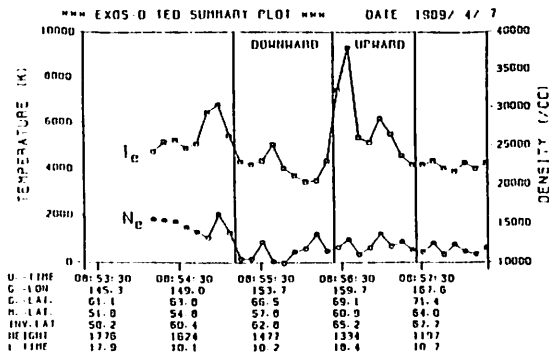


Fig. 1. Electron temperature variation in the field aligned current region obtained on April 7, 1989.

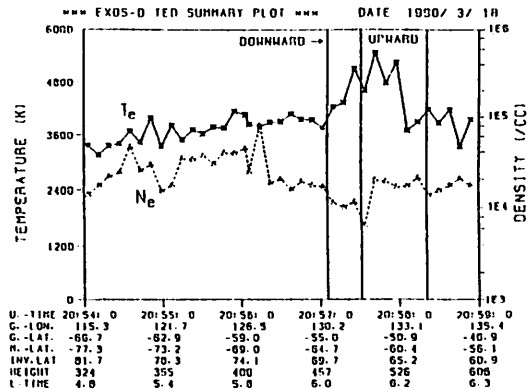


Fig. 2. Electron temperature variation in the field aligned current region obtained on March 18, 1990.



## 金星電離層磁場と Ionopause の構造

品川裕之<sup>1</sup>、T. E. Cravens<sup>2</sup>  
<sup>1</sup> 郵政省通信総合研究所、<sup>2</sup> カンサス大

## The Ionospheric Magnetic Field and the Structure of the Ionopause at Venus

H. Shinagawa<sup>1</sup> and T. E. Cravens<sup>2</sup>  
<sup>1</sup> Communications Research Laboratory, <sup>2</sup> Univ. of Kansas

The large-scale magnetic fields in the Venus ionosphere are observed when the solar wind dynamic pressure is high. In this case, the ionopause is low and broad. When the solar wind dynamic pressure is low, the ionopause is high and narrow. The location of the ionopause is approximately determined by vertical pressure balance between the magnetic pressure in the magnetic barrier and the ionospheric thermal pressure. However, thickness of the ionopause has not been fully explained. We discuss the behavior of the ionopause and the ionospheric magnetic fields at Venus, using the recent theoretical models of the Venus ionosphere.

金星や火星のように固有磁場が非常に弱い惑星の電離層においては太陽風によって磁場が誘導される。金星では、特に太陽風の動圧が強い場合には電離層下部においても大きな磁場が観測されている。この場合には、ionopauseの厚さが増加する。一方、太陽風の動圧が弱い場合には、ionopauseは高く、非常に薄くなる(図1)。ionopauseの高度は、垂直方向の太陽風の動圧と電離層のプラズマ圧でほぼ決まる。しかしながら厚さの変化については未だに十分に説明されていない。

金星の電離層磁場及びionopauseの振る舞いについて、これまでのモデル計算の結果(Shinagawa et al., 1987; Shinagawa and Cravens, 1988; Shinagawa et al., 1990; Cravens et al., 1990)を再検討し、最近の成果と共に考察する。

一次元定常で薄いionopauseができないことは、これまでの研究により既に分かっている。これは高高度においてもイオンの生成があり、垂直運動を起こす結果、境界領域を広げてしまうためである。すなわち連続の式：

$\partial n / \partial t + \text{div}(n v) = Q - L$  において、 $Q$ が高高度でも無視できないためである(消滅率 $L$ は無視できる)。

従って薄いionopauseは水平方向の運動で電離層プラズマが取り除かれることによって作られると考えられる。しかも磁場の強度に依存するような水平運動が必要であるらしいということが分かってきた。実際、magnetic barrierの中の磁気圧がこの水平運動を起こすとすると、観測されているようなionopauseが再現される[Shinagawa and Cravens, 1988]。しかし正確にこの構造を再現するには、非常にhigh resolution ionの二次元モデルが必要であろう。

一方、太陽風の動圧が高い場合(ionopauseの高度が低い場合)に見られる厚いionopauseの構造は一次元モデルでほぼ再現される。これは低高度ではイオンと中性の衝突頻度が大きくなり、水平運動が妨げられることによると考えられる。この場合には、太陽風の動圧と電離層中のPhotochemicalなプロセスによって生じる下向きの運動がionopause付近の電子密度の分布を決定している。

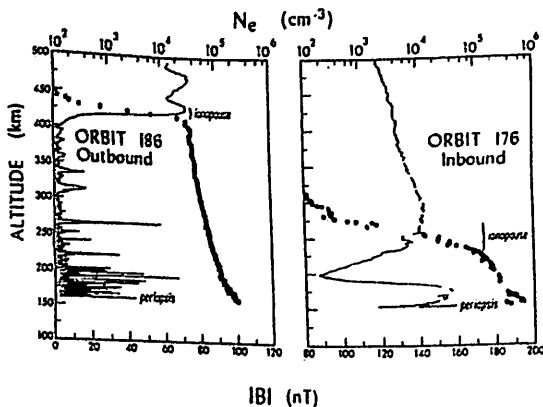


Fig. 1. Magnetic field strength (thin line) and ionospheric electron density (black points) plotted with altitude for low solar wind dynamic pressure (left), and high solar wind dynamic pressure (right) [from Elphic et al., 1981].

## References

- Cravens, T. E., et al., *Geophys Res Lett* in press, 1990.  
 Elphic, R. C., et al., *J Geophys Res*, 86, 11430, 1981.  
 Shinagawa, H., et al., *J. Geophys. Res.*, 92, 7317, 1987.  
 Shinagawa, H., and T. E. Cravens, *J Geophys Res.*, 93, 11263, 1988.  
 Shinagawa et al., *J. Geophys Res.*, in press, 1990.

梅木秀雄 寺沢敏夫  
京都大理

Decay Instability of Incoherent Alfvén Waves  
in the Solar Wind

H. Umeki and T. Terasawa

Department of Geophysics, Kyoto University, Kyoto 606, Japan

The nonlinear evolution of a large-amplitude incoherent Alfvén wave is studied via one-dimensional magnetohydrodynamic (MHD) simulation. The initial wave magnetic field is given as a superposition of circularly polarized Alfvén waves with the same helicity and propagating direction. For case  $\beta = 0.2$ , we can clearly see the power growth of low  $k$  region in the opposite helical component of the magnetic field, propagating in the opposite direction. For case  $\beta = 2.0$ , however, any backscattered Alfvén waves cannot be found. Thus, we conclude that incoherent Alfvén waves in the solar wind can decay parametrically in the region where  $\beta$  is low enough. A possible role of the decay process of Alfvén waves in heating and acceleration of the solar wind is discussed.

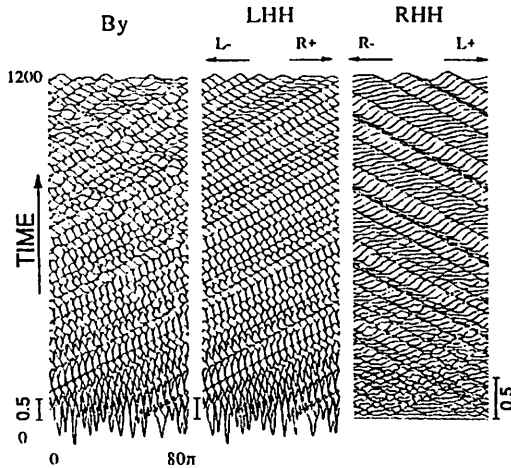


Fig.1

FIG.1. Evolution of the wave magnetic field for case  $\beta = 0.2$ . Left : the original  $B_y$ . Center : left-hand helical component consisting of the  $R^+$  and  $L^-$  waves. Right : right-hand helical component with the  $R^-$  and  $L^+$  waves.

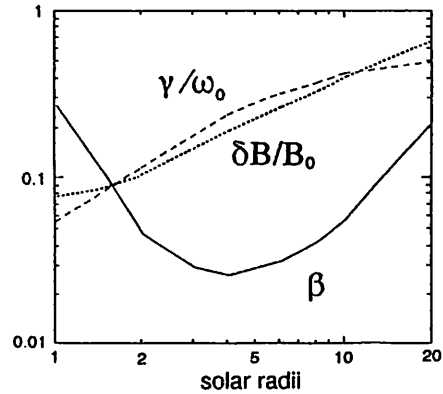


Fig.2

FIG.2. Radial profiles of  $\beta$  and the wave amplitude  $\langle \delta B \rangle / B_0$  calculated from the Hollweg's model [1978]. Also shown is the growth rate of decay instability normalized by the wave frequency  $\omega_0$  :  $\gamma / \omega_0 \approx \frac{1}{2} (\langle \delta B \rangle / B_0) \beta^{-1/4}$ .

EVOLUTION OF FINITE AMPLITUDE ALFVEN WAVES SUBJECT TO GROWTH AND DAMPING

T. Hada<sup>1</sup>, M. Nambu<sup>1</sup>, C. F. Kennel<sup>2</sup>, and E. Mjølhus<sup>3</sup>

1. College of General Education, Kyushu University
2. Department of Physics, University of California at Los Angeles
3. Institute of Mathematical Sciences, University of Tromsø

It is widely believed that Alfvén waves play important roles in space and astrophysical plasmas, from the interplanetary medium to cosmic ray acceleration at astrophysical shocks. Because of the large amplitude of the waves, nonlinear effects are essential in the evolution of such waves. Furthermore, understanding of the nature of such nonlinear evolution may be crucial in correctly describing micro-processes of these plasmas.

While nonlinear development of Alfvén waves in a closed system has been studied intensively in the past, that in a more realistic plasma which actively amplifies and damps the waves only recently started attracting people's attention. In this paper we consider how finite amplitude Alfvén waves develop nonlinearly when the waves are subject to the growth-rate type driver, a self-consistent driver modeling a microinstability, and the resistive diffusion, in a framework of one-dimensional fluid formulation.

Topics to be discussed include: 1. stationary and non-stationary Alfvén waves and the Alfvén chaos<sup>1</sup>, 2. results of the fluid simulation indicating development of Alfvénic turbulence, 3. shocklet-like solutions that even exist for parallel propagation.

1. T. Hada, C.F.Kennel, B.Butti, and E.Mjølhus, Phys. Fluids, in press, 1990.

SOLAR WIND SPEED and CORONAL PROPERTIES

Kazuyuki Hakamada (Chubu University)

The pattern of the solar wind and the photospheric magnetic field were relatively steady during CR1748-CR1752 in 1984. Average values of the solar wind speed (SWS) and the intensity of the He I (1083 nm) absorption line (HEI), as well as the ratio of  $B_r$  on the photosphere and the source surface ( $RBR = \log_{10}(\frac{B_r^2}{B_p^2})$ ) are evaluated on the corresponding field lines. It is found that

- (1) The SWS, the HEI, and the RBR are mutually correlated with each other; partial correlation coefficient between them are all statistically significant.
- (2) The partial correlation coefficient between the SWS and the HEI is largest. This suggests that the solar wind is accelerated by a mechanism that is related with the temperature in the corona; that is, the efficiency of the solar wind acceleration *increases* as the coronal temperature *decreases*.
- (3) The partial correlation coefficient between the SWS and the RBR is much smaller than the one between the SWS and the HEI. This result suggests that the effect of the expansion of the magnetic line of force in the corona to the solar wind acceleration is much smaller than the one relating to the coronal temperature.

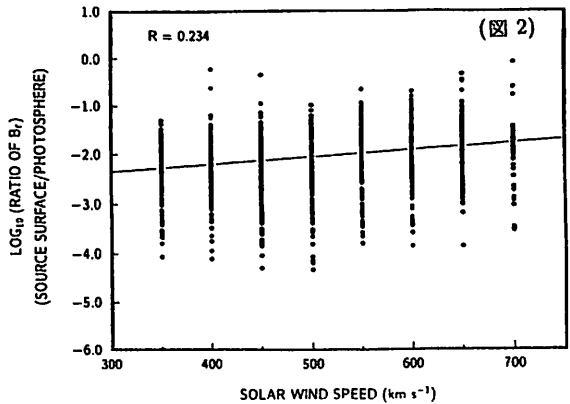
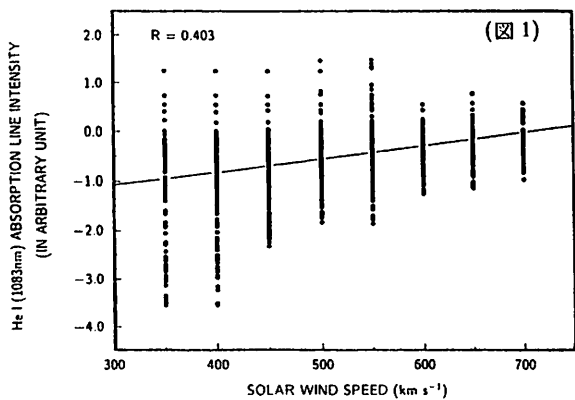
太陽風や光球磁場のパターンは 1984 年の CR1748-CR1752 の間、比較的安定していた。この間の光球磁場の視線方向成分の観測値を重ね合わせて計算した平均的な分布をもとに、ポテンシャルモデルを用いてコロナ磁場の三次元構造を求めた。

一方、おなじ期間の惑星間シンチレーションの観測から推定した太陽風速度の値を惑星間磁場に沿ってソース面まで投影しこの期間のソース面上での平均的な太陽風速度分布を求めた。この分布図をコロナ中の磁力線に沿って太陽光球面まで投影し太陽光球面上の太陽風速度分布 (SWS) を推定した。

同じ期間の He I (1083 nm) 吸収線強度 (HEI) の平均的な分布も求め、光球面に射影した太陽風速度分布と比較した (図 1)。また、コロナの磁力線で結ばれる光球面上の点とソース面上の点の磁場の動径成分の比の常用対数 (RBR) を計算し、対応する太陽風速度との関係を調べた (図 2)。これらの図から SWS と HEI, SWS と RBR の間には良い相関があることが分かる。

HEI が正のときコロナの温度が低く負の大きな数になるに従い温度が高くなると考えられる。RBR の値が大きい程コロナ磁場の発散の割合は小さく、またその値が小さい程コロナ磁場の発散の割合は大きくなる。ここには示していないが、HEI と RBR の間にもかなり良い相関が認められる。これ等の変数の間の単純相関係数と偏相関係数および Student の t-value を求め、表にまとめた。これ等の結果から HEI, RBR, SWS の間には統計的に有意な相関があると言ってよいが、HEI と SWS の間の偏相関係数は RBR と SWS の間の偏相関係数よりもかなり高いことが分かる。従って、コロナの温度に関する何等かの物理的な機構が太陽風加速に寄与しておりこの機構による太陽風加速の効率は、コロナ磁場の発散に関する太陽風加速機構の効率よりもずっと良いと推定される。

相関係数	単相関	偏相関	t-値
SWS-HEI	0.403	0.356	17.2
SWS-RBR	0.234	0.119	5.42
HEI-RBR	0.324	0.258	12.0



太陽風領域と星間プラズマ領域の境界の構造  
 福井隆司、前沢洸  
 名大理

STRUCTURE OF THE HELIOSPHERIC BOUNDARY REGION

T. Fukui and K. Maezawa

Dept. of Physics, Nagoya University

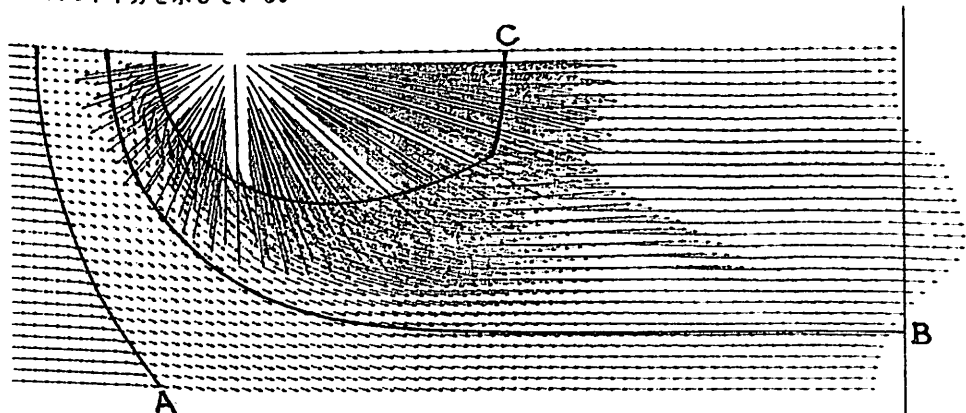
Interaction between the solar wind and the local interstellar wind is simulated numerically. Our result suggests that the heliospheric structure is characterised by three discontinuity surfaces: the outer bow shock, the contact surface, and the inner shock. In the tail region, the solar wind is decelerated at the Mach stem. It seems that the structure of the tail beyond the Mach stem depends critically on the wind parameters. In some cases, we obtain a rather uniform outward flow across the tail. In other cases, a vortex motion is induced, leading to a significant inward flow along the tail axis.

太陽風プラズマと星間空間プラズマの境界での構造を最初に提案したのが Baranov et al. (1970) の two-shocks model (TSM) であったのだが、彼等の TSM では星間風が吹き付ける太陽風の前面について述べただけで tail 側については述べていなかった。今回、星間風の吹く方向を  $z$  軸の正方向、太陽を原点にとった座標系を考え、 $z$  軸に関する回転対称を仮定して Lax - Wendroff 法を用いて計算機シミュレーションを行い、太陽圏全体の様子を求めた。

このシミュレーションでは、簡単のために磁場は無視し、太陽風は放射状のフローであることを仮定した。太陽風は惑星間空間をほぼ一定の速さで超音速で吹き抜けている。その密度は距離の二乗に反比例して減少するので、動圧も太陽からの距離の二乗に反比例して減少する。そのため太陽風はある距離で星間風に押し止められ、その膨張は有限の距離で止まってしまう。太陽風は超音速であったので、星間風との衝突によって減速されて亜音速になるとき、そこに定在性の衝撃波面が生じることになる。これが inner shock と呼ばれる衝撃波面である。一方、星間風の方も星間空間では超音速風であるので太陽風との衝突によって減速され、亜音速になる。ここでも太陽風の場合と同様に定在性の衝撃波面が生じる。これは地球磁気圏と太陽風との相互作用でも生じている bow shock と呼ばれているものである。そして、これら二つの衝撃波面の間の亜音速領域に星間空間と太陽圏とを分けている contact surface と呼ばれる面が生じている。これらの二つの衝撃波面と contact surface の三種類の面が太陽の前面で生じることを説明したのが Baranov et al. の TSM で、今回のシミュレーションではこれらの三種類の面が生じていることを確認し、それらの形状や亜音速領域の広がりなどを調べた。また、太陽の tail 側では、太陽圏の超音速領域も彗星のように長い尾を引いていることを予想していたが、 $z$  軸に対してほぼ垂直のマッハ・ステムが形成され、太陽圏の超音速領域は閉じてしまい弾丸の胴体が膨らんだような形状らしいということがわかった。また、亜音速になった tail 内のフローは、そのまま外側へ吹き出す場合と、渦を形成する (tail の中心に内向きのフローが発生する) 場合もあるらしいことがわかった。

下の図は、実際の太陽風のパラメータとは異なるが、シミュレーションの結果を速度場で表したものである。図中 A, B, C はそれぞれ bow shock, contact surface, inner shock の位置を示す。(この図では速度ベクトルの矢印が長いので、bow shock しか正確な位置は良く読み取れない)

図は断面の下半分を示している。



# 21a-I-6 太陽磁気圏のシミュレーション実験

南 繁行 竹屋 芳夫

大阪市立大学工学部 中部大工学部

Laboratory Formation of the Helio magnetosphere

Shigeyuki Minami<sup>1</sup> and Yoshio Takeya<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Osaka City University <sup>2</sup>Chubu University

Laboratory formation of the helio magnetosphere is performed. An intense plasma flow that simulates the interstellar magnetized plasma is used to interact with another supersonic plasma flow that simulates the solar wind plasma flow. The formation of shock boundary (contact surface) and inner shock are observed optically.

太陽磁気圏 (Helio magnetosphere) は太陽から吹き出した磁化プラズマ流が銀河系媒質 (Local Interstellar Medium, LISM) と相互作用をすることによって形成されるはずであるが、未だこの境界までたどりついた探査機はない。われわれは次のような疑問点を解明するためにシミュレーション実験を開始した。

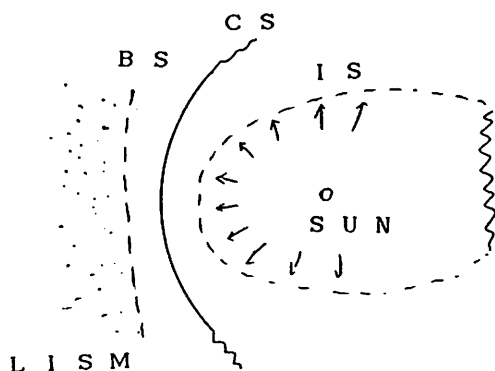
- (1) 太陽風プラズマは磁化された LISM と相互作用をするが、太陽系と LISM の相対速度は約 20KM/S であることが知られている (Blum, 1987)。この際第 1 図に示す Contact Surface (CS) とバウショック (BS) が形成されているかどうか。
- (2) 流体における跳ね水に相当する Inner Shock (IS) が形成されているかどうか。
- (3) コンタクト面 (CS) における K-H 不安定の発生程度。
- (4) LISM にはプラズマの他に中性ガス (主に He) が存在する。境界を越えて侵入するガスの効果。
- (5) 太陽圏境界においては IMF は無視できるエネルギーであるが、極はその特異点となっているか。
- (6) 太陽圏の尾部における shock の形状はどうなっているか。

## 実験

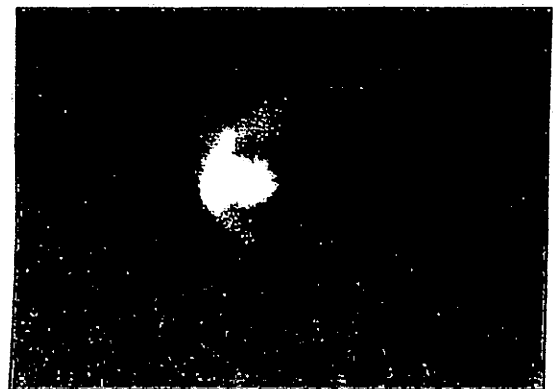
コメットのプラズマ尾の実験室での形成 (Minami et al., 1986) に対し、超音速の拡散プラズマとプラズマ流との相互作用の実験をおこなった結果を報告する。得られた相互作用の写真の一例を第 2 図に示す。CS および IS が形成されていることがわかる。しかし尾部の IS は明瞭ではない。実験には Ca および Ba を用いた。

Blum, P., Proc. 4th Int. Workshop on Interaction of Neutral Gases with Plasma in Space, Radziejowice, Poland, 1987.

Minami, S. et al., Geophys. Res. Lett., 13, 1986.



第 1 図 太陽磁気圏の構造



第 2 図 測定された shock 構造の写真

### 3双極子モデルにもとづく太陽風流源面磁場変化の動画表示

斎藤 尚生<sup>1</sup>・大木 俊夫<sup>1</sup>・小塚 幸央<sup>1</sup>・竹内 仁<sup>1</sup>・荻野 竜樹<sup>2</sup>・渡辺 亮<sup>2</sup>  
 ( <sup>1</sup>東北大・理・地物、<sup>2</sup>名大STE研 )

#### DYNAMIC EXPRESSION OF THE VARIATION IN THE SOURCE-SURFACE MAGNETIC FIELD BASED ON THE TRIPLE-DIPOLE MODEL

T. Saito<sup>1</sup>, T. Oki<sup>1</sup>, Y. Kozuka<sup>1</sup>, H. Takeuchi<sup>1</sup>, T. Ogino<sup>2</sup>, and T. Watanabe<sup>2</sup>  
 1. Geophysical Institute, Tohoku University, Sendai 980  
 2. STE Laboratory, Nagoya University, Toyokawa, 442

It is observationally well known that the equivalent dipole axes of the sun, Uranus, and Neptune tilt with respect to their rotational axes, and that the tilt angle of the solar dipole changes from 0° to 360° showing a 22-year variation. Such the large tilt angle can be explained not by the pure dynamo theory, but the triple-dipole model (Fig. 1). In the present paper, the magnetic fields on the solar source surface are calculated by changing the three dipoles as shown in Fig. 2. The calculated magnetic field distribution is dynamically transcribed on a video tape, which shows a clear 22-year change of the tilt angle coincidentally with the observation.

【目的】太陽磁気圏の構造は、太陽風流源面上の磁場分布でその基礎が決定される。従って太陽光球の2.5倍の半径を持つ仮想的な球面である流源面上の磁場分布とその変動は、太陽圏物理学上極めて重要である。流源面磁場を代表する磁気中性面の、太陽赤道面に対する傾斜角は、22年周期で0°から360°まで回転しながら変化することが観測的に知られている。これに近い大きな傾斜角は天王星(301°)や海王星(313°)でも見出されており、これは単純なダイナモ理論では説明できない。

そこで本研究では3双極子モデルにもとづいて太陽風流源面磁場を計算し、その分布が回転的に22年周期変化することを動画的に表示しながら説明する。

【方法】複雑な光球面磁場は、自転軸に平行な1個の中心双極子と、赤道面に平行な2個の光球面上双極子による3双極子モデルでよく説明できることが知られている(図1)。本研究では、先づ2個の光球面双極子を南北半球に置く場合を考える。次に3双極子の強さを図2の左半分に示すようにREASONABLEに11年変化をせしめる。それぞれの場合の流源面磁場分布を計算し、STE研の表示装置を用いて動画とする。次に双極子を2個とも北半球に置いた場合を計算して動画とする。一方モデルとは独立に、光球面磁場観測から求めた流源面磁場も動画にする。

【結果】観測された複雑な流源面磁場が、3双極子モデルでいずれもよく説明できることが明らかにされた。更に中性面が「回転反転」する理由も、モデルの動画表示でよく説明できた。

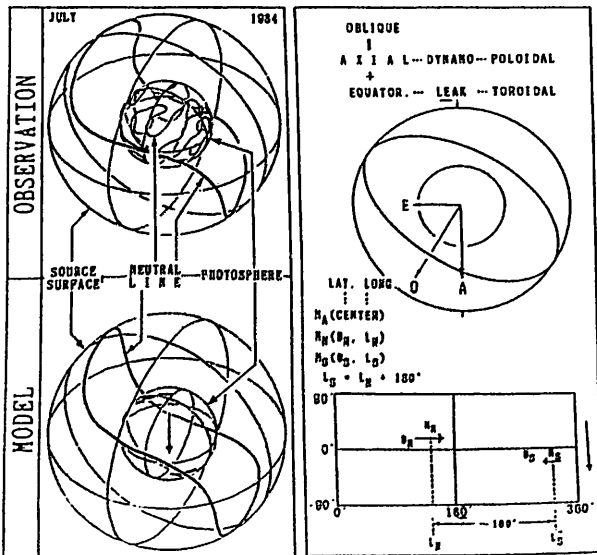


図 1

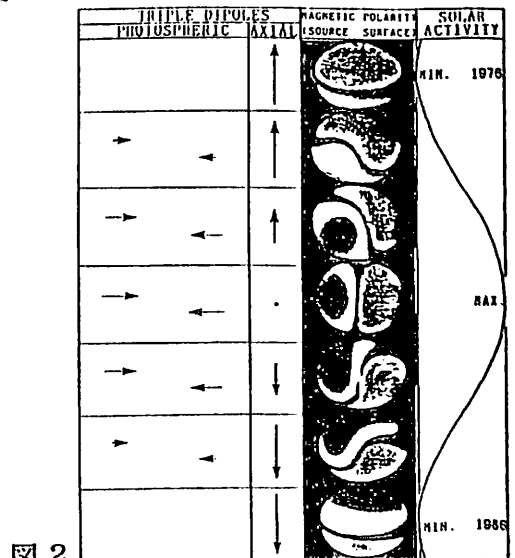


図 2

デカメータ帯における  
昇音型太陽電波バースト (2)

青山 隆司 大家 寛  
(宮城職訓短大) (東北大理)

Rising tone solar radio bursts  
in decametric wave length range (2)

Takashi Aoyama Hiroshi Oya  
(Miyagi Polytechnic Col.) (Tohoku Univ.)

It is well known that some kinds of solar radio bursts such as Type I storm, Type II bursts with the herringbone structure and inverted-U bursts, contain rising tone bursts with fast frequency drift rates (several MHz/s). Two different kinds of rising tone bursts with fast frequency drift rate are observed at our observatory. One event is associated with a Type III burst as a precursor event suggesting that the bursts of this type are generated by the returning electron beam which may be caused by a reflection process in the solar corona. The other has no precursor event and requires a acceleration mechanism of the coronal electrons.

序

デカメータ帯 (20-40MHz) での太陽電波バーストのなかに、稀にはあるが昇音型 (rising tone) の電波バーストが観測されることがある。これらのバーストの周波数 drift rate は非常に大きな広がりを持っており、観測帯域内での平均的な周波数 drift rate が約 2 桁異なる (数十 kHz/s と数 MHz/s) 2 つの集団に分かれることを以前に報告した。今回はそのなかで、早い周波数 drift rate (数 MHz/s) を持つ集団に属する昇音型バーストについて報告する。

観測結果

早い周波数 drift rate を持つ昇音型電波バーストのうち、既に良く知られたものとしては、

- (1) Type I バースト (storm) 中に観測されるもの
- (2) Type II バーストに伴って現れる Herringbone 構造のなかに見られるもの
- (3) Inverted-U バーストとして現れるもの

があり、その発生機構についてもある程度の説明が与えられている。しかし、これら (1)~(3) のカテゴリーのいずれにも属さない昇音型電波バーストも我々の観測施設において受信されている。

- これらのバーストには 2 つの種類があり、
- (4) Type III バーストの直後に現れ、

Inverted-U バーストとは異なるもの (5) 前兆現象が全くないものに分けられる。(4) に属するバーストは、Type III バーストが直前に発生していることから、Type III バーストを励起した電子ビームが、コロナ域の局所的な電磁場により反射、散乱され、太陽方向に向きを変えられることによって生成されたものと考えられる。また、(5) の場合は、前兆現象が全くないことから、昇音型バーストを作るような (太陽方向に走る) 電子ビームが、コロナ中で新たに生成されたと考えられる。つまり、電波で見ている限り静かなコロナ中においても、何らかのプラズマ擾乱による電子の加速が起きていることを示唆している。

1 図に観測例を示す。この例では昇音型と降音型の両方のバーストが同時に発生しており、コロナのある場所で、電子の加速が双方向に起こったことに対応している。

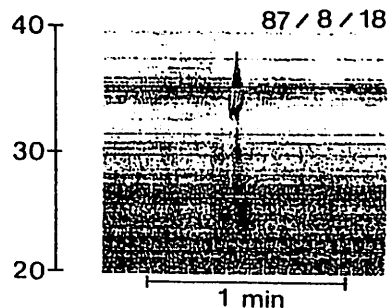


Fig.1 An example of rising tone burst with no precursor event.



地磁気活動の長周期変動とその  
太陽活動・地球温暖化との関連

柳原 一夫

気象協会

LONG RANGE VARIATION OF GEOMAGNETIC ACTIVITY AND ITS  
RELATION TO SOLAR ACTIVITY AND GLOBAL HEAN WARMING

K. YANAGIHARA

JAPAN WEATHER ASSO.

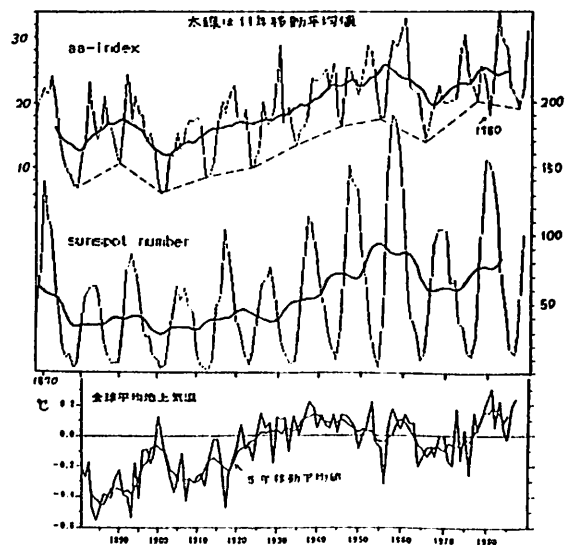
Geomagnetic activity index "aa" varies with 11-year mean of Sunspot number. Its minimum coincides with the minimum of Sunspot number. The minimum value of aa-index is not reduced to zero-level, but follows the general trend of 11-year mean of Sunspot number. This suggests a long range variation of solar activity other than 11-year cycle, whose amplitude depends on the variation. After 1964, especially in 1980, change of aa-index is not regular, then the observed 11-year change of Solar constant should be examined carefully.

炭酸ガスの増加による地球温暖化問題について、自然の原因による気温変化、とくに太陽活動にもとづく気温変化の寄与の検討が提言されている（マーシャル研究所レポート）。太陽黒点数は今世紀に入ってから平均的増加の傾向にあり、全球平均気温の増加と同じ傾向である。しかし太陽常数の衛星観測が黒点数極大極小間で0.1%の変化しか示さないという観測事実から太陽活動による気温変化は小さいという批判もある。

ところで、地磁気活動は太陽活動と深い関係にあることはよく知られている。いま地磁気活動度としてaa-indexを取り上げてみると、黒点数・aa-indexの平均的トレンドはきわめてよく似た増加傾向を示している。しかしながらaa-indexは黒点数と決定的に違う点がある。aa-indexの極小は黒点数の極小（またはその翌年）とよく一致しているが、aa-indexの極小値は零に近づかずむしろ平均的トレンドとほとんど同様の変化をしている。すなわち、太陽黒点数で測られる太陽活動がほとんど終息しても大きな地磁気活動が存在するということである。

aa-index極小値と黒点数11年平均値とはほぼ直線関係にあり、外挿すればほぼ零が零に対応する。これは太陽黒点数11

年変化の背景にaa-index極小値の変化で表されるような長周期変動があって、11年変化の振幅はこの背景の強さに比例することを示すものでなかろうか。背景変化のnew cycleに入る1964年のaa-indexは急激に減少し以後異常な変化をしている。とくに1980年は黒点数MAXに近いにもかかわらずaa-indexはMIN-MIN線より更に減少している。この時期から観測された太陽常数の変化については十分検討する必要がある。なおu-measureについてもこの時期は異常である。



1989年9月29日のプロトンフレアに伴う宇宙線強度増加の時間変化

榑原志津子、森下伊三男\*、長島一男  
 名大STE研、\*朝日大

CHARACTERISTICS OF HOURLY CHANGES OF THE RIGIDITY SPECTRUM AND THE EXCESS DIRECTION OF HIGH ENERGY SOLAR PROTON EVENT ON SEPTEMBER 29, 1989.

S.SAKAKIBARA, I.MORISHITA† K.NAGASHIMA  
 STE-LAB.,NAGOYA UNIVERSITY  
 \*ASAHI UNIVERSITY

A GLE (Ground Level Enhancement: solar cosmic rays) was observed world-wide, which occurred on September 29, 1989. This event was the greatest to occur during the last thirty-three years. The GLE event started at 11:48 UT following a solar burst at 11:35 UT (maximum time of type IV radio burst and X-ray flare) on September. The time profiles of the observed intensity increases at several neutron monitor stations on Sept. 29, 1989, are shown in a figure. In order to study the intensity distribution in space, we have analyzed GLE of neutron intensity observed at world-wide network stations.

1989年9月29日のSolar flare (約26°S, 約105°W)に伴って発生したHigh energy solar proton eventは、地上では最大級、かつ33年ぶりに起こったGLE (Ground Level Enhancement) eventであった。約1年経過し、world-wide Neutron monitor dataがかなり集まったので、それらを用いてこのイベントの解析を行なう。解析は、地磁気のcut-off rigidityがp<sub>c</sub>である中性子モニターで観測されたある時刻のGLEの強度J(p<sub>c</sub>)は

$$J(p_c) = \int_{p_c}^{\infty} R(p)G(p)D(p)dp / \int_{p_c}^{\infty} R(p)dp$$

- R(p): 中性子モニターのレスポンス関数
- G(p): GLEのRigidity Spectrum
- D(p): 地球周辺でのGLEの原因となったSolar cosmic rayの空間分布

と表わすことができるとする。これよりRigidity Spectrumおよび宇宙線強度の空間分布を求める。このGLEのTime Profileは図に示すように、Neutron stationの位置およびcut-off rigidityなどによりかなり異なった様相を示している。従って、解析はイベントのスタートからエンドまでできるだけ短い時間間隔で進めて行く予定である。

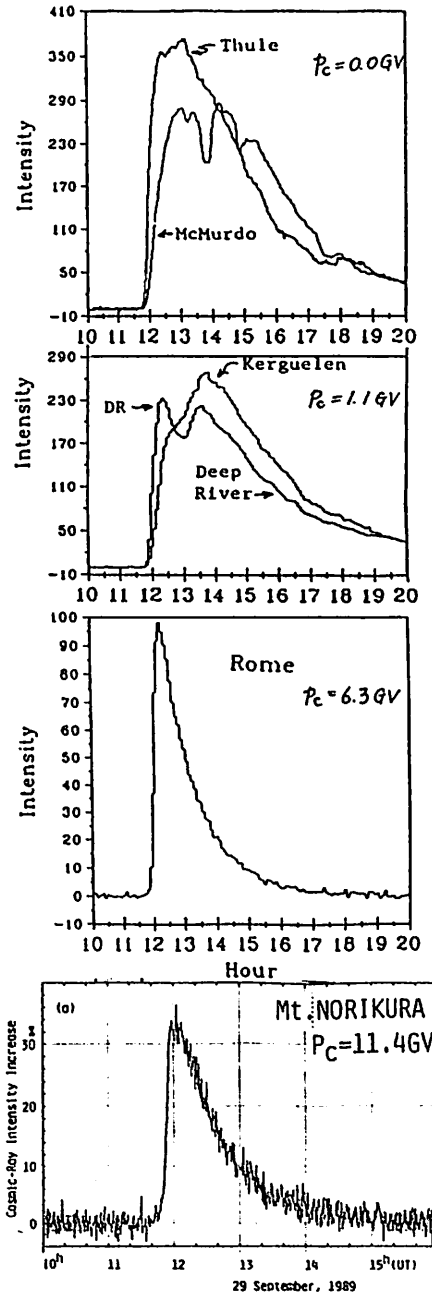


Fig. Time profile of the observed increase of the GLE on September 29, 1989



森 覚 安江 新一 宗像 一起 一之瀬 匡興  
(信大理) (信大教養)

COSMIC-RAY ANISOTROPY OF HIGH ENERGY ( $\sim 10^{12}$  eV) AND SOLAR ACTIVITY

S. Mori, S. Yasue, K. Munakata, and M. Ichinose\*

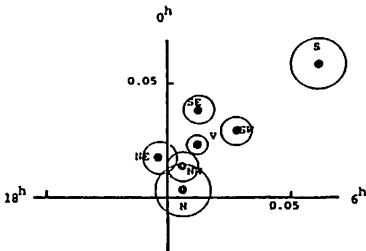
Department of Physics, Faculty of Science and Faculty of Liberal Arts\*, Shinshu University, Matsumoto 390, Japan

深い地下で観測される高エネルギー宇宙線( $\sim 10^{12}$  eV)の強度の時間変化から、そのエネルギーに対応するスケール(1~5AU)の空間電磁場変動が推測できる。今回は、信州大松代地下( $\sim 200$  mwe)観測の1980-1988年のデータを解析する。特に宇宙線異方性の太陽活動変化との関連、主として、太陽時での宇宙線異方性の活動依存、太陽磁気モーメント依存等を調べる。

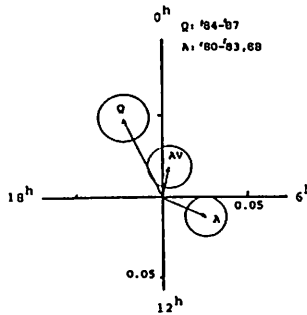
太陽活動静穏期にはいわゆるCompton-Getting effectが明瞭に見られる。また、1982年の太陽磁気モーメント増大には対応する大振幅は観測されていない。恒星時異方性の太陽活動依存は見られなかった。

図1は松代地下観測所( $\sim 200$  mwe)で得られた宇宙線日変化の観測結果を恒星時と太陽時で画いてある。図中のV, S, ---等はその方向計を示す。この深さでは恒星時が最も大きい。図2は、図1の太陽時日変化のE-(SE+NE)とW-針(SW+NW)の差をとり大気効果を消して、太陽活動静穏期と活動期に分けてその依存を見たものである。静穏期ではいわゆるCompton-Getting effectが期待される。活動期では太陽によるモジュレーションによる異方性が生じている。図3は恒星時での太陽活動依存を見たもので、この太陽サイクルで、松代地下観測エネルギーでは有意な変化は得られていない。このことから、太陽圏内での磁場状態の変動は15AUのスケールでは小さいことが推測される。

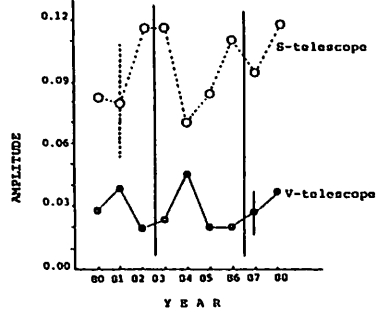
OBSERVED SIDEREAL DIURNAL VECTORS  
MATSUSHIRO (1980-88)



SOLAR ACTIVITY DEPENDENCE  
OF SOLAR DIURNAL VECTORS  
MATSUSHIRO (1980-88)



SOLAR ACTIVITY DEPENDENCE OF  
OBSERVED SIDEREAL AMPLITUDE AND PHASE  
MATSUSHIRO (1980-89)



OBSERVED SOLAR DIURNAL VECTORS  
MATSUSHIRO (1980-88)

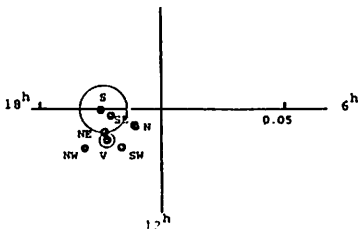


図2 太陽時日変化の太陽活動依存(Q&A)

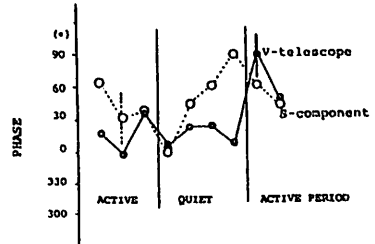


図1 観測恒星時と太陽時日変化

図3 恒星時日変化の太陽活動依存(Quiet & Active)

## 21p-I-1 On the Sudden Brightening of a Discrete Aurora

Tatsundo Yamamoto  
*Geophysics Research Laboratory, University of Tokyo*

Many researchers studied auroral breakup features so far mainly by using conventional all-sky camera or scanning photometer data, reporting that it starts in the premidnight to midnight hours, usually but not always, at the equatorwardmost auroral arc. However, it is not always the case because these observations identified mostly a brightening which propagates over the site from other places. In this regard, we examined the all-sky TV data from multi-station network to find out where and how an auroral brightening starts. Three types of initial brightening are, at least, identified.

1) It starts on a relatively quiet discrete arc as forming a folding structure of a few tens to a hundred km across. It does not always accompany a clear magnetic bay on the ground nor develops rapidly as a global substorm because of its small spatial scale. However, we, almost always, find Pi2 pulsations in the mid-latitude magnetic stations, in association with the small brightenings of aurora. In some events, we also find a sharp field-aligned current signature and an energetic particle injection at the synchronous height. Despite of its small spatial scale and an absence of a magnetic bay, these additional evidences support the idea that it is an auroral manifestation of sudden energy release in the magnetotail region. Sometimes, it creates a larger kink or surge structure (a few 100 km) west of it.

2) It starts on a kink structure created by a preceding auroral activity, as releasing the kink. Generally it accompanies a clear magnetic bay structure on the ground.

3) It starts at a certain place on a poleward boundary of a diffuse auroral belt. When triggered by an equatorward drifting branch of aurora which extends from a preceding activity poleward of the diffuse auroral belt, a sudden brightening occurs and propagates along the poleward boundary of the diffuse auroral belt, both eastward and westward, as showing a clear expansion feature.

The common feature between above three is a small spatial scale (a few tens to 100 km across) at its very beginning. One expansion often creates a new kink structure west of it, takes a pause for a while, and then another occurs at the kink structure. The whole auroral oval usually shrinks poleward progressively as repeating expansion - creation of kink process. This process generally leaves diffuse-pulsating auroral activity behind it (equatorward of it). When the process (2), mentioned above, occurs, another discrete auroral system develops equatorward of the preceding discrete auroral activity. We will also discuss these processes, in relation to the substorm activity.

あけぼの'によって観測された  
AURORA SUBSTORM EXPANSION ONSETの様相

金田栄祐<sup>1)</sup> 山平達人<sup>1)</sup> 林幹治<sup>1)</sup> 藤井良一<sup>2)</sup> 門倉 昭<sup>3)</sup> 江尻金村<sup>2)</sup> 巻田和男<sup>3)</sup> 小口 高<sup>4)</sup>  
<sup>1)</sup> 東大理地物研. <sup>2)</sup> 国立極地研. <sup>3)</sup> 筑波大工. <sup>4)</sup> 名大STE研

FEATURES OF AURORA SUBSTORM EXPANSION ONSET OBSERVED BY AKEBONO UV-AURORA IMAGER

Kaneda, E.<sup>1)</sup>, T. Yamamoto<sup>1)</sup>, K. Hayashi<sup>1)</sup>, R. Fujii<sup>2)</sup>, A. Kadokura<sup>2)</sup>, M. Ejiri<sup>2)</sup>,  
 K. Makita<sup>3)</sup>, and T. Oguti<sup>4)</sup>

<sup>1)</sup> GRL, Univ. of Tokyo, <sup>2)</sup> Natl. Inst. Polar Res.,  
<sup>3)</sup> FacI. of Eng., Takushoku Univ., <sup>4)</sup> STE Lab., Nagoya Univ.

UV-aurora imager(ATV-UV) on the AKEBONO satellite can command essential portions of global aurora display from orbital positions higher than about 5000km in altitude. This enables us to investigate detailed features of evolutions in auroral displays by the aids of higher time-rate snapshots in comparison to those of previous satellites. Aurora substorm expansion onset is one of the most important targets in studies of global aurora dynamics, but has poorly been observed by its rare occurrence probability during limited time-intervals of imaging. Recent high solar activities gives ATV-UV chances under various levels of magnetospheric disturbance for observing this onset phenomena including initial brightening.

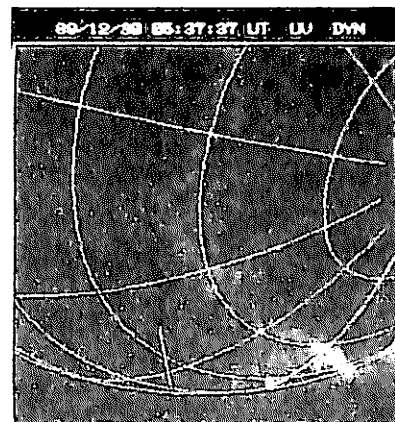
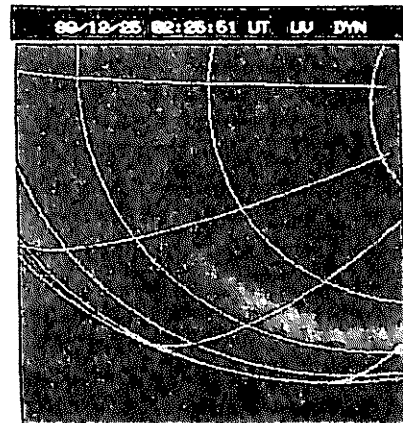
衛星による aurora oval の撮像に於て、substorm の expansion onset を観測した例の報告は余り多くないのが実情である。'あけぼの'に於ては、撮像開始後12箇月の今年3月迄に、この様相 onset の観測例は、従来の衛星と比較した場合に、可成り多くなって居る。これは、地上受信局網の整備によって、データ取得率が向上した事に負う処が多い。亦、あけぼの'では、従来の衛星の水準を超へる、突発4 shot / 64 sec の率で有効画像の取得を行った事によって、onset を 'initial brightening' から 'flaring up', 'expansion' へ至る evolution を克明に観測して居る。

観測した onset の様相は、earth storm に象徴される磁気圏の活動度に依存する度合よりも、むしろ異なるモードパターンでの expansion の evolution が存在する点が注目になる。このモードパターンは現在迄に、暫定的に2種類に区別される。この2種類のモードパターンに対応する極域の地磁気擾乱は、夫々固有の様相を示して居る事から、この分類には物理的意味が有ると考へられる。

このモードパターンは、brightening が  
 i) 通常の oval に沿って認められるもの。  
 ii) 真夜中附近で、5°~10°高緯度に向って走り、その先は大抵等緯度線に沿って夕方側に延びるもの。  
 と要約出来る。以下にこの例を示す。

i) は 89年12月25日 UT 2時25分51秒。  
 ii) は 89年12月30日 UT 5時37分37秒。の画像で代表させて居る。

今白は、以上要約した事項を中心にした飛表を行う。



## Energetic electron and ion precipitation associated with auroral expansion

Rumi Nakamura

(NIPR, Kaga 1-9-10, Itabashiku, Tokyo, 173 Japan)

Susumu Kokubun, Tatsundo Yamamoto

(GRL, Univ. of Tokyo, Hongo 7-3-1, Bunkyo, Tokyo, 113 Japan)

Various types of particle precipitation in the nightside auroral oval have been investigated and related to different region in the magnetotail. Winningham et al. [1977] related structured and variable precipitation to BPS and diffuse and stable precipitation to CPS. Lyons and Evans [1984] reported energetic proton precipitation at region of the discrete auroral type precipitation and suggested that the discrete aurora correspond to the outer boundary of the plasma sheet where earthward streaming protons are observed. On the other hand, it was shown that field aligned current structures depends significantly on the relative location to the auroral bulge [Fujii et al., 1988]. Spatial as well as temporal variation of the precipitation pattern is therefore expected associated with auroral substorm.

In this study, relationships between the auroral electron precipitation (a few keV) and energetic particle precipitation (a few tens of keV) are examined in order to investigate the dynamics of the magnetotail. Since the parallel potential drop is at most a few kilo volts, the latter particles are expected to be controlled mainly by the magnetic field configuration and acceleration mechanism in the magnetosphere. Global image of the expansion aurora is used as a temporal and spatial reference of substorms.

Precipitation patterns are obtained according to the local time relative to the expansion aurora and to the different phase of substorms. The data used in this study are auroral images obtained from DMSP satellites and ground all-sky TV, and precipitation flux (0.03 - 30 keV electron and ion). We analyzed the spatial characteristics by dividing our datasets into 4 sectors according to the local time relative to the expansion aurora: the leading edge of the surge, the head of the surge, the center of the bulge, and east of the bulge.

Systematic changes in energetic particle precipitation characteristics are found according to these sectors. Among them are the change in the relative latitude of the energetic proton precipitation to the poleward boundary of the discrete aurora and that in the occurrence of the energetic electron precipitation. Note that the high latitude ion precipitation was associated with earthward streaming ion at the plasma sheet boundary layer. The energetic electron precipitation, on the other hand, would be related to the injected particle in the magnetosphere. Our results therefore indicate that the plasmashet (both BPS and CPS) and the plasmashet boundary layer significantly change their local time structures associated with substorms. Caution must be made for the analysis according to the magnetic local time since this procedure might smooth out the dynamics of the precipitation.

(Winnigham, J.D., F. Yasuhara, S.-I. Akasofu, and W.J. Heikkila, *J. Geophys. Res.*, 80, 3148, 1975.)

(Lyons, L.R., and D.S. Evans, *J. Geophys. Res.*, 89, 2395, 1984.)

(Fujii, R., R.A. Hoffman, M. Sugiura, J.D. Craven, L.A. Frank, and N.C. Maynard, *J. Geophys. Res.*, submitted, 1988.)

T. IIJIMA<sup>1</sup>, M. WATANABE<sup>1</sup>, T.A. POTEIRA<sup>2</sup> and L.J. ZANETTI<sup>2</sup>

1. Faculty of Science, The University of Tokyo

2. Applied Physics Laboratory, The Johns Hopkins University

Substorm-associated magnetospheric current systems have been determined by virtue of magnetic field observations acquired by a number of satellites. The so-called "current wedge" model of currents which develop during substorms has been developed from distant satellite observations. This system comprised of field-aligned currents which flow into and away from the ionosphere near midnight, and develops at the expansion phase. Magnetic field observations acquired with the AMPTE/CCE satellite, in an equatorial, 8.8 Re apogee orbit, exhibit the development of a field-aligned current system, before the expansion phase onset as determined from ground-based low-latitude observations. Furthermore, magnetic field observations acquired with the DMSP-F7 satellite, in a polar, 840 km altitude orbit, show the development of field-aligned currents called region 1 and region 2 in the midnight sector, before the expansion phase onset. These growth phase field-aligned currents must be close to CCE to be detected. They probably are flowing in the plasma sheet and plasma sheet boundary layer as suggested by the simultaneous observations of particle precipitation. These observations provide evidence for a field-aligned current system which grows before the current wedge system on field-lines well inside the nightside magnetosphere. The magnetic latitudes of a growth phase field-aligned current system, in turn, the concentration of Poynting flux in a limited region, provides an important implication for an initiation of current wedge system (a rapid energy release) at the expansion phase in the magnetotail.



上出 洋介, J. D. Craven, L. A. Frank, S.-I. Akasofu  
(京産大理) (アイオワ大) (アイオワ大) (アラスカ大)

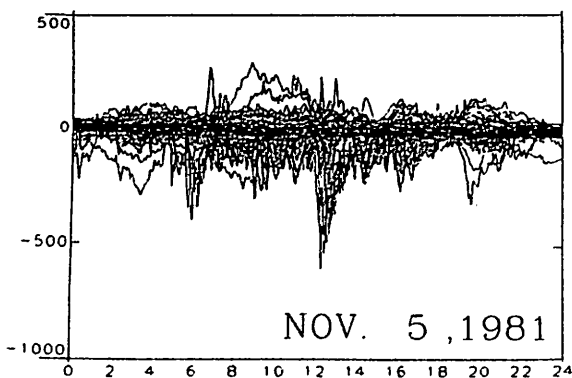
EVOLUTION OF SUBSTORM CURRENT SYSTEMS: (1) DE 1 OBSERVATIONS OF GLOBAL  
AURORAS

Y. KAMIDE (Kyoto Sangyo University), J. D. CRAVEN (University of Iowa), L. A. FRANK (University of Iowa), and S.-I. AKASOFU (University of Alaska)

Toward unveiling of, or at least, seeking a hint of, the cause of magnetospheric substorms, an attempt is being made to estimate electrodynamic parameters in the polar ionosphere by combining ground-based magnetometer data with satellite measurements of aurora images, from which the global distribution of the ionospheric conductance can be inferred. For this purpose, the so-called magnetogram-inversion technique is improved in such a way that the algorithm can accommodate "instantaneous", not statistical, conductivity distribution, which includes many local variabilities relating to localized auroral enhancements. There is not always a high correlation between the intensity of the auroral electrojet and the auroral luminosity, implying that some portions of the electrojet are controlled primarily by the electric field which reflects the effect of the "directly-driven" component of solar wind-magnetosphere coupling.

磁気圏サブストームの生起機構を理解するヒントを得るため、高緯度電離圏での重要パラメータの時間/空間分布を調べている。今回は、主として地上で観測された磁場変動記録と、DE (Dynamics Explorer) 1 衛星のUVオーロラ・イメージを組み合わせ、サブストーム爆発の前後の電流系を考察する。

このために、magnetogram-inversion 法の数値解法アルゴリズムを改良し、個々のイメージ・データ (統計モデルではなく) から電離層電気伝導度の分布をインプットに加えることができるようにした。このインプットと地上磁場分布から計算される電流関数を用い、電離層電位、電流を12分ごとに求め、DE 1 イメージと比較した結果次のことがわかった。今回調べたデータの期間は、1981年11-12月で、磁気活動度の1例を下図に示す。



1. 電離層電流 (極光ジェット電流) の強い領域が、必ずしも電気伝導度が高い場所とは限らない。たとえば、電気伝導度が極端に小さな領域でも、すなわちオーロラ強度が低い場所でも、電流が強い ( $> 1 \text{ A/m}$ ) 場合がしばしばあり、この部分では太陽風-磁気圏 directly-driven 過程が主成分であることを示唆している。

2. サブストーム爆発の1時間ほど前から、極冠域のサイズが徐々に大きくなる典型的な孤立サブストームの場合、西向きジェット電流が朝方で、東向きジェット電流が夕方側で、同時に発達する。しかし、オーロラの爆発が真夜中付近でおきるため、AL指数で  $T=0$  のタイミングをミスすることがしばしばある——つまり、爆発に伴う真夜中でのジェット電流の増加が、すでに増大している朝方ジェット電流効果の中にかくされてしまうからである。

3. "本当の"爆発以前の西向きジェット電流が、数百 nT にも達することがある。このような場合、AL指数だけでサブストームを選んでいれば、サブストームの主プロセスは directly-driven 過程である、という誤った物理解釈を導いてしまう。

4. サブストーム爆発がハランク不連続線付近でおきるという話がある (たとえば、R. L. McPherron, 箱根 Chapman Conference) が、これは、空間-時間分布の分離を正確に行わなければ何もいえない。

# 21p-I-6 極磁気嵐電流系に関する論争の真相

福島 直

UNREASONABLE DISCRIMINATION OF BIRKELAND'S CURRENT SYSTEM  
IN THE HISTORY OF MAGNETIC STORM STUDIES

Naoshi FUKUSHIMA

Birkeland's current system for polar elementary storms (an east-west horizontal electrojet above the auroral zone connected to a pair of field-aligned currents) was unfortunately discarded in 1940's. This historical fact seems to have resulted from an unreasonable discrimination against his current system in comparison with that of Chapman, whereas the proposed Birkeland current system was not the one given by himself but unfortunately unintentionally misrepresented. It is pointed out here that the later discrimination of the current systems proposed by Birkeland, Alfvén and Kirkpatrick is also doubtful.

地磁気SD場に対応する Chapman 電流系 (Fig. 1) と Birkeland 電流系との優劣を論じた Vestine-Chapman (Terr. Mag., 43, 351-82, 1938) 論文の中で、Birkeland 電流系を Fig. 2 と仮定しているが、その図は Birkeland 自身が画いた電流系ではなく『もし Birkeland に SD 電流系を画くように頼んだら、きっとこんな図を示すであろう』と予想して Vestine-Chapman が画いた電流図なのである。

しかし両電流系の優劣比較を行うにあたっては、極光帯電流分布を両者同じにし、Birkeland 電流系として Fig. 3 のように沿磁力線電流の出入が全経度にわたっている電流系を考えるべきであった。沿磁力線電流が 0-12h 子午面内の線電流だけならば、Fig. 2 電流系の二次元等価電流系は Fig. 4 で、0-12h 子午面上の中高緯度地域では Fig. 5 に示されているように大きな地磁気東西成分変動が観測される筈である。しかしそのような地磁気変化は実測されていないという理由で Birkeland 電流系は葬り去られたのである。

また Kirkpatrick (1952) 論文で、Birkeland, Alfvén, および Kirkpatrick 自身が提唱した電流系のいずれもが Chapman 電流系より劣ることが実験的に証明されたといわ

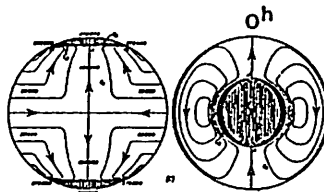


Fig. 1. Chapman's current-system for geomagnetic SD-field [taken from Fig. 1 of Vestine-Chapman 1938 paper].

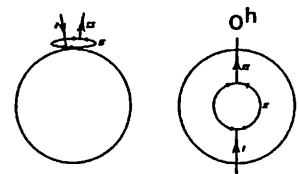


Fig. 2. Birkeland's current-system for SD-field [not his own, but by Vestine and Chapman in their 1938 paper, Fig. 17]

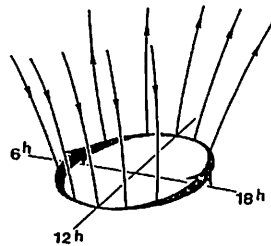


Fig. 3. Birkeland's SD current-system that should have been compared with Chapman's Fig. 1 current-system.

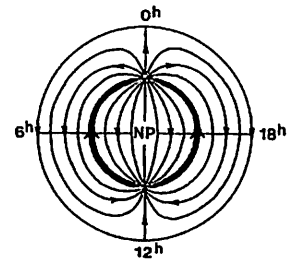


Fig. 4. Equivalent overhead current-system for Fig. 2, which produces an intense E-W ground magnetic field in the noon-midnight meridians.

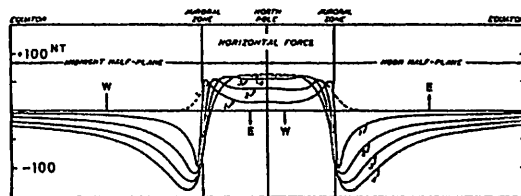


Fig. 5. East-west magnetic field on the ground produced by the current-system of Chapman (dotted line) and that of Birkeland (full lines; 1, 2, 3 and 4 refer respectively to assumed heights of the auroral zone current, 100, 300, 500 and 700 km above the earth [taken from Fig. 18 of Vestine-Chapman 1938 paper].

れているが、その論文を改めて検討し直してみると、始めから『Chapman電流系に軍配をあげたい』という強い意図（あるいは指令？）の下に書かれたように筆者には思える。

# パルセイティングオーロラに関する 地上-EXOS-D同時観測

塩川和夫<sup>1</sup>、湯元清文<sup>1</sup>、西野正徳<sup>1</sup>、田中義人<sup>1</sup>、小口高<sup>1</sup>、  
山本達人<sup>2</sup>、林幹治<sup>2</sup>、国分征<sup>3</sup>、渡辺富也<sup>3</sup>、福西浩<sup>3</sup>、向井利典<sup>4</sup>

<sup>1</sup>名大STE研、<sup>2</sup>東大理、<sup>3</sup>東北大理、<sup>4</sup>宇宙研

Simultaneous Ground-Based and Satellite  
Observations of Pulsating Aurora

K. Shiokawa<sup>1</sup>, K. Yumoto<sup>1</sup>, M. Nishino<sup>1</sup>, Y. Tanaka<sup>1</sup>, T. Oguti<sup>1</sup>,  
T. Yanamoto<sup>2</sup>, K. Hayashi<sup>2</sup>, S. Kokubun<sup>3</sup>, T. Watanabe<sup>3</sup>, H. Fukunishi<sup>3</sup>, and T. Mukai<sup>4</sup>

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

<sup>2</sup> Geophysics Research Laboratory, Univ. of Tokyo.

<sup>3</sup> Upper Atmosphere and Space Research Laboratory, Tohoku Univ.

<sup>4</sup> Institute of Space and Astronautical Science

We have analyzed all-sky TV camera and fluxgate magnetometer data obtained from ground-based stations during the Global Aurora Dynamics Campaign of January - February, 1990. Due to its sufficient data, simultaneous ground-based and EXOS-D satellite observations of pulsating aurora were available. We calculated auroral optical emission rate directly from the satellite particle data to identify the energy range of electrons which produces the observed pulsating aurora. In the presentation, we will discuss the magnetosphere-ionosphere coupling processes in association with pulsating aurora based on these results.

パルセイティングオーロラは、その変動の time scale が短いので地上観測によらないと同定できないが、地上-衛星の同時観測が少ないために、パルセイティングオーロラにおける磁気圏-電離圏結合過程の discussion は、これまであまり行われていなかった。私たちは1990年1-2月に行われた Global Aurora Dynamics Campaign によって得られた豊富な地上観測データから、パルセイティングオーロラに関する地上-EXOS-D衛星の同時観測を見出すことができた。今回解析したデータは、カナダの Great Whale River (磁気緯度68.0°) で得られた全天カメラとフラックスゲート磁力計のデータ、EXOS-D衛星によって得られた磁場、粒子(MGF, LEP)のデータである。

いて、EXOS-D衛星で観測された降り込み電子のエネルギー-時間スペクトルと、同時に得られた衛星高度での磁場変動である。数keVのdiffuseで連続的な電子の降り込みと、100eV以下のstructuredで不連続な降り込みがみられる。さらに磁場変動のデータから、この不連続な低エネルギー電子の降り込みは、 $\sim 0.2 \mu A/m^2$ の上向き沿磁力線電流に対応していることがわかる(この値は電離圏高度に換き直すと $\sim 1.0 \mu A/m^2$ になる)。

講演では降り込み電子によるオーロラ発光量を、計算によって定量的に求めることにより、どのエネルギー領域の粒子がパルセイティングオーロラを光らせているかを同定すると共に、パルセイティングオーロラに関する磁気圏-電離圏結合過程のより詳しい議論を行う。

Fig. 1はパルセイティングオーロラの上空にお

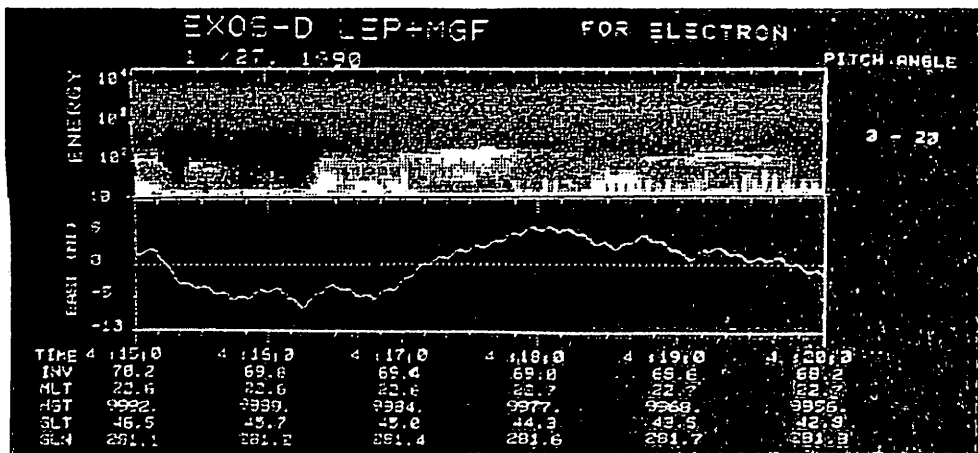


Figure 1 Energy-time spectrum of precipitating electrons observed by the EXOS-D satellite above pulsating aurora. The lower panel indicates geographical eastward magnetic field variations simultaneously observed by the satellite.

宮岡 宏、平澤威男、湯元清文、田中義人、F. Creutzberg, D. D. Wallis  
(極地研) (名大・STE研) (HIA/NRC, Canada)

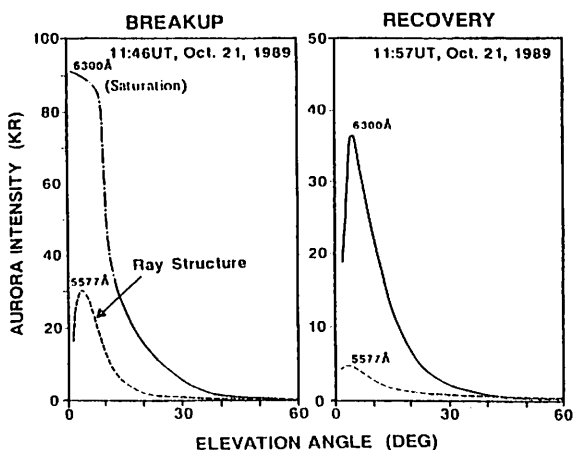
Generation Mechanism of Low Latitude Aurora

H. Miyaoka, T. Hirasawa, K. Yumoto, Y. Tanaka, F. Creutzberg, D.D.Wallis  
(NIPR) (STE Lab) (HIA/NRC, Canada)

To identify the energy source for the low latitude aurora on October 21, 1989, we examined precipitating particle data observed by the DMSP-F8 and F9 satellites just over the aurora brightening. The low energy(30 - 300eV) precipitating electrons were found to be much enhanced at the equatorward boundary of the auroral oval, which was shifted extremely lower latitude associated with the large magnetic activity. Combined with numerical calculations of the excitation efficiency for auroral emissions, it is concluded that the large amount of low energy electrons precipitating on the lower latitude side of auroral oval is the excitation source for the low latitude aurora on October 21, 1989.

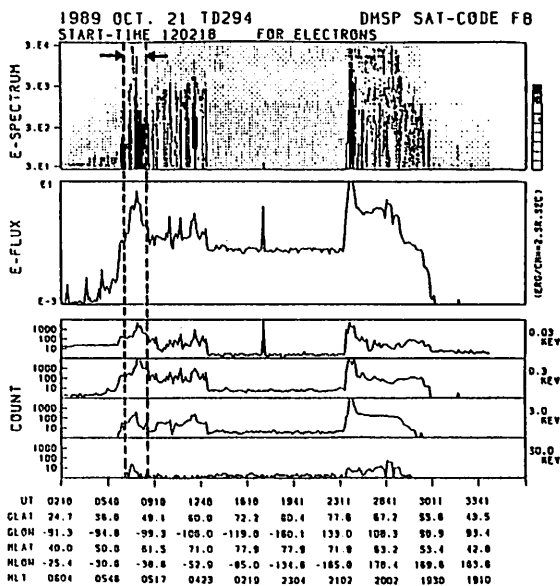
低緯度オーロラは、大磁気嵐の主相に短時間(～1hr)出現する稀な現象であるため観測例が少なく、その成因についてはほとんど明かとなっていない。1989年10月21日、国内では約30年ぶりに観測された低緯度オーロラは、日本(MLT～21h)の他、カナダ(MLT～5h)で、ほぼ同時に掃天フォトメータにより光学観測された。同時にDMSP-F8およびF9衛星により低緯度オーロラ上空の降下粒子データが観測された。本講演では、これらのデータ解析に基づき検討した低緯度オーロラの発生機構に関して報告する。

図1は、北海道・母子里において観測された低緯度オーロラの6300Åおよび5577Åの発光強度分布を示す(大気吸収の補正済み)。オーロラのBreakup時には、6300Åの最大強度が約90kRにも達した。これとはほぼ同時にカナダのCanopusステーションの中で最も低緯度に位置するPinawa(MLT=57°)においても20kR以上の強度を持つ6300Åのオーロラが磁気緯度50°以下の領域に観測された。図2は、Pinawa上空を通過したDMSP-F8衛星による降下電子フラックスの観測データであるが、DMSPの観測時に低緯度オーロラはすでに磁気緯度54～56°の位置までrecoverしているが、オーロラ発光位置に対応して多量の低エネルギー(10eV～数100eV)電子の流入が観測されている。これは、6300Åが選択的に強く発光する低緯度オーロラが、大磁気嵐に伴いオーロラオーバルの低緯度側境界に降り込む低エネルギー電子によって励起されていることを実証するものである。講演では、オーロラの発光効率に関する定量的検討結果も併せて報告する。



[図1]

北海道・母子里にて観測された低緯度オーロラの発光強度分布。大気吸収による減衰の補正を施してある。



[図2]

DMSP-F8がPinawa上空で観測した低緯度オーロラに伴う低エネルギー電子の降下。破線は、Pinawaから観測されたオーロラの緯度範囲を示す。

Computer Experiment of Charge-Neutral Plasma Beam Injection

Hiroshi FURUKAWA Hiroshi MATSUMOTO Yoshiharu OMURA  
 Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University

We have studied the dynamics of charge-neutral beams with a finite width by using a 2-D full electromagnetic particle code. We inject a charge-neutral beam consisting of electrons and ions along the field line. The system is isolated along the magnetic field, and periodic across the field. Although the injected beam is electrically neutral, charge separation occurs due to the difference of gyroradius of the beam ions and electrons. Beam electrons are accelerated downstream by a combined action of the charge separation and background plasma response. This downstream acceleration of the beam electrons is reduced when we reduce the number density of the background plasma. We present the characteristics of the beam propagation as a function of the beam density relative to that of the background plasma.

我々は局所的な沿磁力線プラズマ流が存在する場合の流れと背景プラズマの相互作用、及び電磁波の放射について理解を深めるために電磁粒子コードを用いて計算機実験を行ってきた。[1],[2]

密度勾配を持たせた背景プラズマに電子とイオンを含む電荷的に中性なプラズマビームを外部磁場と平行に局所的に注入した場合、次に挙げる現象が見られた。

ビーム電子とビームイオンではジャイロ半径が異なるために両者の伝搬性に差異が生じる。すなわちビーム電子は磁力線に固定されているため注入初期のビーム幅を保つが、イオンのビーム幅は伝搬するにつれて拡大する。このためプラズマビームは電荷分極を引き起こし空間電荷が形成される。この結果、ビーム電子は下流方向に加速を受け、ビームイオンは垂直方向の加速を受けることが確認された。この電場はビームだけではなく背景プラズマ粒子をも加速する。[2],[3]

今回の講演では、均一な背景プラズマ中に中性ビームを注入するモデルを用いてビーム・背景プラズマ間の相対的密度差がビームダイナミクスに及ぼす影響について発表する。まず初めに背景のプラズマが存在する場合と存在しない場合(すなわち真空中へのビームの注入)を比較すると、真空中へのインジェクションではビーム電子の下流方向加速は見られず、ビームイオンのビーム幅もある値より大きくなることはない(Fig.1)。

これは空間電荷により生じた電場がビーム電子・イオンを同じ領域に引き戻そうと作用するためである。これに対して背景プラズマが存在する場合に於いてはビームにより形成された空間電荷に対して背景プラズマ粒子が反応するために、上述のビーム電子下流方向加速等、真空中とは異なる粒子加速が見られる(Fig.2)。

講演当日には数種のパラメーターによる計算機実験結果を示し、粒子加速等の非線形ビームダイナミクス、ビーム・背景プラズマ間の静電的結合、及び波動励起についての解析を行い、ビーム・背景プラズマ間の相対密度に対する依存性を評価する。また、ドリフト速度との関連についても検討を加える予定である。

参考文献

- [1] 古川 他、第 87 回 SGPSS、講演予稿集
- [2] 古川 他、1990 WPGM、講演予稿集
- [3] Winglee, R. M. et al., Particle acceleration and wave emissions associated with the formation of auroral cavities and enhancements, *J. Geophys. Res.*, 93, 14567, 1988

Fig. 1: Injection into vacuum ; flow velocity for beam electrons(a) and beam ions(b)

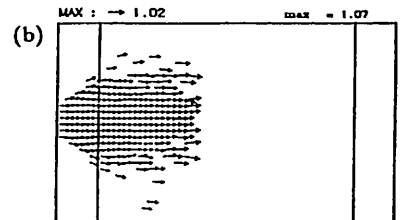
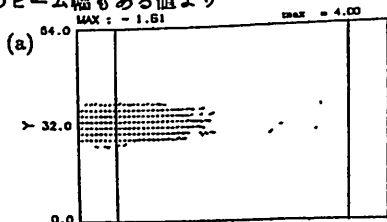
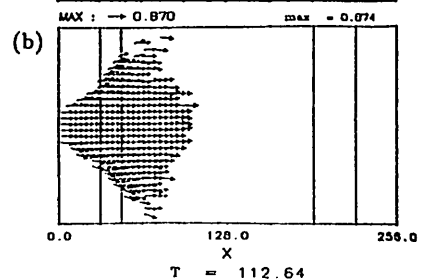
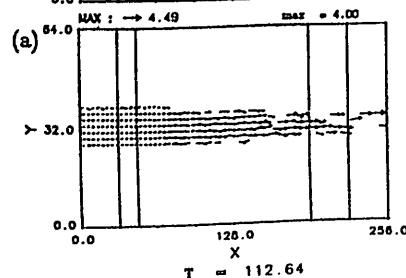


Fig. 2: Injection into plasma ; flow velocity for beam electrons(a) and beam ions(b)



# オーロラから求めた地磁気共役点の決定

佐藤夏雄、 長岡孝行  
(極地研) (山形大・理)

Definition of Conjugate Points using Visible Auroras  
Natsuo Sato<sup>1</sup> and Takayuki Nagaoka<sup>2</sup>

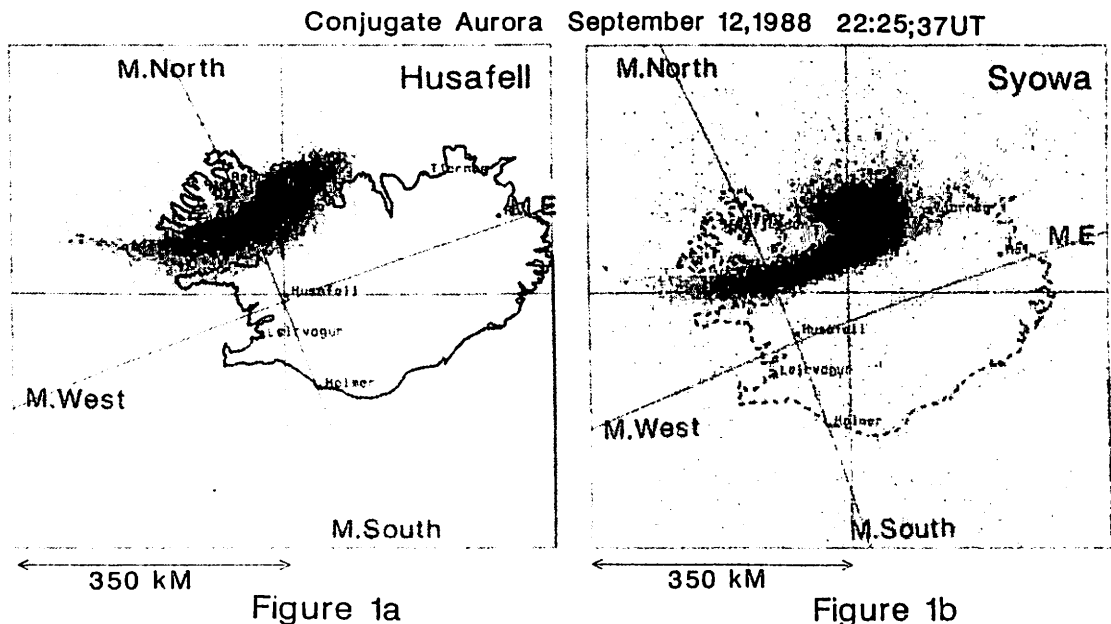
1. National Institute of Polar Research 2. Faculty of Science, Yamagata University

We will try to define the geomagnetic conjugate points and their movement using data of visible auroras observed simultaneously at Syowa-Husafell conjugate pair of stations.

一本の磁力線で結ばれた南北半球の地点を地磁気共役点と呼んでいる。数値モデル計算によると、共役点は、季節変化・日変化・地磁気活動等の影響を受けて時々刻々変化している。ある瞬間の共役点位置を自然現象から確定する方法としては、南北半球で同時観測されたオーロラの位置関係より求めることが最も有効で直接的である。しかし、この方法は同じ形状のオーロラが南北半球に出現したとき（共役性の良いオーロラが出現したとき）にはじめて可能であり、これまでの観測ではオーロラの形状が1対1に対応する良い現象例が見つかっていなかった。

1988年9月12-13日にSyowaとHusafellで同時観測されたオーロラTVデータに共役性の良い孤立したオーロラアークが見つかった。図1はHusafellで観測されたオーロラをアイスランド地図上に表示したものである。図1bはSyowaで観測されたオーロラをIGRF磁場モデルを用いてアイスランド上空に投影した図である。この図より、南半球（Syowa）側ではアークの東端がカール（うず巻き）状になっているが、オーロラ全体像が良い共役性を示し、共役性位置を決定できる観測例である。

本講演では1988年9月12日22時から13日の早朝にかけて観測されたデータを用いて、共役点位置の時間変化について報告する。



佐藤真之<sup>1</sup> 藤井良一<sup>2</sup> R. A. Hoffman<sup>3</sup> J. D. Craven<sup>4</sup> L. A. Frank<sup>4</sup> J. Slavin<sup>3</sup> 杉浦正久<sup>5</sup>  
山形大理<sup>1</sup> 極地研<sup>2</sup> NASA/GSFC<sup>3</sup> アイオワ大<sup>4</sup> 東海大<sup>5</sup>

## ELECTRODYNAMICS OF AURORAL SURGES

M. Sato<sup>1</sup>, R. Fujii<sup>2</sup>, R. A. Hoffman<sup>3</sup>, J. D. Craven<sup>4</sup>, L. A. Frank<sup>4</sup>, J. Slavin<sup>3</sup> and M. Sugiura<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Yamagata Univ., <sup>2</sup>Natl' Inst. Polar Res., <sup>3</sup>NASA/GSFC, <sup>4</sup>Iowa Univ., <sup>5</sup>Tokai Univ.

Using a few sets of simultaneous DE 1 auroral image data and DE 2 magnetic and electric field data, electrodynamics of auroral surges during magnetospheric substorms is studied. It is found that bright auroras containing surges are located in the region of upward field-aligned currents. This upward current region consists of two portions: the poleward portion with the equatorward electric fields coincides with the surge, and the equatorward portion with the poleward electric fields corresponds to the auroral oval.

オーロラ発生機構において沿磁力線電流 (FAC) は磁気圏内のプラズマの運動、それを支配する電場と深い関係があり、これらの関係を調べることは磁気圏、電離圏物理を研究するうえで重要である。

研究の目的はSURGE型のオーロラに伴う沿磁力線電流と磁気圏、電離圏内プラズマの運動との関係を調べることである。

オーロラの空間分布はDE-1衛星のイメージデータと、磁場 (FACに対応)、電場 (プラズマドリフトに対応) はDE-2衛星データを用いた。

FIG1は1981年11月22日に観測されたオーロラの像で、中央のやや上部、夕方側にSURGEが発生している。白線は同時刻のDE-2の軌道を示してSURGEを通過していることがわかる。FIG2は磁場と電場とDE-2の軌道に沿ったオーロラの明るさを示したものである。

磁場の勾配は電流を表すので、SURGEからUPWARD FACがでていることがわかる。又、電流の大きさはUPWARD FACのほうがDOWNWARD FACよりも大きいことがわかる。

電場は正の値がANTISUNWARDのPLASMA CONVECTIONを、負の値がSUNWARDのPLASMA CONVECTIONをしめす。UPWARD FACは主にANTISUNWARD CONVECTIONの領域にあり、低緯度側のDOWNWARD FACはSUNWARD CONVECTIONの領域にある。

以上の他にもう一例のSURGEについても調べ、まとめとして以下のことがわかった。

- 1 SURGE領域はUPWARD FAC領域である。
- 2 電流の大きさはUPWARD FACのほうが低緯度側のDOWNWARD FACよりも大きい。
- 3 UPWARD FACは主にANTISUNWARD CONVECTION領域にあるが、低緯度側の一部はSUNWARD CONVECTION領域に含まれることもある。  
それに対してDOWNWARD FACはSUNWARD CONVECTIONの領域にある。
- 4 UPWARD FAC領域における電場の空間変化 (短周期の変動に対応) はそれ以外の領域の変化に比べて激しい。

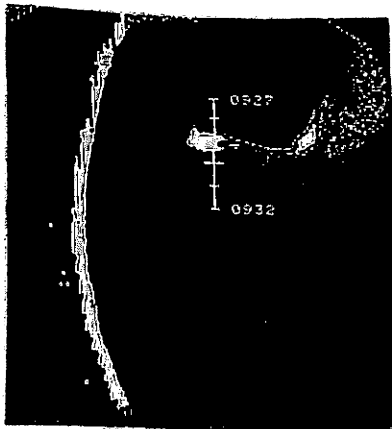


Fig. 1: An auroral surge observed on November 22, 1981 with the DE 1 imager. The magnetic sub-satellite points of DE 2 are superimposed with a white line.

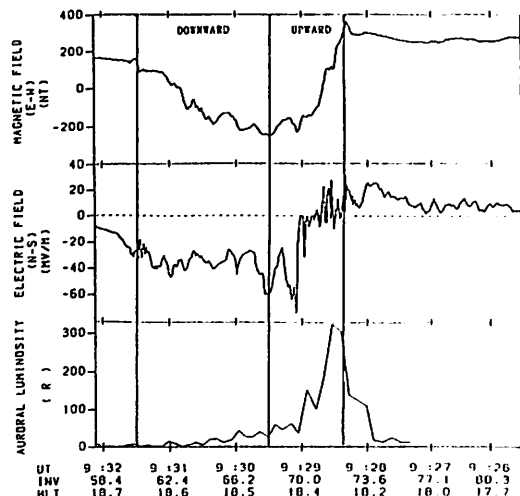


Fig. 2: The westward component of magnetic perturbations on the top, the southward component of electric fields in the middle observed from DE 2 and the auroral luminosity along the DE 2 trajectory.

# 21p-I-12 ディスクリートオーロラの非共役性

長岡孝行 (山形大)    佐藤夏雄 (極地研)    前沢潔 (山形大)    内田邦夫 (極地研)    坂 翁介 (九州大)

## NON-CONJUGACY OF DISCREAT AURORAS

T. Nagaoka, N. Sato, K. Maezawa, K. Uchida, O. Saka  
(Yamagata, Univ.) (NIPR) (Yamagata, Univ.) (NIPR) (Kyushyu, Univ)

Simultaneous auroral observations were carried out at the Syowa-Husafell conjugate pair of stations (L=6.1) in the period of september, 1988. In this paper, we show some initial results on the non-conjugacy of discreat auroras observed by all-sky TV cameras in the selected events study of September 12-13, 1988.

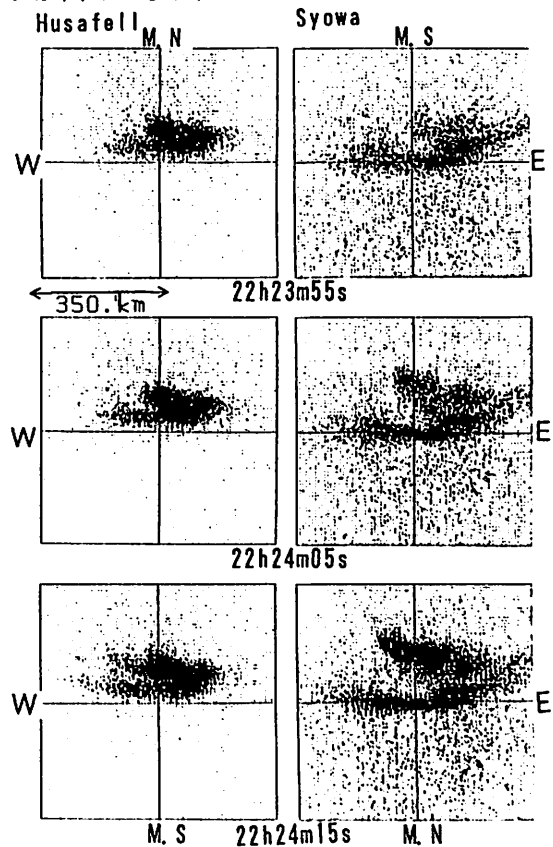
1988年9月、南極昭和基地-アイスランドHusafell共役点において、オーロラの同時観測によるTV画像データが得られた。共役点における高い時間分解能での、オーロラの時間的空間的変化の観測は、オーロラ粒子加速機構を知る上で重要であり、特にオーロラの非共役性は加速機構の非共役性を直接あらわしていると考えられるため大切である。ディスクリートオーロラの非共役性に関して重要な点は、共役点の位置、位相幾何学的な形状、形状の変化と規模、それと発光強度とその変化、などが共役点間でどのように異なるかということである。

今回解析した、1988年9月12日22:20UT-13日00:00UTのデータには、以下の3つのパターンの非共役性が見られた。

- (1) 共役点の位置が、モデルによる計算と著しく異なるにもかかわらず形状にはあまり差異がない。
- (2) 形状は位相幾何学的には同じ様なアークが出ているが、発達規模、発達速度等が異なる。
- (3) 形状、変化、速度等が全く異なる。

図は解析したオーロラの、22h23m55s (UT) から10secおきの3frame分である。Husafell側は衛星から見たイメージに、昭和側はさらにそれを、北半球に投影したイメージに変換したものである。このオーロラは(2)のケースにあたり、両共役点とも「コ」状の孤立したアークが見られる。高緯度側では西方へのびてアークが徐々に強くなっていった。逆に低緯度側では初め明るかったアークが、減衰した。この後低緯度側のアークは消滅し、高緯度側のアークは低緯度側に下がっていった。この発達過程は共役点で同じである。しかし発達の規模は昭和側の方がHusafell側に比べ緯度方向で倍近く大きく、発達速度も昭和の方が大きい。このケースでは変化のしかたはこれまで言われていたスプリッピングやカールの変化(一本のアークが裂けて、あるいは曲ってアークの法線方向に空間的に広がっていくような変化)のしかたと異なりアークの接線方向に発展していく点に注意が必要である。

オーロラの発達速度、発光強度等の非共役性の原因に関しては、沿磁力線加速電場と、それによる不安定性の非共役性に帰するものと思われる。





菊池 崇<sup>(1)</sup>、山岸久雄<sup>(2)</sup>、角村 悟<sup>(3)</sup>、永野 宏<sup>(4)</sup>  
<sup>1</sup> 通総研平磯、<sup>2</sup> 極地研、<sup>3</sup> 地磁気観測所、<sup>4</sup> 朝日大学

TEMPORAL AND SPATIAL FEATURES OF  
 SSC-ASSOCIATED CNA

Takashi KIKUCHI(1), Hisao YAMAGISHI(2), Satoru TSUNOMURA(3), and Hiroshi NAGANO(4)

(1) CRL/Hiraiso Solar Terr. Res. Center, (2) National Inst. Polar Res.,  
 (3) Kakioka Geomagnetic Obs., (4) Asahi Univ.

Temporal and spatial features of the SCA (Sudden Commencement Absorption) have been examined by using riometer data at Syowa and Iceland conjugate stations. It is sometimes observed that the onset of SCA is delayed from the onset of SSC by several minutes. Observations at three stations in Iceland indicate that there is a difference in onset time between stations. These results suggest that precipitation of energetic electrons responsible for SCA is localized with a spatial scale of several hundred km, and that the localized precipitation region moves with speeds of several hundreds m/s.

SSC時に磁気圏が圧縮されると、磁力線に捕捉されている高エネルギーの電子が電離層へ降下し、銀河雑音電波(30 MHz)の吸収が起こる(SCA: Sudden Commencement Absorption)。SCAは昼夜両半球で見られるが、正午付近にピークを持つ(Hartz, 1963)。緯度的には地磁気緯度58°から75°の範囲で現れる(Ortner et al., 1962)。また、南北両半球の共役性も良いことが知られている(Leinbach et al., 1970)。SSC時に、ELF/VLF放射があることは古くから知られていたが、Gail et al. (1990)はSSC, SCAとELF/VLF放射の時間関係を詳細に調べた結果、ELF/VLF増加の開始がSSC開始よりも早く、かつ、SCAの開始と同時であることを示した。この結果は、磁気圏赤道面付近で波動粒子相互作用が起こり、ELF/VLF波及び高エネルギー電子が極域電離層へ伝播することを示唆する。SSCより早く開始するのは、電磁波モードと磁気流体波の速度の違いによる。

一方、昭和基地及びアイスランド共役点でのCNAデータを調べると、SCAがSSCに対して遅れて開始する例が少なくない。1981年4月から1986年12月までの約6年間に昭和基地で観測されたSCAイベントの中からSSCとSCAの開始時刻の比較が可能なもの44イベントを選んで比較した結果、9個のSCAがSSCに対して1分以上の時間遅れを示した。また、逆に4個のSCAがSSCに対して約1分早く発生した。早く開始する場合は、Gail et al. (1990)の場合に一致するが、遅い場合はこれと矛盾する。第1図に1985年4月30日にTjornesで観測された例を示す。SSCは0922:38sに開始し、SCAは0924:16sに開始した。SCAはSSCに対して1分38秒遅れている。第1図の上段にはELF-750Hz, ELF-2kHzを示した。ELF放射の開始はSSCの開始と一致している。アイスランドの3地点と昭和基地でのSCAの発生時刻は必ずしも一致しない場合があり、吸収領域が移動しているように見える。みかけの移動速度は数100m/sである。これらの結果はSCAの原因となる高エネルギー電子降下が数10kmから数100kmのスケールの構造を持っていて、なおかつ、降下領域がゆっくりと移動することによって、観測点間の開始時刻の差となり、また、ある観測点でのSCAがSSCに対して遅れるという結果になると考えられる。

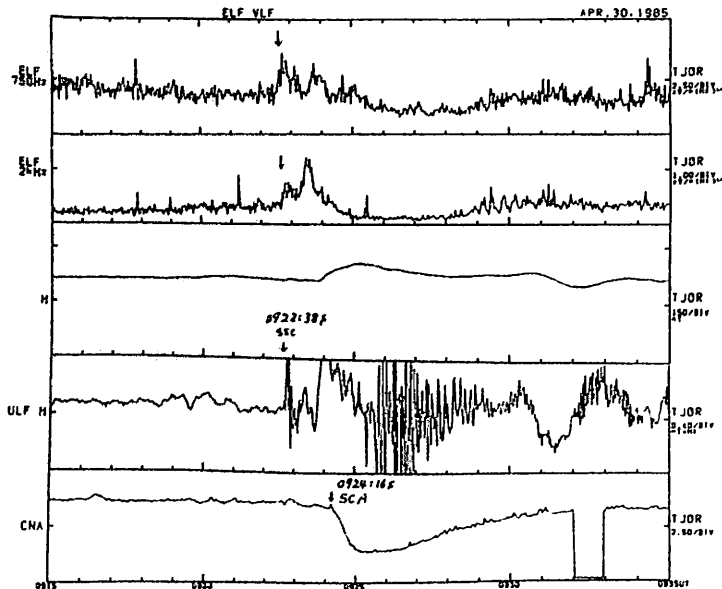


Fig. 1 Sudden Commencement Absorption (SCA) commenced with a time delay of 98 sec from the SSC. Note that the enhancement of ELF/VLF is simultaneous with SSC, suggesting precipitation of energetic electrons outside of field of view of the riometer.

山岸久雄、西野正統、佐藤 貢、小島正宜、菊池 崇、佐藤夏雄  
極地研 名大・太陽地球環境研 通総研・平磯 極地研

IMAGING RIOMETER OBSERVATION IN ICELAND

H.YAMAGISHI M.NISHINO M.SATO M.KOJIMA T.KIKUCHI N.SATO  
NIPR STE Lab., Nagoya Univ. CRL,Hiraiso NIPR

We installed an imaging riometer system at Tjornes (66.0°N, 17.4°E, L=6.4) in Iceland in July 1990, and started observation in continuous basis. The system measures 2-dimensional distribution of CNA in an area of 170 km x 170 km at the D-region ionosphere by using 64 antenna beams, and obtain CNA image of 8 x 8 piccells every 4 s. Although imaging riometers have been operational in the polar cap region such as South Pole Station in Antarctica, this is the first observation in the auroral zone where intense CNA is very often observed. We will show typical examples of the CNA images associated with (1) active auroras in the midnight hours, (2) diffuse auroras in the post midnight to morning hours, and (3) Pc 5 pulsations in the morning hours.

1990年7月、極地研はアイスランド北東岸 Tjornes (66.04°N, 17.35°W, L=6.44) にイメージングリオメーターを設置し、連続観測を開始した。本システムは電離層D層高度にて170 km四方の範囲の銀河雑音吸収(CNA)を64本のペンシル状アンテナビームを備えたリオメーターにより測定し8x8画素のCNA画像として求めるものであり、1コマ4秒の時間分解能をもつ。現在、この種の観測は極冠域の南極点基

地や、グリーンランドの Sondre Strømfjord で Rosenberg 等により実施されているが、激しいオーロラ吸収が観測されるオーロラ帯の観測としては、本システムが初めてのものである。講演では本システムにより観測された山真夜中側の活潑なディスプレイオーロラに伴う吸収(ii)朝側、ディフューズオーロラ域での吸収(下図)(iii)昼側 Pc5脈動に伴う吸収の特性について紹介する。

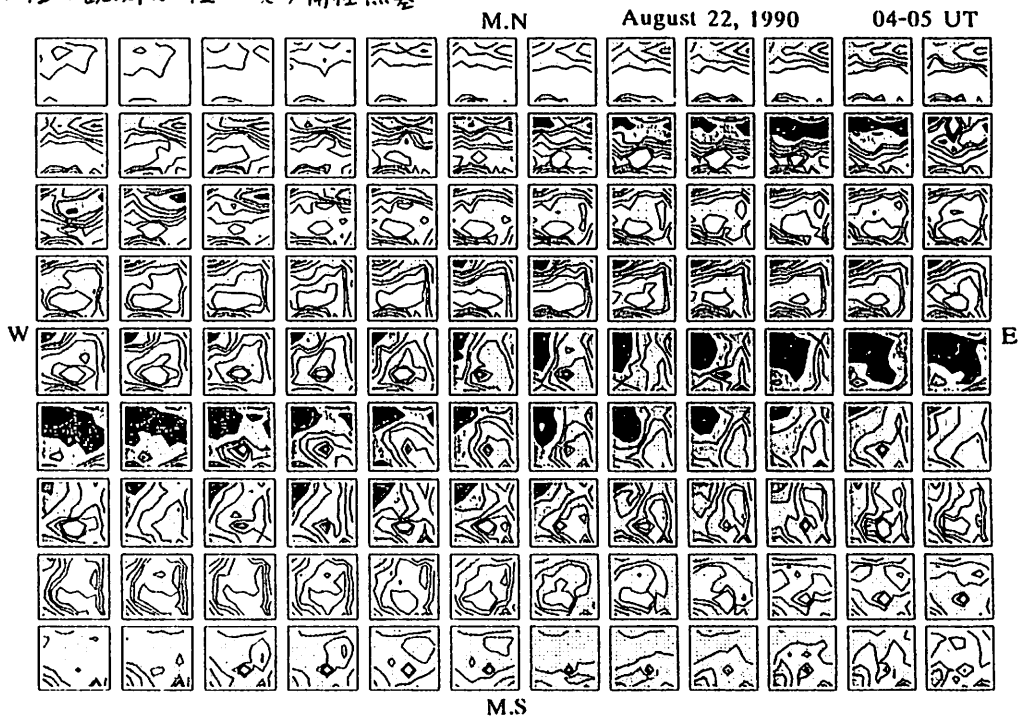


Fig.1 Time series of CNA images observed by the imaging riometer at Tjornes, Iceland in the period of 04-05 UT on August 22, 1990. Time progresses from the left to the right, and up to down. Time interval of the each image is 32 s.

# ARSADによる、昭和・あすか両基地における オーロラ画像の解析

六山 弘一<sup>1</sup>，平澤 威男<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>電通大 <sup>2</sup>極地研

## THE ANALYSES OF AURORAL IMAGES AT SYOWA AND ASUKA STATIONS BY ARSAD

K. Rokuyama<sup>1</sup>, T. Hirasawa<sup>2</sup>

<sup>1</sup>University of Electro-Communications <sup>2</sup>National Institute of Polar Research

A new equipment "ARSAD" was developed for archives, retrievals and the data analyses of auroral image data obtained by using All Sky Cameras and High Sensitivity Auroral TV's. By ARSAD, all sky image data obtained in 1987 at Syowa and Asuka stations are used to study the large and small-scale motions of auroral westward traveling surges. The combined auroral features between all sky images at Syowa and at Asuka have the wide range of about 1400km in the geomagnetic longitude and about 1000km in latitude.

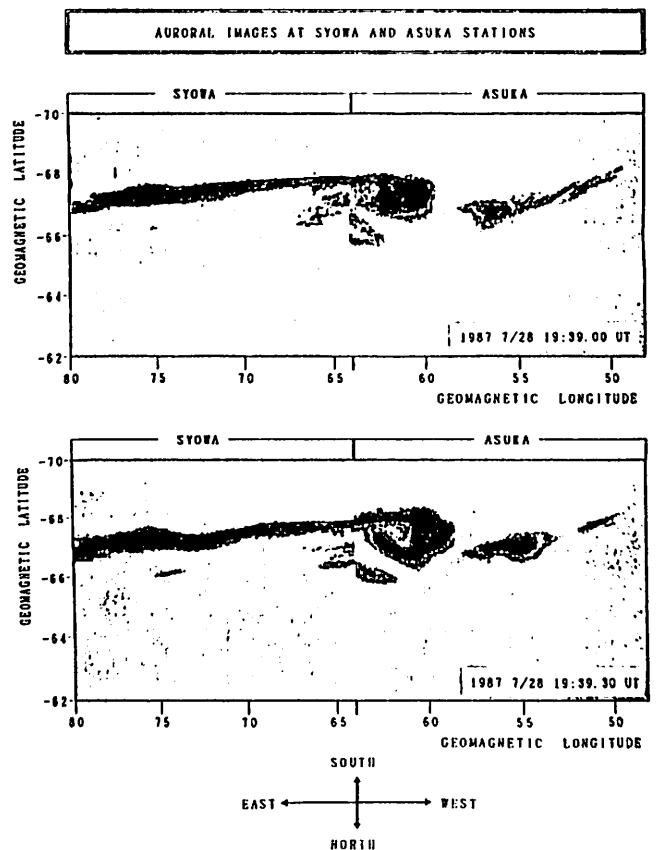
国立極地研究所のARSADを用いて、昭和・あすか両基地において取得されたオーロラ画像の解析を行い、その結果について報告する。

データは、1987年に昭和・あすか両基地で同時にオーロラ撮影が行われていた60例の中から選抜した。オリジナルの画像は、魚眼レンズ式全天カメラによって35mmモノクロームフィルム上に連続写真撮影（可視光）されたもので、撮影間隔は30秒である。

これらの画像に対して、ARSAD (Automatic Retrieval System for Auroral Data) を用いて以下の画像処理を行った。

- ① フィルム画像をデジタル化する。  
(512×512ドット、64階調)
- ② デジタル画像を疑似カラー化する。
- ③ 地磁気直交座標系（横軸→磁気経度、縦軸→磁気緯度）へと座標変換を行う。
- ④ 昭和・あすか両基地の変換画像を、同一座標上で結合する。
- ⑤ 結合画像を30秒間隔の時系列で取得する。

この結合によって、磁気経度方向に約1400km、磁気緯度方向に約1000kmという広いレンジでのオーロラの動きを知ることができる。オーロラの光度については、現時点では完全なcalibrationはとれていない。これは両基地の撮影条件の相違等の理由によるものである。



☒ 第Ⅱ会場

19a-Ⅱ-1~8

19p-Ⅱ-1~13

21a-Ⅱ-1~12

21p-Ⅱ-1~15

NOAA衛星TOVSデータによる  
日本上空オゾン全量の導出(2)

DERIVATION OF TOTAL OZONE AMOUNTS OVER JAPAN BY NOAA/TOVS DATA(2)

高橋 修二、川村 宏、岡野 章一、福西 浩(東北大理)

S. TAKAHASHI, H. KAWAMURA\*, S. OKANO AND H. FUKUNISHI

UPPER ATMOSPHERE AND SPACE RESEARCH LABORATORY  
RESEARCH CENTER FOR ATMOSPHERIC AND OCEANIC VARIATIONS

FACULTY OF SCIENCE, TOHOKU UNIVERSITY

In order to correct the meridional distribution of total ozone derived from NOAA/TOVS data by multiple linear regression method, second order terms were included into multiple regression equation. Further, the brightness temperatures of HIRS/2 channel 9 for slant looking were converted to that for nadir looking by taking an optical depth into account.

Horizontal distributions of total ozone retrieved by this improved method give better agreement with TOMS data than previous results.

我々はNOAA衛星TOVSの赤外チャンネルデータを用いて日本上空におけるオゾン全量分布の導出を試みている。前学会では地上観測オゾン全量値とTOVS観測輝度温度値との線形回帰から、衛星データにより日本上空のオゾン全量分布を導出した結果について報告したが、導出されるオゾン全量水平分布をTOMSデータと比較すると、いくつかの問題点がある。それは、

- 1) 回帰係数決定時に用いた地上観測点付近では導出値はよい一致を示すが、その南北では導出されるオゾン全量値はおもに低めの値をとる。
- 2) オゾン全量の水平分布パターンは衛星軌道直下付近ではよい一致を示すが、走査角の大きい端の方ではオゾン全量値は高めの値をとり一致しなくなる。

線形回帰で用いているチャンネルはHIRS/2センサーの1, 2, 3(成層圏)、8(地表)、9(オゾン)チャンネルであるが、回帰係数の大きさ及び輝度温度の変化の大きさを見るとオゾン全量値に最も影響を与えるのは8、9チャンネルであり、今回このチャンネルの輝度温度の変化を考えることにより上記の問題点の補正法を考えた。

まず1) についてであるが、HIRSチャンネル9が取得する放射量はオゾン層を透過してくる地表面放射成分が成層圏大気の放射成分よりも大きく、透過量はオゾン量が多いと少なく、オゾン量が少ないときと大きい。またこの透過率はオゾン量が少なければオゾン量の少しの変化に対して大きく変化するが、オゾン量が多くなると同じオゾン量の変化に対して変化が小さくなる。従って、ある地表面輝度温度に対してチャンネル9の輝度温度はオゾン量が多いところでは低くなるし、オゾン量が少ないところでは高くなり、またオゾン量が同量変化してもオゾン量が多いところでは輝度温度の変化は小さく、オゾン量の小さいところでは大きい。このことは輝度温度の変化量が一定でもオゾン量が多いところでは大きなオゾン量の変化となり、オゾン量の少ないところでは小さなオゾン量の変化となることを表す。線形回帰ではオゾン変化量は輝度温度の変化量に比例すると仮定するわけであるから、ある1組の線形回帰係数ではオゾン量の南北勾配を表すには限界がある。このため今回、回帰を線形にせず2次までとすることを試みた。札幌、館野、鹿児島へのデータについて1次および2次まで回帰をとった結果について図(a)、(b)に示す。

- 2) についてはチャンネル9輝度温度を衛星直下での値

に変換することを試みた。変換法はMuller and Cayla(1983)を参考にし次のようにした。

$$\text{① } R_{ch.9} = B(T_s) \tau + (1 - \tau) B(T_{str.})$$

により透過率 $\tau$ を決定する。ここで $T_s$ 、 $T_{str.}$ は地表面輝度及び成層圏有効温度を表す。

②この透過率に対する光学的厚さをもとめ、 $(\sec \theta)^{0.525}$ で割ることにより直下における光学的厚さに変換する。 $\theta$ はオゾン層とHIRS走査線のなす角である。

③変換された光学的厚さを用いて透過率をもとめそれを上式に代入して放射量を計算し輝度温度に変換する。

なお、 $T_s$ 、 $T_{str.}$ としては8チャンネル及び2チャンネルの輝度温度値をそれぞれ用いた。

以上の手法により求められたオゾン全量水平分布はTOMSとよい一致を示している。今後さらに9チャンネルに及ぼす成層圏温度の効果を調べることも及び成層圏チャンネル輝度温度を直下に変換することなどが課題として挙げられる。

講演では上記の手法及び求められたオゾン全量水平分布を示す。

## 参考文献

Muller and Cayla (1983) Planet. Space Sci., vol. 31, no. 7, 779-785

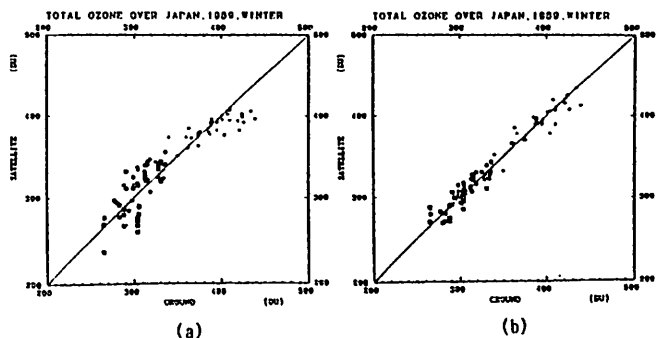


Fig. 1. Relation of total ozone amounts derived from TOVS data to those observed at ground stations. Total ozone amounts derived from TOVS data were retrieved by (a) multiple linear regression method and (b) multiple regression method including second order terms. Total ozone data observed at ground were obtained at Sapporo, Tateno and Kagoshima during Jan.-Feb., 1989. Regression coefficients were determined using these data and corresponding TOVS data.

# 19a-II-2 レーザーヘテロダイン分光計で観測された 対流圏界面付近のオゾン変動

田口 真、岡野 卓一、福西 浩  
東北大理

Ozone Variations around Tropopause Altitudes Observed with the Laser Heterodyne Spectrometer

Taguchi, M., S. Okano, H. Fukunishi  
Upper Atmosphere and Space Research Laboratory, Tohoku University

It is often seen in the ozone vertical profiles observed with the laser heterodyne spectrometer that ozone mixing ratio increases around tropopause altitudes. This increase results from an inflow of ozone rich air from the stratosphere through a folded tropopause, which can be clearly shown in the meridional cross section of potential vorticity. We calculated correlation between ozone mixing ratio and potential vorticity in the altitude range from 10 to 25 km, obtaining a correlation coefficient of 0.944 and a ratio of ozone mixing ratio to potential vorticity of  $0.90 \text{ ppbv}/10^{-5} \text{ m}^2 \text{ Kkg}^{-1} \text{ s}^{-1}$ .

仙台におけるレーザーヘテロダイン分光計によるオゾン観測は1989年1月から継続して行われている。1989年の観測データについては、観測可能な高度範囲の下限は10 kmであったが、1990年1月以降、観測スペクトルのS/Nの向上により、7 kmにまで下げることができた。それによって、1990年1月以降対流圏界面高度付近にオゾン混合比の増加がしばしば観測されるようになった。これらの現象は対流圏界面のフォールディングに沿う成層圏大気の対流圏への流入によって生じると考えられる。そこで1990年1月から4月までに得られた35例のオゾン高度分布についてポテンシャル渦度との比較を行った。

ポテンシャル渦度は下部成層圏ではオゾン混合比と相関が非常に高いことが知られており、温度と風速のデータから計算できることから成層圏大気トレーサとして使われている。今回の解析では東経130°に沿った7観測地点(父島、八丈島、館野、仙台、秋田、札幌、稚内)の気象ゾンデ観測データを使用してポテンシャル渦度の子午面断面を計算した。気象ゾンデ観測は1日2回行われているが、オゾン観測時刻に近い方のデータを用いた。

対流圏界面付近に観測されたオゾン混合比増加の最も顕著な例を図1に示す。図1には4月9日から12日までの連続した4日間に観測された5個のオゾン分圧高度分布を同時に示してある。10日午前から11日午前にかけて高度10 km付近にオゾン分圧のピークが出現した。このときポテンシ

アル渦度の子午面断面を見ると9日から11日午前にかけて対流圏界面のフォールディングが発達して、成層圏大気が対流圏に流入している様子が手にとるようにわかる。一方、水平面内の状況は、300 mb天気図を見ると9日から10日にかけて日本上空を気圧の谷が通過していた。そしてTOMSオゾン全量データによると、低気圧と時と場所を同じくしてオゾン全量の多い領域が日本上空を東へ移動していた。すなわち低気圧通過後に対流圏界面のフォールディングが発達し、高度10 km付近にオゾン濃度の高い空気が入り込んで来たためと考えられる。

図2は35例の全観測について高度10 kmから25 kmまでのオゾン混合比とポテンシャル渦度の相関図である。両者の相関係数は0.944と高い。これから求められたオゾン混合比とポテンシャル渦度の比は  $0.90 \text{ ppbv}/10^{-5} \text{ m}^2 \text{ Kkg}^{-1} \text{ s}^{-1}$  である。しかし、同じことを高度10 kmから15 kmのオゾン変動の大きい高度範囲のみを使って行なうと両者の相関はかなり低くなる。その原因は、観測時刻の違い、高度分解能の違い、ポテンシャル渦度計算の精度不足、オゾンとポテンシャル渦度の消滅過程の違いなどいくつか考えられる。現在、個々の観測例について精査中である。

気象ゾンデデータ及びTOMSオゾン全量データは気象庁より提供された。

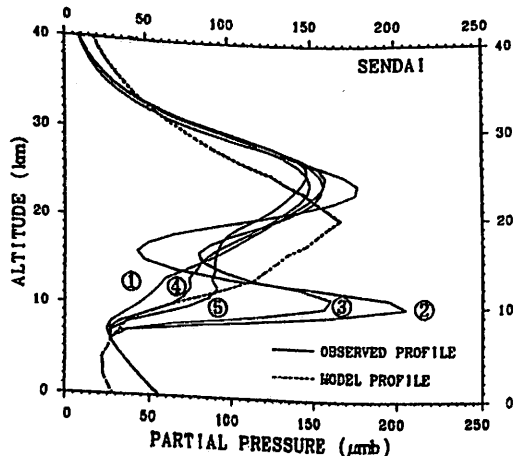


Figure 1. Vertical profiles of ozone partial pressure observed with the laser heterodyne spectrometer at Sendai. The profiles ①, ②, ③, ④, and ⑤ were observed on April 9, 10, 11(am), 11(pn), and 12, respectively.

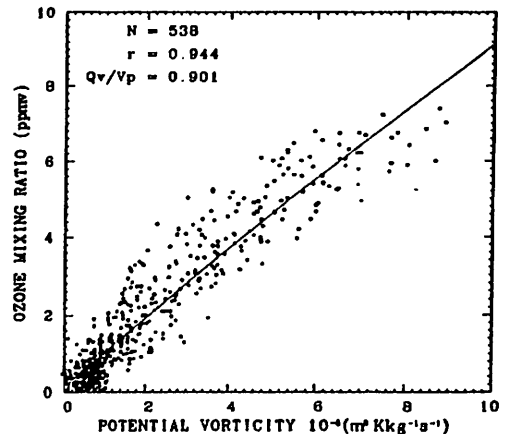


Figure 2. Correlation between ozone mixing ratio and potential vorticity.

# 19a-II-3 オゾンレーザによる成層圏オゾン濃度観測

## (2) 上部成層圏オゾン濃度季節変動について

林田佐智子、中根英昭、松井一郎、杉本伸夫、笹野泰弘

国立環境研究所\* (\*国立公害研究所を改称)

MEASUREMENTS OF THE OZONE BY A MULTIPLE-WAVELENGTH OZONE LASER RADAR

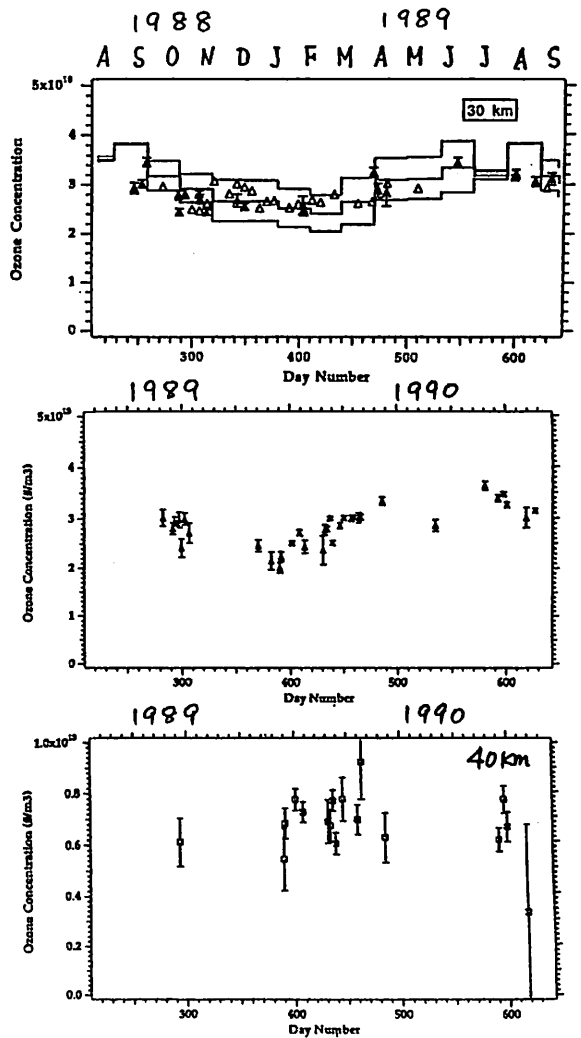
(2) ON THE SEASONAL VARIATION IN OZONE CONCENTRATION IN THE UPPER STRATOSPHERE

S. Hayashida-Amano, H. Nakane, I. Matui, N. Sugimoto and Y. Sasano

Measurements of the stratospheric ozone concentration have been done since August 1988 by a laser radar at NIES. The time series of the upper stratospheric ozone concentration for 2 years will be presented. An apparent seasonal variation with summer maximum was observed at around 30 km altitude.

前回の発表で、1988年8月から約1年間のレーザレーダ観測結果から、高度30kmから35km付近を中心に、夏に極大となる顕著な季節変動を観測したことを報告した。その後、さらに1990年9月まで観測を行った結果、同様の変化を観測することができた。図1(a)は高度30kmのオゾン濃度を1988年8月から1989年9月まで示したもので、黒三角はオゾンレーザレーダ、白三角はオゾンゾンデ、階段状の実線は過去20年間のオゾンゾンデの平均値、点線はその標準偏差を示している。同様に1989年8月以降のオゾンレーザレーダのデータが図1(b)に示されている。オゾンゾンデとレーザレーダのデータはこれまでの比較では良好な一致を示している。夏に極大の季節変動が顕著である。また、高度40km以上の高さについても、ハードウェア、ソフトウェアにおける系統誤差要因を除去することに努めた結果、前年より多くデータを取得することができた(図2)。

上部成層圏での季節変動の原因は、太陽天頂角に依存して酸素とオゾンの光解離定数の比が変化することによって一次近似的には説明ができる。SBUVのデータ解析結果から40km以上の高度では逆位相の季節変動がみられ、中間領域では半年周期がすでに報告されている。このような位相の反転の起こる高度は、その高度以上のオゾン濃度によって支配されるが、上部成層圏におけるオゾン濃度はモデルでは観測値より低く計算されており、原因はわかっていない。今後、位相の反転の起こる高度と、より高高度のオゾン濃度を観測することにより理論との適合性を調べてゆきたい。



福岡大学におけるレーザーレーダー観測  
対流圏と成層圏のエアロゾル

小林直行 藤原玄夫  
福岡大理

Laser Radar Observation at Fukuoka University  
Aerosols in the Troposphere and Stratosphere

Naoyuki Kobayashi and Motowo Fujiwara  
Department of Applied Physics, Fukuoka University

A general purpose YAG-Dye laser radar facility is under development at Fukuoka University for the observations of various atmospheric constituents which have been considered to play important roles in changing the global atmospheric environment. The results of preliminary observations of tropospheric and stratospheric aerosols with laser wavelengths 532 and 355 nm, especially the height of boundary layer and Kosa, will be presented.

人為的な原因による地球環境の破壊の恐れが指摘されて久しいが、最近、グローバルな気候の変動に対する二酸化炭素などの影響や、オゾンの減少に対するフロンガスの影響などが、社会的問題とされるに至った。福岡大学では、特に、気候変動に影響し得ると考えられる大気微量成分（エアロゾル、オゾンなど）や高層雲の光学的諸特性とその変動を詳細に調査するため、レーザーレーダーシステムを建設中であるが、これまでに設置された小型の受信鏡を用いて、次のような予備的観測を開始した。

### 1. 対流圏、成層圏エアロゾルの多波長観測

対流圏、成層圏エアロゾルの高度による光学的特性の変化を調べるために多波長の観測を計画しているが、現段階では多波長の完全な同時観測が不可能なので、2波長（532, 355 nm）交互の観測を行った。

### 2. 対流圏最下層の逆転層高度日変化の観測

非常に低いところ送受信光のオーバーラップが難しく、レーザー光は広げずにそのまま発射しているため、後方散乱係数の底量的な議論はできないが、ダスト濃度の極端な勾配をもつ逆転層高度は決定することができた。昼間の観測も可能なので、24時間連続観測を行っている。

### 3. 黄砂の観測

福岡では春には黄砂がよく来るので、その光学的特性を調べるために多波長観測を行った。黄砂は地表でも採取可能なので、現在、サンプルの光学および電子顕微鏡による測定を準備している。

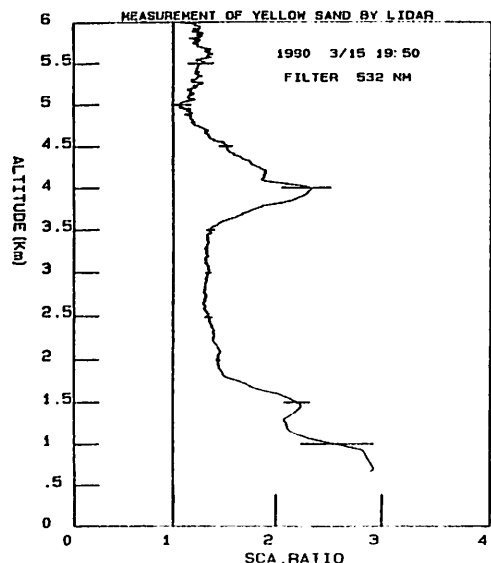
福岡大学では、このほかに巻雲、オゾン、およ

びこれは直接気候変動とは関連しないが中間ナトリウム層の観測の準備を進めている。講演では1-3の結果について報告する。

Characteristics of the Laser Radar

Transmitter		
Laser	Hd-YAG Laser	Dye Laser
Wavelength(nm)	1064 532 355	550-700
Output Energy(μJ/pulse)	650 300 125	<70
Pulse Repetition Rate(pps)	10	10
Beam Diameter(cm)	10, 3	
Divergence(mrad)	<1	
Receiver		
Telescope Diameter(cm)	30(Cassegrain)†	
Field of view(mrad)	<10	
Filter Bandwidth(nm)	2-5	
Photomultiplier	EMI958QB	
Signal Detector	20-80kHz Dig.Stor. Oscilloscope	
Separation from Laser	1024ch Multichannel Analyzer	
	variable	

† A 50 cm receiving telescope will be added by year's end.





Effects of PSC on Stratospheric Photochemistry in Antarctic Winter

Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University

Stratospheric photochemistry in antarctic winter has been studied taking scattering effect of PSC into consideration. Decrease in solar radiation in relatively short wavelength is noticeable under the condition of antarctic winter that solar zenith angle is very low, but not so in relatively long wavelength, and change in solar zenith angle extremely disturbs photodissociation processes. For example, the ratio of the photodissociation at  $\chi=90^\circ$  and at  $\chi=60^\circ$  for Chappius band of ozone is 59.2%.

Within the layer of PSC, 8% increase of flux is found at wavelength=755nm comparing the value for PSC free condition for  $\chi=80^\circ$ , and photodissociation rate of ozone (Chappius band), ClONO<sub>2</sub>, and HOCl show a 2% increase. However, a 2% decrease in the rate is found for O<sub>2</sub>.

Summarizing the results of the calculation, effect of PSC on the photodissociation process is considerable even in antarctic winter.

はじめに

Farman等の南極オゾンに関する研究以来、南極春のオゾンの急激な減少(いわゆるオゾンホール)をめぐって、多くの研究が行われてきている。特にアメリカでは、航空機を用いた1987年8月、9月のAAOE(The Airborne Antarctic Ozone Experiment)、及び1989年1月、2月のAASE(The Airborne Arctic Stratospheric Expedition)の大規模な集中観測計画が行われた。Farman等によって与えられた化学モデルでは、現実のオゾン濃度を説明できない事が判明し、以後PSCの効果を取り入れた考え方が数多く提案されている。

今までの多くの研究では、晩冬から春の極成層圏の状態に強い関心が寄せられてきた。一方、南極の冬の観測は極めて限られたものしかない上に、放射の影響が無視し得ると予想されることから、この期間の光化学反応については、関心が向けられていない。

よく知られているように、極めて低い温度のために、南極の冬に多量のPSCが形成される。今までPSCに関係する研究では、PSCの発生と温度の関係、PSCの表面反応の効果やそれを取り入れた光化学system、PSCの大気放射に及ぼす影響に従う大気運動等が注目されてきた。化学過程におけるPSCの役目としては、前述した表面反応、NAT形成に伴う脱窒大気形成、氷粒子形成に伴う脱水大気形成などが注目されてきているが、大気放射への影響を通じての成層圏の光分解過程に対する影響については、今までほとんど注目されていなかった。

ここでは、観測結果に基づいて、PSC分布をモデル化し、球面大気放射モデルを利用して、冬の南極大気的光化学的性質に対する天頂角度が大きいことによる効果、およびPSCの散乱効果について調べた。

結果

太陽天頂角度が90°のときは、波長が350nmより長い領域では、放射フラックスが未だ残っている。O<sub>2</sub>吸収のある600nmの波長では、大気放射フラックスが太陽天頂角度の60°の時の凡そ60%である。このことは、冬のvortexの中においても、太陽放射の影響を検討する必要があることを示している。

天頂角度の低いときは、天頂角度の高いときの光化学systemとは大分違う。短い波長の太陽エネルギーは強く減衰される一方、長い波長の太陽エネルギーは未だ大分残っている。そのために、太陽天頂角度の低いときに、長い波長で吸収している物質(O<sub>3</sub>のChappius, NO<sub>2</sub>, ClONO<sub>2</sub>, HOClなど)の光分解係数は未だ大分残っている一方、短い波長で吸収している物質(O<sub>3</sub>のHartley, HNO<sub>3</sub>, O<sub>2</sub>など)の光分解係数が著しく小さくなっている(表参照)。天頂角度の低いとき、O<sub>3</sub>の破壊に係わる光分解反応は未だ進んでいる一方で、O<sub>3</sub>の生成に係わる光分解反応は既に停止に近づいている。この結果、この時期は、O<sub>3</sub>を壊しやすい光化学systemになっていることを示している。

PSCのある場合、PSCの散乱効果にしたがって、長い波長の放射は大分増加する。天頂角度が80°のときは、755nmで、大気放射フラックスは最大8%ほど増加する。320nm~500nmの領域には最大4%ほど増加する。そのため、PSC層内では、O<sub>3</sub>(Chappius), HOCl, ClONO<sub>2</sub>等の物質の光分解が早くなる一方、O<sub>2</sub>の光分解が遅くなる(図参照)。

会場で詳細を述べる。

Table The ratio of the photodissociation rate between  $\theta=90^\circ$  and  $\theta=60^\circ$  for some molecules at 25km

光分解反応	J60(s <sup>-1</sup> )	J90/J60*100(X)
O <sub>3</sub> + hν → O <sub>2</sub> + O	5.42*10 <sup>-4</sup>	59.2
NO <sub>2</sub> + hν → NO + O	2.21*10 <sup>-2</sup>	44.5
HOCl + hν → Cl + OH	6.09*10 <sup>-4</sup>	27.1
ClONO <sub>2</sub> + hν → ClO + NO <sub>2</sub>	1.33*10 <sup>-4</sup>	25.8
O <sub>3</sub> + hν → O <sub>2</sub> + O(1D)	3.33*10 <sup>-4</sup>	4.7
HNO <sub>3</sub> + hν → NO <sub>2</sub> + OH	4.25*10 <sup>-6</sup>	1.27
O <sub>2</sub> + hν → 2O	3.98*10 <sup>-11</sup>	0.00024

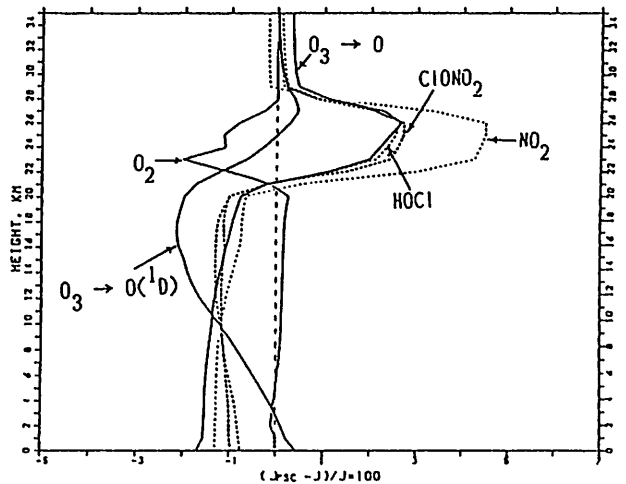


Fig. The percent difference in the photodissociation rates of some molecules at solar zenith angle of 80°, where the percent difference in a quantity X is defined as (Xpsc - X)/X\*100, Xpsc and X correspond to having PSC and no PSC case, respectively.

19a-II-6

北極成層圏の硝酸塩エアロゾル

北極オゾン、タイプ I の PSC、PSC の落ド

岩坂泰信\*、林 政彦\*、近藤 豊\*、大和政彦\*\*、古賀聖司\*\*、P. Aimeidieu#、W. A. Matthews##  
\*名古屋大太陽地球研、名古屋大水圏研、 # Service d'Aeronomie, CNRS、 ## DSIR/PEL Lauder

Nitrate Particles in the Arctic Winter Stratosphere

: Vertical Change in Mixing Situation and Sediment of Particles

Y. Iwasaka\*, M. Hayashi\*, Y. Kondoh\*, M. Yamato\*\*, S. Koga\*\*, P. Aimeidieu#, W. A. Matthews##  
\* Solar Terrestrial Environment Lab./Nagoya Univ., \*\*Water Research Inst./Nagoya Univ.  
# Service d'Aeronomie, CNRS、 ## DSIR/PEL Lauder

Since observation of large depletion in spring Antarctic ozone (Ozone Hole), several theories have focused on chemical mechanisms requiring heterogeneous chemistry including polar stratospheric clouds particles (PSCs) to set up the proper atmospheric conditions for catalytic ozone destruction of  $\text{ClO}_x$  in the austral spring. However only few measurements have been made on chemical status and mixing situation of PSCs particles.

Strong evidence for nitrate particle, possibly NAT, and their sediment are provided from electron microscopic measurements on individual stratospheric particles collected in Arctic winter with a balloon at Kiruna, Sweden in 1990.

The presently accepted view of the heterogeneous chemistry relating ozone hole formation is that nitrate acid is removed from the vapor phase of the cold stratosphere through condensation on the background sulfate particles (NAT particle formation). As the air mass cools further, water is co-condenses (ice particle formation) and the particles grow large enough to settle out of the stratosphere. The  $\text{HCl}$  and  $\text{ClNO}_2$  that are the usual nonreactive reservoir species are transformed by reactions in or on aerosols and cloud particles to a form of active chlorine,  $\text{ClO}$ , which reacts catalytically to destroy ozone.

Most of previous measurements of PSCs were due to remote sensing such as satellite and lidar, in situ measurement with balloon borne particle counter, and bulk sampling with air borne filter. From these measurements chemical composition and/or molecular state of individual particle cannot be confirmed and mixing situation of different kind of particles understood. This prompted the present study. Stratospheric particles were collected on the electron microscope screen which surface was coated with thin film of carbon or nitron in January 18 and 31, 1990 at Kiruna, Sweden with a balloon-borne impactor. Height interval of particle sampling was about 0.7 km in the range from the upper troposphere to the mid stratosphere. Thirty one times collection was made during a balloon flight.

The externally mixing situation of NAT particles in sulfate particles was observed. Summarizing temperature distribution and mixing situation of PSC and background sulfate particles, it is reasonable to consider that the NAT particle was the one descending from the active NAT particle forming region.

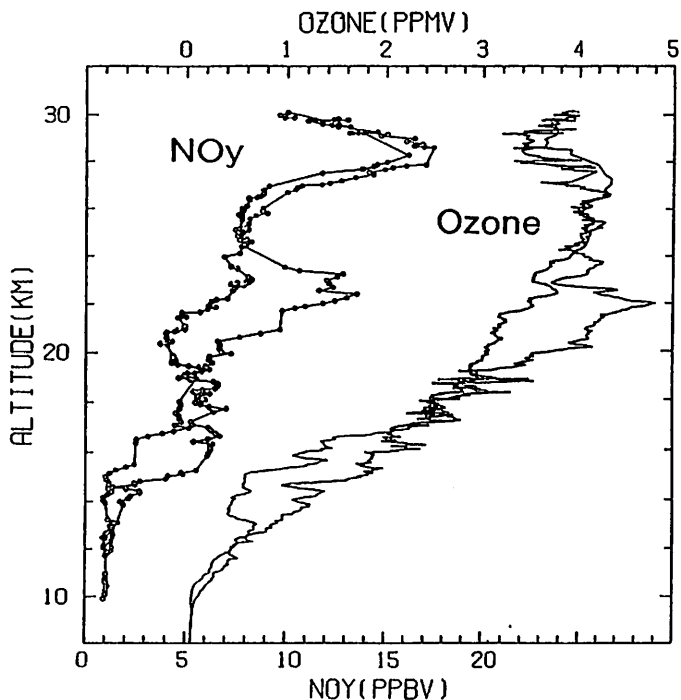
19a-II-7 北極圏の早期脱窒とオゾンの化学損失

近藤 豊・岩坂泰信・小池 貞・林 政彦・P. Amedieu, P. Newman, W.A. Matthews  
 (名大太陽地球環境研) (CNRS) (NASA) (DSIR)

Denitrification and Chemical Loss of Ozone in the Arctic Stratosphere in 1990

Y. Kondo, Y. Iwasaka, M. Koike, M. Hayashi (Solar Terrestrial Environment Lab., Nagoya Univ.), P. Amedieu (CNRS, France), P. Newman (NASA Goddard), and W.A. Matthews (DSIR, New Zealand)

It has been observed that reactive nitrogen is removed from the stratosphere in winter in the Antarctic and Arctic. The removal of reactive nitrogen (denitrification) is a crucial step for the significant chemical loss of ozone in the polar stratosphere since reactive nitrogen temporarily sequesters reactive chlorine which destroys ozone. It is believed that denitrification occurs if reactive nitrogen is trapped into particles as nitric acid, followed by gravitational sedimentation of these particles. Nitric acid gas can be absorbed into ice particles or it can condense as nitric acid trihydrate (NAT) particles, which can be formed at temperatures higher than those of ice particles by about 5°C. In the Arctic, the temperature of the winter stratosphere is higher than in the Antarctica. Therefore in the winter Arctic stratosphere, most of polar stratospheric clouds consist of NAT particles. Generally the diameters of NAT particles are smaller than those of ice particles. Since NAT particles have smaller sedimentation velocities, they are less efficient for denitrification. It is expected that denitrification is accelerated if the temperature of the Arctic stratosphere is cold enough for the growth of ice particles. We observed an intensive denitrification occurred inside the Arctic vortex already by mid January in 1990. It is possible that denitrification at early phase of winter is caused by cold temperature, prevailed in the Arctic vortex in 1990.



小池 真・林 政彦・近藤 豊・岩坂 泰信・P.Newman・M.Helten・U.Schmidt  
 (名大・STE研) (NASA) (KFA) (KFA)

Decrease of Stratospheric Ozone in the Arctic Vortex in 1990

M. Koike, M. Hayashi, Y. Kondo, Y. Iwasaka, P. Newman, M. Helten, U. Schmidt  
 (Solar-Terrestrial Lab., Nagoya Univ.) (NASA) (KFA) (KFA)

Vertical ozone profiles in the Arctic obtained from a series of ozonesonde soundings over Kiruna (Sweden, 68°N) in January 1990 were analyzed. It was found that at 525K altitude the ozone mixing ratios inside the polar vortex are systematically smaller (30%) than those of outside the boundary. Negative trend of the ozone (1%/day) at 525K inside the vortex indicates that the ozone was chemically destroyed in this period. This is supposed to be associated with the heterogeneous reaction on PSCs, because atmospheric temperature data shows the NAT could be formed at this altitude.

1990年の観測結果から、北極圏内ではオゾンが減少していることが明らかになった。この減少は、オゾン分子が化学的に破壊された結果と考えられる。特に525K付近では、オゾン混合比が外側よりも約30%低いことが確認された。これは、PSCs（硝酸水素氷）の形成によるオゾン分解の増加によるものと推定されている。観測データは、1990年1月の北極圏内（68°N）で行われたもので、オゾン混合比の減少は、オゾン分子が化学的に破壊された結果と考えられる。特に525K付近では、オゾン混合比が外側よりも約30%低いことが確認された。これは、PSCs（硝酸水素氷）の形成によるオゾン分解の増加によるものと推定されている。

次に、オゾン混合比の減少が、オゾン分子が化学的に破壊された結果と考えられる。特に525K付近では、オゾン混合比が外側よりも約30%低いことが確認された。これは、PSCs（硝酸水素氷）の形成によるオゾン分解の増加によるものと推定されている。観測データは、1990年1月の北極圏内（68°N）で行われたもので、オゾン混合比の減少は、オゾン分子が化学的に破壊された結果と考えられる。特に525K付近では、オゾン混合比が外側よりも約30%低いことが確認された。これは、PSCs（硝酸水素氷）の形成によるオゾン分解の増加によるものと推定されている。

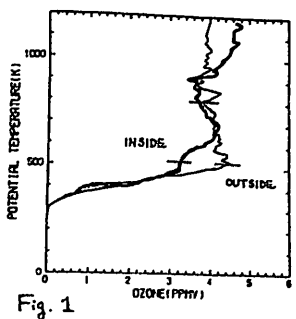


Fig. 1

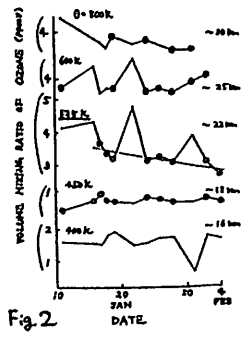


Fig. 2

Fig. 1. Averaged profiles of the ozone mixing ratio obtained at the inside (thick line) and outside (thin line) of the Arctic vortex.

Fig. 2. Temporal variation of the ozone mixing ratio. Closed circles represent the data obtained at the inside of the vortex.

# 19p-II-1 夜間大気光 $O_2$ , OHのロケット観測 (II)

内藤一郎、山本博聖、関口宏之、牧野忠男、久田裕介、松田一郎  
立教大学 理学部

## ROCKET OBSERVATION OF THE OH (9,6) BAND AND $O_2$ 1.27 $\mu$ m NIGHTGLOW (II)

I.Naito, H.Yamamoto, H.Sekiguchi,  
T.Makino, Y.Hisada, and I.Matuda  
Department of Physics, Rikkyo University

Rocket borne measurements of the OH (9,6) band and  $O_2$  ( $^1\Delta_g$ ) 1.27 $\mu$ m nightglow have been made on Jan. 28, 1990 (31°N). The derived zenith intensity for the  $O_2$  1.27 $\mu$ m is  $\sim 200$  kR, and for the OH (9,6) 1.38 $\mu$ m is  $\sim 110$  kR. From the altitude profile of  $O_2$  ( $^1\Delta_g$ ) emission, two sources of  $O_2$  ( $^1\Delta_g$ ) emission must exist at least.

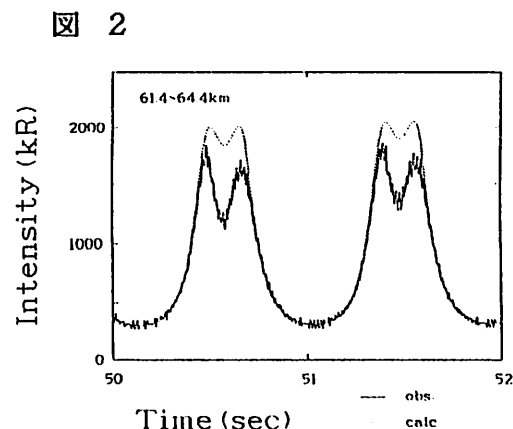
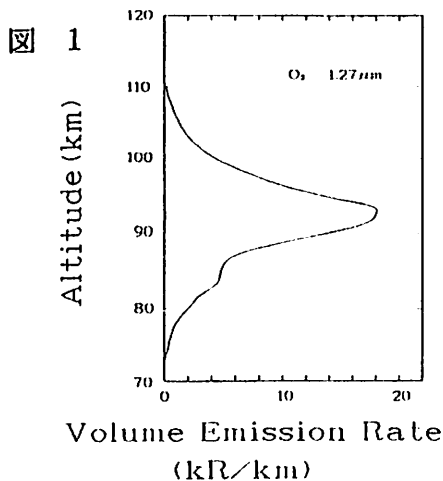
前回に引続き、1990年 1月28日に内之浦において打ち上げられた S-310-20号機による夜間大気光観測の結果について報告する。

観測は、 $O_2$  ( $^1\Delta_g$ ) 1.27 $\mu$ m と OH (9,6) 1.38 $\mu$ m を対象に行われた。

各スピン毎に観測器の視線方向の天頂角が最も小さい成分を抽出して、 $O_2$  1.27 $\mu$ m の積分強度 ( $\sim 200$  kR) と発光の高度分布を導いた (図1)。高度分布の形状から、少なくとも2種類の励起過程が存在するものと思われる。

OH 1.38 $\mu$ m については、Ge 検出素子の感度低下のため、十分なSN比が得られず、発光の高度分布を導くことは出来なかった。積分強度は  $\sim 110$  kR である。

$O_2$  1.27 $\mu$ m について、図1の高度分布を仮定し、スピンと視野の広がりを考慮した計算結果と観測値の比較を図2に示す。視線方向の天頂角が小さい部分では、非常に良い一致を示しているが、天頂角の大きい部分では、観測値の方が計算結果よりも小さい値を示している。これは、酸素分子による吸収の影響だと考えられる。



# 南極昭和基地における オーロラドップラーイメージング観測：速報

岡野章一、中島英彰、小野高幸\*、塩川和夫\*\*、福西 浩  
東北大学理学部超高層物理学研究施設  
\*国立極地研究所  
\*\*名古屋大学太陽地球環境研究所

Observations of Auroral Doppler Image at Syowa Station: Preliminary Results

S. Okano, H. Nakajima, T. Ono\*, K. Shiokawa\*\*, and H. Fukunishi  
Upper Atmosphere and Space Research Laboratory, Tohoku University  
\* National Institute of Polar Research

\*\* Research Institute of Solar Terrestrial Environment, Nagoya University

Observations of thermospheric temperatures and winds have been made at Syowa station, Antarctica with a Fabry-Perot Doppler Imaging System for 64 nights. Preliminary results for temperature measurements showed that temperatures retrieved from O16300A profiles increased in an aurora when its activity enhanced with a rapid response. In order to retrieve wind data, correction for non-linearity between input and output images of the photon imaging head, which is used in the system for light amplification, is needed. Wind data are now being processed using this correction.

我々は昭和基地での第31次南極地域越冬観測においてファブリーペロドップラーイメージングシステムを用いた熱圏温度・風の空間分布の観測を試みている。太陽の上昇とともに現在観測は終了したが全部で64夜のデータ取得ができた。予備的なデータ解析は昭和基地において進められているが、今回は昭和基地よりファックスで送られてきた観測結果の速報について紹介する。

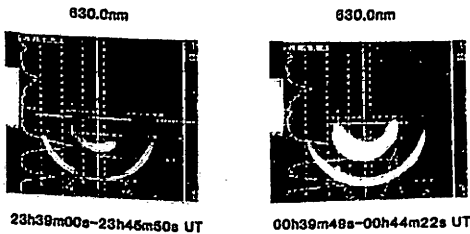
観測装置は、有効口径 116 mm、スレーシング 12 mm のビエゾ素子によるサーボ安定化ファブリーペロエタロンを用いて、全視野 150° の天空からの単色オーロラ輝線による干渉フリンジ像をフォトンイメージングヘッドで2次元検出し、増幅された光出力像を冷却CCD素子で画像記録するシステムとなっている。

1990年6月28-29日(UT)の晩に得られたO16300Aフリンジの例を図1(a)に、O15577Aフリンジの例を図1(b)に示す。視野の方向はフリンジ中心が天頂で東西南北は図2

に示すようになっている。図3に6月28-29日(UT)の晩に得られたO16300AおよびO15577Aのドップラー幅から求められた温度の時間変化を示す。図3中のA, B, Cは図2のフリンジ上の位置A, B, Cに対応する。6月28日、29日の昭和基地でのKインデックスはそれぞれ、4.3, 3.2, 1.1, 0.1および1.4, 3.1, 1.1, 2.2で比較的静穏であったが、この晩南天(高緯度側)にはぼんやりとしたオーロラアークがあり、00h40m UT頃から01h00m UT頃にかけて南天のアークが明るくなり同時に天頂まで広がってきた。この活動に対応してO16300Aから求められたF層領域の温度もこの期間上昇がみられる。

風のデータについては、フォトンイメージングヘッドの入力像と出力像の係数に非線形性がみられたため、観測終了後に精密グリッドスケールを写し込んで補正データを得たので今後これを用いて解析を進める予定である。

JUNE 28 - 29, 1990  
SYOWA STATION



JUNE 29, 1990  
SYOWA STATION

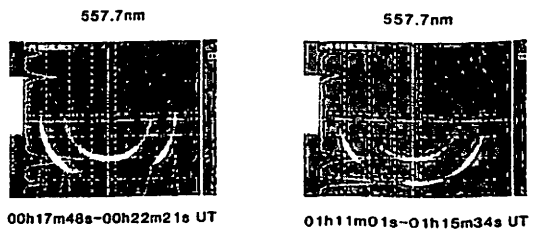


Fig.1 (a) O16300A fringes and (b) O15577A fringes observed with a Fabry-Perot Doppler Imaging System.

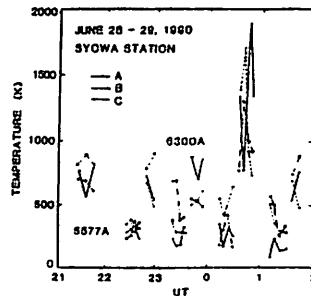
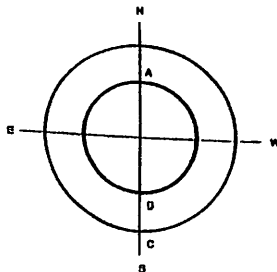


Fig.2 Directions of observation shown in Fig.1. Fig.3 Time variation of the retrieved thermospheric temperature.

岩上直幹, 北 和之, 小川利紘, K.S.ザルプリー  
東大理 N.P.L., ニューデリー

NITRIC OXIDE VARIABILITY IN THE LOWER THERMOSPHERE AT LOW LATITUDES

N. Iwagami, K. Kita, T. Ogawa, K. S. Zalpuri

GRL U. Tokyo

NPL New Delhi

Seven NO density profiles measured at Uchinoura (31°N) and Thumba (9°N) under various phases of solar activity show a clear solar cycle variation. The peak density appearing at 100-110 km varies by a factor of 8. The rocket data by Thomas, McCoy and Siskind and the SME data show a similar solar cycle variation; however, at heights around the density peak these rocket measurements and SME show smaller NO densities than those of our data by a factor of 2-3, and the heights of the density peak of the SME data are higher than those of our data by 5 km. A new profile measured at Thumba in 1989, and a correlation with solar X rays will also be discussed.

1973年以来, 内の浦および南インド・ツンバで行ってきた熱圏NO測定の結果をまとめ, 類似条件下で行われた他のロケット実験およびSME衛星の結果と比較する。測定原理は(1,0)215nm帯の測定によるもので, 相関吸光セル付紫外放射計を用いている。

NO密度は内の浦・ツンバのいずれにおいても高度105km付近に極大を持ち, 太陽活動度と共にひと桁近い変動を示している。他のロケット観測およびSME(いずれも主にコロラド大学)による結果も同様の変動を示している。ところが絶対値に関しては我々

の結果はコロラドグループに比べ2~3倍大きいことがはっきりしてきた。極大高度に關しても, 我々の結果はSMEに比べ5km程度低い。絶対値に關しては, どちらが真実に近いとも判断できないうが, 極大高度に關しては測定方法の優位性から, 我々のほうが正しいと主張できる。

1989年夏にツンバで行われた8回目の実験の結果および太陽X線放射束との関連についても議論する。

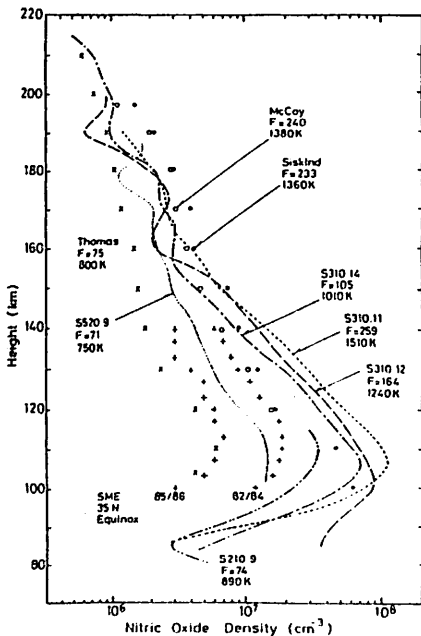


Fig. 3. Comparison of NO density profiles at middle latitudes. Our five profiles are represented by curves, those of Thomas, McCoy and Siskind by symbols (x, o and e) and SME by pluses (+). The 10.7 cm solar radio flux on the day before the experiment, and the thermopause temperature of the diurnal maximum are also shown. SME profiles are for a maximum (02/84) and minimum (05/86) solar activities, respectively. All were obtained at a similar local time, in the afternoon or at sunset.

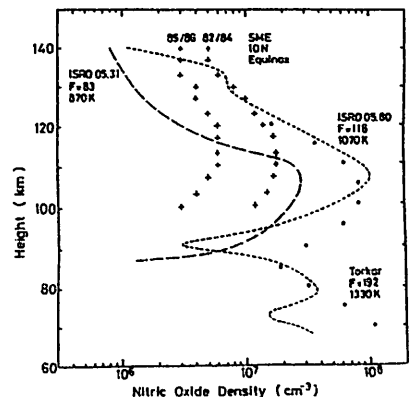


Fig. 4. Comparison of NO density profiles at low latitudes. Our two profiles are represented by curves, that of Torkar by dots (e) and those of SME by pluses (+). Three rocket profiles were measured in the morning, whereas the SME data at 3 pm.

川原琢也、岡野京一、福西浩  
東北大理

DEVELOPMENT OF A EUV SPECTROMETER EQUIPPED WITH  
ABSORPTION CELLS FOR D/H RATIO MEASUREMENT [ III ]

T. Kawahara, S. Okano, H. Fukunishi  
Upper Atmosphere and Space Research Laboratory, Tohoku University

We are developing an extreme ultraviolet (EUV) spectrometer equipped with a set of absorption cells for D/H ratio measurements. The absorption cells are used to separate HLy $\alpha$  line and DLy $\alpha$  line whose separation is only 0.033 nm.

Absorption data for combinations of H<sub>2</sub> gas, D<sub>2</sub> gas and H<sub>2</sub> lamp, D<sub>2</sub> lamp were obtained. Absorptions were observed in all combinations. Small absorptions were observed in the combination of H<sub>2</sub> gas with D<sub>2</sub> lamp and of D<sub>2</sub> gas with H<sub>2</sub> lamp. These small unexpected absorptions are probably caused by residual H<sub>2</sub> gas in the D<sub>2</sub> lamp or D<sub>2</sub> gas.

現在、我々が惑星探査を目指して開発中の真空紫外分光器は、水素、重水素吸収セルを内蔵し、これによってHLy $\alpha$ 線(121.533nm)、DLy $\alpha$ 線(121.566nm)の分離測定を行い、惑星超高層大気中のLy $\alpha$ グロー分布、さらにHLy $\alpha$ グローとDLy $\alpha$ の強度比からD/H比を決定しようとするものである。

前回の発表では、以下のように改良したセルを用いてHLy $\alpha$ 線の吸収が確認されたことを報告した。

- ①セルの材質をステンレスからバイレックスガラスにした。
- ②熱解離によりHまたはD原子を生成するためのフィラメントを、光路に近い位置にとりつけた。
- ③内壁には、旧セル同様テフロンコーティングを施した。

現在までに、このセルを用いてD<sub>2</sub>ランプ、H<sub>2</sub>ランプとD<sub>2</sub>ガス、H<sub>2</sub>ガスの全組み合わせについて、Ly $\alpha$ 線の吸収実験を行った。図1にH<sub>2</sub>ランプ、H<sub>2</sub>ガスについてセル内ガス圧を変えて行った測定結果を示す。フィラメント温度を上げていくと吸収が飽和値に近付くことがわかる。(この実験では干渉フィルターを用いてLy $\alpha$ 線を分離しているため、HLy $\alpha$ が完全吸収されてもバックグラウンド成分のために見かけ上100%吸収を示さない。)全てのランプ、ガスについての組み合わせに対して測定された吸収の最大値を表1に示す。ここで、H<sub>2</sub>ランプ-D<sub>2</sub>ガスの組み合わせではセル内の残留H<sub>2</sub>の解離によりHLy $\alpha$ 線が吸収を受けたと思われる。また、D<sub>2</sub>ランプ-H<sub>2</sub>ガスの組み合わせでは、D<sub>2</sub>ランプ製作時に混入したH<sub>2</sub>ガスが微量のHLy $\alpha$ 線を放射している、この吸収が観測されたものと思われる。

現在、吸収セルの耐久性を向上させるための実験を行っている。吸収セル内で、解離生成した原子のロス、金属とH原子の反応が主要な原因と考えるので、金属部分をなくすように、セルの構造を次のように変えた。

- ①テフロンバルブ付きのセルにすることによって、ガス供給部のステンレス管とセルとを分離することが出来るようにした。
- ②フィラメントのステム部分をガラスでカバーするようになった。

また、脱ガスによる不純ガスの混入が問題となるため、吸収ガスの封入前にセルができるだけ高真空になるように、ベキングが可能な構造にした。

本講演では、この改良されたセルを用いて行った実験の結果について述べる。

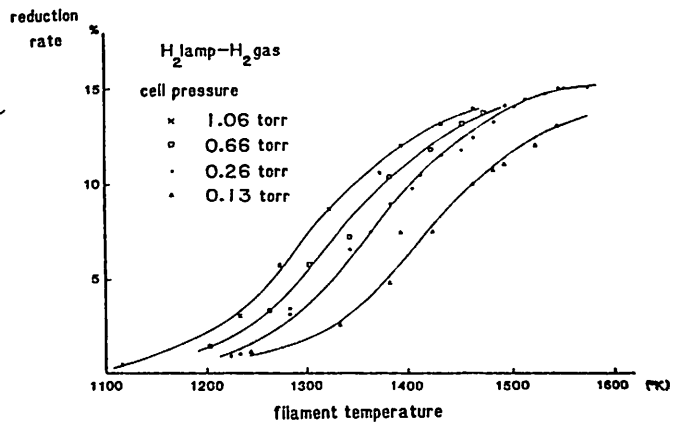


Fig.1 Percentage values of the signal reduction, due to HLy $\alpha$  absorption, to the total signal are plotted against filament temperature. Residual signal observed when HLy $\alpha$  is fully absorbed is due to background component of the lamp emission which transmitted a Ly $\alpha$  filter.

Lamp	Gas (pressure)	Absorption
H <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> (1.06Torr)	15.0%
H <sub>2</sub>	D <sub>2</sub> (1.661Torr)	6.7%
D <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> (1.62Torr)	3.5%
D <sub>2</sub>	D <sub>2</sub> (1.62Torr)	19.4%

Table 1 Maximum absorption percentage((signal reduction due to the absorption/total signal) x100) for combinations of the lamp and the gas.



小谷玄哉<sup>1)</sup>・山中大学<sup>1)</sup>・深尾昌一郎<sup>1)</sup>・佐藤亨<sup>2)</sup>・山本衛<sup>1)</sup>・津田敏隆<sup>1)</sup>・加藤進<sup>1)</sup>・上田博<sup>3)</sup>・住明正<sup>4)</sup>  
<sup>1)</sup>京都大学超高層電波研究センター・<sup>2)</sup>京都大学工学部・<sup>3)</sup>北海道大学理学部・<sup>4)</sup>東京大学理学部

Hierarchical Dynamical Structure of Baiu Frontal  
 Precipitation Systems Based on MU Radar observations

Genya Kotani<sup>1)</sup>, Manabu D.Yamanaka<sup>1)</sup>, Shoichiro Fukao<sup>1)</sup>, Toru Sato<sup>2)</sup>,  
 Mamoru Yamamoto<sup>1)</sup>, Toshitaka Tsuda<sup>1)</sup>, Susumu Kato<sup>1)</sup>, Hiroshi Uyeda<sup>3)</sup>, and Akimasa Sumi<sup>4)</sup>  
<sup>(1)</sup>Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University, <sup>(2)</sup>Dept. of Electr. Eng., Kyoto University,  
<sup>(3)</sup>Institute of Geophysics, Hokkaido University, <sup>(4)</sup>Geophysical Institute, Tokyo University)

We can observe three-dimensional wind fluctuations associated with meso-, medium- and cumulus-scale (horizontal scale :  $10^1 \sim 10^3$ km) structures moving eastward along the Baiu front, by using the MU radar. In 1989, a typical mesoscale updraft event was observed near a medium-scale cyclone center, and it included some particularly strong upward velocity peaks of cumulus-scale which were coincident with strong rainfalls. Another isolated upward velocity peak of cumulus-scale was observed below the frontal surface after the cyclone center passage. In 1990, we observed convective and stratiform precipitation systems. On the basis of these observational features, we shall present a tentative model of the hierarchical structure of vertical velocity fluctuations associated with Baiu-frontal precipitations.

日本付近の梅雨期対流圏には積雲(水平スケール: $\sim 10^1$ km)、中～中間規模(水平スケール: $10^2 \sim 10^3$ km)に組織化した構造がみられる。ここでは京大 MU レーダー(滋賀県信楽町)を用いて、1989年6月26～30日、7月4～7日、および1990年7月2～16日に行った力学観測の結果をまとめて報告する。

1989年6月28日には信楽付近を梅雨前線に沿って中間規模低気圧の中心が通過し、対流圏の広い高度範囲にわたり1m/sを越す強い上昇流を伴う中規模構造を観測した(前回発表済)。詳しく解析すると、中規模構造の強い上昇流領域は決して一様な構造ではなく、積雲規模の特に強い上昇流のピークが数個存在し、この上昇流のピークは地上降雨量のピークとよく一致した。さらに、低気圧中心通過後には高さが前線面付近までの背の低い孤立した積雲規模の上昇流がみられ、そのピークも地上降雨量のピークと一致した。また、7月4～6日には2個の中間規模低気圧が南方を通過し、これらに伴う3次元風速の周期的変化を観測した。

一方、1990年には2週間にわたる連続観測から、1989年の観測で得られたような対流雲の階層構造(図1左)を確認したのみならず、層状性降雨(図1右)をも観測した。特に7月10日には、2個の対流雲に対応する強い上昇流と下降流の組合せが2回にわたって観測され、上昇流のピークは降雨量のピークとほぼ一致した。これらの雲の観測には、北大気象ドップラーレーダーも参加した。

以上の結果から、梅雨前線上における積雲規模・中規模・中間規模の対流システムの階層構造に関する、3次元力学モデルを提案する。

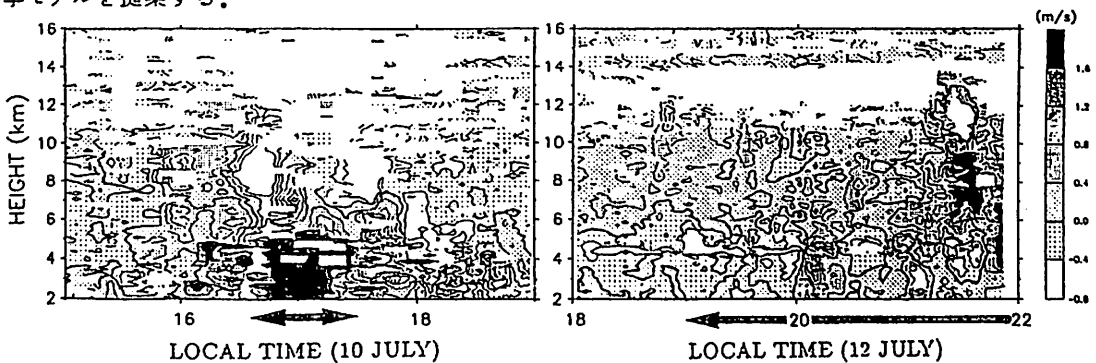


図1 鉛直流の時間・高度変化。降雨のあった時間帯を矢印で示す。左図は1990年7月10日15時～19時の観測結果で、対流雲が2個みられる。右図は1990年7月12日18時～22時の結果で、層状性降雨が観測されている。

19p-II-6 M U レーダーによる下部対流圏鉛直風速の振動と対流セルの視測

前川泰之<sup>1</sup> 深尾昌一郎<sup>2</sup> 横田友昭<sup>3</sup> 小谷玄哉<sup>2</sup> 山中大学<sup>2</sup> 津田敏隆<sup>2</sup> 山本衛<sup>2</sup>  
 中村卓司<sup>2</sup> 加藤 進<sup>2</sup> 1:大阪電通大 2:京大超高層 3:松下電器

MU radar observation of vertical wind oscillations  
 and convection cells in the lower troposphere

Y. Maekawa<sup>1</sup>, S. Fukao<sup>2</sup>, T. Yokota<sup>2</sup>, G. Kotani<sup>2</sup>, M. O. Yamanaka<sup>2</sup>, T. Tsuda<sup>2</sup>, M. Yamamoto<sup>2</sup>, T. Nakamura<sup>2</sup> and  
 S. Kato<sup>2</sup> 1:Osaka Electro-Commun. Univ. 2:RASC, Kyoto Univ. 3:Matsushita Electric Ind. Co.

Mu radar can continuously observe three vectorial components of wind velocities in fine time and height resolutions, and detect synoptic- or meso-scale atmospheric disturbances which have not been easily revealed by conventional techniques. We discuss vertical wind motions associated with passage of cold vortex in the lower troposphere. Large vertical oscillations with periods of 30-60 min which are closely related to convective cell-like structure below the front are found in June 1985 GRATMAP observation data.

M U レーダーは、連続して鉛直風を含む風速の3成分を高い時間・高度分解能で測定出来るので、従来の気象測器では十分解明されていない大気の中小規模擾乱現象の視測に有力である。このような特徴を生かし、これまでにM U レーダーを用いて行われた上部対流圏・下部成層圏GRATMAP視測データから、前線通過時の寒冷渦に伴う雲対流に相当する風速のセル状構造が明らかにされている<sup>(1)</sup>。本研究では、高度2 kmまでの下部対流圏を含めて前線通過時に見られる大気の振動についてさらに詳しく解析を行った。特に周期60分以下の鉛直振動に注目し、このような鉛直方向の振動と関係の深い対流セルの階層構造について検討を加える。

1985年6月6日の16時から24時の間に視測された周期30~60分の鉛直振動の時間・高度断面図を図1に示す。前線が到来する17時頃には高度2~8 kmの範囲で大きな振動が発生し、下方への位相伝播が顕著にみられる。この種の振動はその後も持続するが、高度5 km付近で位相の不連続が検出されるのが特徴である。今まで対流圏においては周期10分程度で鉛直波長の極めて長いプラント・バイサラ周期付近の振動が多く報告されているが今回視測された振動は上記の様にこれとは異なる性質を示す。講演では、さらに多数の前線通過時の事例について鉛直振動と対流セルの因果関係を検証し、また成層圏を伝播する内部重力波との関連性も述べる。

最後にデータ解析に協力頂いた大阪電通大通信工学科4回生高田陽二君と丹山照敏君に御礼を申し上げます。

参考文献 (1)Fukao et al. (1989) Pure Appl. Geophys., 130 (2/3) 463-479.

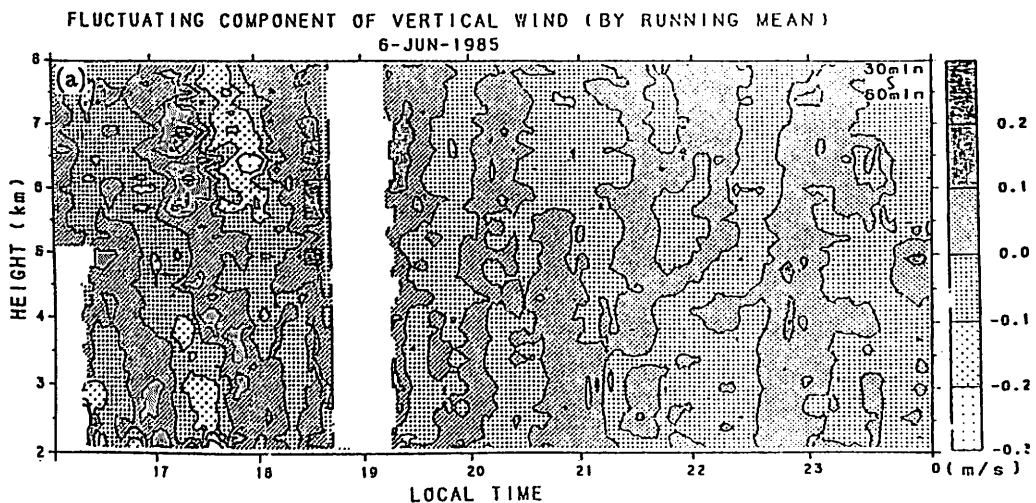


図1 1985年6月6日に視測された周期30~60分の鉛直振動の時間・高度断面図

足立 樹泰<sup>1</sup>・津田 純隆<sup>1</sup>・増田 悦久<sup>2</sup>・中村 卓司<sup>1</sup>・山本 衛<sup>1</sup>・加藤 進<sup>1</sup>・深尾 昌一郎<sup>1</sup>

1: 京大超高層 2: 通総研

High time resolution monitoring of tropospheric temperature with RASS

T. Adachi<sup>1</sup>, T. Tsuda<sup>1</sup>, Y. Masuda<sup>2</sup>, T. Nakamura<sup>1</sup>, M. Yamamoto<sup>1</sup>, S. Kato<sup>1</sup>, S. Fukao<sup>1</sup>

1: Radio Atmospheric Science Center, Kyoto Univ. 2: Communication Research Laboratory

In the last several years we have been working on temperature monitoring in the troposphere with RASS, which consists of a high-power acoustic transmitter and the MU radar. We have already reported that RASS echoes usually include both Doppler and transmitted acoustic frequency components. To study what causes these components, we developed a numerical model of the time series of RASS echo in two typical cases as shown in Fig.1: (a) all the acoustic waves are contained in the radar sampling volume, and (b) the radar sampling volume is filled with acoustic waves. As a result we found that the time series has only a Doppler frequency component in case (a), but has only an acoustic frequency component in case (b). By using optimum parameters, we have observed the temperature profiles at the altitude range of 1.5-7.5 km with time and height resolutions of 90 sec and 300 m on August 6-8, 1990.

RASS 観測を行う場合、有意なエコーを得るためには、レーダーのアンテナビームと音波面が直交することと、観測高度における音波波長がレーダー波長の約 1/2 となり、複数の音波面からの反射波 (以下 RASS エコーと呼ぶ) が同位相となり強めあうブラッグ条件が必要である。

我々は既に RASS エコーの数値モデルを用いて計算を行い、ブラッグ条件を満たしていない場合にドップラー周波数偏移の推定値が真の値から音波周波数側へずれることにより生じる誤差は、音波パルスがレーダーパルスに対して長い場合に顕著であることを発表した [第 86 回 SGEPS 講演会] が、RASS エコーに音波周波数成分が現れる原因は不明確であった。そのため今回は RASS エコーの時系列を次の (a), (b) の場合について解析的に求めることを試みた。(a) 音波パルスが短く音波パルス全体がレーダーのサンプル領域に含まれた状態で伝搬する場合。(b) 音波パルスが長く音波パルスがレーダーのサンプル領域全体を満たした状態で伝搬する場合。Fig.1 に音波パルスが時間とともにレーダーのサンプル領域を横切って伝搬する様子を示す。

計算の結果、RASS エコーの時系列は (a), (b) の場合共に次式で表されることが判明した。

$$E_r = E_0 R_0 \frac{\tau_c}{2} \cdot \frac{\sin\{\omega_c \tau_c \eta / 2\}}{\omega_c \tau_c \eta / 2} \cdot \cos\{\omega'_c t_r + \phi\}$$

但し  $E_r$ : 受信信号の振幅,  $E_0$ : 送信信号の振幅,  $R_0$ : 音波面における電波の反射係数,  $\tau_c$ : 音波面に入射する電波パルス長,  $\omega_c$ : 送信電波の角周波数,  $\omega'_c$ : 受信信号の角周波数,  $\eta$ : 音波周波数のブラッグ条件からのずれ,  $t_r$ : 受信時刻である。 $\phi$  は  $t_r$  に関して定数で、 $\omega'_c$  は  $c$ : 光速,  $v$ : 音速,  $\omega_a$ : 音波の角周波数として (a) の場合  $\frac{c-v}{c+v}\omega_c$ , (b) の場合  $\omega_c - \omega_a$

で表され、観測される周波数偏移 ( $\omega'_c - \omega_c$ ) は (a) の場合には音速に対応するドップラー周波数偏移に等しいが、(b) の場合には音波周波数となっている。音波面のうち電波の散乱体となる部分の位置を比較すると、散乱体は (a) の場合には音波パルス全体であり時間と共に上方へ移動するのに対し、(b) の場合にはレーダーのサンプル領域の両端で制限され空間的に固定されていることがわかる。この点が両者の受信信号特性に差異を生む本質であると考えられる。

以上より音波・電波パルス長と RASS エコー特性の関係が明らかとなり、最適パラメータが決定された。1990 年 8 月 6 日~8 日の観測では最適パラメータを用いて、高度 1.5km~7.5km の温度プロファイルが時間分解能 90 秒、高度分解能 300m で得られており講演ではその結果を併せて紹介する予定である。

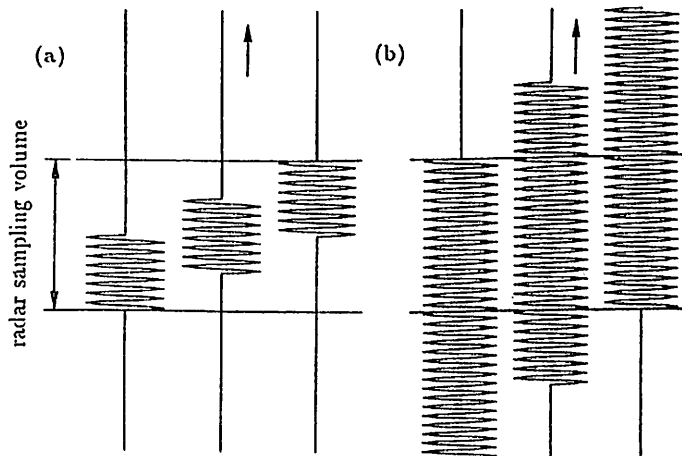


Fig.1 Propagating acoustic waves across the radar sampling volume  
(a) In case of short acoustic pulse (b) In case of long acoustic pulse

山中 大学  
 京都大学超高層電波研究センター

## On the Role of Multiple Turbulence Layer Structures in the Lower-Middle-Upper Atmosphere Coupling Processes

Manabu D. YAMANAKA  
 Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University

Multiple turbulence layer structures are frequently observed in the middle atmosphere by MST radar and other techniques. It is undoubted that such a structure is induced by breaking (saturated) internal gravity waves, but it is controversial why the interval and thickness (or saturated vertical wavelength) have characteristic (or quasi-monochromatic) values increasing with altitude. In particular those structures are most frequently observed near the bottom and top of the middle atmosphere. The bottom structures can be interpreted as "multiple tropopause", which connect smoothly the middle atmosphere (region of radiative-photochemical equilibrium) with the troposphere (region of radiative-convective equilibrium) and maintain a poleward circulation compensating an imbalance in the troposphere. A similar situation, say "radiative-gravity wave equilibrium", may be essentially applied also for the top structures; multiple mesopause or homopause connect the middle atmosphere with the thermosphere (region of radiative-diffusive equilibrium) and maintain a winter-poleward circulation compensating an imbalance in the middle atmosphere. On the basis of these interpretations, the characteristic parameters of turbulence layers and gravity waves may be quantitatively obtained. A limitation of conventional eddy diffusivity parameterizations is discussed.

MST レーダーをはじめとする最近の観測の蓄積から、中層大気中には多重層構造をもつ微細乱流が頻繁に出現していることが知られている（京大 MU レーダーの結果は前々回、前回の阿尾他の講演で報告）。このような多重乱流層の生成が内部重力波の砕波（飽和）に伴う局所成層（あるいはシア）不安定によるということとはかなり古くから言われている。しかし乱流層の厚さあるいは間隔（すなわち砕波している波の鉛直波長）が高度領域ごとにある特徴的な大きさに集中しており（波について言えば「準」単色）、しかも高度方向に顕著な増大傾向が認められるということの理由は（Yamanaka, 1990; Murayama et al., 1990）、まだ全くわかっていない。乱流層のスケールは砕波する準単色波の波動要素でほぼ完全に説明できるはずであるから、問題は重力波の準単色性がどのような理由で決定されているかということに帰着する。中層大気大循環が飽和内部重力波の供給する角運動量に大きく左右されていることや、この領域における鉛直大気交換の一義的な担い手が重力波砕波乱流にあること（Yamanaka, 1991a）を考えれば、いま述べた準単色性の解明は中層大気力学において本質的に重要な問題点と言えるであろう。

この問題を解決していくための第一段階として、多重乱流層あるいは飽和重力波が特に中層大気下端および上端において最も顕著に見られることに注目し、まず観測事実のより豊富な下端領域（上部対流圏～下部成層圏）について1985年以降のMUレーダー観測と日本各地の気象官署観測との資料を総合的に解析した。その結果、乱流層構造を伴う典型的な慣性内部重力波が、多重化した対流圏界面（定義により単に温度低極としてみられられているものを含む）と同定できることがわかった（Yamanaka, 1991b）。対流圏界面は、多重乱流層あるいは飽和内部重力波の構造をもつことにより、以下の2つの役割を果たしていると考えられる。第一に、小対流圏とも言うべき非定常構造とその内部の渦拡散（粘性）作用により、放射光化学平衡の支配する中層大気を放射対流平衡の支配する対流圏と滑らかに結合させている。第二に、極向き子午面循環を駆動して、対流圏における南北構造を維持（非平衡部分を補償）しているのである。

観測事実からの確認は容易ではないが、中層大気下端における上記の様相（「放射重力波平衡」と本質的に同様な解釈は、上端（上部中間圏～下部熱圏）においてもまた適用できると予想される。すなわち、中間圏界面あるいは均質（乱流）圏界面が乱流層構造により多重化して、中層大気とその上方に広がる熱圏（放射拡散平衡の支配する領域）を滑らかに結合するとともに、中層大気の南北構造を維持する冬極向きの流れを維持していると考えられることができる。講演では、このような多重乱流層あるいは多重圏界面の役割から誘導される2つの条件から前述の準単色性が決定されるはずであること、および渦拡散に関する既存の描像や観測方法の限界についても言及する予定である。

# 19p-II-9 DYANA 観測による中層大気中の大気重力波の解析

津田敏隆<sup>1</sup>、村山泰啓<sup>1</sup>、小山孝一郎<sup>2</sup>、中村卓司<sup>1</sup>、山中大学<sup>1</sup>、山本衛<sup>1</sup>、  
深尾昌一郎<sup>1</sup>、加藤進<sup>1</sup>、D. Offerman<sup>3</sup>

1. 京大超高層 2. 宇宙科学研究所 3. ウッパータール大学, 西独

## Analysis of Gravity Waves in the Middle Atmosphere by DYANA Observation

T. Tsuda<sup>1</sup>, Y. Murayama<sup>1</sup>, K. Oyama<sup>2</sup>, T. Nakamura<sup>1</sup>, M. D. Yamanaka<sup>1</sup>, M. Yamamoto<sup>1</sup>,  
S. Fukao<sup>1</sup>, S. Kato<sup>1</sup>, D. Offerman<sup>3</sup>,

1. RASC, Kyoto Univ. 2. ISAS 3. Univ. of Wuppertal, F.R.G.

During DYANA observation period, profiles of horizontal wind velocity and temperature were collected on 17 January - 26 February 1990 by means of five Super Loki datasondes and three Viper falling spheres launched from KSC, Kagoshima, Japan. Using this dataset as well as the simultaneous MU radar observations, vertical wavenumber spectra of wind velocity were obtained in five height regions, which suggests that gravity waves were saturated in the lower stratosphere and mesosphere, but they were not fully saturated in the upper stratosphere.

DYANA 計画は、全球規模で行なわれる中層大気観測によって惑星波、重力波、乱流などの現象を明らかにすることを目的としている。DYANA 計画の一環としてデータゾンデ (Super Loki) が 1990 年 1 月 17, 20, 29, 31 日, 2 月 5 日に、落下球 (Viper) が 2 月 17, 24, 26 日に宇宙研鹿児島宇宙空間観測所 (KSC) からロケットによって打ち上げられ、風速・温度などが観測された。今回は風速データを用いて、中層大気中の内部重力波の飽和について解析を行なった。

図は、今回のロケット観測、ならびに同時期の MU レーダー観測による水平風速データを用いて得られた平均の鉛直波数スペクトルである。(A)、(E) は MU レーダーによる高度範囲 16-23km、65-85km のスペクトル、(B)、(C)、(D) はロケット観測による 20-30km、30-40km、40-50km のスペクトルである。細線は飽和重力波のスペクトルモデル [Smith et al., 1987] を示す。(A) のスペクトルは、下部成層圏の重力波の卓越鉛直波数 ( $m_z \sim 10^{-3} - 5 \times 10^{-4} \text{ m}^{-1}$ ) でモデルに近く、重力波が飽和していることを示唆するが、(B)-(D) については、上部成層圏の  $m_z (\leq 2 \times 10^{-4} \text{ m}^{-1})$  では重力波は飽和レベルに達していないことがわかる。また (E) ではモデルと観測がよく一致しており、中間圏では重力波は飽和していると考えられる。

上部成層圏と中間圏については定性的には夏の観測例 [Murayama et al., submitted, 1990] でも同様な重力波の振舞いが観測されたが、下部成層圏では Murayama et al. [1990] では負の傾き・エネルギー密度ともにモデルより大幅に小さいスペクトルが得られたことから、下部成層圏での重力波の飽和状態には明らかに季節変動がみられる。

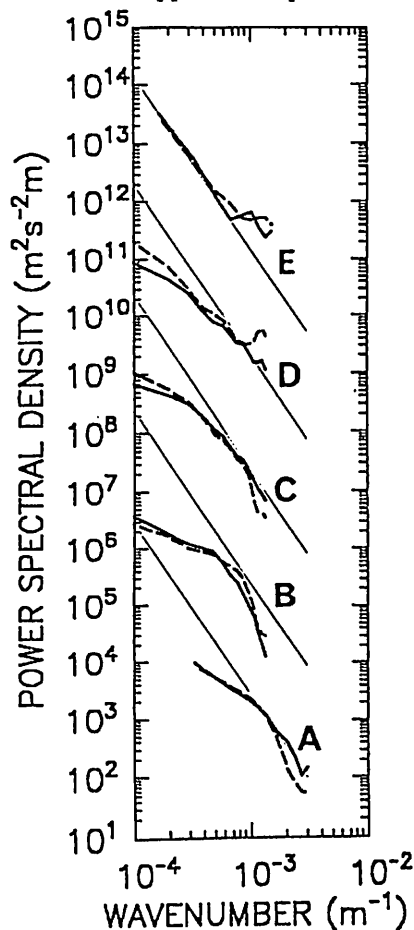


Figure: Mean vertical wavenumber spectra of horizontal wind velocities observed on 17, 20, 29 and 31 January and 5, 17, 24 and 26 February 1990 with the datasondes, falling spheres and the MU radar. Height regions are (A) 16-23km, (B) 20-30km, (C) 30-40km, (D) 40-50km and (E) 65-85km. Thick solid and dashed lines indicate zonal and meridional components, while thin solid line shows the model spectrum.

19p-II-10 MU レーダーで観測された飽和重力波の周波数スペクトル

村山泰啓、津田敏隆、野村剛彦、中村卓司、加藤進、深尾昌一郎  
 京都大学超高層電波研究センター

Frequency Spectrum of Saturated Gravity Waves  
 Observed with the MU Radar

Yasuhiro Murayama, Toshitaka Tsuda, Takehiko Nomura, Takuji Nakamura,  
 Susumu Kato, Shoichiro Fukao  
 (Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University)

From observations of the tropospheric and lower stratospheric vertical wind velocity on 5-8 August 1988 with the MU radar, frequency spectra were calculated for total components (solid lines) and hi-pass filtered with a cutoff vertical scale of 2 km (dashed). Comparing the two spectra, we have found the enhancement of energy density of saturated gravity waves near the inertial frequency in the lower stratosphere. We will also present winter results, under a condition when the jetstream is strong over Japan, one of excitation sources of gravity waves.

中層大気大循環や対流圏ジェットではその上部で内部重力波による力学的摩擦が重要な働きをしていると考えられるが、この作用は重力波の飽和を通じて放出される運動量による平均流加速のためと考えられる。そこで、本研究ではMUレーダーで観測された重力波の周波数スペクトルを調べ、飽和重力波成分の抽出、モデルとの比較などを通じて重力波の振舞いを調べることを目的とする。

図には、1988年8月3-8日のMUレーダー観測による鉛直風から計算された周波数スペクトル  $F_w(\omega)$  を実線で (a) 対流圏、(b) 下部成層圏について示してある。破線はフィルターで取り出した鉛直波長 2km 以下の成分についてのスペクトル  $F_w^>(\omega)$  をしめす。下部成層圏以下の高度ではしばしば重力波の特性鉛

直波数が  $5 \times 10^{-4} \text{m}^{-1} (=2\text{km})$  程度であることが観測されており、線形飽和理論によれば、特性波数より高波数成分である  $F_w^>(\omega)$  は飽和重力波のスペクトルを表わしている。(a) をみると、 $F_w^>(\omega)$  は  $F_w(\omega)$  よりも全周波数で小さく、対流圏重力波には全周波数で不飽和成分・飽和成分が存在すると考えられる。一方 (b) では、 $F_w^>(\omega)$  は  $F_w(\omega)$  に比べて  $\sim 10^{-3} \text{Hz}$  の高周波数では 1/10 以下であるが、 $\sim 2 \times 10^{-5} \text{Hz}$  の低周波数ではほとんど差がなく、下部成層圏中の慣性重力波はほぼ飽和していることが示唆される。講演では、冬の偏西風の強い時期の解析とあわせて、周波数スペクトルの季節変動についても言及する。

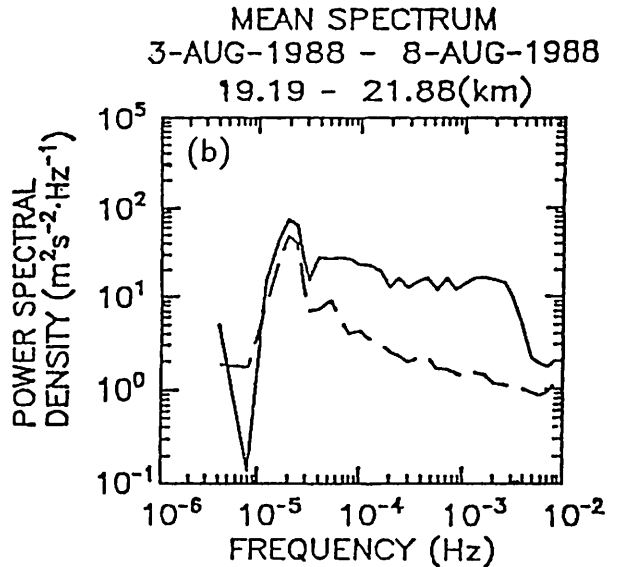
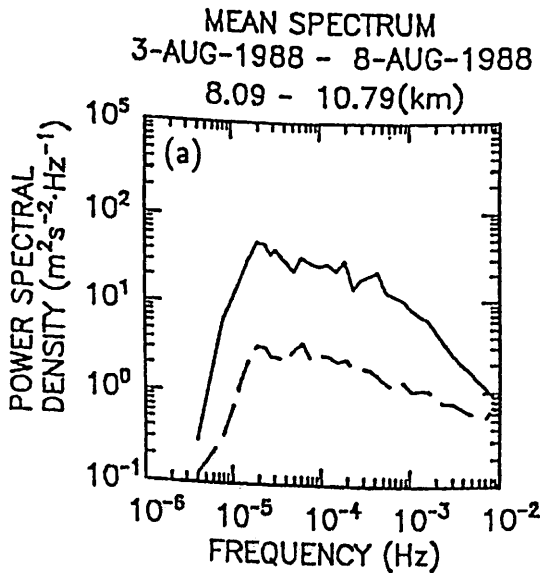


Figure: Frequency spectra of vertical wind velocity observed on 3-8 August 1988 with the MU radar in the troposphere (a) and lower stratosphere (b). Solid and dashed lines indicate the spectra for total components and hi-pass filtered with a cutoff at a vertical scale 2km, respectively.

中村卓司、津田敏隆、加藤進  
京大超高層

R. A. ビンセント  
アデレイド大学

COMPARISON OBSERVATIONS OF QUASI-2 DAY WAVE NEAR THE MESOPAUSE BETWEEN THE NORTHERN AND SOUTHERN HEMISPHERES

Takuji Nakanura, Toshitaka Tsuda, Susumu Kato  
(Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University)

R. A. Vincent  
(Department of Physics, University of Adelaide)

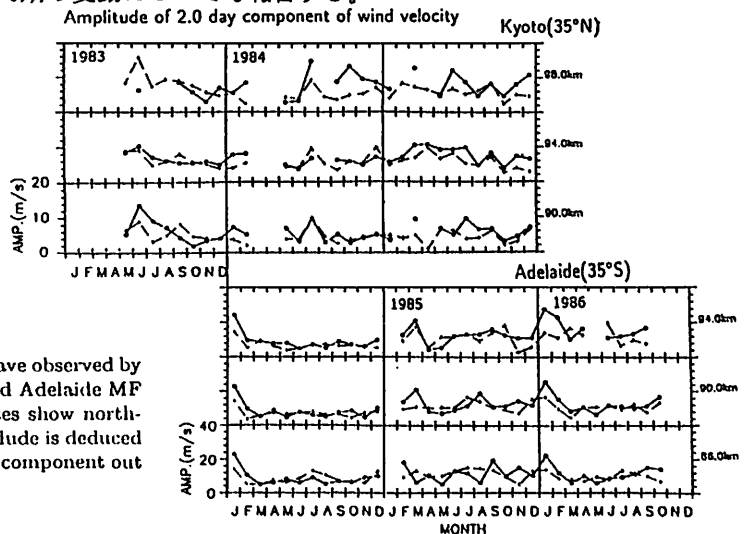
Many radar observations have shown the evidence of quasi-2 day waves in the summer mesopause region, which is considered to be the normal mode of a mixed Rossby-gravity wave with a longitudinal wavenumber 3. In this study we compare the behavior of 2 day waves between the observations with the Kyoto Meteor Radar (35°N) in 1983-86 and the Adelaide MF radar (35°S) in 1983-86. The amplitudes in both hemispheres were enhanced in the same periods, indicating that these waves are a global phenomena. The phase difference shows both symmetric and anti-symmetric structures. This fact as well as the amplitude difference suggest co-existence of various normal modes.

中間圏上部-下部熱圏では、夏期を中心に約2日周期の風速変動が流星レーダー、分反射レーダー等により観測されてきている。また、北半球での複数点の同時観測から、これらの波動が東西波数3の反対称の基底モードの自由振動(混合ロスビー重力波)であることを示唆する結果が示されてきた(Salby,1981,JGR)。京都大学流星レーダー(35°N)とAdelaide MFレーダー(35°S)においても1984年1月(南半球の夏期)に突発的に強くなった2日周期波の同時観測から、反対称の位相関係を観測した(Tsuda et al., 1988,JATP)。

今回は、京都大学流星レーダーの1983年5月から1986年3月までのデータとAdelaide MFレーダーの1983年12月から1986年9月までのデータを比較し、準2日周期波の活動の季節変化を明らかにするとともに、その南北対称性を調べた結果を報告する。

第1図は、10日ごとの期間について正弦波のフィッティングで求めた2日周期の風速変動成分振幅の月平均値の両レーダーでの比較である。南北半球それぞれで振幅は夏期にピークを有し(北半球~10m/s, 南半球~20m/s), それと同時に冬半球側でも振幅が大きくなるのが見いだされる。また、そのほかにも例えば1985年3月、9月等南北半球で同時に振幅が増大している。これらの振幅変動は、2日周期波が全球的規模での振動であることを示唆している。また、鉛直プロファイルの位相関係は、南北反対称性を示す場合と、対称性を示す場合との両方が存在する。南北半球で、振幅の値が2倍程度異なることも併せて、2日周期波が単純な1つの基底モードでは説明できないことを示すものである。

さらに、観測された準2日周期波の周期の変動についても報告する。



第1図 Monthly mean amplitude of 2 day wave observed by Kyoto Meteor Radar (35°N, upper panel) and Adelaide MF radar (35°S, lower panel). Circles and crosses show northward and eastward components. Each amplitude is deduced by least square fitting of 2.0, 1.0 and 0.5 day component out of 10 days' data.

堤雅基、中村卓司、津田敏隆、山本衛、加藤進、深尾昌一郎  
京大超高層

METEOR WIND OBSERVATIONS BY THE MU RADAR (2)

Masaki Tsutsumi, Takuji Nakamura, Toshitaka Tsuda, Mamoru Yamamoto  
Susumu Kato, Shoichiro Fukao  
(Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University)

The meteor wind observations by means of the MU radar have been conducted since 1986. A new radiation pattern of the transmitting antenna was recently employed in order to increase number of meteor echoes. As a result, a height-time resolution is improved from 2hours×4km to 30minutes×2km, which enables us to observe gravity waves with period as short as several hours in addition to atmospheric tides and planetary waves.

流星飛跡を利用した地上 80～110km の大気波動のレーダー観測は、1950 年頃から各地の流星レーダーで行われてきた。京都大学流星レーダーも 1978 年～1986 年にわたり観測を行い、大気潮汐波を中心に、プラネタリー波、重力波等の貴重な観測データを提供してきた。流星エコーの出現数に限りがあるために、流星風観測の時間高度分解能はあまり良くないが、ほぼ一日を通してエコーが受信される点が MST レーダーによる中間圏観測に比べて優れている。

これまでの MU レーダーによる流星エコー観測では、受信エコー数の関係から流星風の時間高度分解能は京都大学流星レーダーと同程度の 2 時間・4km 程であったが、その後、送信電力、送信アンテナパターンなどの改良 (前回発表) によって受信エコー数が飛躍的に増加し、時間高度分解能が大幅に改善 (高度 90km 付近で最大 30 分・2km 程度) された。今回の観測により周期数時間の内部重力波など比較的短周期の波動現象から、プラネタリー波のような長周期の波動現象までが流星エコー観測により一度に観測できることが示された。特に重力波の水平構造については、京都大学流星レーダーに比べ、より詳細な観測ができるものと期待される。今回、MU レーダーによる 1990 年 5 月 18 日～23 日、8 月 8 日～12 日の 2 回の流星風観測による、短周期の重力波から長周期のプラネタリー波までの解析を中心に報告する。

図は、1990 年 8 月 8 日～12 日の観測より求めた流星風の高度別時系列から、周期 2 時間～6 時間の変動成分をバンドパスフィルターで取り出したものである。随所に内部重力波によると考えられる高度方向に位相のそろった変動を認めることができる。また同じ時系列より別途、大気潮汐波、準 2 日周期の波動も取り出すことができている。これらの観測データをもとに、各波動の鉛直構造や日変化についても報告する。

8-AUG-1990 - 12-AUG-1990

Height resolution : 2km  
Time Resolution : 30min.  
Lower Cut Off Freq. : 1/6hour<sup>-1</sup>  
Higher Cut Off Freq. : 1/2hour<sup>-1</sup>

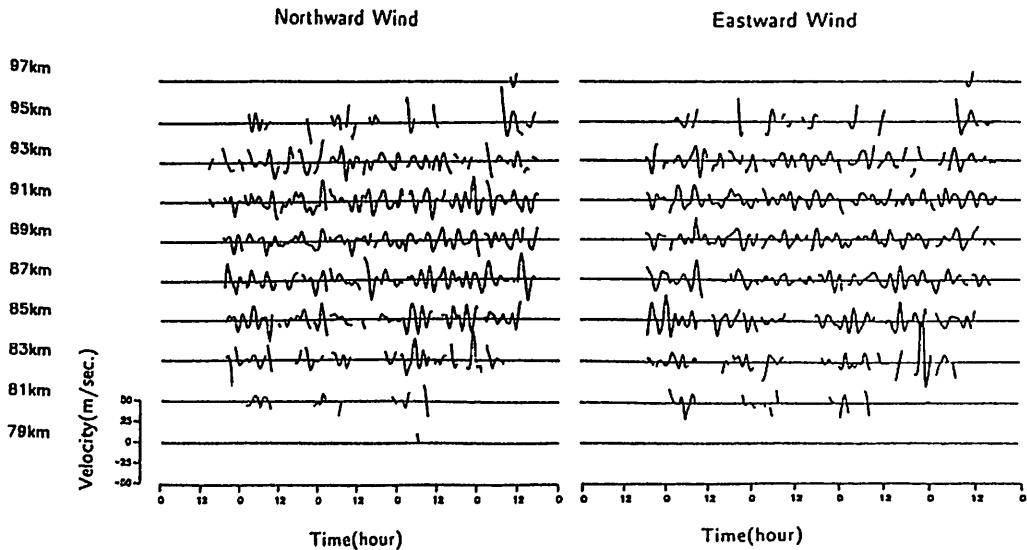


Figure : Band pass filtered wind velocity versus time at different heights observed by the MU radar on 8 - 12 August 1990.





広域多点観測・地上－あけぼのキャンペーン  
－磁場観測を中心に I－

林 幹治<sup>1)</sup>、国分征<sup>1)</sup>、山本達人<sup>1)</sup>、湯元清文<sup>2)</sup>、西野正徳<sup>2)</sup>、田中義人<sup>2)</sup>、小口高<sup>2)</sup>、巻田和男<sup>3)</sup>  
渡部富也<sup>4)</sup>、R.E.Horita<sup>5)</sup>、D.McEwen<sup>6)</sup>、A.Brekke<sup>7)</sup>、A.Egeland<sup>8)</sup>、福西浩<sup>9)</sup>

1)東大理、2)名大STE、3)拓殖大工4)UBC、5)UVic、6)USask、7)UTronso、8)UOslo、9)東北大理

Global Multi-Point Observation: Ground-AKEBONO Campaign

Magnetic Field Measurements I

K.Hayashi<sup>1)</sup>、S.Kokubun<sup>1)</sup>、T.Yamamoto<sup>1)</sup>、K.Yumoto<sup>2)</sup>、M.Nishitani<sup>2)</sup>、Y.Tanaka<sup>2)</sup>、  
T.Watanabe<sup>3)</sup>、R.E.Horita<sup>4)</sup>、D.McEwen<sup>5)</sup>、A.Brekke<sup>6)</sup>、A.Egeland<sup>7)</sup>、H.Fukunishi<sup>8)</sup>

1)U.Tokyo,2)Nagoya U.,2)Tkushoku U.,3)U.B.C.,4)U.Vic.,5)U.Sask.,6)U.Tromso,7)U.Olso,8)U.Tohoku

Global Auroral Dynamics Campaign, 1989-90 winter, was held as global multi-station network campaign to observe magnetospheric dynamics with auroral TV cameras at 11 sites, fluxgate magnetometers at 12 sites and induction magnetometers at 25 sites and was planned in consideration of conjunction study with AKEBONO satellite measurements. The apogee of the satellite was located in northern high latitude during the period.

Eight of key stations where both TV camera and magnetometers were operated were spaced with longitudinal spans of well dense in North America compared with the orbital period of AKEBONO, 3.5 hours. Three other key stations were set up in Greenland, Spizbergen and northern Norway. The orbital foot prints of the satellite on the ionosphere were roughly an arc crossing auroral zone from afternoon to early morning with the apogee around midnight. We could have three lucky stations, Skibotn(Norway), Kuujuarapik(East Canada) and Fort Nelson(West Canada) where daily encounter of the satellite traces about midnight took place within 100 km radius range during more than one month. In the low latitude side of the last two stations the foot print traced orbits also nearby another magnetometer station. In the dayside part of orbits which is low in altitude there were another set of ground-satellite correspondences.

Ground fluxgate magnetometers recorded with sensitivity of 125 pT and with a rate of one sample per each second. Induction magnetometers provided analog record of the frequency range below 5 Hz and with an amplitude range between 1 nT and 5pT at 1Hz.

Fluxgate and search-coil magnetometers on board AKEBONO sampled data 16 and 160 times every second, respectively.

Canadian magnetometer network, CANOPUS, provided 5 second sample data of 25 pT resolution continuously from 12 sites with a satellite link system.

Correspondences between magnetometer data from ground networks and AKEBONO in the magnetosphere are examined when magnetic field-lines conjugacy is expected. Short period phenomena will be focused first, presumably being temporal change even on the orbiting vehicle.

## GLOBAL MAGNETIC OBSERVATIONS ALONG 210° MAGNETIC MERIDIAN

Yumoto, K.<sup>1</sup>, Y. Tanaka<sup>1</sup>, T. Oguti<sup>1</sup>, M. Nishino<sup>1</sup>, K. Shiokawa<sup>1</sup>, M. Sato<sup>1</sup>, Y. Kato<sup>1</sup>,  
 Y. Ikegami<sup>1</sup>, K. Hidaka<sup>1</sup>, M. Seto<sup>2</sup>, T. Uwai<sup>3</sup>, S. Tsunomura<sup>3</sup>, B.J. Fraser<sup>4</sup>, F.W. Menk<sup>4</sup>,  
 and K.J.W. Lynn<sup>5</sup>

- 1; Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University, Toyokawa 442, Japan
- 2; Tohoku Institute of Technology, Sendai 982, Japan
- 3; Kakioka Magnetic Observatory, Japan Meteorological Agency, Ibaraki 315-01, Japan
- 4; Department of Physics, University of Newcastle, New South Wales 2308, Australia
- 5; Electronics Research Laboratory, Defense Research Centre, Salisbury, Adelaide, South Australia 5001, Australia

The Earth's near space environment is a dynamic and complex system of plasma that interact with geomagnetic and interplanetary magnetic field, resulting in the generation of electric current systems. This interaction region, the magnetosphere, is linked to the ground by magnetic field lines passing through the low altitude regions including ionosphere. A major new international scientific program, the Solar Terrestrial Energy Program (STEP), to commence in 1990 and continue for five years, will trace the flow of energy and plasma from the upstream solar wind, through the magnetosphere and ionosphere to the biosphere. The ionospheric signatures of magnetospheric energy transfer process can be recorded on the ground using appropriate magnetometers. Since it is also difficult to perform direct spacecraft measurement at the lower latitudes, ground-based observations are the only source of continuous experimental data.

In order to study transports of the energy from interplanetary space and into the equatorial region and on the global auroral dynamics, Japanese ground-based observation teams propose a globally coordinated magnetic observation program during the STEP period. To organize the observations efficiently, working plans are grouped into four regional categories, i.e., the polar region, high-latitude conjugate region, middle and low latitudes, and the equatorial zone. The representative institutes of the task teams, who take care of those regional categories, are Geophysics Research Laboratory, University of Tokyo, the National Institute of Polar Research, Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University, and Department of Physics, Kyusyu University, respectively.

Campaign-based, coordinated magnetic observations with a time resolution of 1 second in the four regional categories will be carried out during the periods of December, 1992 - February, 1993, December, 1993 - February, 1994, and after June, 1994, in cooperation with the ISTP satellite observations including AKEBONO and GEOTAIL. Quasi-continuous observations will be done at the following 210° magnetic meridian stations.

As indicated, the aims of the project will be achieved by the analysis of coordinated data obtained with 210° longitude magnetometer stations to be established as part of STEP. The observations will be carried out in the 210° magnetic meridian chain stations in cooperation with the ISTP satellite observations. The proposed chain is in the global region; high latitudes (3 stations at  $\pm 50^\circ$ ,  $60^\circ$ , and  $70^\circ$  in Siberia), middle and low latitudes (Moshiri, Kakioka, Tarumizu, Chichijima in Japan), the equatorial zone (Guam, Biak Island in Indonesia), and conjugate area (Darwin, Waiya, Exmouth, Birdsville, Dalby, Adelaide) in Australia. These observation sites will be supported by IZMIRAN and Inst. Earth Phys. in USSR, STE Lab. of Nagoya Univ., Kakioka Magnetic Obs., Tohoku Univ., Tohoku Inst. Technol., Tokai Univ. in Japan, LAPAN in Indonesia, and Elector. Res. Lab. and Univ. of Newcastle in Australia. The development of the chain stations will be made within the framework of cooperations provided by both Japanese ground-based observation programs and established international networks during the STEP period.

Magnetometer system of STE LAB, Nagoya Univ., consists of a Fluxgate Magnetometer (sensor, amplifier) with high resolution of 0.1 nT, Filter Box for pulsation data, 2-Pen Monitor, Digital Data Logger (DCR-3a), and Time Signal Generator. Magnetic signals ( $AH$ ,  $\Delta D$ ,  $\Delta Z$ ,  $dH/dt$ ,  $dD/dt$ ,  $dZ/dt$ ) in the frequency range from 2.5 Hz to direct current during 21 days will be registered on a digital cassette tape with resolution of 0.1 - 0.01 nT/LSB by means of the Digital Data Logger of 16 bit resolution with sampling rate of 1 second. Time signals (1 min, 1hr, and 24hr) of the Time Signal Generator are also registered on the cassette tape, and they automatically kept within  $\sim 1$  ms accuracy by means of the WWVH (Maui, Hawaii) and JJY (Koganei, Japan) standard radio waves.

In this paper, we will present preliminary results of wave characteristics of Psc, Pi 2, and Pc 3 magnetic pulsations observed at the middle and low latitude stations along 210° magnetic longitude.



# 静止軌道におけるPc 3-4 振動MODEの地方時依存性の統計的解析

松岡 均 ・ 斎藤尚生  
東北大理

STATISTICAL ANALYSIS ON LOCAL-TIME DEPENDENCE OF THE WAVE MODE  
OF Pc3-4 AT THE SYNCHRONOUS ORBIT

H. Matsuoka & T. Saito  
Geophysical Institute, Tohoku Univ., Sendai 980

Three-component magnetic field data obtained at the synchronous orbit by GOES-5, from January through June, 1986 is used to survey daytime magnetic pulsations. Applying the minimum variance method, Pc3-4 pulsations are classified into three modes; compressional, radially transverse, and azimuthally transverse. A local time change of the dominant mode of the pulsations is statistically obtained.

【目的】 衛星を用いた磁気圏ULF波動の観測が多くの研究者によって行われてきたが、空間的にどのような周期と振動方向をもつ波が分布しているか、そのSOURCEが何かということが最近注目されている。ここでは、静止衛星の磁場DATAを使用して、地方時によってどのような昼側ULF波動の振動MODEが卓越しているかを明らかにする。そして、そのSOURCEが磁気圏内か外かを明らかにするために、MODEの発生率とIMFの方向を比較する。

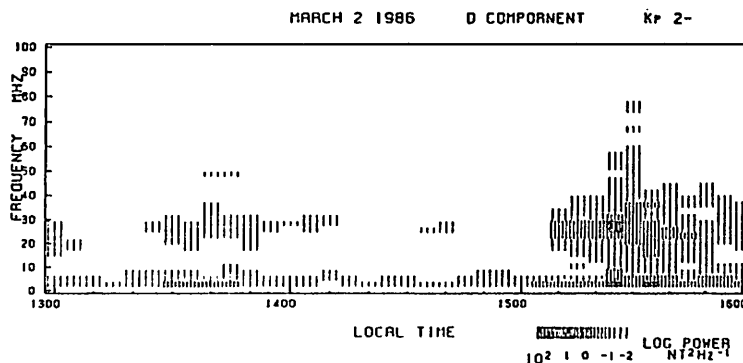
【DATA】 磁気圏の波動については、GOES-5（磁気緯度11°）及びGOES-8（磁気緯度9°）の1986年1月から6月までの期間について、600-1800LTの時間帯の磁場DATAを用いた。太陽風領域についてはIMP-8による同じ期間の磁場DATAを用いた。

【解析方法】 GOES-5 DATAについては全期間にわたって磁場の3成分にMINIMUM VARIANCE法を適用した。そして最も大きく振動する方向を決定して、波動を(A)COMPRESSIONAL, (B)AZIMUTHALLY TRANSVERSE, (C)RADIALLY TRANSVERSEの3種のMODEに大別した。図は(B)のMODEが観測された時の東西成分磁場のDYNAMIC SPECTRUMである。重要な現象についてはGOES-6 DATAと対比させることにより、SEQUENTIALに広域波動特性を調べた。また、これらとIMFの方向との関連も調べた。

【解析結果と結論】 Pc3-4の周波数領域では次のような傾向が明らかになった。

- (1) COMPRESSIONAL MODEが強く現れるのは正午付近に限られる。
- (2) AZIMUTHALLY TRANSVERSE MODEは昼側の広い時間帯にわたって存在する。
- (3) RADIALLY TRANSVERSE MODEは1000 LT以降に卓越している。

(1)と(2)より、昼側Pc3-4の重要なSOURCEとして、UPSTREAM WAVEが考えられる。そして、これがLOCALな磁力線共鳴を引き起こしていることが予想される。また、(3)のように半径方向の振動が朝側に少ない原因としては、PLAZMA SHEETからDRIFTしたIONによるものか、IMFの方向による影響が考えられる。



Dynamic spectrum of the azimuthally transverse component of the magnetic pulsations observed by GOES-5 on Mar. 2, 1986.

極域地磁気脈動の伝搬特性

加藤 賢一 利根川 豊 (東海大・工) 佐藤 夏雄 (国立極地研究所)

Propagation characteristics of magnetic pulsation in the auroral zone

K. Kato Y. Tonegawa (Tokai Univ.) N. Sato (NIPR)

Three-dimensional propagation of long period ( $t > 150s$ ) hydromagnetic wave is examined with geomagnetic data simultaneously observed at three stations in ICELAND and three conjugate stations in Antarctica near L=6. Conjugate points of the three station in Antarctica are also defined by analyzing the relation between phase and wave number at the stations.

南極の3点(昭和基地, あすか基地, マラジョジナヤ基地), そして昭和基地の共役点であるアイスランド3点の合計6点で同時観測された地磁気データを基に, オーロラ帯での地磁気脈動の伝播特性の解析をおこなった。

(両共役点各3点の同時観測データを用いたはじめての解析結果である。)

伝播特性を知るために波数ベクトルを使うが, この波数ベクトルは水平面での位相変化を線形に仮定することによって, 片半球に3観測点あるだけで求めることができる。

[ Tonegawa and Sato, 1987 ]

Tonegawa and Sato はアイスランドで求められた波数と, 南極側とアイスランド側の観測点の位相差から, 南極側の観測点の共役点を求めているが, 同じ手法で3観測点の共役点を求めてみた。

Fig. 1は, アイスランド側の3観測点だけで求められたPC5 (周期 200秒)の波数ベクトルの変化を表わしている。

Fig. 2は, Fig. 1で求めた波数を使って南極側3観測点の共役点の位置を求めたものである。

Fig. 2に見られるように, 3観測点ともIGRFモデルから求められた共役点と波数から求められた共役点は, 位相変化を線形に仮定しても大変近い所に位置する。

しかし, 昭和基地の共役点位置の時間変化が他の2点に比べて分散が大きいのは, 昭和基地周辺のCoast Line effect による影響を受けているものと考えられる。

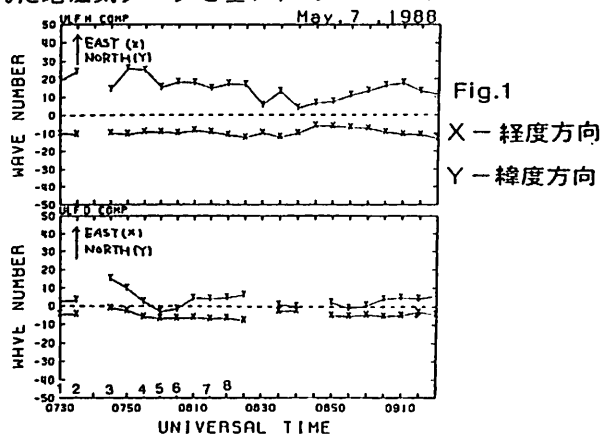


Fig.1

X-経度方向  
Y-緯度方向

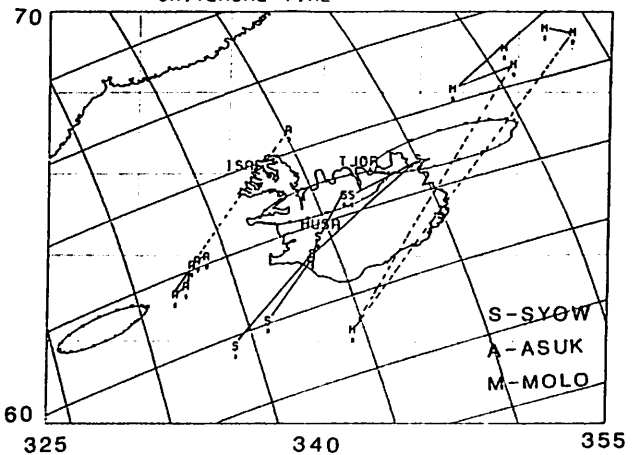


Fig.2 IGRFと波数から求めた共役点

## 21a-II-6

### Eigenmode Analysis of Coupled Hydromagnetic Oscillations in the Inner Magnetosphere

S. FUJITA (Meteorological College, Kashiwa 277)

V. L. PATEL (Naval Research Laboratory, Washington, DC 20375)

We performed 3-dimensional eigenmode analysis of the coupled hydromagnetic oscillations in the inner magnetosphere with dipole magnetic field. The finite element method was utilized for numerical calculation of the coupled oscillation equations. As for boundary conditions, we assume that the electric field of the oscillation is null at the ionosphere and that the azimuthal component of the electric field is null at the outer boundary at  $L = 6$ . The latter assumption corresponds to that the electric field of the fast magnetosonic wave is vanished at the outer boundary when  $m = 0$ . Two models of distribution of the Alfvén speed are employed in the present study; one has a trough of the Alfvén speed (plasmopause) in the radial distribution and the other does not have it. The field-aligned distribution of the Alfvén speed is the same in the two models.

Numerical results show the following characteristic behavior of the coupling oscillation in the inner magnetosphere;

1) Discrete spectrum of the Alfvén wave is generated by resonance with the fast magnetosonic wave. As field-aligned inhomogeneity reduces the coupling efficiency, the Alfvén wave does not have infinitely large intensity of the electromagnetic field at the resonant field line. The resonance has finite extent in the radial direction even when there is no energy dissipation.

2) When even and odd modes are defined as the modes whose electric field has bulk and node at the equator, respectively, the even (odd) mode of the Alfvén wave couples with the even (odd) mode of the fast magnetosonic wave.

3) Field-aligned distribution of the electromagnetic disturbance of the Alfvén wave spreads more widely than that of the fast magnetosonic wave.

4) Radial distribution of the electromagnetic field disturbance of the fast magnetosonic wave is apt to be confined in a trough of the equatorial Alfvén speed distribution (the plasmopause) in comparison with the results in the case of no plasmopause.

IPDP 生起時に於ける磁気圏磁場の変動  
- 矛盾するふたつの観測 -

T. W. Koleszar, 渡辺富也 (UBC); 林幹治, 園分征, 石田十郎 (東大理);  
小口高 (名大 STE研); 鶴田浩一郎, 町田忍 (宇宙研); 北村泰一,  
坂 翁介 (九大); R. E. Horita (U. Vic.)

MAGNETOSPHERIC FIELD CHANGES  
AT A TIME OF IPDP OCCURRENCE  
- TWO CONFLICTING OBSERVATIONS -

T. W. Koleszar & T. Watanabe (UBC); K. Hayasi, S. Kokubun & J. Ishida (U. Tokyo);  
T. Oguti (Nagoya U.); K. Tsuruda & S. Machida (ISAS); T. Kitamura &  
O. Saka (Kyushu U.); R. E. Horita (U. Vic.)

According to Roxburgh, IPDP's observed at Ralston, a higher mid-latitude station in Alberta, Canada, were concurrent with an enhancement in the magnetospheric field at ATS1, a geostationary satellite. Ralston and ATS1 were fairly close to each other in longitude. On the other hand, Bossen et al. found that most IPDP's detected at Tungsten, an auroral region station almost conjugate to ATS1, took place when the ATS1 magnetic field underwent a decrease or no change. These conflicting observations seem to have come from the mixing of two types of IPDP's. Data collected during the Auroral Dynamics Campaign, 1985/86, indicates that there are two types in IPDP: one takes place mostly in the subauroral regions whereas the other in the auroral regions. The IPDP's observed at Ralston are of the first type. Data acquired during the Pulsating Aurora Campaign 1980 also supports this view.

地表で観測される IPDP と、観測点の頭上にある、即ち観測点と同じ磁気子午面内にある静止衛星によって観測される磁気圏磁場の変動を比較して、Roxburgh (1970) は次のことを発見した:

(A) IPDP は磁気圏磁場の強度が増大しつつある間に生起する。

Roxburgh の使用した IPDP のデータはカナダ・アルバータ州南東部の Ralston (L= 3.7) で得られたもので、静止衛星は ATS 1 であった。ATS 1 の磁場の変化と、IPDP の周波数変化は両者の間で 15 分の時間のずれを施した場合の対応を示す。これは、Ralston での観測中、ATS 1 がハワイの上空にあったので、両者の間の経度に時間に換算して約 3 時間の差があるためと考えられる。

上記の発見に基づき、Roxburgh は更に IPDP の発生メカニズムについて、次のモデルを提出した:

(B) 磁気圏磁場の増大が ATS 1 によって検出されるときには、この衛星の場所に於てのみならず、IPDP の生起領域でも磁場の増大が起きている。磁場の増大は赤道面付近でプロトン・サイクロトロン不安定を惹き起し、あるいはそれを増幅して hm 波を発生させる。hm 波は磁気圏磁場の力線に沿って地上まで伝播し IPDP として観測される。

所で Bossen et al. (1977) は ATS 1 と磁気的に conjugate で、従って極光領域に存在する観測点、Tungsten, N.W.T. で得られた IPDP と ATS 1 の磁場変動を比較した結果、80% 以上の場合、IPDP は ATS 1 磁場の強度が増大するか或は一定に留まっていることを発見した。これは Roxburgh の発見、上記 (A) のみならずそれに基づいたモデル、(B) も否定するものである。しかしながら、Roxburgh と Bossen et al. 両者の観測結果の矛盾は見かけだけの事である。あるタイプが一つはサブ極光領域あるいはそれ以下の緯度で、他の一つは極光域である。従って、前者は静止衛星の観測結果 (A 項) は正しいと思はれる。Pulsating Aurora Campaign 1980 で得られたサブ極光領域の IPDP と静止衛星 (GOES 2 及び 3) の比較もこれを裏付けている。しかしながら、Roxburgh のモデル (B 項) も正しい事を意味する。また、この時分間の変動と静止衛星の磁場変動を比べて見た結果、それ等は多くの場合、逆相である。磁気圏空間での磁場の横相を示すものでは必ずしも逆相を示さないことを意味する。従って Roxburgh のモデルの基本仮説は保証されたものである。



玉尾 孜

東京大学理学部 地球物理研究施設

IMPLICATIONS OF GLOBAL CAVITY MODES FOR THE LOW-LATITUDE Pi2 PULSATIONS  
Tsunomu TAMAO ( Geophysics Res. Lab., Univ. of Tokyo )

Abstracts : We propose a conceptual model for the excitation and spatial distribution of pi2 pulsation at low latitude on the ground, which are observed simultaneously in daytime and nighttime with an in-phase relation of the H component. Based on simultaneous generation of and different characteristics between the localized shear Alfvén and the fast compressional modes (Fig.1), two possible interpretation are discussed. One is the global cavity modes in the plasmasphere with the azimuthal mode numbers  $m = 0, 1, \text{ and } 2$ . As is shown in Fig.2, the direction change of the H is taking place at the latitude corresponding to a foot of the field line which is a nodal line of the azimuthal electric field of the cavity mode oscillations. We can also expect a much larger intensity of the horizontal magnetic field signature near the equator on the ground compared with those in the magnetosphere. The other is ascribed to the dayside equatorial jet current resulting from the combination of a spreading ionospheric electric field induced by the shear Alfvén wave incidence with the dawn to dusk electric field at auroral latitude and the enhanced Cowling conductivity at the dayside equator.

夜昼同時に出現する低緯度 Pi2 脈動の概念的解釈を試み、次の二つの可能性を指摘する。

- (1) プラズマ圏内の磁気音波モードの捕捉固有振動の azimuthal mode 数が  $m = 0, 1, 2$  の重ね合わせとすると、夜側では  $m = 1$  と  $2$  が消しあい、昼側では  $0$  と  $2$  が打ち消して  $1$  が残る。Fig.2 に示す様に、赤道面付近では地表と磁気圏内の変動磁場は反位相であり、磁束の釣り合いから地表の磁場変動の大きさは磁気圏内に比して非常に大きく成り得る。
- (2) 夜側の高緯度に入射したアルビエン波 (Fig. 1) が電離層内に昼側赤道迄広がる二次的時間変動電場を誘起し、それと赤道付近のカウリング高電気伝導度と合わせて赤道ジェット電流を生じる。

Simultaneous Generation of Localized Alfvén and Global Compressional Modes

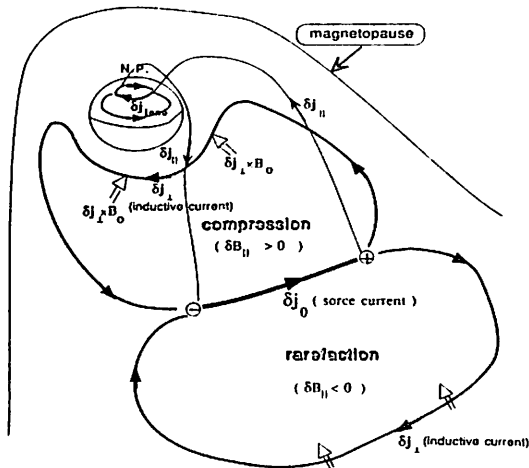
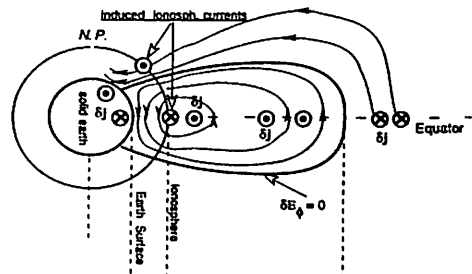


Fig.1 Simultaneous generation of the localized shear Alfvén wave with field-aligned currents and the global propagating fast compressional wave with the inductive currents perpendicular to field lines, associated with the sudden increase of a source current in the tail. The former propagates along field lines from the source current region in the tail and mainly contributes to EM-field perturbations at high latitude in the nightside. Its electrostatic field induces Hall current vortices in the ionosphere, which yield magnetic field perturbation on the ground at high latitude, as well as at low latitude in nightside. The latter forcedly excites the global compressional H M eigen-oscillations trapped in the plasmasphere whose inductive closed currents can give rise to the direct contribution to ground magnetic field signatures to be observed in low- and middle latitudes.

(a) Equi-contours of  $\delta E_\phi$  in a meridional cross-section



(b) Radial distributions of  $\delta E_\phi$  and  $\delta B_{||}$  in the equatorial plane

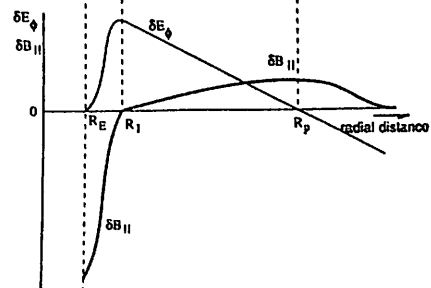


Fig. 2 Meridional cross-section illustrating intensity contour lines of the azimuthal electric field of the global mode with  $m = 2$  in the dayside that approximately coincide with stream lines of the time derivative of perturbed magnetic field, and distribution of the azimuthal currents in the inner magnetosphere, ionosphere, and the conducting solid earth. The azimuthal electric field vanishes along the magnetic field line represented by a full thick line as well as at the earth surface. (top) Radial distributions of the intensity of the compressional magnetic field component and the azimuthal electric field in the equatorial plane. (bottom)

$m = 0$  (Pi2) は本当か?

篠原 学 北村 泰一  
九大・理

$m = 0$  (Pi2) really happens to occur?

M.SHINOHARA T.KITAMURA  
Dept. Phys, Kyushu University

In the equatorial region, Pi2 is observed simultaneously, characteristically  $m \approx 0$ . A statistical study was made by using three equatorial data (Peru, Brazil, Cameroon) during the period between Dec. 1989 and Feb. 1990. It seems that Pi2 is not exactly  $m = 0$ , but propagates from dusk to dawn hemisphere in the equatorial region.

我々の研究室では、赤道域で得た高時刻精度磁場データより、この領域で観測される Pi2 が  $m \approx 0$  の性質を持つことを明らかにした。詳しく調べるとこれらは  $m = 0$  のものと、 $0 < m < 1$  のものに分かれ、 $0 < m < 1$  の Pi2 には観測点間の時間差の LT 依存性から図 1 の様な夜側から昼側への伝播の傾向が見られることが分かった。しかし、それまでに得られたデータは 2 観測点のものばかりで、 $m = 0$  の Pi2 も本当に 0 なのか、見かけ上の 0 なのか判別できなかった。今回 3 点同時観測データを得ることができたので、その解析結果を報告する。

1989 年 12 月～1990 年 2 月の約 2 カ月間、赤道域の 3 点ペルー・ブラジル・カメルーン (アフリカ) において地磁気の同時観測を行った。そのデータから Pi2 を約 100 個抜き出し、相互相関関数により 3 点間の時間差を見積った。時間差の大きさやその LT 依存性より次の 2 つの結論が得られる。

1) 解析した Pi2 の多くは 60～100 秒程度の周期を持っていて、これに対しペルー・ブラジル間 (時差 2 時

間) では  $0 \sim \pm 9$  秒程度の時間差 ( $m < 2$ ) が、ブラジル・カメルーン間 (時差 4 時間) では  $0 \sim \pm 12$  秒程度の時間差 ( $m < 1$ ) が見られる。10 時 UT 頃のデータがやや微妙だが、3 点で同位相の Pi2 が観測されることはない様である。従って、赤道域の Pi2 は完全な  $m = 0$  ではない。

2) LT との依存の様子は、Pi2 が夕側 (18～19 時 LT を中心として) から朝側 (8～9 時 LT) へ向かって伝播する傾向を示している。具体例を 2 例、下図に示す。図 2 は夕→昼→朝への伝播を、図 3 は夕を中心に夕→昼、夕→夜の両方向への伝播を示している。

Pi2 は複数の減衰正弦波によって構成されていると考えられる。今回の解析で用いたバンドパスフィルターでは、この構成要素の 1 つ 1 つを分解することまではできず、これらの合成の波形を見ているに過ぎない。今後、更に進んだ解析手法を用いることで、構成要素 1 つ 1 つについて  $m \approx 0$  等を調べることができると考えている。

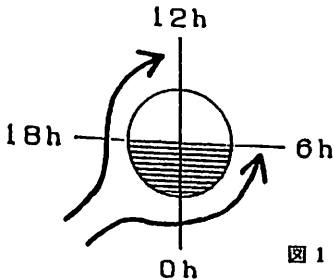


図 1

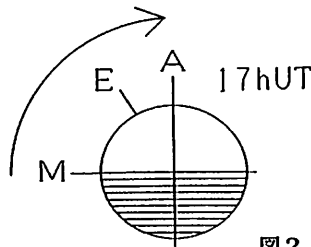


図 2

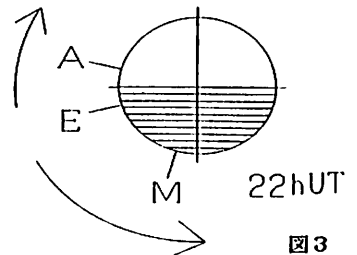
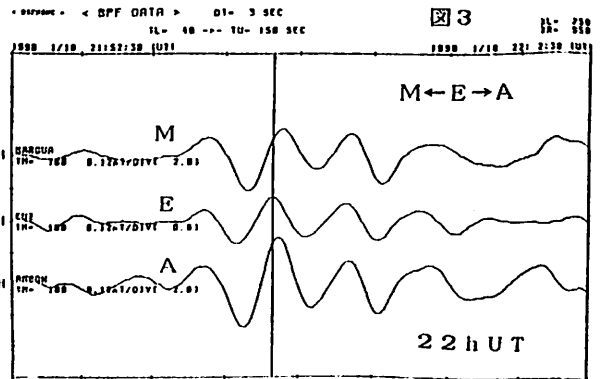
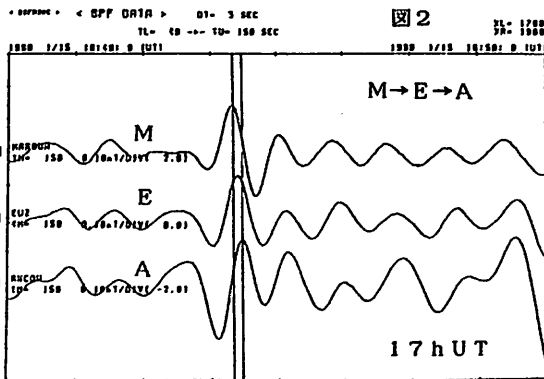


図 3



## 赤道帯 Pi 2 脈動の最尤パラメータ推定 (第2報)

糸長雅弘

九州大学中央計数施設

Maximum Likelihood Parameter Estimation of  
Equatorial Pi2 Pulsations. Part 2.

Masahiro ITONAGA

Computation Center, Kyushu Univ.

Equatorial Pi2 pulsations are supposed to be composed of multiple exponentially damped sinusoids. These pulsations are usually processed by a zero phase bandpass filter before being analyzed. The maximum likelihood (ML) method is applied to the problem of estimating the parameters (damping rate, frequency, initial amplitude, and initial phase) of Pi2 pulsations directly from the bandpass filtered data. The ML method presents exact estimates of the Pi2 onset time as well as the parameters.

観測時系列  $X(t)$  ( $t = 0, 1, \dots, N-1$ ) のモデルを、次式で与えられるような  $p$  個の減衰正弦波を零位相 FIR フィルタに通したものとす。

$$X(t) = \sum_{\tau=-L}^L h(\tau) s(t-\tau) + W(t), \quad s(t) = \sum_{k=1}^p A_k \exp(-\alpha_k t) \cos(\omega_k t + \phi_k) u(t)$$

ここで、減衰定数  $\alpha_k$ 、角周波数  $\omega_k$ 、初期振幅  $A_k$ 、初期位相  $\phi_k$  は推定すべき未知パラメータである。また、 $W(t)$  は平均値 0、分散  $\sigma^2$  のガウス性白色雑音であり、 $u(t)$  は単位ステップ ( $t < 0$  に対して  $u(t) = 0$ 、 $t \geq 0$  に対して  $u(t) = 1$ ) である。最尤推定問題とは、与えられたデータ  $x(t)$  ( $t = 0, 1, \dots, N-1$ ) に対して、

$$\sum_{t=0}^{N-1} \left| x(t) - \sum_{\tau=-L}^L h(\tau) s(t-\tau) \right|^2$$

を最小にする  $\alpha_k$ 、 $\omega_k$ 、 $A_k$ 、 $\phi_k$  を求めることである。この最小化は実際にはいくつかのステップを経て行われるが、詳細は講演時に言及することにする。

図1は Huancayo で観測された Pi2 の例であり、H 成分の生のデータと零位相帯域通過フィルタで処理したデータが示されている。ここで使用されたフィルタは4次の Butterworth であり、これを前後に走らせることにより零位相を実現している。これは IIR フィルタであるが、 $L$  を十分大きくとることにより FIR フィルタで精度良く近似することができる。図1の縦線の辺りで Pi2 が突然開始している。これに最尤法を適用した結果が図2に示されている。但し、 $N = 120$ 、 $L = 196$ 、 $p = 3$  である。実線は零位相帯域通過フィルタで処理したデータを表し、点線は推定されたパラメータを用いて復元された Pi2 を表している。この Pi2 の開始時間は 06:07:50.7 UT であった。

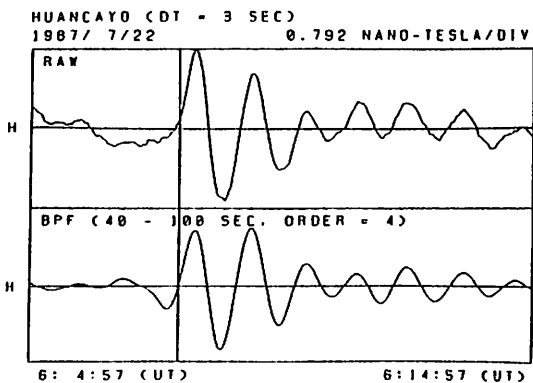


Fig. 1

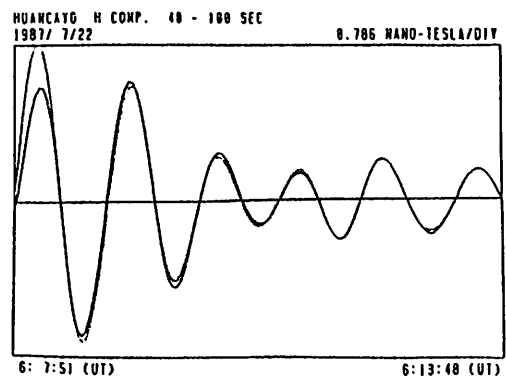


Fig. 2

Cavity Resonance に対応した Poloidal Mode の固有値問題について

吉川顕正<sup>1)</sup>, 糸長雅弘<sup>2)</sup>, 北村泰一<sup>1)</sup>

1) 九大・理, 2) 九大・中央計数施設

On an eigenmode problem of Poloidal Mode Oscillation correspond to the Cavity Resonance

Akimasa YOSHIKAWA<sup>1)</sup>, Masahiro ITONAGA<sup>2)</sup>, Taiichi KITAMURA<sup>1)</sup>

1) Department of physics, Kyushu Univ. 2) Computation Center, Kyushu Univ.

The equatorial Pi2's have been proved as waves with  $m \cong 0$ , which has been proposed as manifestation of a cavity resonance.

In this paper, this problem is attacked dealing with as an eigen mode problem of the poloidal mode oscillation in a region between the earth and the plasmopause.

A partial second-order differential equation (Sturm-Liouville equation) was obtained. The FEM (Finite Element Method) was used to solve the problem.

赤道域, ULF 波動の観測によると赤道帯 Pi2 波動 (周期 60 ~ 150s) は,  $m \cong 0$  という特徴的な性格が見いだされる。これは地球とプラズマポーズで囲まれた領域全体が振動する Cavity Resonance だという見方が出てきているが, そう断定するには早計すぎるデータ (篠原 etc.) が数多くある。しかしながら, それでも尚, この領域の持つ固有振動を理論的に調べることは現象の基本的理解の第一歩となろう。我々は双極子磁場  $B_0$  中の perfectly conducting cold plasma equation より  $m = 0, \nabla \cdot E = 0$  の poloidal mode の固有値問題を定常状態から出発して考察する。無振動状態を静止状態に選んだとき, 電場  $E$  の従う波動方程式は,

$$\frac{\partial^2}{\partial t^2} E = \frac{1}{4\pi\rho_0} B_0 \times \{B_0 \times [\nabla \times (\nabla \times E)]\} \quad - A$$

cavity resonance に対応して A の poloidal mode の固有値問題として捉える。このモードでは極座標表示で,  $\frac{\partial}{\partial \phi} = 0, E = (0, 0, E_\phi), \frac{\partial}{\partial t} = i\omega(e^{i\omega t})$  を用いると,

$$\nabla^2 E_\phi - \frac{1}{r^2 \sin^2 \theta} E_\phi + \frac{\omega^2}{V_A^2} E_\phi = 0 \quad - B \quad V_A: \text{アルフヴェーン速度}$$

更に,  $x = r \sin \theta, z = r \cos \theta$  を用いると, B より, Sturm-Liouville 型 2 階偏微分方程式

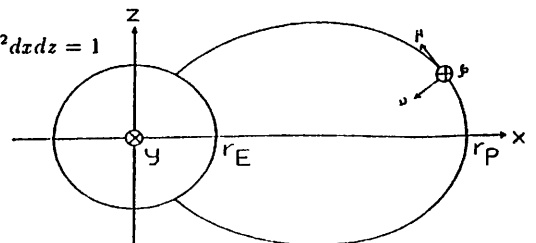
$$\frac{\partial}{\partial z} \left( x \frac{\partial E_\phi}{\partial z} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left( x \frac{\partial E_\phi}{\partial x} \right) - \frac{1}{x} E_\phi + \omega^2 \frac{x}{V_A^2} E_\phi = 0 \quad - C \quad \text{が得られる。}$$

C を図のような領域で解くことを考える。  $x > 0$  の  $x-z$  平面で  $r = r_E$  の円周と  $\nu = \frac{1}{r_p}$  の磁力線で囲まれた領域を D とし, その境界を  $\Gamma$  とすると, 境界条件  $E_\phi = 0$  at  $(z, x) \in \Gamma$  を用いて, C は汎関数

$$D[E_\phi] = \iint_D \left\{ x \left[ \left( \frac{\partial E_\phi}{\partial z} \right)^2 + \left( \frac{\partial E_\phi}{\partial x} \right)^2 \right] + \frac{1}{x} E_\phi^2 \right\} dx dz \quad \text{を}$$

$$\text{正規化条件, } H[E_\phi] = \iint_D \frac{x}{V_A^2} E_\phi^2 dx dz = 1$$

の下で最小にする変分問題に帰着される。我々は, これを利用して領域 D を有限個の三角領域に分割し, 各領域で  $E_\phi$  を基底関数で展開する有限要素法の手法を用いて, 系の持つ固有振動について調べ, 実際のデータと比較する。ここで発表する結果は,  $m = 0, \frac{\partial}{\partial t} = i\omega(e^{i\omega t})$  の単純モデルであるが, 今後, 有限 m number, 初期値発展問題へと展開する予定である。



# 磁気圏起源の赤道逆ジェット

北村 泰一 九大・理

The Magnetospheric Origin of the Counter Equatorial Electrojet.

Tai-ichi KITAMURA Dept. Physics, Kyushu University.

The motive force of the Equatorial Electrojet (EEJ) has still been far from the researcher's common understanding, in particular, that of the counter electrojet (CEEJ) has been just like in a dark tunnel.

In the present paper, we show the direct evidence which is indicating the magnetospheric origin of the CEEJ.

Dip赤道においては、日中、H成分が顕著に増大して明瞭な日変化を示す(第1図; A印)。これは赤道を中心として±3°幅の赤道電離層に流れる東向きのエレクトロジェット電流で説明され、赤道エレクトロジェット(EEJ)と呼ばれている。

しかしこのEEJは、時として、朝(第1図; B印)または夕方(第1図; C印)に、数時間のタイムスケールで夜間レベルを下回って減少することがある。これは『赤道逆ジェット』と呼ばれ、主エレクトロジェットに対し、西向き電流の存在で説明されている。

赤道エレクトロジェットそのものの理解の程度も低い、この赤道逆ジェットの物理的理解の度合は更に低い。この逆ジェットの生起が『月』に関係するとか、赤道電離層に吹く風に依るとか、諸説はあるがどれも説得力は少ない。

本講演では、この朝夕に見られる逆ジェットのうち、夕方に生起するものの大部分が、磁気圏電場に起源することの直接的な証拠をお見せする。朝方の逆ジェットについては今回はあまり触れない。

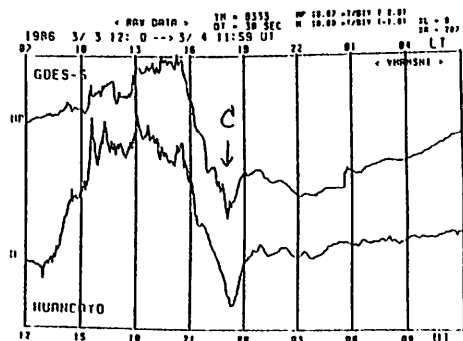
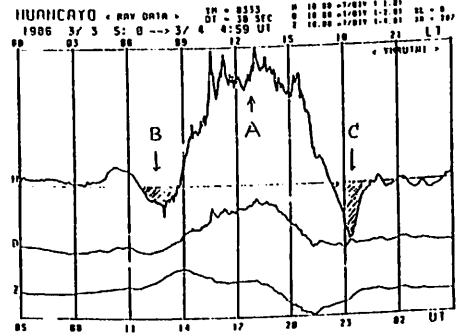
第1図の逆ジェットと同時刻のGOES 5のデータを比較したのが第2図である。対応は明らかであろう。GOES 5とワンカヨーとは同程度にあり、比較しやすい。

**[結論]**

1. このワンカヨーの水平成分に対応するGOES 5の成分はHpである。Hn, Heの対応はHpに比べてよくない。
2. このような逆ジェットとGOES 5の対応は非常に多く見いだされるが、すべての夕方逆ジェットが磁気圏電場に起源をもつ、と断定するほど現在の解析は進んでいない。

3. 朝方の逆ジェットがGOES-5と対応している例はない。従って、同じ逆ジェットでも、朝方のものと夕方のは全く別物と見なさざるを得ない。

この逆ジェットの等価電流図は現在の手持ちのデータからでは求め得ない。これらを決定するために、今年末にアフリカ、南米、パラオで観測網を設置することを計画している。



南部 充宏、羽田 亨 (九州大学教養部物理)

THE VALIDITY OF QUASILINEAR THEORY

M.NAMBU, T.HADA (College of General Education, Kyushu University)

The role of second order electric field in standard quasilinear theory is studied. The ensemble averaged second order electric field appears as a friction term in the quasilinear theory. The analysis shows that the ensemble averaged second order electric field vanishes for random phase turbulent fluctuations. Then, the standard quasilinear diffusion equation in velocity space is valid. For simplicity, we limit to the one-dimensional, high frequency electrostatic wave, here. Generalization to higher-dimensional, magnetized and electromagnetic cases are straightforward.

[1] 準線形理論はプラズマ中の波と粒子の相互作用を表現する基礎方程式で、スペースプラズマ現象の解析に広く使われてきた。ここでは、準線形理論の導出過程で通常無視されている二次電場の役割について考察する。

$$\begin{aligned} \text{ゼロ次: } & (\partial/\partial t) f_0 = \\ & e/m \langle E_1 (\partial/\partial v) f_1 \rangle \\ & e/m \langle E_2 \rangle (\partial/\partial v) f_0 \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} \text{一次: } & (\partial/\partial t) f_1 + v \nabla f_1 \\ & - (e/m) E_1 (\partial/\partial v) f_0 = 0 \end{aligned} \quad (8)$$

[2] 基礎方程式は Vlasov-Poisson 系である。

$$(\partial/\partial t + v \nabla - e/m E \partial/\partial v) F = 0 \quad (1)$$

$$E = -4\pi e \int F dv \quad (2)$$

ここで、E, F は電場、分布関数を示す。次に、電場と分布関数を平均量と揺らぎにわけ

$$F = f_0 + \delta f \quad (3)$$

$$E = \delta E \quad (4)$$

さて、揺らぎを波の振幅で展開し

$$\delta f = \epsilon^1 f_1 + \epsilon^2 f_2 + \dots \quad (5)$$

$$\delta E = \epsilon^1 E_1 + \epsilon^2 E_2 + \dots \quad (6)$$

以上 (3) - (6) 式を (1) 式に代入し、次数毎にまとめると

$$\begin{aligned} \text{二次: } & (\partial/\partial t) f_2 + v \nabla f_2 \\ & - (e/m) E_1 (\partial/\partial v) f_1 \\ & - (e/m) E_2 (\partial/\partial v) f_0 = 0 \end{aligned} \quad (9)$$

[3] 上記方程式系において、二次の電場 E<sub>2</sub> を無視すると (7) 式は良くしられた準線形拡散方程式になる。

$$(\partial/\partial t) f_0 = (\partial/\partial v) D (\partial/\partial v) f_0 \quad (10)$$

ここで、D は速度空間に於ける拡散係数を示す。以上の考察から、如何なる条件があれば二次の電場を無視できるかという問題に答える必要が発生する。

詳細は講演時に譲るが結論は、乱流電場が random phase であれば準線形方程式系は正しく波と粒子の相互作用を記述している。換言すると、小振幅乱流でも random phase でなければ準線形理論に於て、二次電場の効果は無視出来なくなる。

## Wave-Particle Interactions in Turbulent States of UHR Mode Waves due to Beam Instabilities

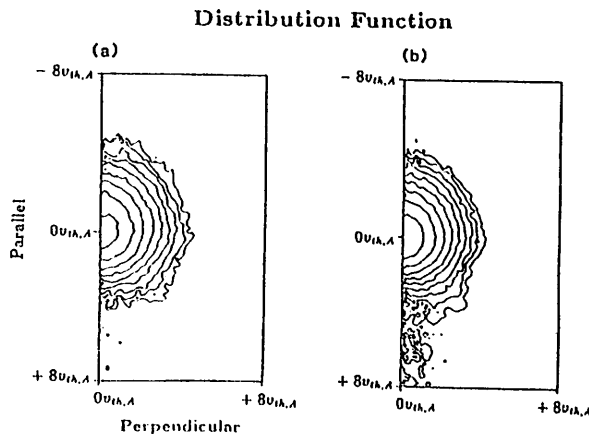
Tomohiko Watanabe and Hiroshi Oya  
Geophysical Institute, Tohoku University

**Introduction** Enhancements of UHR mode waves are always observed in the region of auroral particle and cusp particle precipitation regions by PWS system onboard the EXOS-D (Akebono) satellite. The UHR mode waves strongly interact with charged beam through the inverse Landau (coherent Cerenkov radiation) processes. For the generation of the UHR mode waves by beam interactions, it has been found by previous studies (Watanabe and Oya, 87th meeting of SGEPS) that the UHR waves are results of the competing processes of instabilities between the UHR mode waves and electrostatic whistler mode waves. The control of the competing processes mainly depend on the plasma parameters.

**Modeling** For complete understanding of the wave-particle interaction processes of UHR mode wave generation competing with the whistler mode waves, including the heating of particles and the nonlinear evolution of the waves, 2-1/2D electrostatic particle code simulations have been carried out relating to the beam instabilities. The present computer experiments are focused on the convective growth of waves in the beam-plasma interacting system, where the electron beam with a finite width is injected with constant flux for every time steps of the computer simulation.

**Results** The simulations show the following results: i) In linear regime, the UHR mode wave with the parallel wave normal angle makes growth in the up stream side of the beam-plasma coupling system, in the case,  $f_p > f_c$ , where  $f_p$  and  $f_c$  are the plasma frequency and the electron cyclotron frequency, respectively. ii) The generated wave accelerates ambient electrons in the direction parallel to the external magnetic field. iii) In the down stream side of the beam, the saturated UHR mode wave shows a weak turbulent characteristic, where the velocity distribution function of ambient electrons is enhanced for the velocity components in oblique direction with respect to the magnetic field direction interacting with the turbulent waves.

**Discussions** The anisotropic velocity distribution of ambient electrons in the down stream of the beam can be formed by the perpendicular component of oscillating electric fields of waves in the frequency range from  $f_p$  to  $f_c$ ; These processes are mainly due to the breakdown of the phase coherency the particles are scattered by the electric fields of the saturated UHR mode wave. The modulation of the electron velocity distribution function is more apparent for slower beam velocity case where the excited UHR mode wave resonantly interact with larger number of ambient electrons. This mechanism of the formation of the anisotropic velocity distribution function is possibly related to the electron conics observed by EXOS-D satellite.



Anisotropic electron velocity distribution functions resulted from numerical calculations for (a)  $V_D = 10v_{th,A}$ ,  $T_B = 10T_A$  and at  $t = 400\omega_p^{-1}$ ; (b)  $V_D = 7.5v_{th,A}$ ,  $T_B = 4T_A$  and at  $t = 300\omega_p^{-1}$ .

# ピアス型プラズマダイオードにおける ビーム-プラズマ カオスの計算機実験

白井 義比古

松本 紘

大村 善治

京都大学超高層電波研究センター

## Computer Experiments on the Beam-Plasma Chaos in the Pierce type plasma diode.

Yoshihiko USUI

Hiroshi MATSUMOTO

Yoshiharu OMURA

Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University.

By performing computer experiments using a 1 dimensional fluid code, we studied a beam-plasma instability in the Pierce diode. The Pierce diode is a plane diode filled with a plasma gas, and has highly conductive electrodes on its both sides. The potentials of the electrodes are kept equal to each other. This boundary condition drives the system into instability. The instability leads to a chaotic behavior under some critical condition. We will show the results of computer experiments, and discuss a mechanism and characteristics of this type of chaos.

自然界には多くのカオス現象が存在しているが  
現在我々はプラズマ中カオス現象の計算機実験及び  
解析に取り組んでいる。

我々はまずカオスについての基本的な理解を深める  
ためにピアスダイオードをモデルに取り [1] 計算機  
実験を行なった。ピアスダイオードとは 2 枚の電  
極の間にプラズマを閉じ込めたプレーンダイオード  
で、両端の電極の電位差が 0 で、磁場はなく、この  
領域に常に一定の速度で電子が飛び込むというもの  
である。[2] の研究によればこの領域内を通過する  
電子ビームは  $L\omega_p/V_0$  ( $L$ :領域の長さ、 $\omega_p$ :電子プラ  
ズマ周波数、 $V_0$ :電子ビーム速度) が一定値を越え  
ると不安定性をひき起こす。更に、このパラメー  
ター  $L\omega_p/V_0$  が或領域にある時単純な不安定性では  
なく、非周期的かつ不規則的なプラズマ振動(カオ  
ス)が見られる。

我々は境界条件

$$\phi(0) = \phi(L) = 0, v(0) = v_0, \rho(0) = \rho_0$$

(ここで  $\phi$  は電位  $\rho$  は電荷密度)

のもとで 1 次元静電流体方程式を解き様々なパラ  
メーター  $L\omega_p/V_0$  に対して数値計算を行いカオス現  
象の存在を確認することができた。今回はそれらの  
結果とカオス現象の機構について行った解析につ  
いて議論をし、更に進めて 1 次元静電粒子コードとの  
比較を行い現実により近い形でのビーム-プラズ  
マ系でのカオス現象について議論する予定である。

参考文献

[1] Y. Usui, 86th SGPSS Fall Meeting Abstracts  
P58

[2] B. B. Godfrey, Phys. Fluids 30,1553,(1987)

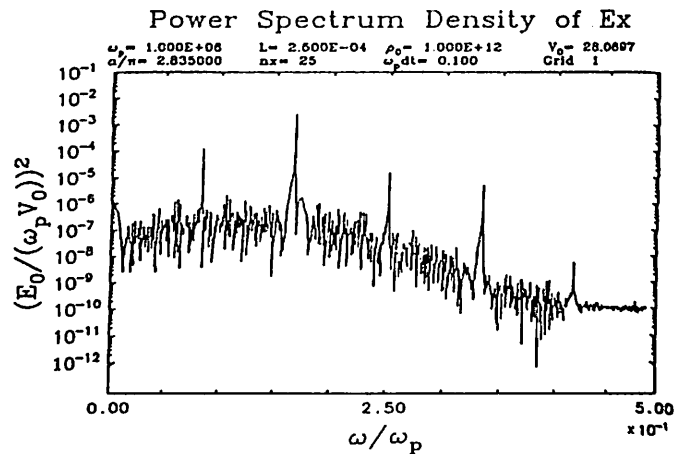


Fig. 1: Power Spectrum Density of Ex ( $x=0$ ).  
We can see a period doubling in the time history of  
electric field at the upstream electrode. where  $V_0$  :  
velocity at upstream electrode ;  $E_0$  : electric field  
at upstream electrode ;  $\omega_p$  : plasma frequency



# 21p-II-4 大振幅放射電磁波のエッジ通過によるプラズマ波励起 (Ringing Effect) の計算機実験

矢代 裕之      松本 紘      大村 善治  
京都大学超高層電波研究センター

## Computer Experiments on Ringing Effect Caused by the Passage of a Leading Edge of Strong EM Wave

Hiroyuki YASHIRO      Hiroshi MATSUMOTO      Yoshiharu OMURA  
Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University.

Recent computer experiments have revealed a new ringing effect caused by the leading edge of a radiated strong EM wave. The computer experiments use a  $1\frac{1}{2}$ -D full electromagnetic particle code (KEMPO) with open boundaries at both ends. We drive a steady high frequency monochromatic EM wave by imposing a current source at one edge of the model. A monochromatic electron plasma wave is generated whose phase velocity is nearly equal to that of radiated EM wave, when the amplitude of the EM wave exceeds some threshold value. Even if the pump EM wave has only one cycle, the plasma oscillation can be generated. It is excited at the edge of pump EM wave, because no ES waves are excited when we set the uniform EM wave as an initial condition. We will show a theoretical analysis on the mechanism of electron plasma wave excitation as well.

近未来の新しいエネルギー源であるとされるSPS(Solar Power Satellite)を想定し、そこから放射される強力な電磁波がもたらす様々な非線形効果を調べる事を目的に、我々は電磁粒子コード(KEMPO)を用いて計算機実験を行ってきた。[1][2]

用いたモデルは1次元の自由境界モデルである。ある地点  $X = 0$  において強制的に電流を励振することにより大振幅の電磁波を放射した。前回の講演では親波である放射電磁波がもたらす非線形三波過程とプラズマ加熱について発表した。すなわち  $\Pi_e t = 80$  ( $\Pi_e$ : 電子プラズマ周波数) 頃になると、非線形波動相互作用である三波共鳴により、平行伝搬モデルではラングミュア波が、垂直伝搬モデルでは電子サイクロトロン高調波の励起が確認された。またそれら静電波によるプラズマ加熱と静電波減衰の空間構造などが明らかになった。[3][4]

今回の講演では前回と同一のモデルを用いて、放射電磁波の先端エッジによるプラズマ波動励起について発表する。大振幅放射電磁波を1パルスでも与えると、外部磁場の有無に関わらずkベクトル方向の電界成分に次々に波動が励起されていく (Fig.1)。この波動は放射電磁波と同じ位相速度を持ち、その周波数は電子プラズマ周波数に等しい (Fig.2)。またこの波動は、初期にシステム全体に親波の電磁波を与えたときには発生しないことから、親波の先端部分が作りだしているものと考えられる。

このプラズマ波動励起の機構は定性的には以下のように説明できる。放射電磁波(親波)は  $E_x, B_y$  を持ち、 $x$  方向に進んで行くとする。まず親波の到来と共に電子は電場  $E_x$  により、 $V_x$  成分を持つ。続いて電子は親波の磁場  $B_y$  を感じて、 $V_x \times B_y$  により  $x$  方向に揺り動かされる。こうして生じた  $x$  方向の密度変動のうち、許されるモードはプラズマ振動のみであり、しかも伝搬する親波の先端が励起しているので、親波と同じ位相速度を持つのである。

講演当日には、種々なパラメータによる計算機実験の結果を示し、理論的解析についても議論する予定である。

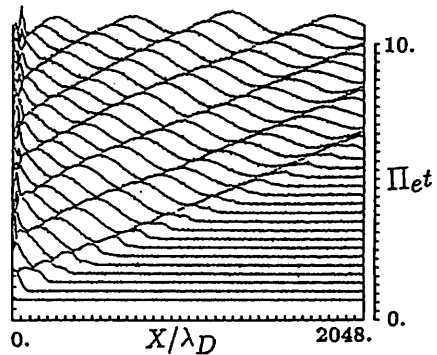


Fig. 1: Time evolution of an electron plasma wave generated by ringing effect.

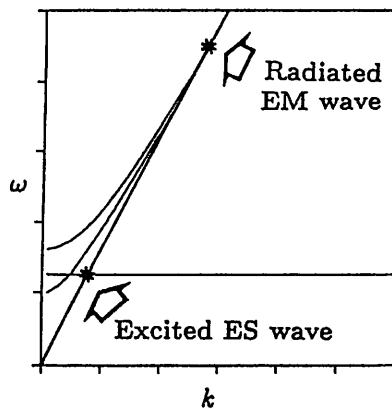


Fig. 2:  $\omega-k$  diagram of a pump EM wave and an excited ES wave.

### 参考文献

- [1] 平田 尚志、京都大学修士論文 (1989)
- [2] 橋野 高孝、京都大学修士論文 (1990)
- [3] 矢代 他、第86回 第87回 SGEPPS、講演予稿集
- [4] 矢代 他、WPGM 講演予稿集

佐々木進、臼井基文<sup>△</sup>、横田俊昭<sup>□</sup>、宮武貞夫<sup>△</sup>、太田正廣<sup>□</sup>、河島信樹  
宇宙研、電通大<sup>△</sup>、愛媛大<sup>□</sup>、都立大<sup>□</sup>

A STUDY OF PLASMA ENVIRONMENT AROUND A LARGE SPACECRAFT(2)

S.Sasaki, M.Usui<sup>△</sup>, T.Yokota<sup>□</sup>, S.Hiyatake<sup>△</sup>, H.Ohta<sup>□</sup>, N.Kawashima,  
ISAS, U. of Electro-Comm.<sup>△</sup>, Ehime U.<sup>□</sup>, Tokyo H.U.<sup>□</sup>,

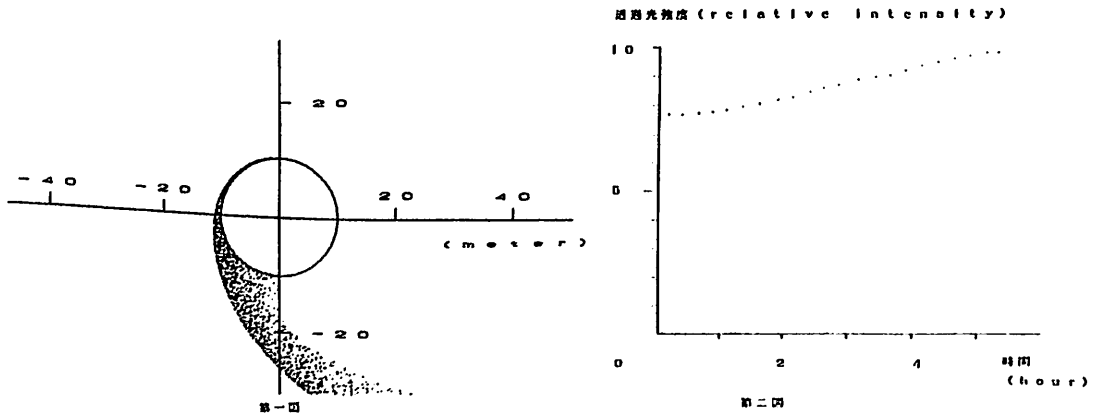
Four processes are involved in generating the plasma environment surrounding a large-scale spacecraft; modification of surrounding plasma, gas-plasma interaction, photo-emission, and secondary ion generation at the spacecraft surface. The last process plays an important role for current balance of a spacecraft in the magnetosphere when it is negatively charged. The effect of the secondary ions will control the plasma environment surrounding a space body in an extremely-high-speed plasma stream. The plasma environment generated by the secondary ions is studied both in a model calculation and laboratory experiments.

人工飛翔体周辺でのプラズマ環境の形成は、宇宙空間プラズマ中を飛翔する彗星、金星、木星磁気圏を周回するイオなど、天体周辺でのプラズマ現象と密接な関連がある。プラズマ中を運動する物体の周辺には、次のような現象が、引き起こされる。

- 1・飛翔体による背景電離層プラズマの反射と、ウェイク現象
  - 2・飛翔体から放出されるガスのプラズマ化
  - 3・太陽の紫外線による、フォトエミッション
  - 4・背景イオンの固体表面作用による、二次プラズマの生成
- 2は、電離層域の大型衛星に特有の現象であり、3、4、は、磁気圏衛星の電位及び、プラズマ環境に重要な役割を果たす。今回は、4の過程によって形成されるプラズマ環境について報告する。この機構は、超高速プラズマ流体中の天体や、負に強く帯電した天体周辺に形成されるプラズマ環境に、応用できる。

第一図は、磁場に対し垂直に運動する飛翔体の表面において二次イオンが発生した場合のプラズマ環境の例である。局所化した特有のプラズマのベルトが生成され、その領域で、低域混成波帯の波動が励起され得ることが予想される。固体表面に衝突するプラズマイオンが生成する二次プラズマは、衝突エネルギーが0.1keV以上の場合、スパッタリング効果が主役を果たし、それ以下の低エネルギーの場合は、複雑な原子分子反応が起きると予測される。生成される二次イオンの速度は、飛翔体の速度よりも、はるかに遅いため、二次イオンの生成率が、1よりはるかに低くてもその密度は、背景プラズマと比較して、無視できないほどになる。二次プラズマの生成は、一次イオンの種類、エネルギー、表面材質に依存すると予想されるが、現在、一部の組合せについてのデータが、得られているのみである。これらの基礎データを取得するために、イオンビームを宇宙材料に照射して、発生する二次イオンの生成率と種類を計測するための実験室実験を平行して進めている。生成率については、材料の膜厚を光学的に検出し、イオンの種類については、イオン分析器で検出する。

これらの方法は、SFUでの、固体・プラズマ相互作用実験でも適用される。第二図に、500eVのイオンビームを600オングストロームのアルミ膜に照射した場合のレーザー光の透過率の変化の例を示す。これらのデータとイオン質量分析器のデータを組み合わせることにより、スパッタリング率と、放出されるイオン及び、ガスの種類を評価することが出来る。



## あけぼの衛星によって観測された狭帯域 ELF ヒスの特性

澤田 晃, 太口 努, 木村 磐根  
(京都大学工学部)

Characteristics of narrow-band ELF plasmaspheric hiss  
Observed by AKEBONO Satellite

Akira SAWADA, Tsutomu TAGUCHI and Iwane KIMURA  
(Dept. of Electr. Eng. II, Kyoto Univ.)

Narrow-band ELF plasmaspheric hiss, whose frequency is in a range from 100 Hz to 1 or 2 kHz is frequently observed by VLF instruments on board AKEBONO satellite in the dayside region. The observed wave spectra of the hiss is almost constant in frequency along the satellite trajectory, while the  $L$ -value of the satellite position was changed continuously. The lower cutoff of the ELF hiss is close to the local proton cyclotron frequency, and in order to interpret the lower side cutoff of the hiss, we have to take an account of both the effect of  $L$ -mode cutoff and the propagating characteristics of the ELF hiss.

あけぼの衛星に搭載されている VLF 波動観測機器によって頻繁に観測されている VLF/ELF 波動現象の一つに、プラズマ圏内における狭帯域 ELF ヒスがある。

図は、1989 年 9 月 1 日における UT1902 時から UT1954 時までのプリンスアルバート局でトラッキングを行なった際における MCA 観測装置から得られた  $f-t$  ダイアグラムである。UT1919 時前後でスペクトルの特性が、変化しているが、これは、衛星がプラズマポーズ ( $L = 3.8$ ) を通過したためと考えられる。UT1919 時に、衛星がプラズマ圏に入った後は、磁気赤道域に至るまでの広い緯度範囲にわたって、100 Hz から 1 kHz の ELF 周波数領域での連続した狭帯域ヒスが観測されている。

この狭帯域 ELF ヒスは、昼側のプラズマ圏内の衛星軌道上において、非常に頻繁に観測されており、衛星位置の  $L$  値の変化 (前述の図の場合は、3.8 から 2.3 へ減少している) にもかかわらず、ほぼ同一の周波数特性を持っており、 $f-t$  ダイアグラム中で破線で示されるローカルな水素イオンのサイクロトロン周波数の付近で低周波数側のカットオフが存在する。また、強度に関しては、磁界成分が衛星位置によりあまり変化しないのに対し、電界成分は、高緯度の方が強くなる特性を示している。

磁気圏中の狭帯域 ELF ヒスに関しては、ISIS 衛星の波動データを用いた Ondoh *et al.*<sup>1)</sup> の報告にあるように、高周波数側のカットオフが、緯度に関わらず一定であるものは、磁気活動度に依存しない傾向があるのに対し、磁気圏擾乱時に観測される狭帯域 ELF ヒスは、高周波数側カットオフ及び低周波数側カットオフの両者が低緯度において低くなる特性があり、この際の高周波数側のカットオフは、 $L$ -mode 波のカットオフによるものと考えられている。<sup>2)</sup> これらのうち、あけぼの衛星で観測された狭帯域 ELF ヒスは、カットオフ周波数が、緯度に依存しないタイプの

のものであると考えられるが、低周波数側のカットオフに関しては、 $L$ -mode 波のカットオフを考えるのみでは、緯度に依存しない特性を説明することは、できず、ELF ヒスの伝搬特性を考慮しなければならない。

今回の発表においては、あけぼの衛星の観測結果に基づいた狭帯域 ELF ヒスの空間分布や緯度による周波数特性を詳しく報告すると共に、レイトレイシングを用いた理論的な ELF 波動の空間分布・周波数特性についての対比を報告する予定である。

**謝辞** あけぼの運用に関し、追跡チームの方々に感謝する。この研究は、科学研究費 (No.63420016) の補助を受けて行なわれたものである。

**参考文献** 1) Ondoh *et al.*, *J. of Radio Res. Lab.*, 80, 600, 1982. 2) Gurnett *et al.*, *J. Geophys. Res.*, 73, 7427, 1968.

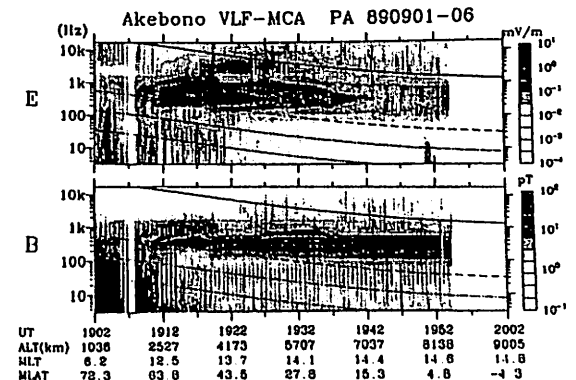


Fig. An  $f-t$  diagram obtained by MCA on September 1, 1989.

あけぼの衛星で観測されたオメガ信号の伝搬特性

岸 洋司 澤田 晃 木村 磐根 (京都大学工学部)  
あけぼの VLF 班

The Propagation Characteristics of Omega Signals  
Observed by the AKEBONO Satellite

Yoji KISHI Akira SAWADA Iwane KIMURA (Dept. of Electr. Eng. II, Kyoto Univ.)  
and AKEBONO VLF team

By the VLF instruments on board the AKEBONO Satellite, Omega signals have been frequently observed. Among them, we have already reported on some characteristics of the signals from the Australian Omega station. In this report, we will show the results of wave normal direction analysis about the Omega signals from the North Dakota station, and compare the propagation characteristics of both Australian and North Dakota signals. Finally the results of 3-D ray tracing will be presented.

あけぼの衛星 VLF 波動観測装置では、多数のオメガ信号が受信されている。これまで、特にオーストラリアのオメガ局から送信された 10.2 kHz の信号については、伝搬ベクトル  $k$ 、及びポインティングベクトル  $P$  が求められており、オメガ信号が比較的磁力線に沿った方向の  $k$  ベクトルをもって伝搬するという結果が得られている。今回は、ノースダコダのオメガ局 (地磁気緯度 55.98°N, 地磁気経度 34.83°W) から送信された 10.2 kHz の信号について、 $k$  ベクトル、及び  $P$  ベクトルの算出を行なった。

Fig. 1 は、1989 年 11 月 1 日、UT15 時 00 分から 15 時 20 分の間にあけぼの衛星で受信された、10.2 kHz のノースダコダのオメガ信号の  $k$  ベクトルの方向である。 $\theta$  は  $k$  ベクトルと外部磁場とのなす天頂角、 $\varphi$  は 磁気子午面からの方位角である。

受信されたオメガ信号の  $k$  ベクトルと、外部磁場とのなす角は 180°に近く、この信号が外部磁場に沿って上向きに伝搬することがわかる。さらに、衛星の磁気緯度が小さくなるにつれて、すなわち受信地点が送信点より遠ざかるにつれて、外部磁場と  $k$  ベクトルとのなす角が大きくなるという傾向が見られる。このような傾向は、オーストラリアのオメガ信号についても見られる傾向である。

一方、我々は、これらの衛星軌道上で得られた  $k$  ベクトルを用い、受信された信号がノンダクト伝搬のホイスターモード波であると仮定して、受信地点から信号の伝搬通路をさかのぼる逆レイ 트레이シングを試みた。

前述の時間にあけぼの衛星で観測されたオメガ信号の内、S/N 比の良いデータ 29 例に対して、逆レイ 트레이シングを行なった結果を Fig. 2 に示す。

伝搬通路は、あけぼの衛星軌道上からノースダコダのオメガ局付近に到達しているが、この到達点での外部磁場と  $k$  ベクトルのなす角が、90°近くになるという結果が得られた。これは、オメガ信号が波源から導波管モード伝搬した後、電離層を透過したとすると、電離層上部での  $k$  ベクトル方向は垂直に近くなければならないという事実と一致しない。現在の所、解析に用いたオメガ信号の例が少ないので、これが、一般的傾向であるかどうかについては明らかではない。

また、本講演では、オーストラリアとノースダコダのオメガ信号についての、強度特性や伝搬時間などについての比較も行なう予定である。

**謝辞** あけぼの運用に関し追跡チームの方々に感謝する。  
 $k$  ベクトル算出に必要な外部磁場データを提供頂いた、あけぼの MGF 班に謝意を表する。この研究は科学研究費 (No.63420016) の補助を受けて行なわれた。

**参考文献** 1) 山本 他、第 87 回 SGEPS 予稿集、1989。

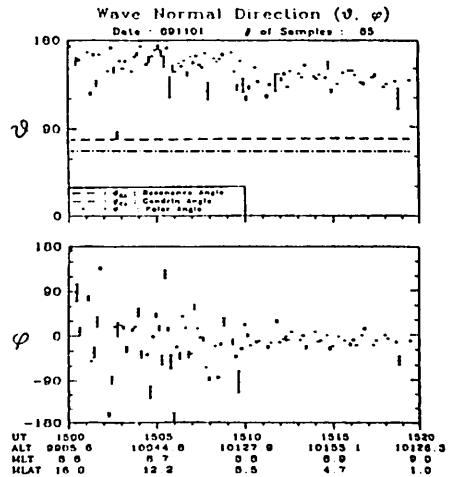


Fig. 1 Wave normal directions of the Omega signals from the North Dakota station.

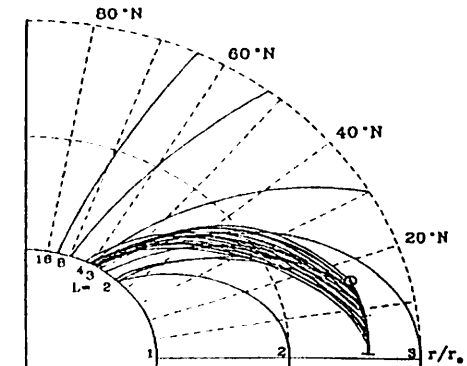


Fig. 2 Results of backward ray tracing of the observed Omega signals.

# ホイッスラー波の自己収束に関する計算機シミュレーション

上田 裕子<sup>1</sup>松本 絃<sup>2</sup>大村 善治<sup>2</sup>奥沢 隆志<sup>1</sup><sup>1</sup>電通大<sup>2</sup>京大超高層

## Computer Simulation of Self-focusing of a Whistler Wave

H. Ueda<sup>1</sup>H. Matsumoto<sup>2</sup>Y. Omura<sup>2</sup>T. Okuzawa<sup>1</sup><sup>1</sup>Denki-tsushin Univ.<sup>2</sup>RASC Kyoto Univ.

A self-focusing of microwaves in the ionosphere has been suggested for the SPS project. It may be caused by an inhomogeneity of plasma density along the direction of perpendicular to the wave normal. As the first approach to this problem, a duct propagation of a whistler wave in the magnetosphere is investigated by computer simulations, because the basic physics is similar. We will study a case where a density gradient across  $B_0$  may cause a modification of the amplitude profile of a whistler wave propagating along  $B_0$ .

太陽発電衛星 (SPS) 計画において、電力を輸送するマイクロ波が電離層の水平方向プラズマ密度の局所的な非一様性のために自己収束するという可能性が示されている。その場合に予想される問題として、電離層高度では一様平面波と考えられるマイクロ波の波束が局所的に収束しエネルギー密度にゆらぎが生じる、またさらにこの波によるポンデロモーティブ力がプラズマ密度のゆらぎを増幅し電離層に“穴”をあけることなどが指摘され、SPS 計画にとってはあらかじめ検討されるべき問題である。

そこでこの研究を始める手がかりとして、同様な原因によって生じると考えられ、また収束の起きるべき波動やプラズマの条件が観測および理論<sup>1)2)</sup>からも比較的知られている、磁気圏におけるホイッスラー波のダクト伝搬をモデルとして計算機実験を行なった。

講演当日には、Fig.1に示すように外部磁場と垂直方向にプラズマ密度が周期的な構造を持つ領域を R モードの電磁波が磁場と平行に伝搬する状況をシミュレーション空間に再現し、初期状態として与えた一様平面波の電磁場の振幅に局所構造が現れる条件について議論する。

### 参考文献

- [1] H. Washimi, *J. Phys. Soc. Japan*, 58, 1989
- [2] V. I. Karpman and A. G. Shagalov, *J. Plasma Phys.* 41, 1990

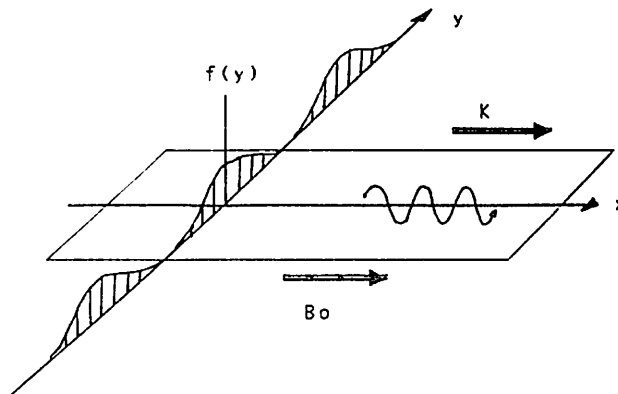


Fig. 1: Simulation Model. The initial whistler wave propagates along  $B_0$  in a plasma with a periodical density gradient across  $B_0$ .

# 21p-II-9 改良型 LTS コードによる VLF トリガード・エミッションの計算機実験

中山 稔啓      大村 哲治      松本 稔  
京都大学超高度電波研究センター

## Computer experiment of VLF triggered emission by the revised LTS code

Toshihiro NAKAYAMA      Yoshiharu OMURA      Hiroshi MATSUMOTO  
Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University.

We have performed computer experiments for the whistler mode wave-particle interactions in an inhomogeneous magnetic field. We have reproduced triggered emissions, rising tones and falling tones. We have used the LTS code where we solve the slow variation of the wave amplitude and phase measured from the reference wave frame. As the wave frequency goes up, the deviation of the wave phase from the reference wave frame increases. A large increase of this deviation prevents us to compute the wave phase accurately. We modified the LTS code so that the reference frequency is reset at each time step to the frequency of the dominant part of the wave. We will explain the modified algorithm of the LTS code, and show some results of the computer simulations with the revised code.

我々は、LTS コードを用いた計算機実験によりホイッスラーモード波動粒子相互作用を研究してきた [1][2]。我々が、LTS コードで用いているモデルでは、地球磁場はダイポール磁場を仮定し、コールドな電子は流体として扱っている。

前回までに、我々はトリガード・エミッションで代表的な rising tone と falling tone を計算機実験で実現することに成功している [3][4]。また、その結果は、あけぼの衛星での観測結果の解析と非常に一致を示している。しかし、急激な周波数の変化を得るために、波の位相  $\phi$  を基準周波数  $\omega_0$  と、波の波数  $k_0$  とで回転する座標系を導入して次式によって表現する。

$$\Psi = \omega_0 t - \int k_0 dz + \phi$$

ここで、  $k_0^2 = \frac{\omega_0}{c^2(\Omega_e - \omega_0)} \Pi_e^2$

波の周波数が上昇し、基準位相  $\omega_0 + \int k_0 dz$  からのずれ  $\phi$  が大きくなると、波の位相の決定が困難になる。そこで、今回、波の基準周波数  $\omega_0$  及び基準波数  $k_0$  を各タイムステップ毎でリセットし変更していくように改良を施した。

今回の講演では、改良したコードのアルゴリズムを中心に説明し、そのコードの正当性を確認するために行った様々な計算機実験の結果を示す。また、VLF トリガード・エミッションでは代表的な rising tone と falling tone のパラメータ依存性を示し、その発生機構の違いについての説明も行う。図 1、図 2 は、一例としてそれぞれ、波の振幅強度の時間発展と、周波数の上昇及び位相の時間的な進みを示す。

### 参考文献

- [1] 大村 哲治 Ph.D thesis, Kyoto University, 1985
- [2] Y. Omura, D. Nunn, H. Matsumoto and M. J. Rycroft, A Review of Theoretical and Numerical Studies of VLF Triggered Emissions. submitted to JATP, 1990
- [3] 中山 他, 87 回 SGPSS 講演予稿集
- [4] 中山 他, WPGM 講演予稿集

Lts Simulation

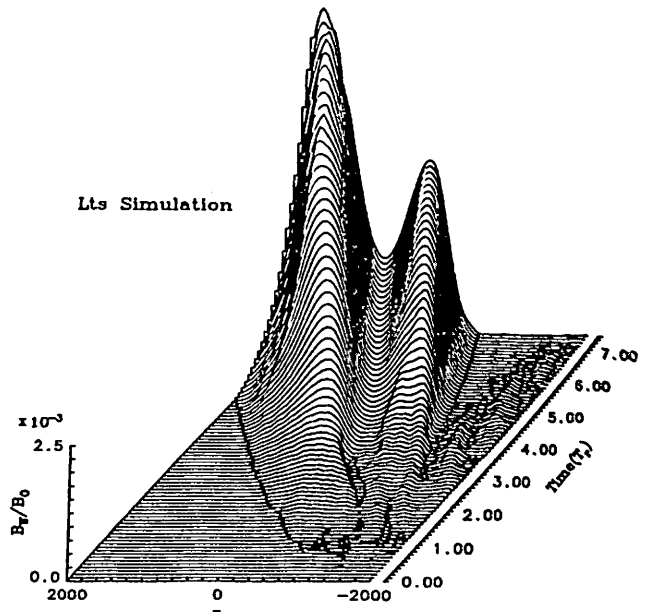


Fig. 1: Time evolution of a whistler mode wave amplitude  $B_W$ . We find amplification of the triggering pulse and generation of a triggered emission.

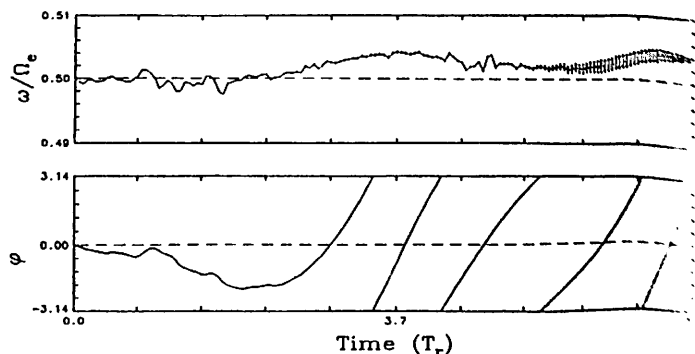


Fig. 2: Time evolution of  $\omega$  and  $\phi$  observed at  $z=0$  km for the run presented in Fig. 1.

恩藤忠典、中村義勝、渡辺成昭

通信総合研究所

LATITUDINAL CHARACTERISTICS OF VLF EMISSIONS OBSERVED BY DE-1 AROUND THE  
EQUATORIAL PLANE

T. ONDOH, Y. NAKANURA AND S. WATANABE

Office for Space Science, Communications Research Laboratory, Tokyo, 184

Various type VLF emissions received from DE-1 at Kashima, Japan were analysed. DE-1 traversed the nightside equatorial plasmasphere (geomag. lat.  $16.9^{\circ}\text{N}$  to  $1.0^{\circ}\text{S}$ ,  $L = 3.51$  to  $2.54$ , 0633 to 0648 MLT) from 1916 UT to 1942 UT on May 11, 1990 ( $K_p = 3+$ ). Falling emissions (6-8 kHz band) were observed at geomagnetic latitudes from  $16.9^{\circ}\text{N}$  to  $14.5^{\circ}\text{N}$ . Risers were observed at latitudes from  $14.2^{\circ}\text{N}$  to  $11.1^{\circ}\text{N}$ , and their frequencies rise from 8 to 15 kHz for 3 seconds. Risers may be explained by Dopplershifted electron gyro-emissions generated from keV electrons with energy dispersion. Falling emissions were again observed in 8.8 to 10.2 kHz and 10.9-13.0 kHz bands at latitudes from  $10.7^{\circ}$  to  $8.1^{\circ}\text{N}$ . Impulsive VLF waves (8-19 kHz) were observed in the plasmasphere. Whistler-triggered hisses were observed only at equatorial latitudes from  $3.7^{\circ}\text{N}$  to  $1.0^{\circ}\text{S}$  ( $L = 2.71$  to  $2.54$ ).

1990年5月11日に鹿島で受信したDE-1のVLF電界データのスペクトル解析をした。1916-1942 UT間にDE-1は地心距離3.25-2.54 Re、磁気緯度  $16.9^{\circ}\text{N}$ - $1.0^{\circ}\text{S}$ 度、不変緯度  $57.7$ - $51.1$ 度、 $L = 3.51$ - $2.54$ 、磁気地方時0633-0648と朝方の磁気赤道面付近を通過した。Rycroftのプラズマポーズと $K_p$ との関係式  $L_p = 5.0 - 0.5 K_p$ によれば、 $K_p = 3+$ の時  $L_p = 3.5$ が得られる。即ちDE-1はプラズマポーズの内側にあったと思われる。

1) 磁気緯度  $16.9$ - $14.5$  N度で、1秒間に8 kHzから6 kHzへ下がる下降型放射が観測された。2)  $14.2$ - $11.1$  N度、 $L = 3.31$ - $3.09$ では、3秒間に8 kHzから15 kHzへ上がるRiserが観測された。観測点の電子密度  $2000/\text{cc}$ 、電子ジャイロ周波数  $37.1$  kHzから、ホイストラモード屈折率は8 kHzで26.4、15 kHzで22.1が得られる。ホイストラモード波と電子ビームとの擦れ違い相互作用による電子ジャイロ放射のドップラーシフトによって、Riserが起こされたとする、エネルギー分散をもつ電子ビームがこの点を通りかかった場合を考えると、このRiserの8 kHz波は4.7 keV電子の、又15 kHz波はそれより3秒遅れて通りかかった1.1 keV電子のドップラーシフトを受けた電子ジャイロ放射によって説明できる。

3)  $10.7$ - $8.1$  N度で、再び  $10.2$ - $8.8$  kHzと  $13.0$ - $10.9$  kHz間に下降型放射が現れた。4)  $6.6$  N度、 $L = 2.84$ 付近で、約20秒間に涉って継続時間が100 msec以下の衝撃性雑音が8-19 kHzの広帯域で観測された。プラズマポーズの内側での衝撃性雑音の観測は、これが世界で初めてである。5)  $3.7$  N- $1.0$  S度

$L = 2.71$ - $2.54$ の赤道面付近で、ホイストラ誘起ヒスが4-14 kHz間で何度も観測された。勿論これより高い緯度でもホイストラは観測されたが、ホイストラ誘起ヒスは観測されなかった。この様に、DE-1によって磁気赤道面付近で、細かい緯度特性を示す異なるVLF放射が観測されており、今後の事例解析の結果と理論的モデルとの比較が持たれる。

# 電離層中の VLF ダイポール波源による 大地上の電磁界強度分布

長野 勇・北岸 陽一・八木谷 聡・木村 磐根\*\*

\*金大工 \*\*京大工

## Mapping of VLF Intensity excited by a dipole antenna in ionosphere

Isamu NAGANO\*, Youichi KITAGISHI\*, Satoshi YAGITANI\*, Iwane KIMURA\*\*

\*Dept. of Electr. Eng., Kanazawa Univ. \*\*Dept. of Electr. Eng. II, Kyoto Univ.

The VLF waves radiated from the polar electrojet antenna have been often measured not only at the ground but also at the satellite altitude.

It is required to be able to theoretically estimate the wave intensity on the ground. We have successfully developed a computer-code by which the distribution of the wave intensities on the ground can be calculated using full wave method under the assumptions that the transmitting antenna is a dipole located in the lower ionosphere and that the ionosphere is horizontally stratified. We will demonstrate a calculated contour mapping of the wave intensity excited by a dipole antenna at various altitudes.

最近、極地方の低域電離層に AM 変調された数 MHz の強力な電波を放射し、電離層の一部分を温めて、導電率を変化させてオーロラジェット電流を変調周波数 (数 kHz) の電流で等価的に変化させ、その電流源から放射される数 kHz の VLF 波が地上や衛星で観測されている [1]。これは、強力な VLF 波送信アンテナとしての利用ばかりでなく興味ある非線形プラズマ現象として注目されている。

しかし、電離層中で等価的に流れている数 kHz の電流の大きさや分布はまだはっきりとは解明されていない。

そこで、地上の強度及び偏波観測データから波源の大きさ、高度などを推定できないかと考え図 1 に示すように電離層中の微小ダイポールから放射される電磁波の電離層や大地の境界条件を同時に満たした界を求める数値計算コードを作成した。本報告ではそのコードの概略と一部数値計算法について報告する。

本方法は、均質プラズマ中のダイポールから放射される電磁波を平面波に展開し [2]、展開された素波について full wave (multi-layer 法) [3] を用いて不均質媒質中の界を求め、再合成する方法である。電離層-自由空間-大地を平面層状媒質と仮定しているため、地球の球面の影響を受けない近距離の電磁界の計算にのみ有効である。

一つの計算例として表 1 のパラメータを用いて極地方のモデルで計算した例を図 2 に示す。ただし、ダイポールアンテナの高度は 90km、向きは南北で、磁北を  $y$  方向にしたときの  $|Z_0 H_x|$  を  $0\text{dB}=1\mu\text{V}/\text{m}$  で表している。

今後はこの方法を利用して HIPAS などの実験において大地上で観測した VLF 波強度から、電離層中の等価電流強度の推定を行いたい。

### 参考文献

- [1] I. Kimura et al.: "Satellite and Ground observation of HIPAS VLF modulation", GRL (in press)
- [2] 前田 登一, 木村 磐根: "電磁波動論", オーム社, 258-259, 1970
- [3] I. Nagano et al.: "Numerical calculation of electromagnetic waves in an anisotropic multilayered medium", Radio Sci., 10, 6, 611-617, 1975

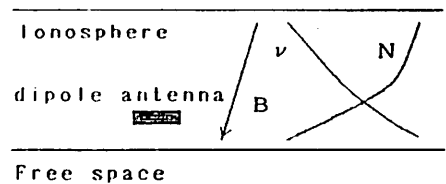


Fig.1 Calculation model.

Table 1 Parameters used in full wave calculation.

Frequency	2.5kHz
Gyrofrequency	1.4MHz
Dip angle	76.0deg.
Altitude of fullwave calculation	70-140km
Number of strata	28
h/30km	1A
Conductivity of the ground	0.001S/m
Permittivity of the ground	10
Number of total plane waves	11277

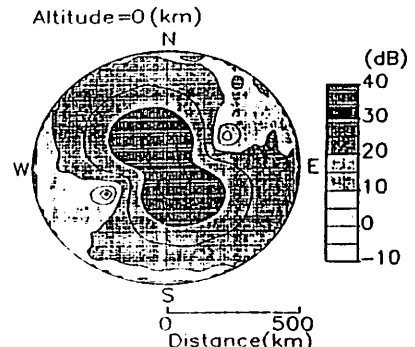


Fig.2 Field intensity on the ground.



# 北極域電離層内における自然VLF 及びオメガ電波の観測

岡田敏美 (富山県立大学)      長野 勇      湯上和之 (金沢大学工学部)

Rocket observation of natural and Omega VLF Wave in the northern polar ionosphere

T.Okada<sup>1</sup>, I.Nagano<sup>2</sup>, K.Yugami<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Toyama prefectural Univ.    <sup>2</sup>Kanazawa Univ.

The VLF instrument observed wave electric and magnetic field components in frequency range 0~5kHz and also measured Omega signal of 10.2kHz with S-520-12 rocket. We will report the preliminary result of this rocket observation.

**1. 序** 1990年2月26日0206UTに宇宙科学研究所のS-520-12号機が、ノルウェーのアンドイアで打ち上げられた。本ロケット実験には、パルセティングオーロラ発生に伴う諸現象を観測するための各種観測機器が搭載された。この内、低周波プラズマ波動観測装置(VLF)では、数十Hzから5kHzまでの電界及び磁界を広帯域、またオメガ電波(10.2kHz)の強度も測定した。

**2. 観測** 図1にVLF観測装置の構成図を示す。5kHzまでの波形データは、PCMに変換し、地上へテレメータ伝送された。広帯域受信機(ワイドバンド)では、ダイポールアンテナによる電界1成分、およびサーチコイル磁界1成分を観測した。ロケット上昇時は、0~2.5kHzの帯域で電磁界を同時に観測し、下降時には、電界と磁界を20秒毎に切り換え、帯域を0~5kHzにまで広げて観測した。また、ロケット射場近くのオメガ局(アルドラ10.2kHz)電波の電界及び磁界成分の強度を測定した。

**3. 観測結果**

**3.1. ワイドバンドスペクトル** ワイドバンド波形データから求めたf-tダイアグラムを図2に示す。80~180秒において、50μV/m以上の強い電界成分が1kHzを中心にして見られる。これはロケットのスピンのによって強度が著しく変化すること、またロケット高度により周波数が変化するという特徴をもつ。磁界センサは最小検出レベルが~0.1mV/√Hzとなっており、通常のVLFエミッションならば十分に検出できる性能である。しかし、本フライト中にはコーラス、ライザー等のエミッションは観測されなかった。一方、地上観測では微弱ではあるがライザーが受信されていた(町田氏)。この点は、そのようなエミッションの発生、伝搬機構を考える上で注目すべきである。

**3.2. オメガ電波** アルドラオメガ局(10.2kHz)のロケット下降時における電波強度を図3に示す。図3(a)は、測定した磁界と真空中のインピーダンスZ<sub>0</sub>から求めたZ<sub>0</sub>H、(b)は電界である。図3の実線は同時に測定された電子密度分布(東北大、森岡氏)を用いてfull wave計算によって求めた電界、磁界の水平成分である。この磁界の測定値はfull wave計算値とほぼ一致するが、電界成分には120~175km高度において10dB以上の不一致が見られる。この原因は目下謎である。

**4. まとめ** S-520-12号機ロケット実験で得られたVLFデータの解析結果について述べた。今後は電場のDC成分なども併せて、他の同時搭載機器(高周波波動、粒子、磁場など)のデータなどと総合的に解析を進めていきたい。特に同観測時には、パルセティングオーロラが周期10秒で生じていたので、VLFデータと関係があるかどうか注意到したい。

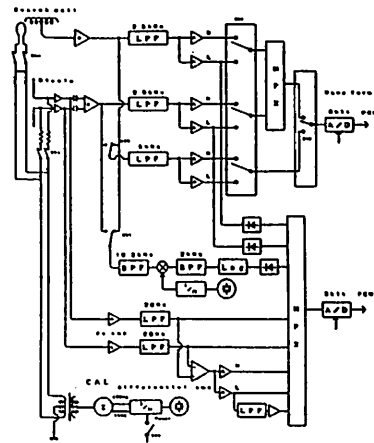


Fig1. Block diagram of VLF receiver on board S-520-12 Rocket.

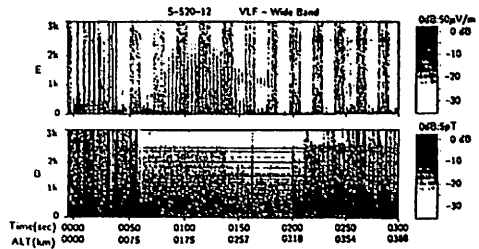


Fig2. Frequency-time diagram electric and magnetic field components of VLF signal.

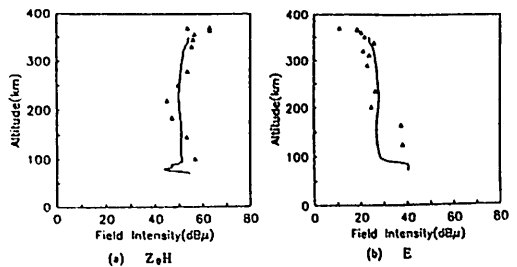


Fig3. Profile of Intensity vs altitude of Aldra Omega(10.2kHz) Thicklines denote a fullwave calculation result.

中村 義勝、恩藤 忠典、渡辺 成昭 (通信総研)、T. F. Bell (スタンフォード大)  
V. Chmyrev (IZMIRAN, トロイツク)

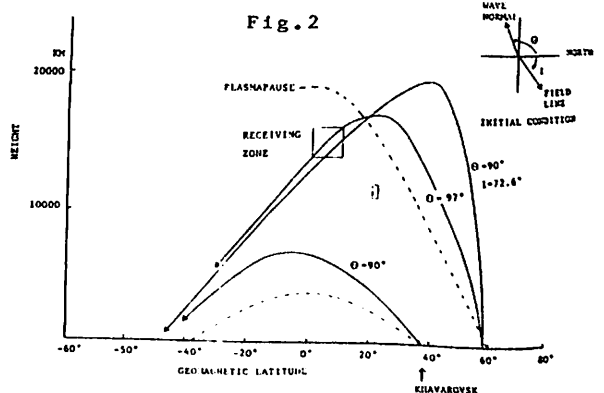
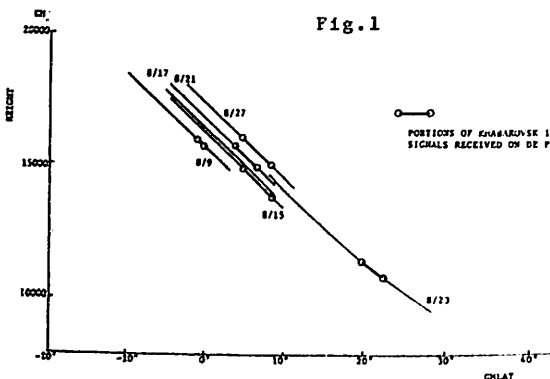
Observation of 15kHz Waves Transmitted from Khabarovsk by DE-1 (2)

Y. Nakamura<sup>1</sup>, T. Ondoh<sup>1</sup>, S. Watanabe<sup>1</sup>, T. F. Bell<sup>2</sup> and V. Chmyrev<sup>3</sup>

1: Communications Res. Lab., Tokyo, 2: Stanford Univ., 3: IZMIRAN Troitsk

Whistler mode signals of 15 kHz transmitted from Khabarovsk (Geomag. lat. 37.6°N, long. 199.8°E) were received by DE-1 at Kashima, Japan. Fig.1 shows portions of Khabarovsk 15 kHz signals received on DE passes. Khabarovsk 15kHz signals are received in a relatively narrow region of geomagnetic lat. of 0.1°S-22.5°N and a height range of 10900 km-15700 km. According to ray tracing results of non-ducted whistler mode waves, Khabarovsk 15 kHz signals seem to penetrate into the ionosphere in the vicinity of the plasmapause after northward wave guide mode propagation, go up to the heights of about 20000 km along the outside of the plasmapause, and descend into the plasmasphere. The ray path is eminently unsymmetric about the geomagnetic equator compared with the non-ducted ray path in the plasmasphere (Fig. 2). The unsymmetric ray paths occur due to the passage of the region of  $f > f_g/2$ .

鹿島宇宙センターからのテレメトリにより、DE-1衛星でソ連のハバロフスク局 (地磁気緯度 37.6°N, 地磁気経度 199.8°E) の 15 kHz 送信波 (800 kW) を 1989年 8月 9, 15, 17, 21, 23, 27日に観測した。Fig.1は、各観測日の実験パスについて、DE-1衛星のプラズマ波動データを取得したパスの範囲 (実線) と、そのデータ中にハバロフスク局の 15 kHz 波が検出されたパスの範囲 (太線) を示したものである。ハバロフスク局の 15 kHz 波は、磁気地方時 2356 - 0018 MLTにおいて、 $L=3.2-3.5$  の磁力線上の高高度 10900 km - 15700 km、磁気緯度 0.1°S - 22.5°N という比較的限定された狭い領域で受信されている。レイトレーシング法により伝搬経路を検討した結果、DE-1衛星により高高度で受信されるハバロフスク局の 15 kHz 波は、導波管モードにより北側に伝搬した後、プラズマポーズ付近で電離層に侵入し、その後プラズマポーズ沿いにプラズマ圏の外側を高高度約 2万 km まで上昇した後、プラズマ圏内に下降して来るものと考えられる (Fig.2)。この伝搬経路は通常プラズマ圏内において存在する、磁気赤道に関して準対称的な非ダクト型伝搬の経路と異なり、磁気赤道に関して顕著な非対称性を示す。本講演会ではプラズマポーズ近傍で発生する、この非対称 ray path の特性を明らかにする。非対称 ray path は  $f > f_g/2$  の領域を通過するために生ずる。また波動法線の初期値を鉛直上方 ( $\theta=90^\circ$ ) から北向きに向けると非対称 ray path は準対称的な非ダクト型 ray path に不連続に移行する。従って ray path の受からない領域が存在する。8月23日は受信高度がやや低いが、プラズマポーズ近傍より幾分内側から電離層に入射しプラズマポーズの内側沿いに  $f > f_g/2$  の領域を通過する、屈曲した ray path を受けた可能性がある。



## コーラスの方位測定とその発生・伝搬について

服部克巳、 早川正士、 島倉 信  
名古屋大学太陽地球環境研究所 千葉大学工学部

On the direction finding of chorus emissions observed in the off-equatorial region in the outer magnetosphere and their generation and propagation

Katsuni HATTORI<sup>1</sup>, Masashi HAYAKAWA<sup>1</sup>, and Shin SHIMAKURA<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya Univ., Toyokawa

<sup>2</sup> Department of Electronic Engineering, Chiba Univ., Chiba

The satellite data have been used to determine the wave normal directions of chorus emissions observed in the off-equatorial region in the outer magnetosphere with using the wave distribution function method. In this event there are two types of chorus; rising tone and impulsive one. However, in this paper we treat only normal rising tones. As for them there are no apparent tendency of wave normal direction angle  $\theta$  with frequency and their  $\theta$  values are mainly distributed within  $30-55^\circ$ . We also investigated previous works for direction findings of chorus emissions and point out several problems. One of them is solved with using two dimensional ray tracing computations and we can determine the propagation effects.

磁気赤道面から離れた場所で衛星によって観測されたコーラスの方位測定を波動分布関数法を用いて行った。図1に解析したイベントのスペクトル図を示す。スペクトル図中には2種類のコーラスが確認できる。1つはrising toneであり、もう1つはimpulsive状のものである。今回の発表では主にrising toneを取り扱う。また、今までに報告されているコーラスに関する方位測定結果を調べ、3つのパラメータ(1)observing latitude(2)normalized wave frequency(3)spectral shape( $dI/d\omega$ )が $\theta$ 値に関して極めて重要であることがわかった。同時に未解決の問題が数多く残されていることも明らかとなった。その中の1つに伝搬効果がある。low frequency rising toneに関しては赤道面近くでlongitudinal wave generation ( $\theta \sim 0^\circ$ )で生じているとされているので、この仮定を用いて、コーラスの発生領域(赤道面近傍)から2次元レイ 트레이シングを行い、伝搬効果を調べた。この計算は、今回解析したイベントと、off-equatorial regionにてOgo-5で観測されたコーラスイベント(Burton and Holzer, JGR 1974)とになされた。詳細は講演時に行うが、方位測定とレイ 트레이シングを組み合わせるにより、発生領域・伝搬機構の解明が可能となることが明らかとなった。

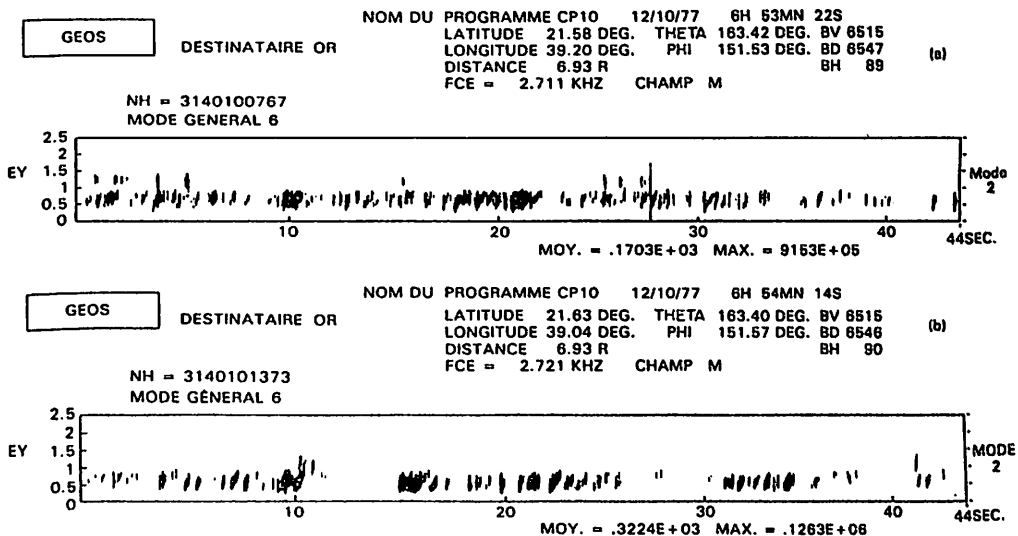


Fig.1 Spectrograms of chorus emissions observed at off-equatorial region onboard GEOS 1 satellite on 12 October, 1977.

# 21p-II-15 Propagation mechanism of very unusual low-latitude whistlers with additional traces of the Earth-ionosphere waveguide propagation effect

Shin SHIMAKURA<sup>1</sup>, Mihoko MORIIZUMI<sup>1</sup> and Masashi HAYAKAWA<sup>2</sup>

1. Dept. of Electrical and Electronic Eng., Chiba Univ.

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

The purpose of the present paper is to discuss the propagation mechanism of very unusual whistlers with additional traces of the Earth-ionosphere waveguide propagation observed simultaneously at Sakushima and Kagoshima on the basis of the location of their causative atmospherics and their ionospheric exit regions in the northern hemisphere. This kind of simultaneous location of the exit regions of whistlers and causative atmospherics is the first attempt and proves to be of great potential in whistler propagation studies.

It is found that the causative atmospherics of very unusual whistlers are located exactly at the duct entrance and are trapped in a magnetic duct in the local sunrise meridian, and so the additional traces of the Earth-ionosphere waveguide propagation is concluded to be due to the subionospheric propagation after leaving the ionosphere. The possible longitudinal gradient of the ionosphere at the duct exit enables the whistler wave energy to be concentrated in a restricted sector in azimuth (in this case, east to west) to be received at our stations. Wave emergence from the ionosphere over a wide exit angle, together with the extremely small divergence loss, results in a efficient wave interference, which leads to the formation of the conspicuous traces of the 1st and 2nd order mode cutoffs of very unusual whistlers. On the other hand, atmospherics not accompanying any whistlers are estimated to be located far from the duct entrance.

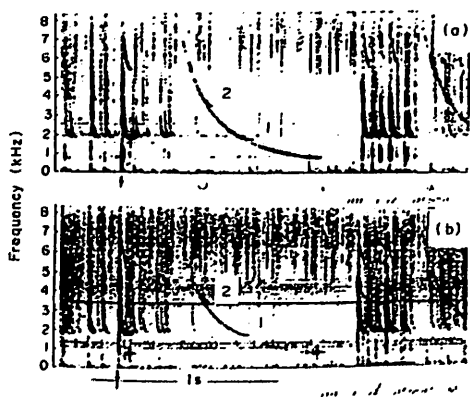


Fig. 1 The dynamic spectra of an unusual whistler observed simultaneously at (a) Sakushima and (b) Kagoshima. The causative atmospheric is indicated by an arrow. The labels 1 and 2 indicate the cutoffs of the 1st and 2nd order modes, respectively.

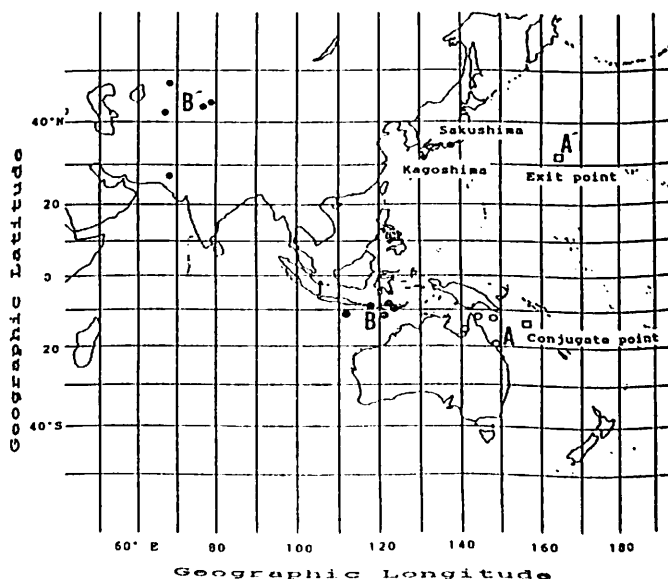


Fig. 2 The locations of atmospherics based on the distances from the two stations. White circles (including A) indicate the locations of causative atmospherics of unusual whistlers which have exited the ionosphere at the point A' in the Northern hemisphere. Both points B and B' are the possible locations of atmospherics without accompanying any whistler, and black circles are the locations of atmospherics without whistlers

☒ 第Ⅲ会場

19a-Ⅲ-1~10

19p-Ⅲ-1~15

20a-Ⅲ-1~5

21a-Ⅲ-1~12

21p-Ⅲ-1~15

半田 駿、田中良和  
(佐賀大 教養) (京大 理)

Preliminary report on the MT observations on Tsushima Island

Shun Handa<sup>1</sup> and Yoshikazu Tanaka<sup>2</sup>  
1. Saga Univ. 2. Kyoto Univ.

The MT surveys have been conducted on Tsushima Island which locates between the Korean Peninsula and the Kyusyu island. The induction vectors for periods longer than about 5min. have relatively smaller amplitudes than those expected by the island-effect on the geomagnetic variations, while shorter-period vectors show a typical island-effect. The surveys used by the VLF- and ELF-MT methods indicate that the very shallow part of the crust is high resistive, of which resistivity is higher than several 1000 ohm-m.

我々は、中・北部九州でのGDS観測から、

1、長周期インダクション・ベクトルが南西を向くこと。

2、薄層導体モデルによる数値計算からは、この分布は、単なる海陸の分布だけによって決まる誘導電流分布では説明できないこと。

3、この説明には、対馬海峡を通るカレント・チャンネルリングが効果的であること。

4、これらの確認のためには、対馬での観測が重要である。

ことを、指摘した。

これらを踏まえ、本年8、9月に対馬でELF、VLF-MT、長周期MT観測を実施した。長周期MT観測は3カ所で行ったが、HTK点では装置の故障でデータは得られなかった。VLF、ELF-MTは長周期MT点を含む7点で実施した。現在までに得られた結果は、

1、STS、MIN共に、5分周期以上の長周期ではインダクション・ベクトルが予想外に小さく、また長周期になるほど方向が南南西～南西にそろう。

2、一方、短周期では離島効果的になる。

3、VLF、ELF-MTから推定される表層は、数 $k\Omega \cdot m$ 以上の高比抵抗であるが、図の●点では $100\Omega \cdot m$ 以下の低比抵抗層が存在する。

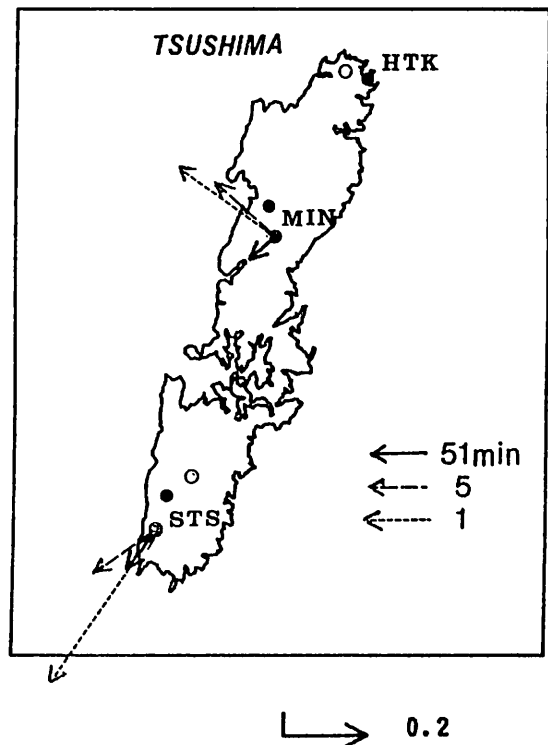
1、2については、短周期インダクション・ベクトルが離島効果で説明できそうなことを考慮すると、島の下部(上部マントル?)に高電気伝導度層(HCL)があり、長周期の誘導電流がこのHCLに逃がっている可能性がある。

3の高比抵抗層はよく締まった堆積岩(対馬層群)、低比抵抗層は、特に南部で顕著にみられる、熱水変成によるものであろう(南部では、良質の陶土、亜鉛鉱床が存在する)。

観測を手伝って頂いた福田真一、佐藤信敏、原口広

和氏に感謝します。

### IN-PHASE



Locations of the MT sounding sites. Arrows show the in-phase induction vectors for periods of 1, 5 and 51min. Circles indicate the VLF- and ELF-MT sites. At the sites shown by closed circles, the low resistivity layer with a resistivity of smaller than  $100\Omega \cdot m$  is found.

19a-III-2 中央構造線（紀伊半島中央部）の  
V L F · E L F - M T 調査

山口 覚<sup>1)</sup> 柏原 功児<sup>2)</sup> 溝畑 茂治<sup>2)</sup> 安川 克己<sup>2)</sup>  
渡辺 邦彦<sup>3)</sup> 小泉 誠<sup>3)</sup> 小泉 尚嗣<sup>3)</sup> 住友 則彦<sup>3)</sup>  
1) 帝国女子短大 2) 神戸大理 3) 京都大学防災研

VLF AND ELF-MT OBSERVATION OF MEDIAN TECTONIC LINE  
AT THE CENTRAL PART OF KII PENINSULA

S. Yanaguchi<sup>1)</sup> K. Kasihara<sup>2)</sup> S. Mizohata<sup>2)</sup> K. Yaskawa<sup>2)</sup>  
K. Watanabe<sup>3)</sup> M. Koizumi<sup>3)</sup> N. Koizumi<sup>3)</sup> N. Sumitomo<sup>3)</sup>  
1) Teikoku Women's Junior College 2) Kobe Univ.  
3) Disas. Prev. Res. Inst., Kyoto Univ.

We surveyed resistivity structure of Median Tectonic Line at the central part of Kii Peninsula by VLF, ELF-MT method. Previous study had been carried out only at the central part of Shikoku district.

Our observations were carried out at 12 points, which were spaced about 2 km, along two lines which cross MTL north to south.

Apparent resistivity of each point is shown in Fig. 1. We can find the low resistive belt, whose width is about 2.5 km and resistivity is about 500  $\Omega$  m, at both sides of MTL.

紀伊半島地域における中央構造線 (Median Tectonic Line) の電磁気学的構造を明らかにするために、奈良県東部菟田野町および東吉野村において VLF · ELF-MT 観測を行った。

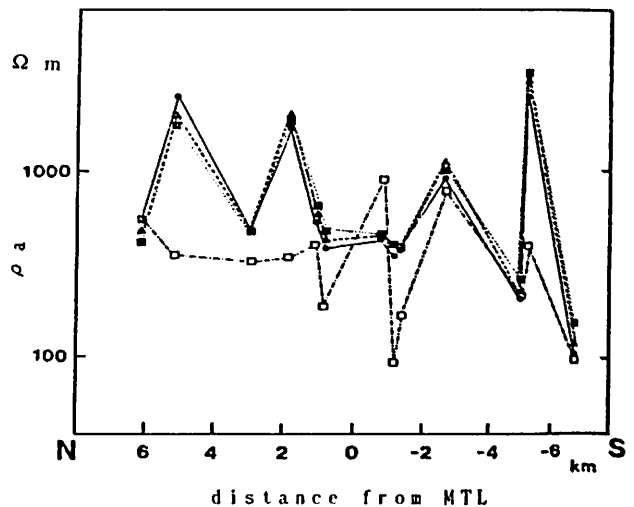
MTL の電磁気学的構造は、半田・玉田 (1981) や下泉・北村 (1988) によって調査され、次のような特徴が見いだされている。

- 1) VLF-MT 観測から、MTL に沿って低比抵抗帯 (50~100  $\Omega$  m) が存在すること。
- 2) ELF-MT 観測から、MTL を境として北側の比抵抗が低く (数百  $\Omega$  m)、南側の比抵抗が高い (1000  $\Omega$  m 以上) という比抵抗のギャップがみられること。
- 3) ELF-MT 観測から、MTL の北側に狭義の MTL に沿ういくつかの低比抵抗帯がみられること。
- 4) 周期 30 秒以上の ULF-MT 観測からは、上記のような低比抵抗構造はみられないこと。これら研究は、四国地方中央部徳島県池田町付近に限られている。MTL はいくつかの地域区に区分されている (例えば、市川 1978, 1980) ことを考慮すると、多くの地域で電磁気学的構造を決定することが重要である。

今回の観測では、中央構造線を南北に横切る 2 本の測線 (長さ約 10 km) を設定し、その測線に沿って約 2 km 毎に 12 地点で測定を行った。各観測点とも人家が少なく、人工雑音の少ない良好な記録を得ることができた。

ELF 帯の観測では、現地で約 6 分間波形録音を行い、その記録の波形解析から見かけ比抵抗値と位相差を決定した。

中央構造線の推定位置からの距離に対して、各観測点の見かけ比抵抗値の effective value をプロットした図を第 1 図に示す。ELF 帯の見かけ比抵抗値は 3 つの周波数 (7.8, 14.0, 20.4 Hz) ともよく似た値を示している。また、MTL の推定位置を含み幅約 2.5 km の低比抵抗帯が存在していることがみとめられた。



● : 7.8 Hz ▲ : 14.0 Hz ■ : 20.4 Hz □ : VLF

# 19a-III-3 北海道中東部における NETWORK-MT観測 - 北海道東部地域の地下電気伝導度構造について -

上嶋 誠 歌田久司 川瀬隆治 西田泰典 大島弘光 清水久芳 上田誠也  
防災科研 東大地震研 北大理 東海大海洋

Network MT Measurement in Eastern and Central Hokkaido  
- Electrical Conductivity Structure under Eastern Part of Hokkaido -  
1) Makoto Uyeshima 2) Hisashi Utada, Takaharu Kawase  
3) Yasunori Nishida, Hiromitsu Oshima, Hisayoshi Shimizu 4) Seiya Uyeda

1) National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention  
2) Earthquake Research Institute, University of Tokyo  
3) Faculty of Science, Hokkaido University  
4) Department of Marine Science, Tokai University

Using the impedances obtained by Network-MT experiment, we try to construct a two dimensional model of electrical conductivity structure under the eastern part of Hokkaido by finite element method.

As a result, such a model as shown in Fig. 1 is obtained. The spatial distribution of the phase of the impedances against the period ( pseudo phase section, Fig. 2 ) directly indicate the deep structure.

以前の学会で報告した通り(1989秋、1990春)、N T T通信用アースと回線網を用いたNetwork-MT法は、長基線にわたって平均化された impedance tensorを面的に効率的に得ることができる有効な観測法である。

今回は、その impedanceを用い、最も2次元性が成立していると思われる北海道東部をほぼ南北に切る測線で有限要素法を用いた2次元構造解析を行った。モデリングには主としてH-polarizationを用い、周期は5~128分を用いた。他の地球物理学的データから構造を仮定し、各々の部分の電気伝導度を trial and error方式で決めていった。

得られた構造を図1に示す。図1は、地下浅所の拡大図(0~5 km)と、地下深部構造(5~400 km)を示す図の2つの部分から成り立っている。 impedanceの南から北にわたる振幅の変化は、ほぼ地表付近の堆積層の厚さの変化で説明できる。より深部の構造の特徴を列記すると、

- 1) volcanic front付近から背弧側にかけての下部地殻高電気伝導度帯の存在
  - 2) 沈み込むslabの低電気伝導度
  - 3) 背弧側wedge mantleの高電気伝導度
  - 4) 太平洋plate下上部mantleの高電気伝導度
- 等となるが、 impedanceの疑似位相断面図にその特徴がよく反映されている(図2)。なお modelingは、図2の中央の測線について行った。

より定量的な構造決定のために、1)高周波数帯での観測、2)海での観測、3)3次元 modeling手法の確立、等が望まれる。

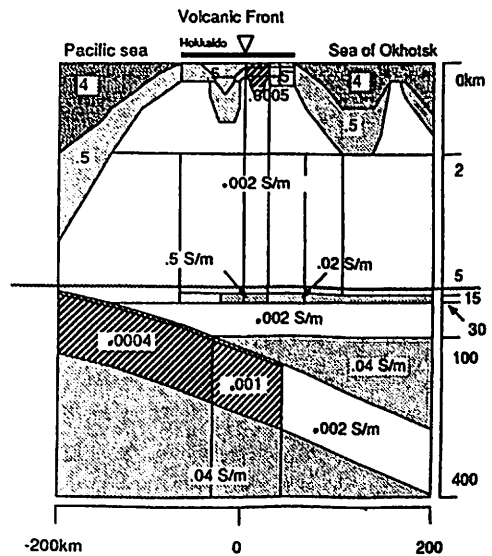


Fig. 1. electrical conductivity structure under the eastern part of Hokkaido

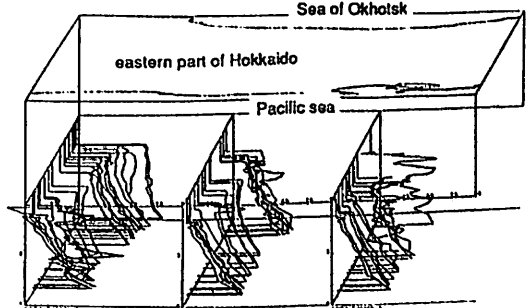


Fig. 2. pseudo phase sections obtained in the eastern part of Hokkaido



島弧（東北日本）及び大陸（インド・デカン）  
横断観測による地殻比抵抗構造の研究

鍋谷 祐夫  
弘前大理

R. P. SINGH  
I I T

RESISTIVITY STRUCTURE OF CRUST IN JAPAN ARC AND INDIAN CONTINENT

S. NABETANI  
Hiroasaki Univ.

Ramesh P. SINGH  
Ind. Inst. of Tech., Kanpur

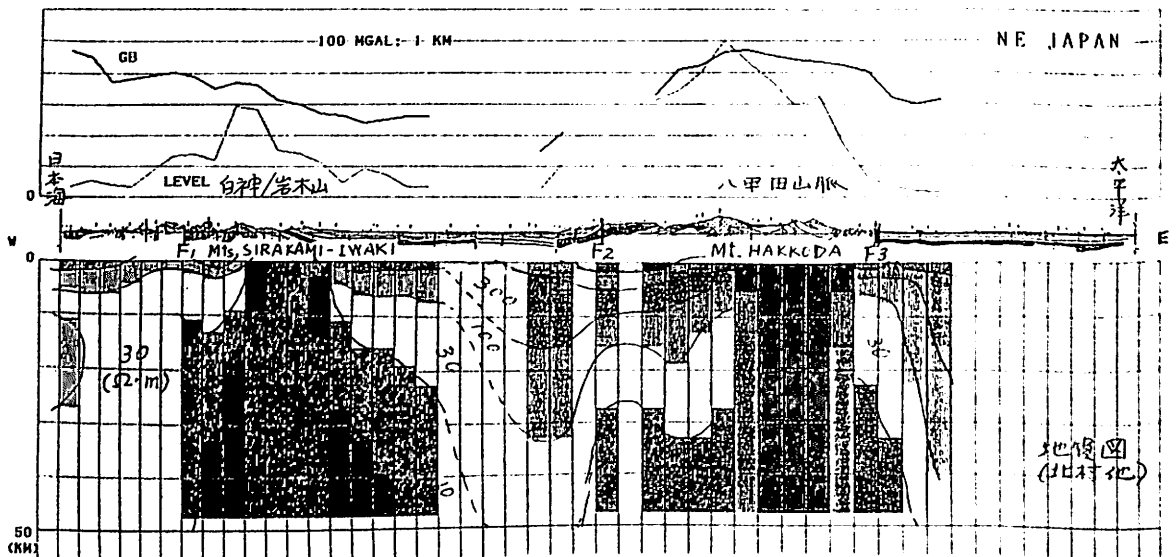
Resistivity structure of the Northeastern Japan and Deccan Trap Region of India has been analysed from magnetotelluric observation carried out by the authors and L. B. PEDERSEN, Uppsala Univ. respectively. The former profile is crossing over active volcanoseismic zones emplaced vertically as shown in this figure, and the latter on a stable crust covered with basaltic formations spreaded laterally over the Gondwana continent of Palaeo-Mesozoic age.

東北日本における地殻マントルの電気伝導度構造のMT法横断観測研究は、CA・地震予知研究グループのものが中部に（1983）、科技庁企画のものが南部にあるが、今回、北部での観測データを纏め、また補足観測によって青森県西岸深浦町から東岸三沢市に至る138kmのプロファイルを作成した。本中間報告としては、この測線を中心とした総観測点数290点中から2~3km間隔の47点を選び配列解析を行ったものを示す。なおブランクの地点は現在も解析中の箇所である。

東北地方南・中部とは測点密度及び可探深度の違いから、細部での比較は無理だが、脊嶺那須火山帯（八甲田山）と日本海側島

海火山帯（岩木山）のマグマ貫入とそれに伴う地殻変動裂か系が顕著に示されている一方、野辺地（活）断層を境として東側は太平洋岸まで西側より数km浅く且つ単調な基盤構造となっている。この西半部横断構造には3本の大断層とマグマ貫入が比抵抗不連続として明瞭に把握されている。多分広範囲の断裂系に伴う新旧マグマ及び流体の胚胎によるものであろう。

インド・デカン玄武岩台地では1500km以上の測線が必要であるので20km程度の側点間隔で観測してきた。北部及び西部で結果が出てきたが全体として緩やかな溶岩／ゴンドワナ層／結晶基盤の3層構造があつてラテラルな相変化が見られる。



高山 寛美  
(気象研究所)

ON TIDAL COMPONENTS IN THE GEOELECTRIC FIELD  
OBSERVED WITH A LONG ELECTRODE SPAN

H. Takayama  
Meteorological Research Institute

In Fig.2 are shown amplitude spectra of geoelectric and geomagnetic variations. Amplitude spectra of N-S component of the geomagnetic field at KAK (b) show a weak peak about  $P_1$ ,  $S_1$ ,  $K_1$  constituents. Those of E-W component (c) show a large peak at  $S_1$  constituent and weaker peaks at  $J_1$  and  $M_1$ . On the other hand, those of geoelectric variations of KSM-MTO show a remarkable peak at  $O_1$ , which is not apparent in geomagnetic variations, except at  $S_1$ .

1985年以來、日本電信電話株式会社 (NTT) の通信施設を利用して関東地域 (水戸) と東海地域 (沼津) で長基線地電位観測を行っており、観測点の位置を Fig. 1 に示す。地電位と地磁気の振幅スペクトルを Fig. 2 に示す。(a) は KSM-MTO の電位差で縦軸は  $mV/km$  である。(b) と (c) はそれぞれ地磁気の南北と東西成分で、縦軸は  $nT$  である。用いたデータは 1988 年 4 月 1 日 0 時から 1989 年 3 月 31 日 23 時までの 1 年間の時間値である。横軸は時間当りの周波数で  $0.035-0.045(c/hr)$  の周波数帯を拡大したもので、上側の矢印はそれぞれの分潮の周波数の位置を示す。地磁気の南北成分 (b) ではあまり目立ったピークはなく、 $P_1$ 、 $S_1$ 、 $K_1$  付近がやや高いようにみえる。また地磁気の東西成分 (c) では  $S_1$  に非常に高いピークがあり、その他は  $M_1$  と  $J_1$  に若干の高まりがみえるだけである。一方、KSM-MTO の電位差 (a) は地磁気の東西成分と同様に  $S_1$  に鋭いピークがあり、また地磁気にはほとんどみられない  $O_1$  のピークが明かにみえる。 $O_1$  分潮は主太陰日週潮と呼ばれ、潮汐ポテンシャルの日週潮の中では  $K_1$  に次ぐ振幅をもつ分潮である。水戸グループの観測網は海から近いところに位置しており、海洋潮汐 (例えば潮流) の影響も考えられる。

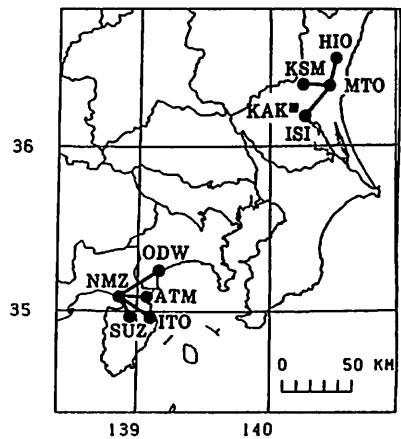


Fig.1 Location map of observation points. Circles are NTT repeater stations and square is Kakioka Magnetic Observatory.

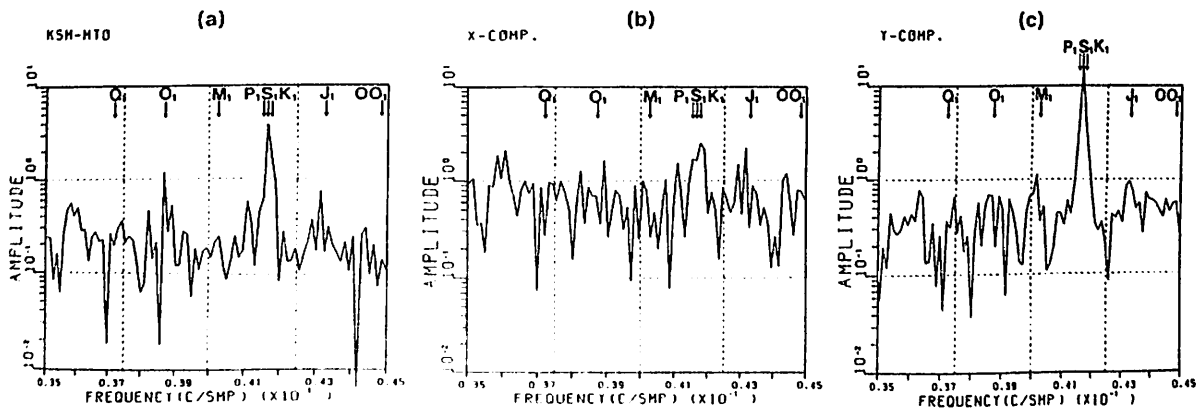


Fig.2 Amplitude spectra of geoelectric and geomagnetic variations. (a):KSM-MTO(geoelectric field), (b):N-S component, (c):E-W component of the geomagnetic field at Kakioka Magnetic Observatory. Arrows indicate frequencies of tidal constituents whose names are affixed.

—沼津付近の長基線地電位の場合—

小嶋美都子                      森 俊雄                      高山寛美  
 地磁気観測所                      地震観測所                      気象研究所

ANALYSIS OF THE GEOELECTRIC FIELD WITH BAYTAP-G

—On the Goelectric Field around Numazu—  
 Mituko OZIMA<sup>1)</sup>, Toshio MORI<sup>2)</sup>, Hiromi TAKAYAMA<sup>3)</sup>

- 1) Kakioka Magnetic Observatory
- 2) Matsushiro Seismological Observatory
- 3) Meteorological Research Institute

Since 1985, we have been observing digital values of the geoelectric field through the use of the telegraphic facilities of NTT at Numazu as shown in Fig. 1. These data are considerably contaminated by noise which is mainly due to the leakage current of the electric train. Using the hourly mean values of the observed data, we were able to successfully separate both the induced and the tidal components with BAYTAP-G. An example of the result for Numazu-Atami for the interval of Feb.15-Apr.16, 1990 which includes the large magnetic storm is shown in Fig. 2.

1985年8月26日から開始した沼津におけるNTT通信施設を利用した長基線地電位観測(第1図)は、現在まで5年間続いている。これまで、これらのデータは、水戸に於けるデータと異なり、ノイズが大きいため、誘導成分の除去等の解析はあまり行われてこなかったが、日平均値の変動が東海地域の地殻活動と対応していることはすでに報告済みである<sup>(1)</sup>。先般、これらのデータでも、毎時平均値を用いたstochastic modelによる解析によってかなりよく誘導成分を除去することができることが判明したので<sup>(2)</sup>、あらためて、これらの沼津のデータについて、5年間を通してBAYTAP-Gを用いた解析を試みた。並行観測値には、柿岡に於ける地磁気3成分を、また、データ及び並行観測値の毎時平均値を解析に使用した。第2図に、沼津-熱海についての解析結果の一例を示した。水戸のデータの場合と同様に、1989年3月の大磁気嵐を含む期間であるにも拘らず、磁気嵐の影響は、よく分離されていることがわかる。毎分値プロット図に見られた、主として電車による、大きな片ぶれの早い変動(ノイズ)は、毎時平均値をとることにより、滑らかなゆっくりとした周期変動と等価なものになり、それらは潮汐成分として分離されたものと解釈される。

- (1)たとえば 森・高山, 地殻活動に関連した地電位変化の検出, 月刊地球, Vol.10, No.5, 1988.
- (2)たとえば 森・小嶋・高山, On the detectability of self-potential variations related to tectonic activities, 1990 WPGM.

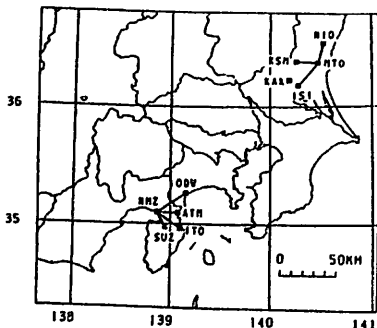


Fig. 1  
 Observation networks for the geoelectric field with a long electrode span and the Kakioka Magnetic Observatory.

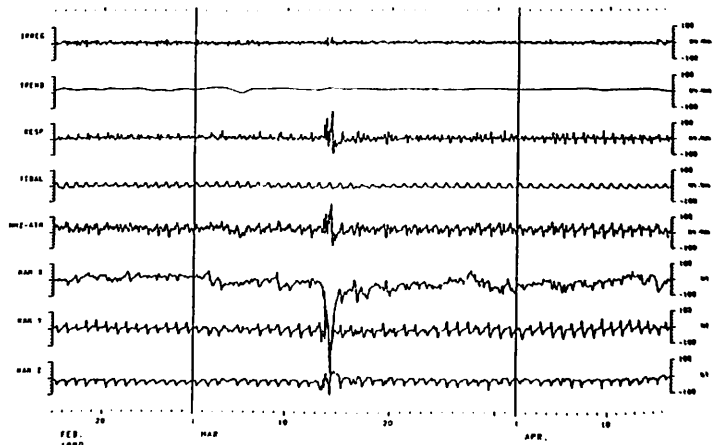


Fig. 2  
 An example of the result of the analysis with BAYTAP-G, the original data(Numazu-Atami) and the associated data(KAK X, Y, Z).

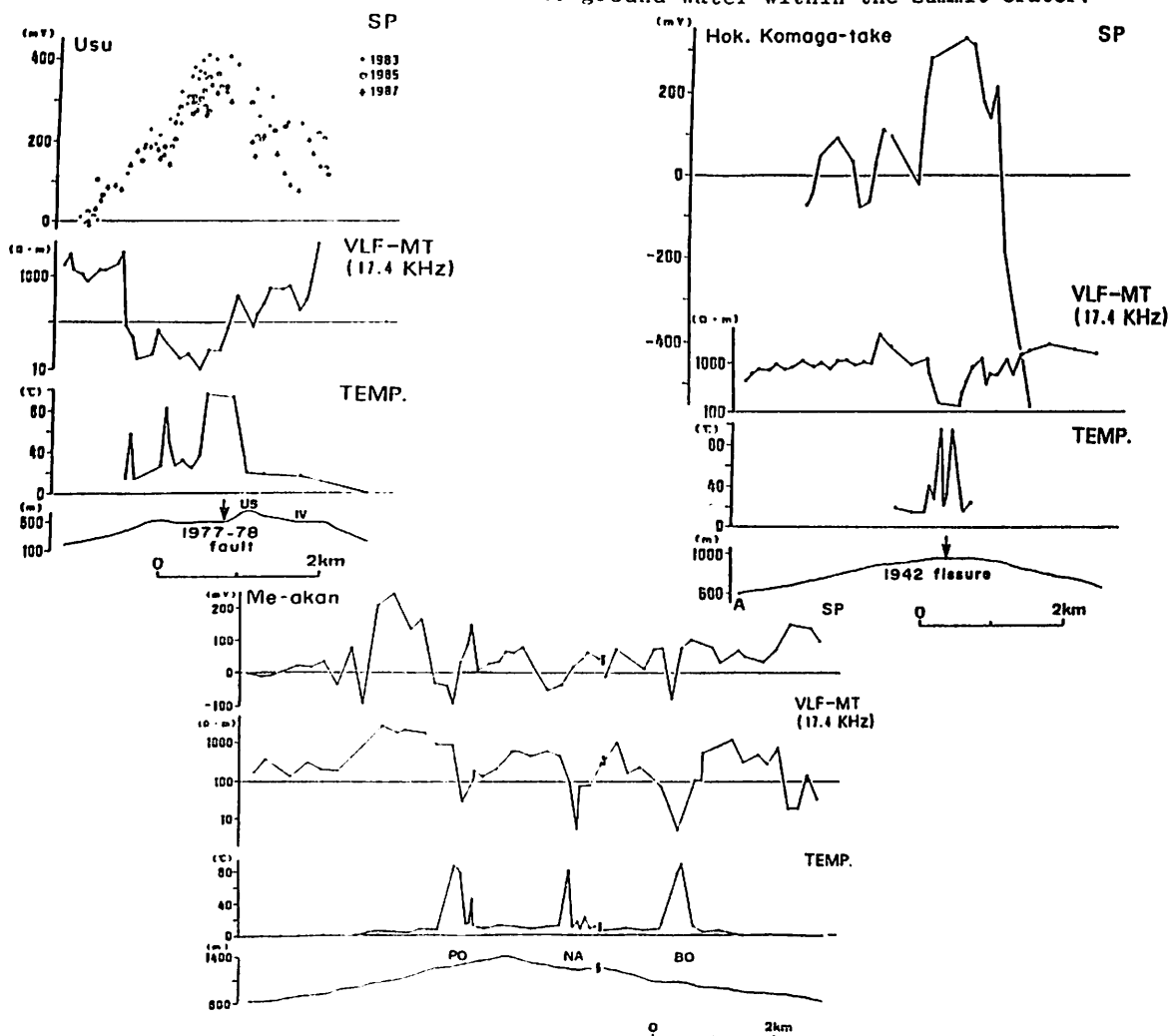
西田泰典・松島喜雄  
北大理

A COMPARATIVE STUDY OF SELF-POTENTIAL ANOMALIES  
IN ACTIVE VOLCANOES

Yasunori NISHIDA and Nobuo MATSUSHIMA  
Faculty of Science, Hokkaido University

We made a comparative study of self-potential (SP) anomalies in three active volcanoes: Usu, Hokkaido Komaga-take and Me-akan. The large SP anomalies, in both spatial extent and magnitude, were observed over the summit craters of Usu and Hokkaido Komaga-take. These anomalies are commonly distributed along a fault or a fissure where is high ground temperature zone. These evidences indicate that the anomalies are mainly caused by the electrokinetic effect due to upwelling of the ground water. On the contrary, we found positive SP anomalies relating to geothermal activity at only limited areas of the summit of Me-akan. Possibly the hydrothermal circulation of large size has not developed within the edifice of Me-akan.

The summit craters of Usu and Hokkaido Komaga take are surrounded by somma lavas, contrary to the case of Me-akan. The impermeable somma lavas may play a role of a vessel to contain the abundant ground water within the summit crater.



伊豆東方沖群発地震と伊豆大島に  
おける地電位差異常変化の関係

川瀬 隆治 上田 誠也 上嶋 誠 木下 正高  
東大地震研 東海大海洋 防災科研 東海大海洋

The correlation between the earthquake swarm off east of Izu Peninsula and the anomalous potential changes observed in Izu-Oshima Island.

1) 2) 3) 2)  
Takaharu Kawase, Seiya Uyeda, Makoto Uyeshima and Masataka Kinoshita.

- 1) Earthquake Research Institute, Univ. of Tokyo
- 2) Department of Marine Science, Tokai University
- 3) National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention

Since May, 1987, we have monitored the electrical potential change in Izu-Oshima Island by three long span dipoles using NTT facility. Occasional anomalous potential changes, which were different from those induced by geomagnetic variations, have been observed. Their possible correlation with nearby seismic activity has been examined with the result that the daily number of appearance of one type of anomalous potential change increased shortly before M>5 events in all the three earthquake swarms that have occurred since 1987 in the area off east of Izu Peninsula. Whether or not this correlation is valid and useful for prediction purpose is not certain.

1987年5月以来、NTTの交換局に設置されているアース用電極を用いて伊豆大島での地電位差の測定を行ってきた。その結果、測定データの中に特徴的な異常変化が現れることがあり、その1日の発生回数が伊豆東方沖群発地震が始まる前に増加することがわかった。即ち伊豆大島での地電位差の異常変化が伊豆東方沖の地震活動と何らかの関係がある可能性がある。しかし、この異常変化は、夜間よりも昼間に有意に多く現れることがわかっており、人工ノイズの可能性を含めてさらに詳しく原因を調べる必要がある。

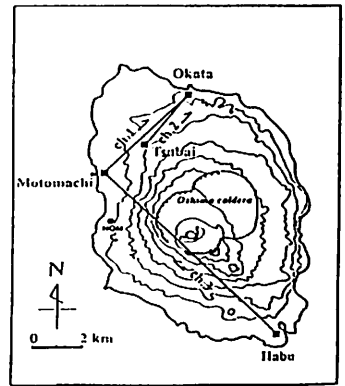


図1 電極の分布

1. 地電位差異常変化

伊豆大島での電極の配置は図1に示す通りである。測定データの中に、次のような異常変化が時折見られた。

- ・負の側に矩形状に現れる。  
(振幅10 mV以上、継続時間1分以上)
- ・ch.1とch.2の両方に同時に現れる。

一例を図2に示す。

2. 対象とする地震

震央位置 : E138°39'~E139°43'  
N 33°00'~N 36°20'の範囲内

震源の深さ: 600 km 以上  
マグニチュード: 3.0 以上

3. 地震との対応

この種の異常変化と伊豆大島周辺の地震との対応を調べた結果を、1988年の例で図3に示す。横軸が1年間の時間軸、下側の線分が地震のマグニチュード、上側の線分が異常変化の1日の発生回数を示す。伊豆東方沖の群発地震が始まる前の7月8日に異常変化の1日の発生回数が9回と普段よりも増えている。

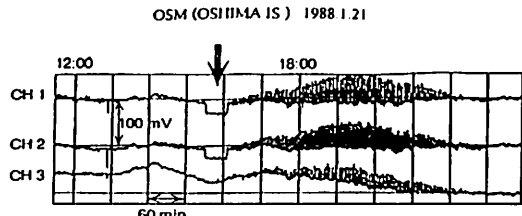


図2 1988年1月21日に現れた異常変化

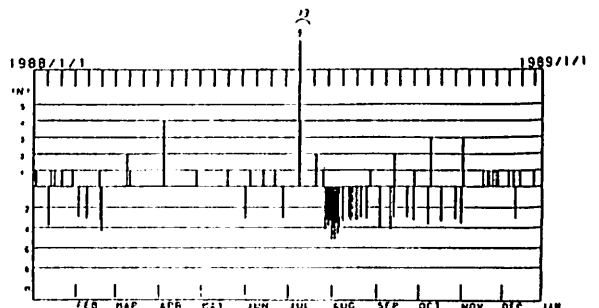


図3 異常変化の1日の発生回数と地震との関係

# 19a-III-9 Interpretation of the Apparent Resistivity Change Prior to the 1986 Eruption of Izu-Oshima Volcano (I).

Hisashi Utada

(Earthquake Research Institute, the University of Tokyo)

Izu-Oshima volcano began the summit eruption on November 15, 1986, after 14 years' quiescence. In order to monitor the activity of the volcano, DC electrical resistivity measurements have been repeated since 1975 across the central cone Mihara-yama, using an axial dipole-dipole electrode configuration by Yukutake et al.(1990). They detected remarkable changes in the apparent resistivity associated with the present activity (Fig. 1). The most distinct change prior to the eruption has been interpreted rather qualitatively in terms of ascent of highly conducting magma, and partly due to heating of surrounding rocks and pore fluid by magma.

This paper attempts to present a numerical model accounting for the observed resistivity variations. Theoretical calculation is made by solving the Laplace type differential equation in an three-dimensional inhomogeneous medium. Modeling procedure is as follows: (1) A background structure is constructed with reference to the magnetotelluric result (Utada and Shimomura, 1990). (2) Theoretical apparent resistivity is calculated for the background structure and then by giving conducting anomaly corresponding to the magma. (3) The observed data are compared with the theoretical ones. (4) Position and spatial spread of the conducting body are estimated at each stage of the pre-eruptive period.

As a preliminary result, the following conclusions were obtained.

- (1) The present modeling evaluated the actual 3-D effect of the central pit crater on the observed apparent resistivities.
- (2) Precursory variations, particularly the inverse correlation of those in the resistivity A and C could be roughly explained by a gradual ascent of the magma head (Fig.2).
- (3) More precise model of background resistivity structure must be included in the further study to give a quantitative interpretation.
- (4) Behavior of hydrothermal activity deep in the crater should have had an important roll especially in the early pre-eruptive stage.

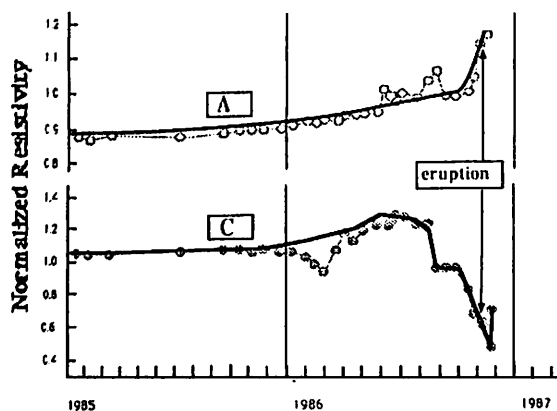


Fig.1. Observed resistivity variations.

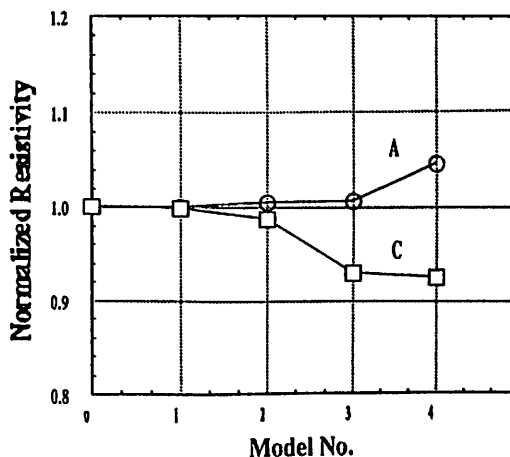


Fig.2. Calculated variations in A and C.

# 19a-III-10 Dst場によって海洋中に誘導される電流

竹田雅彦  
京大理

ELECTRIC CURRENTS IN THE OCEAN INDUCED BY THE Dst FIELD  
Masahiko Takeda

Data Analysis Center for Geomagnetism and Space Magnetism,  
Faculty of Science, Kyoto University

Electric currents in the ocean induced by the external Dst fields are simulated by using the same method for Sq field induction. The effect of the ocean is smaller than that for the Sq field. However, fairly strong currents are induced in the Antarctic Ocean, and these currents can explain the anomalous behaviour of the geomagnetic response observed at Hermanus.

前回の発表では、Winch (1989)の方法に基づき球関数展開を用いて、海洋-マントル系のSq外部磁場に対する応答を調べた。その結果海洋中を流れる誘導電流は、Sq全地球内部電流に比して無視できない量であり、また上部マントルの電気伝導度分布を考える上で、海洋の効果を考慮に入れることの重要性が示された。

一方、Roberts(1984)は、世界各地の観測所における、数日-数十日の周期の磁場変化を調べ、短周期側で、海洋の効果を指摘している。今回は、1日-数日程度のDst場によって海洋中に誘導される電流を前回と同様の方法で求め、それによる各点での期待される磁場変化を求めた。その結果の主な特徴は下記の通りである。

1. 一般にSqによって誘導される電流に比べて小さく、全地球内部等価電流への寄与はめだたない。これは海陸分布から(大陸が壁になって)、地球を一周するような電流は流れにくいのが原因

と思われる。

2. しかしながら、南半球では、全経度が海である南極海を巡るかなり強い電流が流れ、これはかなりの長周期(7日周期)まで残る。
3. 特に1日周期の場合、北半球にはほとんど電流渦は出来ないが、南太平洋・南大西洋・インド洋には、南極海を巡る電流が流れ込んでつくる電流渦が生じる。
4. Roberts(1984)の見つけたHermanusの位相の異常は海洋中の誘導電流で説明できそうである。

## References

Roberts, R.G., *Geophys. J. R.Astr. Soc.*, **78**, 547-572, 1984.

Winch, D.E., *Phys. of the Earth and Planet. Int. er.*, **53**, 328-336, 1989.

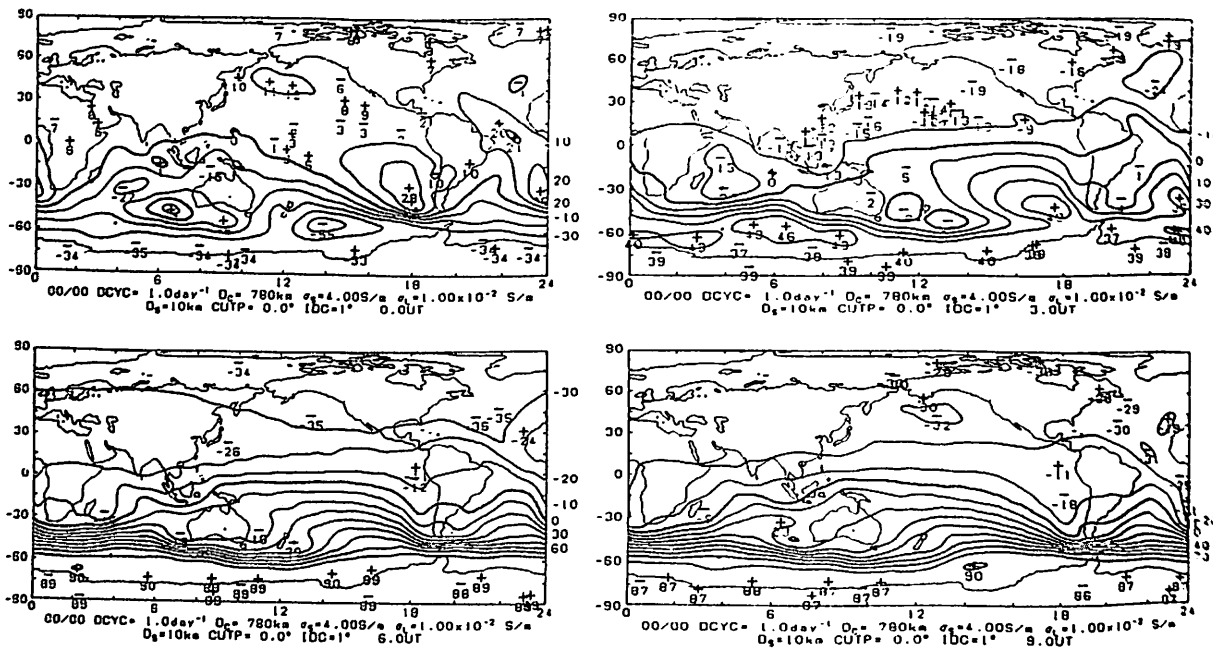


Fig. 1 Calculated induced currents in the ocean for Dst field of 1 day period.

三品正明  
東北大理

Magnetic Anomaly on Miyake-jima Volcano Measured by Ground Survey

Masaaki MISHINA  
Faculty of Science, Tohoku University

Ground geomagnetic survey of total intensity was carried out in 1980. Observed data are smoothed by weighted running average sampling within 1km. Residual anomalies are estimated by subtracting calculated intensities on the surface of circular cone simulating Miyake-jima island from observed intensities. Marked positive anomaly with NE-SW trend distributes within the southwestern part of the island. The chain of craters of 1983 eruption distributes within the anomaly. In the northern part of the island no marked residual anomaly is observed.

1. 測定

1983年噴火の3年前の1980年に行われた三宅島火山集中総合観測の一環として、次のような地上全磁気測量が行われた。

- 期間 1980年10月 5日～10月 8日
- 使用測定器 携帯型プロトン磁力計 (測機舎製 PPH739C)
- センサー高 地上3.5m
- 測定法 辺長約3mの四辺形の各頂点での全磁力値の平均値をその測定点の代表値とする。
- 補正 強磁化の地表岩石の影響による測定誤差が日変化の振幅より一般に数倍以上になるので日変化の補正は行わない。
- 測定点数 75点。河村・他 (1982) の磁気測量結果19点も加えて解析した。

2. 解析結果

地表の凹凸などごく局所的な影響を除くため、半径1kmのサ

ンプリング範囲をもつ荷重移動平均により平滑化した。得られた全磁気分布図を Fig.1に示した。地形の影響を反映して、島の南部に高異常が分布している。山体の地形を山頂部に平坦面をもつ円錐台で近似して、Rikitake and Iagiwara(1985)の方法で計算した一様に磁化した山体の効果をFig.1から引くと、Fig.2の残差磁気異常図ができる。

この図に見られるように、島の南部に正・負の顕著な磁気異常が分布している。特に南西部の北東-南西の走向をもつ正異常域は、1983年噴火の火口列 (破線) の位置ともほぼ一致している。有史以来の噴火の多くもこの地域に集中していること (宮崎, 1984) も考えると、この正異常は特徴ある地下構造と直接結びつくものと考えられる。一方、1874年、1942年、1982年に噴火のあった島の北部での磁気異常は顕著ではない。今年度の結果も加えて報告する予定である。

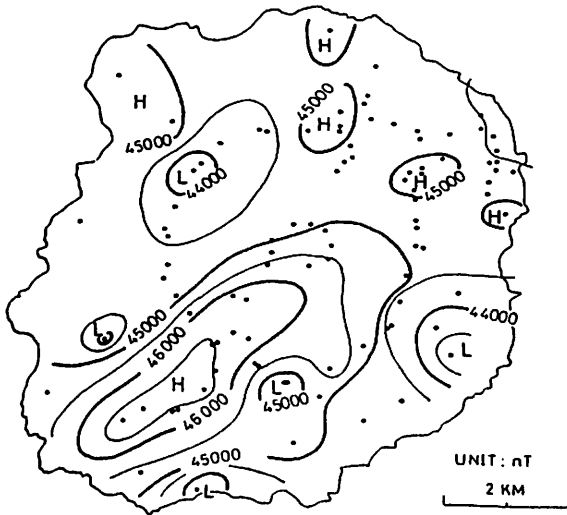


Fig.1 Distribution of smoothed total force intensity surveyed on the ground. Contour interval is 500 nT.

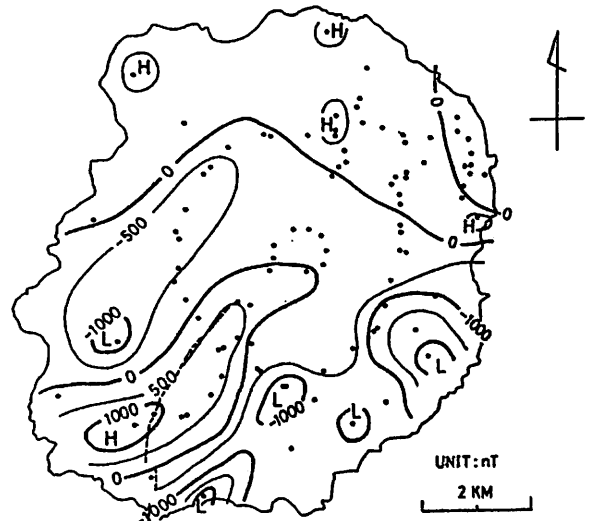


Fig.2 Distribution of residual magnetic anomaly. Calculated field of total intensity on the circular cone is subtracted from Fig.1. A chain of craters of the 1983 eruption is shown by broken line.



Geomagnetic Variations at the ASO Volcano 1989-1990.

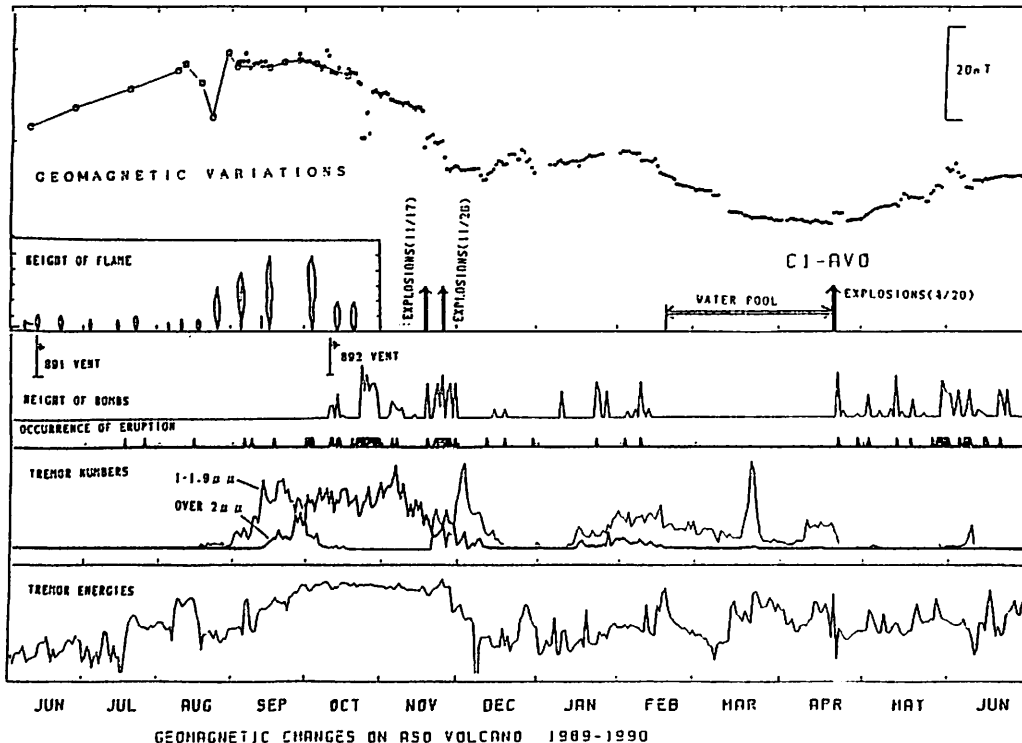
Faculty of science KYOTO University

Yoshikazu TANAKA

Geomagnetic changes on C1, 250m south-west from the center of the 1st crater of NAKADAKE is very sensitive to the volcanic activities as shown on the Figure. Total intensities observed by a proton magnetometer were reduced to Aso Volcanological Observatory situated 7km west from the crater. 3 cooling phases (upward change) and 2 heating stages (downward change) observed. The turning points from heating to cooling characterized by 891-vent excavation, explosions on Nov.26 and eruptions on Apr.20 1990, respectively. These phenomena are explained by the thermo-magnetic effect in the spherical crust placed 300m depth of the crater. The sudden demagnetization related with the eruptions on Nov.17 and 26 analyzed briefly then explained by crushing model of the crater basin.

1989年6月に閉口した阿蘇中岳第一火口は、1990年9月末現在、小規模の噴石活動を伴いながら、終息に向かっている。火口近傍の地磁気変化が、火口の表面的活動に良く対応する事は、春の学会で報告した。その後、4月20日には、今活動期としては最大の爆発を伴う噴石活動を生じた。この爆発の後、小規模の噴石、噴煙活動を継続しながら、7月2日の豪雨で火口底は閉塞する。そして、9月14日、少量の火山灰を噴出し、17日には火口底の北西やや上部に、新しい火孔を形成し、噴煙のみならず、火炎を10m高さに吹き出している事を確認した。同日、夕刻には、高さ100mの上砂噴を伴って、半閉塞の状態になる。このような活動が、地磁気変化として、どの様に観測されたかを示し、また、その機構を考察することが、この報告の目的である。

図はC1磁気点(第一火口の南西250m)のプロトン磁力計による地磁気変化を地震微動や、表面活動とともに、示したものである。地磁気変化は、火口の西、7kmの火山研究施設の観測値で化成してある。C1の磁場変化は、基本的に、地下300m深さを中心とする球殻部の、火山岩に含まれる、磁性鉱物の相対依存性により説明できる。また、11月17日、11月26日、4月20日の3回の爆発を観測出来た。このときの、地磁気変化の解析結果で得た、岩石破砕モデルを報告する。



## NUMERICAL CALCULATIONS OF THE DAM MAGNETIC EFFECT

- LAKE NICHINAN (SUGESAWA DAM) AS AN EXAMPLE -

SASAI Y.<sup>1)</sup>, N. OSHIMAN<sup>2)</sup>, J. MIYAKOSHI<sup>3)</sup>, R. NISHIDA<sup>3)</sup> and I. SHIOZAKI<sup>3)</sup>

1) Earthquake Research Institute, Tokyo University

2) Department of Earth Sciences, Nihon University

3) Faculty of Arts and Sciences, Tottori University

Piezomagnetic field due to surface load of a man-made lake can be calculated most effectively by Green's function method. The Green's function presented by SASAI (1986) is reexamined, in which two different approaches for evaluating improper integrals around the point source are compared. In the particular case of the normal surface load problem, both of them give an identical result.

我々は1989年7月から、鳥取県西部の日南湖(菅沢ダム)において、プロトン磁力計4台による全磁力の連続観測、および地電位測定を行い、ダムの水位変化に伴う地磁気、地電位変化の検出を目指している。ダム地磁気効果の観測は、DAVIS and STACEY (1972) によって始められた。その目的は、1) 自然界における大規模な荷重実験で、岩石実験では確認されているピエゾ磁気効果の実在を確かめる。2) モデル計算と比較することにより、in situな $\beta J$  (磁気応力係数 $\times$ 磁化強度=ピエゾ磁気効果の大きさを決める要素)を決定する、ことにあった。1) は理論的には期待されるcaseismicな地磁気変化が、なかなか観測されないことから発想されたものであった。実際に世界各地で、ダムの水位変化に比例する地磁気変化がいくつか観測されたことから、1) の目的はほぼ達成されつつある(日本では未確認)。観測例はZHAN(1989)によってまとめられている。とりわけソ連ウズベク共和国のCharuak貯水池では、毎年の水位変化に応じて、可逆的に地磁気変化が生じている(ABDULLABEKOV et al., 1979)。菅沢ダムの水位変化は数10mで、従来観測されているダムのその数の数分の一にすぎない。従来観測例から、全磁力の変化量は高々1nT前後と予想されたことから、我々は精度の高い連続観測で、変化の検出を狙っている。

ダム地磁気効果のモデル計算は、DAVIS(1974)によって初めて行われた。彼は四角な一様荷重の応力場から、数値積分でピエゾ磁気変化を計算した。実際の貯水池の形を正方形の集まりで近似し、先述の正方形荷重の数値解を重ね合わせて、Talbingo貯水池(オーストラリア)で期待される地磁気変化を求めている。より厳密なやり方は、SASAI(1986)が提案した。彼は地表面に加えられた点荷重の作るピエゾ磁気ポテンシャルを解析的に導いた。これをグリーン関数として、荷重分布の重みをかけて積分すれば、任意の荷重に対するピエゾ磁気変化が求められる。ダム地磁気効果の場合には、一様荷重を考えるだけで良いので、貯水池の形が単純な場合、解析解が得られる。実際、DAVISの正方形荷重は、一様に磁化した直方体(プラス、キュリー面についての観像の位置に四重極分布)の作る磁場に等しい。よく知られているように、これは初等関数で与えられる。SASAI(1986)は円形一様荷重の解が、完全楕円積分で表現できることを示した。ところが最近、茂木モデルの点力源解について再検討が行われ、点力源の周囲の極限の取り方に問題があることが分かった(SUZUKI and OSHIMAN, 1990; SASAI, 1990)。地表荷重問題でも、荷重点は応力の発散する特異点になるので、再検討を要する。

ダム地磁気効果に関連して、もうひとつの話題がある。貯水池の上や周囲では、水位上昇(荷重増加)に対して全磁力の減少が期待され、実際その通りの変化が観測されている。その変化率は-0.025から-0.2 8nT/mである(ZHAN, 1989)。ところがDAVISやSASAIのモデル計算によれば、通常モデル・パラメータの値、 $\beta = 1.0 \times 10^{-4}$  /bar,  $J = 1$  A/mの値に対しては、貯水池の真上でも、-0.005nT/m程度である。従来このくい違いは、貯水池の地下の磁化が、非常に強いと解釈されてきた。しかし、世界の巨大ダムがすべて、伊豆大島火山より強い磁性岩体の上に載っているものだろうか? HAYANO et al. (1989)は、凝灰岩などの多孔質でもろい岩石では、 $\beta$ が一桁以上大きくなることを見いだした。地表付近は強度の違う様々な岩石や土砂から成っており、これを"平均"した磁気応力係数 $\beta$ は、頑丈な岩石試料のそれより一桁大きい可能性がある。

以上の問題点を念頭に置いて、ダム地磁気効果の計算法を再度定式化する。岩石実験との比較を想定して、ピエゾ磁気法則としては、ZL OTNICKI et al. (1981)が提案した、2つのパラメータ( $P_1$ と $P_2$ )を持つ形式を採用した。荷重点のまわりの極限の取り方として、Type I: 地表面のすぐ下の平面を境界とする磁性体からの寄与を積分し、この境界面を地表に近づける場合(第1(a)図)と、Type II: 荷重点を中心とした半球部分を除外して積分し、半球の半径 $\epsilon$ を小さくしていく場合(第1(b)図)、とがある。両者の不一致部分は、第1(c)図の斜線部で与えられる。この部分の寄与が、 $\epsilon \rightarrow 0$ とした極限でもゼロにならない場合には、Type Iの極限のとり方は、磁性体全体の寄与を正しく評価していないことになる。SASAI(1986)のグリーン関数はType I型であった。そこでここではType II型の極限をとり、かつ、2つのパラメータを持つピエゾ磁気弾性体(地表から深さHまで一様に磁化した半無限媒質)について、地表点荷重の作るピエゾ磁気ポテンシャルを求めてみた。紙面の都合で結果は省略する。地表面への垂直荷重の場合には、Type IとType IIの解は一致することが明らかになった。従ってSASAI(1986)の円形荷重の式はそのまま使える。複雑な形をした実際の貯水池の場合には、貯水池の縁をなめらかな曲線で近似し、荷重点の特異性を避ける工夫が必要になる。



Fig. 1(a)

Fig. 1(b)

Fig. 1(c)

西谷 忠師 · 菊池 真市

(秋田大鉱山) (水沢高)

## MAGNETIC SURVEY NEAR THE IWAIZUMI AREA, IWATE PREFECTURE

Tadashi NISHITANI (Akita Univ.) and Sin'ichi KIKUCHI (Mizusawa High School)

Magnetic survey near the Iwaizumi area, Iwate Prefecture has been performed. There is a collapse doline in this area and two survey lines, north-south and east-west lines, were determined. The main purpose of this survey is to find a new cave near the doline. Magnetic total force were observed using proton magnetometer. The height of the sensors are 2.00 and 2.75m. A result of north-south line is shown in Fig.1. Doline is located around 200 to 240m. The peak near 220m in Fig.1 can be explained as an effect of terrain. In the present stage it is difficult to specify a new cave in this area.

岩手県岩泉町の龍泉洞と安家を結ぶ久慈岩泉道路の途中に陥没型のドリーネがある。この地域は龍泉洞、安家洞といった鍾乳洞があり、安家から龍泉洞方向へ水の流れがあることも確かめられている。近くに住む人の話では大量の雨が降るとドリーネの底のほうで水の流れるのが見えるという。水の流れは常に一定方向で、水の通路があると予想されている。このことからドリーネ付近には水の通路となっている空洞のある可能性がある。プロトン磁力計で空洞が見つけれられるかを確かめることを目的として測定を行った。直径約4

0 m 深さ約 30 m のドリーネに沿うように、東西方向に 140 m、南北方向 340 m の測線を取り 5 m 間隔で測定を行った。Fig.1には南北方向の測定結果を示す。センサーの高さを 2 m と 2.75 m に変えて測定を行い、その差をプロットしてある。Fig.1でドリーネのある場所は 200 ~ 240 m 付近である。220 m でピークが見られる。ドリーネをモデル化して構造を与え、磁気異常を計算することにより、このピークは陥没地形によると予想できた。残念ながら今のところ得られた結果から空洞を特定することは困難である。

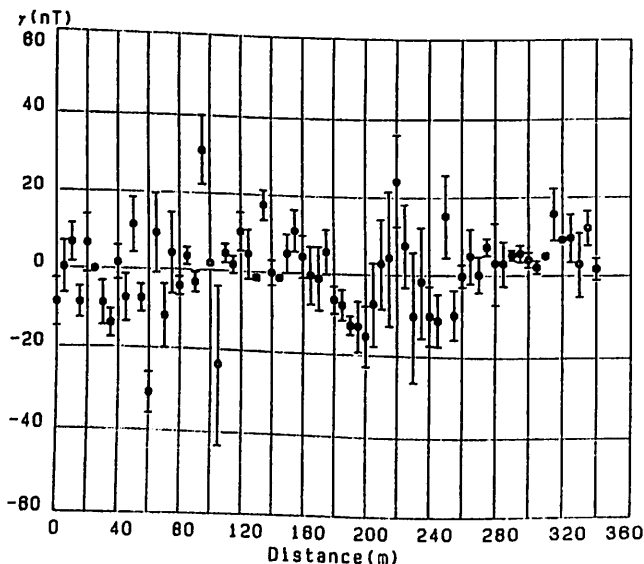


Fig.1

After the subtraction between the two results obtained by different height of sensors. The peak around 220m can be explained by the effect of terrain.

山本 哲也 (地磁気観)

## GEOMAGNETIC TRANSFER FUNCTION IN CENTRAL JAPAN

Tetsuya Yamamoto  
Kakioka Magnetic Observatory

In last five years, we carried out geomagnetic observations at about 10 sites in the central part of Japan. The geomagnetic transfer functions at the periods of 8 to 128 minutes on these sites are investigated with the previous results of the array observations in Tokai and Central Japan.

As a general feature, the induction arrows point to the south by the coast effect. But in detail, the arrows in the western part are rotated eastward compared with those in the eastern part. In the western part, the arrow at the period of 16 minutes points a little eastward from that of 64 minutes, while the arrows in both periods point to the same direction in the eastern part.

These observed features will be explained by a concentrated current along the north-south direction under the eastern part.

地磁気観測所では、中部日本において過去5年間に10地点ほどの地磁気観測を行った。その結果を、中部日本(1982)および東海(1985)の共同観測の結果とあわせて、主として東海地方の地磁気変換関数について調査した。調査には地磁気3成分毎分値を用い、周期128分、64分、32分、16分、8分の地磁気変換関数を求めた。

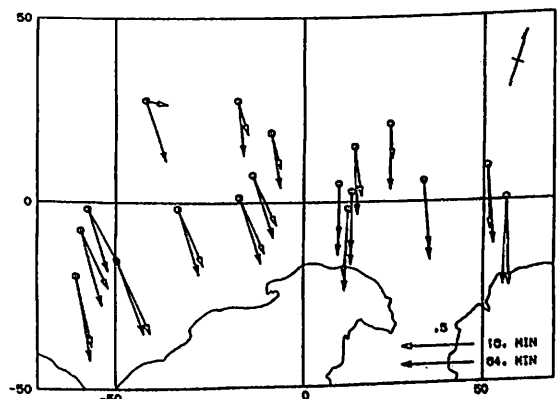
この周期帯では、変換関数の虚数部分は実数部分に比べて小さい。東海地方では、全般的に海洋(太平洋)の効果が大きく、インダクション・アローはおおむね南南東を向く。詳しくみると、東部(富士川よりも東側)のインダクション・アローに比べて西部のインダクション・アローは少し東向きに回転している。また、周期64分と周期16分のインダクション・アローを比較すると、東部では2つの周期でほぼ同じ方向を向いているが、西部では周期16分のインダクション・アローが周期64分のインダクション・アローに比べて、反時計回りに回転し、幾分東側を向いている。これらの微妙な特徴は、地殻構造を反映した特徴と考えられる。

この地殻構造によるとみられるインダクション・アローの東向き成分を調べるために、海洋の影響を最も小さくすることができるN70°E方向の変換関数B'のふるまいをみる。

B'の実数部分は西部で-0.10から-0.

20程度、東部ではほとんど0である。周期依存性はそれほど明瞭ではないが、西部では、周期64分に比べ周期16分で0.05から0.02程度小さいようである。東部では2つの周期で有為な差は認められない。

このような、B'成分を定性的に説明するためには、東部の地下に南北方向の電流が集中して流れると考える必要がある。これは、東部の地下には海岸線に直交する走向をもつ低比抵抗帯が存在することを意味しており、火山フロントとなんらかの関連のある低比抵抗帯ではないかと考えられる。



Distribution of induction arrows at the periods of 16 and 64 minutes in the central part of Japan.

全磁力に含まれる半年や一年周期の変動の  
除去法について

住友 則彦  
京大防災研究所

ON A REDUCTION METHOD OF ANNUAL AND SEMI-ANNUAL VARIATIONS  
IN THE GEOMAGNETIC TOTAL FORCE

NORIHICO SUMITOMO

DISASTER PREVENTION RESEARCH INSTITUTE, UNIVERSITY OF KYOTO

In order to detect long-term tectonomagnetic changes in the geomagnetic total force it is important to remove annual and semi-annual variations from observed values. A reduction method for eliminating the Dst variations included in the geomagnetic total force was examined using the horizontal components of KNY instead of equatorial Dst indices. Results showed that some annual variations were still remained in the reduced values. It is considered that seasonal movement of the ring current position toward north or south depending upon the angle between the direction of the solar wind and the rotational axis of the Earth is responsible for the annual variation of the reduced values.

全磁力の精密永年変化観測から地震に関係した磁場変化を検出しようとする試みが続けられている。ここでは、もし異常が観測されるとして、その異常の継続時間が数カ月ないし数年におよぶような、比較的長周期の現象を検出する際に、補正しなければならないDst磁場変動について考える。磁気嵐にともなう赤道環電流の発達による磁場の水平成分( $\delta H$ )の減少や鉛直成分( $\delta Z$ )の増加は、equatorial Dstを $D_e$ とすれば、次式で近似される事が多い。

$$\delta H = -a * D_e \cos(\phi), \quad \delta Z = b * D_e \sin(\phi)$$

ここで $\phi$ は磁気緯度である。また、全磁力の変化は $I$ を磁気伏角とすると、

$$\delta F = \delta H \cos(I) + \delta Z \sin(I)$$

$$= -D_e (a * \cos(\phi) \cos(I) - b * \sin(\phi) \sin(I))$$

と表わされ、 $D_e$ が与えられればDst変動分は全磁力の観測値から除去することが出来る。  $D_e$ は杉浦等によってDst indexとして求められているが、これを利用して補正がなされることもあるが、十分な精度が得られないことが多い。 またこのDst index に含まれる半年、一年周期の変動が問題になる。

以前の学会(1986)で、日本国内での全磁力の観測に対するDst補正を、Dst indexによらず、例えば、柿岡のHを用いて行なう方法について述べたことがある。 また、その際、 $\delta Z / \delta H$ の比(本来、場所が与えられると一定のはず)が季節変化をする可能性のあることを述べた。ここでは、1968-1986の間(19年)の柿岡、女満別、鹿屋のmonthly mean valueを用いて、

1)  $\delta Z / \delta H$ や $\delta H_i / \delta H_j$ 等の季節変化( $H_i, H_j$ は*i, j*観測所の水平成分)

2) 鹿屋のHを用いたDst補正の有効性

等を調べた結果について報告する。また、2)では、 $FMMB - \alpha HKNY$ 等を計算したが、これらが年周変化を含むことを示し、その原因が定常的に存在するring currentの消長およびその位置が地球の自転軸と太陽風との角度に依存して南北に移動する可能性があることを考察する。さらに、年周変化等の除去の方法の試案を述べる。また、1977-1980年に世界的にsecular variationの異常が観測されたが、その原因がring currentの異常にあるとする説がある。これを日本国内の観測所のデータを用いて、 $\delta Z / \delta H$ 等の変化に異常があったか否かを調べて検討する。

# 19p-III-7 南極・アフリカ間の地磁気異常綫模様の走向

野木 義史 (気象研究所) 島 伸和 (東大海洋研) 伊勢崎 修弘 (千葉大理)

DIRECTIONS OF THE GEOMAGNETIC ANOMALY LINEATIONS BETWEEN ANTARCTICA AND AFRICA

Yoshifumi NOGI<sup>1)</sup>, Nobukazu SEAMA<sup>2)</sup>, Nobuhiro ISEZAKI<sup>3)</sup>

1) Meteorological Research Institute 2) Ocean Research Institute, University of Tokyo  
3) Faculty of Science, Chiba University

Directions of two dimensional magnetic structures were determined by using vector anomalies of the geomagnetic field along two observation lines between Antarctica and Africa. The directions of the geomagnetic anomaly lineations and fracture zones were extracted from that of two dimensional magnetic structures by using satellite gravity data and bathymetric features added to sea surface gravity data and sea bottom topography during this cruise. Almost all the directions of the geomagnetic anomaly lineations are in good agreement with the directions that have been reported. However, WNW-ESE directions, around 63°S, 31°E, and N-S and NNE-SSW directions, around 60°S, 30°E and 63°S, 22°E, of the geomagnetic anomaly lineations that have never been suggested are detected.

前回の講演では、第30次南極地域観測で行われた南極・アフリカ間の2測線での、地磁気3成分測定から得られた2次元性をもつ磁化構造の走向について報告した。今回の講演では、前回報告した2次元の磁化構造が、地磁気異常綫模様によるものか、フラクチャー・ゾーンのような2次元的な地下構造によるものなのかを重力等のデータを使用しそれぞれの走向を同定した結果を報告する。

地磁気3成分の異常から得られた2次元性をもつ磁化構造が、地磁気異常綫模様によるものであるのか、2次元的な地下構造によるものかを判断するため、SEASATの衛星の重力データ、ETOPO5の水深のデータ及び今回の観測で同時に得られた水深と海上重力のデータを使用した。まず、SEASATの重力及びETOPO5の水深の全体的な傾向から2次元的な地下構造と推定されるリニアメントをピックアップし、このリニアメントと2次元性をもつ磁化構造の走向が一致するものを、磁化構造の走向が2次元的な地下構造によるものとした。この際、2次元的な地下構造と推定されるリニアメントが、今回の観測で得られた水深及び海上重力のデータから構造的に段差の見られるところであれば、そのリニアメントをフラクチャー・ゾーンであるとした。次に、磁化構造の走向が、SEASATの重力や水深のリニアメントの走向からはずれ、さらに今回の観測から得られた水深及び海上重力のデータからも、2次元性をもつ磁化構造の走向を示している位置の近傍に3次元的な構造物が推定される場合に、その走向を除外した。これらの手順の後残った磁化構造の走向を地磁気異常綫模様の走向であるとした。この手順によって得られたフラクチャー・ゾーンおよび地磁気異常綫模様の走向をFig.1に示す。

この結果から、ほとんどの地磁気異常綫模様の走向が現在までに報告されている走向とよく一致している。しかし、今までに報告されていない走向が見られた。その走向を以下にあげる。

- ① 63°S, 30°E 付近のWNW-ESE走向の地磁気異常綫模様。
- ② 60°S, 30°E 及び 63°S, 22°E 付近のN-SとNNE-SSW走向の地磁気異常綫模様。

南極・アフリカ間の拡大方向は、 Gondwana大陸分裂期からほぼ南北と考えられているので、②の走向は全く反対の拡大方向を示唆している。これらの結果をもとに、南極・アフリカ間の拡大方向の変化等を議論する。

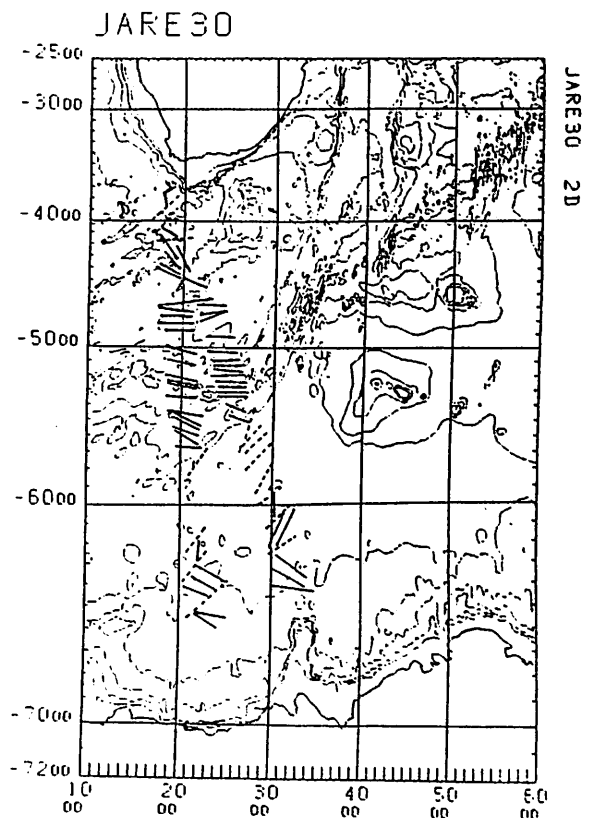


Fig. 1 Directions of the geomagnetic anomaly lineations and fracture zones. Solid and broken lines show the geomagnetic anomaly lineations and fracture zones respectively. Bathymetric features based on ETOPO5 and world. The contour interval is 1000m.

地磁気60年変動における  
双極子と非双極子の位相差は有意か？

横山 由紀子、 行武 毅  
(訓大情報) (東大震研)

DOSE PHASE DIFFERENCE BETWEEN GEOMAGNETIC DIPOLE  
AND NON-DIPOLE STATISTICALLY SIGNIFICANT?

Yukiko YOKOYAMA  
(University of Industrial Technology)  
and  
Takesi YUKUTAKE  
(Earthquake Research Institute, the University of Tokyo)

Robust estimate is performed on phase differences between time variation of the Gauss coefficients and the length-of-day concerning the sixty year variation. As a result, weighted mean value of their phases is determined to be  $-6 \pm 44$  degrees. Hence, it is concluded that the phase of the geomagnetic dipole, whose lower limit is 48 degrees, is significantly different from other harmonics.

1. はじめに

地磁気60年変動は地球回転と強い相関を持っており、両者の変動の速さ、一観測点での傾角、伏角等を用いての解折から、この位相差はほぼ10年程度であると報告されている。しかし、地磁気ガウス係数の振幅を用いて時間差を決定すると双極子は10年程度ずれになるが、他のモードはほとんどずれを示さない。本研究ではこの双極子と非双極子変動間の時間ずれが有意であるかを統計的手段を用いて検定した。

2. ガウス係数と length-of-day 変動間の位相差

地球回転のデータには Morrison(1979)、ガウス係数のデータとしては Yokoyama and Yukutake(1990)によるものを用い、両者間の相関係数を最大または最小にする時間差より周期59年として位相差を決定した(図1)。60年変動は数十年変動の中で最も大きな振幅であるため、この相関係数はほぼ60年周期の正弦波となる。そこで相関係数をこの正弦波にあてはめ、両者の変動のずれを前に求めた位相差のエラーバーとして用いた。

3. ロバスト検定

各モードの位相差間に有意な差があるかどうかを調べるためにM推定法を用いてロバスト検定を行った。相関数としては Turkeyのbiweightを用い、初期重みには上記のエラーの自乗の逆数を用いた。収束の条件は有効重みの補正値が新しい有効重みの0.02倍以下になることとした。

4. 結果

最終的に位相の平均値は  $-6^\circ$ 、この値の周りの標準偏差は  $44^\circ$  となった。エラーを考慮すると双極子と(2,2)モードを除いた全てのモードが  $-6 \pm 44^\circ$  の範囲に属する。これに対し、双極子の位相の下限は  $38^\circ$  であり、他のモードとは有意に異なる位相を持つといえる。

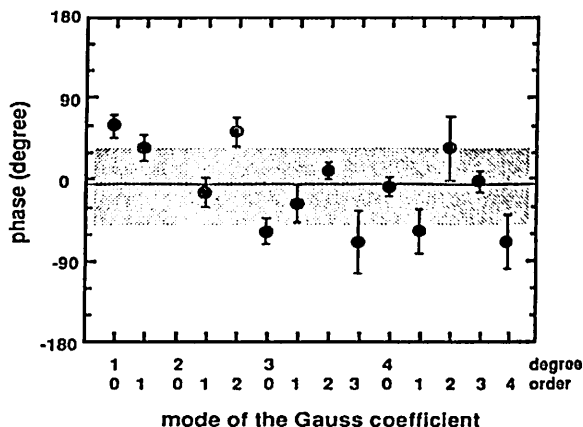


図1 ガウス係数振幅と l.o.d.間の位相差。実線は重み付き平均値、網部分は標準偏差の範囲を示している。

行 武 毅

東京大学地震研究所

A PROCESS OF GENERATING VARIATIONS IN THE NON-DIPOLE FIELD  
RELATED TO DIPOLE CHANGES

Takesi YUKUTAKE

Earthquake Research Institute, University of Tokyo

Observation suggests that a significant correlation exists between variations in the dipole and the non-dipole fields, implying that the non-dipole field has changed its intensity in proportion to the dipole change. A mechanism is proposed to explain this relationship. Suppose stratified flows are predominant near the surface of the core. Such stratified flows, when expressed by toroidal motions, induce poloidal magnetic fields of non-dipole type through interaction with the dipole field. Even when the fluid motions are steady, the induced fields vary according as the dipole changes. A velocity of  $10^{-3}$  cm/sec is sufficient to explain the relative magnitudes of the non-dipole to the dipole field for the variations with periods longer than 8000 year, whereas a velocity of 0.2 cm/sec is required for the 60 year variation.

## 1. まえがき

古地磁気学の研究によれば過去500万年間に双極子磁場は現在の約半分の強さになったこともあるが、非双極子磁場と双極子磁場との強度比はほとんど変化がなかった、といわれている。これは非双極子磁場が双極子磁場の変化にほぼ比例して変化したことを意味している。また最近の地磁気永年変化をみると60年程度の変動が顕著であるが、球関数に展開してGauss係数の時間変化を調べると、双極子項だけでなく他の非双極子項にも60年変動が認められる。非双極子磁場のなかには双極子磁場の変化によって引き起こされる成分があるらしい。ここでは双極子磁場の変化が直接非双極子磁場の変化に結びつくような核内流体運動をとりあげて、その相互関係を調べてみる。

## 2. 核・マントル境界付近の成層流体運動と双極子磁場の相互作用

核の表層部は比較的軽い物質が集まるなどして、層を形成しているのではないかと考えられている。もしそのような層があると、そのなかでは水平方向の流体運動が卓越すると推定される。双極子磁場を横切っ

てこのような層流があると、地表でも観測可能なポロイダル磁場が生成される。かりに流体運動が時間的に定常であっても、双極子磁場が時間的に変化すれば、2次的につくられるポロイダル磁場も時間的に変化する。層流をトロイダルな運動で表現し、時間的に変化する双極子磁場との相互作用を調べた。

## 3. 結果

トロイダルな流体運動を球関数に展開して、双極子磁場との相互作用をみると、誘導されるポロイダル磁場は流体運動と同じモード(同じ階数・次数)である。このようにして誘導されるポロイダル磁場は双極子磁場の変化に比例して変化する。またポロイダル磁場の振幅は流体運動の速度と層の厚さに比例する。

8000年より長い周期の双極子磁場変動にたいしては、 $10^{-3}$  cm/sec程度の流体運動であれば、古地磁気データから推定される双極子磁場と非双極子磁場変動の相対関係を説明できる。しかし、60年変動については、このモデルで説明しようとする、流体の速度が0.2 cm/sec程度に速くなければならないことになる。



浜野洋三、望月英二  
(東京大学理学部)

OPTIMAL ESTIMATION OF SQUARE SUM OF THE GAUSS COEFFICIENT

Yoza Hamano and Eiji Mochizuki  
(Geophys. Inst., Fac. of Sci., Univ. of Tokyo)

A method is presented for estimating the square sum of the geomagnetic Gauss coefficients from small number of data points. Our formulation is an extension of the method invented by Silver and Jordan(1982) for estimating scalar seismic moments from noisy seismic data.

地球磁場とその変動を議論するには磁気ポテンシャルを球面調和関数に展開するのが正統的な手段である。しかし、この方法による解析が有効なのは等時性が保証された多数個のデータがある最近数百年に限られ、それ以前の時期については双極子項のみについての議論がせいぜいである。これは古地磁気学や考古地磁気学で得られるデータの数が少ないのに対して、次数1までの球面調和関数の数は1(1+2)個の割合で増加することによる。そこで、少ないデータ数でGauss係数の高次までの係数に関する情報を得るために、各次数の係数の二乗和のみを求めることを考えた。この方法はSilver and Jordan(1982)が地殻モーメントの大きさのみを不十分なデータから求めるために考えた方法の、球面調和関数展開への拡張である。Gauss係数二乗和を求める利点は(1)求めるパラメータの数が次数1に等しいので同じデータ数で高い次数までの係数の推定が可能である、(2)Gauss係数の二乗和は回転不変量であるので、不均一なデータ分布からも信頼できる値を求められる可能性がある、(3)磁場の西方移動等の移動成分の影響を受けないので、停滞磁場成分の変動だけを分離して求めることが出来る、等である。

磁気ポテンシャルが球面調和関数に展開されると、地表面の余緯度 $\theta$ 、経度 $\phi$ の場所で見られる磁場の成分は(1)式のようになる。ここで $a_{lm}$ は球面調和関数とその微分で表され、 $x_{lm}$ は(2)式のようにGauss係数を定義しなおしたものである。また $\epsilon_j$ は観測誤差を表す。我々が求めたい量は(3)式で表される各次数 $l$ についてのGauss係数の二乗和である。この量の推定値を(4)式に示すように観測値の2次の相関の1次結合で表す。(1)式を代入すると(4)式は(5)式のようになる。一方、真の値(3)式は(6)式のように得られるから、この式と(5)式の差を取って(7)式となる。従って最初の問題は(7)式であらわされるGauss係数の二乗和の推定誤差ができるだけ小さくなるように $h_{ij}$ を求める問題に帰着する。(8)式で示すようなマトリックス表現を導入すると(7)式は(9)式となる。この推定誤差を最小自乗的に極小にする解は(10)式の正規方程式を解くことで求められる。ここで $C_x$ 及び $C_e$ はGauss係数及び観測誤差の4次の相関マトリックスを表す。(10)式を解いて求められた $h_{ij}$ を使って、(3)式から二乗和の推定値がえられ、(11)式のように定義された $f_{l'm'} \dots$ を用い、各次数のGauss係数が1次元空間で等方的に分布すると仮定すると、パイア $\beta$ と分散 $\sigma^2$ はそれぞれ(12)式及び(13)式で計算できる。この方法を用いてモデルデータについて計算した結果は、磁場のZ成分を用いたときが最もよく、8点の観測点があれば次数4までの二乗和は精度よく求められる。

$$\begin{aligned}
 (1) \quad B(\theta, \phi) &= \sum_{l=1}^{\infty} \sum_{m=-l}^l a_{lm}(\theta, \phi) x_{lm} + \epsilon_j & (2) \quad x_{lm} & \begin{cases} = g_{lm} & m \geq 0 \\ = h_{|m|} & m < 0 \end{cases} & (3) \quad G_l &= \sum_{m=-l}^l x_{lm}^2 \\
 (4) \quad \widehat{G}_1 &= \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N h_{ij} B(\theta_i, \phi_i) B(\theta_j, \phi_j) & (5) \quad \widehat{G}_1 &= \sum_{l'm'} \sum_{l''m''} x_{l'm'} x_{l''m''} \sum_{IJ} h_{IJ} a_{l'm'}(\theta_i, \phi_i) a_{l''m''}(\theta_j, \phi_j) + \sum_{IJ} h_{IJ} \epsilon_i \epsilon_j \\
 (6) \quad G_l &= \sum_{l'm'} \sum_{l''m''} x_{l'm'} x_{l''m''} \delta_{ll'} \delta_{ll''} \delta_{m'm''} \\
 (7) \quad \widehat{G}_1 - G_1 &= \sum_{l'm'} \sum_{l''m''} x_{l'm'} x_{l''m''} \left( \sum_{IJ} a_{l'm'}(\theta_i, \phi_i) a_{l''m''}(\theta_j, \phi_j) - \delta_{ll'} \delta_{ll''} \delta_{m'm''} \right) + \sum_{IJ} h_{IJ} \epsilon_i \epsilon_j \\
 (8) \quad A &= \begin{bmatrix} x_{l'm'} x_{l''m''} \\ a_{l'm'}(\theta_i, \phi_i) a_{l''m''}(\theta_j, \phi_j) \end{bmatrix}, \quad e = [\epsilon_i \epsilon_j], \quad H = [h_{ij}] \\
 (9) \quad \widehat{G}_1 - G_1 &= (HA - J)x + He & (10) \quad H(AC_x A^T + C_e) &= JC_x A^T \\
 (11) \quad f_{l'm'} &= \sum_{IJ} h_{IJ} a_{l'm'}(\theta_i, \phi_i) a_{l''m''}(\theta_j, \phi_j) - \delta_{ll'} \delta_{ll''} \delta_{m'm''} & (12) \quad \beta &= \sum_{l'm'} \frac{\widehat{G}_l}{2l'+1} f_{l'm'}^2 \\
 (13) \quad \sigma^2 &= \sum_{l'm'} \sum_{l''m''} \frac{\widehat{G}_l \widehat{G}_{l''}}{2l'+12l'''+1} f_{l'm'} f_{l''m''} + 2 \sum_{l'm'} \sum_{l''m''} \frac{\widehat{G}_l \widehat{G}_{l''}}{2l'+12l'''+1} f_{l'm'}^2 - \beta^2
 \end{aligned}$$

A Best-Fit Eccentric Dipole and The Invariance  
of The Earth's Dipole Moment

Yasuharu SANO

Department of Geophysics, Faculty of Science,  
Kyoto University, Kyoto 606, Japan

It is demonstrated by a simple example and elementary calculations that under certain optimum condition the dipole moment of the dipole field fitted to a given distribution of potential is not necessarily the same as the dipole moment of the given magnetic field. The dipole moment of the original magnetic potential is invariant, that is, it is independent of the choice of the position of the origin of the coordinate system. Despite this, the dipole moment of the fitted dipole can be different from that in the original magnetic potential, depending on the choice of the optimum condition on the parameters. Optimum condition used here differs from that adopted in Schmidt's definition in that no translation of the coordinate system is performed in the present definition. It is seen, however, that the present definition becomes identical with Schmidt's definition when the harmonics of degrees higher than the quadrupole are truncated. When all the higher harmonics are included in the definition, we obtain a different dipole moment and location than those obtained from the conventional definition by Schmidt. Moreover, the obtained dipole moment and location are different from those deduced from a generalization of Schmidt's definition by inclusion of all harmonics to the infinite degree. These differences are thought to arise from the discrepancy between the position of the fitted dipole and the center of the sphere on whose surface the integration defining the optimum of the parameters is carried out.

関 英穂、山本圭吾、望月英二、浜野洋三  
(東京大学理学部)

TRANSITION FIELDS DURING THE UPPER AND LOWER JARAMILLO  
POLARITY REVERSALS

Miho Seki, Keigo Yamamoto, Eiji Mochizuki, and Yozo Hamano  
(Geophys. Inst., Fac. of Sci., Univ. of Tokyo)

Transition fields during the upper and lower Jaramillo polarity reversals were examined by using the sediment records. In our model, geomagnetic field reversals were simulated by a linear variation of the axial dipole field, corresponding increase or decrease of either quadrupole or octupole zonal harmonics, and a stationary non-zonal field expressed by VED (Virtual Equatorial Dipole). Among the four models given in Fig. 1, model 3 is the most probable one for the both reversals (N-R and R-N).

地球磁場逆転の際の磁場変動は、磁場の起源、逆転の原因を解明するための重要な情報である。逆転時の磁場は通常の場合と異なって双極子磁場成分が小さく、低次の zonal 磁場が卓越すると考えられている。この場合、逆転時の VGP の軌跡は観測地点の真上か真下を通ることになるが、実際の観測結果はかなりずれた軌跡を持つものがあり、zonal 磁場に加えて別の磁場成分の寄与があることを示す。これまでの解析は VGI に関する議論がほとんどであり、時間変化の情報を考慮していないので、定量的な議論は難しかった。Williams and Fuller(1981)は伏角の時間変化の緯度依存性から、双極子磁場のエネルギーが逆転時に低次の zonal 磁場に分配される割合を推定しているが、zonal でない磁場が存在することを考えると、伏角の変化だけでは情報不足である。

本研究では Jaramillo 期の前後の逆転の際の偏角と伏角の時間変化を、軸双極子磁場の逆転に対応して変化する zonal 磁場と、この期間に一定の値を持つ非 zonal 磁場で説明することを試みた。用いたデータは主に深海掘削計画で得られた堆積速度の大きい堆積物によるものである。zonal 磁場としては  $g_2^0$  と  $g_3^0$  の 2 通りとし、それぞれの極性を考えて図 1 に示す 4 通りのモデルを考慮した。非 zonal 磁場は観測点毎に異なる赤道面内の双極子で近似した。各観測点についてのパラメータは赤道面内双極子の向きと大きさ、逆転の開始時間と時間間隔である。観測データについてそれぞれのモデルについて最適解を計算させた。どのモデルを選ぶかは各堆積物の平均的な堆積速度から計算される逆転に要する時間が、同じ逆転に関しては観測点によらず同じ値となる基準で選んだ。結果としては図 1 のモデル 3 が Jaramillo の前後の逆転については最も適当と考えられる。図 2 には最適解の例を観測データと共に示す。

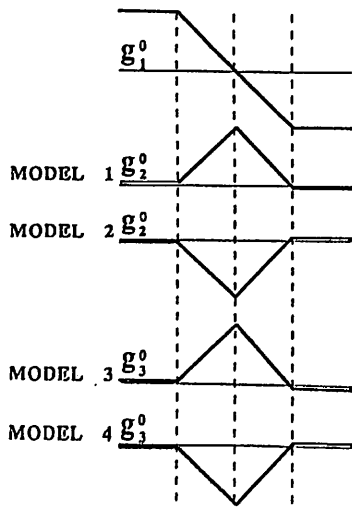


Fig. 1 Reversal models for low order zonal harmonics.

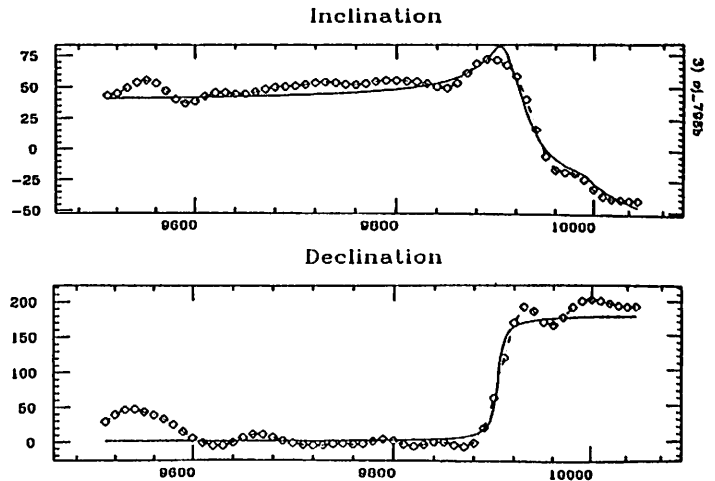


Fig. 2 Variations of inclination and declination at Site 798.

松島 政貴・本蔵 義守  
(東工大理)

Estimation of Fluid Motion in the Earth's Outer Core  
Taking into Account the Navier-Stokes Equation

Masaki Matsushima and Yoshimori Honkura

Department of Applied Physics, Tokyo Institute of Technology

Fluid motion in the Earth's outer core can be estimated from geomagnetic field data. So far we have considered a very simple mechanism in order to estimate a differential rotation which is expected to generate strong zonal toroidal magnetic fields; that is, we have expressed angular momentum transfer in terms of virtual displacement of fluid particles. In this paper we attempt to solve both the induction equation and the Navier-Stokes equation and estimate fluid motion in the core. In practice, it is very difficult to solve all the equations which describe the physical state in the core. If we can estimate poloidal velocity fields somehow, however, it is possible to derive toroidal velocity fields from the poloidal velocity fields by solving the Navier-Stokes equation.

We expand scalar functions for toroidal and poloidal vectors, corresponding to velocity and magnetic fields, in Chebyshev polynomials for radial dependence and in spherical surface harmonics for  $\theta$ - and  $\phi$ -dependence. For example, a scalar function for a toroidal velocity field is expressed as

$$V_T(r, \theta, \phi, t) = \sum_{l=1}^L \sum_{m=0}^l \sum_{n=0}^N ' V_{[n T_l^m]}(t) T_n(x) Y_l^m(\theta, \phi),$$

where  $T_n(x)$  is a Chebyshev polynomial with order  $n$ ,  $Y_l^m(\theta, \phi)$  a spherical surface harmonic function with degree  $l$  and order  $m$ . The summation  $\sum'$  means that the  $n=0$  and  $n=N$  terms are multiplied by  $\frac{1}{2}$ . The radial coordinate  $r$  in the outer core is transformed into the coordinate  $x$  ( $-1 \leq x \leq 1$ ).

As the first step, we take into account interaction terms which we have considered so far, and estimate fluid motion in the core. Figure 1 shows an example of the distributions of the angular velocity field and the zonal toroidal magnetic field. The estimated fluid motion in the core is shown in Fig. 2.

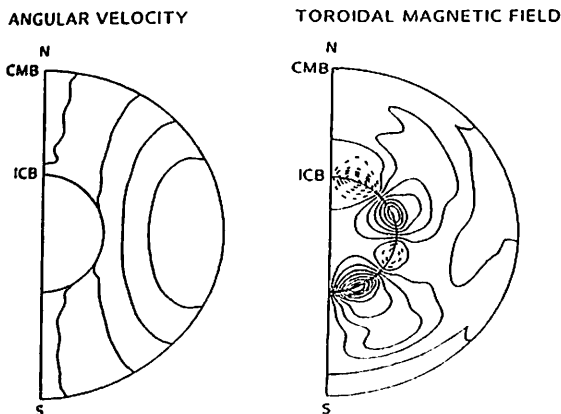


Fig. 1. The distributions of the angular velocity field and the zonal toroidal magnetic field.

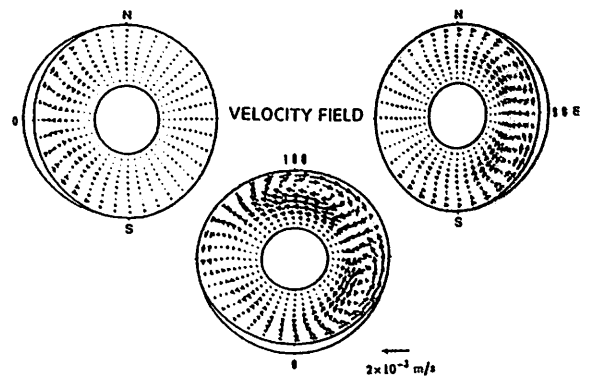


Fig. 2. The estimated fluid motion in the core.

円筒内の成層流体中の  
非線形磁気流体波の厳密解浜端 広充  
大阪市大理Exact Nonlinear Hydromagnetic Wave Solutions in a  
Thermally Stratified Fluid within a Cylindrical ContainerHiromitsu Hamabata  
Faculty of Science, Osaka City University

The propagation of nonlinear hydromagnetic waves in a highly conducting, self-gravitating fluid in a cylindrical geometry, subject to the convective forces produced by a radial temperature gradient, is treated in a Boussinesq approximation. It is shown that there are exact solutions with large amplitude but restricted form, which include as special cases the hydromagnetic waves propagating along the axial magnetic field and propagating along the azimuthal magnetic field. These solutions may be applicable to the hydromagnetic waves in the Earth's fluid core and the solar convective zone.

地球流体核や太陽の対流層内には、微分回転により弱いポロイダル磁場から生ずる強いトロイダル磁場が閉じ込められているものと考えられている。このトロイダル磁場からのずれの主要なものは、大振幅の磁気流体波的な性質を持ちその相互作用により乱流状態になっているものと考えられる。この問題に適切な磁気流体乱流の理論を展開することは、非常に困難なことでここでは展開することは出来ないが、強い対流力が存在する下での磁気流体波の性質を議論することは興味のあることである。対流力の存在する下での微小振幅の磁気流体波の性質を議論することは比較的易しいことでかなりの研究もなされてきている。一方、大振幅の磁気流体波の存在は、Walén(1944)により示唆され、一様な非圧縮流体中で一様な磁場下の任意の形、周波数、振幅を持つ沿磁力線伝播の磁気流体波がMHD方程式の厳密解であることは良く知られた事実である。Parker(1984)は、対流力が存在する下でも限られた形をしてはいるが、一様な水平磁場に沿って伝播する大振幅の磁気流体波の厳密解が存在することを示した。

本講演では、Parkerの理論を円筒内の流体に適用し非線形磁気流体波の厳密解を見出したことを報告する。円筒内の電導性で、自己重力のある流体の運動を考え、Boussinesq近似を適用し、動径方向の温度勾配によりつくられる対流力が存在する場合の磁気流体波の伝播について議論する。散逸は無いものとし、境界は、固体壁で完全電導体であるとした。得られた解は、helicalな磁場中を軸方向及び方位角方向に伝播する磁気流体波解を含み、特別な場合として、非一様な軸方向の直線磁場に沿って伝播する磁気流体波(軸対称解)及び方位角方向の円形磁場に沿って伝播する磁気流体波が厳密解として存在することが明かとなった。尚、今回は、円筒内の流体について議論するがもっと正確に地球流体核内の磁気流体波の議論をするためには球内の磁気流体波について議論する必要がある。この点については現在検討中である。

加藤 浩文、 大家 寛  
(東北大理)

A MECHANISM OF MAGNETIC FIELD GENERATION  
IN MAGNETOCONVECTION WITH ROTATION

H. Kato and H. Oya  
Geophysical Institute, Tohoku University

The numerical simulation of magnetoconvection with rotation has been carried out to study the Earth's dynamo. In addition to the results of studies on the distribution of the helicity density in Bénard convection with rotation, an elementary process for the magnetic field generation in magnetoconvection with rotation has been investigated. We have studied a local dynamo process in the region where the horizontal flow makes convergence generating the strong vertical magnetic field under the existence of the remarkable helical flow. It has been found that in the present case of the local dynamo process the helical flow twists the vertical magnetic field and generates the helical magnetic field associated with the vertical electric current.

1. はじめに

地球磁場生成維持の過程を調べるため、MHD熱対流の計算機シミュレーションを行ない、回転がある場合のBénard対流におけるヘリシティ密度の分布とMHD熱対流における磁場生成の基礎的な過程を調べた。本研究では、MHD熱対流において対流運動が水平方向に収束する領域で起こるダイナモ過程に注目する。この領域においては、磁場は大きな鉛直成分を持ち、コリオリ力によってつくられたヘリカルな流れと相互作用するという特徴を持っている。

2. モデルと基礎方程式

水平平板間のMHD熱対流を扱う。z方向に重力ベクトルと系の角速度ベクトルの方向をとる。系は反時計回りに回転する。

基礎方程式としてBoussinesq近似によるMHD方程式を用い、これを計算機で直接解く。水平方向には周期的境界条件を課し、鉛直方向には速度場に滑りなしの条件、磁場に自由境界条件を課す。微分の計算は、水平方向は擬スペクトラル法によりFourier空間で行ない、鉛直方向は2次の中心差分を用いて行なう。時間発展は改良オイラー法(2次のルンゲ・クッタ法)を用いて追跡する。

3. 計算結果

図1と図2に、温度場の初期擾乱として、

$$T_{dis} = C \sin x \cdot \sin y \cdot (1-z^2)$$

を用い、セル状の対流を実現させたときの結果を示す。図1(a)は $z=-3/4$ のxy平面内(シミュレーション領域は、 $-1 \leq z \leq +1$ ,  $0 \leq x, y \leq 2\pi$ )での速度ベクトルである。上向きの流れのあるところへ流体は反時計まわりに回転しながら収束する。

図1(b)は、 $y=\pi/2$ のxz平面内の速度ベクトルである。同平面内の磁場ベクトルを図2(a),(b)に示す。対流運動が収束するところで、 $B_z$ は大きくなり、水平面内で回転する $B_x$ ,  $B_y$ が生じる。

4. 考察

本研究で究明している対流運動が収束する領域では $B_z$ が大きくなるのが注目されるが、これは回転がない場合や2次元のMHD対流においても現われる現象と理解される。しかし、特に回転がある場合にはコリオリ力によるヘリカルな流れが磁場を巻きあげ、鉛直方向の電流密度をつくり、磁場は一層強くなる。なお、このダイナモ過程は、非圧縮性流体を扱う限り、熱対流のみでなく組成対流においても重要と考えられる。

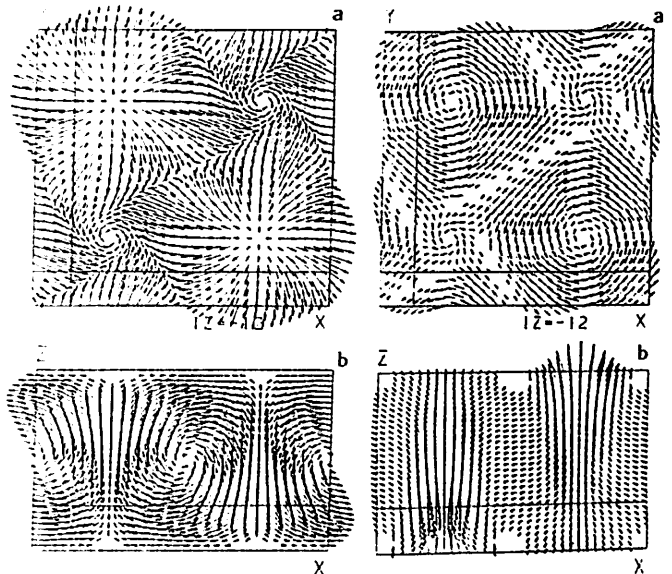


Fig. 1. Velocity field  
(a): at  $z=-3/4$   
(b): at  $y=\pi/2$

Fig. 2. Magnetic field  
(a): at  $z=-3/4$   
(b): at  $y=\pi/2$

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

More energetic ion conics are found in higher altitude (Fig.1). This may directly mean that more energetic perpendicular heating at the local region can occur at higher altitude. Alternative interpretation is that the conics heating region is largely extended in altitude and the integrated heating as they flow out along the field line results in the higher temperature at higher altitude.

In the former case, at a certain altitude ion conics with the cone angle near the perpendicular direction should have a temperature higher than that of the conics with smaller cone angle, since the cone angle is directly related to the altitude of heating region. In the later case, the continuous perpendicular heating makes the cone angle change less significant, so that the temperature may not have the so clear relation to the cone angle. The magnetic mirror force, however, converts the perpendicular velocity to the parallel velocity even in this case. Therefore, it might be expected that the ion conics with the smaller cone angle have a higher temperature.

Figure 2 shows the scatter plots of conics temperature against the cone angle for various altitude ranges. There is not so clear relation between the temperature and the cone angle at a certain altitude range. The higher temperature might tend to be found at a smaller cone angle. The results indicates the integrated heating of ion conics in the extended heating region.

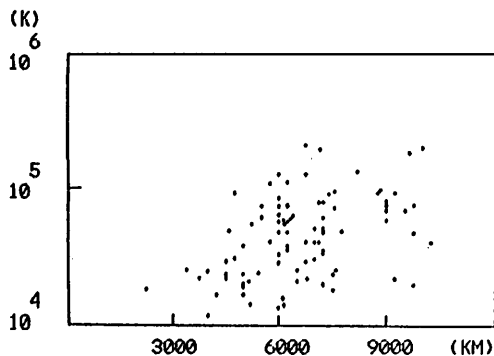


Fig.1

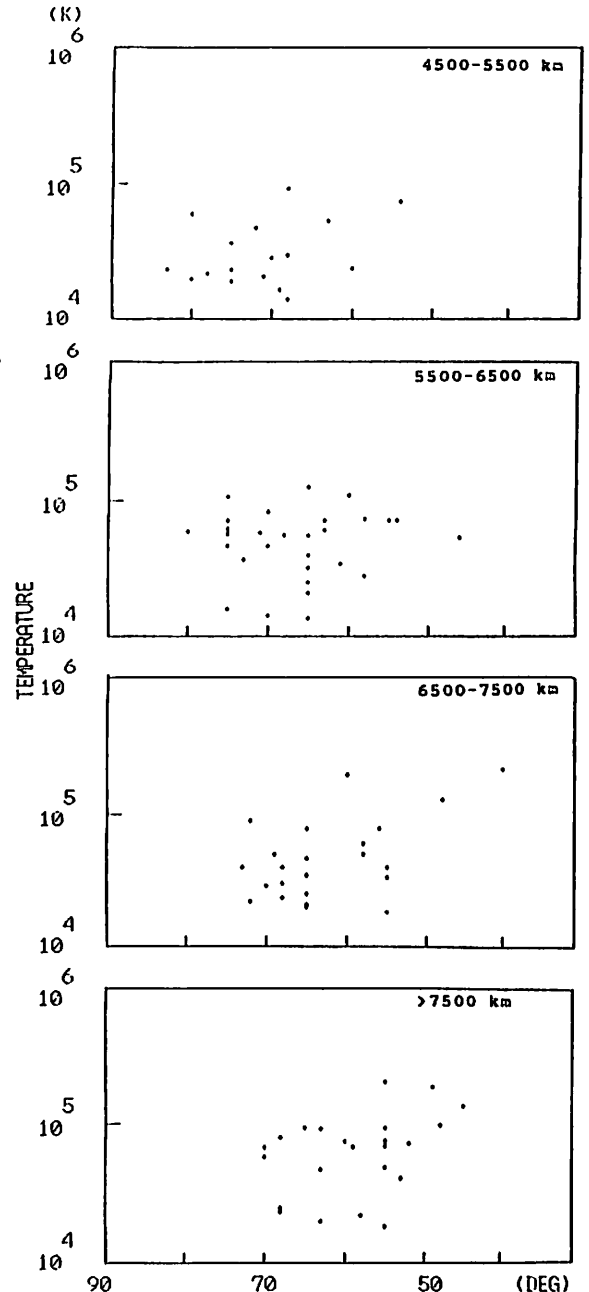


Fig.2

あけぼの観測結果：UFIとロスコーン分布との相関

賀谷信幸、向井利典、LEP班  
(神大工) (宇宙研)

OBSERVATION BY AKEBONO SATELLITE :  
CORRELATION BETWEEN UFI ENERGY AND LOSS CONE DISTRIBUTION

N. Kaya, T. Mukai and LEP team  
(Kobe Univ.)(ISAS)

We have examined correlations between energy distributions of upflowing ions and loss cone distributions of electrons. The pitch angle distribution of electrons for a period from 16:39:15 to 16:39:45 at Aug. 28, 1989 is shown in Fig. 1, where we see an evident loss cone distribution for upflowing high flux electrons. We carried out the test particle simulation using a model of dipole magnetic field in order to calculate an acceleration potential from the loss cone distributions. The results of the test particle simulation indicate that the potentials estimated by the distributions for the loss cone are consistent with those obtained from the energy distributions of the UFI's.

「あけぼの」衛星により1989年8月28日に観測されたUFI現象で、電子のピッチ角分布に大変興味深いピッチ角分布の特性が見いだされた。UFIが観測されなかったときは電子のピッチ角分布において、降下電子と上昇電子は対称的な分布を示したが、UFIが出現したときは電子のピッチ角分布は非対称に変化した。これは、衛星高度より下方に平行電場が存在していることを示唆している。そこで、ミラー磁場を仮定した地磁気中を運動する粒子の軌道を計算した。すなわち、テスト粒子シミュレーションの結果、上昇電子のピッチ角分布から推定される加速域のポテンシャルはUFIのエネルギーと一致することが確認され、衛星下方に加速電場が存在することを示した。

その一例を図1と図2に示す。図1は8月28日16時39分15秒から45秒の30秒間に観測された電子のピッチ角分布を示す。1keVを中心に電子が観測されているが、上昇電子と降下電子は非対称である。これはLoss Cone分布によるものと考えられる。ところが、Loss Cone分布は加速域のポテンシャルの大きさにより変化する。加速電場が大きくなるほど、より高エネルギーの電子まで消滅する。そこで、上昇粒子の分布から加速域のポテンシャルを求めたものを図2に示す。図2の右半分に示す降下電子は観測結果であり、これらの電子を初期値とし地磁気中を降下する電子の軌道を計算した。実線は加速ポテンシャルが1.5kVの時のLoss Coneを示す。また、同時に観測されたUFIのエネルギーは同じ1.5keVであったことから、UFIのエネルギーと電子のLoss Cone分布の両方から加速域のポテンシャルが1.5kVであったと結論される。

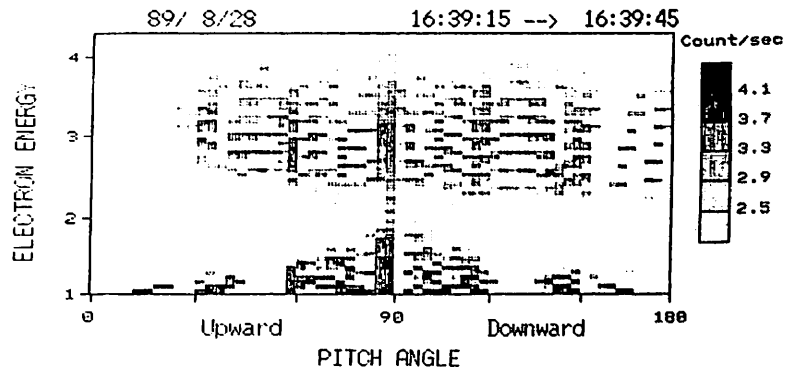


Fig.1 Pitch angle distribution of electrons

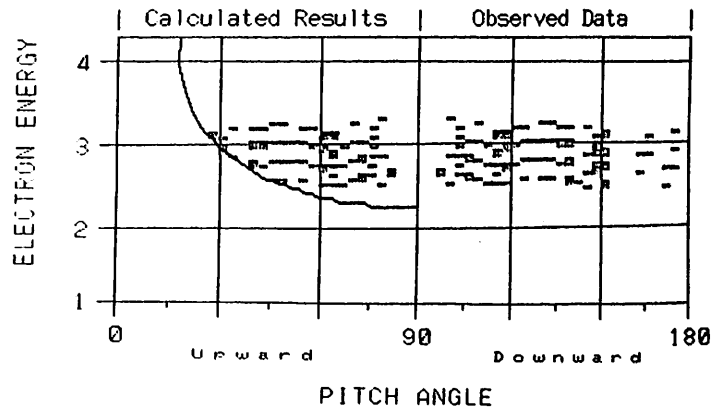


Fig.2 Result of the test particle simulation



## 大振幅電場変動現象と上向きイオンビーム

早川基、鶴田浩一郎、向井利典、岡田敏美  
宇宙科学研究所 富山県立大学

## Impulsive Electric Field and Upward Flowing Ion Beam

H. Hayakawa, K. Tsuruda, T. Mukai, and T. Okada  
The Inst. of Space and Astron. Sci. Toyama Prefectural Univ.

Impulsive electric fields which show characteristics similar to that of the Electrostatic shocks are frequently observed near the trapped boundary of energetic ions. Those electric field coincident with the upward flowing ions (both beams and conics). The relation between the change of the electric potential measured along the satellite path and the energy of the ion beams is examined. The results show that the differences of the potential are not sufficiently large to explain the energy of the ion beams. Though the potential differences in the vicinity of the ion beam events reach up to several kV, no significant potential change is observed at the edge of the ion beam events. It is suggested that V(S)-shape static potential structure is not the generation mechanism of the observed ion beams.

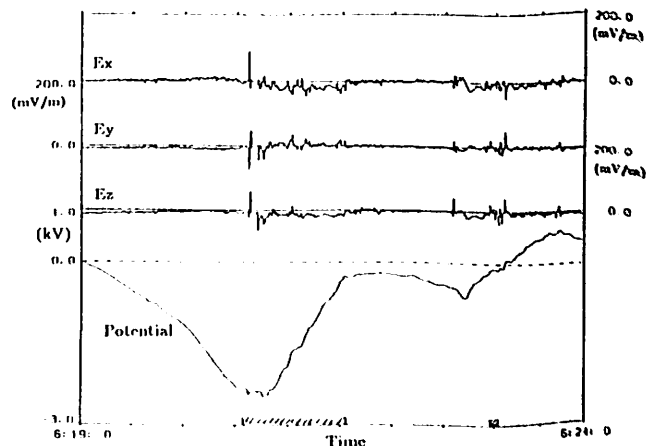
極域磁気圏に於ける特徴的な電場現象として静電ショックとダブルレイヤーと呼ばれる現象がある。これらの現象は極域磁気圏に存在すると考えられている沿磁力線電場を示していると解釈されている。極域電離層に降り込みオーロラを発生させる高エネルギー電子はこの沿磁力線電場によって加速されていると考えられており、このためこれらの現象は極域に於けるオーロラの発生メカニズムを探る上で重要である。「あけぼの」衛星においても静電ショックに似た特徴を持つ変動が速く、振幅の大きな電場構造が極域磁気圏に於てしばしば観測されている。この振幅の大きな電場変動の特性及び、磁力線方向に加速されたイオンビームとの関連から解析したので、その結果を報告する。

電場変動の大きさが100 mV/mを越えるものを大振幅電場変動現象と定義したところ、1989年11月及び12月の2月間に「あけぼの」衛星によって215例の大振幅電場変動現象が観測された。この現象は、夕方側の方が朝方側よりも振幅が大きく、磁気地方時の真夜中付近で最も振幅が大きくなる。またほとんどの現象は緯度範囲62.5-77.5度で観測された。磁気活動度(KP)の広い範囲で観測されており、そのあるKPの値毎の発生頻度はKP自身の分布と良く似ており、依存性はみられていない。この現象は上向きに加速されたイオンと非常に良い相関があり、低エネルギー粒子観測器がすべてのピッチ角を観測していた37例の内の35例について上向きに加速されたイオンが観測された。

磁力線沿いのビームは観測点より下にある沿磁力線方向の電位差によって磁力線方向に加速され発生すると考えられている。このためビームのエネルギーに対応する電位差が衛星の下に存在する事となる。このことより、一般に考えられているようにビームがV(S)型の電位構造によって加速を受けているのならば、衛星の軌道に沿って測定した電位分布はビームが観測された期間の両側(片側)でビームのエネルギーに対応した電位差を示す事が期待される。

大振幅電場変動現象とイオンのビームとが同時に観測さ

れた13例について測定された電場から求めた衛星の軌道に沿った電位変化を調べてみた。その1例を図に示す。この図を見ても分かるように、大振幅電場変動現象にともなう電位変化は高々200-300Vであり、イオンビームのエネルギーを説明するには不十分である。また、対流に伴う電位変化にもビームの観測された時間の両側または片側においてビームのエネルギーに対応するような電位変化は見られていない。この事はkeV近くの加速を受けているイオンビームすべての場合について同じであった。以上の事より、大振幅電場変動現象は従来考えられていたようにオーロラ粒子の加速を生み出すV(S)型の静的な構造を観測しているのではない事、また同時に観測されるイオンビームもV(S)型の静的な電場構造によって加速されているのではなく時間変動する構造を考えねばならない事が明らかになった。



大振幅電場変動現象の電場3成分と衛星軌道に沿った電位分布。斜線部はイオンビームの観測された時刻を示す。

Low energy Downward Flowing Ion (DFI) events observed by EXOS-D/SMS  
E. Sagawa (CRL), B.A. Whalen, A.W. Yau, S. Watanabe(NRCC/HIA)

Downward Flowing Ion events (DFI) are defined in which the ion pitch-angle distribution has a peak at the down going direction toward the local ionosphere along the field line, i.e., ions are flowing toward the ionosphere from the magnetosphere. DFI's are not common compared with UFI's and Conics which indicate the flow of ionospheric ions into the magnetosphere. Both LEP and SMS instruments on board the EXOS-D satellite have observed a number of DFI events, particularly during the last winter in the northern hemisphere. This paper reports very low energy DFI events observed by SMS.

## 1 はじめに

既に報告されているように EXOS-D の低エネルギーイオン観測 (LEP, SMS) から朝側のオーロラ帯で特徴的な Dispersion を持つ Downward Flowing Ion (DFI) が観測されている。観測された時期は 1989 年 11-12 月で、冬半球の高緯度地域に集中している。電離層から磁気圏にプラズマが供給される過程である UFI や Conics と比べると DFI は頻度の少ない現象であり、主に Cusp 付近 (太陽風 プラズマの侵入) とオーロラ帯の低緯度側での観測がこれまでも報告されている。この中で後者の場合のソース領域については必ずしも明確ではない。一つの可能性は反対半球で加速された電離層イオンが磁気圏電場の影響の下に磁力線に沿って赤道を越えて来る可能性であり、他には Cusp 近傍から磁気圏に供給される極めてエネルギーの低いイオンが磁気圏内で加速されて再び電離層に戻って来る可能性がある。EXOS-D 衛星の LEP による観測では明瞭な Dispersion を示す数 keV 以下の DFI の例が多数見だされている。SMS は LEP と比較すると低エネルギー領域で高い感度を持ち、すぐれた質量分解能を持っている。

本報告では SMS で観測された DFI について特に低エネルギー領域での特徴を述べる。

## 2 低エネルギー DFI の観測例

図は 1989 年 12 月 3 日に観測された DFI の角度分布を示している。衛星は MLT5 時付近で高緯度側から低緯度側に動いていた。LEP のデータでは 0640UT ( $\lambda=70^\circ$ ) から DFI (<1keV) が観測され始めているがその後衛星が低緯度側に移るにつれてエネルギーは低下して 0650UT には QL プロットからは発見できなくなる。図に示したデータは 0654UT の SMS の RPA データから  $H^+$  (上側パネル) と  $O^+$  (下側パネル) の角度分布をプロットしたものである。SMS はこの例では 0-17V の範囲で RPA 特性を取っているが図では 4つのエネルギーに分けてその角度分布を示している。横軸は衛星の回転角であるが  $0^\circ$  は SMS の視野方向がピッチ角の  $0^\circ$  に最も近づいた時に対応している。 $H^+$  は最もエネルギーの低いデータが DFI の形を持ち、それ以上のエネルギーでは両方向にロスコーンを持つような分布になっている。これに対して  $O^+$  では全てのエネルギーで DFI の形がみられる。

## 3 モルフォロジ

この様な低エネルギー DFI は LEP で dispersion を持つような DFI が観測されている場合には高い確率で存在している。その特徴を挙げると;

- Mass Dispersion (軽いイオンが高緯度側に現れる)。

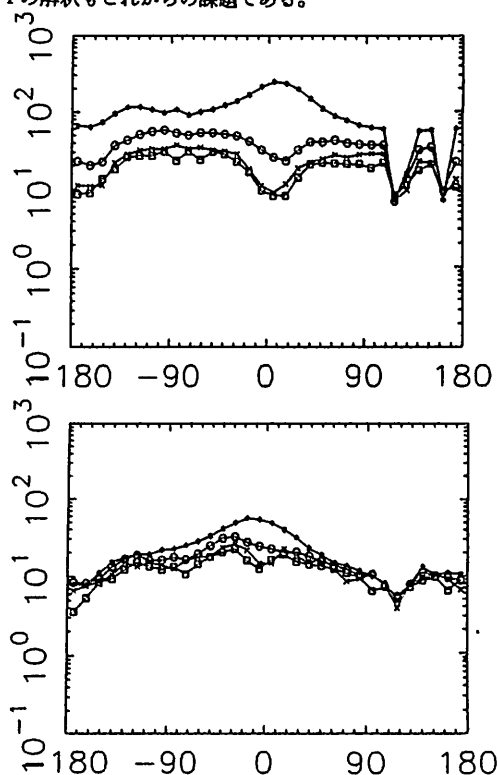
- 重いイオンの方がエネルギーが高い。すなわち全てのイオンが等速で動いている可能性も考えられる。
- 100eV 程度の一様なイオンが共存している。
- 1990 年 4 月に衛星の軌道の関係から同じ領域での観測が行われたが、ほとんど DFI は観測されていない。

## 4 まとめ

低エネルギー DFI は prasmosphere とオーロラ帯の間に観測されている。この現象の解釈としては次の二つの可能性が考えられる;

- LEP で観測されている比較的エネルギーの高い DFI の低エネルギー部分なのか?
- あるいは反対半球 (夏半球) からの refiling であるのか?

LEP で観測されている DFI の解釈も必ずしも明らかではないが、ここで示したような極めてエネルギーの低いイオンの DFI の解釈もこれからの課題である。



「あけぼの」による低エネルギー- $M/Q = 2$  イオンの観測

渡辺成昭、佐川永一、藤本 敏、B.A.Whalen,A.W.Yau、渡辺重十  
通信総合研究所、カナダヘルツベルグ天体物理研究所

THERMAL  $M/Q=2$  IONS MEASURED BY SMS-[AKEBONO]

S.Watanabe,E.sagawa and I.Iwamoto  
Communications Research Laboratory

B.A.Whalen, A.W.Yau and S.Watanabe  
CANADA NRC- Herzberg Institute of Astrophysics

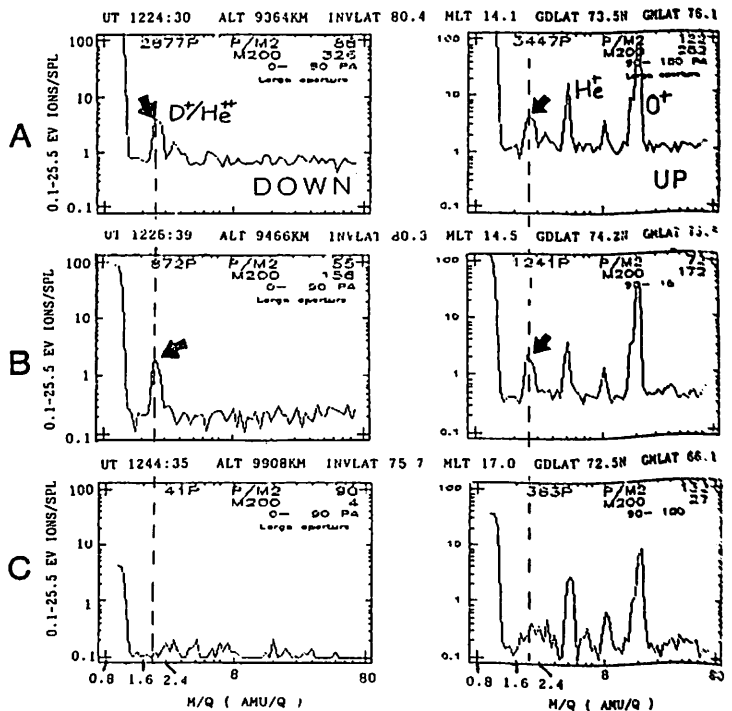
Downward thermal  $M/Q=2$  ions measured during the geomagnetic quiet day without  $He^+$  and  $O^+$  component in and around the cusp region seems to be  $He^{++}$  from solar wind after strong absorption to lose its energy by beam or two stream instabilities.  $He^{++}$  must be good tracer to define the solar wind entrance area ,since  $He^{++}$  is the major component of the solar wind and the minor component in the magnetosphere.

$M/Q = 2$  のイオンは、磁気圏に於ては微量成分であるが(しかし波動との作用として重水素/ $He^{++}$  ホイスラがあり研究中)太陽風の中では、主要なイオンであり、陽子の5~10%である。従ってカスプ領域に於て磁気圏では主要な成分である $He^+$ 、 $O^+$ 等が測定されず、 $M/Q = 2$  イオンが観測された場合は、太陽風の主成分である $He^{++}$  が侵入して来たものと考え事が出来る。この $He^{++}$ を追ってゆくと侵入領域の形状、端等の特性が分かる。右図はその好例であり、左パネルは下方に向かうイオンのフラックス分布であるが $H^+$ と $He^{++}$ のみが観測され、 $He^+$ 等が見えない。一方上昇成分を示す右パネルには大量の $He^+$ 、 $O^+$ が見られる。これはOut Flowの一例である。パネルC(UT1244,MLT=17:00,INLAT=76)で $M/Q = 2$  イオンは無くなる。この付近が侵入口の境と思われる。

この様に $He^{++}$ は太陽風侵入口の良いトレーサーともなりえる。

低エネルギー- $M/Q = 2$  イオンの高緯度における観測率をもとめ、その源泉を調べる。

AKEBONO-SMS 16 MAR, 1990



Mass spectra measured by SMS near cusp region. Panels A,B,C show the space variation of mass spectra (thermal plasma flux versus ion mass). The right and left panels are drafted for ions of downward and upward pitch angle, respectively. The graduation of vertical and horizontal axis are marked as logarithmically.

21a-III-1 PALEOMAGNETIC STUDY OF QUXU PLUTON  
OF THE GANDESE BELT, TIBET

YO-ICHIRO OTOFUJI\*, JUN KADOI\*, SHOUBU FUNAHARA\*,  
FUMIYUKI MURATA\*, AND XILAN ZHENG\*\*

\* Department of Earth Sciences, Faculty of Science,  
Kobe University, Kobe 657, Japan

\*\* Institute of Geology, Academia Sinica, Beijing, China

Fifty samples have been collected at 10 sites from the 42.5 Ma Quxu pluton of Gangdese batholith and 48 Ma Lingzizong welded tuff. The sampling localities of the pluton are located within 31 Km from the Indus Zangbo suture zone, whereas the welded tuff is more than 65 Km from the suture zone.

Almost all sites have low temperature component with northward direction. They are thermally demagnetized at a temperature above 300°C. The pluton and the welded tuff close to the Indus Zangbo suture zone acquired effectively secondary magnetization which was probably originated from the thermo-viscous remanent magnetization.

High temperature components appear in two sites of the pluton and in one site of the welded tuff. Paleomagnetic direction of the pluton shows westerly deflection in declination ( $D = -50^{\circ} \sim -80^{\circ}$ ), whereas the welded tuff has northward direction with reversed polarity.

The westward direction of the pluton is consistent with the paleomagnetic direction which was observed in rocks along the Indus Zangbo suture zone. This indicates that the Quxu pluton of the Gangdese belt was also subjected to the 'Domino-style' deformation since 42.5 Ma. The deformation was probably due to the collision of the Indian continent. The Lingzizong welded tuff has been affected little deformation, indicating that the deformation did not propagate into the area at 65 Km from the Indus Zangbo suture zone.

足立泰久<sup>1</sup>・森永遠男<sup>2</sup>・劉育燕<sup>3</sup>・方国柱<sup>3</sup>・安川克己<sup>4</sup>  
<sup>1</sup>神戸大自然科学・<sup>2</sup>姫路工大・<sup>3</sup>中国地質大・<sup>4</sup>神戸大理

THE PALEOMAGNETIC RESULTS ON APPARENT POLAR WANDER PATH FOR THE SOUTH CHINA BLOCK

Yasuhisa ADACHI<sup>1</sup>, Hayao MORINAGA<sup>2</sup>, Yu Yan LIU<sup>3</sup>, Guo Zhu FANG<sup>3</sup>,  
 and Katsumi YASKAWA<sup>4</sup>

<sup>1</sup>The Grad. School Sci. & Technol., Kobe Univ.,

<sup>2</sup>Fac. of Sci., Himeji Institute of Technol.,

<sup>3</sup>China Univ. of Geosci. (WUHAN), <sup>4</sup>Fac. of Sci., Kobe Univ.,

Preliminary paleomagnetic study have been performed on sedimentary rocks from the Quaternary to the Precambrian formations to establish the apparent polar wander (A.P.W.) path for the South China Block. All the specimens were demagnetized through progressive thermal treatment. The characteristic components for each site were accepted as reliable provided the following criteria were satisfied: is the remanent magnetization stable with respect to progressive thermal demagnetization? and is the site-mean direction before tilting correctopn different from that of the geocentric dipole field?, suggesting whether the direction is attributed at least to recent secondary magnetization or not.

中国華南ブロックの極移動曲線 (A.P.W.P.)を確立するために古地磁気学研究を行った。中国湖北省の武昌県安山鎮(30.2°N, 114.3°E)と京山県境内(31.2°N, 113.1°E)には、第四紀から中期原生代までの地質年代を持つ地層が分布しており、A.P.W.P.を求めるのに最適な地域である。磁化測定用定方位試料を、この両県に分布するすべての地質年代(Period: 紀)の地層から各々1~2地点、計17地点で採取した。試料の岩質は、主に石灰岩と砂岩である。

全ての試料を段階熱消磁し、地点平均した特徴的な残留磁化方向が初生磁化かどうかを次の条件に基づいて検討した。

- (1) 段階熱消磁に対して磁氣的に安定であること。
- (2) (1)で得られた安定な磁化成分の方向が少なくとも現在の双極子磁場方向ではないこと。

以上の条件を満たす地点は6地点であった(図1)。これらの古地磁気方向からVGPを求めた結果、第四紀(84.5°N, 354.5°)、第三紀(84.4°N, 113.7°)、白亜紀(79.4°N, 247.6°)、デボン紀(20.7°N, 201.5°)、カンブリア紀(6.4°S, 206.6°)、中期原生代(25.5°S, 193.5°)であった(図2)。さらに、これらの古地磁気方向から華南ブロックのテクトニックな運動を推定した。

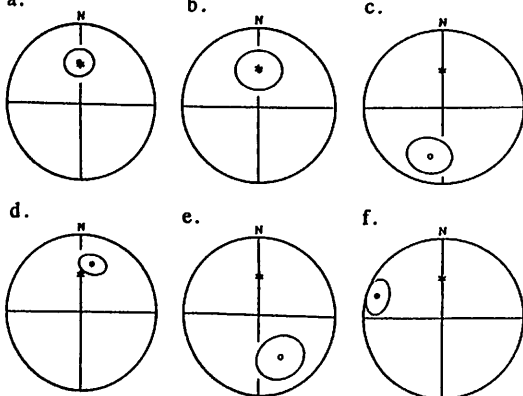


Fig. 1. Site-mean characteristic directions before tilt corrections. Closed (open) circles are plotted on lower (upper) hemisphere and ellipses are 95% confidence circles of equal-area projections. Asterisk symbol is the direction of the geocentric dipole field for the sampling locality. a, Quaternary (Q); b, Tertiary (Ter); c, Cretaceous (C); d, Devonian (D); e, Cambrian (Cb); f, lower middle Proterozoic (Pt<sub>2</sub>).

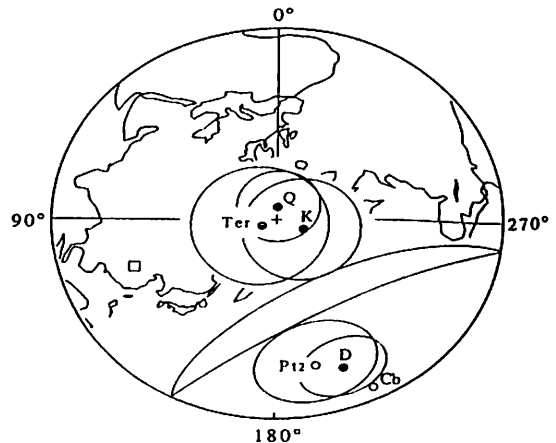


Fig. 2. Stereographic projection of VGP positions from the present study for the SCB, which are listed on Table 1. Closed (open) circles are plotted on the north (south) hemisphere and ellipses are 95% confidence circles. The sampling location is shown by square symbol.

# 21a-III-3 オークランド単成火山群の古地磁気 —28Kaの地磁気エクスカージョン—

渋谷秀敏 J. Cassidy, I. E. M. Smith 板谷徹丸  
(大阪府大・総合) (Auckland Univ.) (岡山理科大・理)

## Paleomagnetic study of the Auckland volcanic field, New Zealand. —A geomagnetic excursion at 28Ka—

H. Shibuya, J. Cassidy, I. E. M. Smith T. Itaya  
Univ. Osaka Pref. Auckland Univ., Okayama Univ. Sci.

A geomagnetic excursion was found in the Auckland volcanic field, New Zealand. The Auckland volcanic field is one of the alkaline volcanic fields in the western part of the North Island. The age is believed to range younger than 100Ka. The tentative characteristic paleomagnetic direction for each volcano (Figure) shows that six out of 21 volcanos have intermediate direction. The facts that (1) two of them have multiple sites of concordant direction, (2) the directional clustering well corresponds to the geographical distribution of the volcanos, (3) all  $^{14}\text{C}$  ages available on these volcanos ranges from 25 to 30 Ka (mostly 28 to 29 Ka), suggest that the intermediate direction is due to a geomagnetic excursion. It may be correlated to Lake Mungo and/or Mono Lake excursion.

ニュージーランドのオークランド単成火山群の古地磁気研究から、地磁気エクスカージョンを見出したので、報告する。

ニュージーランド北島西部からノースランド半島にかけてには、北島中部の大規模な火山活動とは異なった、アルカリ岩主体の単成火山群を中心とした第四紀の火山活動がある。オークランド市は最も新しい単成火山群と市域がほぼ重なり、48の火山がある。これらの火山の年代は200BP前後から、 $^{14}\text{C}$ 法の範囲を超えるものまでが報告されているが、開析をあまり受けていないことから、100Kaを超えることはないと考えられている。

古地磁気用方位試料の採集は、日本学術振興会国際共同研究「ニュージーランドの新生代後期火山岩のK-Ar年代学的研究」の一部として'88年8月と、'90年3月に行なった。48の火山のうち実際に試料採取が出来たのは21で、計28 siteから古地磁気試料を主としてドリルサンプリングによって採集した。

測定には夏原技研のスピナ磁力計と交流消磁装置を用いた。右図は各火山の古地磁気方位である。現在までに全試料の消磁を終ったわけではないので、磁化方位の信頼性の様々なものが混ざっていることになるが、交流消磁のデータのない火山は消磁前でも正帯磁の方向に集中しているものばかりであるので、最終的な結果も大きな違いはないであろう。

図を見ると六つの火山を除いては通常为正帯磁の方向と考えて、問題ないものである。中間帯磁と冒しても過去の地球磁場を反映したものばかりとは限らないが、今回の結果は地磁気エクスカージョンを観測しているのだと考えられる。なぜなら、

- (1) これらのサイトは石切り場などの条件の良い露頭で、局所的なブロックの回転とは考え難い。
- (2) 二つの火山では数百メートルはなれた複数サイトからのデータが良い一致を示していること。
- (3) ある火山で、溶岩と溶結スコリアの二種の試料が採集でき、磁化方位が一致したこと。これは、磁化機構が中間帯磁の原因ではないと示している。
- (4) これらの磁化方向は三つのグループに分けられる。複数の火山を含む場合でもグループの地理的分布は極めて限られていること。

(5) Aのグループの内の二つと、Cの火山からは $^{14}\text{C}$ 年代が報告されているが、それらは全て25から30Kaの間(ほとんどは28-29Ka)である。と言う事実が見られるからである。

このエクスカージョンの年代とオセアニアからの発見と言う事実は、オーストラリアから報告のある、Lake Mungo excursionとの関連を思い起こさせる。また、今までで最も可能性の高いエクスカージョンと考えられているMono Lakeとも年代的に近い。Lake MungoとMono Lakeの二つのエクスカージョンが同じ物である可能性は考えられていたが、Lake Mungoの試料が炉跡で、追試が不可能であったために、議論が進まなくなっていた。今回の結果がこれらのエクスカージョンの対比を可能にすれば、しばしばローカルなものであると言われるエクスカージョンにグローバルなものがあり得ることを示す初めての例となるであろう。

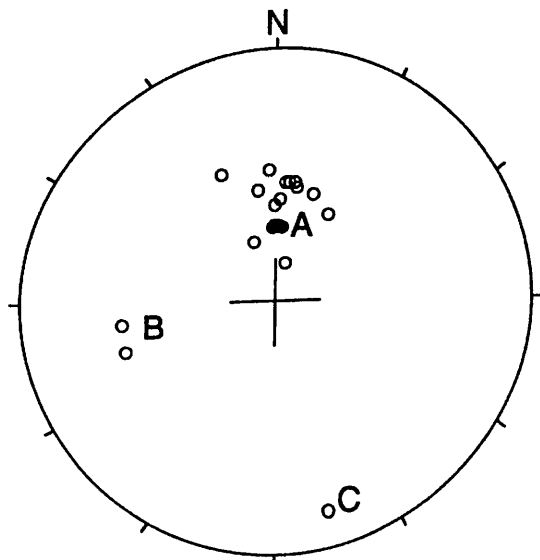


Fig. Tentative characteristic paleomagnetic directions for the Auckland volcanic field.

# 21a-III-4 ニュージーランド北島から採取した火山岩試料による南半球における 10万年から270万年前の地磁気の統計的性質

橋 常実<sup>1)</sup>, 田中 秀文<sup>1)</sup>, 河野 長<sup>1)</sup>, 綱川 秀夫<sup>2)</sup>, B.F.Houghton<sup>3)</sup>, 巽 好幸<sup>4)</sup>  
東工大理<sup>1)</sup>, 東海大開発技研<sup>2)</sup>, NZGS<sup>3)</sup>, 京大理<sup>4)</sup>

## Statistical behavior of the geomagnetism during 0.1 ~ 2.7 Ma on the Southern hemisphere from North Island in New Zealand

Tsunemi TACHIBANA<sup>1)</sup>, Hidefumi TANAKA<sup>1)</sup>, Masaru KONO<sup>1)</sup>,  
Hideo TSUNAKAWA<sup>2)</sup>, B.F.Houghton<sup>3)</sup>, and Yoshiyuki TATSUMI<sup>4)</sup>

Dept. of Applied Physics, Tokyo Institute of Technology<sup>1)</sup>  
Institute of Reserch and Development, Tokai University<sup>2)</sup>  
New Zealand Geological Survey, Rotorua<sup>3)</sup>  
Dept. of Geology and Mineralogy, Kyoto University<sup>4)</sup>

43 ignimbrites and 16 basalts were collected in Taupo Volcanic Zone, Auckland Basalt Field, Alexandra Basalt Field in North Island of New Zealand. Their ages are from 0.1 Ma to 2.7 Ma, and they were determined by K-Ar method or Ar-Ar method. These samples have stable NRM's and we can study statistical behavior of the past geomagnetim in New Zealand(in Southern hemisphere) for both paleodirections and paleointensities.

地球磁場の振る舞いを理解するために、数多くの古地磁気の観測(方向と磁場強度)が得られている。しかし、時間的・地域的にみて、かなりの偏りがある。そこで、今回はデータ数の少ない南半球についてのデータを得るために、ニュージーランド北島の 1:Taupo Volcanic Zone 2:Auckland Basalt Field 3:Alexandra Basalt Field から採取した 10 万年から 270 万年前に生成した火山岩試料(主に溶結したイグニンプライトと玄武岩)について、古地球磁場の方向と強度の測定を行って、その統計的な性質を考えることにする。岩石の年代決定は、1:については B.F.Houghton により、主に K-Ar 法や Ar-Ar 法で決定されており、2,3:については、主に K-Ar 法で決定された Briggs et al.(1989)に基づいて試料を採取した。

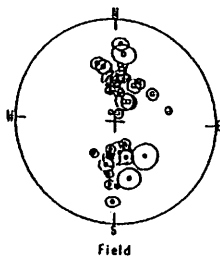
採取した全ての試料について、各サイト1個ずつ交流消磁と熱消磁を施して、残留磁化の安定性を調べた。大部分のサイトは、NRM 方向と消磁後の磁場方向が一致したので、当面 NRM 方向を古地磁気の磁場方向とみなして、統計的な性質を求めた。Normal 方向を示すサイトの大部分は Brunhes 正磁極期に属し、Reverse 方向を示すサイトの大部分は Matuyama 逆磁極期に属していることから、この違いを調べることにより、Brunhes 正磁極期と Matuyama 逆磁極期の地磁気の性質を考えることができる。

古地磁気強度を求める試料の選択については、NRM 方向の揃っているサイトを選んだ。NRM の揃っているサイトの方が粘性残留磁化(VRM)成分が小さく、岩石試料形成時の温度も高いとみなせるので、これを磁場強度測定用のサイトとして選んだ。このサイトの中からサイト平均の方向に近い方向を持つコア5個を取り出して、テリエ法によって磁場強度を求めた。テリエ法の実験を行なうに当たっては、適宜 PTRM テストを行なって岩石試料の磁性鉱物に化学変化が起こっていないかをチェックした。PTRM テストに合格したコアについて、Zijderveld diagram や帯磁率の変化などを参考にし、VRM と思われる二次磁化成分を含むステップや、加熱による鉱物の化学変化に起因する化学残留磁化(CRM)の影響を受けているステップを除いて、Kono and Tanaka (1984) による誤差を考慮して、Williamson (1868) の方法を用いて Arai diadram の傾きを計算して磁場強度を求めた。

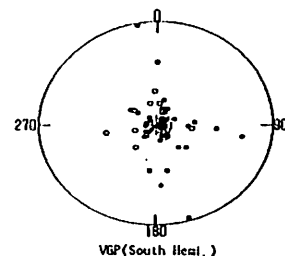
Mean paleodirections for 0.1 ~ 2.7 Ma in New Zealand

	n	Inc	Dec	$\alpha_{95}$	plat	plon
Normal	35	-57.1	8.3	8.8	83.5	280.3
Reverse	16	54.7	178.7	7.6	-88.4	316.4
Total	51	-56.4	5.0	6.4	86.1	275.5

Mean field directions



Corresponding VGP positions



小玉一人<sup>1</sup>、井上恵介<sup>2</sup>、小澤智生<sup>2</sup><sup>1</sup>高知大理、<sup>2</sup>名大理

Paleomagnetism of Tertiary Deposits in Tanegashima Island off Southern Kyusyu

Kodama, K.<sup>1</sup>, K. Inoue<sup>2</sup>, and T. Ozawa<sup>2</sup><sup>1</sup>Department of Geology, Kochi Univ., <sup>2</sup>Department of Earth Sciences, Nagoya Univ.

A paleomagnetic study was carried out on the Paleogene Kumage group and the Miocene Kukinaga group in Tanegashima Island off Southern Kyusyu. Normal and reversed mixed polarities were found from the Kukinaga group, whose declinations deflected NNE-SSW by  $\sim 30^\circ$ . A folding test applied to the Kumage group was negative but their directions were consistent with the reversed directions from the Kukinaga group. This means that the Kumage group was remagnetized at Early to Middle Miocene when the Kukinaga group was deposited and afterward they both undertook counter-clockwise rotation by  $\sim 30^\circ$ .

種子島の地質は基盤を構成する古第三紀の熊毛層群とこれを傾斜不整合で被う前～中期中新世の茎永層群、およびこれらを不整合に被う第四紀の増田層からなる。熊毛層群は細～中粒砂岩と泥岩の互層からなり、走行はNNE-SSWで西方へ急傾斜する。これに対し茎永層群は南北性の走行で東方へ20度前後傾斜し、下位から基底礫岩相の田代層、泥岩を主体とする河内層、および砂岩相の卓越する大崎層に区分される。

古地磁気試料は種子島北西部住吉地区の海岸に分布する熊毛層群7サイト、南種子町南部の茎永層群河内層・大崎層15サイト、計22サイトから286個の試料を得た。消磁は熱消磁を主体にすべての試料に対して段階的に行い、各試料毎に磁化の安定性を吟味した。NRM強度は全体的に弱く( $10^{-4} \sim 10^{-5}$  A/m)、特に茎永層群の試料の大半は $10^{-5}$  A/m以下であった。

茎永層群では5サイトから安定磁化方位を得たが、このうち下位の2サイトは逆極性であった。平均偏角は約30度西偏しておりこれまでに西南日本の同時代の岩石から報告されている方向と有意に異なる。熊毛層群では6サイトが安定磁化を示したが、褶曲テストの結果これらの方向は初生磁化ではなく地層の変形後に獲得された二次磁化であることが分かった。ただしこれらの平均方位が茎永層群から見いだされた逆極性の方向と一致することから、熊毛層群は中新世の茎永層群堆積時に再帯磁し、その後全体として反時計回りの回転をしたと考えることができる。



石川 尚人  
京大教養

Paleomagnetic study of the Ashiya Group at the northern part of Kyushu Island

Naoto ISHIKAWA

Department of Earth Sciences, College of Liberal Arts and Sciences, Kyoto University

Paleomagnetic study was carried out on sedimentary rocks of the Oligocene Ashiya Group at the northern part of Kyushu Island. Characteristic directions which were probably regarded as the directions of primary magnetization were obtained at 7 sites. The mean direction calculated from the untitled directions of the 7 sites is  $D=36.6^\circ$  and  $I=48.9^\circ$  ( $\alpha_{95}=12.5^\circ$ ). In comparison with APWP of Southwest Japan, this paleomagnetic direction of the Ashiya Group indicates a counter-clockwise rotation ( $27.5^\circ \pm 20.0^\circ$ ) of the northern part of Kyushu Island relative to the main part of Southwest Japan since about 30 Ma.

日本海の拡大に伴って西南日本は"剛体"として時計回り回転運動をしたとする第一次近似のモデルを検証するために、西南日本西部の九州北部に分布する漸新世の芦屋層群に対して古地磁気学的研究を行った。

芦屋層群は、主に粗粒砂岩、泥岩及び砂岩泥岩互層からなる海成層で、下位から山鹿、坂水、脇田の3累層に分けられ、また岩層から8部層に分けられている (Fig.1)；斎藤・岡田(1984)は、山鹿累層の則松泥岩部層から産出した浮遊性有孔虫及び石灰質ナッパラクティン化石が、それぞれP21帯及びP18帯に属するものであることを見だし、また、Tsuchi (1987)は、ともろ砂岩頁岩部層から則松泥岩部層までの5層層から産出した浮遊性有孔虫化石が、P21(a)帯に属するものであることを見出した。このことから、上記の化石産出層準は初期漸新世最末期 (Berggren et al. (1985)に従えば30~31Ma)に對比されている (斎藤・岡田, 1984; Tsuchi, 1987)。

残留磁化測定試料は18地点から泥岩、粗粒砂岩を採取した (Fig.1)。残留磁化の測定には京都大学理学部の超伝導磁気力計を用いた。まず、段階的熱消磁実験及び交流消磁実験を各地点の2~3個の試料片に対してそれぞれ行った。また、熱消磁実験では各消磁段階毎に初期消磁率を測定した。N'10試料片の残留磁化は熱消磁では380°C前後から、交流消磁では25~30mTから不安定な挙動を示した (Fig.2)。また初期消磁率は、360°C前後の熱消磁段階から増加が見られ、400°C前後から急増した。上記の消磁段階までの間で、いくつかの試料片には熱消磁では200~240°C以降、交流消磁では10mT以降で現れてくる磁化成分の存在が認められた。しかしこの成分は明確には分離できず、消磁結果は"ジャグ"状の上曲線を描いて原点に向かって減衰し、また"ジャグ"の上では大円上を移動するものであった。そこで、このより高い"ロッキング"温度または保磁力を有する磁化成分の方向を求めるために、そのようなN'10試料片の消磁結果が得られた地点の残りの試料片すべてに対して熱消磁または交流消磁を段階的に行った。得られた消磁結果は、大円で最小自乗近似をし、McFadden and McElhinny (1988)の方法を用いて、各試料片から得られた大円の交点の方向を各地点毎求め (Fig.2)、その方向をその地点特有の残留磁化の方向とした。(N'10試料片の消磁実験で原点に向かって曲線的に減衰していく消磁"ジャグ"が不明なものであった地点は、消磁結果から極性のみを判断し、Fig.1にそれを小さな円で示してある)

このようにして、8地点から磁化方向が得られた (Fig.1 and 3)。8地点のうちsite J以外の7地点の磁化方向は傾動補正後の方が反対照的によくまとまり、それらは傾動前に獲得された初生磁化の方向と考えられる。その7地点の磁化方向の平均は傾角 $36.6^\circ$  伏角 $48.9^\circ$  ( $\alpha_{95}=12.5^\circ$ )である。前述の微化石層序に基づけば、則松泥岩部層から得られた古地磁気性はC11N-C10Rに對比することができ、得られた平均方位は芦屋層群の約30~31Maの古地磁気方位と考えられる。西南日本のAPWP (Otofujii and Matsuda, 1987)から期待される方位と比較すると、この古地磁気方位は九州北部地域が約30Ma以降に西南日本主要部に対して約 $27.5^\circ \pm 21.0^\circ$ の反時計回り回転運動を受けたことを示す。このことは、日本海の拡大に伴う約15Maの西南日本の時計回り回転運動の時に西南日本主要部と九州北部地域とはその回転量が異なっていた可能性を示唆する。

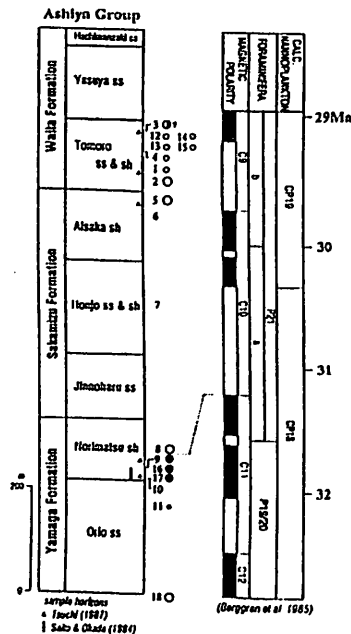


Fig 1. Diagram showing stratigraphy of the Ashiya Group and horizons of paleomagnetic sites. Numerals denote paleomagnetic site numbers. Magnetic polarities determined are also shown; solid circles: normal, open circles: reversed.

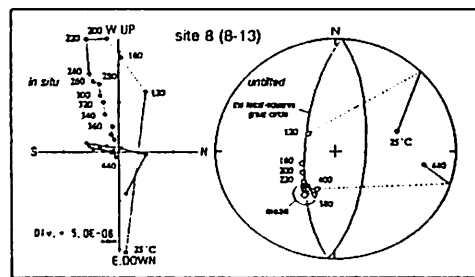


Fig 2. A typical example of behavior of remanent magnetization during progressive thermal demagnetization experiment.

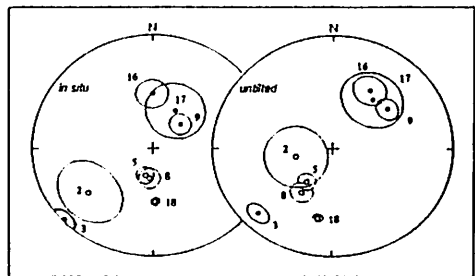


Fig 3. Characteristic remanent directions of the Ashiya Group

21a-III-7

## Paleomagnetic Results from the late Cretaceous Koto Rhyolite

K. Fukuma and M. Torii

Department of Geology and Mineralogy, Kyoto University

湖東流紋岩の古地磁気

福間浩司, 鳥居雅之 (京都大理)

From the sixty sites paleomagnetic samples were collected from the late Cretaceous Koto Rhyolite composed of the felsic welded tuffs and intrusive rocks. We can isolate characteristic remanent magnetizations (ChRM) through the stepwise thermal demagnetization from the most samples. Rock magnetic experiments, including AF and thermal demagnetization of NRM, high-temperature susceptibility, thermomagnetic analysis and thermal demagnetization of orthogonal IRM, reveal that the dominant carrier of remanence is nearly pure magnetite and the minor carrier is pyrrhotite or hematite. Magnetic polarity of each unit is well defined and changes normal-reversed-normal according to the stratigraphic sequence. Normal and reversed site-mean directions are almost antipodal and tightly clustered. In the contact aureole, the host rock (welded tuff) is totally or partially remagnetized due to the intrusive rock as a function of distance from the boundary. The direction of remagnetized component of the host rock is antiparallel to the ChRM and parallel to the magnetization of the intrusive rock. The ChRMs of the host rock pass the contact test. On the other hand, tilt-correction based on the eutaxitic structure of the welded tuff yields highly scattered ChRM directions compared to the uncorrected directions. Positive reversal and contact tests suggest that the ChRMs are primary origin. Negative tilt-correction, however, is probably due to the originally tilted emplacement of the rocks.

Paleomagnetic pole obtained from Koto Rhyolite is in good agreement with that from San'in area and in disagreement with that from Nohi Rhyolite. This results supports that the Koto area has been united in a single block with San'in area and has rotated relative to Nohi area. The area of Koto Rhyolite is placed around the eastern margin of the rigid block of the Southwest Japan since the late Cretaceous age.

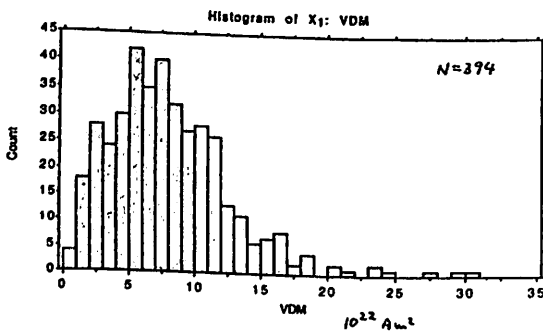
Hidefumi Tanaka, Hideo Uchimura, and Masaru Kono  
Dept. of Applied Physics, Tokyo Institute of Technology

Behavior of the intensity of the past geomagnetic field is much less known compared to directional properties. Paleointensity data are useful to reveal the characteristics of geodynamo in a long time scale. Unlike the directional data, they are still useful for the remote past when plate reconstruction is difficult because they vary only within a factor of 2 as long as nearly dipolar geomagnetism was sustained.

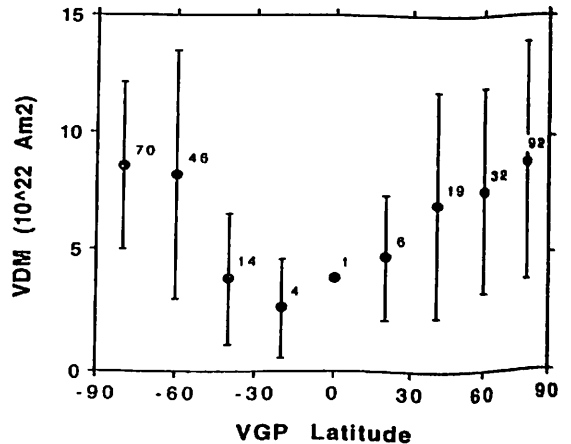
We compiled all published paleointensity data obtained from volcanic rocks for the whole geological past except for those belong to archeomagnetism dataset. 964 paleointensities from 66 original papers were stored in a dBXL data file. About half of the data (495 entries, 51%) are site mean paleointensities based on more than one specimen, but the other half (469, 49%) are single specimen data or from unknown specimen number. 593 entries (62%) are data obtained by the Thelliers' method, 283 (29%) are by Shaw's method, and 88 (9%) are by other methods. Data number decreases with age; 628 entries (65%) for Cenozoic, 253 (26%) for Mesozoic and Paleozoic, and 83 (9%) for Precambrian. Paleointensity data has much increased in number and their quality within the last decade, and yet site distribution is not very global (for instance, 92% of the data entries are from the Northern hemisphere).

We will discuss the statistical properties of paleointensity in the geological past, and we can make a critical assessment on the conclusions of the earlier paleointensity reviews such as Smith (1967), Kono (1971), McFadden and McElhinny (1982), and Prevot et al. (1990). Some of the properties we are interested in are listed below.

- (1) Is the intensity Gaussian distributed ?
- (2) Is the range of intensity variation within factor 2 of today's value ?
- (3) Is Paleozoic a period of intensity low ?
- (4) Is the intensity always small when field is reversing ?
- (5) What is the minimum or maximum field strengths in history ?
- (6) Is there correlation between intensity and frequency of reversals ?



Histogram of VDM for the last 10 Ma



Correlation of VDM magnitude and VGP latitude (the last 10 Ma)

## ベイズ統計を用いたAPCコアサンプルのデコンボリューション

小田啓邦<sup>1</sup> 渋谷秀敏<sup>2</sup>

1 京大理 2 大阪府大総合科学

## Deconvolution of Pass-Through Data of APC Core Samples using Bayesian Statistics

Hirokuni ODA\*, Hidetoshi SHIBUYA\*\*

\*Department of Geology and Mineralogy, Faculty of Science, Kyoto University

\*\*Department of Earth Sciences, CIAS, University of Osaka Prefecture

Deconvolution of pass-through data using Bayesian statistics was carried out on the U-channel samples from two cores of ODP Leg124. Pass-through measurement was performed at intervals of 5mm and the same U-channel samples were cut into 5mm thick thin sections. The NRM's of the thin sections were measured by cryogenic magnetometer and were compared with the magnetizations obtained by deconvolution of pass-through data. These two data set showed good agreement in each Axis.

APCによって質のいい堆積物の連続的なコアサンプルが得られてきているが、コアから短い間隔でサンプリングをして磁化の測定をするのは非常に手間のかかることである。この手間を省くのに、コアサンプルを長いまま磁力計のなかを通過させつつ測定するpass-throughの測定がある。この場合問題となるのが測定して得られたデータが磁化そのものを表しているのでは無く、磁化をセンサーの感度曲線で畳み込み積分したものを表しているということである。このため元の磁化を求めるためにはデコンボリューションを行う必要がある。このとき高周波ノイズが強調されるのでlow pass filteringなどの特別な処理をしなければならない。今回はベイズ統計を用いた客観性が保てるデコンボリューションを行う方法について報告した。

今回は、ベイズ統計を用いたデコンボリューションをODPのU-channelサンプルの測定データに対して行ったのでその結果について報告する。測定に用いたサンプルはODPのLeg124で得られたAPCコアサンプルのうちスル海で得られた二つのコアのU-channelサンプルで、このNRMを5mm間隔でpass-throughで測定を行った。Pass-throughのX, Y, Zの三つの軸の測定データそれぞれに対して、別々にベイズ統計によって最適化したデコンボリューションを行い、サンプルの磁化を求めた。pass-throughの測定の後、同じU-channelサンプルを5mm間隔で薄切りにしてcryogenic magnetometerでそれぞれの薄切りサンプルについてNRMを測定した。Pass-throughデータをデコンボリューションして求めた磁化とサンプルを薄切りして直接求めた磁化はX, Y, Zそれぞれの軸に関して極めて良い一致を示すことが確認された(Fig. 1)。

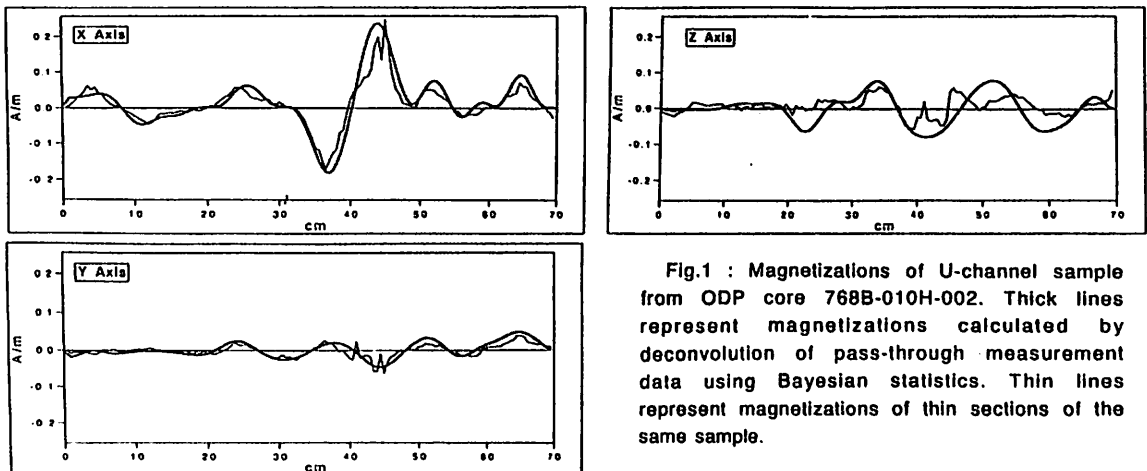


Fig.1 : Magnetizations of U-channel sample from ODP core 768B-010H-002. Thick lines represent magnetizations calculated by deconvolution of pass-through measurement data using Bayesian statistics. Thin lines represent magnetizations of thin sections of the same sample.

クサリ礫の化学残留磁気  
広域同時帯磁とバクテリア起源の仮説時枝克安 伊藤晴明  
島根大理 島根大理CHEMICAL REMANENT MAGNETIZATION OF DECAYED GRAVELS:  
A HYPOTHESIS OF ITS SIMULTANEOUS ACQUISITION IN A GLOBAL AREA AND ORIGIN FROM BACTERIUMKatsuyasu TOKIEDA and Haruaki ITO  
Dept. of Physics, Faculty of Science, Shimane University

A.F. demagnetizations isolated CRM components sharply convergent to a definite direction ( $D=0, I=55$ ) from decayed gravels which were collected from 8 sedimentary layers of Miocene and lower to middle Pleistocene in Shimane, Aichi, Tokyo, Japan. This implies simultaneous acquisition of the CRMs in a global area. We consider that the CRMs of the decayed gravels were originated in iron-hydrates or iron-oxides produced by bacterium, because sharp convergence in their directions requires rapid nucleation of new magnetic minerals.

## はじめに

クサリ礫とは極度に風化の進んだ礫の呼び名であり、礫の原型は残っているが、著しく変色し、礫の組織はナイフで容易に削れるほどである。また、クサリ礫層の分布には特徴があり、少数の例外を除くと、第四紀の丘陵（海岸あるいは河岸段丘）の頂上に近いところに存在し、上部に赤色土を伴っていることが多い。

島根、大阪、愛知、東京の各県に分布する11のクサリ礫層からそれぞれ10~20個の定方位試料を採取し、交流消磁によってNRMの方向と強度の変化を測定した。これらのクサリ礫層の一つは山地の中新世末Conglomerateから、他は丘陵の更新世前期~中期末の未固結堆積物から生じている。

## クサリ礫の残留磁気

NRM強度は $10^{-4}$ ~ $10^{-7}$  emu/grであり、礫種が火山岩のものは強く、堆積岩のものは弱い。NRMの方向は明らかにノーマル側に偏っている。数例では、著しい集中が生じており、分布の中心は現在の地磁気から少し離れている。新鮮礫のNRM方向はランダムと考えてよいから、このような偏りは堆積後の二次磁化が原因であり、可能な磁化機構としてVRMとCRMが候補となる。

交流消磁（~1000 Oe）のふるまいには4タイプが混在するが、次のものが重要である。すなわち、磁化は低磁場で速やかに減少した後、ゆるやかな減少に移行し、磁化方向が一定の収束点（ $D=0, I=55$ の周りの密なクラスター）に到達する。また、各消磁ステップの磁化ベクトルの差も現在の地磁気の方向からかなり逸れている。このように、収束する成分は現在の地磁気から逸れた方向をもち、かつ安定であり高い抗磁力を示すので、VRMではなくCRMであると判定できる。一つの礫層を通じて方向収束が非常に早いことは、CRM帯磁に要した期間が極めて短いことを示している。帯磁期間の推定値は、考古地磁気永年変化を参考にすると約10年となる。磁性鉱物の同定はまだ実行していないが、強い残留磁気（ $10^{-4}$ ~ $10^{-5}$  emu/gr）の試料では、マグネタイトあるいはマグヘマイト、高抗磁力の弱い残留磁気（ $10^{-7}$  emu/gr）の試料では、ヘマタイト、または小さい単磁区マグネタイトかマグヘマイトを考えている。クサリ礫の優れた古地磁気学的特徴は、新鮮礫のランダム配列をもとにCRM成分を厳密に区別できることである。

## CRMの広域同時帯磁の仮説

残留磁気微弱な3サイトを除くと、交流消磁後の収束方向が一定方向（ $D=0, I=55$ ）に鋭く揃うという結果を得た。広い分布範囲（島根、名古屋、東京）と異なる堆積年代（中新世、更新世前期~中期）をもつクサリ礫が一定の方向に安定なCRMをもっていることになる。これは、クサリ礫は堆積年代の大きな相違にもかかわらず、広域にわたって同時かつ短時間にCRMを獲得したこと、またそれ以後に大きい傾動がなかったことを示している。同時性の原因は、ひとつにはクサリ礫層に共通する“段丘の頂上近くに分布する”という特殊性と古気候の相関に求められるだろう。帯磁年代は一番若い堆積年代（更新世中期）以後の温暖期であるが、具体的な数値は今後の研究課題である。“広域”の範囲はどれほどであろうか？ 風化は気候に密接に関係しているから、おなじ気候帯では、このような同時性は全地球的規模で観測できると予想している。

## CRMのバクテリア起源の仮説

クサリ礫層のCRMを説明するには、風化に関係する一連の反応系中、磁性鉱物の分解と生成という逆反応の組合せが必要となる。すなわち、新鮮礫の磁性鉱物が溶脱によって小さくなり超常磁性サイズになったときに元の残留磁気を失い、これとは別に、新しい磁性鉱物が生成され単磁区サイズにまで大きくなったときに、当時の地磁気の方向に新しくCRMを獲得する。

風化にともなって、礫中では、新しく粘土鉱物を生成することはあるにしても、ほとんどの物質は分解し溶脱してゆく。したがって、礫中において、おなじ鉄酸化物の分解と生成という二つの逆反応を、無機（固-液）反応系列のみで実現するのは、風化の一般的センスからみて困難である。さらに、もしこのような反応が実際に起りえたとしても、生成の反応速度は遅く、とても10年以内に単磁区サイズの磁性鉱物を生成することはできないだろう。

一方、最近の地球化学の研究によると、各種バクテリアが体内外に鉄の水酸化物や酸化物を合成することが知られている。これらのバクテリアはけっして特殊なものではなく、どこにでも分布している。クサリ礫の風化過程の中に、無機反応とは異種の、しかも反応速度の大きい、バクテリアによる鉄鉱物合成のメカニズムをとりいれることにより、はじめに述べた困難は回避できる。まだ直接の証拠を示すことはできないが、以上の理由により、私達はクサリ礫のCRMがバクテリア起源である可能性が強いと考えている。

21a-III-11 Rock magnetic property of sub-bottom sediments  
from the Japan Sea (ODP Leg127)

Masayuki Torii (*Kyoto University*), Akira Hayashida (*Doshisha University*),  
and Luigi Vigliotti (*Istituto di Geologia Marina, Bologna*)

Leg 127 of Ocean Drilling Program (ODP) successfully recovered whole sub-bottom sedimentary sequence from the Yamato and Japan sub-basins of the Japan Sea. We investigated rock magnetic property of the recovered sediments to get following information: (1) optimum condition of demagnetization treatment for helping paleomagnetic works, (2) magnetic mineralogical change associated with diagenesis, particularly such as opal A/CT transition, (3) secular change of magnetic minerals, which may reflect change of source and sedimentary environment.

We will report mainly for the samples from Site 797 (Yamato sub-basin). Two test samples are collected at each horizon of the core, namely 19m, 135m, 258m, 314m, 505m, 717m, and 819m of the depth from sea floor. These samples were taken from typical lithologic units of this site. One of the test samples from a particular horizon was treated as follows; alternating field demagnetization of NRM -> ARM acquisition (DC=0.1mT and AC=100mT) -> alternating field demagnetization of ARM -> acquisition of IRM (up to 1.3T with back-field method) -> alternating field demagnetization of IRM -> orthogonal IRM acquisition (soft=0.1T, medium=0.4T, hard=1.3T) -> thermal demagnetization of orthogonal IRM, associated with low- and high-frequency susceptibility measurement at each step of demagnetization. The rest of the test samples were thermally demagnetized to find vectorial components of NRM, and susceptibility measurement was also made at each step of demagnetization. Strong-field thermomagnetic analysis was partly applied.

We find that thermal demagnetization is more effective to reveal multiple remanence components than alternating field method. The thermal method of demagnetization however bring about new production of fairly magnetic minerals above temperature of 350°C. Thermal demagnetization has therefore some limit for application to these sediments. Dominant magnetic mineral throughout this core is found to be Ti-poor magnetite on the basis of thermal characteristics of the orthogonal IRM. Magnetic minerals of low blocking temperature (ca. 80°C and 300°C) are also found (Fig.1). Those magnetic minerals can be goethite and pyrrholite.

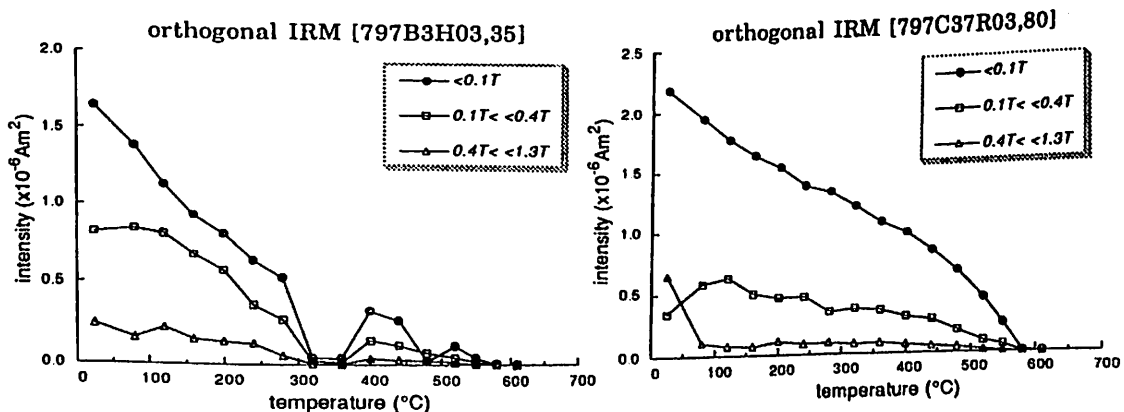


Fig.1 Two examples of thermal demagnetization of orthogonal IRM (0.1, 0.4 and 1.3T).

SIZE DISTRIBUTION OF MICROSPHERULES IN LOWER JURASSIC BEDDED CHERT

Chang-Fee Cho, Rie Hori, Hiroyuki Umeda  
Faculty of Science, Osaka City University

Magnetic microspherules have been found in various sediments. We extracted spherules from the radiolarian cherts which composed of highly siliceous components. This cherts sedimented during latest Triassic to early Jurassic boundary layer.

Magnetic extraction procedure was first to crush the specimen and pass through the sieve (less than 0.5mm sizes). The magnetic components were separated out with hand magnets in crushed samples. In the final step, microspherules were extracted from the magnetized particles under a binocular microscope.

The size of microspherule was measured using optical microscope equipped with computerized image processing system and used of scanning electron microscope.

There are several empirical descriptions of fragment distributions. Typically, the simplest description has been used a power law. We obtained the size distribution of magnetic microspherules in this work. There is a wealth of information.

- 1) change of size distribution duration 20 m.y. (including the Triassic-Jurassic boundary layer).
- 2) distinction of size distribution due to the type of specimen, that is, chert layer and thin shale layer.
- 3) empirical model of size distribution of magnetic microspherules.

We summarize the above mentioned results.

# 原始大気中での衛星の軌道進化と 火星の衛星の起源

佐々木 晶  
広島大理

LONG-TERM ORBITAL EVOLUTION OF A SATELLITE IN A PRIMARY  
EXTENDED ATMOSPHERE: ORIGIN OF MARTIAN SATELLITES

SHO SASAKI

Faculty of Science, Hiroshima University, Hiroshima 730, JAPAN

Martian satellites are considered to be captured asteroids. Gas drag in a primary extended atmosphere is a possible mechanism for satellite origin. Under the gas drag, long-term orbital evolution of a trapped satellite (Phobos) is calculated. At first, the minimum of periapsis distance increases as if the satellite would avoid stronger drag. As a result, the orbital evolution is prolonged. A small difference in a initial velocity should change the total evolution time (1000-30000 Mars year) greatly.

火星の衛星（フォボス・ダイモス）はそのサイズ・密度から小惑星起源であると考えられている。Hunten (1979), Pollack et al. (1979), Nakazawa et al. (1983)は、原始大気またはガスディスクの中でのガス抵抗による衛星捕獲を議論した。ソーラーネフラの中で成長する惑星は、太陽組成の原始大気を保持する (Hayashi et al. (1979), Sasaki & Nakazawa (1990))。この大気のスケール高と密度は脱ガス大気などと比べるとはるかに大きい。大気中でのガス抵抗のため、運動エネルギーを失った天体は惑星重力圏に取り込まれる。衛星捕獲のためには強いガス抵抗が望ましい。しかしこのとき、捕獲された天体は短時間で惑星に衝突集積してしまうと予想される。

これまで、衛星捕獲後の長期間の軌道計算は（計算時間の制約から）行われていなかった。今回私は、原始大気のガス抵抗を考慮した長期間の衛星軌道進化を計算した。惑星・太陽重力を考慮に入れ、2次元の制限3体問題の近似のもとで、軌道の数値積分を行なった。惑星のパラメータは火星のものを、衛星のサイズ・密度はフォボスのものを用いた。数値計算 (Sasaki & Nakazawa (1990)のスキームを使用) で得られた大気構造から、原始大気の密度分布として、

$$\rho(r) = 10^{(4.0 \pm 0.5)} \rho_0 (r/r_0)^{-(3.0 \pm 0.4)}$$

を仮定した。ただし遠方では原始太陽系星雲ガスの密度  $\rho_0 = 4.2 \times 10^{-7} [\text{kg/m}^3]$  に漸近させた。

数値積分には、Bulirsch-Stoer法および8次のRunge-Kutta法を使用した。

現段階では以下のような結果が得られている。

1. 衛星の軌道は多数の周期軌道を通過する。
2. 近火点距離の最小値は、はじめのうち増加する。この結果衛星の受けるガス抵抗は小さくなり、軌道進化の時間は長くなる。
3. その後、近火点距離はほぼ一定になり、遠火点距離と軌道離心率が減少していく。
4. 最終段階では軌道離心率はほぼゼロの円に近い螺旋軌道になる。これは、現在の火星の衛星軌道の離心率の低いことと一致する。
5. 衛星のガスに対する速度は近火点で超音速、遠火点で亜音速になる。これにともなうガス抵抗の変化が衛星の表面・内部を変形させ、現在のフォボスの表面模様をつくった可能性がある。
6. 僅かな初期速度の違いが、軌道進化の時間を大きく変化させる。衝突までの時間は、1000-30000火星年で、はじめの相対速度の小さいほど長くなる傾向がある。この最大値は、星雲ガスの密度で決まる。衝突をしないためには、軌道進化の時間が惑星集積の時間 ( $10^6 - 10^7$ 年) と同程度以上になる必要がある。それゆえ、火星の衛星捕獲では、大気は散逸段階にありその密度が減少していたと考えられる。



## ACCRETION OF FINE PARTICLES : 1. STATEMENT OF PROBLEMS AND PRELIMINARY EXPERIMENTS.

Naoji Sugiura, Tatsuaki Okada and Kaoru Kiyota

Geophysical Institute, University of Tokyo

In the beginning of the solar system, condensable materials were in the form of fine particles. The fine particles settled onto the equatorial plane to form a dust layer which broke up to form planetesimals. In a static nebula, if a fine particle settles alone it takes millions of years to settle down, while if fine particles stick together on mutual encounter, it takes only thousands of years to settle down. Thus sticking probability of fine particles is an important parameter which affects formation of planetesimals and planets. If the solar nebula was turbulent, it is estimated that aggregate of particles must be larger than 1 meter in diameter to be able to settle down onto the equatorial plane. Thus, sticking probability of fine particles is quite important in this case, too. Aggregation of fine particles could also be a quite important factor in early atmospheres of planets. Early atmospheres are expected to be rich in fine particles due to (1) comminution of existing solid materials and (2) evaporation and recondensation, by impact events. Thermal structure of atmospheres depends strongly on the size of fine particles, because opacity is nearly proportional to the total cross-section of the particles which depends strongly on sticking probability of fine particles.

Many factors, composition, shape and size of particles, adsorbed materials on the surface of particles, electric charge, ambient gas pressure... etc., could affect sticking probability of particles. Sticking probability of fine particles is, however, very poorly known. At smaller sizes, (much less than 1 micrometer), it is generally considered that the probability is high (nearly 1) but at sizes larger than 1 micrometer, there exist almost no data on the sticking probability.

A pilot study on accretion of particles was made using particles produced by condensation in air. A YAG laser was used as a heat source for evaporation of materials. The laser beam is 4 mm in diameter and the power is less than 50 W. Aggregates of fine particles were observed with an electron microscope.

At present, making powders of desired character is the main difficulty. So far, MgO and ZnO powder have been examined. The following are the main observations on the formation of particles.

Oxides are difficult to evaporate partly because it is whitish, and partly because heat of combustion is not available as an additional heat source. In contrast oxide powder can be easily produced by oxidation of metal. For instance, MgO particles are easily produced by combustion of Mg ribbon but not easily produced from MgO cake.

ZnO grains have a peculiar shape, four arms sticking out from the centre. MgO grains have a regular cubic shape.

As to the aggregation of particles, the following features are noted.

Due mainly to the difference in shape, ZnO make large aggregates (up to several cm), while MgO generally make small aggregates (less than 10 micrometer).

Occasionally, MgO make string shape aggregates (more than 100 micrometer in length). The condition for the formation of strings is not known yet.

In the case of ZnO, geometric factor is important for aggregation. In the case of MgO, van der Waals force may be responsible for aggregation.

Aggregates of ZnO have a very low apparent density, corresponding to a porosity of more than 99.9 %.

The preliminary results indicate that sticking probability could be quite different for various materials and show that experimental determination of sticking probability is important.

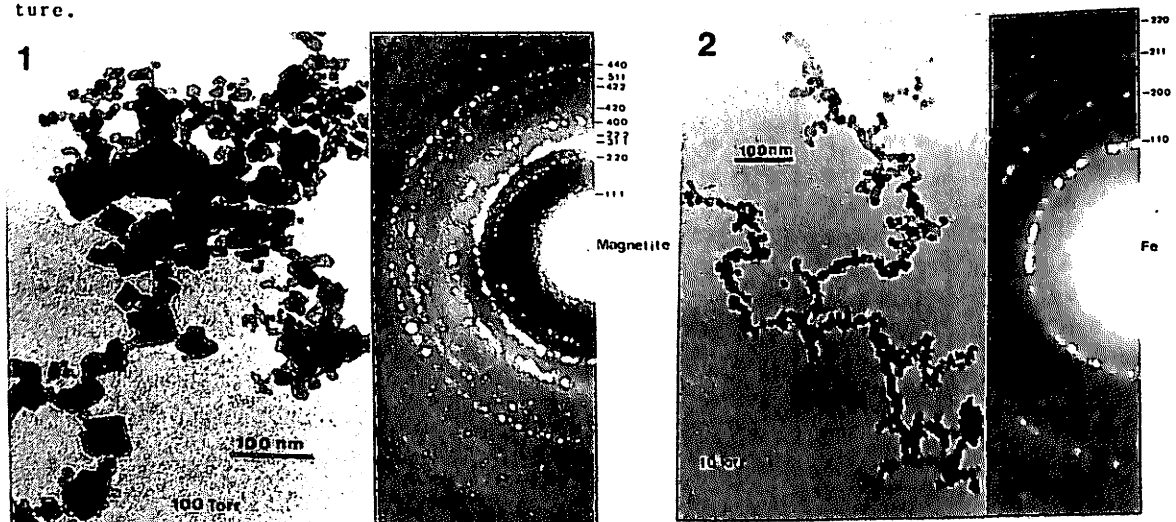
C.Kaito and Y. Saito

Electronics and Information Science Kyoto Institute of Technology

One of the experimental methods to produce ultrafine grains from the gas phase may be the "gas evaporation technique", in which a solid material is heated in inert gas atmosphere. The heated vapor is subsequently cooled and condensed in the gas atmosphere, resulting in a smoke which looks like the flame of a candle. We showed that various iron oxide grains can be obtained by evaporating various oxide powders in a controlled atmosphere by mixing Ar gas and a small amount of  $O_2$ . In the present report, production method of magnetite is shown. The sample preparation chamber is a glass cylinder of 17 cm in diameter and 33 cm in height with a stainless-steel plate on its top and a connector of a high-vacuum exhaust with a valve at its bottom.

A tantalum V-boat charged with powder of  $FeO(99.9\%)$  was placed in the chamber. Ar gas of 10- 100 Torr was introduced into the chamber and the boat was heated up at about  $1900^\circ C$ . Particles produced in the smoke were collected on thin carbon films supported by electron microscopic grids. The collected samples were examined by means of a Hitachi H-800 electron microscope.

Grains produced by the evaporation of  $FeO$  powder was shown in Fig.1. Electron diffraction pattern shows the production of the magnetite grain. The external shape of their well-grown grain was the octahedron. If the introduced gas pressure was less than 10 Torr, Fe grains were predominantly produced as shown in Fig.2 in spite of the evaporation of  $FeO$  powder. This shows that the decomposition takes place by the heating. The shape of the smoke becomes broader with a decrease of the gas pressure of inert gas, therefore the density per unit volume of the vapors and grains in smoke become smaller at low gas pressure. Therefore, the amount of  $O_2$  in smoke produced by decomposition of  $FeO$  is much in the smoke of high gas pressure. This shows that the production of the iron grains is concerned to the atmospheric condition. The magnetite grains have been produced above 25 Torr in Ar gas by the heating at  $1900^\circ C$ . In addition to the magnetite grains,  $FeO$  grains were mixed at the gas pressure of 20 Torr. If the heating temperature of the evaporant becomes higher, hematite grains were obtained in addition to magnetite grains. Therefore it can be concluded that magnetite grains can be produced predominantly by making choice of the gas pressure and source temperature.



小嶋 稔

東大理 大阪大理

ORIGIN OF THE TERRESTRIAL ATMOSPHERE

Minoru OZIMA

Geophys. Inst., Univ. of Tokyo, Dept. of Physics, Univ. of Osaka

We discuss mantle degassing on the basis of recently obtained noble gas data on diamonds and other mantle derived materials. We conclude that impact degassing is most consistent with the noble gas constraints.

地球大気の起源を議論する上で、最も重要な制約条件は、地球希ガス、とりわけマントル中の希ガス同位体比から課せられる。この問題は、すでに多くの研究者により議論されてきた。

最近、ダイヤモンド中の希ガス分析の実験が進み、きわめて精度のよいマントル同位体比が求められるようになってきている。今回はこうした最新のデータにもとづいたより精緻な大気起源論を展開する。

地球希ガスが課す制約条件のうち、最も重要なものとして次の3点をあげたい。

- 1)  $(^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar})_{\text{マントル}} >> (^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar})_{\text{大気}}$   
 $(^{129}\text{Xe}/^{130}\text{Xe})_{\text{マントル}} >> (^{129}\text{Xe}/^{130}\text{Xe})_{\text{大気}}$
- 2)  $(^{20}\text{D})_{\text{Ar}} > (^{20}\text{D})_{\text{K}}$   
 $(^{20}\text{D})_{\text{X}} > (^{20}\text{D})_{\text{I}}$   
 $^{20}\text{D}$ : シリケート・メルトと結晶間の希ガス分配係数。
- 3)  $(^{20}\text{Ne}/^{22}\text{Ne})_{\text{マントル}} > (^{20}\text{Ne}/^{22}\text{Ne})_{\text{大気}}$

制約条件(1)は、すでに多くの著者により議論がなされてきている。この制約条件は脱ガスの際、Ar、Xeが、K、Iからきわめて効果的に分離されたこと、そしてその分離の時期が地球形成後 $129\text{I}$ の半減期(17Ma)の数倍以内に起こったことを示している。

制約条件(2)は、上記(1)の“分離”つまりはマントル脱ガスが従来考えられていたようなマグマ生成-運搬という化学的な機構では起こり得ないことを示して

いる。

制約条件(3)は、脱ガスの時期が、Ne同位体比の同位体分別が起こったとされる T Tauriの時期より以前であることを要求している。

以上をまとめると、地球大気の起源は、

- (a) 地球形成後、約 $10^7$ 年以内
  - (b) 機械的なプロセス(マグマ生成のような化学的作用でない)による
- と考えられる。このような条件に最もよく一致する地球的现象としては、地球形成時の微惑星による衝突脱ガス(1)であろう。

- (1) Lange, M.A. and Ahrens, T.J. (1982) Icarus, 51, 96-120.

E I S C A T レーダによって得られた高緯度 E 領域における  
中性風の特徴 — — — (磁気圏現象の影響)

岡武 学、 Kristian Schlegel

(通 総 研) (Max-Planck-Institut für Aeronomie)

NEUTRAL WIND IN THE E-REGION AT A HIGH LATITUDE FROM EISCAT DATA

— — — (THE INFLUENCE OF MAGNETOSPHERIC PHENOMENA)

Manabu Kunitake,

Kristian Schlegel

(Communications Research Laboratory) (Max-Planck-Institute für Aeronomie)

Neutral wind estimates in the auroral E-region have been calculated from EISCAT CP-1 (invariant lat. 66~67°) data of 1985~1990 at three different altitude levels 101/102km, 109/110km and 117/120km. At first, fundamental variations (semidiurnal and diurnal variations and mean winds) of neutral wind velocities were analysed as a function of season and altitude. Comparisons with theoretical models as well as with other experimental results from incoherent scatter radars, partial reflection radars and meteor radars show a general good agreement. The influences of magnetospheric disturbances not only on the fundamental variations of the neutral wind, but also on the deviations from the fundamental ones were investigated using average Kp values. Some influences are seen clearly in 117/120km altitude level.

1985~1990年にわたる E I S C A T レーダの CP-1 観測データをもとに、高緯度 E 領域の中性風特性を解析した。CP-1 モードではイオンドリフトの full vector が得られる。101/102km, 109/110km, 117/120km 高度 (地理緯度 66° N, 経度 19° E, invariant latitude 66~67°) において、(1) 式 (Brekke et al. 1974)

を用いて、中性風の速度ベクトルを求めた。衝突周波数  $\nu_m$  は (2) 式 (Schunk & Walker 1973)

$$\nu_m = 4.34 \times 10^{-14} n(N_2) + 4.29 \times 10^{-14} n(O_2) + 2.44 \times 10^{-14} n(O) \dots (2)$$

から求めた。  $n(N_2)$ ,  $n(O_2)$ ,  $n(O)$  の各密度は M S I S B G モデルの値を用いた。その後、速度ベクトルを、地理座標系に変換し、南北、東西各方向について、半日周期変動の振幅  $A_{ns}$ , 位相  $P_{ns}$ , 一日周期変動の振幅  $A_{ds}$ , 位相  $P_{ds}$ , 及び平均風  $A_0$  の 5 成分を推定パラメータとする最小二乗 fitting を一日毎におこなった。(例 Fig.1) 高度分布、季節変動特性等の詳細な解析を行ない、さらに他の観測結果や理論モデルとの比較も行った。

磁気圏の現象が、中性風に及ぼす影響を明らかにするため、基本成分の Kp に対する依存性を調べた。(例 Fig.2, 3) 図中の KP AVE は、観測中の Kp の平均値である。一日周期変動の振幅 (Fig.2) では、南北、東西両成分に関して、半日周期変動の振幅 (Fig.3) では、南北成分に関して、Kp と正の相関が、明らかに見られる。それより低い高度 109/110km, 101/102km では、このような傾向は見られない。

Fig.1 でも若干見られるように、実際の速度変動は、fitting curve から deviate している。実際の変動の中に、他の周期成分等がどの程度含まれているかを見るために、(3) 式により残差を各日毎に求めた。

$$\delta = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (y_j - \tilde{y}_j)^2} \dots (3)$$

M はデータの数、  $y_j$  が実際の値、  $\tilde{y}_j$  がそれに対応する fitting curve の値である。  $\delta$  についても Kp 依存性を調べたところ、117/120km においては、大きな依存性が見られた。(Fig.4)

References

- Brekke et al. (1974) J.G.R. vol.70, 2448
- Schunk and Walker (1973) P.S.S. vol.21,1875

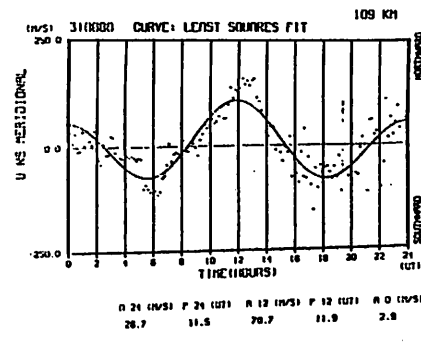


Fig.1 Estimates for five parameters of the fundamental variations on August 31, 1988 by least squares fit.

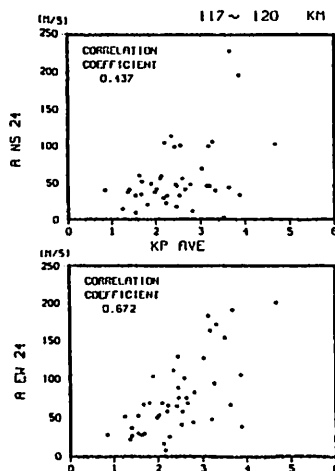


Fig.2 Correlation plots between the geomagnetic activity and the amplitude of the diurnal variations for the meridional component (upper panel), and zonal component (lower panel) at 117/120 km altitude.

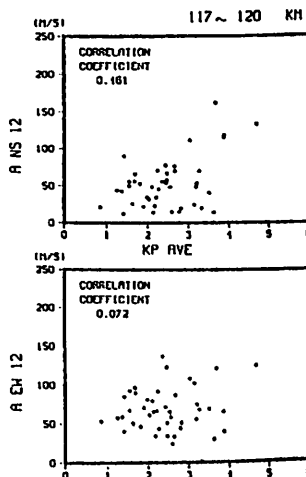


Fig.3 Same as Fig.2 but for the semidiurnal variations.

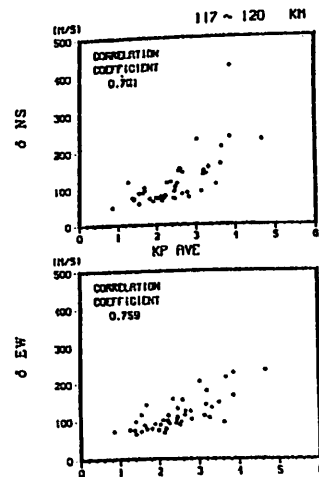


Fig.4 Correlation plots between velocity variations from the fitting curve and the geomagnetic activity.  $\delta$  is the square root of the residual of the fit.

## A Simplified Theory of the Neutral Wind Systems

Ken-ichi Maeda

In the theories of atmospheric tide a singularity occurs in the equation of the neutral velocity and to avoid the difficulty a certain mathematical technique (Hough function) has been invented. The present paper shows that the difficulty is removed by applying the principle of continuity of the horizontal velocity. The wind systems thus obtained are very close to the important modes such as (1, -2) and (2, 2) obtained from the tidal theory.

## 1) 潮汐理論とダイナモ理論

潮汐理論では中性風の速度 ( $v$ ) と圧力傾度 ( $\nabla p'/\rho_0$ ) との関係を与える運動方程式

$$\partial v/\partial t + 2\Omega \times v = -\nabla p'/\rho \quad (1)$$

$\Omega$ : 地球回転周波数ベクトル

を基本として、これに連続方程式、状態方程式、熱源を含むエネルギー方程式を用いて最終的にいくつかの可能なモードの  $v$  を出す。

ダイナモ理論では電気伝導度  $\sigma$  ないし  $\sigma$  の高さ積分  $\Sigma$  が既知として電流  $I$  は

$$I = (\Sigma)E = (\Sigma)(E_s + v \times B) \quad (2)$$

で与えられる。地磁気日変化 ( $S_q$ ) の水平磁場  $\delta H$  と  $I$  とは  $2\pi I = \delta H$  で結ばれるとして実測の  $\delta H$  より  $E$  を出し、 $\text{curl } E$  を (2) に apply して  $E_s$  を消去して  $v$  を求める。この場合 (1) を用いて未知数  $v$  を未知数  $\nabla p'/\rho_0$  にすりかえて、先ず後者を求め、次に  $v$  を出す (加藤進 1956)。これでえられた  $v$  が後に潮汐理論から得られた重要なモードの (1, -2) や (2, 2) (加藤 1966) とよく一致することが見いだされている。

## 2) 中性風系の簡易理論

運動方程式 (1) より速度 (南向  $u$ , 東向  $v$ ) は

$$\begin{Bmatrix} u \\ v \end{Bmatrix} = -\frac{1}{W} \begin{Bmatrix} jA_x/\omega + 2\cos\theta A_y/\omega \\ -2\cos\theta A_x/\omega + jA_y/\omega \end{Bmatrix} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} A_x &= -\frac{\partial p'}{\partial x}/\rho_0, & A_y &= -\frac{\partial p'}{\partial y}/\rho_0, \\ W &= -4(1 - \cos^2\theta) \end{aligned} \quad (4)$$

で与えられるが、 $W$  を分母に含むため  $\theta = 60^\circ$  で  $u, v$  は  $\infty$  となる。

前節で述べた潮汐やダイナモの理論では  $v$  が  $\infty$  となる困難を克服するために数学的技法を工夫する (Hough 関数)。

筆者は (3) の  $u, v$  を連続方程式に代入して  $A_x, A_y$  を規定する式を出した。この場合  $\partial p'/\partial t$  と  $\partial w/\partial z$  (上向き速度  $w$ ) を含む項は水平速度の  $\partial u/\partial x, \partial v/\partial y$  を含む項に比して小さい (1桁以上) として無視する。その結果得られる式は次の通りである (前田 1989 参照)。

$$\xi \sin\theta = -\cos\theta \pm k \quad (5)$$

$$\xi = -jA_x/A_y \quad (5')$$

$$A_y/A_{y0} = e^{\int k/\sin\theta d\theta} \quad (6)$$

$$k = -jv/u$$

$$= (2\xi \cos\theta - 1)/(\xi - 2\cos\theta) \quad (6')$$

先に (5) と (6') とにより  $\xi$  を出し、次に  $k$  を求め、最後に (6) より  $A_y/A_{y0}$  を求める。 $A_y$  より  $\nabla p'/\rho_0$  がわかる。

これらの結果例えば  $k$  や  $\nabla p'/\rho_0$  の  $\theta$  分布は、加藤の出したものと非常に近いことが判明した。筆者の場合  $v \rightarrow \infty$  という不都合さが連続方程式を持ち込むことで回避されたことになり、このため  $\nabla p'/\rho_0$  に若干の修正が生ずる結果となっていると解釈する。

## 文献

- S. Kato, J. Geomag. Geoelectr., **8**, 24, 1956.  
S. Kato, J. Geophys. Res., **71**, 3201, 1966.  
K. Maeda, J. Geomag. Geoelectr., **41**, 917, 1989.

50MHz 帯 MU レーダーによって観測された  
沿磁力線イレギュラリティのモホロジー (II)

深尾昌一郎、高見友幸、津田敏隆、山本衛、中村卓司、加藤進  
京都大学超高層電波研究センター

MORPHOLOGY OF MIDLATITUDE F-REGION FIELD-ALIGNED  
IRREGULARITIES OBSERVED BY THE 50-MHz MU RADAR

Shoichiro Fukao, Tomoyuki Takami, Toshitaka Tsuda,  
Mamoru Yamamoto, Takuji Nakamura and Susumu Kato

(Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University, Uji, Kyoto 611, JAPAN)

In this paper we present the detailed results of a series of experiments designed to study the coherent backscatter of 50 MHz radar waves from the mid-latitude F-region. To our knowledge, and with the exception of a preliminary report [Fukao et al., 1988], these are the first published examples of such backscatter. Data were obtained with the active phased-array MU Radar in Japan and include some auxiliary E-region coherent echoes as well. As in other turbulent ionospheric phenomena the intense non-thermal scatter comes from irregularities oriented parallel to  $\mathbf{B}$ . The strongest echoes correspond to irregularities at least 20 db stronger than thermal backscatter at the same frequency from typical F-region densities at the same range. Simultaneous observations with ionosondes show that these echoes occur during strong mid-latitude spread-F. As defined by ionosondes, the latter phenomenon is certainly much more widespread than the turbulent upwelling events described here, but we believe that in some sense these correspond to the most violet mid-latitude spread-F. The strongest echoes occur in large patches which display away Doppler shifts corresponding to irregularity motion upward and northward from the radar. At the edges of these patches there is often a brief period of toward Doppler before the echoing region ceases. On rare occasions comparable patches of strong away and toward Doppler are detected, although in such cases the Doppler width of the toward echoes is much narrower than that of the away echoes. The away patches often are characterized by mean velocities well over 250 m/s and Doppler widths (full width at half maximum) of 50 m/s. The multiple beam capability at MU allowed us to track the patches in the zonal direction on two days. The patches moved east to west in both cases at velocities of 125 m/s and 185 m/s, respectively. There is a distinct tendency for the bottom contour of the scattering region to be modulated at the same period as the patch occurrence frequency as well as at higher frequencies. This higher frequency component may correspond to substructures in the large patches and to the E-region coherent scatter patches which were detected simultaneously in several multiple beam experiments.

山本 衛<sup>1</sup>、深尾 昌一郎<sup>1</sup>、小川 忠彦<sup>2</sup>、津田 敏隆<sup>1</sup>、加藤 進<sup>1</sup>  
 (<sup>1</sup>京大超高層、<sup>2</sup>通総研)

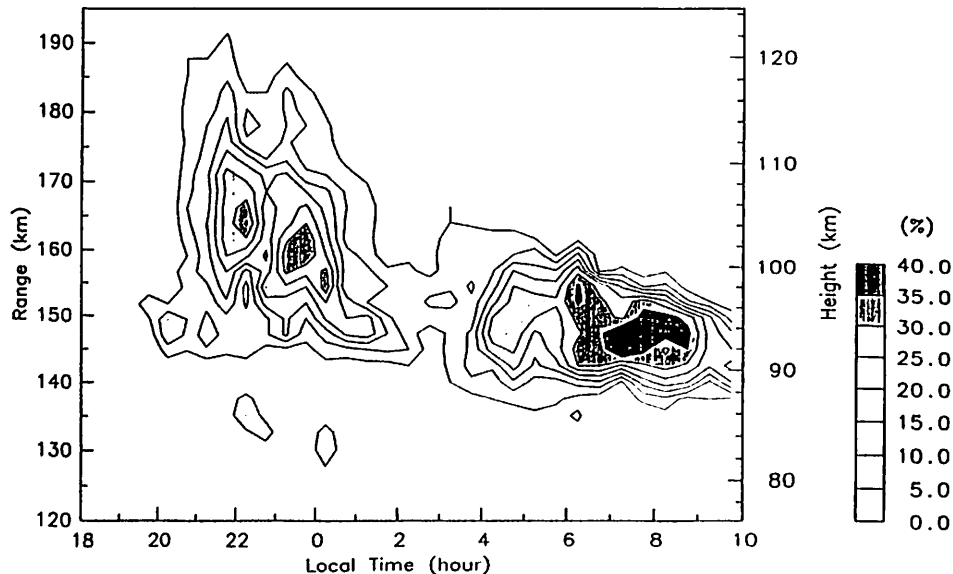
Mid-Latitude E-Region Field-Aligned Irregularities  
 Observed with the MU Radar (2)

Mamoru Yamamoto<sup>1</sup>, Shoichiro Fukao<sup>1</sup>, Tadahiko Ogawa<sup>2</sup>, Toshitaka Tsuda<sup>1</sup>, and Susumu Kato<sup>1</sup>  
 (<sup>1</sup>RASC, Kyoto Univ., <sup>2</sup>Communications Res. Lab.)

The MU radar (34.9°N, 136.1°E) can observe intense field-aligned irregularities in the ionospheric E-region by steering the antenna main beam northward with zenith angle of 51–52°. The occurrence frequency obtained in June 1989 shows that the irregularity echoes mainly appear at 2030–0100 LT in 90–120 km altitude, and after 0400 LT in 90–100 km altitude.

MU レーダーのアンテナビーム方向を北へ天頂角 51～52°の方向に傾けることによって、高度 100 km 付近で磁力線と直交させることができる。この方向からは、通常のインコヒーレント散乱に比較して数十 dB 以上強い、プラズマ不安定現象に起因するコヒーレントエコーを受信することができる。我々は、この MU レーダーを用いた電離圏 E 領域の沿磁力線イレギュラリティ観測の結果から、磁気赤道域及びオーロラ帯において顕著な同現象が中緯度域においても活発に存在することを明らかにしてきた。

1989年6月16日から26日の観測で得られたイレギュラリティエコーの出現頻度の時間高度分布を下図に示す。ここでは出現頻度を、“時間30分間×レンジ2.4 km”の範囲内に現われたSN比0 dB以上のエコーの出現確率と定義する。エコーは主に20時30分頃から1時頃までは高度100～110 kmを中心とする高度90～120 kmの範囲に分布し、4時頃からは高度95 km付近を中心とする高度90～100 kmの範囲に分布しており、1時から4時頃にかけては、一旦エコーの出現頻度が減少する傾向が見られた。前回の講演で指摘した、周期数分で下向き位相速度を示す“筋状”のエコーが現われる範囲は、20時30分頃から1時頃までの高度100 km以上の部分に限られ、時間的に連続に現われる“層状”のエコーは4時頃以降の高度90 km以下を中心とする。今回の講演では、このようなエコー出現頻度の時間・高度分布やその季節変化を通じて中緯度 E 領域沿磁力線イレギュラリティの振舞いを明らかにしていきたい。



Occurrence frequency of field-aligned echoes with signal-to-noise ratio above 0 dB within a time-height bin of “30 min × 2.4 km range”. The data obtained in each night were averaged over the period of 16–26 June.

# MUレーダー多ビーム IS 観測による中緯度電離圏擾乱の研究

高見 友幸<sup>1</sup> 深尾 昌一郎<sup>1</sup> 加藤 進<sup>1</sup> 津田 敏隆<sup>1</sup> 佐藤 亨<sup>2</sup> 山本 衛<sup>1</sup> 中村 卓司<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 京都大学超高層電波研究センター

<sup>2</sup> 京都大学工学部

## Mid-latitude Ionospheric Disturbances Observed with Multiple Beams of the MU Radar

T.TAKAMI<sup>1</sup>, S.FUKAO<sup>1</sup>, S.KATO<sup>1</sup>, T.TSUDA<sup>1</sup>, T.SATO<sup>2</sup>, M.YAMAMOTO<sup>1</sup>, and T.NAKAMURA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Radio Atmospheric Science Center, Kyoto Univ.

<sup>2</sup>Dept. of Electr. Eng. II, Kyoto Univ.

The pulse-to-pulse beam steerability of the MU radar of Kyoto University enables us to observe multiple beam positions simultaneously. This observation technique is the greatest advantage of the MU radar IS observation. In order to investigate the characteristics of the mid-latitude ionospheric F-region disturbances, we examined more than 100 cases of ionospheric disturbances found in the data of multiple beam IS observations carried out with the MU radar.

MUレーダー多ビームパワープロファイル観測 (512 $\mu$ s シングルパルス観測、あるいは 256 $\mu$ s ダブルパルス観測) によれば、F 領域において電子密度高度プロファイルと同時に電子密度の水平構造を観測することが可能となる。これまでの解析から静穏日については以下のことが明らかになっている。

- 多ビーム観測の観測空間内 (F 領域において水平距離 200~350 km) では、F 層ピークは通常、水平距離 100 km あたり 5~10 km の傾きをもったひとつの平面上にあるとみなすことができる。

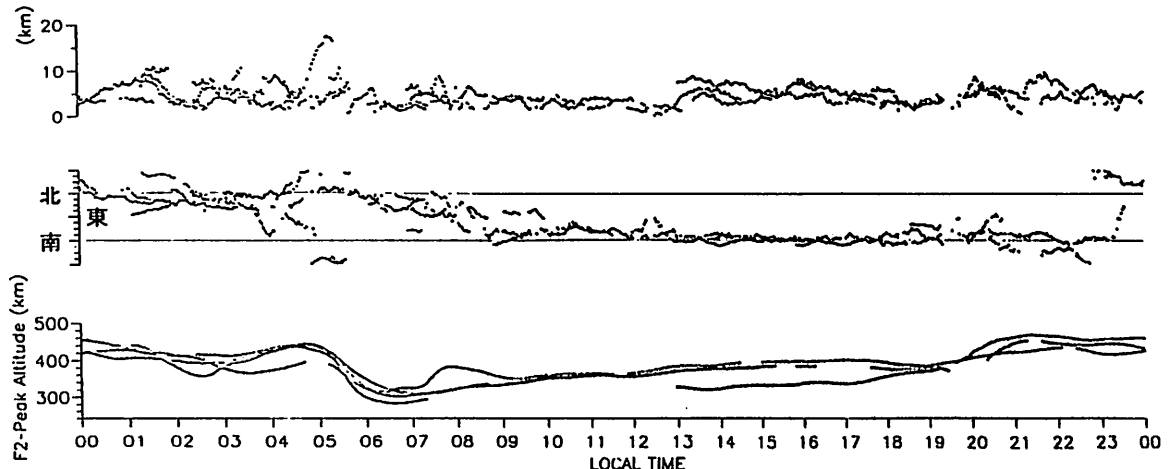
- 観測空間内では F 層ピークにおける電子密度は通常、水平距離 100 km あたり  $10^4 \sim 10^5 \text{ cm}^{-3}$  の勾配をもっている。

一例として図に静穏日信楽電離圏における F 層ピーク高度  $F_h$  (下)、F 層の傾きの方向  $F_d$  (中) および傾きの大きさ  $F_a$  (上) を示す。赤道 F 領域東向き電場により昼間 F 層は赤道側 (南方向) が高い。一方、夜間は南向き中性大気風により中緯度側 F 層 (北方向) が高くなっている。

さて、電離圏擾乱は図に示した静穏日 F 領域電子密度の平均的状況からの変動として検知することができる。F 層の傾きの大きさ  $F_a$  は赤道 F 領域の電場あるいは中緯度中性大気風の強弱の目安となり得る。傾きの方向  $F_d$  が数時間以上にわたり静穏日と異なる例は地磁気嵐時にみられる。観測空間内で F 層をひとつの平面とみなせなくなるのは TID による擾乱が生じた時に顕著である。TID は大規模スケール (周期  $\geq 1$  時間) の場合、一過性として観測されるが、中規模スケール TID (周期  $\sim 30$  分) の場合は数周期にわたる連続した波動として観測されることが多い。

多ビーム観測のデータから抽出された擾乱は現在 50 例を超える。講演ではこれらのデータに基づいて中緯度電離圏 F 領域における擾乱の発生状況および伝搬特性を地磁気擾乱、地方時との関わりにおいて述べる。

図：静穏日信楽電離圏における F 層ピーク高度  $F_h$  (下)、F 層の傾きの方向  $F_d$  (中)、傾きの大きさ  $F_a$  (上)。傾きの方向が北である場合は、北方向の F 層ピークが高いことを示す。傾きの大きさは水平距離 100 km あたりの値である。





磁気擾乱に伴う低緯度帯下部電離層擾乱

森泉 美穂子・島倉 信・早川 正士\*\*  
\*千葉大工 \*\*名大STE研

The lower ionospheric disturbances due to geomagnetic disturbances (Kp)

M.Moriizumi・S.Shimakura\* and M.Hayakawa\*\*

\* Dept. of Electrical Eng., Chiba Univ. \*\* STE Laboratory, Nagoya Univ.

It has been shown that charge density of the lower ionosphere in high and middle-latitudes, is closely related with geomagnetic disturbances. We can also find the relation between the density of the lower ionosphere and geomagnetic disturbances (Kp-index) even in low-latitudes, using the cut-off frequency of tweek atmospherics.

磁気擾乱に伴う下部電離層高度の降下は、主としてVLF局電波を用いて観測されてきたが、VLF局電波は伝搬路に限りがあるため広域的な電離層の擾乱観測には不向きである。これに対し空電は世界各地で発生しており、広域的な電離層の情報を得るためには有効である。そこで、今回 tweek の Cut-off 周波数の解析から磁気擾乱に伴う下部電離層高度の変化を調査した。解析に用いたデータは母子里（北海道）と鹿児島島の2地点で同時観測したもので、特に低緯度帯の電離層の情報を得るため、解析にはホイッスラの先行空電を用いた。

図1は、両観測点における tweek の受信個数と磁気擾乱指数 Kp の値を示したものである。(a)は典型的な静穏日であり、(b)は擾乱日である。鹿児島島で受信された tweek 空電の個数は(a),(b)の双方でほとんど変わりはないが、母子里では AE 指数の上昇(2月7日10時(UT)頃)以降に受信個数が激減している。空電の発生源の多くが日本の南方にあることを考慮すると、特に鹿児島島-母子里間の緯度帯の tweek の Cut-off 周波数近傍での減衰が大きいものと考えられる。また、磁気擾乱が回復した後も同様に受信個数は減少したままである。このような観測結果は従来の局電波での観測結果と同様であり、磁気擾乱が起こると電離層が降下し、磁気擾乱が回復しても電離層が回復するには時間がかかるという結果を支持するものである。

図2は空電の Cut-off 周波数と Kp 値の関係を示した。Kp=5までは Kp 値が上昇すると共に電離層高度が降下し(Cut-off 周波数は上昇)、その後はほぼ一定となる。解析結果は磁気擾乱と低緯度帯に於ける広域的な下部電離層擾乱の関係を明確に示すものである。

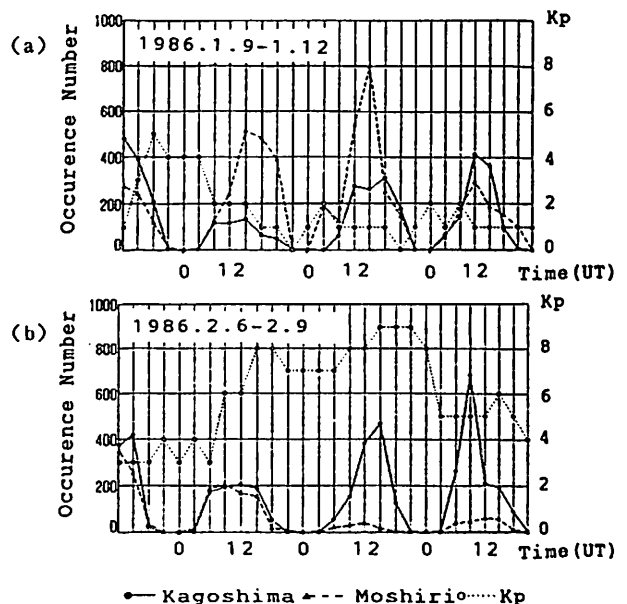


図1 tweek の受信個数と Kp 値

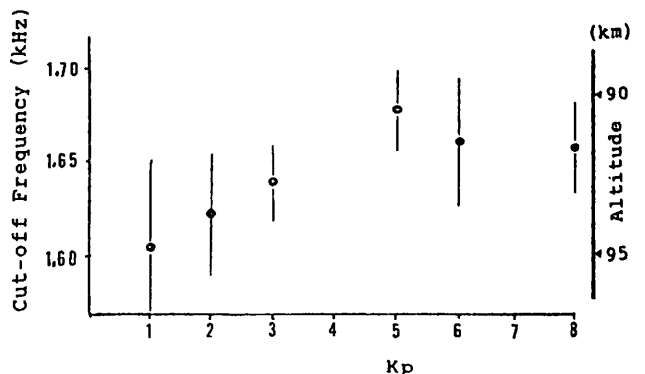


図2 Cut-off周波数と Kp 値

測地 VLBI データから求めた  
電離圏全電子数

近藤 哲朗  
(通信総研鹿島)

IONOSPHERIC TOTAL ELECTRON CONTENT ESTIMATED FROM GEODETIC VLBI DATA

Tetsuro KONDO  
(Kashima Space Research Center, Communications Research Laboratory)

Dual S (2GHz) and X (8GHz) band radio waves are received in a geodetic VLBI. A method estimating total electron content (TEC) variation from these dual band VLBI data has been developed, and TEC's at Kashima (Japan), Kaula (Hawaii), Gilcreek (Alaska) have been estimated using Japan-US Joint VLBI data from 1984 to 1988. Obtained TEC's show clear seasonal variations and a good correlation with solar activities. This result agrees with well-known ionospheric features. So that, validity of new TEC estimating method is thought to be confirmed. Instrumental delays between dual band receivers at each VLBI station are also obtained as by-products of TEC estimation. This will help an absolute time synchronization within 0.1 nsec between intercontinental stations.

通信総合研究所(鹿島)は1984年から国際測地VLBI実験に参加しプレート運動の実測などの成果を挙げている。この測地VLBI実験時の観測の1つである電離層補正量を用いて各VLBI局近辺での電離層全電子数(TEC)を推定することができる[1]。1988年12月までに行った実験のうち鹿島局、カウアイ局(ハワイ)およびギルクreek局(アラスカ)の3局(図1)が参加した38実験について各局のTECを求めた。測地VLBI実験は通常24時間の観測で1実験となるが、その間でのTECの変化をt(UT時)に対して下式のように4分の1日周期までの高調波のフーリエ成分と1次傾斜の和として推定した。

$$TEC(t) = a_0 + \sum_{k=1}^4 (a_k \cos(kt\pi/12) + b_k \sin(kt\pi/12)) + c_0 t$$

図2にこうして求められたVLBI3局の内、鹿島の平均TEC(a<sub>0</sub>)の実験毎の値を示す。1987年ごろからの太陽活動の増大に伴う平均TECの増大や夏期のTEC増大が見られるなど、良く知られている電離層の特徴を示している。このことからVLBIデータからのTECの推定はうまく働いていると考えられる。ところでTEC推定時の副産物としてVLBI各局の局内遅延の内、S/Xバンド受信器間の差が局毎に独立に得られる(図3)。この局内遅延データを用いることにより、通常のVLBIでは不可能な0.1nsecオーダーでの絶対時刻同期達成が可能となると考えられる。

参考文献

- [1]. 近藤他, "超長基線電波干渉計(VLBI)を用いての電離圏全電子数推定"、第85回SGEPSS、講演会予稿集。

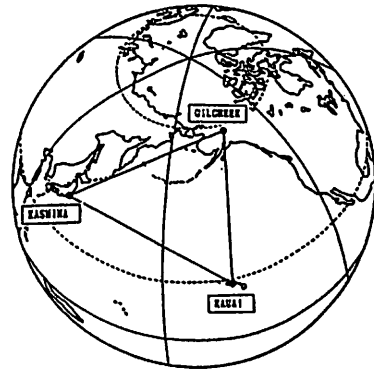


Fig.1. Station locations.

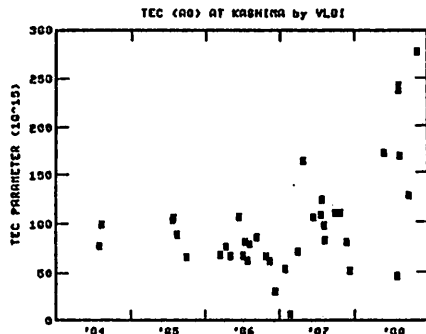


Fig.2. Average TEC at Kashima estimated from VLBI data (1984-1988).

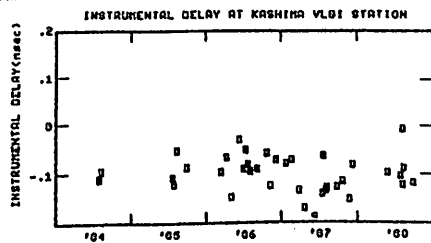


Fig.3. Instrumental delays at Kashima obtained as by-products of TEC estimation.

小山孝一郎<sup>1</sup>、渡部重十<sup>2</sup>、高橋忠利<sup>3</sup>、大家寛<sup>3</sup>

<sup>1</sup>宇宙研、<sup>2</sup>ヘルツベルグ研究所(カナダ)、<sup>3</sup>東北大・理

ENERGETICS INSIDE PLASMA BUBBLE

K.-I. Oyama<sup>1</sup>, S. Watanabe<sup>1</sup>, T. Takahashi<sup>1</sup> and H. Oya<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ISAS, Kanagawa, <sup>2</sup>HIA, NRCC, Ottawa, <sup>3</sup>Tohoku Univ., Sendai

Energy budget in the plasma bubble is discussed in order to explain the electron temperatures observed at the height of 600 km. From calculations it has been shown that electron temperature profile inside plasma bubble can be basically explained as a function of energy input to the plasma bubble, the ion temperature and on the electron density. These calculations are found to be consistent with our satellite observations. Possible mechanisms by which energy injections in plasma bubble take place under different conditions are suggested.

HINOTORI, KYOKKO 両衛星によりプラズマバブル中の電子温度が測定された。プラズマバブル中の電子温度  $T_{e,b}$  は4つに分かれる。即ち、(a)  $T_{e,b}$  がまわりのプラズマの電子温度  $T_{e,a}$  と等しい、(b)  $T_{e,b}$  が  $T_{e,a}$  より低い、(c)  $T_{e,b}$  が  $T_{e,a}$  より高い。このことについては既に報告している (Oyama et al.)、(d)  $T_{e,b}$  は  $T_{e,a}$  よりプラズマバブルの Edge で低いが、バブルの中心付近でピークを持つ (図1)。Case (a)(b)(c) の場合については、バブル内のイオン温度がまわりと等しいことで説明できるが、(d) の場合バブル内のイオン温度がまわりのイオン温度より低いことで説明できる (図2)。このようなイオン温度のプロファイルは、イオン温度高度勾配ができるほどの熱エネルギーの流入がある時に形成される。観測結果はこのことを示している。

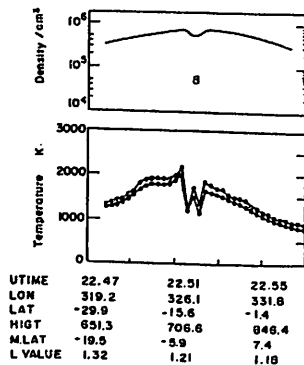


図1. KYOKKO衛星で得られた、プラズマバブル内で電子温度プロファイルがピークを持つ例

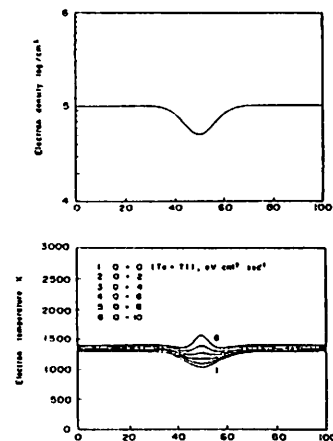


図2. プラズマバブル中でイオン温度が低い時にプラズマバブルに熱入力がある時の電子温度プロファイルの計算。熱入力の大きさによらずプラズマバブル内に電子温度のピークができる。上の図は計算に使用したプラズマバブルの電子密度。

参考文献

1. K.-I. Oyama et al., Temperature structure of plasma bubbles in the low latitude ionosphere around 600 km altitude, Planet. Space Sci., 36, 553, 1988.
2. K.-I. Oyama et al., Energetics of plasma bubble, COSPAR, 1990, Hague, The Netherlands.

高橋 忠利 大家 寛  
(東北大学・理)

DYNAMICAL MORPHOLOGY OF THE LOW LATITUDE IONOSPHERE AND THE EQUATORIAL PLASMA BUBBLES (II)

Tadatoshi TAKAHASHI, and Hiroshi OYA  
(TOHOKU UNIV.)

Detailed occurrence characteristics of the plasma bubbles are investigated based on the results of Hinotori observation. In order to the systematic analysis, data base composed of the various events of the low latitude ionospheric structure including the plasma bubbles, blobs, crest, wavy structures and equatorial anomaly are constructed. Some new results are obtained by the analysis with key parameters of Kp index, season, local time and longitudinal variabilities of the occurrence of the plasma bubble: (1) The morning events relating to the geomagnetic disturbances distribute in the longitudinal region of the American zone. (2) The equinox events observed during quiet period (Kp=<1+) shows a remarkable difference between the spring events and the fall events in the longitudinal region between 210 and 330.

衛星「ひのとり」による観測データに基づき低緯度電離圏F領域の動態とプラズマバブルの形成域について検討してきた(第83回SGEPSS講演予稿集)。プラズマバブル現象にみられる出現形態の多様性は、各々が背景電離層の特徴的な動態と呼応した消長を示す。従って、その詳細な出現特性を明らかにする為には、地磁気活動度や時空間のいくつかのパラメータに準拠しつつ多面的に調べる必要がある。

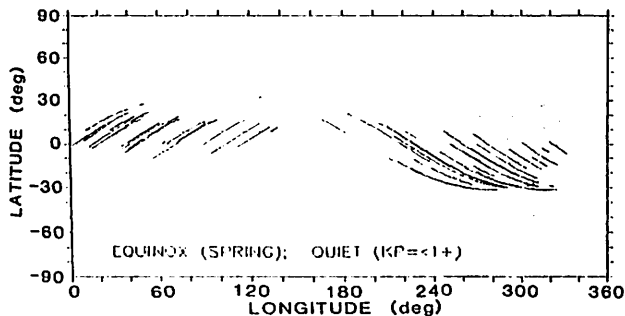
衛星データが広範囲、かつ長期間にわたる特徴を生かすため、「ひのとり」による観測結果のデータベース化が不可欠であるが、その一環としてプラズマバブル、プロップ、赤道異常、Longitudinal Crest、波動形変動、小規模不規則変動、等の特徴的な観測結果のカタログ化を行い、これらの現象の多面的な解析を進めている。

本研究では主としてプラズマバブルにつ

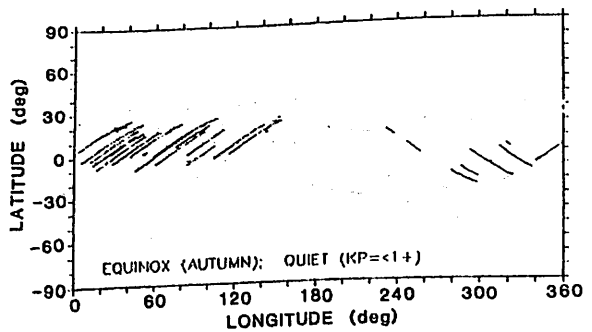
いてその出現特性を、Local Time、経度依存性、地磁気活動度、又季節依存性についてその詳細な特徴を明らかにするため、Equinox、Solsticeを基準にして8期に分割して解析を行った。その結果明らかになった点は以下の通りである。

1) 地磁気擾乱時に形成される発達したプラズマバブルは夕刻から朝方にかけての広いLocal Time分布をもつが、その経度依存性を見ると朝方の現象は、180°~360°に集中しており、低緯度電離層中の強い経度依存性を示唆している。

2) 静穏時について調べられたEquinoxでの現象は春期と秋期で顕著な経度依存性の違いを見せる、即ち0°~120°ではいずれに於いても高い出現頻度を示すが、210°~330°では春期大きな出現頻度を示す(図1)一方秋期に於いてはほとんどこの領域に現象がみられない(図2)。



(図 1)



(図 2)

渡辺 勇三  
(宇宙研)

雨宮 宏  
(理研)

中村 良治  
(宇宙研)

STUDY OF A METHOD OF THE NEGATIVE ION DENSITY  
MEASUREMENT IN THE IONOSPHERIC PLASMA

Yuzo Watanabe Hiroshi Amemiya Yoshiharu Nakamura  
( I S A S ) ( I P C R ) ( I S A S )

Abstract : A method of measuring the negative ion density in the ionospheric plasma is presented. Experiments have been performed in a space chamber which simulates the D-layer by a magnetic filter. The negative ion density ( $N_-$ ) of the  $O_2$  plasma is measured from multiplication of the positive ion density ( $N_+$ ) by  $\alpha$ : the ratio of the negative ion density to the positive ion density ( $N_-/N_+$ ).  $\alpha$  is determined from the ratio of the saturated currents at both biases of the Langmuir probe by using, for calibration, the  $i_p \sim i_{es}$  relation of the  $N_2$  plasma, where  $N_+$  in the  $N_2$  plasma is equal to the electron density ( $N_e$ ).  $N_e$  is measured accurately by the impedance-probe.  $N_+$  is obtained from the electron saturation current which is estimated in the case of substituting  $N_-$  by the appropriate electron density equally in number. The negative ion densities determined from  $N_- = (\alpha / (1 - \alpha)) N_e$  and  $N_- = \alpha N_+$  agree well with each other where  $N_+$  is directly measured by using the relation between  $i_p$  and  $N_+$ .

I 序：プローブで計測するプラズマの誘電率 ( $\epsilon$ ) を負イオン含有率を  $\alpha$  として  $\epsilon = \{ W^2 - (1 - \alpha) W p e^2 - \alpha W p n^2 - W p i^2 \} / W^2$  と記述した時、 $(1 - \alpha) / (1 + \alpha) > m / M$  のところではインピーダンスプローブ (IMP) によって電子密度の絶対値測定ができる。IMP とラングミュアプローブ (LP) を使用して電離層 D 領域の負イオン密度を測定する目的で基礎的なチェンバー実験を行った。

II 実験方法 :  $\alpha$  を、①  $T_e > T_+$ ,  $T_e \approx T_+$ ,  $T_e \approx 1$  の場合について飽和電流比法で求め、正イオン密度 ( $N_+$ ) に  $\alpha$  を掛けて負イオン密度 ( $N_-$ ) を測定した。ラングミュア曲線の空間電位の飽和電流は非熱化電子の成分比を  $\beta$  として  $i_{es} = e S \cdot \{ (1 - \beta) N_e (k T_e / 2 \alpha m)^{1/2} + \beta N_e b (k T_e b / 2 \alpha m)^{1/2} + N_- (k T_- / 2 \alpha M)^{1/2} \}$  となる。実際にはビーム分の影響は無視できる場合が多い。飽和正イオン電流  $i_p$  は次式を用い解析した。

① の場合、 $i_p = e S N_+ (k T_e / \epsilon M)^{1/2}$

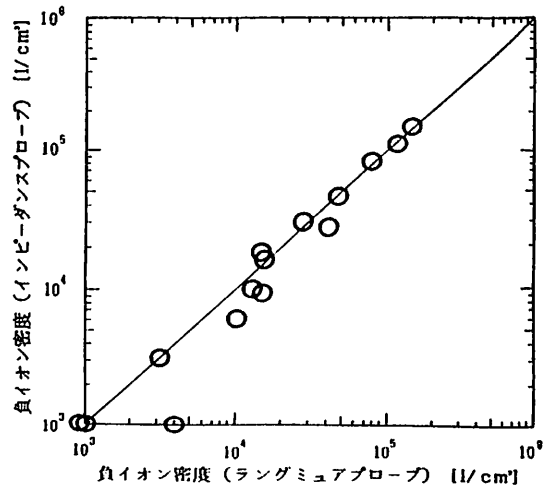
② の場合、 $i_p = e S N_+ (k T_+ / 2 \alpha M)^{1/2}$

III 実験：平成二年二月七日～十日と三月二十八日～三十一日に駒場の大型チェンバーで行った。直径 80mm と 50mm の球プローブを付けた IMP と LP および直径 80mm のロケット搭載型ファラデーカップを使った。疑似的に D 層プラズマを生成するために二個の籠型磁気フィルター式プラズマ源を使った。電子密度、ガス圧は D 層に近い値にした。負イオンが生じない Ar プラズマと窒素プラズマを校正用に用い、負イオン生成プラズマと

して酸素プラズマを使用し計測を行った。

IV 実験結果：縦軸に、IMP の  $N_e$  で出した  $N_- = (\alpha / (1 - \alpha)) N_e$  を、横軸に LP の  $N_+$  で出した  $N_- = \alpha N_+$  を示す。  $10^3 \sim 10^6$  ( $1/cm^3$ ) で負イオン密度が計測できた。基準として使う Ar プラズマ及び  $N_2$  プラズマと酸素プラズマの  $i_p \sim i_{es}$  特性の電子温度依存性を考慮し補正する事が重要であることが分った。

V 結び：本方法は D 層測定に有用である。ロケット観測で昼夜の比較をしたい。夜の下部 D 層で、 $\alpha \approx 1$ ,  $N_e \ll N_-$  となると、IMP で測定する場合補正が必要となる。また衝突周波数の影響で共鳴現象の検出が困難になるのでキャパシタンスプローブ方式の測定技術の開発が必要になってくる。



門 倉 昭<sup>1</sup>、江 尻 全 機<sup>1</sup>、山 上 隆 正<sup>2</sup>、秋 山 弘 光<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>極地研、<sup>2</sup>宇宙研

IONOSPHERIC ELECTRIC FIELD OBSERVATION WITH BALLOON IN JARE30

A. Kadokura<sup>1</sup>, M. Ejiri<sup>1</sup>, T. Yamagami<sup>2</sup>, H. Akiyama<sup>2</sup>

1: National Institute of Polar Research

2: Institute of Space and Astronautical Science

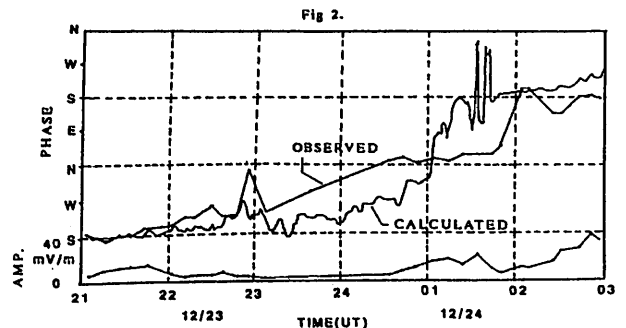
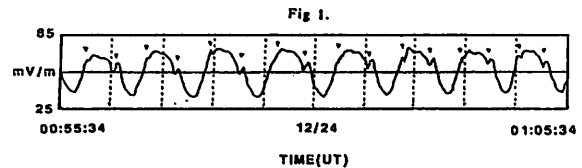
The 30th Japanese Antarctic Research Expedition (JARE30) has executed two balloon experiments whose purpose was to observe the ionospheric electric field. We could realize a co-observation with all-sky camera at Syowa station in the October 6th's experiment, and a long duration flight in the December 23th's one. We will show results of the two experiments and present some instrumental and scientific discussions.

第 3 0 次 南 極 地 域 観 測 隊 ( J A R E 3 0 ) で 行 な っ た 大 気 球 に よ る 電 離 層 電 場 観 測 の 結 果 に つ い て 報 告 す る。 観 測 は 1989 年 10 月 6 日 18:29~22:15 (UT) と、 同 年 12 月 23 日 18:49~24 日 08:01 (UT) の 計 2 回 行 な わ れ た。 第 1 回 目 は 強 い 上 層 風 の た め 可 視 時 間 は 短 か っ た も の の 全 天 カ メ ラ に よ る オ ー ロ ラ 観 測 と の 同 時 観 測 が 実 現 で き た。 第 2 回 目 は 上 層 風 も 弱 く 長 時 間 観 測 を 行 な う と と も に、 日 出 に 伴 う 影 響 を 確 認 す る こ と が で き た。 搭 載 機 器 を 表 1 に 示 す。

第 2 回 目 の 観 測 で 得 ら れ た 水 平 電 場 の 生 デ ー タ の 一 部 を Fig 1. に 示 す。 観 測 器 に 与 え た 1 r p m の 回 転 に 同 期 し た 正 弦 波 的 な 変 化 に、 図 中 の ▼ で 示 す よ う な ス パ イ ク 状 の ノ イ ズ が 乗 っ て い る こ と が 分 か る。 一 周 期 に 2 回 現 わ れ る こ の ノ イ ズ は 2 つ の 球 プ ロ ー プ の 上 に で き る 影 (ブ ー ム ま た は 観 測 器 本 体 の) の 不 均 一 に よ る た め と 考 え ら れ る。 日 出 と と も に 電 位 出 力 は 飽 和 し て い っ た が、 そ れ 以 前 の 水 平 浮 遊 時 に 観 測 さ れ た 水 平 電 場 の 位 相 角 と 振 幅 の 変 化 を Fig 2. に 示 す。 比 較 の た め、 地 上 の 磁 場 の 変 化 が す べ て H a l l 電 流 に よ る も の と 仮 定 し て 計 算 し た 位 相 角 の 変 化 も 図 中 に 示 す。 位 相 角 の 南 → 西 → 北 → 東 → 南 と い う 変 化 は 両 者 で 良 く 一 致 し て い る。 詳 細 な 議 論 は 講 演 に ゆ ず る。

表 1. 搭 載 機 器

- ・ 電 場 観 測 器 (水 平 1 成 分)
- ・ X - 線 カ ウ ン タ (天 頂)
- ・ 磁 力 計 (水 平 2 成 分)
- ・ 傾 斜 計 (水 平 2 軸)
- ・ 気 圧 計
- ・ 温 度 計



**ポスターセッション**  
**(P-1~P-49)**

# 人工地震に伴う地球電磁気変化 ～岐阜県旧徳山村における観測例～

小林 剛<sup>(1)</sup>, 酒井英男<sup>(1)</sup>, 中山 武<sup>(2)</sup>, 土居 光<sup>(3)</sup>

(1)富山大・理 (2)京大防災研・上室 (3)京大防災研・宇治

## ELECTROMAGNETIC VARIATIONS ASSOCIATED WITH EXPLOSION SEISMIC EXPERIMENT AT THE TOKUYAMA VILLAGE IN GIFU PREFECTURE

T. Kobayashi<sup>(1)</sup>, H. Sakai<sup>(1)</sup>, T. Nakayama<sup>(2)</sup> and H. Doi<sup>(3)</sup>

(1)Toyama Univ. (2)DPRI, Kyoto Univ., Kamitakara (3)DPRI, Kyoto Univ., Uji

At the explosion seismic experiment at Tokuyama Village on Nov. 9, 1989, observation study of electromagnetic properties were made. Measured materials were magnetic total force, electric self-potential, electromagnetic radiation and acoustic emission. We could not observe the significant change in magnetic total force at the explosion. Apparent change of 5 to 6 mV occurred in self-potential at the point few tens meters apart from the explosion point. The change up to 0.6 mV in self-potential was also observed at the point 1 Km apart from the explosion point.

地殻に加えられた応力により、地殻内の残留磁気や地電位等がどの程度変化するかは、地球電磁気観測の地震予知への利用においても、重要かつ興味ある問題である。人工爆破に伴う人為的变化を利用した観測では、時間・位置などが予め分かっており、応力による変動を調べるのにふさわしい。

1989年11月9日に“西南日本内帯に於ける主活断層調査”計画で、人工地震実験における合同観測が実施された。当日、岐阜県藤橋村（旧徳山村）のS-1爆破点では、薬量400Kg×2を用いた発破が行われた。我々は、この地点で、地磁気全磁力、地電位、電磁波、A.E(γ放射線・エミッション)の観測を試みた。

観測点は、爆破点S-1の付近（上原地区：ANG）と、S-1より北西約1Km離れた、掛斐川上流の山手地区（YMT）の2箇所に設けた。ANG地点は、埋め立て地（厚さ1-4m）で、一部に堤防があり西側は掛斐川河川敷であった。

### ・ANG地点

地磁気全磁力は、2台のプロトン磁力計（精度±1nT）を、爆破孔から約70m北側（PN）と、約70m南側（PS）のともに厚い埋立地の上に、設置して観測した。センサー高度は地上1.8mとし、振動に耐えられるように強固に固定した。PSではプリンター、PNではラムディスクで、データを自動収録した。地電位観測は3測線で行なわれた。電極として長さ50cmの炭素棒電極

を用い、接地抵抗低減剤を使用して埋設した。配線はシート線で行い、爆破孔を迂回する様に埋設または敷設しておいた。電極間隔は、N-Sは115m、E-Wは85m、NW-SEは85mとし、記録は2台の2チャンネルで収録した。

他の観測として、電磁波の観測は、センサーを爆破孔より約80m離れた木に取り付け、デジタルレコーダーにて記録を取った。

### ・YMT地点

掛斐川左岸の平坦な草地で、地電位の観測を行なった。電極には炭素棒電極を用い、電極間隔はN-S、E-W共に35mに設定し、記録は、2チャンネルで収録した。

### <観測の結果>

・ANG地点：全磁力は、爆破後に+1nTの変化を示したが、測定精度を考慮すると有意な変化として認め難い。地電位には、爆破時にN-S、E-W成分共に、5~6mVの振動的変動が認められた。その後、緩やかに20mV程度減少し、爆破約1分後に回復した。爆破後は前に比べて、約10mVの増加が見られた。電磁波は、爆破時に数100nV変動し、A.Eにも特徴的な変動が認められた。

・YMT：爆破点より1Km離れたYMT地点でも、地電位変化が認められた。爆破時の変化量は、N-S成分で±0.6mV振動的に変化した。E-W成分の変化量は、±0.2mV程度であった。



小川康雄<sup>1</sup>・牧野雅彦<sup>1</sup>・西田泰典<sup>2</sup>・仲山洋<sup>2</sup>・後藤忠徳<sup>3</sup>・横倉陸伸<sup>1</sup>

<sup>1</sup>地質院, <sup>2</sup>北大理, <sup>3</sup>神戸大理

PRELIMINARY RESULTS OF MAGNETOTELLURIC TRANSECT ACROSS HIDAKA REGION

Y.Ogawa<sup>1</sup>, M.Makino<sup>1</sup>, Y.Nishida<sup>2</sup>, H.Nakayama<sup>2</sup>, T.Goto<sup>3</sup>, and T.Yokokura<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Geological Survey of Japan, <sup>2</sup>Hokkaido Univ., and <sup>3</sup>Kobe Univ.

Wideband Magnetotelluric method was applied to Hidaka region in Hokkaido, in order to investigate deep crustal structure and tectonic settings. In this paper, we present preliminary results.

日高地域の構造運動は、地向斜に代わり、アクリーションにより説明されるようになった(例えば新井田ほか, 1986)。この深部構造については、重力(藤井・森谷, 1984)・地震波速度(高波, 1982)、比抵抗(西田・山田, 1986)から議論されている。本研究の目標は、地質構造を議論できるような精度で、地殻深部までの比抵抗構造を解明することにある。

MT法の測線(Fig.1)は、日高山脈を横断する。測定は、原則として7chのショート・レファレンス方式で行い、実時間処理によりデータの質を検討しつつ観測を進めた。ほぼ全測点で周期数百秒まで良好なデータが得られた。見掛比抵抗値( $\rho_s$ )は、 $0.1\Omega m$ から $10000\Omega m$ まで5桁にわたる。

TM・TEモードとも(特にTM)、縦長のコンターが顕著である。このことは、スタティック・シフトの問題もあるが、地質構造がある程度の深部まで「立った」ことによる可能性がある。測点2から9で、低周波数になるにつれ顕著になるTE/IMモードの異方性も、「立った」構造による可能性がある。

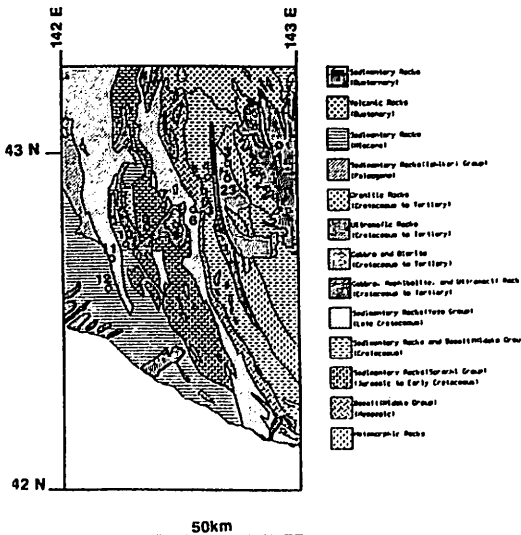


Fig.1 Geologic map and MT sites in Hidaka region.

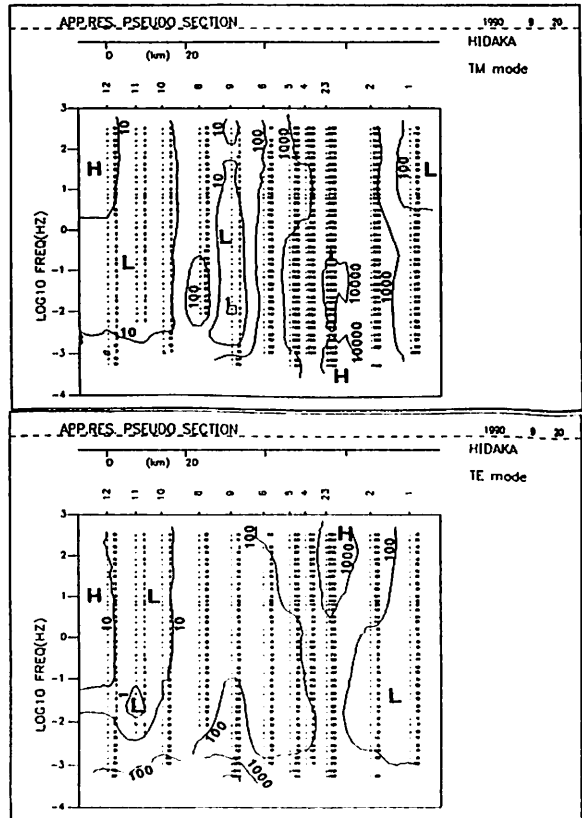


Fig.2 Apparent resistivity pseudo sections. TM(upper), TE(lower)

Relation among Dipole Reversal, Multipole Fields and Electromotive Forces in the Earth's Core  
 Hisayoshi SHIMIZU  
 Department of Geophysics, Hokkaido University

Recently P.Olson et al.(1990) simulated kinematic dynamos considering nonlinear and anisotropic  $\alpha$  effect. They showed that quadrupole and octupole should vary when dipole field changes its polarity. In order to clear the relationship among the multipole fields and electromotive forces in the Earth's core. We investigated 1) effects of change of  $R_\alpha$  and  $R_\omega$  on poloidal fields, 2) dependence of initial fields and 3) time variation of electromotive forces in the Earth's core.

1.はじめに：最近 P.Olson らによって、非線形、非等方的な $\alpha$ 効果を考慮したキネマティックダイナモの逆転に関する数値計算の結果が発表され、dipole 逆転時には、quadrupole, octupole 磁場の変化も伴っていることが示された<sup>1)</sup>。我々は、この quadrupole, octupole 磁場と中心核内の起電力との関係を明確にすることを目的として、彼らと同様な数値計算を試みた。

2.基本方程式：磁束密度、流体の速度は、

$$\mathbf{B} = \mathbf{B}_0 + \mathbf{b}', \quad \langle \mathbf{b}' \rangle = 0 \quad (1)$$

$$\mathbf{v} = \mathbf{v}_0 + \mathbf{v}', \quad \langle \mathbf{v}' \rangle = 0 \quad (2)$$

と表われ、さらに、 $\mathbf{B}_0, \mathbf{v}_0$ は回転軸に対して軸対称である( $\frac{\partial}{\partial \phi} = 0$ )と仮定する。ただし、 $\langle f \rangle$ は $f$ のアンサンブル平均である。ここで長さ $r_c$ (外核の半径)、時間 $\sigma \mu r_c^2$ で無次元化した induction 方程式は、

$$\frac{\partial \mathbf{B}_0}{\partial t} = \text{rot}(R_\omega \mathbf{v}_0 \times \mathbf{B}_0 + \mathbf{E}_0) + \nabla^2 \mathbf{B}_0 \quad (3)$$

となる。ただし、 $\mathbf{E}_0$ は $\alpha$ 効果による起電力で、

$$E_{0i} = \langle \mathbf{v}' \times \mathbf{b}' \rangle_i = \alpha_{ij} B_{0j} \quad (4)$$

である。地球流体核は回転の影響を非常に強く受ける系であるため、 $\mathbf{v}'$ は非等方的になると考えられている<sup>2)</sup>。また、 $\mathbf{v}'$ はローレンツ力の影響も受け、 $\alpha_{ij}$ に非線形性をもたらす。これらを考慮して、流体核内で、

$$\alpha_{ij} = \frac{R_\alpha \cos \theta}{1 + |\mathbf{B}_0|^2} \frac{1-r}{1-r_i/r_c} \left( \delta_{ij} - \frac{\Omega_i \Omega_j}{\Omega^2} \right) \quad (5)$$

を仮定した<sup>1),2),3)</sup>。ただし、 $\Omega_i$ は地球の回転角速度である。

3.数値計算および諸条件：数値計算には差分法を用いた。time step は explicit に進行させた。また、マントルを絶縁体とし、内核と外核は同じ電気伝導度を持つとした。初期磁場としては、トロイダルは常に $P_1^0$ 型を与えたが、トロイダルは1) $T_1^0$ 型、2) $T_2^0$ 型の2種類を考えた。 $R_\alpha$ ( $\alpha$ 効果の強さ)、 $R_\omega$ (shear velocity の強さ)を代えることによって様々なタイプのダイナモを考えることができる。

4.おわりに：今回の発表では1) $R_\alpha, R_\omega$ の変化による磁場変動様式の変化、2)初期磁場による磁場変動様式の変化(Fig.1)、3)中心核内の起電力の変動、の3点について考察を与える。

3) Moffatt, H.K. (1978) Magnetic Field Generation in Electrically Conducting Fluids.

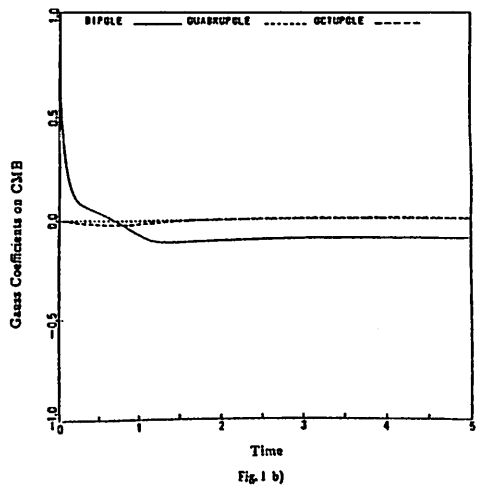
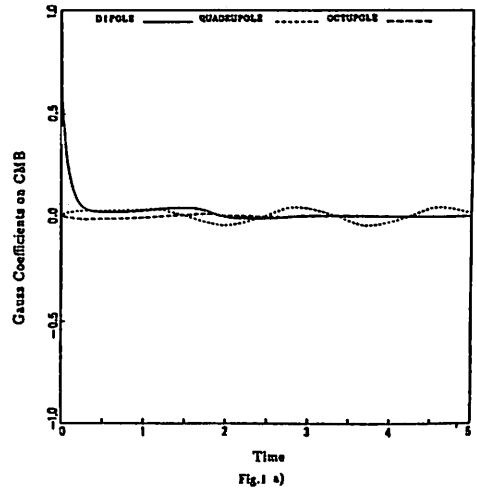


Fig 1. Time variation of Gauss coefficients on CMB for  $R_\alpha = -60, R_\omega = 0$  ( $\sigma^2$  dynamo). a) Initial toroidal field is  $T_1^0$  type. b) Initial toroidal field is  $T_2^0$  type.

参考文献：1) Olson, P. and V.L. Ilgsee (1990) J.G.R. 95, 4609 - 4620  
 2) Busse, F.H. (1975) Geophys.J.R.astron.Soc., 42, 437-459

網川秀夫  
(東海大開発技研)

COMPACTION EXPERIMENT UNDER VERY LOW PRESSURE

Hideo Tsunakawa

Inst. Res. & Develop., Tokai Univ.

Compaction experiments were carried out in order to determine the consolidation characteristics of sediments. Pressure is increased gradually with a step of 0.0001-0.0015 MPa. As we take care that the pressure reaches an equilibrium state, the constant pressure is kept for 4-12 hours at each step. In the preliminary experiment, the deep-sea sediment of siliceous clay and the synthetic one of bentonite powder are used for samples. The results show very low levels of pressure for consolidation, 0.001-0.01MPa.

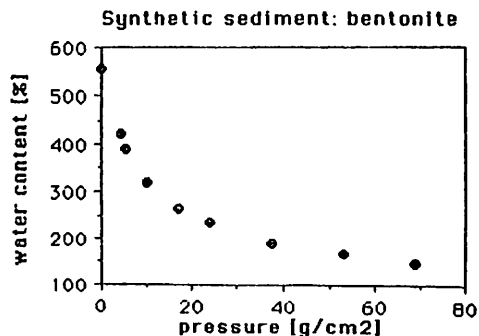
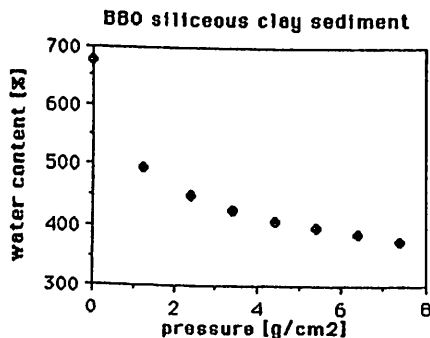
堆積物残留磁化獲得機構を解明するうえで、堆積物の室内実験は重要な役割を果たすと考えられる。Hanano(1980), Otofujii and Sasajima(1981)らによって、堆積物残留磁化特にpDRMは空隙の減少に伴って獲得されることが示された。Deaner and Kodana(1990)等は、Hanano(1980)とほとんど同じ実験装置によって、Inclination errorを議論している。一方、Hyodo(1984)は、堆積物残留磁化は地磁気ベクトルの歪みであることを示した。この場合、外部磁場に対する堆積物残留磁化獲得機構の応答関数が重要になってくる。Hanano(1980), Otofujii and Sasajima(1981)らの実験結果によれば、結局、応答関数は堆積物の圧密特性で決定されることになる。実際の条件では、高々1kg/cm<sup>2</sup> (0.1MPa)という低圧力で、より高圧下のTerzaghi(1923)のような実験式すら確立されていない。

Hanano(1980), Deaner and Kodana(1990)らの実験では、圧力増加にしたがって急激な体積減少が生じることを報告している。堆積物の種類によって多少異なるが、その体積変化は0.02-0.05MPaで終了する。堆積物はかなりporusなので加わる有効圧力として[全荷重-浮力]を考えると、体積変化終了の深さは、10-20cmにあたり50%磁化獲得深度でも2-3mになる。この深さは、観測データから議論されている値よりも1桁から2桁も大きい。これらの室内実験では、0.02-0.15MPa/hourというかなり速い荷重変化のもとで実験をしている。過剰水圧をきたしてないかを一応チェックしているが、不十分である可能性がある。そこで、まず平衡状態であることをチェックしながら予備的圧密実験をおこなった。

今回の実験では、段階的に荷重を増していき、各ステップで体積が一定になるまで待つてから次のステップに進むようにした。装置は、アクリル管のピストンとシリンダ(長さ25mm、内径2

2mm)からなる単純なものであり、ピストン上部にトランスデューサを取り付け電圧変化として連続的に変位を測定する。荷重は、円盤状のしんちゅう又は銅のおもりを用いた。体積一定の判断基準は、変位の変化率が0.01mm/hour以下であることとした。試料としてとりあえず、深海底堆積物(B80, 地調山崎氏提供)とベントナイトパウダー(モンモリロナイト主成分)との2種類を圧密した。試料は塩分濃度3%の水を加えて均一にして用いた。下に、含水量-圧力変化の実験結果を示す。平衡に達するまで各ステップとも数時間以上かかった。図からわかるように、含水量は圧力増加とともに急激に減少する。B80の場合は、10g/cm<sup>2</sup> (0.001MPa)程度で圧密が完了するようである。堆積物は同一でないものの、同様の実験(Hanano, Deaner and Kodana)と比べて一桁以上小さい圧力値である。この堆積物はbox corerで採取されており、Yamazaki(1987)によって含水量等が報告されている。それによると、深さ10cm程度で含水量減少がなくなり約360%と一定になる。先に述べたような有効圧力を考えると、今回の実験結果からは数十cmまで含水量減少が続くことになり、観測値を完全に説明できるわけではない。一方、ベントナイト試料は、100g/cm<sup>2</sup> (0.01MPa)まで含水量減少がありB80の10倍となる。このように、堆積物の種類によって圧密特性の値が桁違いである可能性もある。

このような実験ではまだ様々な要因が影響して、自然界との比較を困難にしていると思われる。実際に堆積物を沈殿させて圧密する方法もあるが、上記のような実験も要因のコントロールしやすさという点で捨てがたい。自然界と実験では試料の同一性などで限界があるものの、初期含水量やシリンダと試料間の粘着力等の評価も行なって、より定量的な実験方法を考える予定である。



## 走磁性バクテリアによる磁性粒子の 微細な磁気構造の解明の試み

酒井英男 船木 實 松永 是 広瀬茂久

(富山大) (極地研) (東京農工大) (東京工大)

### IDENTIFICATION OF THE MAGNETIC POLES IN FINE MAGNETIC GRAINS BY MAGNETOTACTIC BACTERIA

H. SAKAI M. FUNAKI T. MATSUNAGA S. HIROSE

(Toyama Univ.)(NIPR)(Tokyo Univ. of A & T)(Tokyo Inst.Tech)

Magnetotactic bacteria of Cocci type and Spirilla type (*Aquaspirillum Magnetotacticum*) were used to elucidate the magnetic fine structure in the grains from the meteorites (St. Severin and Estherville) and the terrestrial pyroxenite. When the bacteria were dropped on the sample with SIRM, they clearly migrated to the region around magnetic S-pole. The direction of NRM elucidated from the concentration of bacteria was consistent with the NRM by SQUID. The results indicate the magnetotactic bacteria are useful for the study of magnetic fine structure.

岩石や堆積物は数多くの細かい磁性鉱物からなり、その平均的な磁化がスピン-磁力計や、SQUIDその他の磁力計で測定されている。しかし、個々の磁性鉱物のNRMの方向は通常、これらの磁力計では測定できない。もし岩石や堆積物の磁化を構成するそれぞれの磁性鉱物のNRMの方向・強さがわかれば、磁化機構の解釈に大いに役立つと考えられる。我々は、走磁性バクテリア(Magnetotactic bacteria)を利用して、こうした微細な磁化機構を調べることを試みている。

走磁性バクテリアは磁力線に沿って泳ぐ性質があり、北半球(南半球)に生息するものはS(N)極に向かう。大きさは数 $\mu\text{m}$ で $10\mu\text{T}$ より微弱な磁場を感知できる。走磁性バクテリアの軌跡から磁性粒子の周りの磁力線がわかり、濃集によりS(N)極が同定できる。

今回の実験では、バクテリアとして Cocci Type (球形) と Spirilla type (*Aquaspirillum Magnetotacticum*;らせん状)を使用した。これらは北半球に生息しているので、S極に集合する性質を持つ。岩石試料として magnetite richな pyroxenite と St. Severin 隕石、Estherville 隕石を用いた。

実験結果を概略すると、

① magnetite richな pyroxeniteに、 $10\text{ kOe}$ で、等温飽和残留磁化(SIRM;強度 $7.79 \times 10^{-1} \text{ Am}^2/\text{Kg}$ )をつけて Cocci typeのバクテリアを載せた。バクテリアの凝集は、各粒子におい

て、SIRMの方向から予想されるS極に認められた。試料を交流消磁した後でバクテリアを付けると、全体に散らばった。

② また同じ pyroxeniteに、自然残留磁化(NRM)の状態と同様なバクテリアを載せた所、バクテリアの特徴ある凝集がいくつかの粒子で認められた。それから推測される各粒子のS極は、SQUIDで測定したNRM( $I=75^\circ$ ,  $D=24^\circ$  強度 $5.64 \times 10^{-3} \text{ Am}^2/\text{Kg}$ )の方位と矛盾しない。

③ St. Severin 隕石から抽出した、Fe-Ni 粒子(磁化強度 $7.03 \times 10^{-5} \text{ emu/gr}$ )では、バクテリアによりテトラテナイト相のS極が区別できた。ヒーター-バクテリア法を併用して、粒子毎に磁気双極子の方向を求めた所、複雑な分布を示した。この隕石の磁化獲得時の周囲の磁場が、非常に弱いのか、殆ど無いことを示すのかも知れない。

④ *A. magnetotacticum*を Estherville 石鉄隕石に載せた結果、バクテリアの濃集部がテナイト相に認められた。

以上の実験から、走磁性バクテリアを微細な磁気構造の解明に利用できるめどが立つたと考える。今後は、磁気感応性の良いバクテリアを選ぶことが必要であり、Kirshvink(1990)が報告している様な、体内のマグネイト粒子数が非常に多いバクテリアを利用することを考えている。色々な岩石について、岩石磁気学的研究と併行して走磁性バクテリアの実験を試みる予定である。

山崎俊嗣・丸茂克美  
(地質調査所)

## Observation of Magnetites in Deep-sea Sediments with TEM

Toshitsugu YAMAZAKI and Katsumi MARUMO  
(Geological Survey of Japan)

We observed magnetites of a siliceous-clay core from the central equatorial Pacific and a pelagic-clay core from the south Pacific with a TEM. Most of the magnetites from the siliceous clay are identical in shape and size to bacterial magnetosomes. Together with our knowledge that the mean magnetic grain size of the siliceous clay is about 50nm and does not change with age, we estimated that the magnetofossils observed with the TEM would be the major constituent of the magnetic grains in the siliceous clay. The pelagic clay has, on the other hand, little biogenic magnetites, which is consistent with the general consideration that the major source of pelagic clay in the Pacific is atmospherically transported dust.

私たちは、太平洋の siliceous clay と pelagic clay (red clay) の残留磁化の carrier、特にこれらの磁化の安定性の違いの原因を知るため、サスペンション法や帯磁率周波数依存性を用いて磁性鉱物の粒径について研究し、結果を論文や学会講演で報告してきた。今回は、透過電顕(TEM)を用いてこれらの磁性鉱物の形態の観察を行ない、今までの結果と合わせて磁性鉱物の起源の推定を行なった。

clayの分布する赤道に沿った海域は生物生産量が高く底生生物の活動が盛んであり、バクテリア起源の magnetite も多いのであろう。一方、中緯度に分布する pelagic clay の起源は eolian dust と考えられており、TEM像もこれを支持する。

### 試料及び今までにわかっていること

- (1) Siliceous clay (赤道太平洋、3°N, 169°W)
- ・年代によらず安定な磁化を持つ
  - ・磁性鉱物は主に magnetite
  - ・磁性鉱物の平均粒径は 50nm 前後 (Single-domain)
    - 粒径分布は狭い
    - 粒径は年代により変化しない
- (2) Pelagic clay (南太平洋、13°S, 159°W)
- ・late Pliocene 以前のものの磁化は不安定
  - ・磁性鉱物は主に magnetite
  - ・磁性鉱物の平均粒径は 20-150nm の間を変化
    - 粒径分布は広い(SP粒子多い)
    - 粒径は年代により変化する (late Pliocene 以降増大)

### TEMによる観察結果と考察

Siliceous clay で特徴的なことは、観察される magnetite の大半の形態及び粒径が、バクテリアの magnetosome に酷似することである(図1,2)。特に図2のタイプはバクテリアでは知られているが、detrital 起源あるいは自生では生じえないものである。一方 Pelagic clay では、バクテリア起源を示唆するようなものは少なく、丸い形態のものが多く、detrital 起源を示唆する(図3)。

TEM で見られたバクテリア起源の magnetofossils が、siliceous clay の magnetite の主な起源と考えると、siliceous clay の magnetite の粒径の特徴がよく説明できる。Siliceous

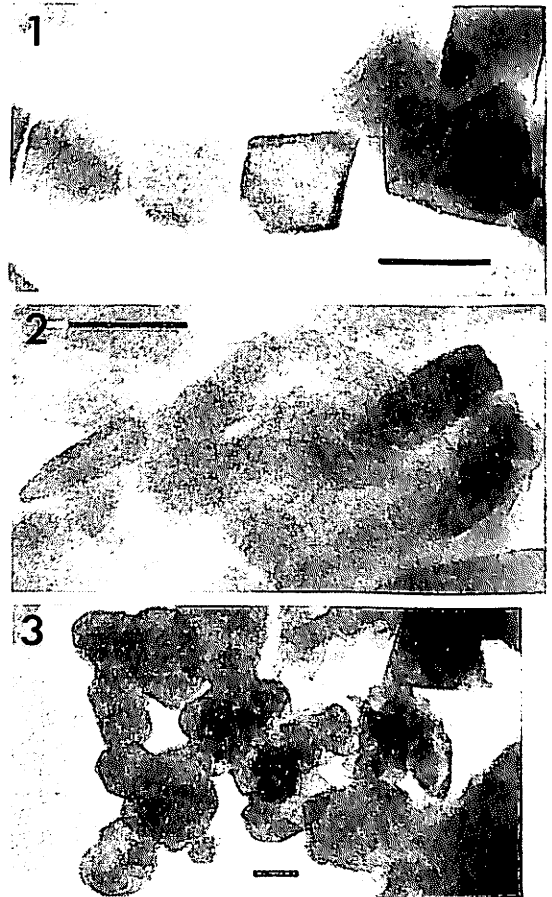


Fig. TEM micrographs of (1)(2) siliceous clay and (3) pelagic clay. Scale bars = 50nm.

# P-7 新潟県粟島近海の未固結堆積物の古地磁気

大野正夫<sup>1</sup>・浜野洋三<sup>2</sup>・岡村真<sup>3</sup>・島崎邦彦<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>東京大地震研、<sup>2</sup>東京大理、<sup>3</sup>高知大理)

## PALAEOMAGNETIC STUDY OF UNCONSOLIDATED SEDIMENTS NEAR AWA-SHIMA IN NIIGATA PREFECTURE

Masao Ohno<sup>1</sup>, Yoza Hamano<sup>2</sup>, Makoto Okamura<sup>3</sup>, Kunihiko Shimazaki<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Earthquake Research Institute, University of Tokyo

<sup>2</sup>Faculty of Science, University of Tokyo

<sup>3</sup>Faculty of Science, Kochi University

Unconsolidated sediments of two cores, obtained from sea floor near Awa-shima Island in Niigata Pref., were palaeomagnetically analysed.

The results of these two cores show good agreement. And the pattern of the time variation of inclination is analogous to our previous results from Beppu Bay.

新潟県粟島近海で得られた未固結堆積物の古地磁気測定を行い、過去数千年の地磁気の永年変化曲線を得た。

### 1. 試料

別府湾において行ってきたのと同じピストンコアリングの手法により、サイトAでは5 m 80 cm、サイトBでは8 m 30 cmの2本の連続な海底堆積物が採取された。堆積物の上部(A: 3 m 50 cm、B: 5 m)は粘土であり、それより下部は砂混じりの粘土である。またこれらのコアは新潟地震断層を挟んで採取されており、断層の活動に関連して堆積速度が大きく異なる部分があると考えられる。

### 2. 古地磁気測定

残留磁化測定用に、約10 ccのサンプルを3 cmおきに採取し、これらのうち20個のパイロットサンプルについて段階交流消磁実験を行った。このうち17個のサンプルでは5~10 mTで柔らかい成分が消磁された後、初生磁化と考えられる成分を得た。またMDFは上部の粘土質のサンプルでは25 mT程度、下部の砂混じりの粘土のサンプルでは20 mT弱であった。これらの結果を考慮し、他のサンプルについては1段階から2段階の交流消磁を行った。

2本のコアの対比には帯磁率の測定結果を用いた。その結果、伏角・偏角の時間変化曲線はサイトA、Bでよい対応を示す。しかし、この2本のコアでは部分的に堆積速度が大きく異なると考えられるので、DEPTH LAGやCONVOLUTIONの問題を含めて今後詳細に検討したい。

また別府湾の結果と比較すると、粟島と別府湾では緯度で5度、経度で8度異なるが伏角の変化のパターンは類似性を示す。テフラクロノロジーによる別府湾の推定堆積速度を基準にすると、断層の相対的隆起側であるサイトAの平均堆積速度は1 mm/年程度と推定される。

測定に際して高知大学理学部の小玉一人助教授の御協力を頂いた。

北 和之・村田 功・岩上直幹・小川利紘・遠嶋康徳  
東大理 地球物理研究施設 東大理 地設化学実験施設

## A TEST OBSERVATION OF ATMOSPHERIC METHANE CONCENTRATION ON SHIPBOARD

K. KITA, I. MURATA, N. IWAGAMI, T. OGAWA and Y. TOHJIMA  
Geophys. Res. Lab., U. Tokyo Lab. Earthquake Chem., U. Tokyo

Atmospheric methane concentration was measured onboard the ship "SHIRASE" on Oct. 1-2, 1990 by using a new method. In this method, methane concentration is determined by the absorption of He-Ne laser ( $3.39 \mu\text{m}$ ) light. A preliminary result was presented.

大気中のメタンは、重要な温室効果気体であり、また対流圏から成層圏にかけてのオゾン量や成層圏上部の温度などにも大きな影響力を持つ。メタン量は、北半球中緯度で現在約 1.7 ppbV でだいたい年 1% 程度の増加傾向にあるといわれている。メタンの発生源は、定量的にはまだよく知られているとはいえず、観測されている増加の原因も人間活動に深く関わっていると考えられてはいるが、まだ確かなことは判っていない。

われわれは、メタン発生源を定量的に把握する目的で、メタン量を高時間分解能で測定でき、航空機・自動車等に搭載できる観測器を開発してきた。この観測器は、He-Ne レーザー光（波長  $3.39 \mu\text{m}$ ）が、メタンにより選択的に吸収を受けることを利用したものであり、実験室内でのブラックモデルによる結果については以前の学会講演会にでも発表した。今回は、実用モデルの開発と試験的に行った船上観測の結果について報告したい。今回使用した実用モデル（？）では、He-Ne レーザー及び長光路吸光セルの小型化と全体の堅牢化・耐振化を図った。その結果振動に対してはかなり安定になったが、しかしレーザーが改造後安定度が悪くなり、現在のところこの問題は解決していない。船上観測は、南極観測船「しらせ」の国内巡航の機会を利用して、この 10月1日から2日にかけて、福山から横須賀の間で行われた。観測開始直後より、校正時に使用している電磁弁に不調があり、データの質がかなり落ちる結果となった。観測の終盤、バルブの操作を一部手動に切り替えて測定を行ったが、preliminary な解析によるとそのときのメタン濃度は測定点全体の平均で 1.75 ppbV で、浦賀水道から横須賀港にはいるときに上昇傾向（1.7 → 1.8 ppbV）がみられたが、はっきりしたことはより詳細な解析を待たなければならない。

# P-9 大気微量成分の地上分光測定： OCS及びCOの解析

伊藤 清      米村 正一郎      岩上 直幹      小川 利紘  
東大 理

Ground-based optical measurements of the atmospheric minor constituents  
:analyses of OCS and CO

K. Itou S. Yonemura N. Iwagani T. Ogawa  
GRL, U. Tokyo

Atmospheric minor constituents are observed with a 50 cm Solar-tracker plus 1.5m double-pass monochromator system from March 1989 to September 1990. The OCS column is measured to be  $3.5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$  in average, and the CO column to be  $2.3 \times 10^{16} \text{ cm}^{-2}$  in average. Both show no systematic seasonal change.

本郷キャンパス内の屋上に設置した50cm太陽追尾系+1.5mダブルパス単色計のシステムによって2000-4000 $\text{cm}^{-1}$ の太陽スペクトルを測定し、大気微量成分の検出を試みている。この系の最良分解能は3000 $\text{cm}^{-1}$ で0.07 $\text{cm}^{-1}$ , 2000 $\text{cm}^{-1}$ で0.045 $\text{cm}^{-1}$ 程度である。

これまで同定できた微量成分吸収スペクトルは、 $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{C}_2\text{H}_6$ ,  $\text{C}_2\text{H}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{OCS}$ で今回はこの中のCOとOCSの吸収スペクトルの解析を行った。

解析方法は、吸収スペクトルのデータから吸収線の等価幅を計算し、次の定義より

$$w : (\text{cm}^{-1}) : \text{等価幅}$$

$$w = N S \quad N : (\text{cm}^{-2}) : \text{コラム密度}$$

$$S : (\text{cm}) : \text{線強度}$$

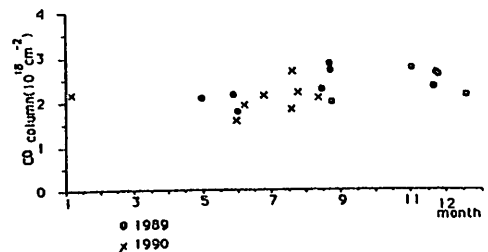
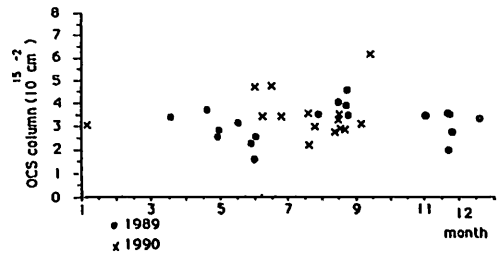
HITRANのデータの線強度を使い、コラム密度  $N (\text{cm}^{-2})$  を求める。この際、太陽天頂角を使ってコラム密度を鉛直コラム密度に変換する。

OCSは、2050 $\text{cm}^{-1}$ 領域にあるP21, P28, P29, P31, P34, P37の6本の吸収線を使っており、それぞれの鉛直コラム密度の平均をグラフに示す。一定混合比を仮定すると0.2ppbv程度となり、全体的に過去のデータより低い値を示している。この原因は、ローレンツ幅が比較的大きな値を示すため、吸収線の等価幅を出す際に、本来の値より小さな値になるためと考えられる。

又、一年を通して、はっきりとした傾向はみられない。

COは、2050-2150 $\text{cm}^{-1}$ 域にあるR3, P17, P22の3本の吸収線を使っており、一定混合比を仮定すると100ppbv程度の値が得られている。明瞭な季節変化はみられない。

今後、更に観測をつづけていき、OCS, COのコラム密度の年変化が見られるかどうか調べ、又、観測方法の精度をあげていく事が、課題となる。





笹野泰弘、鈴木 睦、横田達也、松崎章好\*、杉本伸夫、淡 淳、林田佐智子  
 国立環境研究所、宇宙科学研究所\*

#### ILAS AND RIS PROJECTS FOR FOR OZONE LAYER STUDIES

Y. Sasano, M. Suzuki, T. Yokota, A. Matsuzaki\*, N. Sugimoto,  
 A. Minato, and S. Hayashida-Amano  
 NIES, ISAS\*

Environmental Agency has been developing satellite-borne atmospheric sensors for monitoring and studying ozone layer behavior. One of them is a spectrometer called Improved Limb Atmospheric Spectrometer (ILAS) and the other is Retroreflector In-Space (RIS). They will be installed on the ADEOS satellite which will be launched early 1995. The present paper describes an outline of the ILAS and RIS projects and research plans.

#### 1. はじめに

1994年度冬期に極軌道の地球観測プラットフォーム技術衛星(ADEOS; Advanced Earth Observing Satellite)が打ち上げられる。環境庁では、地球規模の環境監視を推進する観点から、成層圏オゾン層や地球温暖化に関する微量物質の観測を目的とした「改良型大気周縁赤外分光計(ILAS)」および「地上・衛星間レーザー長光路吸収測定用リトロリフレクター(RIS)」の2種の機器を提案し、現在開発中である。本報告ではILASおよびRISについて開発計画の概要とともに、測定データの利用計画について紹介する。

#### 2. 装置の概要と目的

ILASは、太陽掩蔽法(Solar Occultation)と呼ばれる手法を用いる。これは、宇宙科学研究所がかつて開発したLASと呼ばれるセンサーを基本モデルとして、気温、空気分子密度、エアロゾル高度分布測定用として可視波長領域(波長753~780nm)における酸素の回転吸収スペクトルの測定の機能を付加したものである。ILASの主たる目的は極域成層圏(高度10km~60km)のオゾン濃度の計測であり、同時に気温、空気密度、水蒸気、メタン、二酸化窒素、硝酸、一酸化二窒素、CFC11、エアロゾル等の高度分布の測定を予定している。ADEOS衛星には米国航空宇宙局のTOMSが搭載されることになっており、TOMSによるオゾン全量の測定と合わせ、ILASデータは極域オゾン層の挙動の解明に役立てられる。

RISは、地上レーザー送受信施設から送出されたレーザー光を再び地上に向けて反射させるリフレクターである。波長同調のCO<sub>2</sub>レーザーと受信信号のドップラーシフトを利用して波長を掃引し、オゾンなどの微量成分の吸収スペクトル形状を測定し、それらの高度分布、気柱全量を求める。

#### 3. 開発計画

宇宙開発事業団の衛星本体の開発計画に合わせ、ハードウェアの製作を進めるとともに、受信データの処理、配布等の運用のためのソフトウェア開発を衛星打上げ時を目標に行う。このため、ILAS、RISそれぞれにサイエンスチームを構成し、所外の国立研究機関、大学等の研究者のご協力を得ながら進めていきたいと考えている。

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 (8)

麻生 武彦  
京都大学工学部

Numerical modelling of tide and planetary-scale waves  
in the middle to upper atmosphere  
T. Aso

Kyoto University

Time-dependent numerical modellings of solar atmospheric tide for linearized regime have been undertaken to evaluate time evolution of tides which might interpret apparent variability of observed tides due partly to the unsteadiness of background atmosphere. Features related to the vertical group propagation and amplitude oscillation of tide are detected in the course of emergence of global-scale (2,2) or (1,-2) modes.

下層大気から中層大気を経て電離圏にいたる広い領域に亘って、各種のレーダーやライダー等により観測される大気潮汐波は、周知のように比較的安定した熱源により励起されるが、励起源の非一様性はもとより、伝搬途中での背景大気の変動、他の波動との相互作用等によって日々のスケールから季節にいたる幅広い時間的変動および non-migrating tide や南北非対称性等にみられる空間的変動を呈する。特に短期間変動は、観測を理論的に説明しようとする場合の曖昧さとして常に問題となるが、これについて、MAP の ATMAP ワーキンググループでは、概ね 10 日の平均をとってこれを論じようというガイドラインを示している。(Forbes, 1986)

我々は、開発中の大気潮汐波の時間発展コードを用い、このような観点から線形の範囲で、励起源の立ち上がりに伴う波動の成長を、計算の比較的容易な (2,2), (1,-2) モードを中心に先ず行なった。(スペクトル法でルジャンドル陪関数の次数 11, ガウス緯度分割数 33, 対数圧力座標で高度 140km までを 65 分割としている。) (2,2) モードについては、用いた鉛直拡散を含む散逸モデルの場合、2 日で立ち上がる源にたいし、波は数日で立ち上がり、高度のあまり高くないところでは 10 日程度で整定するが、同時にきわめて僅かながら周期の長い振幅振動が見られる。この振動は、同様の計算を進めている Vial et al. (1990) により見いだされ、Miyahara (1981) の潮汐波による平均流加速の計算でも見られている由であるが、振動周期は異なる。これについては、大気各層で励起された潮汐波の干渉メカニズムが Vial et al. のなかで Miyahara により示されており、また自由振動の励起によるビートの可能性もある。(1,-2) モードの場合、およそ 1.2 日の周期の振動が見られ、高度方向の位相変化も小さいが、高度 52.2km で西風成分を調和解析してみると (図 1)、中緯度をのぞいて 5 日周期付近に成分がみられている。また、鉛直伝搬については、励起源を下層の水蒸気に限定すると、上方への伝搬の様子が明らかにされるが、例えば (2,2) モードについてみると、図 2 のようになる。Vial et al. と同様に、用いた大気モデルについて鉛直群速度の理論値を求めると 0.5-0.6 m/sec となり、図の結果とほぼ対応する。また、(2,4) モードではこれより若干小さい。線形計算では、緯度方向の伝搬を考慮した潮汐波の発達を取り扱うことが次の課題とされる。

謝辞 本計算は、京大工学部附属高度情報開発実験施設の IBM 3081 により行なわれた。

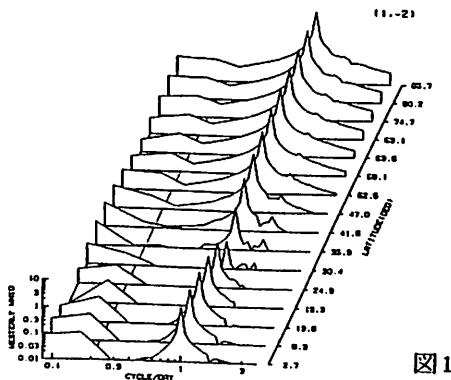


図 1

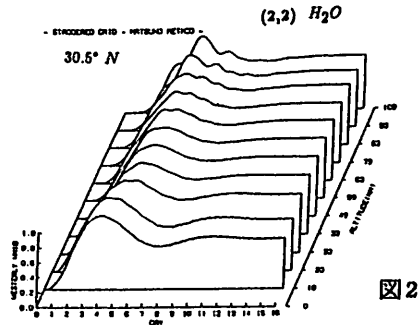


図 2

参考文献  
 麻生他 (1990), 第 87 回地球電磁気・地球惑星気象学会講演予稿集, D11-08.  
 Forbes, J. M. (1986), Handbook for MAP, 21, 56-64.  
 Miyahara, S. (1981), J. Meteor. Soc. Japan, 59(3), 303-319.  
 Vial, F. et al. (1990), Submitted to J. Geophys. Res.

# 中間圏における 重力波周波数スペクトルの高度変化

村岡良和<sup>1</sup>・杉山卓也<sup>1</sup>

深尾昌一郎<sup>1</sup>・山本衛<sup>1</sup>・山中大学<sup>1</sup>・津田敏隆<sup>1</sup>・中村卓司<sup>1</sup>・加藤進<sup>1</sup>

1. 兵庫医大 2. 京大・理 3. 京大・超高度雷波研究センター

## A HEIGHT CHANGE IN FREQUENCY SPECTRA OF GRAVITY WAVES

### OBSERVED IN THE MESOSPHERE

Y. Muraoka<sup>1</sup>, T. Sugiyama<sup>2</sup>

S. Fukao<sup>3</sup>, M. Yamamoto<sup>3</sup>, M. D. Yamanaka<sup>3</sup>, T. Tsuda<sup>3</sup>, T. Nakamura<sup>3</sup>, and S. Kato<sup>3</sup>

1. Hyogo College of Medicine, 2. Kyoto University

3. RASC, Kyoto University

Spectral analysis was made for mesospheric radial wind velocities measured on October 3-7, 1988 with the MU radar at Shigaraki (34.9°N, 136.1°E). In this meeting we report only the result obtained from the October 6 data because we could successfully evaluate the frequency spectra of radial winds over a long range of height, comparing it with the result of spectral analysis reported in the previous meeting. The former spectra were obtained between the altitudes of 68-74 km while the latter, evaluated from the data for September 6, 1988, were obtained between 74-77 km. In Figure 1 we compare the radial frequency spectra observed at several altitudes on October 6, 1988. It should be noted that the spectral density for the two oblique winds (10 and 20°) get higher in the lower frequency with the increasing height and the spectral slope asymptotically approaches the -2 power law while the vertical one (0°) hardly changes with height. The  $\omega^{-2}$  spectral slope for the oblique winds have been shown near the altitude of 76 km in the September 6 data. In other words, the -2 power law as the upper limit of the spectral slope may indicate a saturated frequency spectra for horizontal (oblique) wind perturbation due to gravity waves.

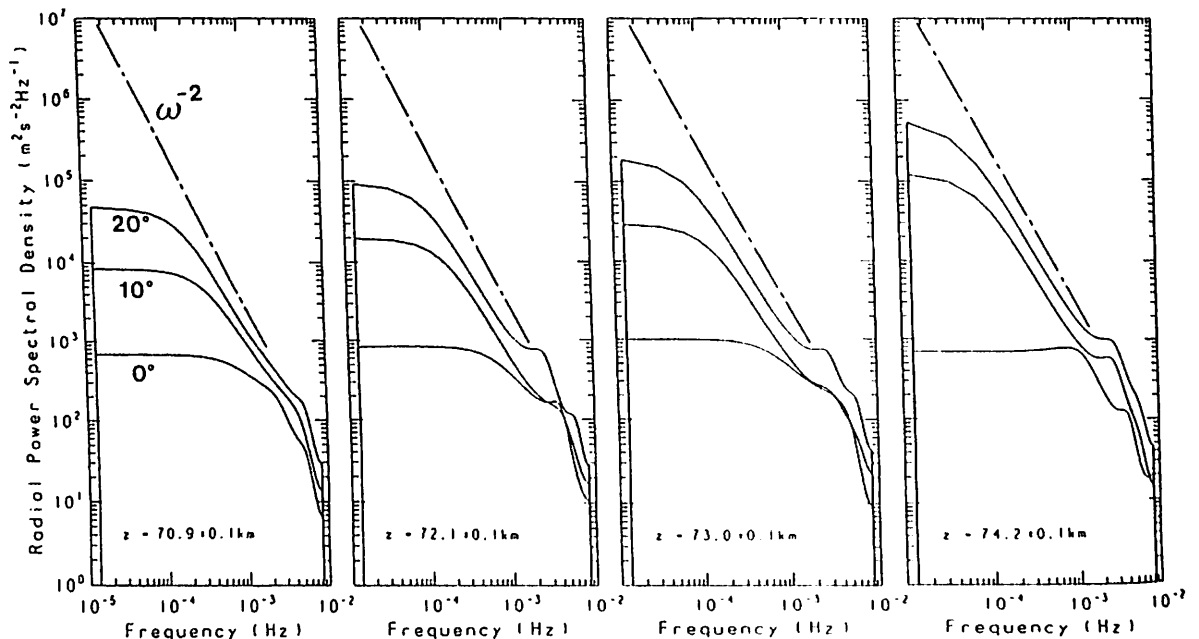


Fig. 1. A comparison between the radial frequency spectra estimated at four selected altitudes.

# P-13 FM / CW レーダによる低緯度電離層擾乱の観測

小林 敬生  
(通総研沖縄)

## Observation of Ionospheric Irregularities by an FM/CW Radar at Low Latitude

T. Kobayashi  
(CRL, Okinawa)

Coherent backscattering from ionospheric irregularities was observed with an FM/CW radar system. The transmitted frequency of the radar was swept from 24.465 to 24.565 MHz. Three different sweep rates were used to separate the Doppler effect from the range information. The true ranges and velocities of the irregularity regions associated with spread F were calculated from correlation analysis.

通信総合研究所沖縄電波観測所では、今夏より短波帯 FM/CW レーダを用いて電離層擾乱域のコヒーレント後方散乱の観測を始め、現在までに数例のスプラディック E 及びスプレッド F と考えられる擾乱域を観測し、ビーム方向の広がり、運動速度の測定に成功した。

### 電離層観測用 FM/CW レーダ

レーダシステムは、送受信機、アンテナ、タイマー、制御・データ取得用 PC からなる。送受信機は、米国パリーサーチ社の 9034 型電離層観測用レーダを使用している(表)。送信電波の周波数は、24.465~24.565 MHz の間で直線的に掃引する。掃引速度は、200 kHz/sec, 100 kHz/sec, 50 kHz/sec の 3 種類であり観測ではこの順で掃引を繰り返している。掃引速度を変化させるのは擾乱域の運動速度を特定するためである。いずれの掃引速度においてもサンプリング周波数は 1024 Hz で、距離分解能は 1.5 km, 時間分解能は 6 秒である。

なお、本レーダシステムは、レーダ本体が移動用コンテナ内のラックに収められており、野外に展開するアンテナ系は簡単に分解してコンテナ内に収納できるので、簡便に移動観測が可能である。

### 擾乱域の速度の決定

送信電波の周波数掃引幅が送信電波周波数に比べ十分小さいとき、等速運動する目標物からの反射波のドップラー変位は一定値と見なしてよい。このとき、その目標物までの見かけの距離  $R$  は

$$R = \frac{c}{2} \left( \tau - \frac{f_0}{f} \right)$$

と表わされる。ただし、 $c$  は光速、 $\tau$  は送信波が帰って来るまでにかかる時間、 $f_0$  はドップラー周波数、 $f$  は送信電波の周波数掃引速度である。ここで、未知数は  $\tau$  と  $f_0$  の 2 つであるから、 $f$  を変えて 2 つの独立した条件を定めれば、 $\tau$  と  $f_0$  は定まり目標物までの真の距離と目標物のビーム方向の速度を知ることができる。本稿では、周波数掃引速度の異なる 2 つの観測データの相関処理を通して擾乱域までの距離と擾乱域の速度を決定した。

### F 領域擾乱域の観測

下に観測例を掲げる。

観測時間は、1990年9月20日 23:47~23:57 [JST] で、ビーム方向は磁北、仰角 60° である。この観測時間の前夜、沖縄電波観測所上空では、スプレッド F が観測されている。図 1 は、周波数掃引速度 50 kHz/sec のデータ

から得られた A スコープ (距離-信号特性曲線) の時間変化である。距離約 500 km の所に安定したレーダエコー (擾乱域) が存在し、ゆっくりと近づいている様子が分かる。図 2 は、周波数掃引速度 100 kHz/sec と 50 kHz/sec のデータの相関処理をして得た擾乱域の速度ラグに関する相互相関係数曲線である。9 つの掃引データに関する移動平均をとって時間順に下から上へと並べてある。また、曲線のピークを黒丸で示した。この図から、擾乱域が速度を変動させながら運動し、最大速度は、-60 m/sec をこえたことが分かる。

講演では、他の観測例も紹介しつつ、本観測手法について詳しく報告する。

観測周波数	24.515MHz
送信出力	100W (ピーク), 45W (平均)
変調方式	パルスドチャープ (QON)
パルス形式	12ビットM系列誤りランダム符号
受信機帯域幅	500Hz
周波数掃引幅	100kHz
アンテナ形式	反射器付き短箱ホイップ 10素子フェイズドアレイ
アンテナ利得	14.8dBi
ビーム幅	15°
ビーム方向	0°±45° 13ステップ

(表) FMCW レーダの諸元

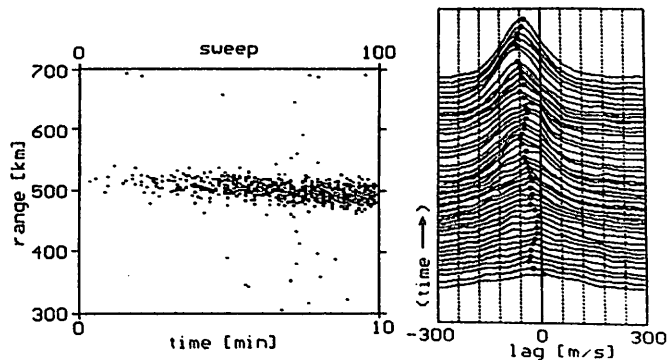


図 1.

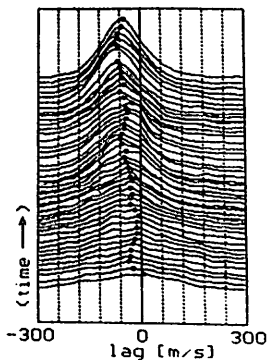


図 2.

NNSS衛星の二地点同時観測による電離層全電子数の推定  
 石橋 弘光・丸山 隆・大高 一弘・小川 忠彦  
 (通信総研)

The estimation of the electron content of the ionosphere by simultaneous NNSS differential Doppler measurements from two receiving stations.

Hiromitsu Ishibashi, Takashi Maruyama, Kazuhiro Ohtaka and Tadahiko Ogawa  
 Communications Research Lab.

We have made simultaneous differential Doppler measurements of signals from polar-orbiting NNSS(Navy Navigation Satellite System) satellites at Wakkanai (45.23°N, 141.4°E) and Kokubunji (35.42°N, 139.29°E). Combining the data at the two stations, we uniquely estimated the total electron content (TEC) of the ionosphere in mid-latitudes.

我々は、稚内(45.23°N, 141.4°E)と国分寺(35.42°N, 139.29°E)でNNSS衛星のビーコン波を受信し、その差分ドップラー周波数を収集している。

差分ドップラー周波数は、視線方向のTECの時間微分に比例するので、数値積分を行ない伝搬路に沿った衛星-地上間の全電子数を推定することが可能である。しかし、観測点が一ヶ所の場合、差分ドップラー観測だけから一義的に積分定数を決定することは不可能であり、他の観測手段と組み合わせる必要がある。ところが、互いに離れた二ヶ所で同時に得られた差分ドップラーデータを用いると積分定数を一義的に決定することができる。<sup>\*1</sup>

今回、我々は、国分寺(東京)と稚内で同時に受信したデータにこの方法を適用し、鉛直方向に換算したTECを地理的緯度の関数として求めた。様々な条件のもとで得られたデータを解析し、この解析方法の有効性と適用の限界を検討した。

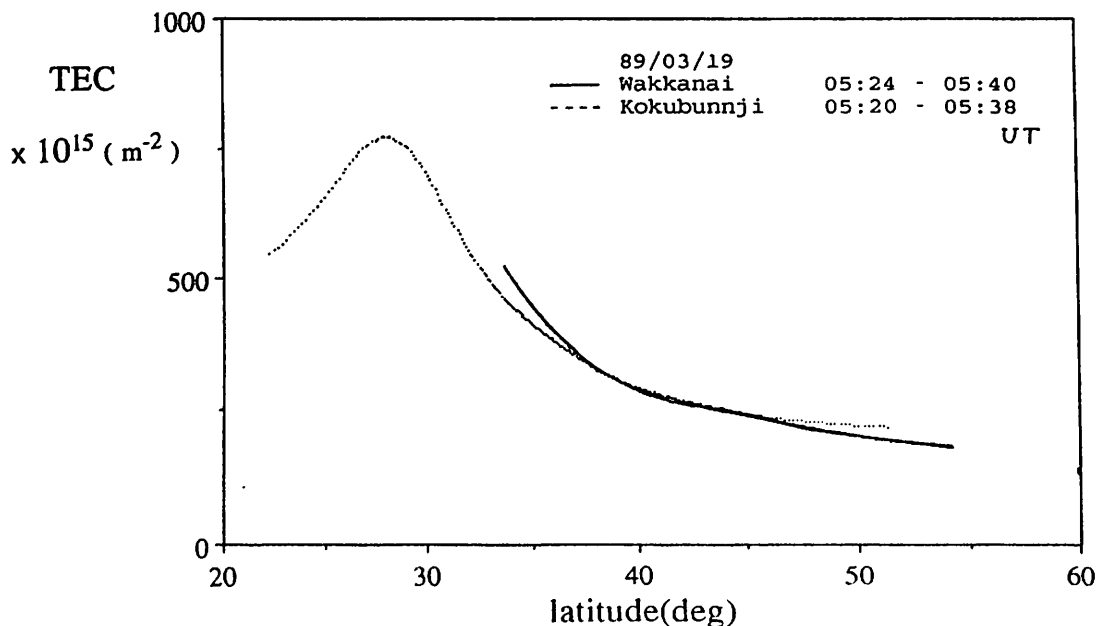
TECの導出に際して以下の仮定を設けた。

- (1) TECは経度方向には一様である。
- (2) TECは準定常である。

下図に、1989年3月19日の観測をもとに得られたTECを示す。同日は大規模な地磁気嵐の最中である。図に見られる28°付近のピークは赤道異常の北側のcrestに対応しており赤道異常がよく発達している。このような発達はまれな現象で地磁気嵐の効果と思われる。

参考文献

\*1 Leitinger, R et al., Radio Sci., 19(3), 789-797, 1984



坂 翁介 (九大・理)

MERIDIONAL CURRENT SYSTEM ALONG DAWN AND DUSK TERMINATOR  
DRIVEN BY HM WAVES

O.SAKA

DEPARTMENT OF PHYSICS, KYUSHU UNIVERSITY, FUKUOKA, 812, JAPAN

Magnetometer data with the amplitude and timing resolution of  $6\text{nT/LSB}$  and  $0.1\text{ sec}$  has been obtained at Huancayo; Peru ( $0.8\text{N}$ ,  $335.6$  in geo-magnetic coordinates), Melekeok; Palau ( $-3.0\text{N}$ ,  $205.0$ ), Guam; USA ( $4.6\text{N}$ ,  $214.0$ ) and Kuju; Japan ( $22.0\text{N}$ ,  $198.0$ ). Huancayo data (Dec. 1985 to Dec. 1986) have been subjected to a study of a seasonal variation of the polarization characteristics of the pulsations. Data from station array in the south Pacific have been used for a study of latitudinal structure of the wave phase.

It is found that secondary ionospheric currents are set up along the dawn terminator in response to the incident HM waves. Although, those currents would close either vertically or horizontally, they might not extend beyond  $\pm 20$  degrees in latitude. The center of the current system is suggested to locate at a latitude where the sun-earth line cross the earth ionosphere.

低緯度から赤道帯の範囲に入射する脈動に伴う東西電場が、電離層電気伝導度の変化の最も大きい日出線に沿って、電離層内に南北電流を励起することがわかった。この電流は地上において、入射磁場と等しい程の磁場を作り出す。この電流は子午面内、あるいは水平面内のいずれで閉じたとしても、磁気緯度南北 $20$ 度をはみださないと考えられる。この電流系の中心の緯度は、季節による太陽の南北移動と共に変わる。

日没線に沿っても南北電流が励起されることが分かったが、それは毎回出現するとは限らない。これは、午後側の脈動に伴う電場の空間的な一様性が、午前側に比べ狭いことを示唆すると考える。

高緯度での場合、異なった電気伝導度の接する境界からは磁力線沿いにAlfven波を励起しつつ、電流が磁気圏から流入あるいは磁気圏へ流出する。低緯度、赤道域では磁力線が水平に近いため、その電流は電離層内に閉じ込められると考えられる。

Sarmoko Saroso ( Department of Geophysics, Faculty of Science, Kyoto University)  
M. Sugiura ( Institute of Research and Development, Tokai University)  
T. Iyemori ( Data Analysis Center for Geomagnetism and Space Magnetism, Kyoto University)  
T. Araki ( Department of Geophysics, Faculty of Science, Kyoto University)  
T. Kamei ( Data Analysis Center for Geomagnetism and Space Magnetism, Kyoto University)

The AE index is frequently used in studies of the aurora and other magnetospheric disturbance phenomena. This index reflects the intensity of the ionospheric current associated with auroral activity. When the interplanetary magnetic field turns northward, the auroral oval contracts and electric currents appear in the polar cap ionosphere. The ionospheric current in the auroral oval at its average position and consequently the AE index decreases in spite of the existence of current over the polar cap. In order to monitor the intensity of the ionospheric current during northward IMF it is desirable to derive a polar cap magnetic index in the same way as the AE index is derived. Ideally, in deriving the polar cap AE index it is desirable to use as many observatories as possible and the distribution of the observatories should be as uniform as possible longitudinally. However, since there are only a limited number of polar cap magnetic observatories and since the northern polar cap is mostly occupied by the Arctic Ocean, practical compromises are unavoidable.

We derive on a test basis a geomagnetic index by using presently available data in the southern polar cap. Observatories used here are Scott Base (geomag. coord.  $-78.84^{\circ}$ ,  $293.24^{\circ}$ ), Dumont Durville ( $-75.06^{\circ}$ ,  $232.15^{\circ}$ ), Vostok ( $-89.31^{\circ}$ ,  $139.62^{\circ}$ ) and Mirny ( $-76.80^{\circ}$ ,  $151.15^{\circ}$ ). To derive disturbance fields a base value of each station for each month is first calculated using a moving average method, and this base value is subtracted from hourly data from the station in that month. Then the largest and smallest values are selected from the four stations, respectively, in the same way as the AU and AL indices are derived. The difference between these values gives the polar cap AE index. Two of the stations (Scott Base and Dumont Durville) give the X, Y and Z components rather than H, D and Z. To make these data more compatible with the other stations we calculated H from the X and Y components. For the other two stations (Vostok and Mirny), we used the original H-component data. As the directions of the main field vectors of the four stations are different from the invariant pole direction, we rotated the coordinates so that the direction of the H axis points to the invariant pole, and we derived the polar cap AE index based on the H, D and T (total) components for the year 1966.

The results of the variation of the disturbance fields from the four stations for the year 1966 show a clear diurnal variation and seasonal variation. The seasonal variation indicates that the ionospheric conductivity in the polar cap for the southern hemisphere during the southern summer is greater than during the southern winter. The highest correlation coefficients between the polar cap AE, AU, AL indices and the AE index are observed in the winter season, while the relationship between the IMF  $B_y$  ( $B_z$ ) component and polar cap AU index seems to be quadratic and occurs during summer (winter). Also, we will derive the polar cap AE index for the year 1980 and discussions on the results obtained will be presented. Because we used only the data from four stations, it is necessary to know the characteristic of each station in order to better understand the physical meaning of the results obtained. Ideally, the derivation of the polar cap indices described above should be made by using geomagnetic data from uniformly distributed stations along a latitude circle in the polar cap. The actual distribution of the four stations used here is far from this ideal case. We are expecting geomagnetic data from the Automatic Geophysical Observatories which are now planned to be set up on the Antarctic continent.

# オーロラ分光器の開発

江尻全機<sup>1</sup>、横田俊昭<sup>2</sup>、佐々木進<sup>3</sup>、岡村 宏<sup>4</sup>  
<sup>1</sup>極地研究所、<sup>2</sup>愛媛大学、<sup>3</sup>宇宙科学研究所、<sup>4</sup>電気通信大学

## Develop a Auroral Spectroscope

Masaki EJIRI<sup>1</sup>、Tosiaki YOKOTA<sup>2</sup>、Susumu SASAKI<sup>3</sup>、Hiroshi OKAMURA<sup>4</sup>  
<sup>1</sup>NIPR、<sup>2</sup>Ehime Univ、<sup>3</sup>ISAS、<sup>4</sup>Denki-Tsushin Univ

We have developed a new two-dimensional auroral spectroscopy that measures both wavelength and spatial auroral luminosity. We give an outline of the new instrumental specifications. Then, we show an example that had been measured auroral spectrum by the new instrument at Syowa station in June 7, 1989.

オーロラの可視域の分光特性観測は今までも沢山の観測が行われてきた、しかしその多くが露出時間が長くオーロラの短時間の変化に対する分光特性の測定は困難であった。そこで露出時間が短く時間分解能が良い波長方向と距離方向の2次元の超高感度分光器の開発を行った。ここでは観測器の概要と第30次南極地域観測隊によって昭和基地で行われたオーロラの分光特性観測結果の例を示す。

**観測器** オーロラ分光器は平面格子型分光器によりオーロラの分光特性を求めその2次元映像を光電子増倍管により増幅しCCDにより撮像し測定する装置である。(図1に分光器の構成を示す)

分光器の性能としては露光時間は0.2秒から25.6秒まで目的に応じて変化させる事ができる。また、画像は距離方向に約74°の視野角を61画素で、波長方向には目的に応じて観測波長幅がそれぞれ40、200、400nmの3種類の分光器を選択でき376画素の分解能で得られる。そのほか分光器はジンバルに乗り方位角方向に±180°、仰角方向に0~90°の範囲で自由に動かす事ができあらゆる方向のオーロラに対してその視野を向ける事ができる。取得データはディスプレイ用のアナログデータも出力されているが全てPCMデジタルデータ出力が記録され計算機により処理され疑似カラー表示される。

**観測結果** 観測例として図2に'89年6月8日21時39分37秒の観測波長幅400nmの分光器を装した時の例を表示する。また同時観測のCCDオーロラテレビカメラの557.7nmの単色のオーロラの映像を図3に表示する。(図中の線は分光器の視野に当たる)

この例を見ると分光器がオーロラアークの分光特性を測定していることがわかる。また観測結果から557.7nmの発光域が630.0nmの発光域より狭い事がわかる。

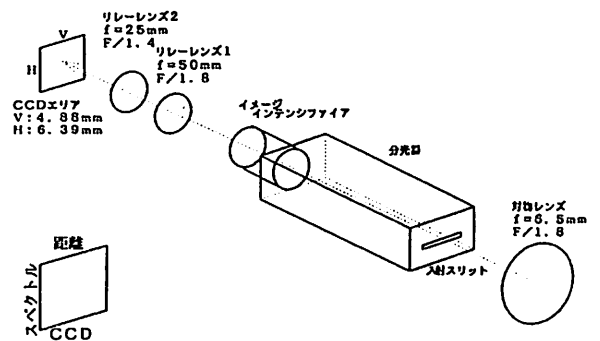


図1 光学系の構成図

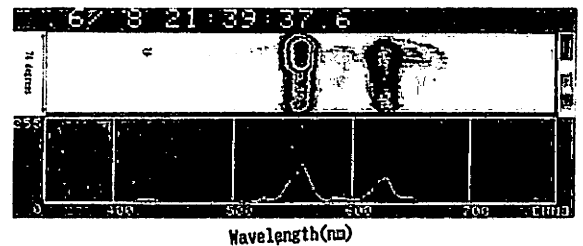


図2 オーロラの分光特性

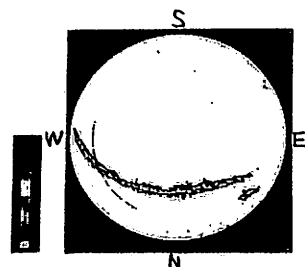


図3 CCDテレビカメラ(557.7nm)



岡村 宏<sup>1</sup>、江尻全機<sup>2</sup>、芳野赳夫<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>電気通信大学、<sup>2</sup>極地研究所

Spectral Features of Aurora

Hiroshi OKANURA<sup>1</sup>, Masaki EJIRI<sup>2</sup>, Takeo YOSHINO<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Denki-Tsushin Univ, <sup>2</sup>NIPR

The 30th JARE observed a two-dimensional spectral features of aurora in Syowa station by a new auroral spectroscope that yields both wavelength and spatial information of auroral luminosity. We show the initial results that had analysed a few auroral spectrums of different auroral forms (diffuse aurora, stable arc, active aurora, red aurora, etc) in June 7 to 9, 1989.

第30次南極地域観測隊の昭和基地において新しく波長方向と距離方向の2次元の分光観測ができるオーロラ分光器を用いてオーロラの分光学的特性の観測を行った。30次隊が観測を行った1989年は太陽活動が活発な時期に当りいろいろな種類(色)のオーロラが出現した。ここでは、初期解析の結果としてステイブルアーク・アクティブオーロラ・ディフュズオーロラ・赤いオーロラなど、各種オーロラの分光学的特性について報告する。

図1, 2, 3, 4は1989年6月7日から9日に出現したディフュズオーロラ、ステイブルアーク、アクティブオーロラ、赤いオーロラの相対的な分光強度特性を約400nmの波長幅を376画素の分解能で測定した例をそれぞれ示している。これらの図を見ると以下の事が特長として解る。

- 1) ディフュズオーロラ 距離方向に空間的な輝度変化が少なく557.7nmの発光強度が391.4、427.8、630.0に比べて高い。
- 2) ステイブルアーク 557.7nmと630.0nmの発光強度が相対的に高い、しかし二つの輝線の空間的な強度変化を見てみると557.7nmはアークに対応する狭い範囲に高い強度を示しているのに対して630.0nmは空間的な強度変化を持たない。
- 3) アクティブオーロラ ディフュズオーロラと同じ様に557.7nmの輝線の発光強度が相対的に強いが空間的な輝度変化が有る。
- 4) 赤いオーロラ 630.0nmの発光強度が557.7nmの発光強度より相対的に高い。

また露出時間が上記の例では1.6から3.2秒と短く時間分解能が高いのでオーロラのいろいろな輝線の強度比が時間的にどのように変化するかを求めることが期待できる。

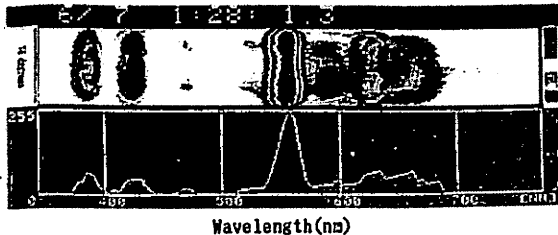


図1 ディフュズオーロラ

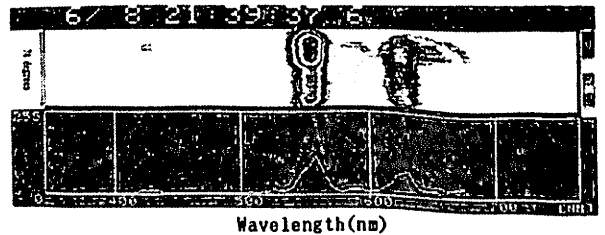


図2 ステイブルアーク

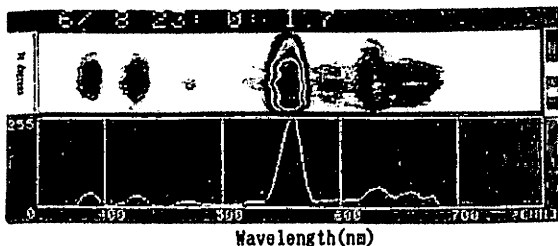


図3 アクティブオーロラ

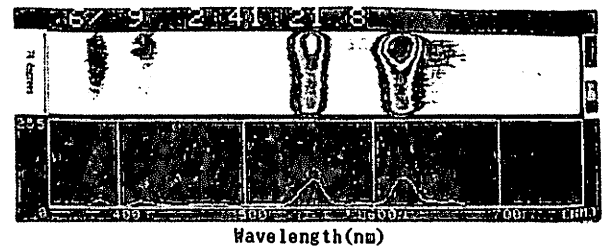


図4 赤いオーロラ

# ミルスクロス型アレイアンテナを用いた イメージングリオメータの開発

Development of Imaging Riometer using the Mills' cross array

中西康浩<sup>(1)</sup> 西野正徳<sup>(1)</sup> 加藤泰男<sup>(1)</sup> 加藤利郎<sup>(1)</sup> 田中義人<sup>(2)</sup> 山岸久雄<sup>(2)</sup>  
 Yasuhiro NAKANISHI, Masanori NISHINO, Yasuo KATOH, Tosio KATOH, Yoshihito TANAKA, Hisao YAMAGISHI

(1) 名古屋大学太陽地球環境研究所

Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University

(2) 国立極地研究所

Nation Institute of Polar Research

A new imaging riometer system of high spatial resolution by means of the Mill's cross array is nearly completed, which is in operation for the test at Toyokawa since March 1990. CNA (Cosmic Noise Absorption) over the system within 100km in geomagnetic north-south and east-west directions, can be measured with higher spatial resolution than before.

Comparing observations by this system and Cosmic noise map, we checked whether the data from the system is available or not.

【はじめに】

昨今、地磁気擾乱現象に伴う電波吸収 (CNA) が、実際視野方向によってその時間変化の様相が異なることが明らかであるため高空間分解能のリオメータの開発が必要となっている。

そこで我々は、アンテナ素子をL字型に配列し二次元のパターマトリックス (Butler and Lowe, 1961) を使ってアンテナビームを任意方向に形成できるマルチビームリオメータ (30 MHz) を制作した。現在極冠域のノルウェー、ニューオーソーン基地 (磁気緯度、75.44度) でオスロ大学と共同で観測している。(西野、田中、A. Egeland, 1989)

我々が現在開発中のミルスクロス型リオメータは、前回に比べてさらに高空間分解能を上げようとするものである。以下にその設計及び実験経過について報告する。

【測定原理】

ミルスクロスアンテナシステムの外觀図を図2-1に示す。観測周波数は29.95 MHzで、アンテナ系は、1/2λダイポールアンテナを東西、南北方向に8素子ずつ0.65λ間隔で並べ、直交させたものになっている。それぞれのアレイをパターマトリックスの位相合成によって、天空約±45°の範囲で東西、南北、各8本の扇状 (ファン) ビームを形成している。

このE-WアレイとN-Sアレイから得られる、それぞれ8チャンネルの信号出力の積 (相関) をとることによって64個のペンシルビームを作り64チャンネルの信号出力が受信機に導かれる。

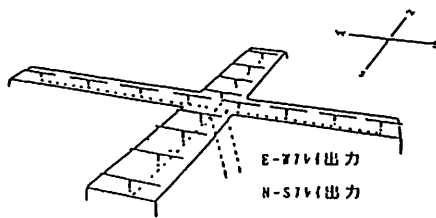


図2-1 ミルスクロスアンテナシステム

【試験結果】

30 MHz帯の銀河電波の強度分布図を使うことによって、試験観測地点において64本のペンシルビームの一本一本が、どのような信号強度を受信するのか時系列のデータとして推定することができる (図3-2)。図3-1は本システムによって作られているペンシルビームの概略図である。その中のF列のビームの受信する信号をチェックしてみる。

豊川において1990年4月20日に本システムの各F列のビームが受信した信号強度が図3-3である。ここで上の推定値 (図3-2) とこの測定値 (図3-3) を比べると、かなりうまく一致していることが良くわかる。同様に残り56本のビームに対しても比較もおこなった結果、同様の結論を得た。このことより、本システムのビームが正しい方向を向いていることがわかる。

【おわりに】

本システムが試験観測をすることによって得られた二次元イメージングを観察してみる。この図において強い強度を示しているのは、銀河中心核である。それが時間が進むにつれて推移していくのがよくわかる。以前のシステムの二次元イメージングと比較すると、以前のシステムにおいてはアンテナ系が直交ファンビームであったためにターゲットの形状がスポークス状にぼけていた。しかし本システムにおいてはペンシルビームを用いたことによって、そのぼやけがみごとに解消され大幅に空間解像度が上がっていることがわかる。

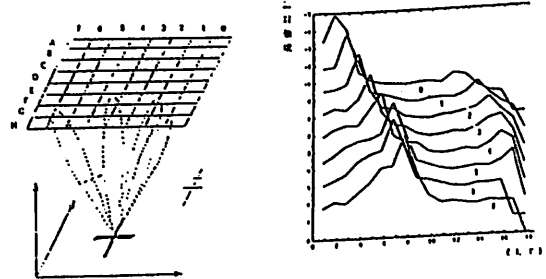


図3-1 システムのL-E方向名 図3-2 各F列のL-E方向の推定強度

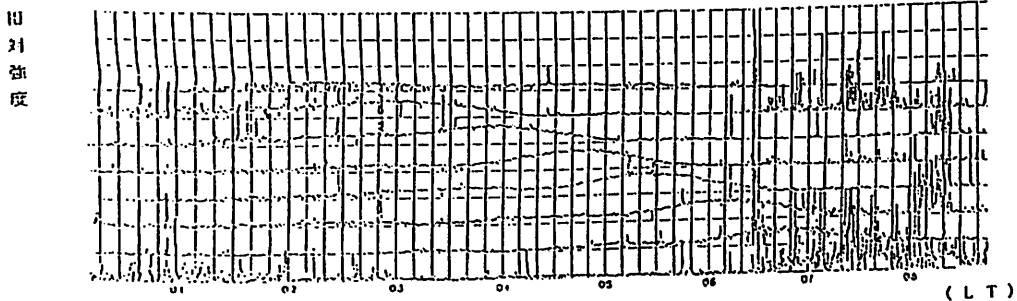


図3-3 各F列のビームの測定強度

P-20 極冠域及びオーロラ帯におけるCNA同時観測

西野正徳(1), 田中義人(1), 小口 高(1), 国分 征(2), A.Egeland(3), A.Brekke(4).

(1)名大STE研 (2)東大理 (3)Univ.Oslo (4)Univ.Tromso

Simultaneous CNA Observations in the Polar Cap and Auroral Regions

M.Nishino<sup>1</sup>, Y.Tanaka<sup>1</sup>, T.Oguti<sup>1</sup>, S.Kokubun<sup>2</sup>, A.Egeland<sup>3</sup>, A.Brekke<sup>4</sup>

1: STE Labo., Nagoya Univ. 2: G.R.L.Univ.Tokyo 3:Univ.Oslo 4:Univ.Tromsø

CNA observations by means of 2-dimensional and multiple narrow-beam Riometer were started from September, 1989 at Ny-Alesund (INV Lat., 75.4°) in the polar cap. And also, CNA observations by a wide-beam Riometer were carried out at Skibotn (67.0°) in the auroral region during January to February, 1990, as a global aurora dynamics campaign. From the results obtained by simultaneous CNA observations, characteristics of the occurrence and movement of the nightside CNA in the auroral and the polar cap regions are discussed.

1989年9月より、極冠域のスバルバード・ニューオルソン（地磁気緯度 75.44°）において2次元マルチビームリオメータ（30MHz）によるCNA観測が開始された。又、1990年1月から2月、オーロラと磁場変動の広域多点観測の一環としてオーロラ帯のノルウェー・スキボトン（地磁気緯度 67.0°）において広ビームアンテナによるリオメータ観測が行われた。今回は、両観測点の同時観測から、

CNA現象の発生の比較、伝搬特性について報告する。図1はニューオルソン（極冠帯）及びスキボトン（オーロラ帯）におけるCNA現象の発生の日変化を示す。図2は、1990年2月19～20日における2点同時CNA観測結果の一例を示す。講演ではいくつかの観測結果例を示し2次元CNA強度変化より解析したCNA画像を発表する。

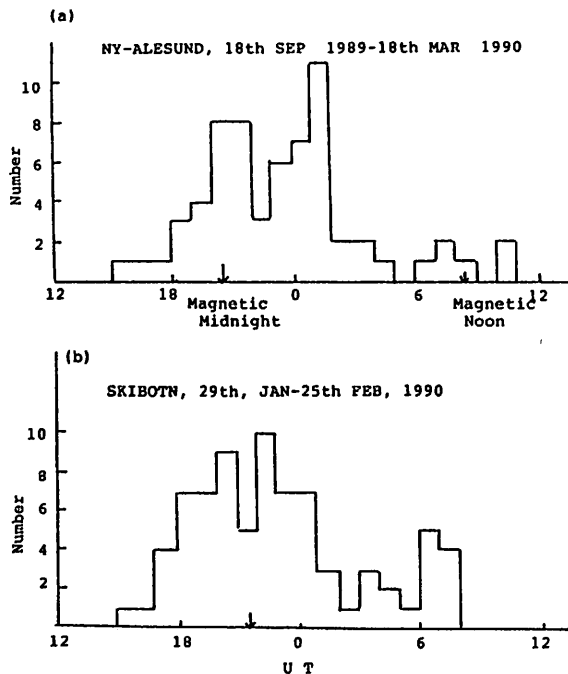


Fig.1 Daily distribution of onset times of CNA observed at Ny-Alesund(a) and Skibotn(b). The arrows on the time axis mark the local magnetic midnight.

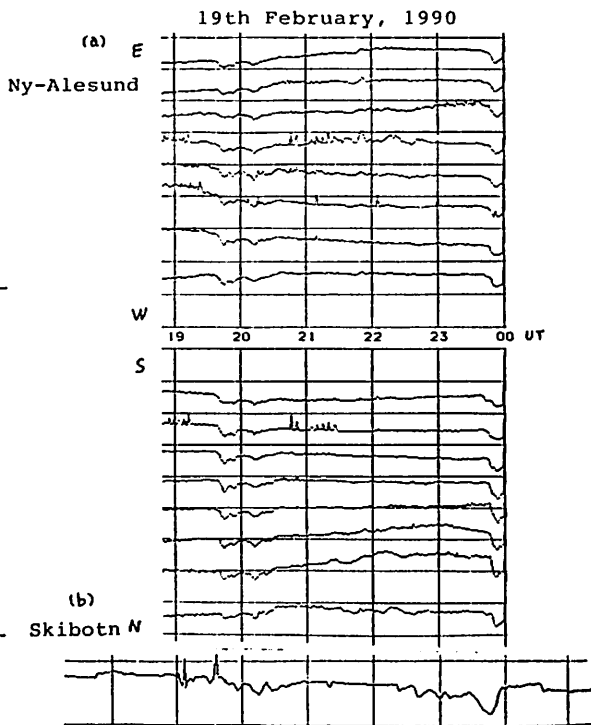


Fig.2 Time variations of cosmic noise intensities by Riometers at Ny-Alesund(a) and Skibotn(b).



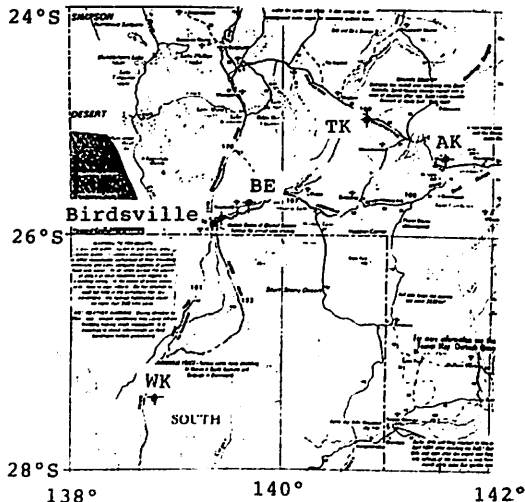
田中義人、加藤泰男、西野正徳、湯元清文、池神優司、K.J.W.Lynn\*  
名古屋大学太陽地球環境研究所、(\*) DSTO, Salisbury, S.A., Australia.

Conjugate measurements of LF/VLF whistler-mode signals in Australia  
( prompt report )

Tanaka, Y., Y. Kato, M. Nishino, K. Yumoto, Y. Ikegami and K. J. W. Lynn\*  
Solar-Terrestrial Environment Lab., Nagoya Univ., (\*) DSTO S.A. Australia

Whistler-mode signals transmitted from three Decca stations (Biei,  $L=1.47$ ,  $f_c=85.725$  kHz,  $\Lambda=f_{\text{Heq}}/f_c=0.3$ ; Akkeshi, 1.45, 114.300 kHz, 0.4; Wakkanai, 1.54, 128.588 kHz, 0.5) were measured in the conjugate area of transmitters in Australia during July 28-Sep. 7, 1990. Loran C from Tokachi-buto (1.43, 100 kHz) were temporarily measured. Also, whistler-mode signals from VLF transmitter (Alpha, USSR) were measured. These measurements are outlined, and a few examples from observed data are indicated.

1984年に北海道・美瑛デツカ局(航行無線局、85.725kHz)の磁気共役点のオーストラリア・バースビルでLFデツカ局電波のホイスラ・モード波の検出、並びに地磁気擾乱に伴う強度の増大の同定に成功した。1986年にはバースビルと緯度方向に離れた地点で美瑛、厚岸(114.300kHz)、稚内(128.588kHz)デツカ局電波のホイスラ・モード波の検出を行うと共に、85kHzのLFホイスラ波では到来方向測定を行い、85kHz LFホイスラ波のダクト(磁力線に沿った電子密度の濃い部分)伝搬を実証した。また、観測結果の検討、並びに衛星データとの対比により、 $L=1.5$ の様な低緯度まで、大規模磁気圏電場が侵入すると共に、30keV以上の高エネルギー電子が侵入し、LFホイスラ波とのサイクロロン不安定を介して波を増大させることが分かって来た。



そこで、ホイスラ波の伝搬、強度増大、波動・粒子相互作用、波動励起等に関する、未だ解明されていない諸点を明らかにすると共に、「磁気圏内部への太陽エネルギーの輸送と変換過程の解明」というSTEPの研究課題の予備観測として、本年7月28日から9月7日にかけて、オーストラリア奥地のバースビルとその周辺、特に経度方向に離れた厚岸、十勝太(ロランC, 100kHz)、美瑛の共役点でホイスラ波の検出をおこなった。

観測の目的は、

- 1) 磁気擾乱に伴ってホイスラ波の強度は増大するが、伝搬条件が増大にどの程度寄与するのか(VLFホイスラ波の同時検出、対比)
- 2) 114.300kHz( $f_{\text{Heq}}/f_c=0.4$ )のホイスラ・モード波は検出しうるか(厚岸共役点での観測)
- 3) LFホイスラ波のダクトの大きさを推定出来ないか(85.725, 114.300kHzの2地点での観測)
- 4) 励起波の検出(Loran C(十勝太)の共役点受信(随時))
- 5) ホイスラ波の長期(委託)観測(85.725kHzの4成分(NS, EW( $f_c, f_c \pm 0.5$ Hz)), 114.300kHzの2成分(NS, EW)の強度連続観測)

講演では本年度の観測の概況を述べると共に、得られた結果の一部を示す。

Map showing magnetic conjugate points of Decca (Biei, Akkeshi, Wakkanai) and Loran C (Tokachi-buto) stations, and observation points (BE, AK, TK, Birdsville, 10km from BV)

# 木星電波発生に関する3次元レイトレイシング

三澤浩昭, 大家 亮  
(名大STE研) (東北大理)

## 3-D Ray Tracing of Jovian Decametric Radiation to Investigate Generation Mechanism

H. Misawa<sup>1</sup> and H. Oya<sup>2</sup>

1. Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya Univ.
2. Geophysical Institute, Tohoku Univ.

3-D ray tracing of R-X and L-O mode Jovian decametric radiations have been performed to investigate the generation mechanism based on  $O_4$  magnetic field model. Several plasma distribution models are used; including newly created model based on recent observations of Jovian polar region and the analogy of terrestrial plasma cavity (Fig.2). The results show that the observed polarization sense and axial ratio intimately related to the ray-path condition.

### 1. 序

未だ謎の多い木星デカメートル電波発生機構を解明する上で、電磁波のモードの同定は重要な手掛かりであり、観測的に同定するには偏波特性と発生位置の同時情報が必要となる。この為、1987年以来、東北大学に設置されている木星電波干渉計網と広帯域偏波計を用いた同時観測を進めてきた。結果として、全31例の取得データについて2例のL-O modeを示唆する現象以外、大多数右旋波(軸比約-0.3; Fig. 1)の現象であったが、これらは電波源が不定の為modeは不明のままであった。現在、惑星電波発生機構として、サイクロトロン型波動粒子相互作用による電磁波直接励起説と、ランダウ型による静電波電磁波波動変換説の2説が各種唱えられているが、両者とも、R-X、L-O modeの励起を示唆し、励起されるmodeの違いは、発生位置におけるプラズマ状態を反映していると考えられている。本研究では、右旋波の卓越する傾向のある木星電波に対し、そのmode決定と発生機構の諸条件を明らかにする事を目的として3次元のレイトレイシングを試みた。

### 2. 手法及びモデル

従来の3次元レイトレイシング (Hashimoto & Goldstein, 1983, Menietti et al., 1984, 1987) 同様、コールドプラズマの分散関係に基づきレイパスを求めたが、R-X modeに加え、新たにL-O modeについてもパスを求めた。さらに、電子密度モデルについても、従来のモデル (Sentman & Goertz, 1978) に加え、新しい提案として、高密度モデルも用いた。このモデルは、最近のUV、X-ray等の観測より木星極域の

電子密度が $10^{17}$  / ccに達するとする結果 (Waite, Jr. et al., 1983, Horanyi et al., 1987) と、地球極域に存在する Plasma Cavityがアナロジーとして木星にも存在するとした、2つの要素を考慮したモデル (Fig. 2) である。電磁波の発生位置は南北両半球の  $10$  Flux Tube 上で、放射方向は、ローカルな磁場に対し、upward, downward 両方向を考慮した。磁場モデルとしては、GSFC  $O_4$  モデルを用いた。

### 3. 結果

20 MHz、25 MHzの2つの周波数のR-X、L-Oの両modeについて3次元レイトレイシングを行ったが、電磁波の周波数が発生位置のローカルなカットオフ周波数から比較的離れている時は、電子密度モデル、mode、周波数の別なく、南北両半球起源のローカルな磁場に対しほぼ直角方向に放射された電磁波が地球方向に伝搬していくのに対し、カットオフ周波数に近づいた場合、Cavity型の電子密度モデルにおいて、北半球起源のL-O mode波のみが地球方向に伝搬していく傾向がある。しかし、この結果は、観測より得られている出現頻度のCML- $10$ 位相角特性や、偏波の巡回特性とは一致しないように見える。

偏波特性とmodeとの関係を理解するには、発生位置付近でどのようなプラズマ状態を伝搬するのか考える必要がある。観測された軸比は最後にプラズマ圏を脱出し地球方向に向う際の情報を有すので、レイトレイシングの結果と観測結果とを対比させる重要なポイントになると考えられる。

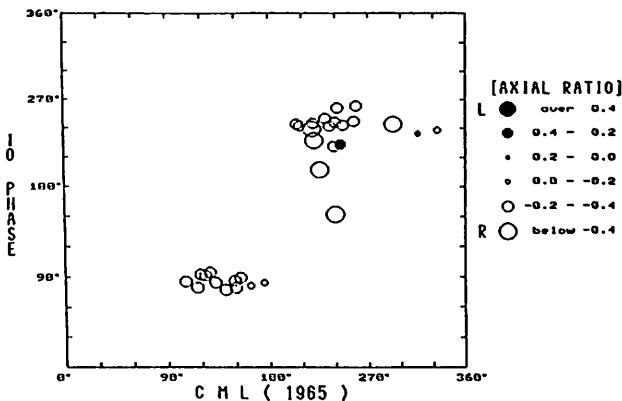


Fig.1 The result of polarization observation from 1987 to 1990.

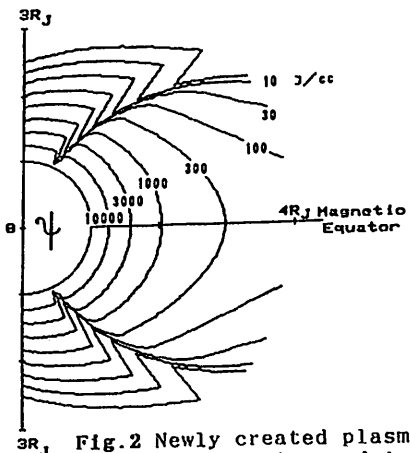


Fig.2 Newly created plasma distribution model.

### 3 基線干渉計網による デカメートルパルサーの位置決定

片瀬拓弥、大家寛、飯島雅英、森岡昭  
(東北大理)

Identification of the direction of decametric pulsating source  
using three base-line interferometer

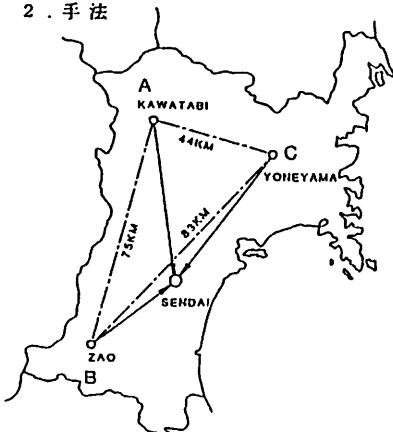
T. Katase, H. Oya, M. Iizima, and A. Morioka  
Geophysical Institute, Tohoku University

. To identify the source position of the decametric pulsar with the period of  $421.602 \pm 0.01$  msec, interferometer method is applied by introducing the "Fringe Stopping" technique. In this method the interferometer system developed for Jovian decametric radiation is utilized; obtained data are sent through the telemetry system to control station at Sendai. The obtained data are digitized through the A/D converter. The box-car method is applied for the data set obtained under the same phase difference condition.

#### 1. 序

1984年に銀河中心方向に発見された(Oya et al., 1988)、デカメートル波帯 Pulsar は、 $421.602$  msec の周期をもち、 $25 - 30$  MHz 帯で銀河雑音レベルに対し、そのパワーが約  $0.6\%$  という非常に  $S/N$  比の低い信号であるが、その Pulse 波形は、box-car method によって明確に検出されている。その source 位置は、比較的指向性の広い八木アンテナで観測しているため、厳密な位置決定のための研究が続行されている。本研究では、新たに、3基線加算式位相掃引型干渉計と従来の box-car method を結合する事により、より正確な source 位置の同定を可能にすることができた。

#### 2. 手法



宮城県内にある3ステーション(川渡-A、蔵王-B、米山-C)で観測されたデータはリアルタイムで仙台にテレメータ伝送され、PCMデータレコードに記録される。記録されたデータを後に再生し、B局に対し、A局とC局の観測データを、それぞれ、Phase Shifter を用いて位相差を  $72^\circ$  おきに変化させながら3つの信号を加算しつつA/D変換する。デジタル化されたデータに対し、Fringe 変化の同じ条件の点を追跡しつつ、従来の box-car method を適用すると、空間的強度分布図が得られる。

#### 3. 観測結果

我々は、1990年5月30日14時~18時(UT)にわたる間、銀河中心を追跡した時の理論的強度分布図と、同時刻の観測データで銀河中心を追跡した場合の強度分布図とを比較した。その結果、両者は傾向的によく一致している事が確認できた。

この事は、我々の用いている干渉計の分解能(約  $26''$ )よりも source の広がり小さく、さらに、銀河中心から到来してきている電波であるという事がいえる。

マイクロ波帯周波数による  
惑星間空間シンチレーションの観測(II)

森 弘隆、田中高史、近藤哲朗、徳丸宗利、高羽 浩、小山泰弘  
通信総合研究所

OBSERVATIONS OF INTERPLANETARY SCINTILLATIONS  
AT MICROWAVE FREQUENCIES (II)

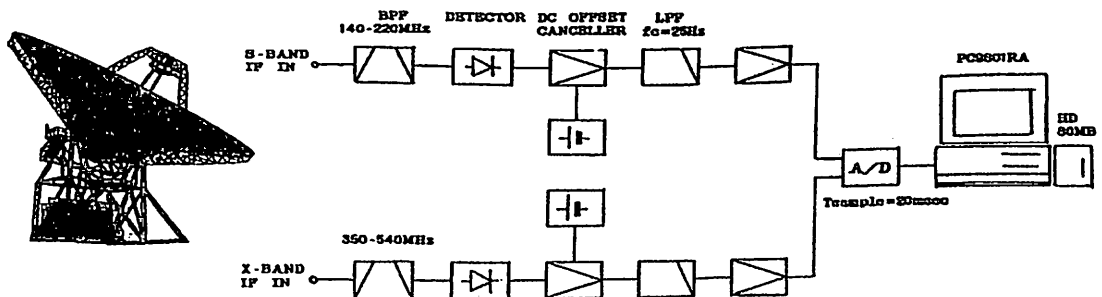
H. Mori, T. Tanaka, T. Kondo, M. Tokumaru, H. Takaba, and Y. Koyama  
Communications Research Laboratory

The IPS observation at microwave frequency brings us informations of solar wind near the sun. Since last year, we have been conducting such observation by using a radio telescope(34 m in diameter) at Kashima Space Telecommunication Center. This year, we have improved our IPS observation apparatus to carry out continuous observations by computer control. Observations of quasars 3C273B and 3C279 at S/X bands were successfully made from 20 Sep. to 20 Oct. by using this apparatus.

マイクロ波帯電波による惑星間空間シンチレーション (IPS) 観測では、30 Rs (太陽半径) 以内の太陽風加速領域の情報をえることができる。我々は、通信総合研究所鹿島宇宙通信センターの直径34 mの電波望遠鏡を用いて、この領域の観測を昨年から実施している。昨年は、S(2G Hz)/X(8GHz)バンドによるクェーサ3C273B、3C279、及び22GHzによるH<sub>2</sub>OメーザIRC 20431の観測を行い、良好なデータを取得して、この電波望遠鏡のIPS観測に対する有効性を確認した。この結果にもとづき、今年にはIPS観測の能率化を目指して、S/Xバンド2チャンネル同時サンプル機能を持ったIPS観測システムを製作した。このシステムはデータのサンプリングと記録をパソコン制御で行うので、

アンテナのプログラム追尾機能との組合せにより任意のスケジュールに従って自動観測を行うことができる。下図に観測システムのブロック図を示す。

このシステムを用いて、9月20日から10月20日までの1月間、クェーサ3C273B、及び3C279からのS/X帯電波のIPS観測を実施した。今回の観測では、受信帯域幅はSバンドは80MHz、Xバンドは190MHzに取った。受信信号は各チャンネル共20msでサンプルし、1観測データ長を11分として、観測する電波星を30分毎に交互に自動追尾しながら昼間連続観測を行なった。隣演では、取得データのシンチレーション指数、及びスペクトルの解析結果を去年の結果との比較と併せて報告する。



観測システム



古川 欣司、大家 寛、森岡 昭 (東北大理)

DECELERATION OF PROPAGATING SPEED OF THE SHOCKS  
 ASSOCIATED WITH FLARE IN INTERPLANETARY SPACE  
 -THE CASE STUDIES RELATING TO THE SOLAR FLARES ON OCT.19, AND NOV.15,1989-  
 Kinji Furukawa, Hiroshi Oya, and Akira Morioka  
 Geophysical Institute, Tohoku Univ.

The case studies of shock speed deceleration that associated with large solar flares were carried out based on the correlations between the earth's magnetic storms and enhancement of Jovian decametric radiations; i.e. sudden commencement of geomagnetic storms and non-lo-related decametric radio bursts from jupiter are studied with relation to the solar flare event. The power law velocities of shock wave were estimated from time differences among solar flares, the magnetic storms with sc, and the enhancements of Jovian decametric radiation. The results shows deceleration effects of the shock during the propagation through the interplanetary space.

1. 序

1989年10月19日、及び11月15日に発生したフレアにより、地球に於て大きな磁気嵐が観測されたが、これらのフレアの影響はその後木星まで及び、非常に強力な非イオ関連デカメータ電波の放射が観測された。これら一連の現象を関連づけることにより、フレアにともなう衝撃波の惑星間空間における減速についてケーススタディを行なった。

2. 解析結果

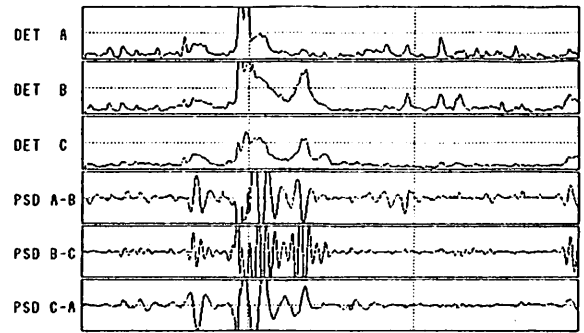
太陽フレア、s s c、及び木星の非イオ関連デカメータ電波の発生時刻を一連のものとして見なして、太陽-地球、太陽-木星、及び地球-木星間の衝撃波の平均速度を求め、特に、衝撃波の速度を  $V(r) = V_0 r^{-\alpha}$  と仮定し、各区間の平均速度を用いて  $V_0$ 、 $\alpha$  を決定する。

10月19日のフレアに対する非イオ関連木星デカメータ電波の放射は10月29日に観測された。このとき、 $V_0 = 1337$  km/s,  $\alpha = 0.5$  を得た。

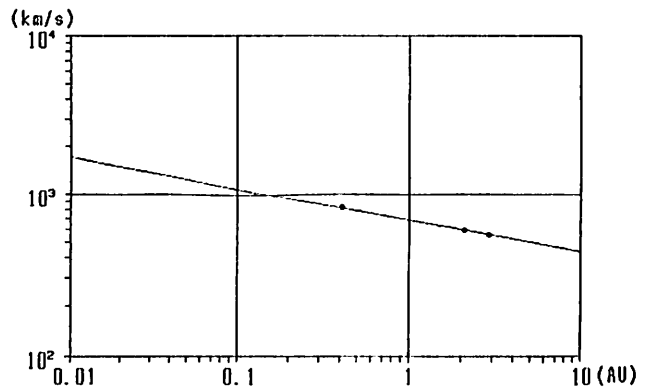
11月15日のフレアに対する木星電波の放射は、11月30日に観測され、これより、 $V_0 = 686$  km/s,  $\alpha = 0.2$  を得た。

3. 検討

太陽フレア、地球磁気嵐、及び木星の非イオ関連デカメータ電波放射を一連の現象としてとらえるにはまだ少しに事例が必要であるが、木星電波をフレアによる衝撃波の速度を測るプローブとして用いることにより、個々のフレアに対してその減速度を見積ることが出来る。



Non-lo-related JDW observed at 14:25-14:28 (UT) on Nov. 30, 1989



Estimated power law velocity of shock from flare at 06:52 (UT) on Nov. 15, 1989

彗星磁気圏擾乱を引き起こす太陽風構造

P-27

小塚幸央<sup>1</sup>、斎藤尚生<sup>1</sup>、沼澤茂美<sup>2</sup>、竹内 仁<sup>1</sup>

1. 東北大理、 2. JPL

SOLAR WIND STRUCTURE CAUSING A LARGE-SCALE DISTURBANCE OF A COMETARY MAGNETOSPHERE

Y. Kozuka<sup>1</sup>, T. Saito<sup>1</sup>, S. Numazawa<sup>2</sup>, and H. Takeuchi<sup>1</sup>

1. Geophysical Institute, Tohoku University, Sendai 980

2. Japan Planetarium Laboratory, 3-1-8 Yoneyama MZ, Niigata 950

The study of disturbances of cometary plasma tails, or cometary magnetospheres provides us very valuable information on the solar wind and the solar magnetosphere. An outstanding disturbance of the plasma tail of comet Austin was observed on April 29, 1990 UT. It is proposed that this event was caused by a change of the non-radial component of the solar wind flow. A computer simulation for the deformation of the plasma tail was performed by changing the speed and the direction of the solar wind flow. The result agrees quite well with the observation. It is concluded that this non-radial flow was caused by an interaction between a high-speed flow from a coronal hole and a low-speed flow from the western region.

彗星プラズマテイル、即ち彗星磁気圏の擾乱の研究は、太陽磁気圏や太陽風の構造を知る手がかりとなる点で非常に重要である。今年の4～5月のAUSTIN彗星と8月のLEVY彗星は、観測条件が良く、極大期の太陽活動を反映して、多くのプラズマテイル擾乱現象が観測された。特にAUSTIN彗星では、1990年4月29日(UT)に顕著な擾乱が発生し、そのデータ取得に成功した。本研究では、この大規模擾乱を引き起こした太陽風構造について論じる。

解析には、約40分の間に撮影された5枚の連続写真が用いられた。図1に写真の1例を示す。この擾乱には主に2種類の構造的な特徴が見られる。即ち、 $10^7$  km に及ぶ大規模な波状構造と、サイズ  $\leq 10^6$  km 程度の幾つものアーケード構造である。連続写真から、これらの構造が刻々と移動していく様子を正確に捉えることができ、核から構造までの距離(X)と移動速度(V)の関係が求められた(図2)。この結果は、同図における白丸、即ち東大木曾観測所における我々によるCCD観測の結果(文献参照)ともよく合う。

一方、太陽風が動径方向に吹くと仮定した場合のWINDSOCK MODELに基づいて、テイルの変形の様子から、太陽風速度が算出された。その結果は、構造の移動速度に比べて非常に遅い太陽風速度が要求され、太陽風の非動径成分の変化を考えなければならぬことが明らかになった。そこで、太陽風の流れの方向変化の原因として、太陽風の吹き出しの非一様性による流れの不連続が考慮された。そして、不連続面の両側で風速と風向の両方が変化する太陽風構造を考え、その構造の中を彗星が相対的に通過した場合のプラズマテイルの変形の様子を時間的に追跡した。その結果は、観測とよく合致した。

この日の太陽・彗星の位置関係から、彗星に影響を及ぼすことが予想される太陽フレアは起こっていない。従って、擾乱はコロナルホール性の高速流と通常の低速流による流れの相互作用の結果と考えられる。

参考文献

Saito, T., H. Takeuchi, Y. Kozuka, S. Okamura, M. Hamabe, T. Aoki, S. Minami, and S. Isobe, A new observation on dynamics of the cometary magnetosphere with a mosaic CCD method, *Proc. 23rd ISAS Lunar Planet. Symp.*, in press, 1990.

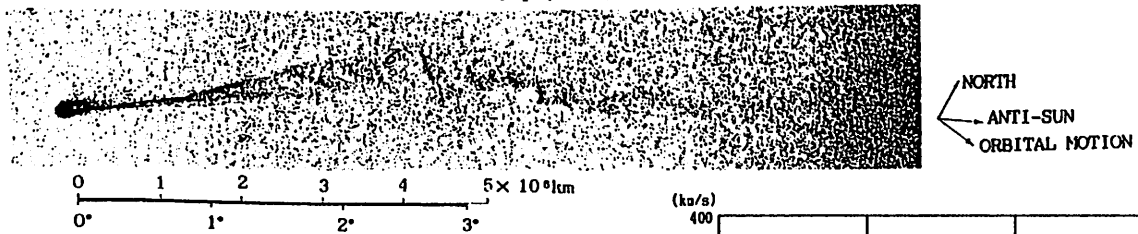
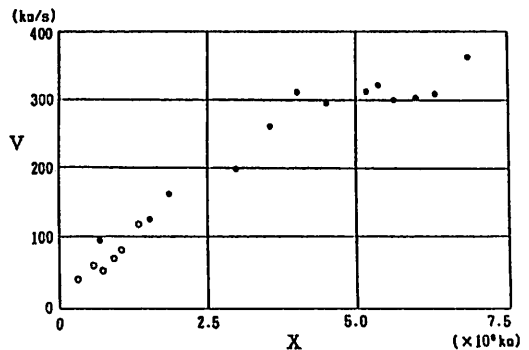


Fig. 1. A photograph of comet Austin taken by S. Numazawa on April 29, 1990. The exposure was 3.5 minutes centered on  $18^h29.1^m$  UT.

Fig. 2. Relation between X and V, where X is the distance of the structures from the nucleus, while V is the velocity of the structures. The hollow circles show the values obtained from the CCD observation at the Kiso Observatory (see the reference).



# 固有磁場を持たない惑星磁気圏構造の3次元MHDシミュレーション

櫻井 厚典 荻野 竜樹  
 (名古屋大学 太陽地球環境研究所)

## THREE DIMENSIONAL MHD SIMULATION ON MAGNETOSPHERIC STRUCTURE OF A PLANET WITHOUT INTRINSIC MAGNETIC FIELD

Atsunori SAKURAI and Tatsuki OGINO  
 Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University

The Pioneer Venus observations showed that the bow shock exists at a distance of 1.5 R<sub>v</sub> from the Venus center, the ionopause exists at an altitude of 260 Km and IMF lines hang on the ionopause to be piled up in just front of it. In order to study the interaction between the solar wind and a planetary ionosphere magnetic field we have executed a three-dimensional and time-dependent MHD simulation. As the results, the MHD model well reproduced a quasi-steady state configuration of the planetary ionosphere-magnetosphere and a wavy structure appears at the tail ionopause by an interchange-type instability to enhance escape of plasmas.

### 1. まえがき

太陽風と金星電離圏との相互作用により、金星前面1.5R<sub>v</sub> (R<sub>v</sub>は金星半径)の距離には冠衝撃波が、またその内側1.043R<sub>v</sub>の距離には電離圏界面が形成されている。またその電離圏界面前面に金星電離層に掛かって積み重なった惑星間磁場の存在することが知られている。昼側の金星電離圏の構造を決定する要因としては、太陽紫外線の光電離による金星大気からの電離層形成、太陽風プラズマとの荷電交換及び金星電離圏における対流パターンの形成が重要であることが指摘されている。又、金星背後の夜側電離圏にも昼側で生成された電離層プラズマがかなりの量しかもかなり高速で回りこんでいるらしい。本研究では太陽風と金星や火星等の固有磁場を持たない惑星の電離圏相互作用を調べるために、電磁流体力学(MHD)方程式を基本とした3次元の計算機シミュレーションを行い、惑星電離圏構造に対する惑星間磁場(IMF)及び小さいダイポール固有磁場の強さの影響を調べた。

### 2. 3次元シミュレーションモデル

このMHDシミュレーションでは固有磁場を持たない惑星の近傍で重力と惑星電離層プラズマの圧力が釣り合い、かつ遠方で太陽風プラズマに漸近する条件から初期の静的な惑星電離圏構造を決定し、その惑星起源プラズマに惑星間磁場を持った太陽風プラズマが衝突して時間的に変化していく過程及び結果として得られる準定常状態を調べることを目的とする。従って太陽方向をx軸正、夕方方向をy軸正、北極方向をz軸正の座標系において modified leap-frog 法で初期値問題として解いた。このシミュレーションボックスの中にはB<sub>z</sub>=0~20nTの均一な北向きのIMFとn<sub>sw</sub>=5/cm<sup>3</sup>, V<sub>sw</sub>=150km/s, T<sub>sw</sub>=2×10<sup>8</sup> Kの均一な太陽風が流れている。MHD方程式は150×50×50の点で解き、メッシュサイズはΔx=Δy=Δz=0.06R<sub>v</sub>, Δt=0.45sとして数学的不安定性が生じないように選択した。

### 3. シミュレーション結果

IMFの値を変化させ計算を行なった準定常状態の例を図1(B<sub>z</sub>=0nT)、図2(B<sub>z</sub>=5nT)に示す。IMFがない場合はx-y平面とx-z平面のパターンは対称になっているのに対して、IMFのある場合はx-y平面とx-z平面のパターンは非対称になり、また冠衝撃波面が幾分太陽側へ移動する。更に、小さくても固有磁場を持つ場合は磁気圏尾部にプラズマシートが形成され易いことが分かった。

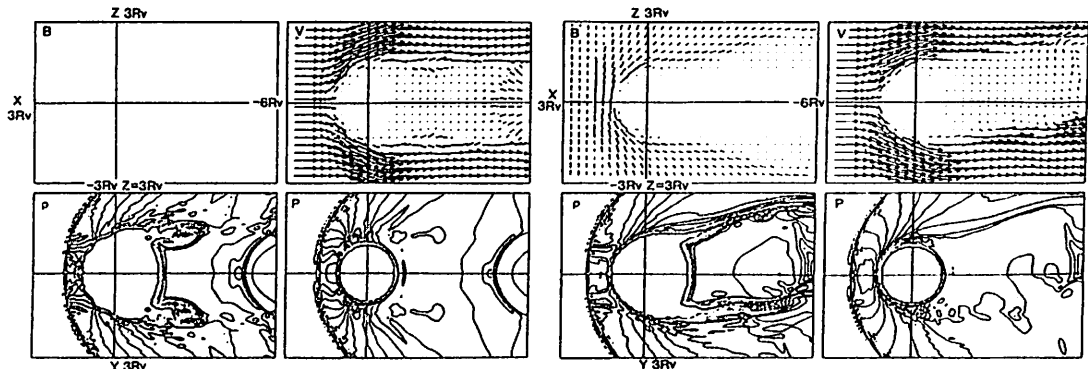


図1 IMFのない場合の惑星電離圏構造

図2 IMFのある場合の惑星電離圏構造

Magnetic Field Structure at the Geosynchronous Orbit

T. Araki, T. Iguchi and N. Funato  
 Geophysical Institute, Kyoto University, Kyoto 606, Japan

Using data from GOES series satellites, structure of the magnetic field at the geosynchronous orbit is studied. The magnetic data sampled approximately every 3 sec are averaged to produce hourly values and then compared with hourly values of Dst and dynamic pressure of the solar wind. The dipole coordinates (B, V, D) are used for the analysis where B is a component parallel to the dipole field and V and D are perpendicular components parallel and perpendicular to the dipole meridian plane (positive direction is downward for V and westward for D). So far data from GOES-2 and GOES-3 for both summer (May, June and July) and winter (November, December and January) seasons of 3 years from 1979 to 1981 were statistically analyzed. Geographic longitudes of GOES-2 and GOES-3 are 100-110W and 134-136W, respectively, and correspond to 8-10N and 4-5N geomagnetic latitudes, respectively.

Figure 1 shows dependence of the total force, F, observed by GOES-2 at four local times upon the dynamic pressure of the solar wind. Data points are divided into 3 groups by Dst (circle for positive Dst, cross for Dst less than -20 nT and triangle for Dst between 0 nT and -20 nT). At noon F has clear positive correlation with the dynamic pressure. The gradient of the linear regression line takes the value of  $18-22 \cdot 10^{-4} \text{ nT}/(\text{dyne/cm}^2) \cdot 0.5$ . The value of F corresponding to zero dynamic pressure is 81-84 nT. At midnight data points are scattered more than at noon but still show positive correlation with the dynamic pressure. Dawn-dusk asymmetry can be seen by comparing panels for 6LT and 18LT.

The total force, F, is plotted versus Dst in Figure 2 where the data points are divided into 2 groups by magnitude of the dynamic pressure of the solar wind (circle for high pressure;  $P_d \cdot 0.5$  is, larger than cross for low pressure). At noon F has a positive correlation with Dst when Dst is large. This may be explained by increase of the dynamic pressure of the solar wind with Dst. When Dst takes negatively large values, F shows a weak negative correlation with Dst. We interpret this tendency in terms of increase of the ring current which develops inside of the geosynchronous orbit. At midnight the negative correlation is more clearly seen in wider range of Dst. Again lower 2 panels show dawn-dusk asymmetry.

Behaviors of other components of the magnetic field and their dependence upon season and latitude will also be discussed.

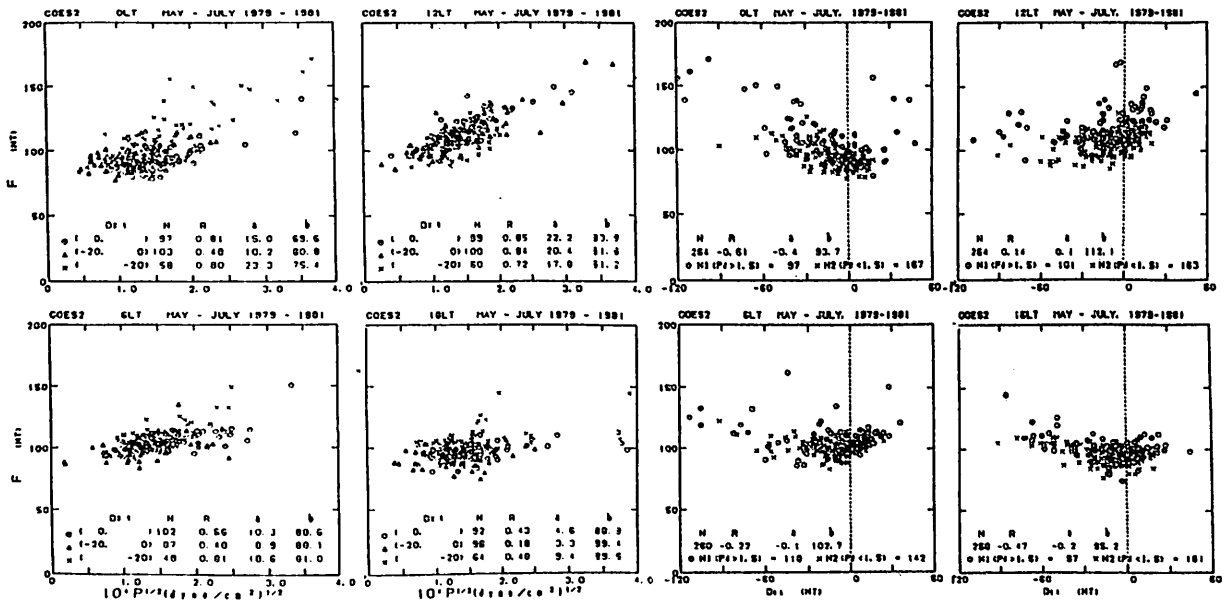


Figure 1

Figure 2

## Longitudinally confinement of occurrence of substorm and substorm-associated Pi 2 activities at synchronous orbit

T. Sakurai, M.M. Ahmad and T. Takahashi  
(Tokai University)

Occurrence of substorm-associated magnetic field variations and ULF waves has been examined by using synchronous satellite magnetic field data observed by Goes 5 (73.4° W) and Goes 6 (107.6° W) during three months from April to June in 1985. Analyzed results are summarized as follows;

(1) Occurrence of substorm-associated magnetic field variations and ULF waves, typically Pi 2 oscillations, was confined longitudinally in the midnight sector from 21 to 03 MLT.

(2) Even when both satellites were situated in the midnight sector, the substorm-associated field variations sometimes were observed only at one of the satellites, suggesting that the occurrence of the substorm-associated field variations are strongly confined in longitude at synchronous orbit.

(3) Therefore, a simultaneous detection of magnetic field variations exhibiting an occurrence of substorm-associated pair field-aligned currents, downward and upward currents, by the two satellites was frequently impossible. A clear example of magnetic field variations probing such a pair field-aligned current was only in one case for the three months magnetic field data.

(4) A statistical study on occurrence of such magnetic field variations shows that there are two dominant occurrence peaks, 21-22 MLT in the pre-midnight and 01-02 MLT in the post-midnight, respectively, suggesting that occurrence of a pair field-aligned current was dominant statistically in those two time intervals.

(5) Pi 2 oscillations show a similar occurrence characteristic described above as for the substorm-associated magnetic field variations. Thus, the frequency dominance and spectral power of the Pi 2 oscillations are position dependent.

(6) When one of the satellites located in the evening and/or in the morning sector, it could not detect Pi 2 oscillations. Pi 2 pulsations also were detected only in the midnight sector.

(7) Pi 2 pulsations observed in the midnight sector gives a more coherent oscillation rather in the azimuthal component than the other two components.

(8) In such a coherent oscillation a phase relation of the azimuthal components observed by the two satellites gives wave characteristics for the Pi 2 oscillations, such as an azimuthal wave number and a phase velocity. The most probable phase lag at Goes 6 with respect to Goes 5 was  $-90^\circ$  -  $-120^\circ$  for the dominant frequency of 10 mHz, indicating that the azimuthal wave number  $m$  is 3-4, and a westward propagation with a phase speed, 750 - 900 km/s. These results are almost consistent with those observed on the ground data.

# P-31 GOES-5およびGOES-6で観測されたPi2磁波のMODE特性

竹内 仁<sup>1</sup>、斎藤尚生<sup>1</sup>、桜井 亨<sup>2</sup>、松岡 均<sup>1</sup>  
 (1.東北大理、2.東海大工)

## WAVE MODE ANALYSIS OF Pi2 PULSATIONS OBSERVED AT THE GEOSYNCHRONOUS ORBIT

H. Takeuchi<sup>1</sup>, T. Saito<sup>1</sup>, T. Sakurai<sup>2</sup>, H. Matsuoka<sup>1</sup>  
 1. Geophysical Institute, Tohoku Univ., Sendai

2. Dept. Aeronaut. and Astronaut., Sch. of Engineer., Tokai Univ., Hiratsuka

In order to decide the wave mode of Pi2 pulsations in the magnetosphere, the magnetic field data obtained by the two geosynchronous satellites ( GOES-5 and -6 ) are analyzed for the year of 1986 by applying the minimum-variance method. Although azimuthal transverse mode is dominant in Pi2 waves at L= $\sim$ 6 in the magnetosphere, both compressional and radial transverse modes are also found to be involved. These observational results are interpreted in relation to the configuration change of the magnetotail during expansion phase of substorm.

### 目的

Pi2 型磁波については、磁気圏尾における磁力線の再結合にともなって生じた電磁流体雑音のうちの横振動成分が磁力線沿いに極域に到達して極域 Pi2 として観測され、圧縮波成分は地球方向に進んで中緯度 Pi2 を励起するという MODEL が提唱されていた。本研究の目的は、磁気圏における Pi2型磁波の振動 MODE を決定してこの MODEL を検証することにある。

### DATA

1986年の CDAW-9 期間を含む4、5月について、静止衛星 GOES-5 および GOES-6の FLUXGATE 磁力計による磁場 DATA が用いられた。Pi2 現象は地上の DATA と照らし合わせて同定された。

### 方法

TRANSIENT な現象を扱うので、周波数解析には MAXIMUM ENTROPY 法を用いた。また、振動 MODE の解析手法としては MINIMUM-VARIANCE 法を用いた。即ち、測定された磁場から計算される行列の固有値問題を解き、その固有 VECTOR、固有値を得ることにより、最大振動方向、POWER を求めた。

### 解析結果

磁気圏では AZIMUTHAL TRANSVERSE MODE が卓越していた。一方、COMPRESSIONAL MODE, RADIAL TRANSVERSE MODE の波動や、この2種類のモードの混在した波動も全体の約3分の1を占めた。

### 結論

磁気圏では方位角方向の磁力線の振動が卓越しており、また COMPRESSIONAL MODE, RADIAL TRANSVERSE MODE は、SUBSTORM の爆発相における TAIL-LIKE 磁場から DIPOLE-LIKE 磁場への急激な変形と関係していると考えられる。これは、上の MODEL を支持するものといえる。

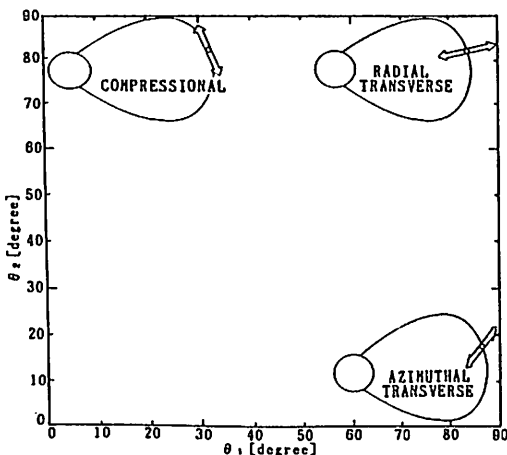


図 1

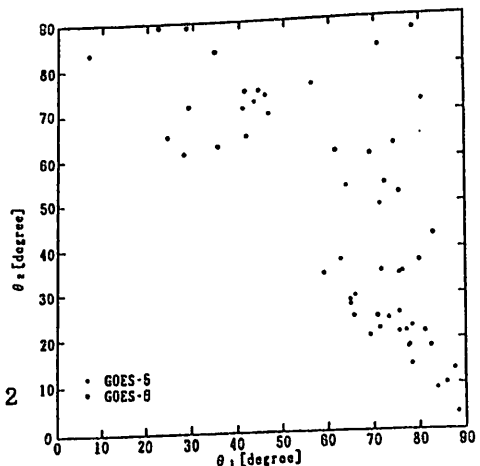


図 2

## ON THE INTERMEDIATE SHOCKS AND ROTATIONAL DISCONTINUITIES IN THE HYBRID AND TWO-FLUID MODELS

C. C. Wu<sup>1</sup> and T. Hada<sup>2</sup>

1. Department of Physics, University of California at Los Angeles
2. College of General Education, Kyushu University

It has been known for 40 years that the magnetohydrodynamic (MHD) Rankine-Hugoniot relations contain six shock solutions - the familiar fast and slow shocks and four unfamiliar intermediate shocks<sup>1</sup>. In addition, it has been believed that the so-called MHD "evolutionary conditions" in the ideal MHD exclude intermediate shocks in real physical systems<sup>2</sup>. Thus it was rather surprising that a series of high-resolution numerical integrations of the one-dimensional dissipative MHD Navier-Stokes equations revealed stable, or at least persistent, intermediate shocks<sup>3</sup>.

Central issue lying in the existence of the intermediate shocks is the role of the dissipation. In the framework of the dissipative MHD, given a set of dissipation coefficients, fast and slow shocks are uniquely defined<sup>1</sup>. In contrast, intermediate shocks may have a family of shock structure solutions for a given form of dissipation. In other words, an MHD Riemann problem defined by an intermediate shock is not well-posed.

Since collisionless plasma dissipation is not always local and diffusive, dissipative MHD may not describe the dissipation properly. Therefore one may ask whether intermediate shocks indeed exist in a kinetic formulation. In this paper we attempt to answer this question by performing hybrid simulations with kinetic ions and fluid electrons, and two-fluid simulations for comparison. Discussed are the formation and stability of the intermediate shocks in a collisionless plasma<sup>4</sup>, and the transition of the rotational discontinuities, which are unstable in the dissipative MHD, into the intermediate shocks<sup>5</sup>.

1. F. DeHoffmann and E. Teller, *Phys. Rev.*, 80, 692, 1950.
2. P. D. Lax, *Comm. Pure Appl. Math.*, 10, 537, 1957.  
A. Jeffrey and T. Taniuti, *Nonlinear Wave Propagation*, Academic, New York, 1964.
3. C. C. Wu, *J. Geophys. Res.*, 93, 3969, 1988a.  
C. C. Wu, *J. Geophys. Res.*, 93, 9897, 1988b.
4. C. C. Wu and T. Hada, submitted to *J. Geophys. Res.*, 1990a.
5. C. C. Wu and T. Hada, submitted to *J. Geophys. Res.*, 1990b.

寺沢敏夫（京大理）、南部充宏、羽田亨（九大教養）

## Cyclotron Subharmonic Resonance between Ions and Obliquely Propagating MHD Waves

Toshio Terasawa, Department of Geophysics, Kyoto University, Kyoto 606, Japan  
 Mitsuhiro Nambu and Tohru Hada, College of General Education, Kyushu University,  
 Fukuoka 810, Japan

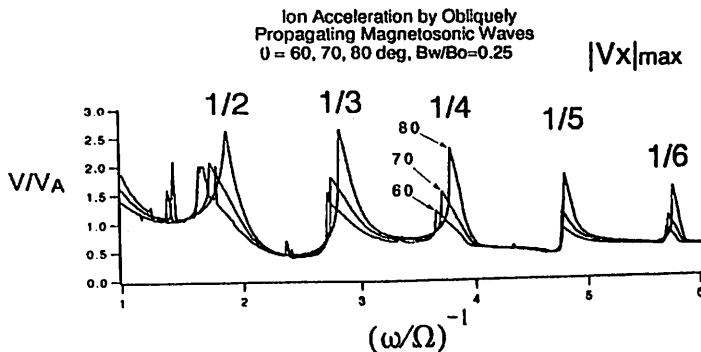
We discuss the condition for a cyclotron subharmonic resonance process between ions and magnetosonic waves propagating perpendicular ~ oblique to the background magnetic field,  $B_0$ . This resonant interaction occurs from the resonance between the ion cyclotron motion and the magnetic field modulation due to the magnetosonic wave field. For a magnetosonic wave of frequency  $\omega$  and parallel wavenumber  $k_{\parallel}$ , the subharmonic resonance condition becomes,

$$\omega = \frac{\Omega_i}{n} + k_{\parallel} V_{\parallel} \quad (n = 2, 3, 4, \dots)$$

where  $\Omega_i$  is the ion gyro frequency, and  $V_{\parallel}$  is the velocity component parallel to the averaged magnetic field direction. For the case of exact perpendicular propagation, we showed that ions are accelerated quite efficiently [Terasawa and Nambu, 1989]. We have found that the efficient acceleration still occurs even for obliquely propagating magnetosonic waves ( $k_{\parallel} \sim k_{\perp}$ ). We have also found that similar subharmonic resonance occurs for the case of linearly polarized shear Alfvén waves. Acceleration efficiency for shear Alfvén waves, however, is smaller than that for magnetosonic waves.

サイクロトロン振動数の低調波で起こる共鳴現象は、これまで殆ど注目されていなかったが、サイクロトロン振動数に比べはるかに低周波のMHD波動とイオン（特に低電離状態の重イオン）との相互作用において重要な役割を果たす可能性がある。我々は先に垂直伝播する磁気音波とイオンの間に起こる低調波共鳴についての結果を報告した。今回は、取り扱いを拡張し、斜め伝播するMHD波とイオンの間の低調波共鳴現象について報告する。まず見いだされたのは、低調波共鳴現象は準垂直伝播のみに限られるのではなく、大きさは弱くなるが、45度程度の斜め伝播磁気音波についても起こることである。また、低調波共鳴はアルフベン波についても起きることが見いだされたが、それによる波動・イオン間のエネルギー交換の能率は磁気音波に比べ小さい。

下図には、振幅が背景磁場の25%の磁気音波（伝播角60、70、80度）により加速されたイオンの最大速度を波の周波数の逆数に対してプロットしてある。60度でも低調波共鳴のピークは明瞭にみとめられる。





## Streaming Tearing Instability at the Magnetopause

M. Fujimoto, A. Nishida (ISAS)  
and  
T. Terasawa (Kyoto Univ.)

The magnetopause velocity shear layer, where a fast streaming magnetosheath plasma and a standing magnetospheric plasma contact, is at the same time a current sheet separating the earth's intrinsic magnetic field and the IMF. As a velocity shear layer, it is unstable to the K-H instability, while as a current sheet, it is unstable to the tearing mode. It is known that the presence of the sheared flow increases the growth rate of the tearing instability, and this cooperation process has recently attracted attention in the context of the FTE mechanism. [*Belmont and Chanteur, 1989; Pu, Yei, and Liu, 1990*]

Here we will conduct a linear analysis of this process in a two fluid plasma model, including the ion inertia effect. Since the thickness of the magnetopause is comparable to the ion inertia length, our treatment here will give a more precise description of the instability in this region. The tearing mode is assumed to be a collisional one, driven by the finite resistivity inside the current sheet. The previous analysis has shown that the ion inertia effect raises the growth rate of the ordinary (non-streaming background plasma) tearing mode [*Terasawa, 1983*]. This was made possible by modifying the eigen functional form inside the current sheet, changing the effective Reynolds number there. Our experience in the linear analysis of this effect on the K-H instability suggests us that the presence of a sheared flow would further modify eigen functions. From these facts, we expect the ion inertia effect to give enhanced boosts in the growth rates for the streaming tearing mode. Numerical results of the growth rates, eigen functions will be given, with parameters similar to those at the magnetopause.

## Absorption of MHD Waves by Plasma Turbulence

中村 匡、原田雅樹（東大理）

Tadas K. Nakamura and Masaki Harada, GRL, Univ. of Tokyo

This paper discusses the MHD wave absorption in a turbulent plasma medium, in the context of the breakdown of MHD approximation due to turbulence. Magnetic field fluctuation (due to turbulence) with frequency  $\omega_f$  can combine the ion Larmor motion (frequency  $\Omega_i$ ) and the MHD wave (frequency  $\omega$ ) when the condition  $|\Omega_i - \omega_f| = \omega$  is satisfied. Therefore, if  $\omega_f \sim \Omega_i$ , energy transfer from the MHD wave to the ion Larmor motion can take place even when  $\omega \ll \Omega_i$ .

今年（1990年）の春の学会で我々は、マグネトシースの乱流のためにFTEなどの小規模現象では磁場凍結が破れることを磁力線の幾何学形状に対する簡単な見積りによって示したが、現在、磁場凍結に対する乱流の影響をもっと詳しい物理機構に直接立ち入って研究中である。その一つの結果として乱流によるMHD波の吸収という現象についてある程度の結果を得られたので、ここに報告する。

磁気圏中の大規模現象に関与するMHD波は、通常、イオンのラーマー運動のタイムスケールよりはるかに低い周波数を持ち、イオンのラーマー運動との間に効率的なエネルギー交換を行うことはない。しかしながら乱流等による磁場のゆらぎが存在する場合は、これを介してMHD波からイオンのラーマー運動に効率よくエネルギーの輸送が行われることが期待される。つまり、イオンのラーマー角振動数を  $\Omega_i$ 、MHD波のそれを  $\omega$  とすれば、磁場のゆらぎが無い場合は  $\Omega_i \gg \omega$  なので両者の間に相互作用はない；ところが、もし角周波数  $\omega_f (\sim \Omega_i)$  なる圧縮性の磁場ゆらぎが存在すれば  $|\Omega_i - \omega_f| = \omega$  の条件をみたすところでMHD波とラーマー運動がカップリングするということである（実際には  $1/n$  共鳴 [Smirnov et al., 1968, Terasawa and Nambu, 1989] と同じメカニズムによって共鳴条件は  $|\Omega_i - \omega_f| = n\omega$  となる）。

ミクロにみればこの課程は可逆であるが、粒子数およびゆらぎの周波数で積分すればエネルギーはMHD波からイオンの運動へ一方的に流れる。すなわち、イオンのラーマー周期程度の磁場のゆらぎの存在により、MHD波の吸収が起こる。マグネトシースなど、乱流状態にあるプラズマではラーマー周期程度の強い磁場ゆらぎが存在すると考えられる場合が多いので、このようなプラズマ中を伝搬するMHD波は少なからず吸収をうけるものと思われる。磁場凍結による運動量輸送はMHD波（とくにシア・アルフベン波）によるので、この吸収はマグネトシースなどでの運動量輸送がこれまで考えられてきた凍結磁場によるイメージとは異なったものになることを示唆する。

本研究では、まず、MHD波と乱流の両方による電磁場を適当な関数形で与え、そのもとでのイオンの運動をテストパーティクル・スタディとして調べる。その後、MHD波の時間発展もセルフコンシステントに解けるような方程式系を用いてMHD波の伝搬、吸収について考察する。

# 磁気嵐時環状電流による 沿磁力線電流のシミュレーション

高橋俊\*\*・竹田雅彦・家森俊彦・山田雄二\*  
京大理・\*地磁気観測所・\*\*（現在、日立製作所）

SIMULATION OF FIELD ALIGNED CURRENTS DUE TO THE STORM-TIME RING CURRENT

S. Takahashi\*\*, M. Takeda, T. Iyemori, and Y. Yamada\*

Faculty of Science, Kyoto University

\*Kakioka Magnetic Observatory

\*\*Now at Energy Research Lab., Hitachi Co. Ltd.

We simulated the storm-time ring current by a model with monochromatic energy and pitch angle distribution using dipole magnetic field with time varying electric field. Taking a divergence of the ring current simulated by the method, we obtained a distribution of field aligned current and its time variation. Those are consistent with the actual distribution estimated from satellite observations, ground observations or theoretical calculation of ionospheric current. Also, assuming that the divergence of the ring current closes by the field aligned currents, we simulated the ionospheric currents and estimated the geomagnetic variation on the earth surface.

前回(90春, Takahashi et al., 1990)、磁気嵐時における環状電流を単色モデル(粒子のエネルギーもピッチ角も1種類)によって評価した。今回、環状電流の発散が沿磁力線電流によって閉じると仮定して、磁気嵐時の沿磁力線電流の時間変化を評価した。さらにこれを用いて、電離層電流を評価し、環状電流と沿磁力線電流と電離層電流が地上につくる磁場変化を見積った。

粒子の軌道計算は前回同様、

1. 双極子磁場、Volland-Stern型及び共回転電場。
2. 尾部の粒子注入量はDawn-Duskの電位差に比例。
3. 注入粒子は10keVのプロトンのみ(ピッチ角90°)
4. ドリフト速度評価のとき、 $dE/dt$ は無視。
5. 消滅過程を含む。

図1は、磁気嵐を表現する電位差(入力)と、粒子運動によりつくられるDst、及び地上に誘導される磁場変化の非対称成分(ASY)の時間変化を示す。電位差の増大と共に、DstとASYは増大する。しかし、電位差が減

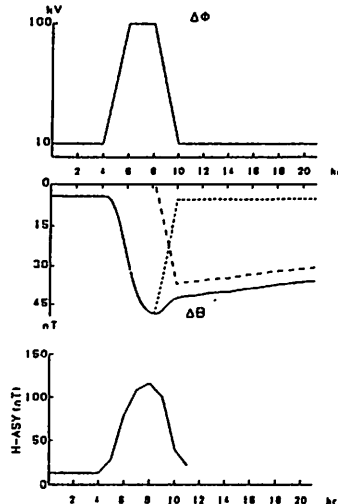


Fig.1 Top, middle, and bottom panels show the model storm (cross-tail potential difference, the Dst and the ASY indices) for 10keV proton ring current.

少するときは、ASYは同時に減少するが、Dstはそれほど減少しない。これは電位差の減少により、粒子が捕獲されて地球を周回するようになるからである。

図2は、電位差が10kVのとき、100kVに増大した直後、2時間100kVのまま安定した後、及び10kVに減少した直後の環状電流の発散である。この様な形で作られる沿磁力線電流はRegion2に相当する。実線は電離層への流入、破線は流出を示す。電位差の増大時は地方時12時から20時で流入、20時から07時で流出のパターンをとり、その強度が増大する。この後、100kVで安定すると、流入領域は12時を中心とする昼側に、流出領域は00時を中心とする夜側へと移動する。これは粒子注入が一定となるためである。

電位差が減少とともに、流入領域は朝側から夜側へと移動する。これは粒子が捕獲されて、地球を周回することの反映である。

[Reference]

Takahashi et al., Planet. Space Sci., 1990 (in press)

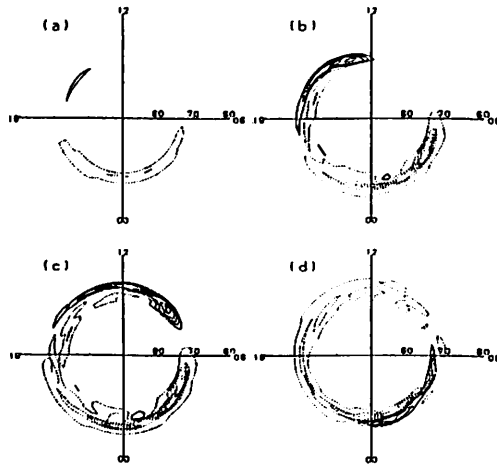


Fig.2 The distributions of the divergence of ring currents (field aligned currents) at 06 and 08hr.

樋口知之 (統計数理研究所)

## Analysis Method for eliminating an effect of the geocorona EUV radiation from the Low Energy Particle (LEP) data by the Akebono (EXOS-D) satellite

It was found that the LEP data was sometimes contaminated with unexpectedly larger noise mainly due to the geocorona EUV radiation [1]. This noise level is too high to be neglected even for a robust analysis. We therefore propose an efficient and useful procedure for eliminating this background noise, and show the program for this filtering, which is implemented so as to reduce the computing time.

### 1. 序

Akebono (EXOS-D) に搭載された低エネルギー粒子測定器 (LEP) には、geocorona の EUV 放射が原因であると思われるノイズが、たびたび観測されている [1]。そのノイズレベルは、粒子カウント数にして、本来の観測値の1桁から2桁も大きいため、 $E-t$  diagrams は、破滅的にこの影響を受けてしまう。図1 (a) に示したものは、イオンのエネルギーレベル (level #0) とチャンネルトロン (LEP-S2 CH10) を特定したときのカウント数 (時間変化、単位は秒) である。観測器が、geocorona の intensity の一番強い方向を向いたときに、非常に強いバースト的なノイズが観測される。人工衛星のスピン周期と、エネルギーレベルを変化させる周期の差により、図に示したような振動的なノイズが観測される。また、図から明らかのように、振動ノイズの振幅の大きさは非定常である。このような非線形振動ノイズを、*ad-hoc* ではなく、かつ *automatic* に取り除く手法を開発したので報告する。

### 2. 方法

非定常時系列データをとりあつかうには、この10年精力的に研究されてきたベイズアプローチが有効であることが、数々の応用により確立しつつある [2-4]。とくに線形ガウスモデルを用いる場合は、時系列の状態空間表現を用いるとカルマンフィルターが使え、情報量規準  $ABIC$  の計算も用意であり、比較的短時間で処理が可能である。様々な試行のうへ、以下のような簡便な手続きを採用することにした。

- ・状態空間表現 - State Space Model (S.S.M.) [3,4]
- ・カルマンフィルターを用いた geocorona による影響の除去 [2,3]

線形・ガウスモデルなので、state の平均値と分散をカルマンフィルターの手続きをもちいて、各時刻で逐次的に計算する。

- ・情報量規準 —  $ABIC$  の計算 —

state の空間で積分した marginal likelihood ( $ABIC$ )、つまり  $\bar{Y}_N = [y_1, y_2, \dots, y_N]$  の尤度を数値的に最適化する。数値的最適化には最急降下法をもちいた (準ニュートン法に変更の予定)。

### 3. 結果

図1 (c) は、推定された geocorona の影響を裏す成分、1 (b) は影響を取り除いた成分である。非常に簡便な S.S.M. を用いたにもかかわらず、ほぼ満足する結果が得られている。計算量をさほど増やさずにより現実的な表現を行う改良を現在行っている。発表では、開発したこの手続きを用いて、各イオンと電子のすべてのエネルギーレベルとチャンネルト

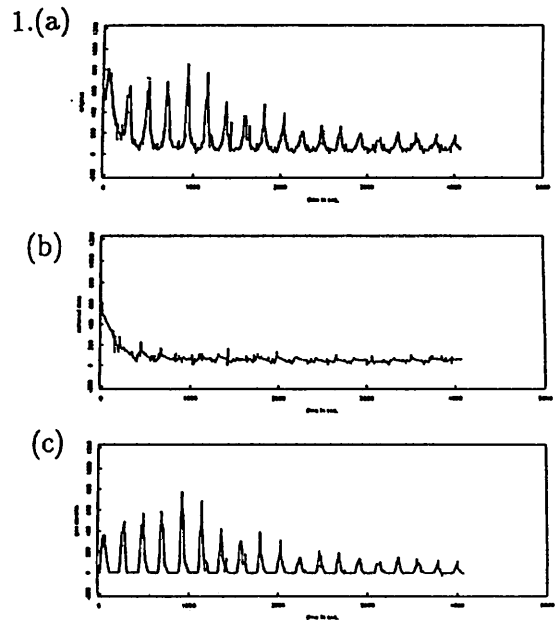
ロンのデータから geocorona の影響を取り除いた成分の  $E-t$  diagrams を示す予定である。

### 4. 謝辞

快く LEP データを提供くださり、さらに衛星機器ハード面から有効な助言を頂いた宇宙研・向井助教に、心から感謝致します。また、東大・吉田君には、宇宙研との連絡にお世話になりました。

### 5. 参考文献

- [1] Mukai et al., (1990). *J. Geomag. Geoelectr.*, 42, 479-496.
- [2] Akaike, H. (1980). *Bayesian statistics*, 143-165, University press, Valencia, Spain.
- [3] Gersch, W. and Kitagawa, G. (1988). *Bayesian analysis of time series and dynamic models*, (edited by J.C. Spall), 431-476, Marcel Dekker, INC., New York and Basel.
- [4] 尾崎統 編, (1989). 時系列論、放送大学教育振興会、東京。



田中 真・高橋 隆男・利根川 豊・遠山 文雄 (東海大工)・杉浦 正久 (東海大開発技研)  
 藤井 良一 (極地研)・福西 浩 (東北大理)・国分 征 (東大理) 他 MGF班

DATA BASE SYSTEM FOR MAGNETIC FIELD OBSERVED BY AKEBONO SATELLITE

M.Tanaka, T.Takahashi, Y.Tonegawa, F.Tohyama, M.Sugiura (Tokai Univ.)  
 R.Fujii (NIPR), H.Fukunishi (Tohoku Univ.), S.Kokubun (Univ. Tokyo)

In order to effectively analyze magnetic field (MGF) data observed by AKEBONO (EXOS-D), we develop a system to produce data base for the MGF. The magnetic field data are transformed first from the satellite coordinate system to the inertia and geographic coordinate systems by using the orbit and attitude data. Since the attitude data are depend on the combination of attitude sensors, the best combination is chosen automatically in the system. The transformed data are averaged with 0.5s sampling and are staged with other useful data of satellite position (geographic and geomagnetic coordinates), attitude, house-keeping, etc. Programs of several coordinate transformations and signal processing are also supplied for more detail scientific analyses.

科学衛星「あけぼの」の磁場観測 (MGF) は磁気嵐に伴う沿磁力線電流の検出, 解析がなされているが, 今後とも増大するデータをより能率的に解析出来るように, 座標変換された観測磁場変動量, 理論磁場および姿勢情報などの結果のデータベース化を行っている。このデータベース作成のためのシステム開発について紹介をする。

図1に示すようにSIRIUS (あけぼのデータベース) から軌道, 姿勢, MGFデータをビット単位に圧縮したテープを作成し, 以下の手順で準自動処理できるシステムを開発した。

- (1) 三成分磁気量を観測モード (4, 8, 32 Hz) に対応した時刻毎の物理量への変換と衛星位置の時刻対応補間
- (2) 姿勢決定に使用されたセンサの組み合わせが良くない場合, 姿勢の誤差が大きいので最高精度センサによる姿勢の補正とMGFデータ毎の姿勢補間

- (3) 補正された姿勢データを用いて, 観測磁場を各種座標系 (慣性座標, グリニジ基準座標,  $(r, \theta, \phi)$  座標など) への変換
- (4) 理論磁場 (IGRF) 計算と座標変換
- (5) 観測値 ( $B_{OBS}$ ) と理論値 ( $B_{IGRF}$ ) との差引による磁場変動量 ( $\Delta B$ ) とその 0.5秒平均化
- (6) 表示システムとしてグラフィックおよびリスト出力 ( $\Delta B, B_{OBS}, B_{IGRF}, MGF$  レンジ変化, 姿勢センサ組み合わせ, 姿勢結果, 磁気トルク情報など)

図2は $\Delta B$ の結果例を示す。これらの処理結果はユーザーへの提供用のファイルとして保存され, これをもとにした二次処理では, 物理現象に伴う磁場の微細変動などの解析を行う。さらに現在問題となっている長周期の磁気オフセットの除去や座標変換のみでは除去しきれない姿勢変化の影響の除去および姿勢データの欠落部分に対する対策を行い, 周波数解析などの結果をも含めたデータベースの作成も検討している。

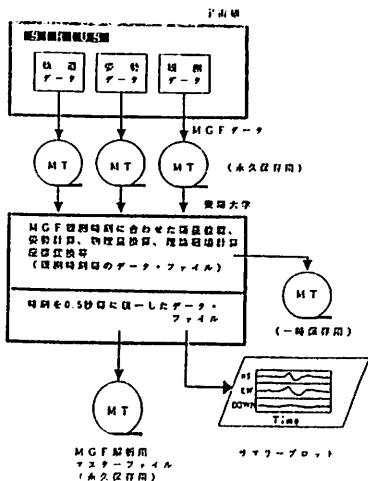


図1. MGFデータ・ベース作成概略図

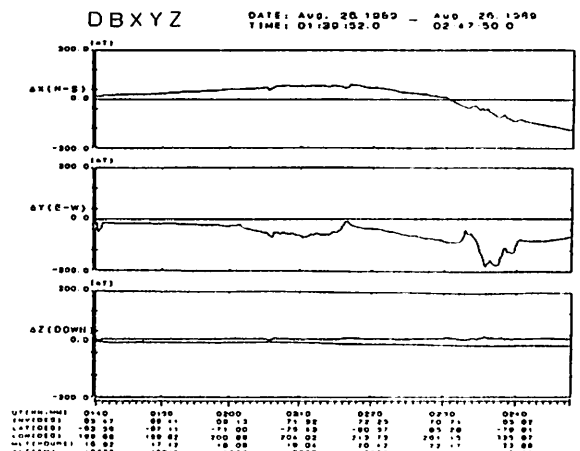


図2 磁場変化図の一例

吉田尚史、 国分 征、 山本達人、 向井利典、 早川 基、 福西 浩

(東大理)

(宇宙研)

(東北大理)

Correspondence between Particles and Auroral Arc

A Comparison between the Akebono satellite and GADC90

N. Yoshida, S. Kokubun, T. Yamamoto, T. Mukai, H. Hayakawa, H. Fukunishi

Univ. Tokyo

ISAS

Tohoku Univ

A comparison is made between images obtained by ground based all sky auroral TV and data obtained by the Akebono satellite. Usually, it is difficult to separate the temporal variation and the spatial one from satellite data only, however, this separation is possible by using auroral dynamic images. The Akebono satellite observes particles, magnetic fields, electric fields etc; comparison between these data and ground auroral images gives us better insight on auroral physics.

Some results that show correspondence between auroral arc and particle precipitation will be discussed.

GADC90 (Global Aurora Dynamics Campaign) は、1990年1月から2月まで行われ、カナダ、ノルウェーなど極域の8点において全天のオーロラTVによるオーロラの撮影と磁場の観測が行われた。

「あけぼの」はこの時期北半球にapogeeがあり、そのfoot pointが地上の全天TVの視野に入っている例は多数ある。そのうち何らかのオーロラが地上のTVに写っている例が、今までのところ約30例リストアップされている。

このような地上と衛星の同時観測を解析した研究は過去にもなされているが、本研究では地上での観測が多点でのTVのデータであり、また衛星が粒子、磁場、電場等の同時観測であるということから、オーロラの発生機構がより明確に解明できるものと思われる。

また、衛星がapogee付近を飛んでいるため、衛星だけのデータでは現象が時間変化なのか空間変化なのか分離できないが、地上から見たオーロラの分布が時間的にどのように変わっていくかをあわせて見ることにより時間変化と空間変化の分離が可能である。

さらに衛星のfoot pointの位置を全天TVの画像内で精度良く決めることにより、粒子や磁場のデータから求められる粒子の流れと、オーロラのアークとの細かな対応を付けることができる。

今までのところ、粒子のデータの中にいくつか様相の異なるprecipitationが見られ、それらが形状の異なるオーロラに対応することがわかった。例を挙げると

- ・ equatorward drifting branchでは一本一本のarcにparticleのinverted Vが対応する。
- ・ いわゆるCPSの粒子が見えている領域に、10keV以下の低エネルギーの電子のprecipitationが見られ、そのときオーロラがpulsatingしている例が3例あった。

などである。現在、それらについて定量的な解析を行っている。

M. Iizima, H. Oya and A. Morioka  
Geophysical Institute, Tohoku University

### Introduction

By PWS ( Plasma Wave and Sounder Experiment ) onboard the Akebono ( EXOS-D ) satellite, extensive research works of plasma wave generation have been made using high frequency resolution and high sensitive receiver, covering the altitude range from 350km to 10,000km, magnetic latitude range from  $-80^{\circ}$  to  $+80^{\circ}$  and whole range of the local time. In the observed dynamic spectra of NPW ( Natural Plasma Wave ) receiver, very clear trends of upper hybrid emissions are continuously detected inside of the plasmasphere with the intensity from  $1.5 \times 10^{-7}$  V/m to the saturation level of the receiver ( Oya et al., 1990a ). In the magnetic equator region, the special enhancements of the intensities of these UHR mode waves have been discovered and named EPWAT ( Equatorial Enhancement of the Plasma Wave Turbulence ) ( Oya et al., 1990a ). The regions where these emissions are detected, encircle in the region of the magnetic equator forming a disc like the Saturnian ring inside the plasmopause ( Oya et al., 1990a, 1990b ). In the present paper, we will further study on new properties of EPWAT events through the entire plasmasphere by analyzing 438 cases of the equator crossing data, using a large amount of data analyzing system developed for the present study.

### Results of Data Analysis

All of the basic properties of EPWAT events that have been initially discovered by Oya et al. ( 1990a, 1990b ) have been confirmed by the present analysis which covers entire observation period from March 1989 to August 1990. The results further indicate that in the distribution of EPWAT events, there are tendency of expansion of magnetic latitude to northward in the evening period ( centered at 18h of local time ) and to southward in the morning period ( centered at 6h ) ( see Figure 1 ), although EPWAT's occur in the region apparently centered around the geomagnetic equator in an average form. Though further investigations are necessary to determine its origin, this characteristic possibly reflects an intrinsic nature of local time dependence of EPWAT events.

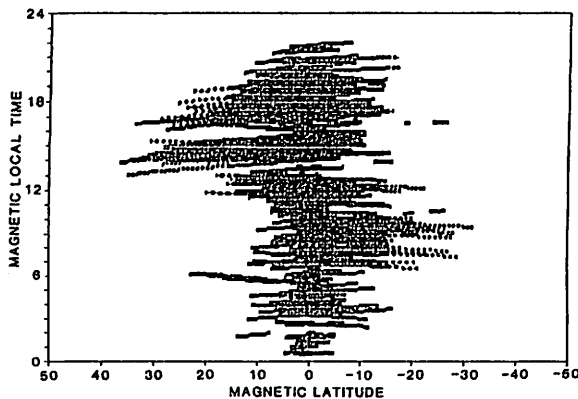


Figure 1 The occurrence regions of EPWAT events are plotted in the magnetic local time and geomagnetic latitude diagram.

### References

- H. oya et al., J. Geomag. Geoelectr., 42, 411, 1990a.  
H. oya et al., Accepted to Geophys. Res. Lett., 1990b.

笠原 禎也 澤田 晃 木村 磐根 (京都大学工学部)  
あけぼの VLF 班

The Propagation Characteristics of ELF Emissions in The Magnetic Equatorial Region Observed by AKEBONO Satellite

Yoshiya KASAHARA Akira SAWADA Iwane KIMURA  
(Dept. of Electr. Eng. II, Kyoto Univ.) and AKEBONO VLF team

We have already reported that electromagnetic ELF emissions in the magnetic equatorial region are frequently observed by AKEBONO(EXOS-D) satellite. These waves are ion cyclotron waves(ICW) and closely connected with the presence of heavy ions such as He<sup>+</sup> and O<sup>+</sup>. By using ray tracing program, we will discuss the difference between the cases that only one band emissions(H<sup>+</sup> mode) were observed and that two band emissions(H<sup>+</sup> and He<sup>+</sup> mode) were simultaneously observed. Moreover, by hot plasma ray tracing method, we can estimate the wave amplification along the paths with temperature anisotropy of the hot plasma.

前回の講演では、あけぼの衛星に搭載された VLF 観測装置の一つである ELF によって、あけぼの衛星の飛行高度である 300 ~ 10000 km の磁気赤道付近において、頻繁に ELF エミッションが観測されることを報告した<sup>1)</sup>。観測された波動は、He<sup>+</sup> や O<sup>+</sup> といった重いイオンの存在によって存在し得る、イオンサイクロトロンモードの電磁波であり、それぞれ H<sup>+</sup> モードおよび He<sup>+</sup> モードであると考えられている。これらのモードはコールドプラズマ 3 次元レイトレイシング法により、磁力線に沿って磁気赤道を中心としたある緯度範囲内のみを何度も反射を繰り返して伝搬し得ることは、前回の講演において示した。

さて、今までの観測例を調べてみると、H<sup>+</sup> モードと He<sup>+</sup> モードが、同時に観測されている例と、H<sup>+</sup> モードしか観測されない場合がある。昨年 4 月から今年の 3 月にかけて、KSC、PA および ESR にて取得されたデータ中、我々が解析した約 600 バスについて、H<sup>+</sup> モードしか観測されない場合と、H<sup>+</sup> モードと He<sup>+</sup> モードが同時に観測されている場合についてのそれぞれについて、H<sup>+</sup> モードが観測された時のあけぼの衛星の軌道を Fig.1 に示す。Fig.1 より、H<sup>+</sup> モードのみが観測された場合の方が、緯度的に広い部分に分布していることがわかる。これは、磁気圏プラズマ粒子の背景温度の高低により、プラズマ粒子の密度やイオン組成比が変化し、それに伴って、各モードの存在域や伝搬可能域が変化するためと考えられ、レイトレイシング法を用いて、背景温度の変化が波動の伝搬特性にどのように影響するかを議論する。

一方、これらのエミッションの発生原因として、磁気赤道付近における H<sup>+</sup> イオンの温度異方性による、イオンサイクロトロン不安定性が考えられる。Fig.2 は、H<sup>+</sup>、He<sup>+</sup> および O<sup>+</sup> イオンを考慮したプラズマ中で、H<sup>+</sup> イオンの 10% が温度異方性を持つ温度の高いイオンであるとした時に、それぞれのモードがどの程度の増幅率を持つかを示したものである。このようにプラズマ粒子の温度を考慮したホットプラズマモデルにおいて、ホットプラズマ 3 次元レイトレイシング法を用いると、波動の伝搬路に沿った減衰・増幅率を計算できる<sup>2)</sup>。これにより、この ELF エミッションが反射を繰り返して伝搬する中での、増幅・減

衰過程についても議論する。

謝辞 あけぼの運用に関し、追跡チームの方々に感謝する。この研究は、科学研究費 (No.63420016) の補助を受けて行なわれたものである。

参考文献 1) 笠原 他, 第 86 回地球電磁気・地球惑星物理学会予稿集, 1989. 2) 笠原 他, 第 85 回地球電磁気・地球惑星物理学会予稿集, 1989.

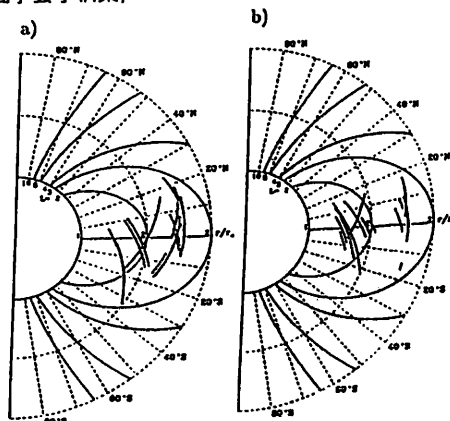


Fig.1 Trajectories of AKEBONO while (a) only H<sup>+</sup> mode emissions and (b) both H<sup>+</sup> and He<sup>+</sup> mode emissions were observed.

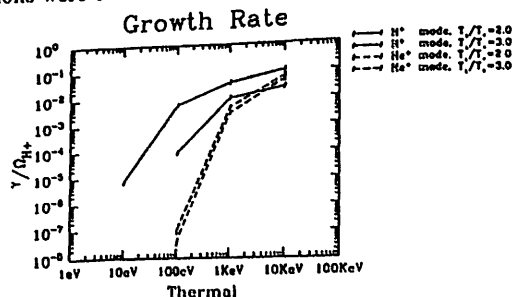


Fig.2 Growth rate of H<sup>+</sup> and He<sup>+</sup> ICW modes while the thermal velocity of the anisotropic H<sup>+</sup> ions are changed.



HIPAS VLF 変調波のあけぼの衛星・地上同時観測

石田 薫<sup>1</sup> 岡田 敏美<sup>2</sup> 笠原 禎也<sup>1</sup> 長野 勇<sup>3</sup> 橋本 弘蔵<sup>4</sup> 澤田 晃<sup>1</sup> 木村 啓根<sup>1</sup>  
 A.Wong<sup>5</sup>, B.Chouinard<sup>5</sup>, and W.Huhn<sup>5</sup>  
<sup>1</sup>京大工 <sup>2</sup>富山県立大工 <sup>3</sup>金沢大工 <sup>4</sup>東京電機大工 <sup>5</sup>UCLA

Simultaneous Akebono and ground Observations of HIPAS VLF Modulation.

K. ISHIDA<sup>1</sup> T. OKADA<sup>2</sup> Y. KASAHARA<sup>1</sup> I. NAGANO<sup>3</sup> K. IASHIMOTO<sup>4</sup>  
 A. SAWADA<sup>1</sup> I. KIMURA<sup>1</sup> A.WONG<sup>5</sup>, B.CHOVINARD<sup>5</sup>, and W.HUHN<sup>5</sup>  
<sup>1</sup>Kyoto Univ. <sup>2</sup>Toyama Prefectural Univ. <sup>3</sup>Kanazawa Univ.  
<sup>4</sup>Tokyo Denki Univ. <sup>5</sup>UCLA

Two collaborative campaigns using HIPAS and Akebono were carried out in 1989. HIPAS VLF modulation signal(2.5kHz) was detected on Nov.28, 1989 at an altitude of about 2300km. In June,1990 the 3rd campaign was made, and Akebono observed HIPAS signal on Jun.19, 1990(Fig.1) at an altitude of about 9500km. The electric field intensity observed by Akebono was about 38 $\mu$ V/m (in comparison with 15 $\mu$ V in the former case), whereas the magnetic field intensity on the ground was about 0.2 pT (in comparison with 2pT in the former case). The delay time of the VLF signal to Akebono was about 270msec.

昨年、11月から12月にかけて行なわれたあけぼのVLF/HIPAS(High Power Active Stimulation)共同実験では、HIPAS送信にもとづくVLF信号があけぼの衛星で1パスのみ受信されたことはすでに前回報告したが<sup>1)</sup>、今年の6月に3度目の共同実験が行なわれた。今回もあけぼの衛星の6月19日のパスにHIPAS送信に起因するVLF信号(2.5kHz)が受信された(Fig.1)。

さて、前回のHIPAS信号受信と今回の受信の状況を比較してみると、前回は受信点でのあけぼの衛星の高度が約2300kmであったのに対して、今回は約9500kmと前回の3倍以上の高度でHIPAS信号が受信された。前回は0551:30 UTを中心に約1分の間、間欠的に受信されていたが、今回は0936:00 UTを中心に約3分間にもわたり、受信されている。また、HIPASの天頂上空100kmを通る磁力線を衛星高度までたどってみると、信号の受信位置が磁力線の内側へ偏っていることがわかった(Fig.2)。Fig.2に示すように高度100kmから出発するraytracingを行なうと初期伝搬ベクトルが垂直より南に20°~30°傾いた場合に観測と合う通路が得られることがわかった。さらに、信号の受信強度においては、前回は電界で約15 $\mu$ V/mであったが、今回は約38 $\mu$ V/mであり、9000km以上の高度の違いを考慮すると今回は異常に強かったといえる。一方、同時VLF地上観測によると、衛星受信に対応する時間の地上受信信号強度が磁界で前回2pTであったのに対して、今回は全体的に弱く、0.2pT程度である。特に衛星で強く受信された時刻の地上受信強度は0.07pT付近まで落ち込んでいる。

また、地上受信信号とあけぼの衛星での受信信号を比較して、衛星高度までの伝搬遅延時間が求めると、前回約140msecに対し、今回の実験は約270msecであった。

**謝辞** あけぼのテレメータ受信をして頂いている宇宙研あけぼの追跡班、および、プリンスアルポート局の方々に謝意を表す。この研究は、科学研究海外学術研究費(No.01044070)の補助を受けて行なわれたものである。

**参考文献** 1) 木村 他, 第87回SGEPSS予稿集, 1990.

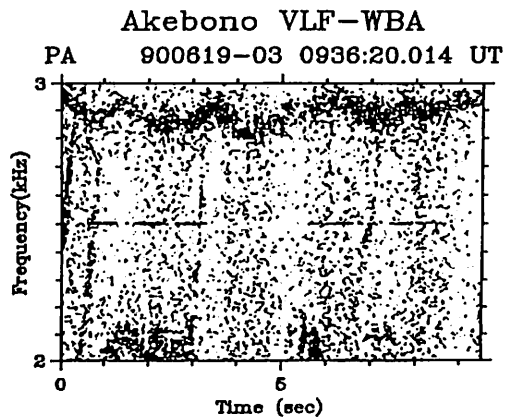


Fig.1 A f - t diagram of HIPAS VLF modulation (2.5kHz) signal observed by Akebono satellite on June 19, 1990.

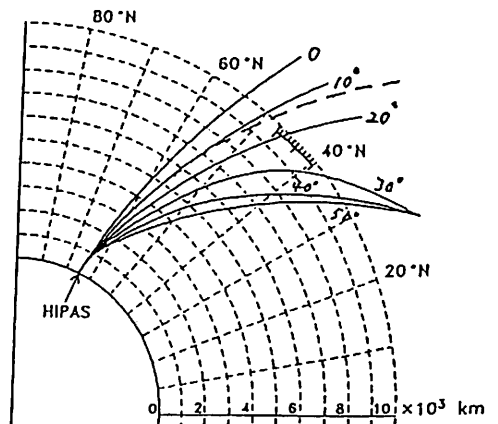


Fig.2 The geomagnetic field line through HIPAS and the orbit of Akebono satellite on June 19, 1990.

プラズマ圏における  
 中緯度L,D帯ホイッスラーモードエミッション  
 その特性と発生域について  
 - EXOS-Dの観測結果より -

菊池雅行・大家寛・森岡昭・小林香・飯島雅英  
 (東北大理)

LF Band Whistler Mode Wave Emission  
 in the Middle latitude Plasmasphere Observed  
 by PWS Onboard the EXOS-D Satellite  
 Observation result and studies on source regions

M.Kikuchi, H.Oya, A.Morioka, K.Kobayashi, M.Iizima  
 Geophysical Institute, Tohoku Univ.

By PWS (Plasma Wave and Sounder) experiments onboard the satellite, LF band whistler mode waves have been observed. The data of the LF emissions indicate following characteristic: i) Observed frequencies change as function of the observing position with relatively narrow band width whose range become more narrow as the satellite moves higher passes into a region around the magnetic equator. ii) The observed emissions become more intense when the satellite approaches to a mid-latitude region. iii) The emission frequency is not directly controlled by local cyclotron and plasma frequencies at observing points. Relating to the origin of the emissions it becomes apparent that the sources of emission are distributed in the mid-latitude of the both hemisphere. The waves generated at the source with different frequency propagate taking different path in the plasmasphere. When the satellite path crosses each different path of the emitted LF waves, the observed emissions reveal corresponding frequency. The posseses have been confirmed by the ray-tracing method.

I 現象

EXOS-Dに搭載されたPWSによるプラズマ波動観測の観測結果では中緯度における局所的な電子サイクロトロン周波数より低いLF帯のホイッスラーモード領域で磁気赤道に対してほぼ対称な周波数特性をもつエミッションが観測されている。これら一群のエミッションはその様相からA,B,C,およびNの四つに分類している。

これらのエミッションの共通した特徴として i) 磁気赤道に近付くにつれ周波数がバンド幅を狭くしながら高くなってゆく事, ii) 低緯度になるにつれその強度を増してゆくこと、および iii) 周波数変化がその場所のプラズマ密度及びサイクロトロン周波数によらないことが明らかとなった。

II 原因

観測された事実に適合する発生機構としてまず南北両半球の中緯度に比較的狭い範囲で起こるブロードバンドのLF帯放射のソース域を仮定することができる。その伝播機構が観測事実を説明できるか否かを明らかにするために二つの場合、すなわち i) 中緯度L=1.4~1.5に電波源を仮定したときの伝播経路、ii) 実際観測の行なわれた衛星の位置からの逆伝播経路をレイトレーシング法で求めた(Fig. 1, 2)。その結果は、電波源領域を中緯度のかなり狭い地域(L=1.4~1.5付近)におくことの妥当性を強く示唆している。この電波源領域から周波数帯域の広いLF帯~HF帯エミッションがそれぞれの周波数に対応し空間的に異なるPathとりその中を衛星が通過する時観測位置依存性の明確な、すなわち観測点と観測周波数がひとつの周波数特性をもって観測されることが説明される。またこの結果はAおよびNタイプのエミッションは本質的には同じ原因で起こっていることを示唆している。

なを、この地域に比較的高いエネルギー粒子の(数keV~数百keV)降り込みが観測されている事は注目する。

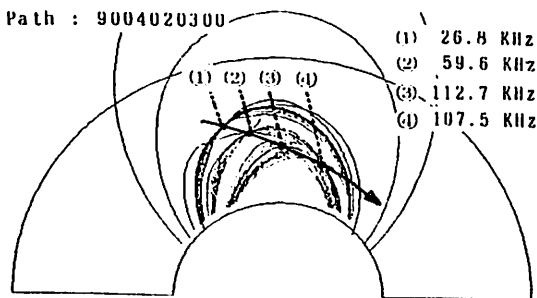


Fig. 1

観測された周波数によるRay-tracing

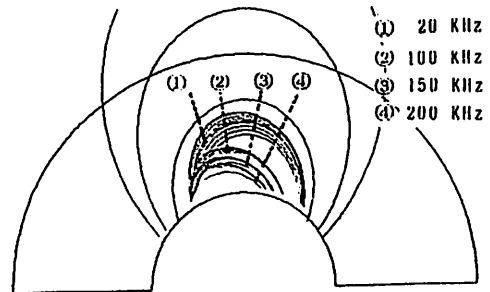


Fig. 2

L=1.5, Alt=500 Km からの Ray-tracing

夜側オーロラオーグナルの境界領域における  
沿磁力線電流の特性 (2) 電流キャリアー

高橋幸弘<sup>1</sup>、福西浩<sup>1</sup>、向井利典<sup>2</sup>  
1: 東北大学理学部 2: 宇宙科学研究所

CHARACTERISTICS OF FIELD-ALIGNED CURRENTS  
AT THE POLEWARD BOUNDARY OF THE NIGHTSIDE AURORAL OVAL:  
(2) CURRENT CARRIERS

Y. Takahashi, H. Fukunishi, T. Mukai  
1: Upper Atmosphere and Space Research Laboratory, Tohoku University  
2: Institute of Space and Astronautical Science

The low energy particle detector on board the Akebono satellite has often observed electron bursts at the poleward boundary of the night side auroral oval. These bursts are characterized by a broadband energy spectrum extending from several tens of eV to about 1 keV and field-aligned pitch angle distribution. The upward flux is dominant for electron bursts observed in the midnight region, while the downward flux is dominant for those in the evening or morning side. To examine the contribution of these electron bursts to field-aligned currents, we compared the current densities calculated from the magnetic field data with those calculated from the low energy particle data. It is revealed that burst-like electron fluxes are important as the carrier of field-aligned currents at the poleward boundary of the nightside auroral oval.

夜側のオーロラオーグナルでは、しばしば inverted-V 粒子加速域の高緯度側（或は加速域を挟んで高緯度側と低緯度側の両方に）にバースト状の電子が見られる。これらの粒子は、数 10eV から 1 keV 位までの幅広いエネルギースペクトルを示し、加速域の粒子に比べ著しく沿磁力線方向に強調された速度分布構造を持つのが特徴である。バースト状の電子の担う沿磁力線電流密度は、しばしば inverted-V 加速域の粒子が担う電流密度より大きい。

バースト状の電子は MLT が 21h 以前と 3h 以後では上向き（↑）の速度を持つものが卓越するのが普通で、朝側では Region 1 の下向き電流のキャリアーになっていることが確かめられた。これと対称的に、21h - 3h MLT では、バースト状の電子は下向き（↓）の速度が卓越する場合が多い。右図は、あけぼの衛星で観測された典型的な例である。上段の E-T ダイアグラムには、夜側の加速域のすぐ高緯度側 ↑ で示した部分に、広いエネルギー範囲にわたって強い粒子の降り込みがみられる。図の中段と下段はそれぞれ磁場及び粒子のデータから独立に計算された電流密度である。バースト状の電子の降り込みに対応して、強い上向き電流が現れている。キャリアーのエネルギーに注目すると、inverted-V 加速域では数 keV 付近に限られているのに対し、バースト状の領域は ↓ で示されるように、数 10 eV から 1 keV 位までの粒子が、電流に寄与していることがわかる。

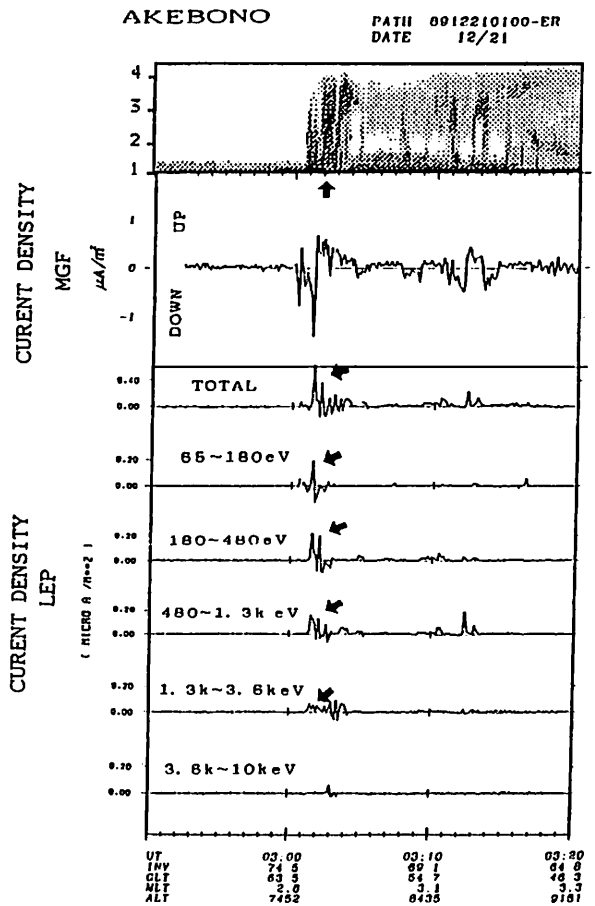


Fig. 1 Example of a burst like electron precipitation event observed on the Akebono satellite in the post-midnight sector.

夜側オーロラオーブアル境界領域における  
沿磁力線電流の特性 (1) 電流構造

長妻 努<sup>1</sup>、福西 浩<sup>1</sup>、向井利典<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>東北大学理学部 <sup>2</sup>宇宙科学研究所

CHARACTERISTICS OF FIELD-ALIGNED CURRENTS AT THE POLEWARD BOUNDARY  
 OF THE NIGHTSIDE AURORAL OVAL : (1) CURRENT STRUCTURES

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

<sup>1</sup>Upper Atmosphere and Space Research Laboratory, Tohoku University

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

Using magnetic-field and low energy particle data obtained for the Akebono satellite, we have studied the spatial structures of field-aligned currents in the nightside high-latitude boundary region. It is found that ion precipitation events with spatial dispersion are often observed at the poleward boundary, while burst-like electron precipitation events related with intense upward currents are observed equatorward of the ion dispersion region. Based on these relationships, we discuss the generation mechanism of field-aligned currents at the poleward boundary of the nightside auroral oval.

従来、沿磁力線電流の構造としては、磁場の変化だけを用いて Region1, Region2 という大規模な2重構造を考えてきた。しかし、磁場のデータに粒子のデータを組み合わせると、沿磁力線電流はより微細な構造を持っており、電流の担い手となる粒子の降り込み(または流出)のパターンも様々であることが分かる。我々はあけぼの衛星の磁場データ(MGF)と粒子データ(LEP)を用い、夜側の高緯度境界領域の沿磁力線電流の構造を調べた。図1に例を示す。高緯度側の境界付近(0946UT)に、イオンの分散構造が観測されている。この構造はカスプ域のものによく似ており、夜側でも真夜中付近でしばしば観測される。このエネルギー分散を持つイオンが出現する緯度よりもやや低緯度側には、矢印で示したように、広いエネルギースペクトルを持つ電子のバースト的な降り込みが起こる。このバースト的な降下粒子の領域は非常に強い(数 $\mu A/m^2$ )上向き電流に対応する。一方その高緯度側には、逆向きの電流が流れているが、これに対応する粒子の上向きの流れは、一般に真夜中付近では観測されない。このイオンの分散と沿磁力線電流構造との空間的關係から極側境界を流れる沿磁力線電流の機構を考察する。

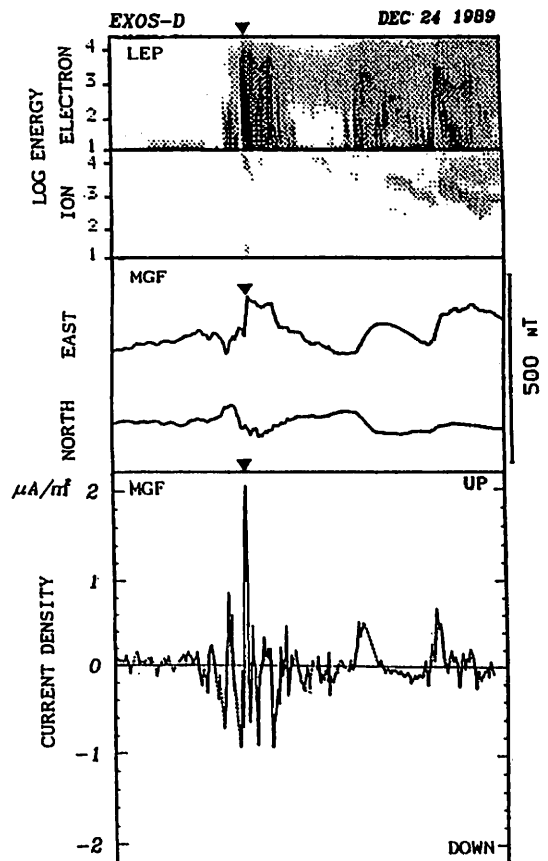


Fig. 1. Example of localized upward and downward field-aligned currents observed by the EXOS-D satellite in the nightside high-latitude boundary region.

UT	09:38	09:48	09:58
MLT	22.6	0.5	1.5
ILAT	77.0	74.2	70.3
FLAT	76.0	73.4	69.3
MLT	6813	7925	8799

# カスプ領域での電子温度の振舞い

相沢宏行<sup>1)</sup>, 阿部琢美<sup>2)</sup>, 小山孝一郎<sup>3)</sup>

1) 東海大学, 2) 電気通信大学, 3) 宇宙科学研究所

## Behavior of Electron Temperature around the Cusp Region

AIZAWA Hiroyuki<sup>1)</sup>, ABE Takumi<sup>2)</sup>, OYAMA Koh-ichiro<sup>3)</sup>

1) TOKAI UNIV. ,2) DENKI-TSUSHIN UNIV. ,3) ISAS

Behavior of electron temperature around the cusp region is investigated by using data which were obtained by satellite 'AKEBONO'. Our preliminary conclusions which have been derived so far from data analysis are,

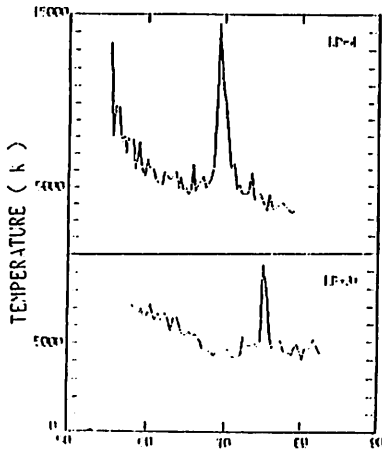
- 1) Hump of the electron temperature can be seen around the cusp, and a peak of electron temperature in it is more remarkable above the height of ~1000km than below this altitude.
- 2) Hump becomes wider as Kp index increases.

カスプ領域の電子温度に関する高度1000 km以下の観測結果については、報告されている(例えばJ. D. WINGHAM, J. Geophys. Res., 90, 4415, 1985)が、高度1000 km以上の電子温度のデータについては、あまり得られていない。科学衛星あけぼのに搭載されているTED (Thermal Electron detector) は、極域において通常約3000 km以下の高度で、0から数eVのエネルギーを持った熱的電子のエネルギー分布の観測が可能である。今回は、あけぼの衛星により得られたデータをもとに、カスプにおける高度2000 kmまでの領域の電子温度の振舞いについて、以下の観測的事実を報告する。

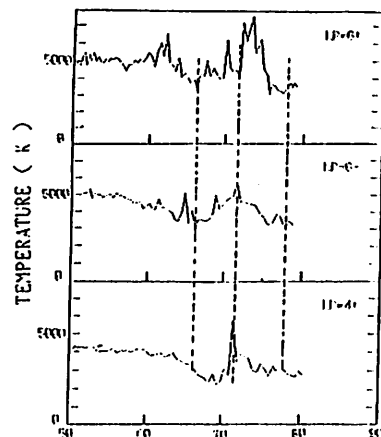
- 1) 高度1000 km付近を境界とするカスプ内におけるTeの変化。
- 2) カスプの低緯度側及びカスプ内高緯度側のそれぞれの領域におけるTeの上昇とKp値の相関。

図1は1989年5月23-26日の間に観測された高度1000 km以下のカスプ内の電子温度の地磁気緯度に対する変化である。観測時のKp値は、上から6+, 6-, 4+, 温度変化の大きさは2000-3000 Kである。これに対して図2は、1989年8月21日に観測された高度1000 km以上における同様のデータである。8月観測時のKp値は、それぞれ4-, 3+で5月のデータより低い値を示しているにもかかわらず、温度変化の大きさは、それぞれ5000 K, 10000 Kである。これらのデータに関して述べると、カスプ内における温度変化の差は、Kp値によるものではなく高度差を要因とする可能性があると思われる。

図1の点線は、カスプの低緯度側と高緯度側の便宜上の境界を示したものである。この図には、Kp値の上昇に伴う温度上昇がカスプ低緯度側、高緯度側双方で顕著であるのに対してカスプ中央部の温度上昇が両側に比して鈍いことが表わされている。この現象よりKp値に相関するカスプ内の加熱については、その熱源は低緯度側と高緯度側で別々である可能性が考えられる。



INVAARIANT LATITUDE ( DEG )  
Fig.1 Electron Temperature  
( Altitude < 1000 km )



INVAARIANT LATITUDE ( DEG )  
Fig.2 Electron temperature  
( Altitude > 1000 km )

高度 800 Km における降下粒子と磁場変動からみた  
サブストーム時のプラズマシート・ダイナミクス  
渡辺正和・飯島健  
(東京大理)

Substorm Associated Plasma Sheet Dynamics Inferred from the Precipitating Plasma  
and Magnetic Field Perturbation at 800 Km Altitude

M. Watanabe and T. Iijima  
Geophysics Research Laboratory, University of Tokyo

Using the precipitating particle and magnetic field data acquired with the polar-orbiting DMSP-F7 satellite, we have determined the characteristics of the plasma sheet domain and the large-scale field-aligned currents in the pre-midnight sector throughout the substorm. During the growth phase, a well-defined pair of current systems (so called region 1 and region 2) appears and associates ion and electron precipitations that characterize the plasma sheet domain (so called BPS and CPS). During the subsequent expansion phase, high-latitude part of the current systems expands poleward and, in the midst of the plasma sheet domain, an extended region with a severe enhancement in ion energy appears and the plasma sheet domain exhibits a multiple (at least three regions) structure.

極軌道衛星 DMSP-F7 の粒子と磁場のデータを用いて我々はサブストームにおける沿磁力線電流の発達とプラズマ領域の特性を調べた。今回は夜側 (premidnight) の領域について報告する。

各相における特徴は以下の通りである。

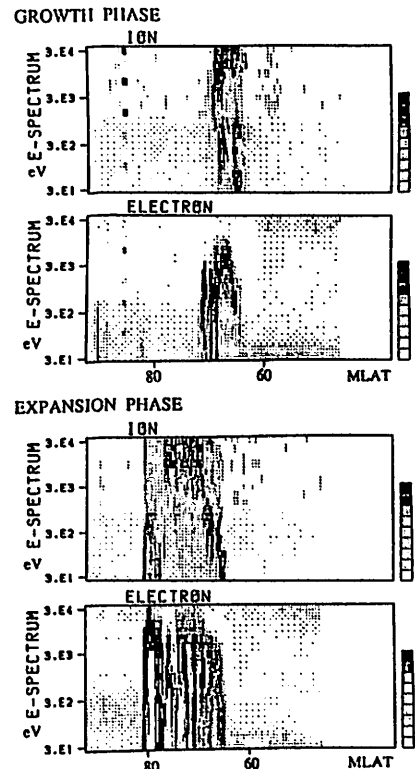
### 1. Growth Phase

- ・強度の等しい 2 つの電流系 (いわゆる Region 1 と Region 2) が現れる。
- ・プラズマシートは 2 層的な構造 (いわゆる BPS と CPS) を示す。
- ・低緯度領域 (CPS) では、降下イオンにエネルギーの異なる 2 つの集団がみられる。

### 2. Expansion Phase

- ・高緯度側電流系 (Region 1) が極方向に伸展し、電流強度も低緯度側 (Region 2) をしのぐようになる。
- ・プラズマシートは (少なくとも) 3 層的な構造を示す。これは特にイオンにおいて顕著であり、プラズマ領域の真ん中に高エネルギーイオンの降下領域が出現する。
- ・3 層のうち、低緯度側 (CPS) にイオンのエネルギー分散がみられる。これはプラズマシートでの地球方向の対流を反映していると考えられる。
- ・最も高緯度側の領域には、いわゆる inverted V が現れる事が多く、電子にもイオンにも加速・減速の跡が認められる。

右図は 1985 年 12 月 13 日に起こった substorm における、夜側 (premidnight) の E-t ダイアグラムである。プラズマシート領域は劇的な変化をしている。



E-t diagram of precipitating ion and electron during the growth and expansion phase

斎藤 義文 (京大理) 町田 忍 (宇宙研) 向井 利典 (宇宙研)

ACCELERATION OF LOW ENERGY  
ELECTRONS IN A PULSATING AURORA

— S-520-12 ROCKET OBSERVATION —

Y. SAITO(\*) S. MACHIDA(\*\*) T. MUKAI(\*\*)

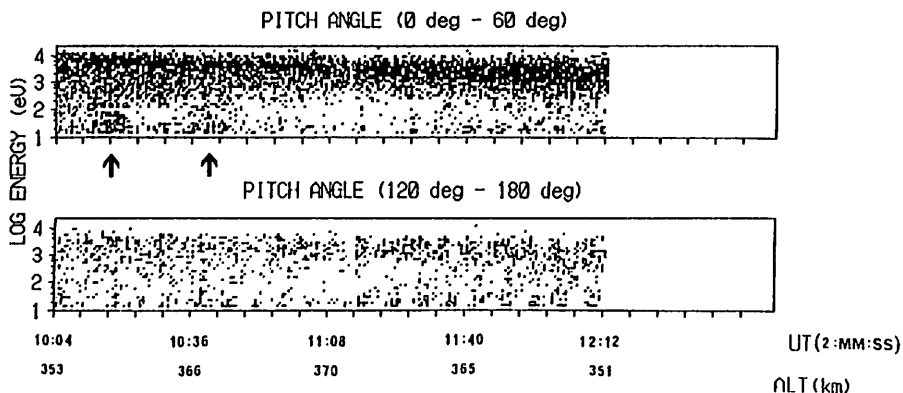
(\*) Faculty of Science, Kyoto University

(\*\*) Institute of Space and Astronautical Science

A sounding rocket S-520-12 was launched from Andoya, Norway on February 26, 1990. Electron fluxes over the energy range 23ev~16kev were measured for about 6 minutes in a pulsating aurora. Electron flux modulations were found in the energy range 1.4kev~16kev, mainly above 5kev. We also found low energy (23ev~200ev) electron precipitations near apex, when the rocket passed between two pulsating patches. We propose a mechanism associated with generation of upward Alfvén waves and the resultant acceleration of the low energy electrons.

1990年2月26日にノルウェーのアンダーヤ基地からバルセーティングオーロラに向けて打ち上げられたS-520-12号機北欧ロケットによって得られた電子フラックスの観測結果を報告する。前回の学会では8kev以上の降下電子フラックスにバルセーションが見られると報告したが、その後の解析により1.4kev以上の降り込みフラックスにバルセーションがみられ、5kev以上のフラックスのモジュレーションが特に顕著である事が判明した。また、高度約360kmの所で23ev~200evの低いエネルギーの降り込み電子が観測された(下図)。この降込みは約10秒間持続し、20秒間隔で2回観測されたが、この間ロケットは2つのバルセーティングパッチの間を通過していた。降込みフラックスは23ev~200evの範囲で同相であり、このことから観測された低エネルギー電子のソースはロケット高度から6000km以内であると考えられる。この低いエネルギーの降り込み電子を説明するために、我々は次のようなモデルを考えた。バルセーションパッチ中へ数kev~数十kevの高いエネルギーの電子が降り込む→電離層の電気伝導度が変化する→電離層電流及び磁力線方向の電流が変化する→その変化がアルヴェン波として磁力線に沿って伝わる→アルヴェン波の wave front で電子が加速される  
このモデルに基づいて、観測されるべき電子エネルギーの見積りを行うと、約300evになり、観測結果と良い一致を示した。

S-520-12 ELECTRON DATA



パルセイティングオーロラ  
に伴う LF 帯波動の観測

森岡 昭<sup>1</sup> 宮岡 宏<sup>2</sup> 大家 寛<sup>1</sup> 町田 忍<sup>3</sup>  
斎藤 義文<sup>4</sup> 平原 聖文<sup>4</sup> 向井 利典<sup>3</sup>

1:東北大理 2:極地研 3:宇宙研 4:京大理

LF Wave Emissions Associated with the Pulsating Aurora  
--- Results from S-520-12 Rocket Experiment

A.Morioka, H.Miyaoka, H.Oya, S.Machida,  
Y.Saito, M.Hirahara, and T.Mukai  
1 Geophysical Institute, Tohoku University  
2 National Polar Research Institute  
3 Institute of Space and Astronautical Science  
4 Faculty of Science, Kyoto University

The S-520-12 rocket was launched on Feb.26,1990, from Andoya Rocket Range ,Norway. Particles, fields, and waves associated with the pulsating aurora have been measured by this rocket experiment. The LF emissions of whistler mode, in the frequency range from 40 kHz to 140 kHz, have been detected with the intensity modulation in the pulsating aurora. This intensity modulation with the period of about 12.5 sec, is associated with the auroral pulsations.

1. 序

1990年2月26日 02:06 UT, ノルウェー Andoya ロケット基地から S-520-12 号機が打ち上げられた。ロケットは明け方のパルセイティングオーロラの中を飛行し、粒子、波動、磁場、プラズマ及び電場の観測を行った。本ロケット実験では、パルセイティングオーロラの中ではこれまで観測例の無い、LF帯の波動の観測が行われた。本報告では、パルセイティングオーロラに伴って観測された、脈動する hiss 状 LF 帯波動の特性について報告する。

周波数 40 kHz から 140 kHz の LF 帯域に平均周期約 12.5 秒の周期的強度変動成分を抽出した。第1図に観測された周波数 77 kHz の LF 帯波動の強度変動と、同時に地上から観測されたロケット軌道近傍でのパルセイティングオーロラの時間変動を示す。両者の変動の周波数スペクトルを第2図に示す。地上から計測した脈動オーロラの周期は平均 14 秒であった。

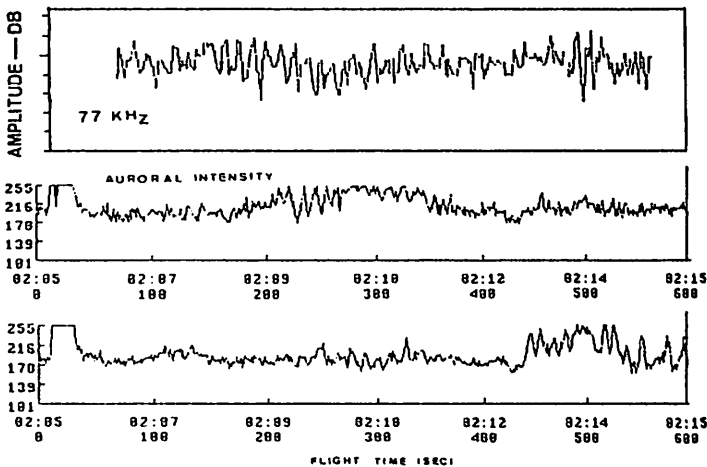
2. 観測

電界を検出するセンサーには lip to lip 2.5m のダイポールアンテナが用いられた。受信機は、周波数 20kHz ~ 5MHz の帯域を時間分解能 1.28 秒で観測するもので、EXOS-D 衛星搭載の PWS 装置と同型の受信機である。

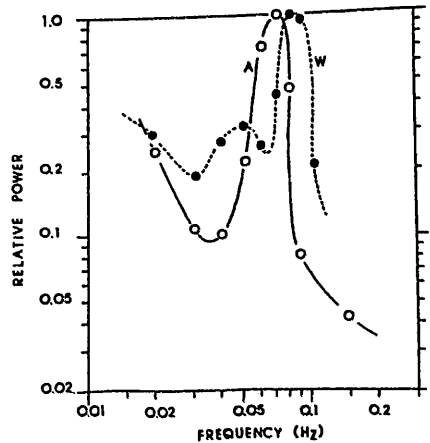
ロケットは正常に飛行し、受信機は、高度約 100 km より

3. 検討

パルセイティングオーロラに伴う LF 帯波動が存在することが、本ロケット実験によって初めて明らかにされた。このエミッションはホイッスラーモード波であることがプラズマパラメータ観測から示される。同時に搭載された電子スペクトル観測では高エネルギー成分と同時に低エネルギー成分の脈動的変動が観測されている。この粒子成分によりオーロラヒスと同様なメカニズムでパルセイティング LF ヒスが発生していることが検討されている。



第1図 周波数 77 KHz の LF 帯波動 (上) とロケット軌道付近のパルセイティングオーロラ



第2図 パルセイティングオーロラ (A) と LF 帯波動 (W) の強度変動スペクトラム