

# 第85回 地球電磁気・地球惑星圏学会講演会

85th SGEPSS Spring Meeting

## 講演予稿集

Abstracts

- とき / 平成元年 5月10日(水)~12日(金)
- ところ / 国民生活センター

May 10-12, 1989

Kokumin Seikatsu Center

地球電磁気・地球惑星圏学会

Society of Geomagnetism and Earth, Planetary and Space Sciences  
(SGEPSS)

# 地球電磁気・地球惑星圏学会

Society of Geomagnetism and Earth, Planetary and Space Sciences  
(SGEPSS)

## 第85回総会・講演会プログラム

日時 平成元年 5月10日(水)～12日(金)

場所 国民生活センター

神奈川県相模原市 弥栄3-1-1

TEL 0427 (58) 3161

	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
5月10日(水)	I	宇宙線・惑星間空間			惑星間空間			地磁気・ULF		地磁気・ULF		
	II	大気圏力学			大気圏組成放射			大気圏組成放射		磁気圏構造		
	III	地電位 電気伝導度		電気伝導度 テクトノマグネティズム		磁気異常			磁場成因・主磁場・ 永年変化			
5月11日(木)	ポスターセッション				宇宙研見学		特別講演		総会		懇親会	
5月12日(金)	I	電離圏		電離圏		磁気圏波動		磁気圏波動		磁気圏波動		
	II	あけぼの		あけぼの		オーロラ		オーロラ		オーロラ		
	III	古地磁気		古地磁気		古地磁気 岩石磁気		太陽系の起源		惑星磁気圏		

\*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台が用意されています。

\*5月13日(土)に「ダイナモ シンポジウム」が開催されます。  
詳しくは 19 ページを御覧下さい。

開始時間	第 I 会場	第 II 会場	第 III 会場
9:45	宇宙線・惑星間空間 座長 袴田和幸 (中部大工)	大気圏力学 座長 深尾昌一郎(京大超高層)	地電位・電気伝導度 座長 歌田久司 (東大震研)
10:00	I-1 1986年2月における宇宙線のFORBUSH DECREASEと日変化 藤井善次郎、上野裕幸(名大理)	II-1 MUレーダーによる中間圏乱流散乱層の水平構造の観測 山本 衛、津田敏隆 (京大超高層)、佐藤 亨 (京大工)、深尾昌一郎、加藤 進 (京大超高層)	III-1 多電極による地電位差観測 山崎 明、石井美樹、豊留修一、小池捷一(地磁気観)、森 俊雄(気象庁地震火山部)
10:15	I-2 地磁気擾乱の周期性と太陽活動の関係 大木俊夫、斎藤尚生 (東北大理)	II-2 REFLECTION AND RADIATIVE DAMPING OF EQUATORIAL WAVES IN THE STRATOSPHERE AND MESOSPHERE C.A.REDDY (京大超高層)、LEKSHMI VIJAYAN (Space Physics Laboratory)	III-2 長基線地電位の誘導電位変化の除去 高山寛美(気象研)、森 俊雄(気象庁地震火山部)
10:30	I-3 緯度とm数に依存した太陽磁気圏の非一様自転 斎藤尚生、大木俊夫 (東北大理)	II-3 MUレーダーによって観測された成層圏、対流圏における重力波の鉛直伝搬特性の季節変化 阿尾直樹、有賀 理、深尾昌一郎、山本 衛、津田敏隆、加藤 進 (京大超高層)	III-3 BAYTAP-Gを用いた地電位データの解析 -水戸、会津若松の比較- 小嶋美都子(地磁気観)森 俊雄(気象庁地震火山部)高山寛美(気象研)
10:45	I-4 太陽圏内外の宇宙線の流れ -松代(220m.w.e.の深さ)における恒星時異方性の観測 森 覚、安江新一、鷺坂修二(信大理)、一之瀬巨典(信大教養)	II-4 中層大気における重力波活動度の季節変化のMUレーダー観測 村山泰啓、津田敏隆、野村剛彦、山本 衛、加藤 進、深尾昌一郎 (京大超高層)	III-4 西日本地殻活動域における地電位差の連続観測 -兵庫県山崎断層及び鳥取県三朝の場合- 宮腰潤一郎、西田良平(鳥取大教養)
11:00	I-5 宇宙線の短周期変動 山田良実、柴田祥一、長島一男、榊原志津子 (名大理)	II-5 中層大気における重力波の周波数スペクトルのMUレーダー観測 津田敏隆、野村剛彦、村山泰啓、加藤 進、深尾昌一郎 (京大超高層)	III-5 海成粘土層露頭地域における比抵抗変化について 領木邦浩 (上神谷高)
11:15	I-6 坂下地下宇宙線の恒星時半日変化 上野裕幸、藤井善次郎、山田良実 (名大理)	II-6 ホイッスラ発生頻度の短周期及び長周期構造 山本高士、島倉 信 (千葉大工)、早川正士 (名大空電研)	III-6 四国地方の地殻比抵抗構造 地殻比抵抗研究グループ 大久保晃(神大理)、小川康雄(地質調査所)、塩崎一郎(神大自然科学)、一北岳夫(神大理)、藤田清士(神大理)、山口 覚(帝国女子短大)、安川克巳(神大理)、藤原 智(京大理)、住友則彦(京大教養)
11:30	I-7 宇宙線強度変動非周期成分のフラクタル解析 安江新一、安谷佳浩、森 覚(信大理)	II-7 対流圏及び下部成層圏における反射エコーと屈折率の高度勾配の関係 水本政宏、津田敏隆、加藤 進、深尾昌一郎(京大超高層)	III-7 伊豆大島におけるELF-MT繰り返し測定結果 歌田久司、笹井洋一、下村高史 (東大震研)
11:45	I-8 宇宙線日変化スペクトルと惑星間空間プラズマ 宗像義教 (中部大工)、森 覚 (信大理)	II-8 放送衛星電波とMUレーダーを用いた降水の微細構造の研究 佐藤 亨、岩井誠人、山田 徹、木村磐根(京大工)	III-8 日本海大和海盆下の電磁気構造とその成因 浜野洋三、歌田久司 (東大震研)、瀬川蘭朗(東大海洋研)
12:00	(昼休み)	(昼休み)	III-9 フェンデフカ海洋プレートの電気抵抗2次元モデル EMSLABグループ [趙国澤(中国国家地震局)]
12:15			III-10 北アナトリア断層西部域(Iznik-Geyve)における全磁力観測 大志万直人(日大文理)A.M.Isikara、M.K.Tuncer(ボアジチ大地球物理)、本蔵義守(東工大理)
			(昼休み)

開始時間	第 I 会場	第 II 会場	第 III 会場
	惑星間空間 座長 前沢 洌 (名大理)	大気圏組成放射 座長 岡野章一 (東北大理)	
13:00	I-9 磁気中性面の太陽活動周期変化 小島正宜、柿沼隆清 (名大空電研)	II-9 ドブソン全量オゾン・データのトレンド解析 小池 真、小川利紘 (東大理)	
13:15	I-10 太陽フレア起源の太陽風磁気雲 丸橋克英 (通総研)	II-10 成層圏・対流圏オゾン観測用 多波長レーザーレーダーによるオゾン・気温の観測 (II) 笹野泰弘、林田佐智子、中根英昭、杉本伸夫、松井一郎、湊 淳 (国公研)	磁気異常 座長 玉木賢策 (東大海洋研)
13:30	I-11 太陽風速度とHeI(1083nm)吸収線強度 袴田和幸 (中部大工)、小島正宜、柿沼隆清 (名大空電研)	II-11 波長可変半導体レーザーヘテロダイン分光計によるO <sub>3</sub> およびN <sub>2</sub> Oの観測: 1. 観測装置 岡野章一、田口 真、福西 浩 (東北大理)	III-11 活断層に伴う磁気異常 加藤隆司 (富山大)、土居 光、中山 武 (京大防災研)、酒井英男、広岡公夫 (富山大)
13:45	I-12 固有値解析に基づいたMHD計算法 田中高史 (通総研)	II-12 波長可変半導体レーザーヘテロダイン分光計によるO <sub>3</sub> およびN <sub>2</sub> Oの観測: 2. 高度分布 田口 真、岡野章一、福西 浩 (東北大理)	III-12 房総半島南部における地磁気全磁力観測と地殻構造 富士原敏也、木下 肇 (千葉大理)、森尻理恵 (地質調査所)、小倉純雄 (千葉大理)
14:00	I-13 マグネトシースにおける磁場擾乱の大きさと諸太陽風パラメーターとの関係 樋口知之 (統計数理研)、国分 征 (東大理)	II-13 成層圏NOの日変化 Pirre(LCPE)、近藤 豊、岩田 晃、高木増美 (名大空電研)、W.A. Matthews (DSIR)	III-13 日本海盆東部の磁化分布とテクトニクス 島 伸和、伊勢崎修弘 (神大理)
14:15	I-14 On a relationship between solar wind parameters and geomagnetic storm 桜井 享 (東海大工)	II-14 大気OHの地上観測 村田 功、岩上直幹、小川利紘 (東大理)	III-14 日本列島とその周辺海域の地磁気異常プロファイルと地殻の磁氣的構造 植田義夫 (海上保安庁)
14:30	I-15 太陽風-磁気圏の相互作用によるMHD発電とその交流 (AC) 効果 (II) 渋谷仙吉 (山形大理)	(休み)	III-15 北フィジー海盆のリフト周辺における地磁気異常について 上嶋正人、棚橋 学、岸本清行、横倉隆伸、本座栄一 (地質調査所)
14:45	I-16 彗星イオンと太陽風プラズマとの相互作用による波動不安定性の非線形発展: 二次元計算機実験 小嶋浩嗣、松本 紘、大村善治 (京大超高層)	大気圏組成放射 座長 林田佐智子 (国公研)	III-16 海洋地磁気異常のグローバル解析 (I) 北太平洋の地磁気異常振幅の解析 佐柳敬造、玉木賢策 (東大海洋研)
15:00	(休み)	II-16 北極の冬の成層圏のエアロゾルの形態観察 - PSC粒子の化学組成とオゾンホール- 岩坂泰信 (名大空電研)、大和政彦、古賀聖治、林 政彦、小野 晃 (名大水圏研)、近藤 豊、金田昌廣、鳥山哲司、小口 高 (名大空電研)、近藤幸治 (高層気象台)、P. Aumedieu (CNRS)、W.A. Matthews (DSIR)	(休み)



開始時間	第 I 会場	第 II 会場	第 III 会場
	<p><b>地磁気・ULF</b> 座長 湯元清文 (名大空電研)</p>		<p><b>磁場成因・主磁場・永年変化</b> 座長 浜野洋三(東大震研)</p>
15:15	I-17 1986年2月6日のSCの伝播について 永野 宏 (朝日大)	II-17 極域成層圏雲内で生成される重力沈降性粒子による硝酸の輸送 岩坂泰信(名大空電研)、林 政彦 (名大水圏研)	III-17 キネマティック・ダイナモの固有値: 単一速度成分の場合 河野 長(東工大理)
15:30	I-18 Dynamical structure of the dayside magnetopause during the Si event on February 9, 1986 桑島正幸、角村 悟 (地磁気観)	II-18 クライオサンプリング法による成層圏大気微量成分の研究 伊藤富造、本田秀之 (宇宙研)、酒井 均、堤 眞、蒲生俊敬 (東大海洋研)、中澤高清、橋田 元 (東北大理)、富永 健、巻出義紘、八巻竜太郎 (東大理)	III-18 外核の流体運動のメカニズムについて 高柳博一、本蔵義守(東工大理)
15:45	I-19 1989年3月の地磁気嵐について (速報) 徳本哲男、上井哲也 (地磁気観)	II-19 ロケット搭載用高感度近赤外放射計の開発 山本博聖、安孫子文昭、内藤一郎、関口宏之、牧野忠男 (立教大理)	III-19 ZONAL TOROIDAL VELOCITY FIELD IN THE EARTH'S CORE 松島政貴、本蔵義守(東工大理)
16:00	I-20 地磁気の静穏日変化と擾乱の強度相関 門倉真二 (地磁気観)	II-20 OI 6300 Å 大気光薄明前増光のROCKET観測 嵩地 厚、宮下暁彦、田鍋浩義 (国立天文台)、奥田光直 (弘前大教育)	III-20 EXACT ALFVEN WAVE SOLUTION IN A CIRCULAR MAGNETIC FIELD 並川富一、浜端広充(大阪市大理)
16:15	I-21 高緯度ULFと低緯度ULFの境界 北村泰一、篠原 学 (九大理)、桑島正幸 (地磁気観)、田中義人 (名大空電研)	(休み)	III-21 地球磁場の非ポテンシャル部分に関する議論 福島 直
16:30	(休み)	<p><b>磁気圏構造</b> 座長 町田 忍 (宇宙研)</p>	III-22 ESTIMATION OF THE TOROIDAL CURRENT INTENSITY ASSOCIATED WITH GEOMAGNETIC ANOMALIES ORIGINATING IN THE EARTH'S CORE 佐納康治、杉浦正久(京大理)
16:45	<p><b>地磁気・ULF</b> 座長 竹田 雅彦 (京大理)</p>	II-21 Dawn-dusk 方向に伝搬する Neutral sheet の波動 西田篤弘、中川朋子 (宇宙研)	III-23 日本の過去11000年の地磁気永年変化 (複素MEMスペクトルからみた周期変動) 糸田千鶴、兵頭政幸、安川克巳(神大理)
17:00	I-22 地磁気Sq電流系の中心 前田憲一	II-22 Recirculation in the Terrestrial Magnetosphere 藤本正樹、西田篤弘 (宇宙研)	III-24 TIME-DEPENDENT FEATURES OF MAGNETIC FLUX AT THE CORE-MANTLE BOUNDARY 本蔵義守、松島政貴(東工大理)
17:15	I-23 冬至時の電離層ダイナモによる磁場変化と等価電流系 竹田雅彦 (京大理)	II-23 磁気圏のシミュレーションにおける最近の成果 南 繁行、今中博文 (大阪市大工)、牟田智明、竹屋芳夫 (中部大工)、H.Rahman (IGPP,UCR)	
17:30	I-24 THE CAVITY MODE NATURE OF LOW LATITUDE Pi 2 PULSATIONS P.R.Sutcliffe (Hermanus Magnetic Observatory)、湯元清文 (名大空電研)	II-24 磁気圏尾部外部境界の空間分布 大谷晋一、國分 征 (東大理)	
17:45	I-25 GENERATION MECHANISM OF SUBSTORM-ASSOCIATED GLOBAL Pi 2 WAVES 湯元清文(名大空電研)	II-25 昼間側地球磁気圏における孤立的磁場変動の空間依存性と成因 河野英昭、國分 征 (東大理)、K.Takahasi (JHU/APL)	
17:45	I-26 南極における無人観測システムの建設 坂 翁介 (九大理)、佐藤夏雄 (極地研)	II-26 オレンジ型質量分析器の磁気圏プラズマ観測への応用 -計算機設計に基づく試作とその予備実験についての報告- 平原聖文 (京大理)、向井利典 (宇宙研)、町田 忍 (宇宙研)	

9 : 0 0 - 1 2 : 0 0

- |   |   |
|---|---|
| <p>P-1 伊豆海嶺における海底MT観測<br/>藤 浩明、瀬川爾朗 (東大海洋研)</p> <p>P-2 フライド湾における海底地磁気観測<br/>瀬川爾朗、藤 浩明 (東大海洋研)</p> <p>P-3 地震に伴う電磁放射現象観測データの公衆電話回線による収集システムの開発<br/>伍井 力 (電通大)、岡沢康裕 (沖電気)、冨澤一郎、瀬尾洋一、芳野越夫 (電通大)</p> <p>P-4 1910-1983年地球磁場モデルを用いた“60年変動”の解析<br/>横山由紀子、行武 毅 (東大霞研)</p> <p>P-5 A MODEL OF DIFFERENTIAL ROTATION WITH SPECIAL REFERENCE TO THE SOLAR DYNAMO<br/>大貫弘毅、松島政貴、木村文乃、本蔵義守 (東工大理)</p> <p>P-6 走磁性微生物体と粉末図形法を用いた隕石中の磁性粒子のNS極の判定<br/>船木 賢 (極地研)、酒井英男 (富山大)、松永 是 (東京農工大)</p> <p>P-7 完全自動・一体化した残留磁気測定・交流消磁・帯磁率異方性測定システム<br/>新妻信明、小山真人 (静大理)</p> <p>P-8 自動制御されたスピナー磁気計システムによる古地球磁場強度の測定<br/>星 雅之、河野 長 (東工大理)</p> <p>P-9 2 G社製の自動残留磁化測定装置の性能<br/>中島崇裕、河野 長 (東工大理)</p> <p>P-10 石筍の古地磁気記録中の地磁気エクスカージョン (!?)<br/>森永速男 (神大自然科学)、堀江郁子 (神大理)、村山春子 (神大理)、安川克巳 (神大理)</p> <p>P-11 石筍に記録された中華人民共和国南部の地磁気永年変化<br/>劉育燕 (神大理)、森永速男 (神大自然科学)、安川克巳 (神大理)</p> <p>P-12 東京周辺の土器及び瓦による奈良・平安時代の古地磁場強度<br/>上野直子 (東洋大文)、河野 長 (東工大理)</p>   | <p>P-25 局在化したInjection領域<br/>中村るみ (東大理)、小口 高 (名大空電研)</p> <p>P-26 磁気圏モデル中の荷電粒子の軌道計算と共同転電場の効果<br/>高橋 俊、家森俊彦 (京大理)</p> <p>P-27 サブストームに伴う高エネルギー粒子フラックス空間分布の計算<br/>池辺 洋 (電通大)、江尻全機 (極地研)、芳野越夫 (電通大)</p> <p>P-28 ゴットハブ (グリーンランド) におけるオーロラ観測<br/>巻田和男 (拓大工)、山岸久雄 (極地研)、江尻全機 (極地研)、平澤威男 (極地研)</p> <p>P-29 I P D P の一例研究: 準極光帯に於ける南北三点での観測に基づく<br/>T.W.Koleszar (UBC理)、渡辺富也 (東大理)、他7名 (Pulsating Aurora Campaign Group)</p> <p>P-30 Oscillative variation of ionospheric electric field after SI event on February 9, 1986<br/>角村 悟、桑島正幸 (地磁気観)、貝沼昭司、菊池 嵩 (通総研)</p> <p>P-31 P c 1-5 地磁気脈動のグローバルダイナミックス<br/>林 幹治、山本達人、国分 征 (東大理)、小口 高 (名大空電研)</p> <p>P-32 1986年2月初旬の地磁気嵐に伴うHFドップラー変動<br/>貝沼昭司、小川忠彦、加藤仲夏、野尻英行、鎌田満博、黒須隆志、川原昌利、國武 学、井口幸仁 (通総研)</p> <p>P-33 HFドップラーデータにみられる電離層長周期変動 (2)<br/>矢部克行、吉村康男、柴田 喬、奥澤隆志 (電通大)</p> <p>P-34 宇宙嵐1988年12月サンダイアル国際協同観測期間の観測概要<br/>犬木久夫、皆越尚紀、菊池 崇 (通総研)、深尾昌一郎 (京大超高層)、CRLサンダイアルグループ</p> <p>P-35 宇宙嵐 (1988.11.30) の原因究明<br/>富田二三彦、磯崎 進、大部弘次、亘 慎一、瀬端好一、徳丸宗利 (通総研)、小島正宜 (名大空電研)</p>  |
| <p>P-13 PALEOINTENSITY STUDIES ON HISTORICAL AND C-14 DATED HAWAIIAN LAVAS - PRELIMINARY RESULTS -<br/>田中秀文、河野 長 (東工大理)</p> <p>P-14 太陽コロナは原始太陽雲の化学組織をもっているか?<br/>桜井邦朋 (神奈川大工)</p> <p>P-15 非弾性衝突による Kepler 粒子軌道要素の変化<br/>大槻圭史、中川義次 (東大理)</p> <p>P-16 太陽風中の速度不均一による発熱について<br/>三宅 互 (通総研)</p> <p>P-17 「さきがけ」による PWP (プラズマ波動観測) データの詳細解析<br/>- 厳密な定量的扱い -<br/>小林敬生、大家 寛、森岡 昭、鮫島雅英 (東北大理)</p> <p>P-18 惑星空間磁場中の面状構造の成因について<br/>中川朋子、西田篤弘 (宇宙研)</p> <p>P-19 太陽の自転を考慮に入れた太陽プラズマ構造の解析<br/>鷺見治一 (名大空電研)</p> <p>P-20 乱雑な ALFVEN 波の変調不安定<br/>浜端広充、並川富一 (大阪市大理)</p> <p>P-21 3-DIMENSIONAL MHD SIMULATION OF MAGNETIC FLUX ROPES<br/>T.Ogino (名大空電研)、R.J.Walker, and M.Ashour-Abdalla (UCLA)</p> <p>P-22 沿磁力線方向に非一様性のあるプラズマ中での磁気流体波の結合振動の数値解析<br/>藤田 茂 (地磁気観)、V.L.Patel (NSF)</p> <p>P-23 The Facility of HIPAS (High Power Auroral Stimulation)<br/>A.Y.Wong (UCLA)、S.Minami (大阪市大)、T.Tanikawa (東海大)、Y.Nakamura (ISAS)、UCLA/UA HIPAS group</p> <p>P-24 マグネトスースにおける磁場擾乱の空間構造<br/>鷹見雅和 (東大理)、樋口知之 (統計数理研)、国分 征 (東大理)</p> | <p>P-36 1988年11月30日の地磁気嵐に伴う20GHz電離層シンチレーション<br/>西牟田一三、小川忠彦、皆越尚紀 (通総研)</p> <p>P-37 1988年11月30日の電離層擾乱現象<br/>- E T S - II 衛星電波によって観測されたシンチレーションと全電子数 -<br/>皆越尚紀、西牟田一三、満留博人 (通総研)</p> <p>P-38 1988年11月30日に観測された大規模電離層シンチレーションと東向き電場の役割<br/>丸山 隆、岡村 智 (通総研)</p> <p>P-39 1988年11月30日の電離層擾乱現象<br/>- デジタルソナード256で観測された電離層の様相<br/>猪木誠二、皆越尚紀、永山幹敏、加藤久雄、竹内鉄男 (通総研)</p> <p>P-40 N N S S 衛星による1988年11月30日のシンチレーション観測<br/>大高一弘、國武 学、小川忠彦 (通総研)</p> <p>P-41 GEOMAGNETIC EFFECTS OF THE HALL AND PEDERSEN CURRENT FLOWING IN THE AURORAL IONOSPHERE<br/>T.Araki, K.Schlegel (MPI), H.Luhr (IGM)</p> <p>P-42 中緯度非対称地磁気擾乱の性質と磁気圏大規模電流構造<br/>家森俊彦 (京大理)</p> <p>P-43 ロケット誘雷による磁界強度スペクトラムの測定<br/>長野 勇 (金沢大工)、鑿庭 貢 (金沢工大)、牧野将美 (金沢大工)、岡田敏美 (名大空電研)</p> <p>P-44 低緯度共約点観測から推定される LF 帯ホイッスラー・モード波の伝搬特性<br/>田中義人、西野正徳 (名大空電研)</p> <p>P-45 電離層プラズマ中におけるオメガ電波と電力線高調波の非線形相互作用<br/>島倉 信、千葉幸朗 (千葉大工)、早川正士 (名大空電研)、恩藤忠典 (通総研)</p> <p>P-46 低緯度地帯降下粒子 (電子、陽子) のピッチ角分布<br/>永田勝明 (玉川大工)、河野 毅 (理研)、村上浩之、中本 淳 (立教大理)、長谷部信行 (愛媛大教養) 菊池 順、道家忠義 (早大理工研)</p> <p>P-47 Local momentum transfer processes in AMPTE release clouds as seen in 1 D hybrid simulation studies and IRM in-situ data<br/>S.C.Chapman、寺沢敏夫 (京大理)、M.W.Dunlop (Imperial College)</p> |

9 : 0 0 - 1 2 : 0 0

<p>P-48 EXOS-D (あけぼの) のデータ処理について 小原隆博 (宇宙研) EXOS-Dデータ処理WG</p> <p>P-49 EXOS-D (あけぼの) のVLFデータの地上処理 山本正幸、伊藤嘉彦、岸 洋司、木村磐根 (京大工)、橋本弘蔵 (東京電機大工)</p> <p>P-50 EXOS-D搭載用イオン・エネルギー質量分析器 (速報) 賀谷信幸、吉岡 徹 (神大工)、向井利典 (宇宙研)、佐川永一 (通総研)、LEP班</p> <p>P-51 EXOS-D (あけぼの) 搭載磁力計で観測されたField-aligned currentについて 藤井良一(極地研)、福西 浩 (東北大理)、国分 征、林 幹治 (東大理)、岡野章一 (東北大理)、湯元清文 (名大空電研)、杉浦正久 (京大理)、利根川豊 (東海大工)、遠山文雄 (宇宙研)、名取通弘 (宇宙研)、EXOS-D MGF班</p> <p>P-52 EXOS-D (Akebono) によって観測されるAKR波動のPoynting計測の結果 森岡 昭、大家 寛 (東北大理) 小野高幸、宮岡 宏 (極地研)、小原隆博 (宇宙研)</p> <p>P-53 EXOS-D (あけぼの) 搭載電場計測器(リチウムイオン銃)の開発 河野祐一、鶴田浩一郎、早川 基 (宇宙研)、中村正人 (MPI)</p> <p>P-54 『あけぼの』(EXOS-D)衛星搭載ダブルプローブによる磁気圏電場の計測 -速報- 岡田敏美 (名大空電研)、早川 基、鶴田浩一郎、西田篤弘、向井利典、町田 忍、小原隆博 (宇宙研)、前沢 列 (名大理)、田中義人 (名大空電研)、江尻全機、門倉 昭 (極地研)、村田好生 (物性研)、金子洋三郎 (都立大)、F.S.Mozer (UCB)、G.Haerendel、中村正人 (MPE)</p> <p>P-55 ラマン散乱を利用した大気観測(II);ラマン散乱ライダーによる水蒸気量計測 岩坂泰信(名大空電研)、林 政彦 (名大水圏研)</p> <p>P-56 大気微量成分の地上分光測定 岩上直幹、村田 功、小川利敏 (東大理)</p>	<p>P-57 He-Neレーザーを用いたメタン連続直接測定法の開発 II 北 和之、岩上直幹、小川利敏 (東大理)</p> <p>P-58 D層観測用負イオンプローブ 山崎直人、竹谷芳夫 (中部大工)、南 繁行 (大阪市大工)</p> <p>P-59 VOYAGER 2 / 海王星電波科学観測計画におけるデータ取得/処理準備状況 水野英一、河島信樹、小山孝一郎、佐々木進 (宇宙研)、橋場 孝 (日本電子開発)</p> <p>P-60 地殻に伴うインフラソニック波の地表-電離層間伝達関数の推定 玉木伸之、吉村康男、柴田 喬、奥澤隆志 (電通大)</p> <p>P-61 オーロラX線のゴースト像シュミレーション 小玉正弘 (山梨医大) 小倉紘一 (日大生産工)</p> <p>P-62 電離層吸収現象 (CNA) の2次元画像化パソコンシステムの開発 西野正徳、佐藤 貢、田中義人 (名大空電研)、山岸久雄 (極地研)</p> <p>P-63 SFUプラズマ環境計測器を用いたプラズマウェイクの研究 佐々木進、渡辺勇三、小山孝一郎、河島信樹 (宇宙研)、賀谷信幸 (神戸大)、横田俊昭 (愛媛大)、宮武貞夫 (電通大)、佐川永一 (通総研)、太田正廣 (都立大)、遠山文雄 (東海大)</p> <p>P-64 E層総合観測実験 (S-310-18号機)のインピーダンスプローブ特性 渡辺勇三(宇宙研)</p> <p>P-65 ELF帯受信用小型広帯域ループアンテナの開発 富澤一郎 (電通大)</p> <p>P-66 マイクロコンピュータネットワークを用いたデカメータ波長距離干渉計観測施設 オンラインシステムの開発 飯島雅英、大木章一、三沢浩昭、大家 寛、森岡 昭 (東北大理)</p> <p>P-67 重粒子テレスコープのペバラック照射実験 宗像一起、河野 毅、今井 喬、米田 晃、松岡 勝 (理研)、 Hank Crawford (Lawrence Berkeley Laboratory)</p>
---	---

## 第 2 日 目

5月11日(木)

開始時間	
13:00	宇宙研見学
14:30	第 II 会場
	特別講演『最近のX線天文学の進歩』 田中靖郎 宇宙科学研究所  『科学観測のための宇宙輸送系』 松尾弘毅 宇宙科学研究所
16:00	記念写真撮影
16:30	第 II 会場
	総 会
18:30	懇 親 会

開始時間	第 I 会場	第 II 会場	第 III 会場
	<b>電離圏</b>	<b>あけぼの</b>	<b>古地磁気</b>
	<b>座長 佐藤 享 (京大工)</b>	<b>座長 宮岡 宏 (極地研)</b>	<b>座長 乙藤洋一郎 (神大理)</b>
9:00	I-27 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ロロジー 深尾昌一郎、白川達也(京大超高層)、佐藤 享(京大工)、津田敏隆、山本 衛、加藤 進(京大超高層)	II-27 『あけぼの』衛星の概要 鶴田浩一郎(宇宙研)、大家 寛(東北大)、西田篤弘(宇宙研)、『あけぼの』チーム	III-25 国際深海掘削計画第117次航海で採取されたオマーン沖堆積物の古地磁気層序 林田 明(同志社大)J. Bloemendal (University of Rhode Island)
9:15	I-28 MUレーダーによるF領域電子密度の多点同時観測 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(京大超高層)	II-28 「あけぼの」(EXOS-D)に搭載された電場計測機の概要 早川 基、鶴田浩一郎、西田篤弘、向井利典、町田 忍、小原隆博(宇宙研)、前沢 冽(名大)、田中義人、岡田敏美(名大空電研)、江尻全機、門倉 昭(極地研)、村田好正(物性研)、金子洋三郎(都立大)、F.S. Mozer(UCB)、G. Haerendel、中村正人(MPE)	III-26 Kerguelen海台の古地磁気(2) (ODP LEG120の成果) - 堆積物の磁化 - 井口博夫(神大理) F. Heider (Munich大) ODP LEG120乗船研究者一同
9:30	I-29 MUレーダーによる中間圏の観測と冬季異常 村岡良和(兵庫医大物理)、川平浩二(富山高専)	II-29 EXOS-D(あけぼの)による磁場観測 福西 浩(東北大理)、藤井良一(極地研)、国分 征(東大理)、名取通弘(宇宙研)、林 幹治(東大理)、遠山文雄、利根川豊(東海大工)、岡野章一(東北大理)、湯元清文(名大空電研)、杉浦正久(京大理)、MGF班	III-27 セレベス海-スル海の古地磁気層序と古緯度 (ODP Leg.124の古地磁気) 渋谷秀敏(阪府大総)D. Merrill (Texas A&M), V. Hsu (LSU) ODP LEG124乗船研究者一同
9:45	I-30 Doppler Spreading of HF Radio Waves Caused by Sporadic-E Disturbances 竹生政資(九大大型計算機センター)	II-30 “あけぼの”衛星・サーチコイル磁力計 UL F / EL F 磁場観測 国分 征、林 幹治(東大理)、藤井良一(極地研)、利根川豊、遠山文雄、青山 巖(東海大)、岡野章一、福西 浩(東北大)、名取通弘(宇宙研)、MGF班	III-28 ODP LEG123(北東インド洋アルゴ深海盆)の古地磁気研究成果 小玉一人(高知大理)J. Ogg(Purdue大)ODP Leg123乗船研究者一同
10:00	I-31 THE ION-MOLECULAR REACTIONS AND THE D-REGION ELECTRON DENSITY 杉山卓也(京大理)、村岡良和(兵庫医大物理)	II-31 「あけぼの」による低エネルギー粒子観測 向井利典(宇宙研)、賀谷信幸(神大工)、佐川永一(通総研)、他EXOS-D LEP班	III-29 中生代磁気反転系列の改編 - 海洋磁気異常層序と陸上磁気反転層序の対比から - 玉木賢策、中西正男(東大海洋研) ジム チャネル(フロリダ大)
10:15	I-32 GPS 2周波相関方式電離圏全電子数測定装置と測定結果 今江理人、三木千紘、川合栄治、高橋富士信(通総研)、C. Thomas (国際度量衡局)	II-32 EXOS-D搭載低エネルギーイオン質量分析器(SMS):速報 B.A. Whalen(NRCC)、巖本 巖、佐川永一(通総研)、SMS班	III-30 An apparent polar wander path for North China block since middle Jurassic 鄭 重、河野 長(東工大理)
10:30	(休み)	(休み)	(休み)
	<b>電離圏</b>	<b>あけぼの</b>	<b>古地磁気</b>
	<b>座長 田中高史 (通総研)</b>	<b>座長 藤井良一 (極地研)</b>	<b>座長 綱川秀夫(東海大開発技研)</b>
10:45	I-33 HFドップラ観測に見られる鋸歯状の周期変動とEs層の運動 亘 慎一、鈴木 晃、貝沼昭司、丸橋克英(通総研)	II-33 EXOS-D TEDによる電子エネルギー分布の観測 阿部琢美(電通大)、小山孝一郎(宇宙研)、渡部重十(NRC、カナダ)、雨宮 宏(理研)、奥澤隆志(電通大)	III-31 中国東北部(遼寧省本溪市周辺)の古地磁気 内村英雄(東工大理)、綱川秀夫(東海大開発技研)、河野 長(東工大理)、魏 青雲(中国科学院)
11:00	I-34 超長基線電波干渉計(VLBI)を用いた電離圏全電子数推定 近藤哲朗、浜 真一(通総研)	II-34 EXOS-D(あけぼの)によるVLF観測速報 木村磐根(京大工)、橋本弘蔵(東京電機大工)、長野 勇(金沢大工)、岡田敏美(名大空電研)、山本正幸(京大工)、芳野起夫(電通大)、松本 紘(京大超高層)、江尻全機(極地研)	III-32 中華人民共和国華南ブロックの極移動曲線(予報) 足立泰久、森永速男(神大自然科学)、劉育燕(神大理)、方国柱(中国地質大)、安川克巳(神大理)
11:15	I-35 S-310-18ロケット観測 - E層中のロケット電位異常降下 - 森 弘隆、佐川永一(通総研)	II-35 EXOS-D(あけぼの)によるプラズマ波動(PWS)観測の成果 - 成果の概要と大規模プラズマ不安定の発見 大家 寛、森岡 昭(東北大理)、小野高幸、宮岡 宏(極地研)	III-33 チベット高原東部の変形を古地磁気学から探る 乙藤洋一郎、井上靖子、船原尚武、村田史之(神大理)、鄭錫潤(中国科学院)
11:30	I-36 K-9M-81/S-310-18号機によるE層熱エネルギー収支に関する総合実験(電子温度の結果) 小山孝一郎(宇宙研)、原 裕樹、阿部琢美(電通大)、渡部重十(宇宙研)、雨宮 宏(理研)、奥沢隆志(電通大)	II-36 EXOS-D(あけぼの)によって行なわれたプラズマ波サウンダー実験の成果 小野高幸(極地研)、大家 寛、森岡 昭(東北大理)	III-34 琉球弧中部-沖繩本島、久米島の古地磁気 三木雅子(神大自然科学)、近藤信哉(神大理)、新城竜一(琉球大理)、古川雅英(神大自然科学)、乙藤洋一郎(神大理)



開始時間	第 I 会場	第 II 会場	第 III 会場
11:45	I-37 人工衛星による電子密度観測値の Wake 擾乱の補正 高橋忠利、大家 寛 (東北大理)	II-37 EXOS-D (Akebono) による静電的ホイッスラモード波の観測 宮岡 宏 (極地研)、大家 寛、森岡 昭 (東北大理)、小野高幸 (極地研)、小原隆博 (宇宙研)	III-35 足尾山地の二疊紀石灰岩の古地磁気 広岡公夫、大久保純一 (富山大理)
12:00	(昼休み)	II-38 “あけぼの” (EXOS-D) によるオーロラの総観的観測。一現状と速報 金田栄祐、山本達人、林 幹治 (東大理)、藤井良一、江尻全機、門倉 昭 (極地研)、佐々木進 (宇宙研)、巻田和男 (拓大工)、小口 高 (名大空電研)	III-36 群馬県東部金山地域、溶結凝灰岩類の放射年代と古地磁気 (予報) 高橋雅紀 (東北大理)、大友育也 (山形大理)、古田明子 (群馬大教育)、斎藤和男 (山形大理)、野村 哲 (群馬大教養)
12:15	磁気圏波動 座長 渡辺成昭 (通総研)	(昼休み)	(昼休み)
12:30			
12:45			
13:00		I-38 中緯度 VLF ホイッスラモード波のダクト伝搬 武尾幸次、西野正徳、田中義人 (名大空電研)	オーロラ 座長 巻田和男 (拓殖大)
13:15	I-39 中国での超低緯度ホイッスラの観測結果 早川正士 (名大空電研)、太田健次 (中部大工)、島倉 信 (千葉大工)	II-39 昼間カスプ近傍の放射状オーロラの起源 小口 高 (名大空電研)、中村るみ (東大理)	III-37 房総半島の海底堆積物に記録されているブリュンヌー松山逆転中の地磁気経年変化 岡田 誠 (東大海洋研)、新妻信明 (静大理)
13:30	I-40 低緯度ダクト伝搬ホイッスラのレイトレーシング 中村義勝、恩藤忠典 (通総研)	II-40 極冠域オーロラとオーロラ吸収像 - グリーンランドにおける掃天リオメータ観測 山岸久雄 (極地研)、巻田和男 (拓殖大工)、江尻全機 (極地研)、菊池 崇 (通総研)、西野正徳、小島 正史 (名大空電研)	III-38 別府湾海底の未個結堆積物の古地磁気 大野正夫、浜野洋三 (東大震研)、岡村 眞 (高知大理)、島崎邦彦 (東大震研)
13:45	I-41 多点観測によるトリガード・エミッションの電離層透過領域の決定 池田 慎 (武蔵大)、鶴田浩一郎、町田 忍 (宇宙研)	II-41 オーロラ・ステレオ観測の画像解析 麻生武彦、橋本 岳、安陪 稔 (京大工)、江尻全機、小野高幸 (極地研)	III-39 複数のコアの堆積残留磁化方位から地磁気 3 成分を復元する方法の検討 (II) 綱川秀夫 (東海大開発技研)
14:00	I-42 VLF トリガードエミッションの周波数変動に関する理論的考察 大村善治、松本 紘 (京大超高層)	II-42 極地における s s c 時電離層吸収 平澤威男 (極地研)	III-40 Chemico-Viscous Remanent Magnetization in Magnetite Ozden Ozdemir (トロント大)
14:15	I-43 ホットプラズマ中での準静電的ホイッスラ波の成長 橋本弘蔵、鮫島敏子 (東京電機大工)	II-43 低エネルギー電子降下 (LEEP) 現象とパルセイティングオーロラとの関係 中島英彰、福西 浩 (東北大理)、小野高幸 (極地研)、F. J. Rich (AFGL)	III-41 Low-temperature and High-temperature Hysteresis and TRM of 215-540 nm Size Magnetites David J. Dunlop and Kenneth S. Argyle (トロント大)
14:30	(休み)	II-44 LF オーロラヒスの強度計算: オーロラ粒子による incoherent Cerenkov radiation 田中泰義、森岡 昭、福西 浩、大家 寛 (東北大理)、向井利典 (宇宙研)、賀谷信幸 (神大工)	(休み)
14:45	I-44 イオンの関与する波動の 3 次元ホットプラズマレイトレーシング 笠原禎也、澤田 晃、木村磐根 (京大工)	オーロラ 座長 山本 隆 (東大理)	太陽系の起源 座長 中川義次 (東大理)
15:00	I-45 計算機シミュレーションによる 2 流体不安定性の非線形成長過程 上田裕子、中原雅裕、宮武貞夫 (電通大)	II-45 カスプ周辺における電子降下と沿磁力線電流 田口 聡、杉浦正久 (京大理)、J. D. WINNINGHAM (SRI)	III-42 原始太陽系星雲中のダスト層の非軸対称重力不安定性 中川義次 (東大理)、関谷 実 (帝京大)
15:15	I-46 不均質プラズマにおける Computer Simulation と Full Wave 計算法との比較 八木谷聡、長野 勇 (金沢大工)、大村善治、松本 紘 (京大超高層)	II-46 DE-2 の観測による沿磁力線電流領域における電場と磁場の擾乱の相関 石井 守、杉浦正久、家森俊彦 (京大理)、N. C. Maynard (AFGL)、J. A. Slavin (GSFC)	III-43 微惑星の衝突による内惑星の自転の起源 井田 茂、中澤 清 (東工大応用物理)
			III-44 FUNDAMENTAL STUDY OF TERRESTRIAL, LUNAR AND ASTEROID MATERIALS BY REMOTE SIMS 三浦保範 (山口大理)、矢守 章、佐々木 進、河島信樹 (宇宙研)、太田正廣 (都立大)

開始時間	第 I 会場	第 II 会場	第 III 会場
15:30	I-47 異方性層状ホットプラズマ中における 静電波・電磁波の数値解析 磯崎英一、木村碧根(京大工)	II-47 DMS P衛星による朝測極冠域アーク の観測 塩川和夫、福西 浩(東北大理)、 小野高幸(極地研)	III-45 Nitrogen isotope measurements using a Quadrupole Mass Spectrometer 橋爪 光、杉浦直治(東大理)
15:45	I-48 Auroral Kilometric Radiation にお ける不均質プラズマの効果 小林 香、大家 寛(東北大理)	II-48 FIELD-ALIGNED CURRENTS AND ASSOCIATED TOTAL MAGNETIC FIELD DEPRESSION IN THE NIGHTSIDE MAGNETOSPHERE OBSERVED BY IMP-EYE 山本達人(東大理)、 Ronald P. Lepping (NASA/GSFC)	III-46 <sup>40</sup> K-核崩壊定数の変化:化学結合及び 外圧による 草場匡宏(東大理)、今村峯雄(東大 原子核研)、八木健彦(東大物性研)、 比屋根肇(東大理)
16:00	I-49 DE-1によって夜側磁気圏で観測さ れたインパルス構造のヒス 恩藤忠典、中村義勝、渡辺成昭(通 総研)	II-49 Dawnside Auroral Phenomena Observed by using the Monochro- matic Auroral TV Cameras 港屋浩一(電通大)、小野高幸(極 地研)、平澤威男(極地研)、芳野 赳夫(電通大)	III-47 マントル物質中の <sup>244</sup> Pu-フィッショ ンXeの存在と初期マントル脱ガス 小嶋 稔、(東大理) 吾妻瞬一(東 大理)
16:15	(休み)	II-50 1957年(IGY)以来日本で観測 された低緯度-大型赤色-オーロラ の特性 斎藤文一(新潟大理)	III-48 MORB及びLoihi海底火山ガラス中の 希ガス:地球の初期史への制約条件 比屋根 肇、小嶋 稔、座主繁男 (東大理)、酒井 均(東大海洋研)
	磁気圏波動 座長 大村善治(京大超高層)		
16:30	I-50 プラズマポーズ付近におけるDE-1の スピン効果による波動解析 渡辺成昭、恩藤忠典、中村義勝、 佐藤正樹、沢田史武(通総研)	(休み)	(休み)
		オーロラ 座長 山本達人(東大理)	惑星磁気圏 座長 富沢一郎(電通大)
16:45	I-51 Farley-Buneman 不安定性の計算機 実験および、その電離層現象への応用 町田 忍(宇宙研)、C.K.Goertz (アイオワ大)	II-51 EVIDENCE OBTAINED BY DE-2 FOR MIDLATITUDE FIELD- ALIGNED CURRENTS DRIVEN BY AN IONOSPHERIC SOURCE 杉浦正久(京大理)、花土 弘(京 大理)、N.C.Maynard (AFGL)、 J.A.Slavin (GSFC)	III-49 二次元干渉計網と偏波計による木星デ カメラ電波の同時観測 大木章一、三沢浩昭、大家 寛、森 岡 昭(東北大理)
17:00	I-52 磁気圏尾部におけるGEOTAILと周 辺プラズマとの相互作用に関する計算 機実験 岡田雅樹、大村善治、松本 紘(京 大超高層)	II-52 A PARTICLE SIMULATION OF LARGE AMPLITUDE UNDULA- TIONS ON THE EVENING DIFFUSE AURORAL BOUNDARY (II) 山本 隆(東大理)、巻田和男(拓大工)、 C. -I. Meng (Johns Hopkins Univ.)	III-50 Io衛星と木星磁気圏プラズマとの電磁 流体相互作用: II.数値モデリングと観測磁場擾乱 の解釈 山下実若、玉尾 孜(東大理)
17:15	I-53 宇宙プラズマ中の非線形三波相互作用 の理論的考察 平田尚志、橋野嘉孝、松本 紘、 大村善治(京大超高層)	II-53 大規模沿磁力線電流系により引き起 こされるWTSに伴う磁力線のねじれ: 観測と数値計算 西谷 望(東大理)、小口 高(名 大空電研)	III-51 木星デカメートル波広帯域偏波スペク トラムと多地点固定周波数強度変動デー タとの比較 今井一雅、上山智代(高知高専)
17:30	I-54 シャトル・テザー衛星の電磁力学過程 の計算機実験(III) 臼井英之、松本 紘、大村善治(京大 超高層)	II-54 磁気圏プラズマとの対応に基づく沿磁 力線電流の構造 芝地貴夫、飯島 健(東大理)	III-52 木星磁気ディスクにおける角運動量輸 送機構 寺沢敏夫(京大理)
17:45	I-55 電子ビームの放出による衛星の電位変 動 新井理弘、宮武貞夫(電通大)	II-55 沿磁力線プラズマ流が存在する場合の 沿磁力線電流-電圧関係式 三浦 彰(東大理)、鷲見治一(名 大空電研)	III-53 JOVIAN DECA-METRIC RADIA- TION AND INTERPLANETARY SCINTILLATION 前田耕一郎(兵庫医大)

# Program

	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
I	Cosmic ray Interplanetary Space		Interplanetary Space		Geomagnetic variations		Geomagnetic variations		Geomagnetic variations			
II	Atmospheric dynamics		Atmospheric chemistry and radiation		Atmospheric chemistry and radiation		Atmospheric chemistry and radiation		Magnetospheric structure			
III	Electric potential Electric conductivity	Electric conductivity Technomagnatism		Geomagnetic anomaly		Solid Earth geomagnetism Secular variation		Solid Earth geomagnetism Secular variation				
May 10 (Wed)												
May 11 (Thu)												
Poster session												
ISAS tour												
Special talks												
General meeting												
Party												
I	Ionosphere	Ionosphere		Waves in magnetosphere		Waves in magnetosphere		Waves in magnetosphere				
II	Akebono	Akebono		Aurora		Aurora		Aurora				
III	Paleomagnetism	Paleomagnetism Rock magnetism		Paleomagnetism Rock magnetism		Origin of solar system		Origin of solar system				
May 12 (Fri)												
May 12 (Fri)												
Waves in Magnetosphere												
Aurora												
Planetary magnetosphere												

May 13(Sat) : "Dynamo Symposium" at the Institute  
of Space and Astronautical Science

## ”ダイナモ・シンポジウム”プログラム

---

5月13日(土) 宇宙科学研究所 (相模原・淵野辺) A棟2階会議室

共催：地球電磁気・地球惑星圏学会、惑星科学連合

[世話人 網川秀夫 (東海大開発技研)]

座長 横山 由紀子 (東大地震研)

- |             |                          |              |
|-------------|--------------------------|--------------|
| 10:00-11:00 | 地球磁場発生過程に関する諸問題          | 行武 毅 (東大地震研) |
| 11:00-11:45 | 堆積物からみた地磁気永年変化           | 兵頭 政幸 (神戸大理) |
| 11:45-12:00 | PaleointensityとGeodynamo | 田中 秀文 (東工大理) |

座長 森永 速男 (神戸大自然科学)

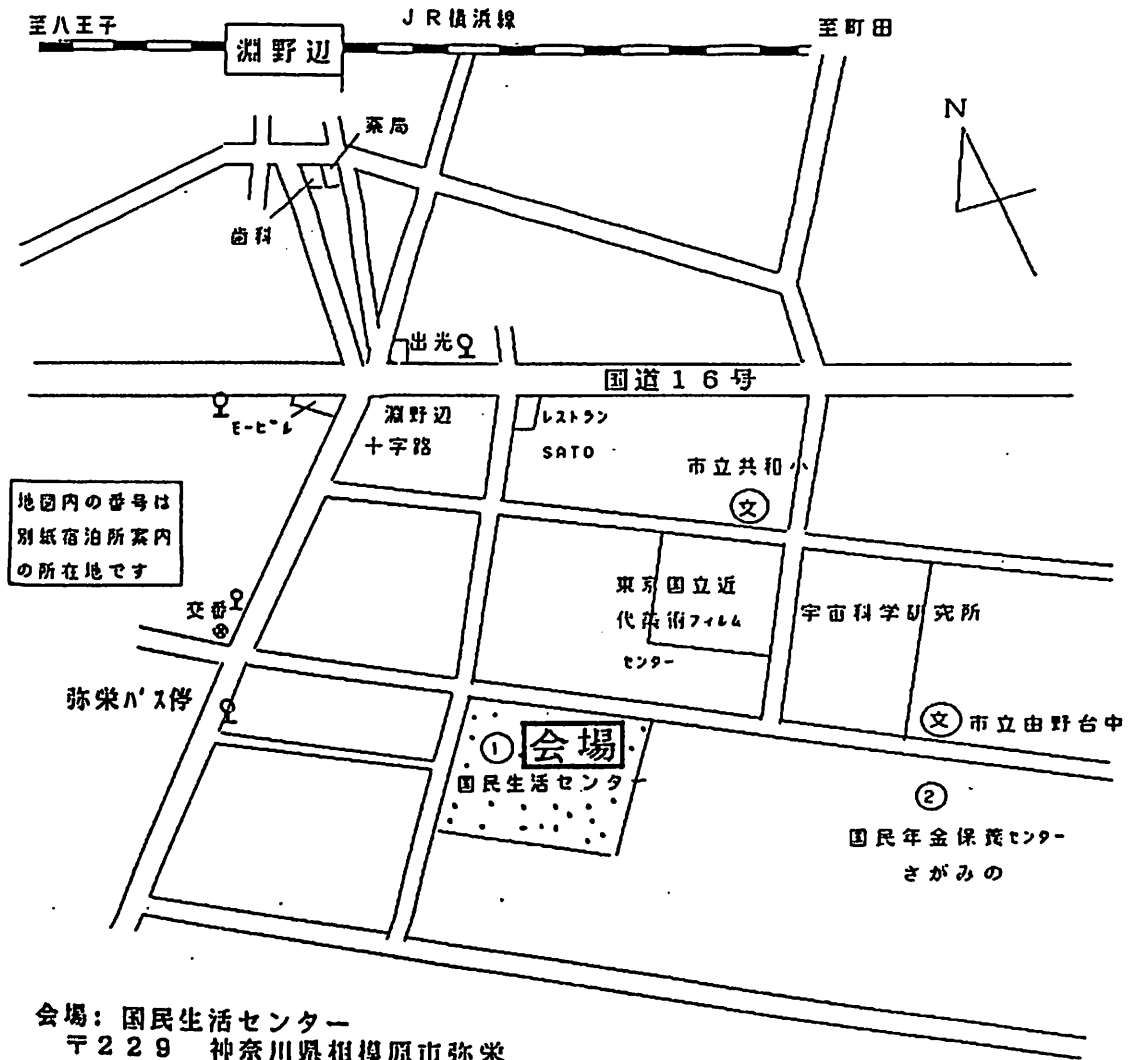
- |             |                 |              |
|-------------|-----------------|--------------|
| 13:00-14:00 | 地磁気ダイナモ理論       | 斎藤 正徳 (東工大理) |
| 14:00-14:45 | 古地磁気学からみた地球磁場逆転 | 鳥居 雅之 (京大理)  |
| 14:45-15:00 | 房総半島に記録された地磁気逆転 | 新妻 信明 (静岡大理) |

座長 松島 政貴 (東工大理)

- |             |              |              |
|-------------|--------------|--------------|
| 15:15-16:15 | 太陽・惑星のダイナモ理論 | 吉村 宏和 (東大理)  |
| 16:15-16:30 | 惑星の磁場        | 柳沢 正久 (宇宙研)  |
| 16:30-17:00 | 総括討論         | 本蔵 義守 (東工大理) |



# 第85回総会ならびに講演会の会場案内

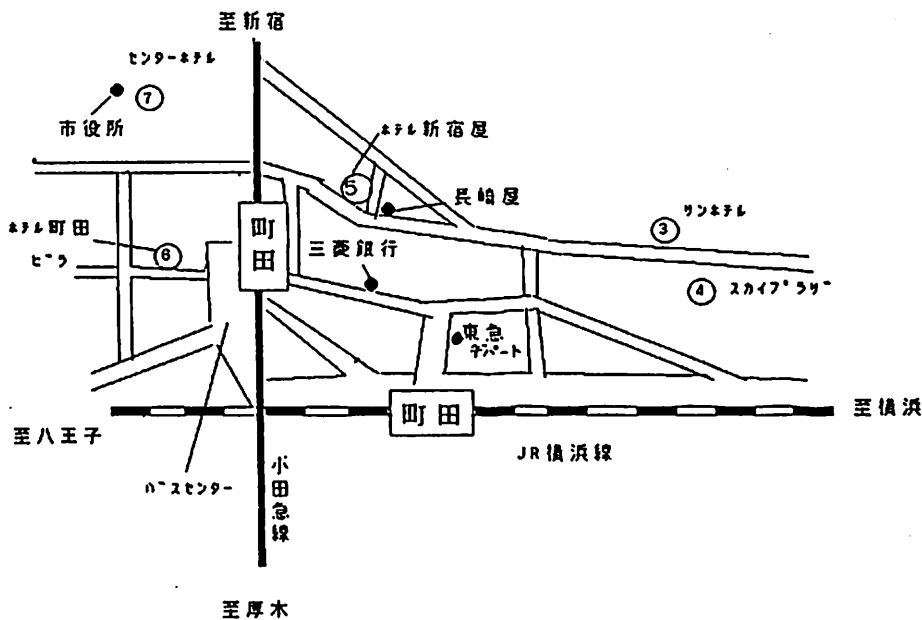


会場：国民生活センター  
 〒229 神奈川県相模原市弥栄 3-1-1  
 TEL 0427-58-3161

## 会場までの交通

1. JR 横浜線 淵野辺駅 南口バスターミナルより  
 1番のりばの全てのバス  
 2番のりばの(淵32)または(淵58)のバス  
 バス5分、「弥栄」下車、徒歩10分
2. 小田急線 相模大野駅 北口バスターミナルより  
 2番のりばの全てのバス  
 バス20分、「淵野辺十字路」下車、徒歩15分

注：バスはともに約10分おきにあります。  
 駐車台数に限りがありますので車での御来場は自粛して下さい。



宇宙研近郊宿泊案内 (シングル料金)

No. (地図参照)	名前	料金	TEL (0427)	備考
1	国民生活センター (会場内、定70名)	¥3,000 食別予約制		※(宇宙研)
2	国民年金健康保養センター さがみの (定70名)	¥4,500-5,200 2食付き	52-0291	
3	サン・ホテル JR町田東口4分	¥6,800 予約割引	24-0708	※(宇宙研)
4	ホテル・スカイプラザ JR町田東口3分	¥6,230	26-0031	
5	ホテル・新宿屋 JR町田東口5分	¥6,900	22-3112	
6	ホテル・町田ヴィラ JR町田東口5分	¥6,800	24-0840	
7	センター・ホテル 町田より歩16分ハ'x10分	¥6,000	59-0271	
	橋本シティーホテル 橋本駅より歩3分	¥6,000-6,200	74-8100	
	グリーン・ホテル 北里大向い	¥5,000 予約割引	49-8181	※(宇宙研)
	山田屋 相模原駅より歩2分	¥4,500	52-3017	
	松蔭園 相模原駅より歩3分	¥4,000-4,500	54-5500	

※の申込については  
直接 宇宙研・柳沢会員へ  
郵送：  
〒229 相模原市山野台3-1-1  
FAX: 0427-59-4237  
Tel: 0427-51-3911

国民生活センター 宿泊申し込みの時に、食事を希望される方は一緒に申し込んで下さい。

価格 一食 300~500円です。朝はパン又はライスを指定して下さい。

お  
願  
い

このページをプログラムから切り取り、アンダーラインの部分4箇所氏名を、また会員種別該当欄に×印を  
ご記入の上、予稿集代並びに参加費を添えて学会の受付にお出し下さい。受付事務の混乱を軽減するため、

領 収 控 (事務局用)

\_\_\_\_\_ 様

金 2,000 円

但し 第85回総会並びに講演会

予稿集代

平成元年 5 月 日

地球電磁気・地球惑星圏学会

領 収 書

\_\_\_\_\_ 様

金 2,000 円

但し 第85回総会並びに講演会予稿集代

上記正に領収致しました。

平成元年 5 月 日

地球電磁気・地球惑星圏学会 領収印

領 収 控 (事務局用)

\_\_\_\_\_ 様

金  1,000 円

500 円

2,000 円

1,000 円

但し 第85回講演会参加費

平成元年 5 月 日

地球電磁気・地球惑星圏学会

領 収 書

\_\_\_\_\_ 様

金  1,000 円 (会員一般)

500 円 (会員学生)

2,000 円 (非会員一般)

1,000 円 (非会員学生)

但し 第85回講演会参加費

上記正に領収いたしました。

平成元年 5 月 日

地球電磁気・地球惑星圏学会 領収印

# ■第 I 会場

(I-1 ~ I-55)



FORBUSH DECREASES AND SOLAR DAILY VARIATIONS OF COSMIC RAYS  
DURING FEBRUARY, 1986

Zenjiro FUJII and Hirosachi UENO

Cosmic Ray Research Laboratory, Nagoya University

Cosmic Ray Intensity variations are studied for the period of February, 1986, when the sun was highly active, and solar-flare events and the related solar terrestrial phenomena were reported. Data are from Multi-directional meson telescope at Mt. Norikura, Nagoya and Saka-shita( 80MWE ), and from neutron monitors at Thule and McMurd.

Fig.1 shows the pressure corrected hourly values of cosmic ray intensities observed by Norikura meson telescope during February, 1986. In the Figure, observations are also shown of solar-flares, geomagnetic storm sudden commencement(ssc) and  $K_p$ -indices quoted from STE Data Book No.1 (1987), to examine the relationship among the cosmic ray intensity variations and the interplanetary phenomena.

Two cosmic ray storms are clearly seen in the Figure. The first FD, starting to decrease gradually on around 6th, reached a maximum depression of about 2% on 9th. The second FD started to decrease also gradually on around 15th and reached a maximum depression of about 2% on 17th. It should be noted in the Figure that pronounced anisotropic intensity variations were superposed on Forbush Decreases. To study the anisotropic intensity variations, harmonic components of daily variations are derived in daily basis, and it is demonstrated that the semi-diurnal variation was remarkable at the initial phasae of Forbush Decrease. The physical implications of the finding will be discussed in relation with the passage of shock front in interplanetary space.

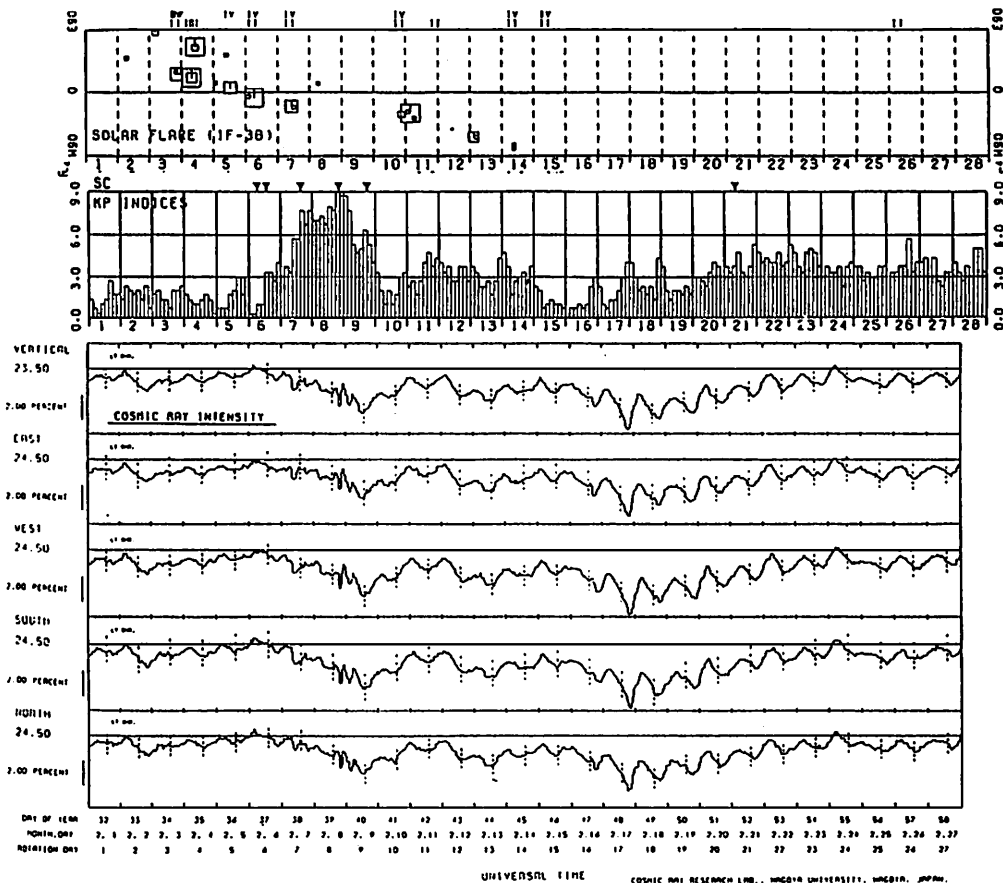


Fig.1

# I - 2 地磁気擾乱の周期性と太陽活動の関係

大木俊夫、斎藤尚生

(東北大・理)

## PERIODICITY CHANGE OF GEOMAGNETIC DISTURBANCES RELATING TO SOLAR CYCLE PHASE

T. Oki and T. Saito

Geophysical Inst., Tohoku Univ., Sendai 980, JAPAN

A normalized running frequency analysis is carried out for daily geomagnetic activity indices for seven solar cycles. A systematic rule is found in the recurrence of the disturbances: mainly 35, 28, 27 and 25-day recurrence periods coexist in sunspot maximum phase, while almost only 27-day period in other phases throughout all the cycles. The reason of this alternative nature is discussed briefly.

Magnetospheric substorm は、地球磁気圏の最も基本的な擾乱現象である。従ってサブストーム群、即ち磁気圏擾乱の回帰性は太陽活動と共に消長するはずであるが、その特徴の詳細は知られていない。本研究はオーロラ嵐の活動度に密接に関連している地磁気擾乱 C9 指数の一世紀間のデータから、dynamic autocorrelation を作成し（一例としてサイクル 21 の結果を図に示す）、定量的に次の特性を明らかにした。

① 太陽活動 Minimum には回帰性が一時消失し、Inclining にはまず 35 日程度の回帰周期が現れ、急激に 28 日前後の周期になる。

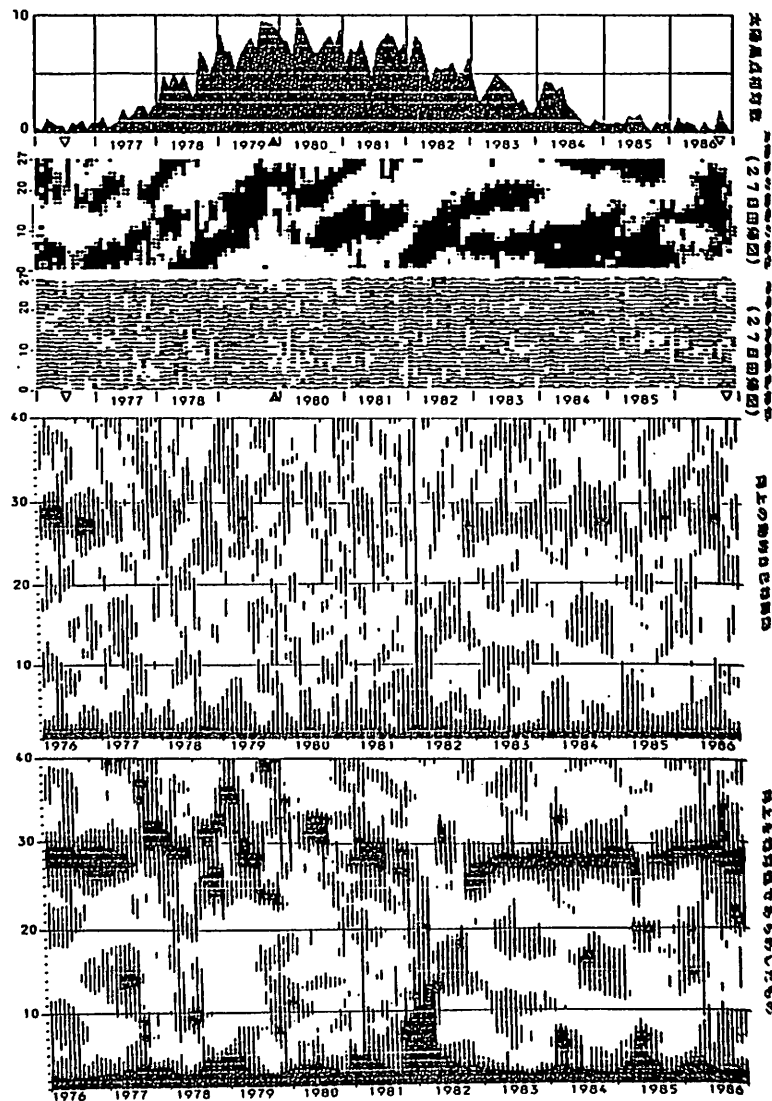
② Maximum には回帰性が殆ど見られなくなるが、Relative autocorrelation の方法によると弱いながらも 28 日の周期が存在することがわかる。

③ Maximum の前後から Declining にかけて、25、27、28 日および 35 日の周期が交替に、あるいは同時に現れる。

④ Declining にはいった時期に短周期の相関が見えるが、これは周期性のないノイズが現れるせいである。その後、27 日周期が強まり、Minimum 直前で最も強くなる。

従来太陽活動極大期には地磁気擾乱が周期性を失うところから、この時期に太陽磁気圏は組織的構造が消失するといわれていた。しかし太陽風磁場極性には極大期にも明瞭な周期性が見られる。従って太陽磁気圏は 11 年間を通じて基本的な構造が保たれており、極大期には突発的フレアによって、磁気圏擾乱だけが見かけ上周期性を失うにすぎないことが明らかにされた。

太陽磁場極性にみられない周期が地磁気擾乱の方に現れる理由についても考察する。



# 緯度と m 数に依存した太陽磁気圏の非一様自転

斎藤尚生・大木俊夫

(東北大理)

## INHOMOGENEOUS ROTATION OF THE HELIOMAGNETOSPHERE DEPENDING ON HELIOLATITUDE AND m-NUMBER

Takao Saito and Tosio Oki

Geophysical Institute, Tohoku Univ.

Our analysis of magnetic fields on the solar source surface reveals that there are two kinds of inhomogeneous rotations of the fields ; one is a blunt and NS-asymmetric differential rotation, while the other depends on the longitudinal size (m-number) of the fields. The rotations are well explained by the three dimensional differential rotation of the sun that was obtained from the solar seismology. Observed alternative periods of geomagnetospheric disturbances are also well interpreted by both the inhomogeneous rotations and the two-hemisphere model.

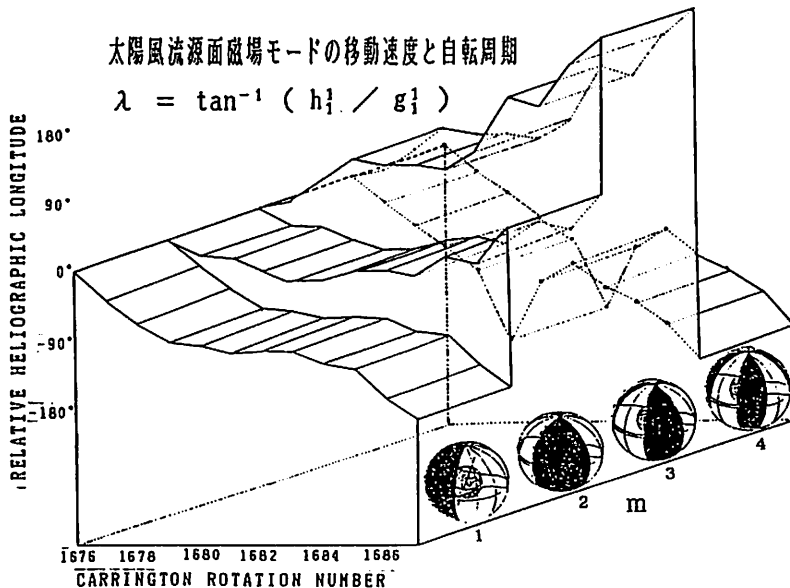
1. INTRODUCTION 地球磁気圏の擾乱を根元的に理解するには、擾乱をおこしている太陽風の特性を知る必要があり、更にその流出源である太陽磁場の自転特性を調べることが必要である。この観点から解析をおこなった結果、太陽磁場は、緯度と m 数の両方に依存する非一様な自転をしていることをつきとめた。一方地球磁気圏の擾乱周期は、solar cycle の phase に依存して、27日と28日の間で交替するという観測事実がある。従来謎とされていたこの周期交替則と、本研究で求めた太陽磁気圏の非一様自転との関係も調べる。

2. DATAおよび解析 太陽磁気圏の core となる太陽風流源面上の磁場がどのような differential rotation をするかをまず調べた。次に  $\lambda = \tan^{-1} (h_1^2 / g_1^2)$  の関係から、流源面磁場の経度幅 size (m 数) ごとに自転速度を求めた。

3. 結果および討論 流源面は光球面に比べて微分回転が弱く、かつ南北非対称である。また自転周期も m 数が 1, 2, 3, 4 と変化するにつれて 28, 27, 26, 28日と変化することが判明した(図1)。すなわち太陽磁場は、日面緯度と m 数の両方に依存した非一様な複合自転をしていることになる。

この複合自転は、solar seismology から求めた太陽の三次元的な自転と調和的である。

また二半球 model とこの非一様自転を併せることにより、上記周期交替則をよく説明することが明らかにされた。



森 覚、安江 新一、鷺坂 修二  
(借大 理)

一之瀬 匡興  
(借大 教養)

S. Mori, S. Yasue, S. Sagisaka, and M. Ichinose\*  
Faculty of Science, and faculty of Liberal Arts\*, Shinshu University

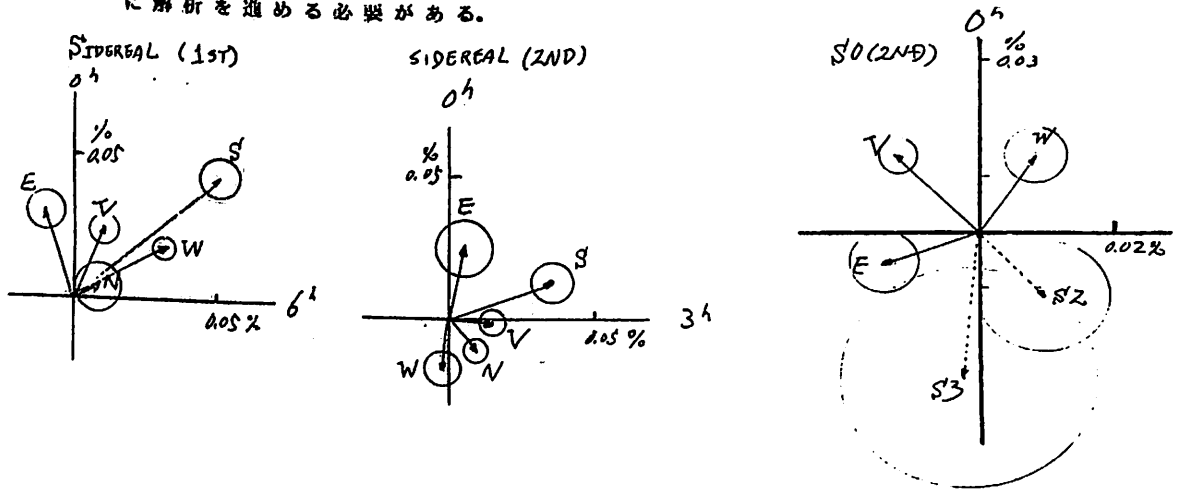
Cosmic ray anisotropic flows around inner and outer heliosphere  
--Observation of sidereal anisotropy at Matsushiro (220 m.w.e. depth)--

The sidereal and solar time variations of cosmic rays are analyzed by using data from Matsushiro underground observatory. The diurnal and semi-diurnal terms obtained are discussed with a reference to the analyzed results recently reported by Nagoya group (Nagashima et al., 1989), based on air-shower data at Mt. Norikura for 1970-1988; the response of the polarity reversal of solar semi-diurnal variations and energy dependence of the amplitude for  $10^{12}$ - $10^{14}$  eV.

松代地下宇宙線観測所で観測された1984 Apr.より1989 Mar.の5年間の恒星時及び太陽時の宇宙線日周変化の解析結果について報告する。特に、最近発表された名古屋グループの約20年に近い乗鞍岳での空気シャワーによる恒星時異方性の観測とその解析は、1)太陽極磁場の反転に伴う結果が得られたこと、2)異方性のエネルギースペクトルは $10^{12}$ ~ $10^{14}$  eVではむしろ、負即ち、異方性の振幅はエネルギーとともに減少している等興味ある新しい事実を示した。

今回は上記の観測及び解析の線に沿って、松代地下観測のデータ(エネルギーレスポンスは $\sim 8 \cdot 10^{11}$ ~ $10^{12}$  eV)について調べた。図1は、5年間の宇宙線強度変動の日周変化の1st及び2nd項を示す。この結果から次の結論が得られた(反恒星時変化は小さい( $\sim 0.02\%$ ))ので示していない)。

- 1) 観測恒星時変化の日変化及び半日変化は有意に得られた。17方向計の間には、相互の一致性が見られる。その中で、S3-計の振幅は極めて大である( $\sim 0.11\%$ )。日変化の位相は2~3時で、これは他の観測値とも一致している。半日変化の位相は $\sim 3$ 時で、この結果は高低両エネルギーでの観測値( $\sim 8$ 時)とも合わない。但し、坂下地下のSS-計の位相はやや3時方向にむいており、エネルギー依存を示唆しているかも知れない。
- 2) 太陽時半日変化の観測結果は興味深い。即ち、名古屋の空気シャワー( $\geq 10^{12}$  eVでのレスポンス)の半日変化は1973-1980と1981-1988の二つの期間でその位相を約180度反転している。太陽磁気圏内でのモジュレーションにより恒星時日変化から作られると理論的に説明されている。我々の観測半日変化でも同様な変化の傾向がみられ、更に解析を進める必要がある。





山田良実、柴田祥一、長島一男、榊原志津子  
(名古屋)

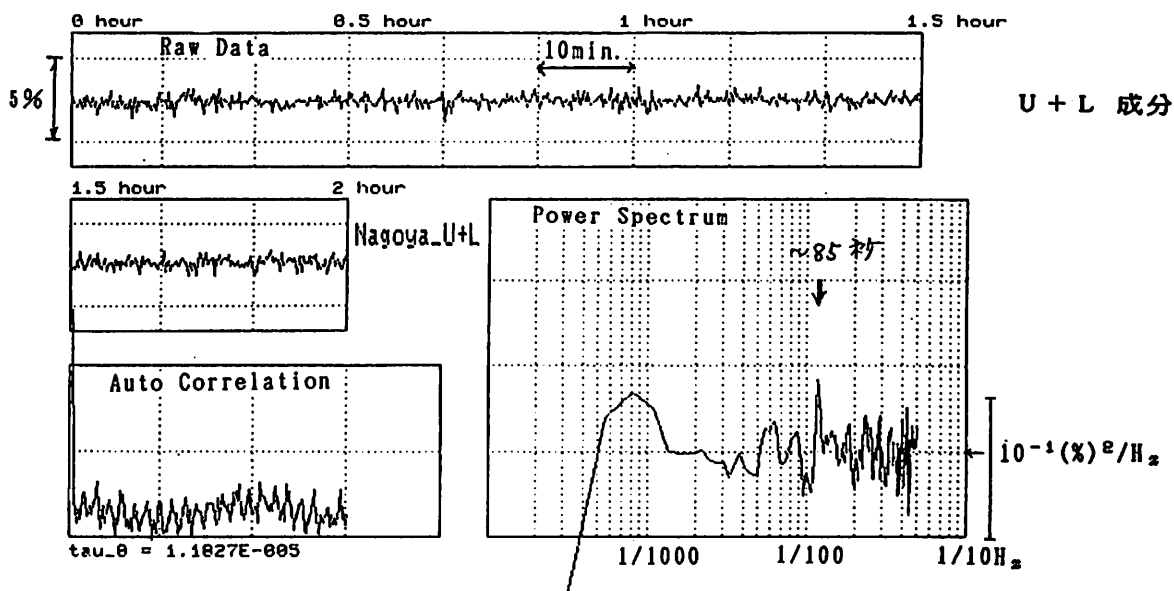
SHORT TIME VARIATION OF COSMIC RAYS

K. Nagashima, T. Yamada, S. Shibata and S. Sakakibara  
Cosmic-Ray Research Laboratory, Nagoya University

The observation of short time variation of cosmic rays ( $10^{-3}$  -  $10^{-1}$  Hz) was started from May 1988 at Nagoya and Mt. Norikura, in order to see the mutual relationship between short-period cosmic-ray intensity variation and interplanetary magnetic field change. Preliminary results will be reported about the cosmic-ray power spectrum observed at Nagoya, during 0100-0300hour UT on March 9, 1989.

太陽活動に伴う太陽風などの惑星間空間パラメーターと宇宙線強度との関連の中で、特に短い周期の変動を探るため、宇宙線短周期変動の観測を始めた。この観測の特徴は従来の観測（3分値単位程度）と比較して非常に短い単位時間値（counts/10sec）を観測する点であり、従って比較的短い時間内の変動（例えば10分程度以下）をより精度よく観測出来る。観測を始めてまだ日も浅く、目的とする太陽擾乱に起因すると思われる現象はまだ観測されたとはいえない。しかし、従来の観測では見過ごされ勝ちであった数種の現象（その殆んどは大気、及び観測条件の変化と思われる）についても報告する。

観測は1988年5月より名古屋の多方向中間子計、次に1988年10月より乗鞍岳にある高精度中間子計および中性子モニターについて開始された。観測内容は名古屋（気圧、中間子強度 Vertical muon, wide angle single count U+L）、および乗鞍（気圧、中間子強度、中性子強度）のそれぞれの成分の10秒値をパソコン（FM-16B）のフロッピーに取り込む一方、2時間毎にその生データ（10秒値 720点）を30分のrunning average をとり、次に Auto correlation をとり、さらに Power analysis を行って spectrum を計算する。最後にそれらの結果をプリントさせる。下図に、観測の一例として、1989年3月9日 magnetic storm の途中の期間に現われた 85秒周期の変動を示す。Power spectrum の右端の error bar は  $3\sigma$  の範囲をしめす。この 85秒のピークは  $3\sigma$  を越しているが、これが太陽擾乱とどのように関連しているかは未だ不明である。



Local\_T: Mar 09 12:00:00 1989

Universal\_T: Mar 09, 03:00:00 1989

。Magnetic storm 中、名古屋 U + L 成分に現われた ~85秒周期。

## SIDEREAL SEMI-DIURNAL ANISOTROPY OBSERVED AT SAKASHITA STATION

H.Ueno, Z.Fujii and T.Yamada  
Cosmic Ray Research Laboratory, Nagoya Univ.

Semi-diurnal variation of sidereal anisotropy is one of the important information about the study of the magnetic structure of the heliosphere which are related to the propagation of charged galactic cosmic rays.

The results of 11 years observation from 1978 to 1988 are in the figures.

1. The existence of semi-diurnal variation is completely confirmed.
2. The amplitude and the phase of each component are constant over 11 years.

This means that they are independent for the sun's polarity change and also independent with the solar activity. However, they are clearly rigidity dependent. The amplitude is  $E^{+1}$  dependence in the rigidity range 300-600GV and the direction of the anisotropy is in earlier hour from 7 hour to 4 hour at higher rigidity.

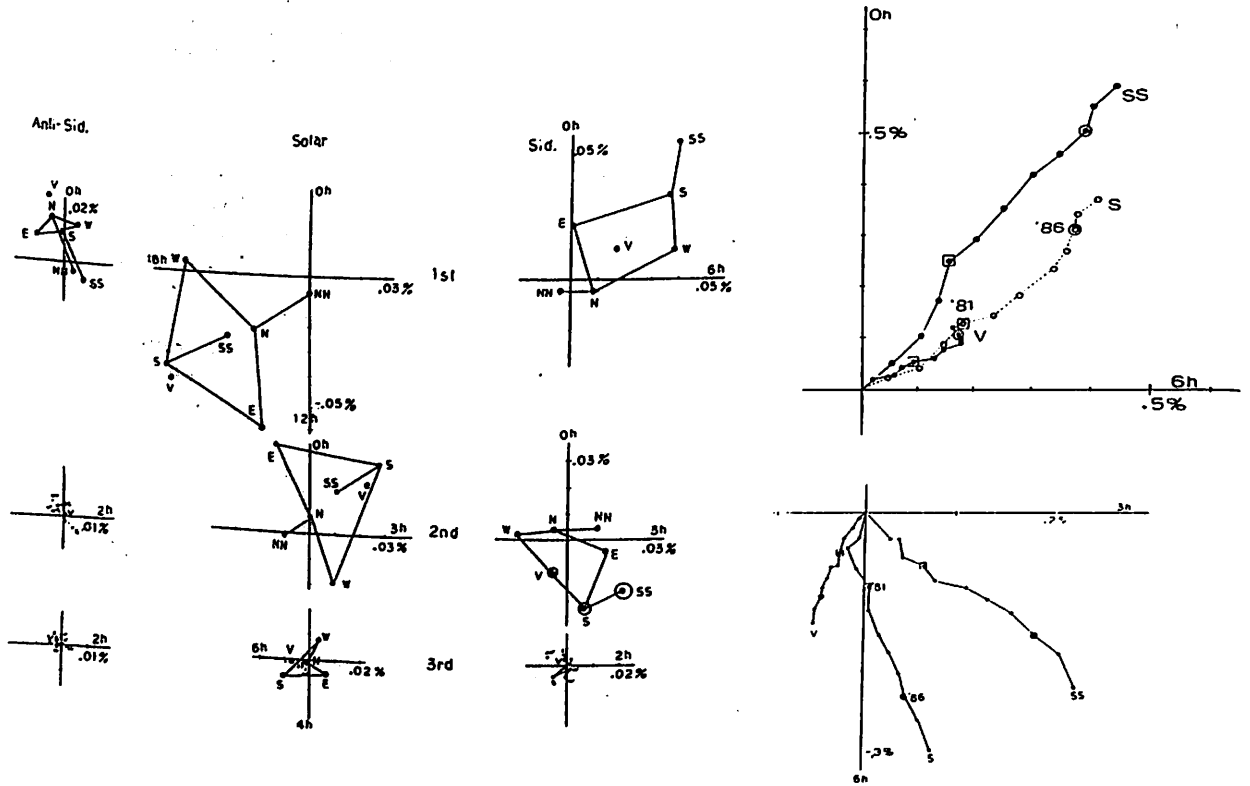


Fig.1  
Sidereal 1st, 2nd and 3rd and also solar and anti-sidereal ones. Sidereal 1st is corrected for the Nagashima effect and solar 1st is corrected for Compton-Getting effect.

Fig.2  
Summation dial of yearly vector of sid.1st and 2nd of V(331GV), S(387GV) and SS(540GV).

安江新一、安谷佳浩、森 寛  
信州大理

FRACTAL ANALYSIS OF THE APERIODIC COMPONENT IN THE COSMIC RAY INTENSITY VARIATION.

Shinichi Yasue, Yoshihiro Yasutani, Satoru Mori  
Fac. Sci. Shinshu Univ.

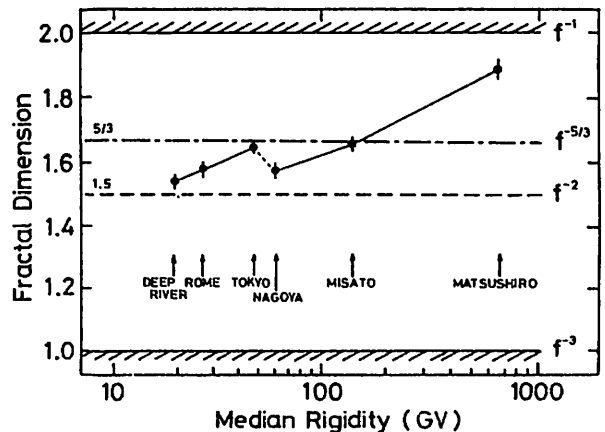
We examined the power spectrum  $P(f)$  and the Length  $L(\tau)$  of the aperiodic variation extracted from the cosmic ray intensity data by means of a newly designed recursive digital filter. Time data from Deep River neutron monitor for 1974-1977 are found to have a nature of the fractal curve with a fractal dimension  $D \sim 1.5$ . It is also found that the data from Matsushiro (median rigidity  $\sim 680$  GV) has an exceptional large value of  $D (\sim 1.9)$ . The present result implies that the cosmic ray intensity variation in the galactic space might have a nature of  $1/f$  noise.

宇宙線強度の時系列データから日変化などの強い周期成分だけを選択的に除去することを目的として、我々は再帰型数値フィルターを設計した（'88年秋の講演予稿集参照）。その様なフィルターを用いることによって、宇宙線変動の非周期成分を抽出することが出来るが、その変動は主として Forbush 減少とその他のバックグラウンド変動によって構成されると考えられる。我々はその解析を試みた。

Deep River 中性子モニターの 1974-77 年（太陽活動静穏期）のデータについて、(1) そのパワースペクトルが  $P(f) \propto f^{-\gamma}$ ,  $\gamma \approx 5/3$  と表されることから、バックグラウンド成分の時系列データは自己相似性を持つフラクタルカーブであり、そのフラクタル次元  $D = (5 - \gamma)/2$  はおよそ  $5/3$  と考えられる。(2)  $L(\tau) = \sum_{k=1}^N | \overline{B}(tk + \tau) - \overline{B}(tk) |$  により定義される Length  $L$  の  $\tau$ -依存を調べてみると、 $L(\tau) \propto \tau^{-S}$ ,  $S = 0.7$  となり、この方法から得られるフラクタル次元は  $D = S + 1 = 1.7$  となって先程の  $5/3$  とほぼ一致する。(3) このスペクトルは定常的な乱流や、惑星間空間磁場で観測されている Kolmogorov スペクトルと一致する。

次に、中性子モニターおよび地上、地下の muon telescope の 1982-1984 のデータを用いて、宇宙線の Rigidity とフラクタル次元との関係について調べた。その結

果を下図に示す。この図から殆どの観測所のフラクタル次元は  $5/3$  と  $1.5$  の間の値を取ることが判る。  $D = 1.5$  という値は、一般にランダムウォークやステップ状の変動において現れるもので、ここでは Forbush 減少がその主な原因と考えられる。Muon telescope の場合は大気効果の影響も考えられる。またこの図で注目されることは、松代のフラクタル次元がおよそ  $1.9$  という例外的な値を取ることである。松代の median rigidity は  $680$  GV と高く、太陽系磁気圏内での modulation の影響は比較的少ないことから、得られた結果は太陽系磁気圏外での宇宙線強度変動の特徴をかなり反映していると考えられる。このことから、銀河系空間における宇宙線強度変動はフラクタル次元が  $2.0$  の  $1/f$  雑音に近いのではないかと推定される。



# I-8 宇宙線日変化スペクトルと惑星間空間プラズマ

宗像 義教 (中部大工) 森 覚 (信州大理)

## SPECTRA of SOLAR DIURNAL ANISOTROPY and INTERPLANETARY PLASMA

Y. MUNAKATA and K. MORI  
(CHUBU univ.) (SHINSHUU univ.)

Spectra of the cosmic ray solar diurnal anisotropy are estimated, day by day, using data from world wide-network neutron monitors and multi-directional meson monitor at Nagoya in 1974.

We found that the solar wind speed and IMF Bx component (not By) are important roles to decide that spectrum.

高速太陽風による宇宙線のモジュレーション機構は、非常に興味のある現象である。ここでは、高速太陽風の27日再帰性が顕著な1974年について、宇宙線太陽時日変化異方性を one-way best-fitted method によってもとめた。

用いたデータは表1にまとめてある。

仮定として、日変化異方性は、uni-dirrectional でそのスペクトルは power law rigidity spectrum とし (1) で表わされるとした。

$$\Delta J(P)/J(P) = \begin{cases} k(P/10)^{\gamma} & \text{for } P \leq P_u \\ 0 & \text{for } P > P_u \end{cases} \quad (1)$$

ここにPは宇宙線の rigidity、 $P_u$ は cut-off rigidity (GV)を表わす。パラメータとしては、

$$\begin{aligned} \gamma &= -0.5, -0.2, 0.0, +0.2, +0.5 \\ P_u &= 50, 80, 100, 200, 500 \text{ (Gv)} \end{aligned}$$

として Theoretical diurnal vector ( $A^i, B^i$ )は、

$$A^i = C_i * x + S_i * y \quad B^i = C_i * x + S_i * y$$

で表わされるとする。ここに $C_i, S_i$ は Coupling Coefficients で、( $x, y$ )は space harmonic vector である。

これらの条件のもとで i-th station の observed vector を ( $A^o_i, B^o_i$ )としてつぎのZを最小にする $\gamma, P_u$ の組すなわち $C_i, S_i$ を求め( $x, y$ )を決める。

$$Z = \sum_i \{ (A^o_i - A^i)^2 + (B^o_i - B^i)^2 \}$$

このようにして求められた日変化異方性ベクトルの大きさとそのときのスペクトルのべきを図示すると図はかなりパターン化されており種々の解析の可能性を示しているが、ここでは日変化スペクトルのべきと IMF の関連について述べる。

表1. に主だった結果を載せる。表の数字は、たとえば、 $\gamma < 0$ のすべての日について  $B_x$  (の絶対値) が  $< 3.0nT$  であった日数が 63.4%であることを示す。すなわち  $B_x < 3.0nT$  の日はスペクトルのべきが負になる傾向を持っていることを示している。(  $\gamma > 0$ の日で  $B_x < 3.0nT$  の日は 46.4% でありその差を欄の最後に示す)。

これより結論として日変化スペクトルが負のべきをとる日は

- 1) IMFの  $B_x$ 成分が小さい、または  $\sigma B_x / B_x$  が大きい
  - 2) 太陽風の速度、ALFVEN SPEED が遅い
- という特徴を持つ。

1) 2) が逆の日にはスペクトルは正になる。

更に興味ある結論は IMF の  $B_y$ 成分の大小は日変化スペクトルのべきに何等関係をもっていないことである。

表1. 各パラメータによる日数の頻度分布

		$\gamma < 0$	$\gamma > 0$	$\gamma < 0 - \gamma > 0$
IMF	$B_x < 3.0nT$	63.4	46.4	17.0
	$B_y < 2.5nT$	54.5	53.5	1.0
$\sigma B_x / B_x$	$< 0.7$	48.0	68.9	-20.9
	$< 0.7$	48.0	48.6	-0.6
WIND VELOCITY	$< 550km/s$	67.3	46.7	20.6
ALFVEN SPEED	$< 50km/s$	72.7	53.3	19.4

小島正宜、柿沼隆清  
(名大空電研)

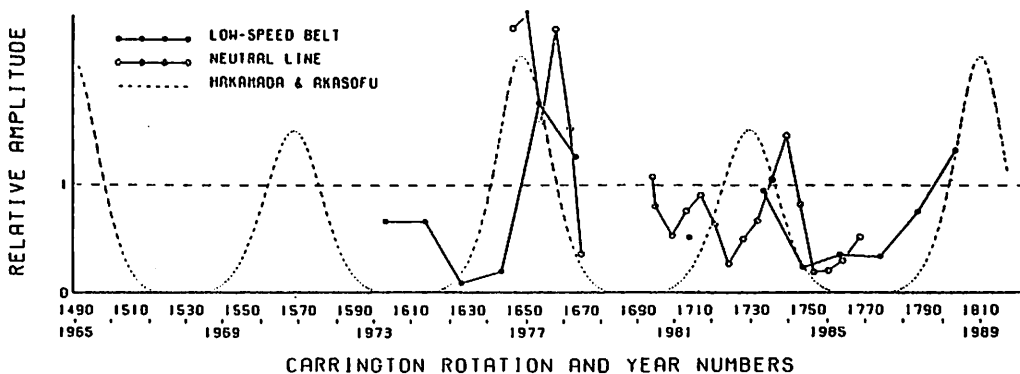
## DEPENDENCE OF NEUTRAL SHEET STRUCTURE ON SOLAR ACTIVITY CYCLE

Masayoshi Kojima and Takakiyo Kakinuma  
The Research Institute of Atmospherics, Nagoya University

Hakamada and Akasofu [1981] have shown that the general trend of yearly variation of speed during 1965 and 1978 can be reproduced by approximating neutral sheet structure with a combination of trigonometric functions of a first and a second harmonics. The amplitude of each component changes with a period of nearly 6 years, but the phase relation between two components is almost out of phase by 3 years. Since their analyses were made for observations before the last solar maximum, we conducted the analysis for the period from 1973 to 1987 to determine whether their results can be extrapolated beyond the maximum in 1980. Although the periodic variation of each component is not clear in our analysis results, the amplitude ratio of two components shows the yearly change expected from their work.

【振幅】 Hakamada and Akasofu (1981) は、磁気中性線の大局的な構造は、三角関数の第一と第二Harmonic成分の組み合わせで良く近似できることを示した。そして、各成分は、周期6年で変化し、第一成分と第二成分は、年変化の位相が180度、すなわち3年ずれていることを示した。彼らの解析は、第21太陽活動極大期以前に對しなされているので、第21極大期以降にもこの振幅の周期性が継続するのかを調べるために、極大期を挟む1976-1987年の期間に對し解析を行った。図に第二成分と第一成分の振幅比(第二成分/第一成分)をプロットした。破線は、Hakamada and Akasofuの解析結果から推測したもので、我々の解析と良い一致が見られる。振幅比は、太陽活動の上昇期と減少期に極大となり、太陽活動極大期と極小期に最小となる。太陽活動上昇期の振幅比は、減少期より大きい。

【位相】 Svalgaard and et al. (1974) は、太陽表面磁場は polar field と sector field の2成分の合成として考えられるとした。太陽活動極大時の前後で polar field は、その極性を反転させるが、sector field は反転しない。その結果、磁気中性線とそれからのコロナストリーマの出現する位置は、極大時の前後で経度を180度変化させることになる。この様子を、磁気中性線と低速流帯の太陽風流源面上での現れ方で調べてみた。磁気中性線と低速流帯の構造をフーリエ解析し、第一Harmonic成分の位相を求め、その年変化を求めた。1982-1983年及び1986-1987を除くと、太陽活動極大時1981年を中心にその前後で位相がほぼ180度変化しており、Svalgaard and et al. のモデルと良い一致を見せている。しかし、1986年の前後で位相が再び180度近く大きく変化している。1986年、1987年に、IPSは太陽赤道に沿った平坦な構造をした低速流を観測している。このような赤道に對しほぼ平行な構造をしたものについては、位相を測ることは大きな誤差を生ずる可能性がある。従って、1986年以降の位相変化が本当かどうかを知るためには今後1-2年の観測を待つ必要がある。1982年に位相が極大時前の値に戻っているが、この時期の中性線の構造は単純で、振幅も大きく、信頼できる値である。このような位相変化に何らかの規則性があるのかどうかは太陽活動の2-3周期以上の長期データの解析が必要である。



丸橋 克英  
通総研平磯

FLARE-PRODUCED INTERPLANETARY MAGNETIC CLOUDS

K. Marubashi

Hiraiso Solar Terrestrial Research Center  
Communications Research Laboratory

We present some examples of flare ejecta with magnetic field structure which can be characterized by magnetic flux rope models. In comparison with interplanetary magnetic clouds associated with disappearances of quiescent filaments, they are generally less ordered. Nevertheless, their essential features can be well described by the flux rope model. It is shown that the observed magnetic field variations are mostly predicable from the magnetic field structure in the region surrounding the corresponding flare sites.

太陽フィラメントの消失に伴って発生する惑星間磁気雲の磁場構造がフィラメント周辺の太陽磁場と一定の関係で結ばれていることは、筆者の解析により明らかにされた。これに対して、太陽フレアに伴って発生する磁気雲と太陽磁場の関係は、明確にされてはいない。Pudovkin その他の人達により、ループ型のモデルが提出され、ある程度の成功を収めているが、これについての疑義を唱える者もある現状である。この発表は、太陽フレアによって発生する磁気雲の中にも、フィラメント消失の場合と同様に、磁気ロープ構造をもつものがあることを示す。この結果はフレアとフィラメント消失の現象的類似性から、ある程度は当然期待されるものである。しかしながら、フレアで発生した磁気雲は、形があまり整っていないので、モデルとの比較には多少の困難がある。

図1、図2は1978年1月3日10時15分にMcMath 15083で起きたフレアによって発生した磁気雲の磁場をベクトル表示と最小変動解析の結果で示したものである。磁気雲を通過するとき観測した磁場変化は、本質的には磁場ベクトルの回転で記述されることが理解されよう。

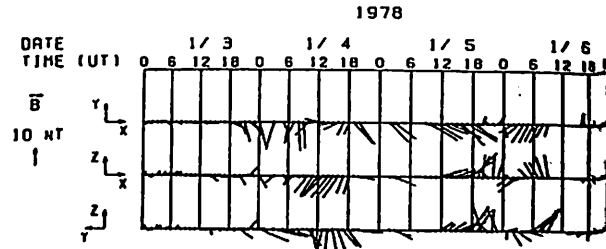


図1.. 太陽風磁場変化のベクトル表示 (平面への投影)

V=127.32 PHI=342.0 THETA=39.7  
V=10.45 PHI=116.9 THETA=40.4  
V=4.30 PHI=49.8 THETA=-24.6

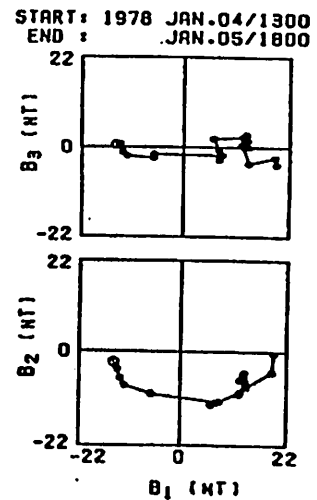


図2. 太陽風磁場の変動主軸面への投影

# I - 1 1 太陽風速度と He I (1083 nm) 吸収線強度

袴田 和幸 (中部大工) 小島 正宜、柿沼 隆清 (名大空電)

## SOLAR WIND SPEED AND He I (1083 nm) ABSORPTION LINE INTENSITY

Kazuyuki Hakamada (Chubu University)

Masanori Kojima and Takakiyo Kakinuma (Nagoya University)

The photospheric magnetic fields and magnetic neutral lines on the source surface of 2.5 solar radii were relatively steady during CR1748-CR1752 in 1984. Then it is possible to estimate the average distributions of the photospheric magnetic fields and the solar wind speeds (SWS) on the source surface during this time intervals by the superposed epoch analysis. The distribution of the SWS on the source surface is constructed by projection procedure along the interplanetary magnetic field from the P-point assuming that the SWS is constant during a transit time from the sun to  $\approx 1$  AU. The distribution of the SWS is then projected onto the photosphere along magnetic field lines in the corona computed by the potential model of the coronal magnetic field. Thus locations on the photosphere from which the solar winds emanate are estimated. The He I (1083 nm) absorption line intensity (HEI) on the same locations are compared with the SWS as shown in Figures 1 and 2. Figure 1 shows the frequency distribution of the HEI for the SWS of 600 km/s-700 km/s. The average value, the standard deviation, and the number of points are also shown in the figure. The average values of HEI is proportional to the SWS as shown in Figure 2. Since the positive values of HEI well corresponds to the coronal holes identified by soft X-ray, that are the low temperature regions in the corona, the Figure 2 is suggestive that the SWS is inversely proportional to the temperature in the corona.

光球磁場の分布 (Kitt Peak) やソース面上の磁気中性線の形 (Wilcox Observatory) を見ると、1984 年の 1748-1752 カリントンローテーションの間、コロナ磁場は比較的安定していたように見える。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 1984 年の平均的な光球磁場の分布を求めた。ここで、

1. コロナ中には電流が流れず (Current free) コロナ磁場はスカラーポテンシャルで表される。
2. コロナ磁場の磁力線はソース面と呼ばれる半径  $2.5R_s$  の仮想的な球面から外ではすべて動径方向を向いている。

という二つの仮定をもとにしたコロナ磁場のポテンシャルモデルを用いる。ここでは、磁場のスカラーポテンシャルを球面調和関数の  $n = 90$  項まで展開し、これらの係数を用いて計算される光球磁場の視線方向の成分が観測値に合うように係数の値を決めた。このポテンシャルを用いてコロナ磁場の三成分を計算し、磁力線の方程式を数値的に解くことにより、コロナ中の磁力線をトレースすることが出来る。

一方、CR1748-CR1752 の期間の惑星間シンチレーションの観測より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を推定した。この太陽風速度分布と同じ期間の He I (1083nm) の吸収線強度分布とを比較した。600km/s-700km/s の速度の太陽風が吹き出している位置の He I (1083 nm) の吸収線強度の度数分布を図 1 に示す。図中の横軸は吸収線強度、縦軸は度数を表す。吸収線強度の平均値、標準偏差、及びデータ数も又、図の右上に示してある。このような図を太陽風速度 50 km/s 毎に描き、He I (1083 nm) の吸収線強度の平均値と太陽風速度との関係調べた。その結果図 2 にしめすように太陽風速度と He I (1083nm) の間には明瞭な比例関係があることが分かった。

今まで軟 X 線等で観測されたコロナルホールから高速の太陽風が吹き出していることは定性的には指摘されてきていたが、図 2 に示すようにコロナルホールを特徴づける He I (1083 nm) の強度と太陽風速度が比例関係にあることが定量的に確かめられた。He I (1083 nm) の吸収線強度が正の値を持つ領域は軟 X 線で見えたコロナルホールの位置とほぼ一致しているという報告もある。また He I (1083 nm) の吸収線強度が大きい時はその上空のコロナの温度が低いと考えられるので、図 2 は太陽風の速度がコロナの温度と逆比例していることを示唆している。

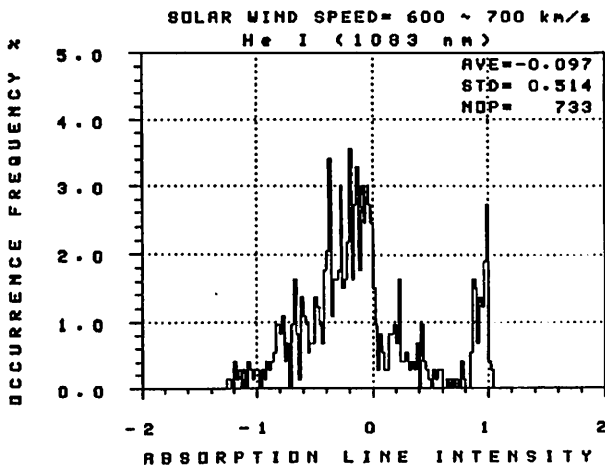


Fig. 1

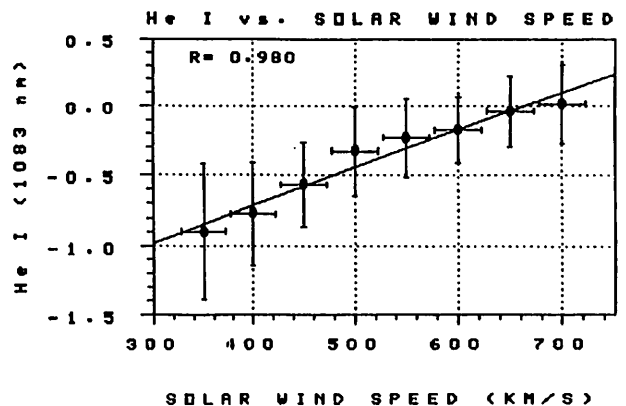


Fig. 2



# I - 12 固有値解析に基づいたMHD計算法

田中高史  
通総研

MHD calculation based on eigen value analyses

T. Tanaka

Coa. Res. Lab.

A non-oscillating numerical method based on eigen value analyses is tested employing one and two dimensional solar wind equations. In the one dimensional case, shocks and contact discontinuities are calculated with high resolutions, using second order version of the method. For the two dimensional problem, the solar wind flow interacting with a dipole magnetic field is calculated by first order version.

太陽風方程式をモデルとして、固有値解析をもとにしたMHDの解法を試みた。まず一次元の場合はHDとなるが、方程式は

$$\frac{\partial \hat{v}}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial r}(\hat{v}_r \hat{m}) = 0$$

$$\frac{\partial \hat{m}}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial r}(\hat{v}_r \frac{\hat{m}^2}{\hat{v}} + \hat{v}_r \hat{p}) - \frac{2\hat{p}}{r} + k \frac{\hat{v}}{r^2} = 0$$

$$\frac{\partial \hat{p}}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial r}(\hat{v}_r \frac{\hat{p}}{\hat{v}}(\hat{v} + \hat{p})) + k \frac{\hat{m}}{r^2} = 0$$

ただし、 $\hat{v} = \frac{rv}{r}$ ,  $\hat{m} = \frac{rU_{\theta}^2}{r}$ ,  $\hat{p} = (r-1)(\hat{v} - \frac{\hat{m}^2}{2\hat{v}})$ である。これを差分化するため、 $u = (\hat{v}, \hat{m}, \hat{p})$ として、方程式を  $\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial f}{\partial x} + g = 0$  と書く

と、 $\Delta u_i = u_i^{n+1} - u_i^n$  に対する式は

$$\Delta u_i + \frac{\Delta t}{\Delta x} \left[ \frac{A_{i+1/2}}{2} \Delta u_{i+1} - \frac{A_{i-1/2}}{2} \Delta u_{i-1} - \frac{|A_{i+1/2}|}{2} (\Delta u_{i+1} - \Delta u_i) + \frac{|A_{i-1/2}|}{2} (\Delta u_i - \Delta u_{i-1}) \right] + \Delta t g_i \Delta u_i = -\frac{\Delta t}{\Delta x} (f_{i+1/2} - f_{i-1/2}) - \Delta t g_i$$

$f_{i+1/2} = \{f(u_R) + f(u_L) - |A_{i+1/2}|(u_R - u_L)\} / 2.0$ となる。ここで  $A = \frac{\partial f}{\partial u} = R \Lambda R^{-1}$ ,  $|A| = |R| |\Lambda| R^{-1}$ であり、 $\Lambda$ は音波と単純波から成る。Aに対しては  $\Delta t = A \Delta u$  の Roe条件が満たれることが望ましいが、HDの場合はその方法はすでに判っている。

つぎに  $u_L = u_i$ ,  $u_R = u_{i+1}$  とすれば一次精度スキームとなる。二次精度とするには、

$$u_L = u_i + \frac{\Delta x}{4} \left[ \left(1 - \frac{\Delta x}{2}\right)(u_i - u_{i-1}) + \left(1 + \frac{\Delta x}{2}\right)(u_{i+1} - u_i) \right]$$

$$u_R = u_{i+1} - \frac{\Delta x}{4} \left[ \left(1 - \frac{\Delta x}{2}\right)(u_{i+1} - u_{i+2}) + \left(1 + \frac{\Delta x}{2}\right)(u_{i+1} - u_i) \right]$$

$$S_i = 2(u_{i+1} - u_i)(u_i - u_{i-1}) / [(u_{i+1} - u_i)^2 + (u_i - u_{i-1})^2]$$

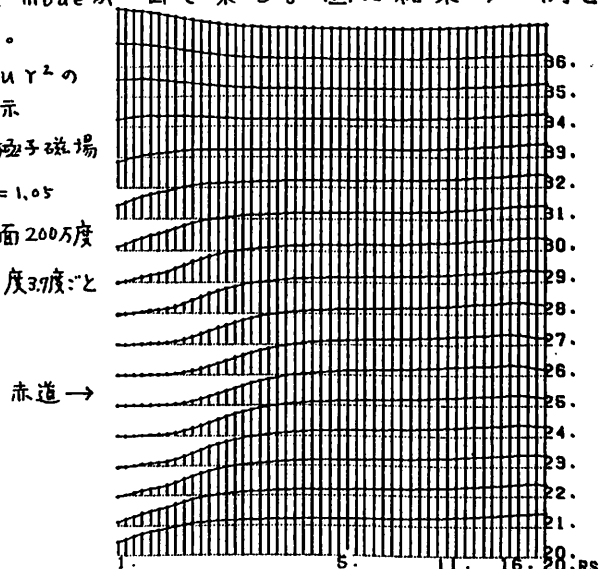
とすれば良い。この二次精度スキームで一次元太陽風中の不連続伝搬を計算したところ、ショックの分解能が上昇し、一次精度では良く見えなかった、接触不連続の伝搬も良く見えるようになった。以上の解法は二次元でも、基本的には共通である。

つぎに二次元の場合は磁場を含めて6変数となり、一次元の場合の様に  $u = (\hat{v}, \hat{m}, \hat{n}, \hat{b}_r, \hat{b}_\theta, T)$  として、方程式を  $\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial f}{\partial x} + \frac{\partial g}{\partial y} + h = 0$  と書く。ここで二次元では Roe条件は一般には満たされないで、エネルギー方程式は非保存型として全体を単純化した。また  $\Delta u_{i,j}$  を求める式では左辺の陰的部分は近似因数分解によって、ADI解法を用いた。ヤコビ行列Aはr-方向では

$$\begin{matrix} \frac{\partial}{\partial r} \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ T - \frac{m^2}{b^2} & \frac{2m}{b} & 0 & \frac{B_\theta}{b} & b \\ -\frac{mn}{b^2} & \frac{n}{b} & \frac{m}{b} & -\frac{B_r}{b} & 0 \\ -\frac{m}{b^2} B_\theta + \frac{n}{b^2} B_r & \frac{B_\theta}{b} & -\frac{B_r}{b} & \frac{m}{b} & 0 \\ -(r-1)T \frac{m}{b^2} & (r-1)\frac{b}{b} & 0 & 0 & \frac{m}{b} \end{pmatrix} \end{matrix}$$

となり、固有値として単純波、slow mode、fast modeがでて来る。図に結果の一例を示す。

- $\rho u r^2$  の表示
- 双極子磁場
- $r = 1.05$
- 表面200万度
- 緯度37度:と



# マグネトシースにおける磁場擾乱の大きさと 諸太陽風パラメーターとの関係

樋口 知之 (統計数理研究所)、国分 征 (東大・理)

## Factors Controlling the Magnitude of Turbulent Fluctuations Observed in the Magnetosheath

Tomoyuki Higuchi<sup>1</sup> and Susumu Kokubun<sup>2</sup>

1. The Institute of Mathematical Statistics, Tokyo

2. Geophysics Research Laboratory, Tokyo Univ.

The intensity of the turbulent fluctuations observed in the magnetosheath is proportional to the kinetic energy in the solar wind, and is found to be correlated neither to the  $z$  nor to  $y$  components of the IMF. It is clearly shown that the angle between the upstream magnetic field orientation and the vector normal to the shock surface,  $\theta_{Bn}$ , strongly affects the magnitude of fluctuations. It is suggested that the dawn-dusk asymmetry, which is clearly demonstrated by analyzing many magnetic field data obtained through satellite passes, is probably related to this angle.

地球磁気圏と太陽風との相互作用により形成されるショックの下流側(地球側)に存在するMagnetosheath(以後MSと略す)での磁場変動は、その平均値からのずれが平均値の大きさの2~3倍に達し、乱れの様相が短時間内に大きく変動することが、過去20年程前からの人工衛星観測により知られている。この乱流的振舞いを示す磁場変動の研究は、スペースプラズマ物理の観点から二つの点に於て重要である。一つは、MSは地球磁気圏が太陽風と直接相互作用する領域のため、太陽風から地球磁気圏へのエネルギー流入過程の解明に、二つにはショックにより生み出された加速粒子と磁場とがどのように相互作用し磁場が乱流的な様相を示すのか、その物理機構の解明に有益である事が挙げられる。

87年春の本学会で報告したように、MSの磁場擾乱のパワースペクトルは、ある周波数 $f_0$ より高い周波数で $P(f) \propto f^{-\alpha_H}$ 、低い周波数で $P(f) \propto f^{-\alpha_L}$ となるようなPower Lawスペクトルである。このような時系列は、 $\Delta t \leq \tau \leq \tau_0$ と $\tau_0 \leq \tau \leq \tau_{max}$ のおおのこの時間スケール内でself-affineが成り立っている。本研究で乱れの大きさを記述する二つの量を定義した。MS中の $\tau_0$ は、ほぼ3秒であるので短い時間スケールの代表値を0.2秒とし、 $\langle |\Delta B(0.2秒)| \rangle = \langle |B(t+0.2秒) - B(t)| \rangle$ の値を短い時間スケールの乱れの大きさを表す量 $M_s$ とした。長い時間スケールの代表値としては10秒をとり、 $M_L = \langle |\Delta B(10秒)| \rangle$ をもってLargeスケールの乱れの大きさを表すインデックスとした。解析に使用したデータは人工衛星ISEE1によって得られた4または16Hzの磁場データである。座標系は、一貫してGSE座標系を用

い、3分間内は磁場変動は定常と仮定し、3分間内の時系列を一つのデータセットとしてGSEの3成分及びTotal成分の4成分に対して上記で定義した $M_s$ と $M_L$ を求め、その解析結果の統計を行った。

擾乱の大きさ $M_s$ 、 $M_L$ はどのような要因に依存しているのか、私は地球磁気圏の上流側約200地球半径の距離に太陽風モニターとして位置しているISEE3の諸太陽風パラメーターと $M_s$ と $M_L$ との相関を調べてみた。Reconnectionの問題との関係で我々が一番興味があるのは、 $M_s$ 、 $M_L$ とIMFの $B_z$ との相関であるが、全く相関がないとの結果が得られた。同様に $B_y$ 、 $B_x$ との相関解析を行ったが、いずれもほとんど相関がないことを示す非常に小さい相関係数(0.~0.1)が得られた。相関解析の結果、擾乱の大きさには、二つの重要な物理量が関係していることが明らかになった。一つは、太陽風の運動エネルギー、もう一つはショック面とIMFのなす角度である。ここでIMFとショック面のなす角度は、以下のように定義される。

$$\theta_{\hat{n}, B_{IMF}} = \cos^{-1} \left( \frac{|\hat{n} \cdot \hat{B}_{IMF}|}{\|\hat{B}_{IMF}\|} \right),$$

ここで $\hat{n}$ は観測地点における、ショック面の法線ベクトルである。 $\theta$ が小さくなるほど、すなわちショック面にIMFが垂直になるほど、 $M_s$ と $M_L$ は増大する傾向がある。また太陽風の運動エネルギー $nV^2$ ( $n$ は太陽風の密度、 $V$ は速度)が増えるにつれて、乱れの大きさは増大する。

### 参考文献

- 1) T. Higuchi, Physica D, 31, 277, 1988.
- 2) T. Higuchi, in preparation (Physica D), 1989.
- 3) 樋口 et al., 本学会81, 83回講演予稿集

On a relationship  
between solar wind parameters and geomagnetic storm

Tohru Sakurai

Faculty of Engineering, Tokai University

It has been well known that magnetospheric disturbances are strongly related to a change of activity level of solar wind parameters, dynamic pressure and magnetic field, especially to a polarity change of interplanetary magnetic field. In the present study we have examined on a relationship between solar wind parameters and activity level of geomagnetic storm for forty geomagnetic storms observed during a period of one year from 1 January to 31 December, 1979. Used data of solar wind and geomagnetic disturbance are based on the published data book, containing summary plots of ISEE-3 magnetic field and plasma data and AE, Dst and Kp Indices for August, 1978 - July, 1982. In addition, the published magnetic field data obtained at a middle latitude station, the Kakioka magnetic observatory are also used. An one-to-one correspondent relation between the middle latitude magnetic field variation and a time development of solar wind parameters is revealed. The obtained several important results are as follows;

(1). A polarity change of z-component of interplanetary magnetic field, Bz and its duration is primarily important to a regulation of geomagnetic disturbances.

(2). An enhancement of dynamic pressure is also important, but it seems to have a secondary importance in comparison with the polarity change.

(3). A development of main phase of geomagnetic storm depends sensitively on a negative polarity change, magnitude of Bz negative, and its duration irrespective of shock-types of solar wind disturbance.

(4). Solar wind disturbance with a positive polarity of Bz-component do not show any decrease of H component magnetic field at middle latitude and indicate a positive enhancement of Dst Index.

(5). A prolonged magnetic disturbance is brought by a prolonged Bz-negative variation.

(6). A very quiet magnetic condition of geomagnetic field occurs during a very low activity level of solar wind parameters, plasma density, velocity, dynamic pressure, and magnetic field. In this case the solar wind magnetic field varies around a zero value, not around a large positive value.

(7). Middle latitude magnetic field variations are closely related to those of IMF Bz component, although it has been well known that a sudden commencement and its range is primarily due to a change of dynamic pressure.

渋谷 仙吉

山形 大 理

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

S. Shibuya

Faculty of Science, Yamagata University

A crossing type of A-C dynamo has been studied before. In the present paper, another type of A-C dynamo, that is, a vortex type generator will be studied in the magnetospheric boundary layer. We make a model of the vortex type generator at the morning side in the equatorial plane based on the observations and calculate a current density induced by the dynamo, which is in the range of the observed values of the field-aligned current density.

太陽プラズマ流が磁気圏に侵入しているという観測も多くなり、磁気圏境界層でのダイナモ説は重要性を増してきている。

前回、従来の磁気圏でのMHD発電は直流発電ダイナモに属し、凍結磁束タイプと磁力線切断タイプの二つに大別されることを指摘し、磁力線切断タイプを基に Sonnerup (1980) のモデルを改良し、さらに、プラズマ侵入速度の時間的変動項を付け加えた交流ダイナモ(磁力線切断型交流ダイナモ)について研究した。その結果、プラズマ侵入速度  $V_x = V_{x0} + v_1 \cos \omega t$  (1観測例として  $V_{x0} = 200 \text{ km/s}$ ,  $v_1 = 20 \text{ km/s}$ ) を与えると、沿磁力線電流密度は  $j_{||} = (3.6 + 0.4 \cos \omega t) \times 10^6 \text{ (A/mf)}$  の脈動電流となり、地磁気脈動の粒子像を与えるものと推測されることを報告した。

今回は、MHD交流発電にもう一つのタイプ、すなわち渦型交流ダイナモが存在することを指摘し、その具体的モデルを考え、数値計算した結果を報告する。

Hones et al. (1981) は人工衛星の観測により磁気圏境界層内(主として赤道面付近)に右図のような大きなプラズマのうずが存在し、5~20分で(朝側では時計針の素わる方向に)1回転しながら流れていることなどが報告されている。

この観測事実をもとに、磁場方向に同心軸をもち、内側と外側との円柱が正負の電極となる渦発電のモデルを作る。

電磁流体の運動方程式と凍結磁束の式を

連立して解き、さらに電流  $j_{\perp}$ ,  $j_{||}$  の連続条件等を使うことにより、電離層付近での沿磁力線電流として次式を得る。

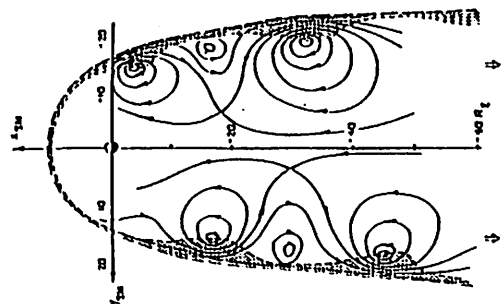
$$j_{||}(s=0) = \left(\frac{B_i}{B}\right) \frac{\rho l}{B} \frac{d\Omega}{dt} \left( \int_{s=0}^{s=l} \Omega = \frac{B}{B} \nabla \times V \right)$$

ここで、 $B$ ,  $B_i$ ,  $\rho$ ,  $l$  はそれぞれ磁気圏の磁場の強さ、電離層の磁場の強さ、質量密度、電離層と磁気圏間の距離である。

この式に、磁気圏、電離層での平均的な観測値を代入することにより、

$$j_{||}(s=0) = 1.9 \times 10^5 \sin \omega t \text{ (A/m}^2\text{)}$$

程度の電流密度を得る。これは、オーロラ・オーバル上空での沿磁力線電流密度の観測値(たとえば、Zmuda and Armstrong, 1974)と近い値をもっている。



(Hones, et al., 1981)

# 彗星イオンと太陽風プラズマとの相互作用による 波動不安定性の非線形発展: 二次元計算機実験

小嶋 浩嗣

松本 紘

大村 善治

京都大学超高層電波研究センター

## NONLINEAR EVOLUTION OF WAVE INSTABILITIES CAUSED BY THE INTERACTION BETWEEN COMETARY IONS AND THE SOLAR WIND PLASMA: 2-D COMPUTER EXPERIMENT

Hirotsugu KOJIMA

Hiroschi MATSUMOTO

Yoshiharu OMURA

Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University

We present results of 1-D and 2-D computer experiments on the nonlinear interaction between cometary ions and the solar wind plasma. First, we performed a 2-D computer experiment allowing both parallel and obliquely propagating waves. We have found that final dominant modes are not the parallel propagating modes but slightly obliquely propagating modes, and that the shell-like velocity distribution of cometary ions is formed even in the presence of obliquely propagating waves. Second, based on the results of 2-D computer experiments, we performed a 1-D computer experiment with a large system allowing only obliquely propagating modes with a particular wave normal angle ( $\theta = 15^\circ$ ). In this experiment, we have found that compressional waves are generated and these waves are steepened.

我々は、彗星近傍での波動不安定性について主に平行伝搬での線形解析、及びハイブリッドコードによる一次元計算機実験について発表を行ってきた<sup>1), 2)</sup>。一方、斜め伝搬のモードについても線形解析の結果、平行伝搬に匹敵する線形成長率をもつモードが存在することを前回報告した<sup>3)</sup>。

これらの平行伝搬と斜め伝搬の不安定なモードの競合過程を調べることは非常に興味深いことである。また、平行伝搬のモードのみを扱った一次元計算機実験で明らかにされた、「彗星イオンの速度空間中の球殻状分布の形成」についても、斜め伝搬の波がどの様に影響を与えるかを確認する必要がある。

そこで今回我々は、平行伝搬と斜め伝搬の波を同時に扱うことのできる二次元の計算機実験を行なった。そしてその結果、必ずしも平行伝搬の波が最も優勢になるのではなく、15度程度の斜め伝搬の波が最終的に優勢になること、こうした斜め伝搬の波の存在下でも彗星イオンの球殻状速度分布が形成されることを確認した。更に、二次元計算機実験の結果をふまえて、伝搬角15度の波のみを扱う大規模な一次元計算機実験を行なったところ、彗星イオンによって励起された波が急峻化を起こして、鋸歯状の波が形成されることが確認された。従来の計算機実験による研究では、初期に波を与えることによって、圧縮性の斜め伝搬の波が急峻化することが示されていたが<sup>4)</sup>、今回我々はビーム不安定性から始めてその急峻化を示した。Fig. 1は、急峻化の起こる様子を磁場の波形に対して時間的にプロットしたものである。OmidiとWinskeも特殊な手法を用いてやはりビーム不安定性によって励起された波が、急峻化することを示しているが<sup>5)</sup>、その鋸歯状波の前面に短周期の波束を伴っているという点で我々の結果と異なっている。今回の発表では、この結果の違いも含め、衛星による観測結果に理論的解釈を与えたい。

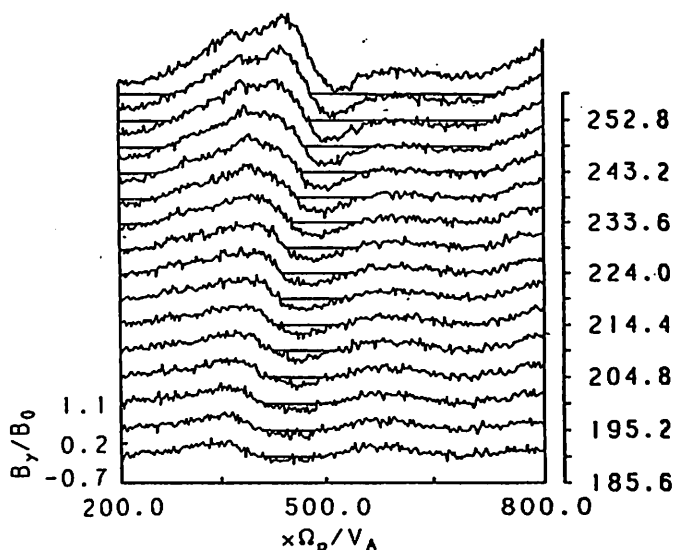


Fig. 1: Time series of  $B_y$  component. We find that the wave begins to be steepened as time elapses.

### 参考文献

- [1] 小嶋 他、第 81 ~ 83 回 SGEPPS、講演予稿集。
- [2] Kojima, H et al., *Geophys. Res. Lett.*, 1989.
- [3] 小嶋 他、第 84 回 SGEPPS、講演予稿集。
- [4] Hada, T. et al., *J. Geophys. Res.*, 92, 4423, 1987.
- [5] Omidi, N., and D. Winske, *Geophys. Res. Lett.*, 15, 1303, 1988.

永野 宏  
(朝日大)

PROPAGATION OF SC ON FEBRUARY 6, 1986

Hiroshi NAGANO  
(Asahi Univ.)

Using data obtained by IMP-J, ISEE-2, GOES-5 and -6, and ground-based magnetometers, we studied characteristics of propagation in the magnetosphere for a geomagnetic sudden commencement (SC) on February 6, 1986. The SC was observed at Kakioka in the night side faster than by GOES-5 near 8h LT at the synchronous orbit. This fact is explained by taking into account the angle at which the interplanetary shock front collided with the magnetosphere.

図1のIMP-Jの solar wind plasma data に示されるように1986年2月6日のUT 13時近くに interplanetary shock が通過していったことが, bulk velocity, proton number density, dynamic pressure での跳びから見いだされる。この shock が地球磁気圏に衝突して, 磁気圏内に SC を生じさせる。図2は静止衛星 GOES-5 で観測された 3.06 秒値の磁場データであり, SC を UT 1312:45 に観測している。この時の LT は 8 時 20 分頃であった。図3は Kakioka で観測された 1 秒値の磁場データであり, SC は UT 1312:00 に観測されている。Kakioka でのこの時の MLT は 2 時 20 分頃であった。一般に shock が磁気圏前部に衝突し, それによって生じる SC の現象は, 昼間側から地球の方向へ伝播してくると考えられるので, 昼間側の磁気圏内の GOES-5 の方が夜側の地上の Kakioka よりも遅れて SC を観測すると云うことは奇妙な事である。この点を解明するために, 地球近傍での shock front の傾きを調べてみた。

IMP-J の 15.36 秒値の solar wind plasma data での bulk velocity  $V$  と proton number density  $N$  の shock 通過前後の値は  $V_1=343$  km/s,  $V_2=428$  km/s,  $N_1=5.5$   $\text{cm}^{-3}$ ,  $N_2=42$   $\text{cm}^{-3}$  であった。これより shock velocity を計算すると  $V_s=456$  km/s になった。一方, IMP-J の 15.36 秒値の磁場データでは shock は UT 13h20.3m に観測されており, その時の磁気圏座標系での IMP-J の位置は  $(-1.0, -31.2, -7.3)$   $R_E$  であり, また, ISEE-2 の 1 分値の磁場データでは shock は UT 1319 に観測されており, その時の ISEE-2 の位置は  $(-4.4, -18.7, -2.8)$   $R_E$  であった。もう 1 点として磁気圏境界面上の  $(8, 6.5, 0)$   $R_E$  の点に shock が UT 1311 に衝突したと仮定して, この 3 点のデータと前述の shock velocity の値とから shock normal を計算すると,  $m = (0.66, 0.62, -0.43)$  と求められる。この偏った傾きを考慮すると, 前述の磁気圏内での一見奇妙な SC の伝播の様相も説明可能と考えられる。

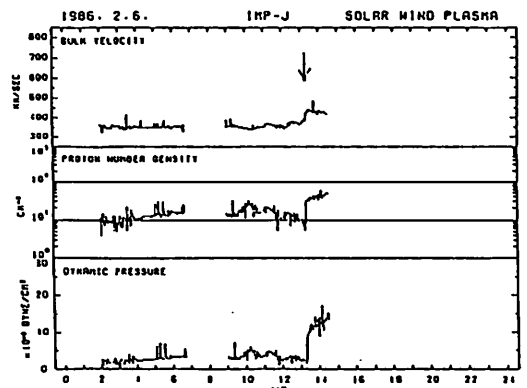


図 1

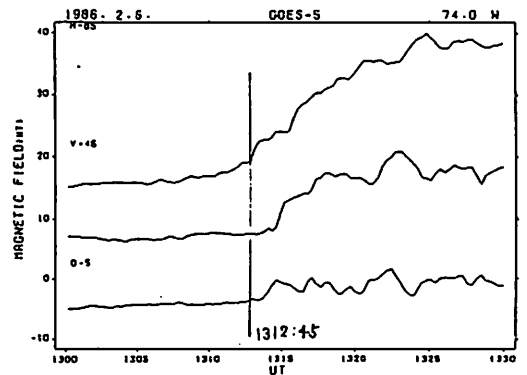


図 2

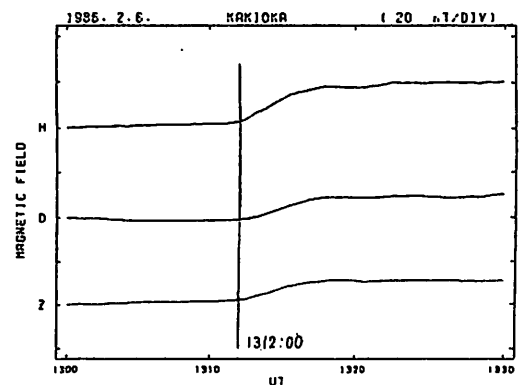


図 3

Dynamical structure of the dayside magnetopause during the Si event on February 9, 1986

M.Kuwashima and S.Tsunomura

Kakioka Magnetic Observatory, Kakioka Ibaraki 315-01, Japan

A very large Si event was observed on February 9, 1986. The amplitude of that Si event was more than 90nT at the low-latitude ground-based station, Kakioka in Japan. The Si event started at 1748.2UT on the ground (Kakioka) as shown in Fig.1, while it started at 1747.5UT at the geosynchronous altitude in the dayside magnetosphere (GOES 6). The difference of the start time of 0.7minute between the ground and the dayside magnetosphere is consistent with the result by Kuwashima and Fukunishi(1985).

As shown in Fig.1, the Si event was accompanied with the oscillative variation with period of about 150 second. It should be noted that the oscillative variations observed on the ground (Fig.1) seem to correspond to the successive magnetopause crossing observed at the geosynchronous altitude ( Fig.2). It is concluded that the magnetopause crossing occurred successively with very short time interval of about 150 second at the geosynchronous altitude in association with the Si event on February 9, 1986.

Kuwashima and Fukunishi(1985); Planet.Space Sci. 33, 711-722.

Fig.1  
Magnetic variation observed at the low-latitude ,Kakioka on February 9, 1986.

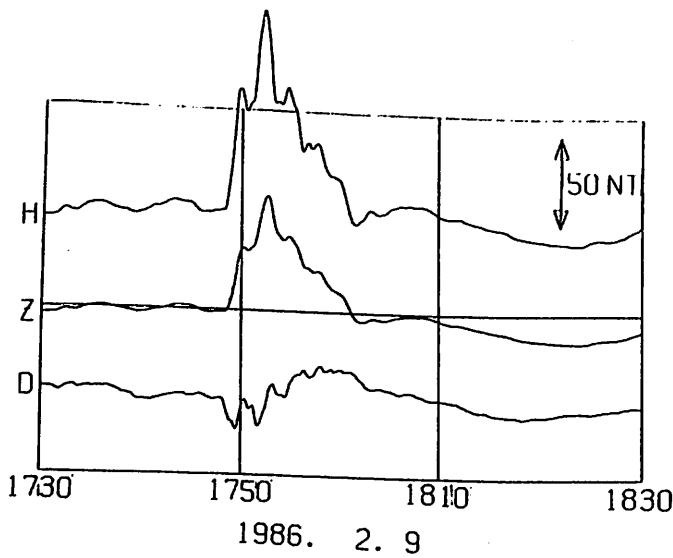
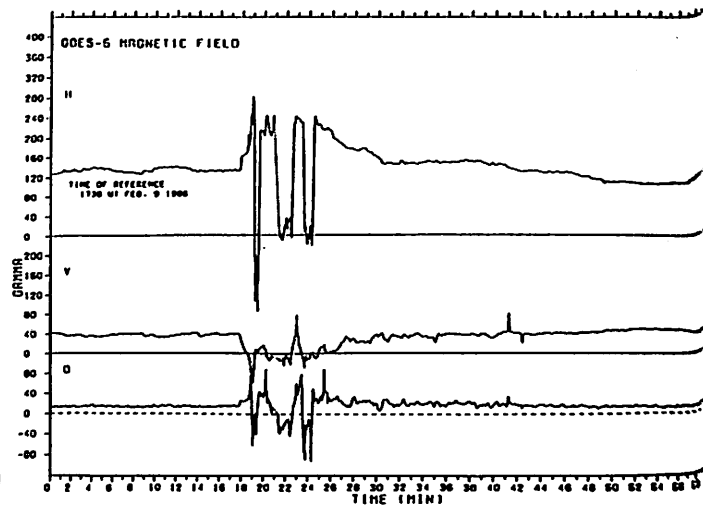


Fig.2  
Magnetic variation observed at the geosynchronous altitude (GOES 6) on February 9, 1986.



徳本 哲男 上井 哲也  
地磁気観測所

Prompt report of Geomagnetic storm on March 13, 1989

Tetsuo Tokumoto Tetsuya Uwai  
KAKIOKA MAGNETIC OBSERVATORY

A large geomagnetic storm occurred at 0127 U.T. on March 13, 1989. The range of the storm reached up to 640 nT for H component, that is the biggest one since the IGY.

In this paper, Variations of the whole geomagnetic field for this event will be precisely examined using one second value at KAKIOKA and one minute ones at other observatories, MEMAMBETSU, KANOYA and CHICHIJIMA.

1989年3月13日~14日に発生した地磁気嵐は、13日01時27分(U.T.)におけるssc(H成分の振幅43nT)の後、約2日間に渡って継続し、最大でH成分のレンジが約640nTに達する大擾乱となった。これは1957年以来で最大の地磁気嵐であり、1982年7月(H成分のレンジは630nT)の磁気嵐を越える規模となった。

現在、太陽活動の極大期にさしかかっており、今後も地磁気活動は活発になると考えられる。

今回は、柿岡における地磁気、及び女満別・鹿屋の毎分値の他、父島で1989年1月よりパソコン通信によりテレメートしている毎分値・毎秒値を用いて、速報として今回の地磁気嵐の様子を報告したい。

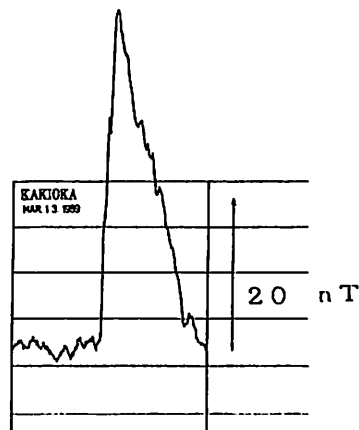


Fig.2 Record of horizontal component at ssc on second data

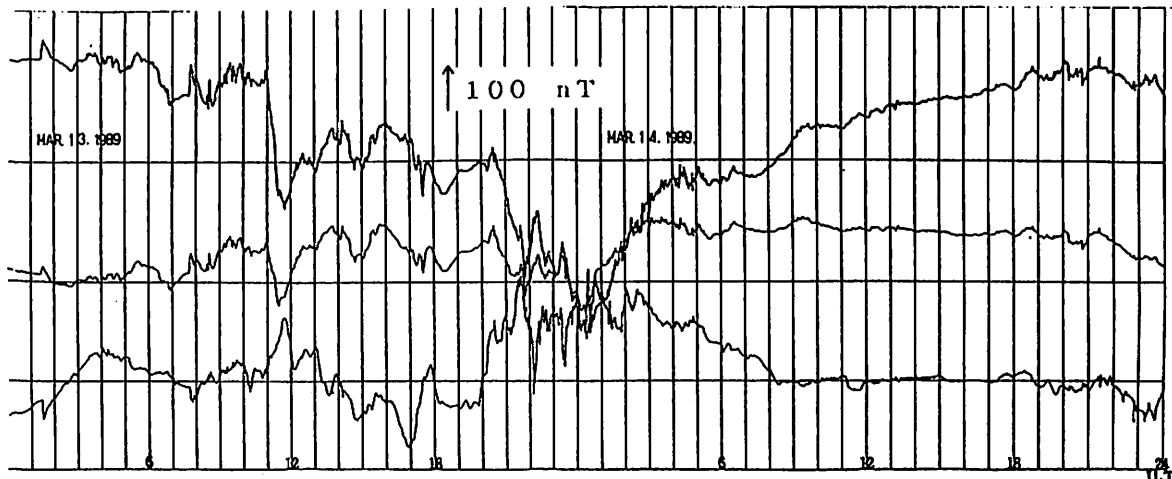


Fig.1 Variation of Geomagnetic field from March 13th 1989 to 14th on minute data



門倉 真二

地磁気観測所

CORRELATION IN POWER OF GEOMAGNETIC REGULAR VARIATION AND DISTURBANCE

Shinji KADOKURA  
Kakioka Magnetic Observatory

A Method to derive the Geomagnetic index K was applied to separate the geomagnetic variation into solar regular variation (SR) and disturbances. The powers of SR (QP) and disturbance (DP) for each day were calculated, and the time series of QP and DP was analysed by means of correlation. The preliminary results will be shown: (a) DP is in week recurrence of 27 days; (b) auto correlation of QP is consistent with the variations of Sq amplitude, i.e. predominant annual variation, semiannual one, and 27 days recurrence; (c) QP is correlative with DP in the day before (d) DP seems to be correlative with QP 1 solar rotation before.

地磁気1分値データより、各々の日の静穏日変化 (SR) を推定する方法が著者により既に開発されている。これにより擾乱の大きい日でも比較的精度よくSRが得られK指数への応用もうまくいっている (1987年秋の学会講演会)。この方法で1976年から1987年までの柿岡の地磁気1分値データより分離されたSRと擾乱の連続データを解析した。今回、STE (Solar Terrestrial Environment) 擾乱予測への可能性を調べるため、SRと擾乱のパワーの自己相関及び相互相関を求めた初期結果を示す。

SRのパワーQPはSRのデータ SR(t) に対し

$$QP = \frac{1}{t_0} \int_0^{t_0} (SR(t))^2 dt$$

但し、 $t_0 = 1日 = 24時間 = 1440分$

で日毎に定義される。擾乱のパワーDPも同様の2乗積分で定義される。図1にQPの自己相関を示した。上側はtime lag = 0~100日、下側は0~400日の範囲である。1年及び半年周期の変化があるのがはっきりわかる。又、上側より太陽自転の周期 (27日) の変化があるのが僅かに見られる。

図2にQPとDPの相互相関を示した。time lag はQPが先行するセンスを正とした。-1日の所にはっきりとしたピークが見られることから、擾乱のあった翌日はSRがEnhancedされることがわかった。また、+27日付近にCorrelationが上がり傾向があり、STE 擾乱予測への可能性が伺える。

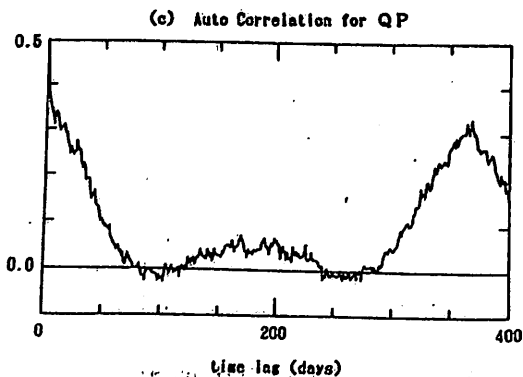
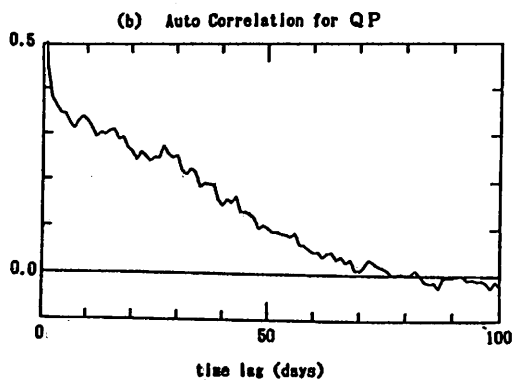


図1

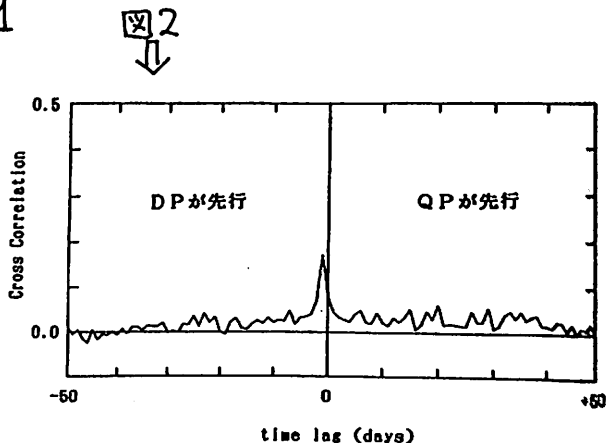


図2

# I-21 高緯度ULFと低緯度ULFの境界

北村泰一(1) 篠原 学(1) 桑島正幸(2) 田中義人(3)

(1) 九大理学部 (2) 地磁気観測所 (3) 名大空電研究所

## SEARCH FOR THE BOUNDARY BETWEEN THE POLAR AND THE EQUATORIAL ULF's

T. KITAMURA M. SHINGHARA M. KUWASHIMA Y. TANAKA  
Kyushu Univ. Kyushu Univ. Mag. Observatory Nagoya Univ.

The equatorial and the polar ULF's are quite different in a meaning of their  $m$  values (longitudinal wave number). That is, the  $m$  values of ULF's at polar region can take a number larger than unity, while those at the equatorial region are limited to take values smaller than unity. This means that the polar ULF's can propagate in the longi-

tudinal direction, while those in the equatorial region show the oscillation character.

Then a question that where is the boundary between them may arise. This is the purpose of the present talk to answer the question.

一般的な性質として、磁気圏内では、磁気波動は縦波(アルヴェーン波)と横波(磁気音波)は互いに結合状態にある。いはば波動モードは『縮退』しているといつてよい。これらの波に対して、地球磁場は1つのスペクトロメータとして働き、極地へは主として横波を(縦波も混入しているが)送り込み、赤道域へは縦波のみの侵入を許す。これをエネルギーの観点からみれば、極地では横波のエネルギーが集中するため、普通の状態では縦波成分は横波に隠れてしまつて殆ど見えないが、赤道域になると、横波が脱落するので、相対的に縦波が浮かびあがってくると考えられる。また、これを $m$ 値(経度方向の波数)という観点からみると、極地では、磁気圏内の発生源のサイズに応じた $m$ 値(ある分布を形成し、その最大値 $m_0$ は、普通の場合1から10位までの値をもつ。Pi2なら大きな値であろうし、Pc6なら小さい値であろう)を背負った横波が伝播し、従つて、極地のULFは東西伝播する。一方、赤道域へは、1より小さい $m$ 値をもつ縦波のみ(理想的には $m=0$ のみ)がフィルターをくぐるようにして伝播することが可能である。

かくして、極地では主として $m \neq 0$ の横波(アルヴェーン波)が、赤道域では $m=0$ の縦波が観測される。

さて、この極域と赤道域は地球上の2つの極端地であるが、その中間、すなはち中低緯度では、この両者(縦波と横波、または大 $m$ 値と小 $m$ 値)が混合していると考えられるが、その緯度に応じて、自ずから両者の比率が定まり、高緯度では極地型、低緯度では赤道型となっている筈である。そして、どこかでその両者の境界がある筈でもある。その境界はどのあたりで、なぜ、そう判定できるのかという問いに答えるのが、本報告である。

予稿では題材としてワンカヨーと女満別のデータしかお見せできないが、講演時には、母子里、柿岡、久住、ワンカヨー、ユーゼビオのデータを使った結果をお見せ出来る予定である。

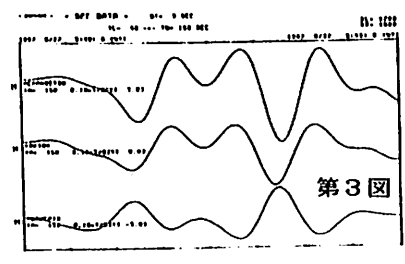
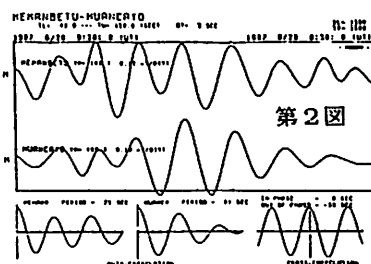
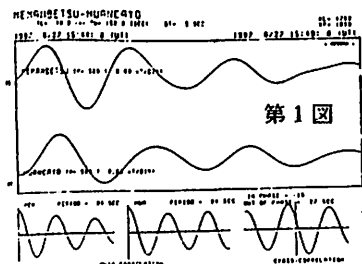
まず、第1図をご覧頂きたい。Pi2が題材として適当であるのでそれを例にとるが、普通の場合、ワンカヨーと女満別のPi2は『同位相』である。第1図の例では、このPi2の周期は75秒(女満別)から81秒(ワンカヨー)であるが、図示の時間範囲の相互相関をとるとその位相差はピッタリ0秒で、両者は文句なしに一致している。

第2図は、同じく『同位相』であるが、両者に若干(15秒)の位相差がある。

かくして、女満別とワンカヨーとは同位相で、しかも両者の間に位相差が少ない(0~10秒程度)のが『通常』の場合である。

そこで、第3図をみて頂きたい。いつも同位相である女満別とワンカヨーのPi2が、ある日突然に逆位相になることがある。この時、柿岡もワンカヨーと逆位相になるが、柿岡と赤道の間に『境界』があるに違いない。生憎、この時は久住が欠測で、残念であるが、日頃は久住とワンカヨーが逆位相になるようなことはないので、この例でも、『境界』は柿岡と久住の間にあると考えられる。

かくして、日本の緯度は、極域型と赤道型の境界あたりに位置し、通常は赤道勢力圏に属しているが、なにかのことで、極域勢力圏に入ってしまうものと考えられる。なにかが原因でそうなるかは、現在のところ不明である。



POSITION OF THE FOCUS OF THE \$S\_q\$ CURRENT SYSTEM

KEN-ICHI MAEDA

The latitudinal position of the focus of the \$S\_q\$ current system and its northward or southward shift have been found by spherical harmonic analysis of data obtained in the Second Polar Year and in the IGY. A theory is worked out to relate the focus position and its shift to the electron density of the E region and other parameters. Calculated results based on the theory are compared with the observed ones, and rough consistency on the whole is found.

第2回極年(1932~1933)の世界的観測強化によって、地磁気日変化磁場 \$\Delta H\$ のデータが豊富に得られることになってから、\$\Delta H\$ の球面調和解析が行なわれた。この解析から所謂“等価電流系”の流線図が描かれるが、これは global に見て loop または vortex の形をしていて、その中心を focus または center と呼び、その位置を地方時と緯度の座標で表わす。

IGY (1957~1958) 以後の太陽活動最盛期の \$\Delta H\$ についても前記と同様の解析が行われ、又最近では南北両半球を別々に取扱った解析がなされている。これらは何れも current vortex の focus の位置が太陽活動度や季節によって南北に移動することを報告している。しかし移動の mechanism については未だ明確ではない。

理論

第83回総会(1988, 春, 東京)で発表した論文で、中性粒子の風がその方向を反転する余緯度 \$\theta\$ が \$60^\circ\$ をく、同論文の(2)式で与えられる \$\theta\$ が \$60^\circ\$ になる所で反転することを述べた。この場合の位置(\$\theta\$)が focus の位置に相当するのであって、この \$\theta\$ が \$60^\circ\$ からずれる角(真値)を \$-\Delta\theta\$ とすると、\$\Delta\theta\$ 次式で与えられる。

$$\Delta\theta = \nu_2 \sin I / 2 \sin \frac{(\theta + 60)}{2} \quad (\nu_2 = \sigma_2 B_0^2 / \omega \rho_n),$$

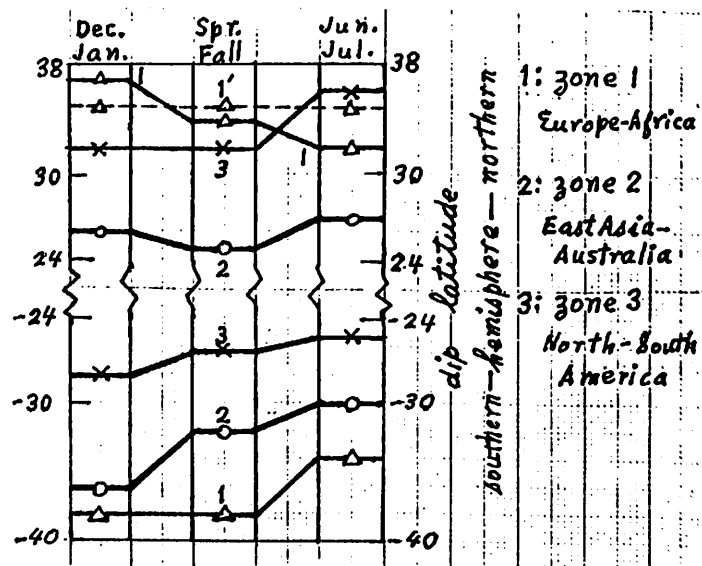
$$= (e/\omega) (N_e / \rho_n) B_0 \sin I / 2 \sin \frac{(\theta + 60)}{2}.$$

上式はガイナ電流(\$I\_y\$)のうち \$\vec{V} \times \vec{B}\$ field による電流(\$I\_y(M)\$)による focus で、これは

さらに静電場 \$E\$ による電流(\$I\_y(E)\$)に影響される。上式の \$\Delta\theta\$ は地球上の場所が定まればそこで \$N\_e/\rho\_n\$ に比例する。\$I\_y(E)\$ による影響も \$N\_e/\rho\_n\$ に依存するはず南北方向電場にも左右される。

実測と計算結果

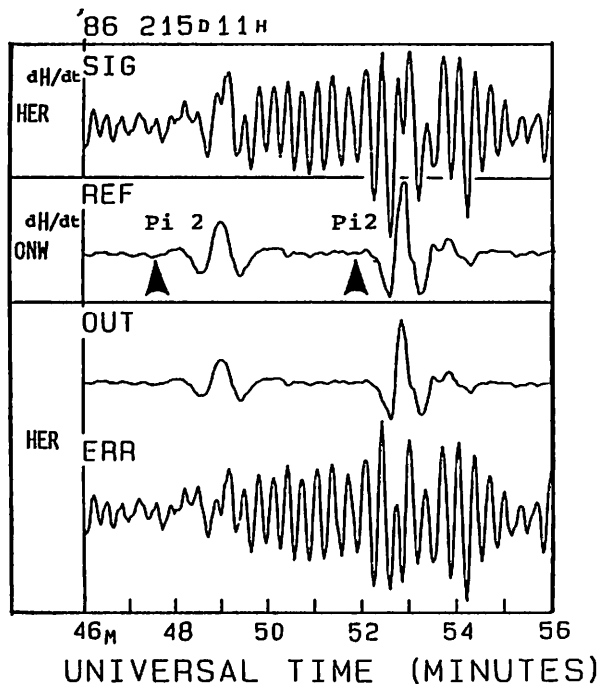
以上の理論によって focus の位置が計算されるので実測結果と比較してみる。下図に実測結果(鈴木, 1973)を示す。focus 位置は両半球とも夏季に高緯度、冬季に低緯度に在るのが全体的傾向である。(北半球の zone 1 は例外)。この傾向は太陽活動度の大小にかかわらずない。理論計算値は実測値と全体的傾向が同じであり、移動幅(季節的)も大略近い値をとるが、一般的には実測の方が幅が大きい。





P.R. Sutcliffe<sup>1</sup> and K. Yumoto<sup>2</sup><sup>1</sup>Magnetic Observatory, CSIR, Hermanus 7200, South Africa<sup>2</sup>Onagawa Magnetic Observatory, Tohoku University, Sendai 980, Japan

In this paper we present convincing new evidence demonstrating that Pi 2 magnetic pulsations occur simultaneously in both the nightside and dayside hemispheres at low latitudes. The figure shows one example of amplitude-time records of Pi 2 events observed concurrently at Hermanus (HER:  $L = 1.88$ ,  $MLT = UT + 0.3$  hr) and Onagawa (ONW:  $L = 1.3$ ,  $MLT = UT + 9.0$  hr). It is found that even though Pc 3 magnetic pulsations, originating from upstream waves in the earth's foreshock, were activated during the local daytime at HER (see top panel), and buried the substorm-associated Pi 2 components in the sinusoidal magnetic variations, the amplitude-time records (lower panel) at HER after having been passed through an adaptive filter of the CDANC method, show clearly corresponding daytime Pi 2 waves. We also confirm that at mid latitudes dayside Pi 2's are not detected. Differences in Pc 3 frequency at two South-Africa stations separated  $35^\circ$  in longitude were recently ascribed to differences in plasma density affecting the field line resonance frequency; however, Pi 2's at these two stations have similar spectra. These findings point to a global cavity mode as the source of low-latitude Pi 2 magnetic pulsations.



2. From April 1st, 1989, at Research Institute of Atmospheric, Nagoya University.

Kiyohumi Yumoto\*

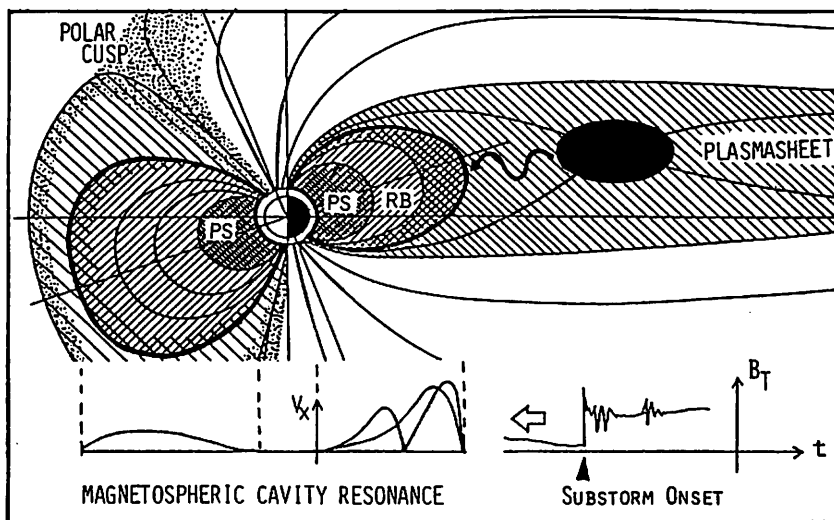
Onagawa Magnetic Observatory & Geophysical Institute, Tohoku University, Sendai 980

During the magnetospheric substorm onset transient hydromagnetic oscillations, that is called Pi 2 magnetic pulsations, are excited globally in the magnetosphere. One possible source of nighttime Pi 2 pulsations is sudden changes in the magnetospheric convection or configuration during the substorm expansive phase, which would be caused by a plasma flow from the reconnection region or by a formation of the substorm current wedge, respectively. High-latitude Pi 2 pulsations on the nightside are generally believed to be a transiently-excited oscillation of the auroral field lines. However, excitation and propagation mechanisms of global Pi 2's observed at various longitude and latitudes are open questions.

Recently, in order to investigate the generation mechanism of global Pi 2 pulsations, Yumoto et al. [1989a, b] have carried out multiple ground-based and satellite observations with high-time resolution data ( $\Delta t = 1$  sec). They found wave characteristics of global Pi 2 pulsations detected at the world-widely separated stations, i.e., (1) the high occurrence probability of daytime Pi 2's at low and middle latitudes, (2) the identical period in the inner region ( $L \lesssim 7$ ) bounded by the plasma sheet, and (3) the nearly schematic in- and anti-phase relations of H and D components, which cannot be interpreted by only considering the Alfvén field-line resonance wave in the nightside auroral zone, but suggest a global field-line oscillation coupled with the magnetospheric cavity resonance wave.

The figure illustrates a possible scenario for the generation mechanism of the substorm-associated global Pi 2 magnetic pulsations. During the substorm expansion onset hydromagnetic impulsive disturbances are launched at the time of the field dipolarization in the reconnection or current disruption region (solid area) in the near-earth plasma sheet. A portion of the disturbances can propagate along the field line in the Alfvén mode to the high-latitude ionosphere, and contribute to a localized high-latitude Pi 2 pulsation on the nightside. On the other hand, the compressional impulsive signals with a broad-band frequency can propagate across the ambient magnetic field into the dayside magnetosphere, and excite a cavity resonance mode in the whole inner region bounded by the plasma sheet (indicated by a thick line). The magnetospheric cavity resonance wave further couples into a global field-line oscillation with a discrete frequency, which can be observed as a global Pi 2 pulsation at world-widely separated ground stations.

Future computer simulation studies on MHD waves in the realistic, inhomogeneous magnetosphere model and globally coordinated multiple ground-based and satellite observations will establish the global field-line oscillation coupled with the magnetospheric cavity resonance wave in the inner magnetosphere.



\*) From April 1st, 1989, at Research Institute of Atmospherics, Nagoya University.

坂 翁介  
九大 理

佐藤夏雄  
極地研

INSTALLATION OF UNMANNED UPPER ATMOSPHER PHYSICS  
OBSERVATION SYSTEM IN ANTARCTICA

Ousuke SAKA  
Dpt. Physics, Kyushu Univ.

Nastuo SATO  
National Inst. Polar Res.

An unmanned observation system was developed for the geomagnetic observation in Antarctica. The system consists of a thermo-electric generator, a cassette data logger, a precision timer, a flux-gate magnetometer and a riometer. The generator generates electricity of 90 w for a fuel consumption rate of 10 l/day. The accuracy of the time is kept within 0.01 s by referring Omega signals. A continuous recording of 9 months is possible without changing tapes for sampling interval of 3 s. Two systems were installed near Syowa Station, Antarctica in 1988, the one on the inland ice field 80 km south of Syowa, and the other on the coast at 50 km west of Syowa. The unmanned observation continued for Sep. - Nov., 1988. The observed data was used for a phase analysis of Pc-5 magnetic pulsations.

南極での使用を目的とした地磁気無人観測ステーションを開発した。システムは灯油を燃料とした熱電発電機 (THERMO-ELECTRIC GENERATOR:TEG) により電力を供給される。燃料消費量は10リットル/1日。計測器は3成分フラックスゲート磁力計とリオメータ。データは3秒毎にサンプリングされる。9ヶ月間テープ交換の必要がない。時刻はオメガ信号を常時参照することによって100分の1秒の精度で保持される。データロガーを含めた計測器関係の消費電力は18ワットで、残り72ワットの電力は、ヒーター等に消費される。

厳しい自然のなかでの無人機設置には色々の困難が伴う。そのため、無人機は燃料タンク、シェルターをそりに組立、そのまま雪上車で目的地まで運べるように設計した。現地では、燃料給油とシェルターへの発電機、計測器搬入のみの仕事で済み、立ち上げ時間はセンサー設置も含め3時間であった。

無人機建設は試行錯誤を経、本観測は9月中旬より開始した。1点は昭和基地南西50kmのスカルブスネスに、もう1点は基地の南80kmのみずほルートH-100に設置した。スカルブスネスでは3ヶ月以上連続観測をおこなった。H-100では計測器のトラブルのため連続観測は1ヶ月。

3点 (スカルブスネス、昭和、H-100) で得られたPC5の位相特性をクロススペクトル法で調べた、図1、2、3に各観測点で記録された波形を示す。H、D成分それぞれについて位相解析をおこなった結果を図4に示す。H成分とD成分の波数ベクトル ( $K(H)$ ,  $K(D)$ ) は一致しない。しかし簡単な計算から、共鳴の極く近傍では低緯度より高緯度へ伝ばりする位相構造がH成分のみに存在することが導かれる。これを図中の  $K(RES)$  とすれば、これと東西伝ばん、 $K(D)$  とのベクトル和が  $K(H)$  となりお互いの関係が理解出来る。

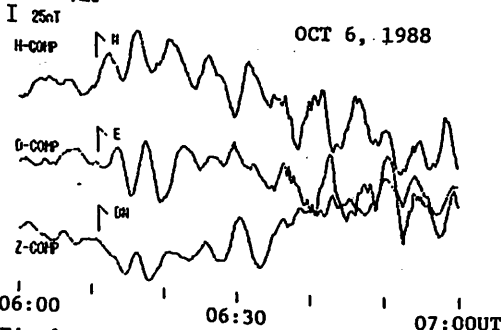


Fig.1 Records of flux-gate magnetometer observed at the coast unmanned station, Skarvsnes, on Oct. 6, 1988.

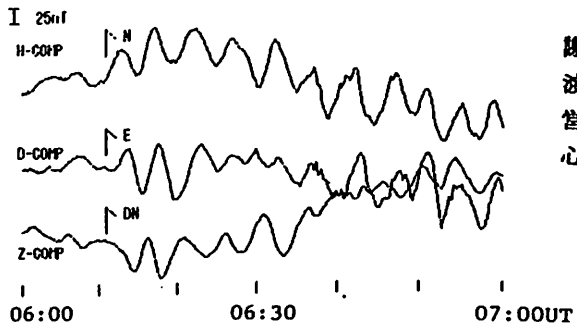


Fig.3 The same records observed at the inland station, H100.

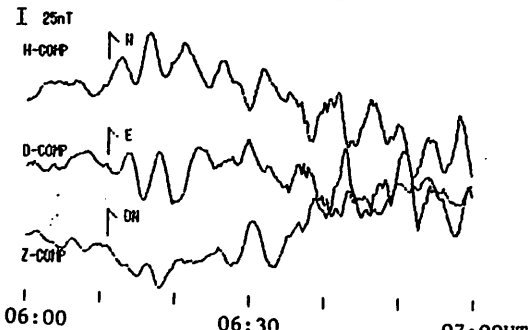


Fig.2 The same records observed at Syowa Station.

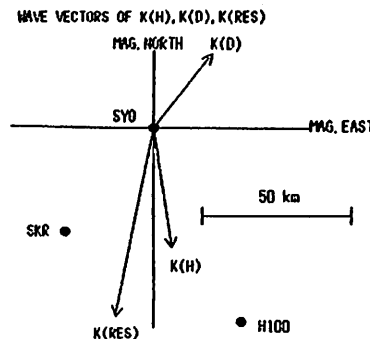


Fig.4  $K(H)$  and  $K(D)$  denote respectively wave normal vectors deduced from H and D component of the magnetometers observed at the three stations.  $K(RES)$  denotes an effect of phase shift near the region of magnetic field line resonance.

謝辞：本観測に対する波辺越冬隊長はじめ観測部門の強力な支援と心より感謝します。

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ロロジー

深尾昌一郎<sup>1</sup>, 白川達也<sup>1</sup>, 佐藤亨<sup>2</sup>, 津田敏隆<sup>1</sup>, 山本衛<sup>1</sup>, 加藤進<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

MORPHOLOGY OF MIDLATITUDE F-REGION FIELD-ALIGNED  
IRREGULARITIES OBSERVED BY THE 50-MHz MU RADAR

Shoichiro Fukao<sup>1</sup>, Tatsuya Shirakawa<sup>1</sup>, Toru Sato<sup>2</sup>,  
Toshitaka Tsuda<sup>1</sup>, Mamoru Yamamoto<sup>1</sup> and Susumu Kato<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University, Uji, Kyoto 611, JAPAN

<sup>2</sup> Department of Electrical Engineering, Kyoto University, Yoshida, Kyoto 606, JAPAN

The MU radar can probe the ionosphere in a direction perpendicular to the geomagnetic field in the midlatitude F-region and can see field aligned irregularities (FAIs) in the 38-43°N latitude and 130-142°E longitude ranges. The present results show the large-scale morphology of small scale (322.6 cm) irregularities as well as typical spectral characteristics. The midlatitude FAI drift and intensity contours have configurations in time and space that differ from any seen at low latitudes.

MU レーダーのビーム方向を天頂から北へ約 60°傾け磁力線に垂直に向けることにより沿磁力線イレギュラリティからの強いエコーを受信することが可能である。これまで2回の講演で、単一ビームを用いた F 層イレギュラリティのドップラー速度観測法と、1987年6月における12夜の連続観測の結果について論じた。主な成果は散乱エコーパワーの等値線図の時間、高度変化と、ドップラー速度から求めたそのような速度を持つ物体の仮想運動に非常によい一致がみられること、すなわち実際に観測された速度でイレギュラリティが移動していること、さらに、イレギュラリティは中性大気の影響によって Brunt-Väisälä 周期で振動することや、中性風によると思われるイレギュラリティの移動があること等である。また、急激なドップラー速度、エコーパワーの反転がみられるが、ドップラーспекトルを直接調べることで、上昇するイレギュラリティと下降するものが同時に存在し、それらの時間変化によってこのように見えることを明らかにした。

本講演では主として多ビームを用いた F 層イレギュラリティのエコーパワー観測について論じる。イレギュラリティからのエコーについて、方位角を固定し、天頂角を変化させた複数のビームで同一の現象を観測し、高度 200km 以下ではイレギュラリティが存在しないことを示す。これは電子密度分布と関連があると思われる。また、方位角を北-35°から+35°まで変化させ、異なるビーム間で同一のものと思われるエコーを観測し、イレギュラリティの東西方向の移動については、100m/sec ないし 175m/sec 程度の値で東から西に移動していることを述べる。

次に、同様の多ビームを用いた E 層イレギュラリティのエコーパワー観測に基づき、E 層イレギュラリティの移動速度は 35m/sec から 80m/sec と、F 層と比較すると半分程度の値が卓越するが、方向については同様に東から西へ移動していることを示す。



## MUレーダーによるF領域電子密度の多点同時観測

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><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

## Electron Density Observations in the Ionospheric F Region with the MU Radar

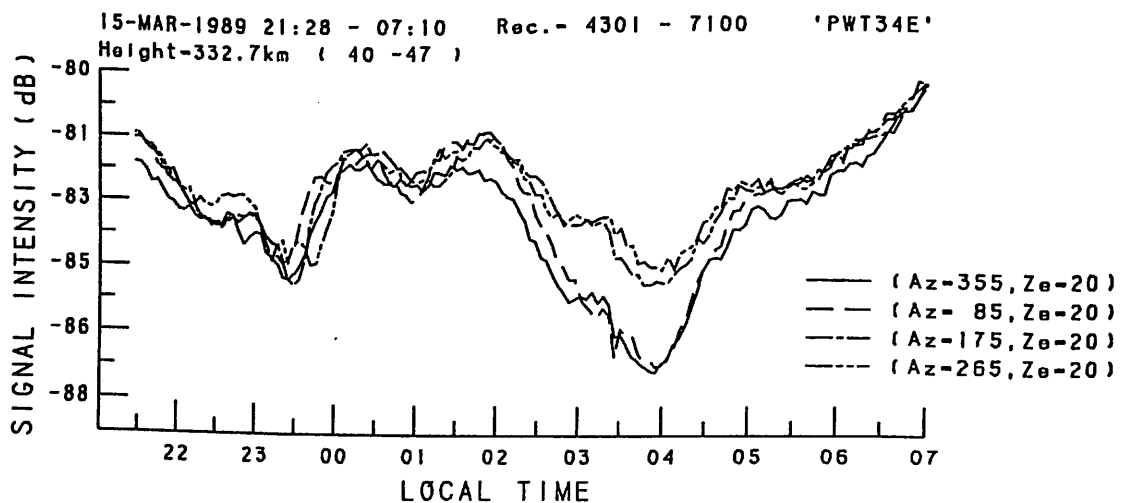
T.TAKAMI<sup>1</sup>, S.FUKAO<sup>1</sup>, S.KATO<sup>1</sup>, T.TSUDA<sup>1</sup>, T.SATO<sup>2</sup>, and M.YAMAMOTO<sup>1</sup><sup>1</sup>Radio Atmospheric Science Center, Kyoto Univ.<sup>2</sup>Dept. of Electr. Eng. II, Kyoto Univ.

The MU radar as an IS radar has a special feature in the fast beam steering. We tried to observe the difference of signal intensities between four beam directions. This observation enables us to find the horizontal propagation of the ionospheric disturbances.

MUレーダーによる電離圏観測において新しい成果を期待できるもののひとつが電子密度の多点同時観測である。MUレーダーによれば1パルスごと(1IPP~10msec)にビームを走査することでF層高度において数百km離れた空間の同時観測が可能であり、受信エコー強度(電子密度)のビーム間差から擾乱の水平伝搬特性を定量的に解析することができる。しかし、ビーム間差は微小であり、この観測のためにはMUレーダで可能な最長の送信パルス(512 $\mu$ sec)を用いなければならないことが確認されている。このモードによる電子密度観測は過去において24時間観測が3回行われている。今回報告するのは二度にわたる地磁気嵐の発生を見た1989年3月8日~17日の間に行われた150時間あまりの観測であり、この観測モードでは初めての長期連続観測となった。また、流星エコー除去に対するデータ処理法が改良され時間当りのデータ数が増加している。

図1は3月15日夜から16日朝にかけて行われた観測結果であり、F層高度における受信エコー強度のビーム間差を約4分の時間分解能で表示している。用いられたビームは天頂角20度、方位角は北から時計回りに85度、175度、265度の4ビームである。大きなビーム間差を持つエコー強度、あるいはビーム間で時間差のあるエコー強度の変動など地磁気嵐により生じたと思われるダイナミックな電子密度擾乱を見ることができる。講演では観測の全期間にわたる受信データを示し、多点同時観測から得られた結果を報告する。

Fig.1 : Signal intensities from LT2225 MAR 15 until LT0700 MAR 15, 1989 at the height of 333km in the four beam directions.



# MUレーダーによる中間圏の観測と 冬季異常

村岡 良和  
(兵庫医大物理)

川平 浩二  
(富山高専)

OBSERVATION OF THE MESOSPHERE WITH THE MU RADAR  
AND THE D-REGION WINTER ANOMALY

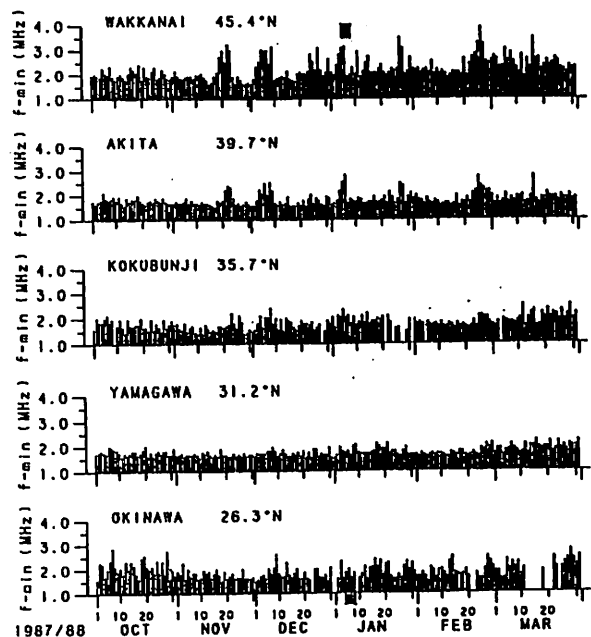
Y. MURAOKA AND K. KAWAHIRA  
(HYOGO COLLEGE OF MEDICINE) (TOYAMA NATIONAL COLLEGE OF TECHNOLOGY)

In recent several winters we have observed the mesosphere with the MU radar at Shigaraki (34.9°N, 136.1°E) to investigate the mesospheric dynamical behavior during the so-called D-region winter anomaly. Our primary purpose was to clarify whether the meridional flow brought about by amplified planetary-scale waves causes the absorption enhancement. Unfortunately no prominent events of the anomaly have been observed in these winter periods. So, we could not obtain a clear correlation between the mesospheric winds and HF absorption. However, there were lots of minor anomaly events. We note that an intense backscattered VHF echo from the mesosphere was seen during one of those minor events.

電離圏D領域での冬季異常は、当初HF帯での冬季における電波吸収異常として発見されたが、その後のロケット観測によって、その異常が、高度70-90kmでの電子密度の増加に起因すること、更にはその電子密度の増加が一酸化窒素(N<sub>2</sub>O)の増加に依存していることなどが明らかになった。これらの観測によって、冬季異常とは何かという問題に回答は与えられたが、何故このような異常が冬季に発生するのかという問題に対する明確な回答はまだ与えられていない。電波吸収異常発見当時から、この現象がいわゆる地磁気現象と相関を持っていなかったため、なんらかの気象学的現象による力学的効果との関係が示唆されていた。冬季異常に[N<sub>2</sub>O]が重要な役割を果たしていることから、最近では、[N<sub>2</sub>O]の輸送が色々な角度から検討されている。その有力な候補のひとつとして、冬季の東向きの平均流の中を成層圏から中間圏へと伝播する惑星波による輸送が考えられている。筆者等は、惑星波動の発達と吸収異常との関連を指摘すると共に、その波動の発達によって生ずる南北流が極域の[N<sub>2</sub>O]を低緯度へ輸送する機構になり得ることを主張してきた。この関連を調査する目的で、筆者等はこれまで数年間、京都大学超高層電波研究センターでの共同利用研究の一環として、MUレーダーを用いた冬の中間圏の風の測定を行なった。ここでは、この観測結果を、電波吸収にみられる冬季異常の形態と比較しな

がら議論する。

図1には昨年(1987/88)の冬における電波吸収の変化の例が示されているが、大規模な吸収異常は発生しておらず、小規模な吸収増加が散発的に見られるだけである。これは、ここ数年間の特徴であり、最近の惑星波の動向と関連があるように思われる。このため、これまでの中間圏観測期間中に吸収増加は見られなかったが、図中に示されているように、今回初めて中間圏観測期間中に吸収増加が見られた。この結果についての詳細な議論は講演時に行なう。



Masasuke Takefu

Computer Center, Kyushu University, Fukuoka, Japan

Time variations of the Doppler shift of the HF radio waves reflected from the ionosphere usually show continuous curved traces, but sometimes show characteristic spreading traces, as shown in Fig.1. The present study examines what makes the Doppler traces spreading using the numerical simulation for the sinusoidal travelling electron density disturbances in sporadic-E layer, as shown in Fig.2.

The main results obtained are as follows:

- (1) A number of ray paths are received simultaneously at the receiving station when the HF Doppler spreading occurs.
- (2) Spreading Doppler traces are possible even for the completely "sinusoidal" disturbances when their wavelengths are small enough compared with the transmission distance between the transmitter and receiver.
- (3) The number of ray paths to be received simultaneously depends mainly on the wavelength of the disturbance and the location and width of the sporadic-E layer.
- (4) The amplitude of Doppler spreading depends largely on the period of the disturbance (in other words, the phase velocity) and less on the amplitude of the disturbance itself.

The ionospheric electron density model used in the present study is

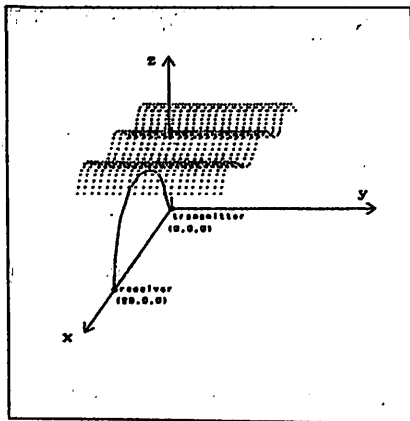


Fig. 2

$$N(x,z,t) = N_0(z) + dN(x,z,t),$$

$$N_0(z) = \begin{cases} \frac{(z-h)^2 e^z}{(z_m-h)^2} \exp\{-2(z-h)/(z_m-h)\} & \text{for } z > h \\ N_0 = 0 & \text{for } z < h \end{cases}$$

$$dN(x,z,t) = dN_m \exp\{-((z-z_0)/b)^2\} \cdot \{1 + \varepsilon \cdot \cos(K_x \cdot x + K_z \cdot z - Wt)\}.$$

Here  $h$  is the bottom of the ionosphere, and  $z_m$  is the height of the maximum ionization,  $N_m$ , of the background layer.  $z_0$  is the height of the center of Gaussian sporadic-E layer, and  $b$  is the approximate half width of the layer.  $dN_m$  is the maximum ionization of the sporadic-E layer in the absence of the disturbance.  $\varepsilon$  is the fractional rate of the disturbance, and  $K_x$  and  $K_z$  are the horizontal and vertical wave numbers of the disturbance.  $W$  is the angular frequency of the disturbance.

The Doppler shift can be estimated first by finding the ray path using ray-tracing method and then differentiating its phase path length. The numerical Doppler trace is obtained by plotting the calculated Doppler shifts on the vertical axis versus the time on the horizontal axis. An example of the numerical results are shown in Fig.3, where  $f=8\text{MHz}$ ,  $N_m=10\text{MHz}$ ,  $\varepsilon=0.4$ ,  $z_0=90\text{km}$ ,  $b=2\text{km}$ ,  $dN_m=6\text{MHz}$ , and the horizontal transmission distance is 100km.

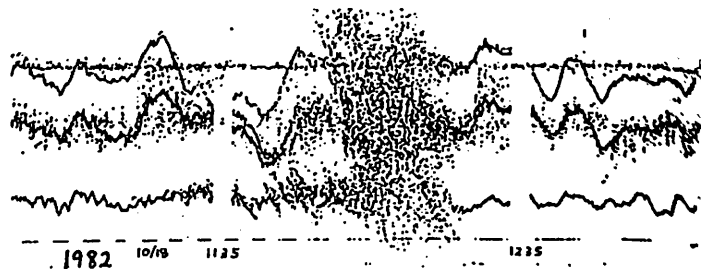


Fig. 1

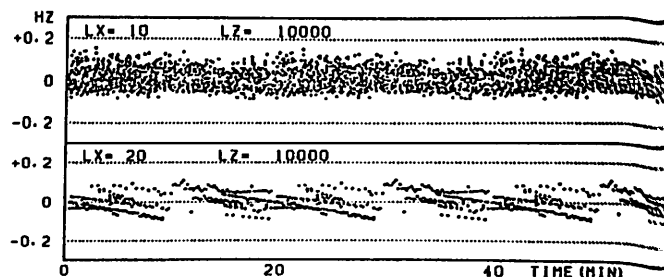


Fig. 3

1-31 THE ION-MOLECULAR REACTIONS AND THE D-REGION ELECTRON DENSITY

TAKUYA SUGIYANA and YOSHIKAZU MURAOKA  
 Kyoto University Hyogo College of Medicine

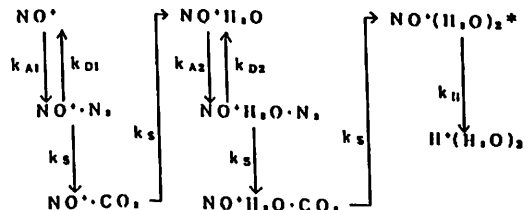
We study the electron density profile in the D-region (z=60-100km) referring to the recent observations. The electron profile is controlled by the complicated photo-chemistry in the D-region, at the upper part by the positive ion chemistry which produce the proton hydrates and at the lower part by the negative ion chemistry. Thus our study mainly concerns the ion molecular reactions in the upper atmosphere.

The recent observational characteristics we take notice of are as follows.

1. In the polar region, the VHF echo strength well correlates to the occurrence of the noctilucent clouds which are considered to be formed from the proton hydrates (Kelley et al. JGR 14 '87, Jensen et al. GRL 15, 315, '88).
2. The VHF echoes of the NU radar often show steady doubly layered structures (Fig. 1).
3. The observations of the HF absorption show the existence of the deep valley of the electron profiles around the height of 75km, as well as the ledge of the electrons above 85km (Inoue et al. 84th SGPSS fall meeting P-21).

With the model of the fast formation of the proton hydrates, shown in Fig 2a, we estimate the temperature dependence of the height of the ledge of electrons in Fig 2b. Below the ledge, positive ions may be mainly in the form of the proton hydrates. We can speculate that the VHF echo layers are neatly connected with the bite-out of the electrons found in the HF absorption. This 'structural' strong gradients of the electrons are caused by the deep valley of the O atoms which is the result of the coupled effect of the diffusive flow of [O] from above and the reactions with H<sub>2</sub>O. We discuss the possibility of the occurrence of the echo returns from the lower D-regions owing to the presence of the heavy proton hydrates, which affects the mobility of electrons and reduces the scale of the inertial range of turbulence of electrons, as suggested to be the case of the polar echo returns.

Fig. 2a  
 JGR 93  
 11,083



S/N RATIO (Az, Z<sub>0</sub>) = (0, 0)  
 6-SEP-1988

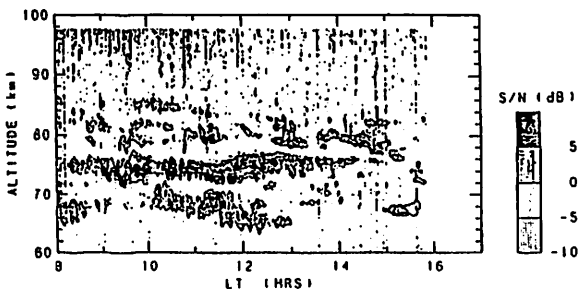


Fig. 1.

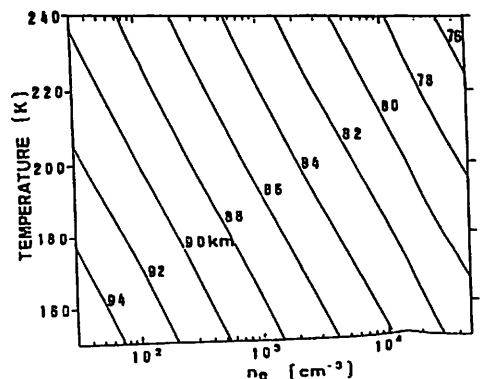


Fig. 2b.

# I-32 GPS 2 周波 相関方式 電離圏 全電子数測定装置と測定結果

今江 理人、三木 千紜、川合 栄治、高橋 富士信、C. Thomas\*  
郵政省 通信総合研究所、\* 国際度量衡局

## A MEASUREMENT EQUIPMENT FOR THE IONOSPHERIC TOTAL ELECTRON CONTENT BY USING DUAL FREQUENCY TRANSMITTED FROM GPS SATELLITE AND IT'S RESULTS

Michito IMAE, Chihiro MIKI, Eiji KAWAI, Fujinobu TAKAHASHI, C Thomas\*  
Communications Research Laboratory, \* Bureau International des Poids et Mesure

A measurement equipment for the ionospheric total electron content (TEC) along the signal path to the GPS satellite has been developed. It uses a cross-correlation property of the P-code signals carried by 1.28 Hz and 1.5GHz transmitted from the GPS satellite, without demodulating the P-code signals. The prototype receiver gives an uncertainty on the measurement of TEC of about  $2 \times 10^{10} / \text{m}^2$ .

まえがき 1991年を中心とする次回太陽活動度最大期は、史上最大規模のものが予想されており現在でも既に前回(1979年)の最大期に匹敵するような太陽黒点数などが観測されている。このため衛星通信や衛星を利用した測位・時刻比較などに支障を生ずると懸念される。当所では、当所の保有する周波数国家標準と諸外国の標準とを比較するためGPS衛星を利用した精密国際時刻比較を定常的に実施している。その際、衛星からの信号が受ける電離圏全電子数(TEC)に起因する伝搬遅延は最大の誤差要因のひとつである。この電離圏遅延時間を測定するために我々はGPS衛星から2つの周波数を使用した電離圏TEC測定装置の開発中である。

GPS衛星利用電離圏TEC測定装置 GPS衛星からは1575.42MHz及び1227.6MHzによりP-code測距信号が送信されている。両周波のP-code信号は同一衛星からは同一codeかつ同一タイミングで送信されており、両信号の受信時の相互相関量を測定することにより電離圏における両周波数間の相対遅延時間を推定できる。その結果から伝搬路上のTECを算出する。試作装置では、10ターンヘリカルアンテナを用いて精度約  $2 \times 10^{10} / \text{m}^2$  でTECを測定する性能を有する。

全電子数測定結果 Fig.1に本試作装置によるTEC測定結果を、またFig.2に比較のために  $(foF2)^2$  の測定結果を示す。両図は非常によい相関を示しており試作装置は満足できる性能を有している。また、Fig.3は約1ヶ月間の連続測定結果を示している。この図からも太陽活動度が大きく、また、変動が大きいいため、ns程度の時刻比較やcm程度の測位には電離圏遅延は実測値で補正すべきであることがわかる。本測定装置の開発は筆者の内1名が仏国留

学中の在外研究の一環として行ったものであり、同装置による測定結果は、現時点では仏国におけるものしかないが、現在当所においても同様受信装置の製作を進めており、講演時には、国内での測定結果を紹介する予定である。

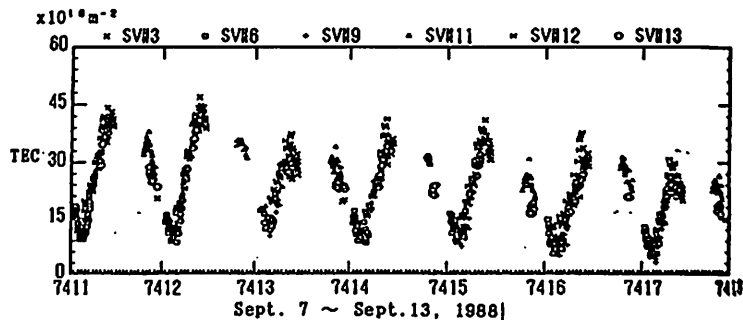


Fig.1 Measurement results of TEC by the prototype receiver (from Paris:  $\lambda=2.2^\circ\text{E}$ ,  $\phi=48.8^\circ\text{N}$ )

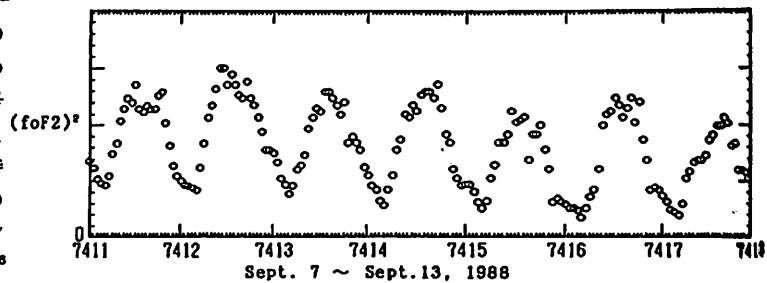


Fig.2 Measurement results of  $(foF2)^2$  (from Lannion:  $\lambda=3.3^\circ\text{W}$ ,  $\phi=48.4^\circ\text{N}$ )

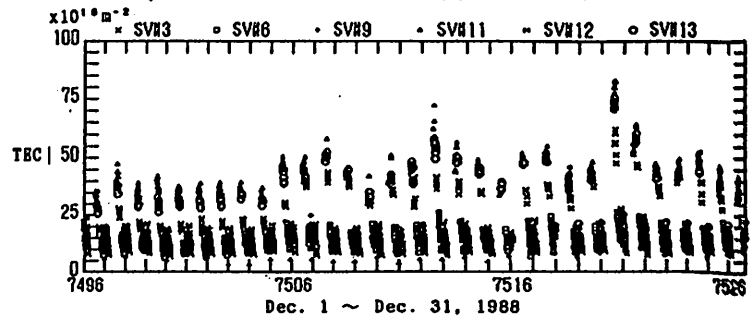


Fig.3 Long term measurement results of TEC

# I-33 HF ドップラ観測に見られる鋸歯状の周期変動とEs層の運動

亙 慎一、鈴木 晃、貝沼昭司、丸橋克英  
郵政省通信総合研究所研究所平磯支所

## SAW-TOOTHED TYPE HF DOPPLER TRACE AND MOVEMENT OF Es PATCH

Shin-ichi WATARI, Akira SUZUKI, Syouji KAINUMA, and Kastuhide MARUHASHI

Communications Research Laboratory

The 3-points (Koganei, Hiraiso, Inubou) observation of HF doppler and the intensity record of JJY 8 MHz were done to find the reflection mechanism and movement of Es patch. It is found that saw-toothed type HF doppler traces with 3-5 minutes period oscillations in summer are caused by Es patch. Moving velocity and direction of Es patch were calculated by Cornelius's method and 3-points HF doppler data.

### 1. まえがき

国分寺(35°42.2'N, 140°29.3'E)、平磯(36°22.0'N, 140°37.5'E)、犬吠(35°42.2'N, 140°51.5'N)の3カ所のHFドップラ観測データ及びJJY8MHzの強度記録から、Es層による周期的な鋸歯状のドップラトレースとEsパッチの運動について明らかにした。

### 2. 観測結果

Es層反射によるHFドップラトレースの平磯での観測例をFig.1に示す。Es層に起因する3~5分周期の鋸歯状のドップラトレースが見られる(1)、(2)、(3)。Es層の発達あるいは電子密度の濃いEsパッチの通過にともない低い周波数から始まったこの3~5分周期の鋸歯状のトレースは、高い周波数においても見られるようになってくる。この右下がりの鋸歯状のドップラトレースは、Esパッチが送信局から観測点への短波電波の反射点に近づき、そして遠ざかっていくために生じる。このようなドップラトレースが観測されたとき、JJY8MHzの受信記録には、Es反射による受信強度の増加が見られる。また、得られた鋸歯状のドップラトレースにC.W. Corneliusらの方法(4)を適用してEsパッチの移動速度を求めた。この方法では、Esパッチの移動方向によらず、HFドップラの1点観測のデータからEsパッチの移動速度を求めることができる。

HFドップラの3点観測を行っている点(国分寺、平磯、犬吠)の位置関係はFig.2に示したようになっていいる。犬吠-国分寺及び犬吠-平磯の反射点間をEsパッチが移動するのに要する時間がわかるとFig.2の位置関係からEs層の運動方向及び速度が求められる。すなわち、鋸歯状のドップラトレースの現れるタイムラグを求めることにより、Esパッチの移動速度、移動方向を求めることができる。3点観測のデータからEsパッチの移動速度と移動方向を求めた結果がFig.3である。Esパッチが北西方向に60~70m/sの速度で移動している例が多い(5)。

### 3. むすび

HFドップラの3点観測によりEsパッチの動きを2次元的に捕らえることができた。さらに、ドップラ観測に加えてJJY8MHzの受信強度記録を行うことにより夏に多くみられる3~5分周期の鋸歯状のドップラトレースは、Es層によるものが比較的多いことが明らかにされた。

### 【参考文献】

- (1)長沢、他:"EsパッチによるHFドップラ偏移", 信学技報, AP83-24, pp1-6(1983).
- (2)長沢、他:"HFドップラによるEsの観測", 信学技報, RE83-47, pp13-16(1983).
- (3)瀧保、他:"接近した伝搬路の斜め伝搬とHFドップラデータの比較", 信学技報, AP88-66, pp15-22(1986).
- (4)D.W.Cornelius, and E.A.Essex:"Observations of Sporadic E using the HF Doppler technique", J.A.T.P., 41, pp481-499(1979).
- (5)K.Shinno, O.Ouchi, and C.Nemoto:"Structure and movement of Es detected by Loran observation", J.Radio Res.Labs., 11, pp571-594(1973).

HIRAISO 1986/06/05 15:00-17:00

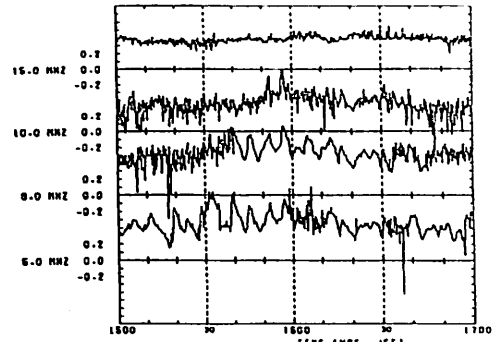


Fig.1 Saw-toothed type HF doppler trace caused by Es patch.

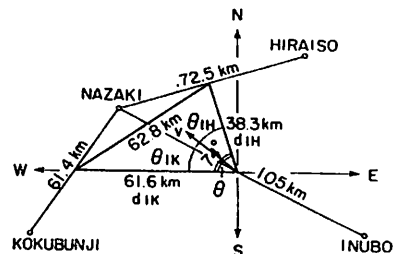


Fig.2 Distance and relationship between transmitting station and HF doppler observing stations.

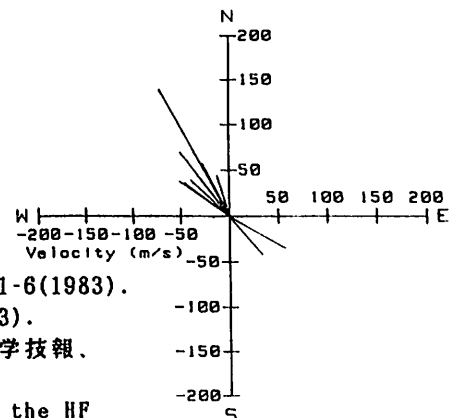


Fig.3 Es moving velocity and direction calculated from time lag along doppler traces.



S-310-18 ロケット観測  
— E層中のロケット電位異常降下 —

森 弘隆, 佐川 永一  
通信総研

S-310-18 Rocket Experiment :  
ANOMALOUS DEPRESSION OF THE ROCKET POTENTIAL IN THE IONOSPHERIC E REGION

H. Mori, E. Sagawa  
(CRL)

A fixed voltage probe (PWN) on board the rocket S-310-18 measured an abrupt decrease of the DC current in the height range of 94-130 km. Changes of the rocket potential are estimated by using a simple approximation to probe characteristics. Results indicates the change was more than a few volts. The increased electron temperature observed by TEL can not explain this results. Enhanced flux of suprathermal electron could give rise to a considerable change in the rocket potential.

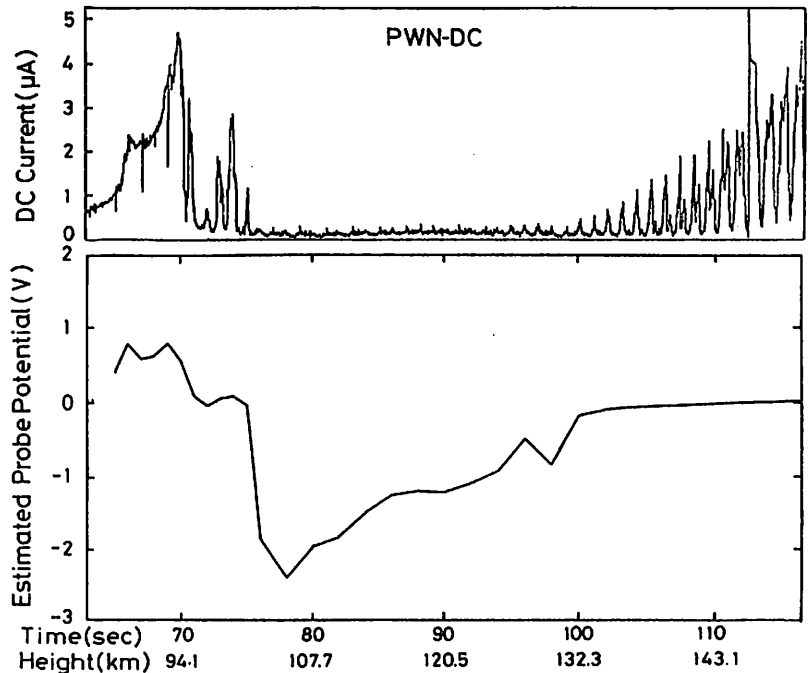
観測ロケットS-310-18は、冬季  
昼間のE層の電子温度異常昇温現象を解明  
することと目的として、1988年1月26  
日11:00JSTに発射された。我々は電子温  
度上昇に対するプラズマ波動の関与を調べ  
るために、プラズマ密度ゆらぎ測定用球形  
電流プローブと、電場ゆらぎ測定用ダブル  
プローブを搭載した。球形電流プローブは  
直径5cmで、ロケット先端部軸中心上  
に取り付け、これに+2.75Vの固定バイア  
ス電圧を印加して、DC~7.6MHzの電子電  
流成分をいくつかのチャンネルに分けて測  
定した。

観測結果については去年秋の  
学会で報告したが、特異な現象  
の一つとして、ロケットがE層  
通過時に、プローブ電子電流の  
DC成分の急激な低下現象が観  
測された。我々は、この期間に  
ロケット電位の異常低下が生じ  
たものと推定し、以下の方法で  
電位変動の評価を行った。

球プローブの電流-電圧特性  
(ラングミュアプローブ特性)  
を単純な理論モデルで近似し、  
この式に電流プローブによる測  
定電流値と、同時に測定された  
電子密度と電子温度の値を代入  
することにより、プラズマ空間  
電位に対するプローブ電位を計

算した。ロケット電位は、この結果からア  
ローブの固定バイアス電圧2.75Vを差し  
引いた値となる。計算結果によれば、ロケ  
ット電位はE層通過中に数Vに及ぶ降下を  
生じたことによる。これが事実とすると、  
その原因は観測された電子温度上昇のみで  
は説明できず、非熱的電子などの効果を検  
討する必要があると考えられる。

観測データを提供していただいた小山孝  
一郎氏及び渡辺勇三氏に感謝いたします。





小山孝一郎<sup>1</sup>、原裕樹<sup>2</sup>、阿部琢美<sup>2</sup>、渡部重十<sup>1</sup>、雨宮宏<sup>3</sup>、奥沢隆志<sup>2</sup>

<sup>1</sup>宇宙科学研究所、<sup>2</sup>電気通信大、<sup>3</sup>理化学研究所

COORDINATED ROCKET EXPERIMENTS K-9M-81/S-310-18 TO STUDY THE  
ENERGETICS OF IONOSPHERIC E REGION

K.-I. Oyama<sup>1</sup>, H. Hara<sup>2</sup>, T. Abe<sup>2</sup>, S. Watanabe<sup>1</sup>, H. Amemiya<sup>3</sup> and T. Okuzawa<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ISAS, <sup>2</sup>Denki-Tsushin University, <sup>3</sup>Institute of Physical and Chemical Research

Rocket experiments (K-9M-81 and S-310-18) were carried out at 11 LST on the 25th and 26th January 1988. Solar radio flux are 94.9 and 93.5 respectively for each flight.  $K_p$  index is 1. In spite of the almost same geophysical parameters, electron temperature profiles at the heights of  $\approx 110$ km are very different;  $T_e$  is nearly equal to  $T_e$  on the 25th. January while  $T_e$  is 3 times higher than  $T_e$  on the 26th January. Our conclusion so far is that hot electron lay which has been inferred to appear always around 11 LST in winter can only appear when Sq current focus is very close to the observation point.

K-9M-81, S-310-18号機は去る1988年1月25日、1月26日の11時(LST)に発射された。測定器は、K-9M-81号機に電子密度、電子温度プローブ、 $N_2$ 振動温度を求めるためのフォトスベクトロメータ、西独より、日本の電子密度、電子温度との比較測定、ビーム成分検出のためのレゾナンスコンプローブが、S-310-18号機にはDC、AC電場、プラズマ密度ゆらぎ、D層電子密度及び $O_2$ 密度測定器が、それぞれ搭載された。S-310-18号機には、Geotail Missionのテスト機器も搭載された。両日における太陽電波束及び $Kp$ インデックスはそれぞれ94.9、1、93.5、1であったにもかかわらず、得られた両者の電子温度プロファイルは高度110km付近で著しく異なる。この原因として、Sq focus 近くでの電子温度は他の場所より高いのではないかということが推測される。これは以前に我々が出した結論と変わらない。

電子密度(K-9M-81号機については東北大、森岡助教担当、S-310-18号機については宇宙研、渡辺技官担当)は、高度95kmから190kmまで両者はほぼ同じである。しかし、イ

オノグラムによると、K-9M-81号機の場合、 $f_oF$ は6.3MHz、 $h'f$ は260km、S-310-18号機の場合、 $f_oF$ は7.3MHz、 $h'f$ は265kmであり、S-310-18号機の最大電子密度は200kmより高高度にあると思われる。高度95km以下での電子密度は、K-9M-81号機が高い一方電子温度はK-9M-81号機では、ほぼ中性ガス温度に近いが、S-310-18号機の電子温度プロファイルには、高度100km付近にK-9M-81号機にみられないピークがある。 $Kp$ インデックス、太陽電波束は同じでありながら、このような差異を生ずるメカニズムは明らかでないが、この差はSq currentのfocusが、観測点に近くにあったかどうかによって決められるようである。図1は二機分による観測データを含めて、Sq currentのfocusと電子温度のピーク値の関係をプロットしたものである。これによると、高電子温度層はSq focusから6~8度以内であり、従って、11時をはさんで±30分程度の短い時間しか観測されないことがはっきりした。これまで冬季には必ず出現すると思われていた高い電子温度の層は、観測点付近にSq focusがないときは検出できない。

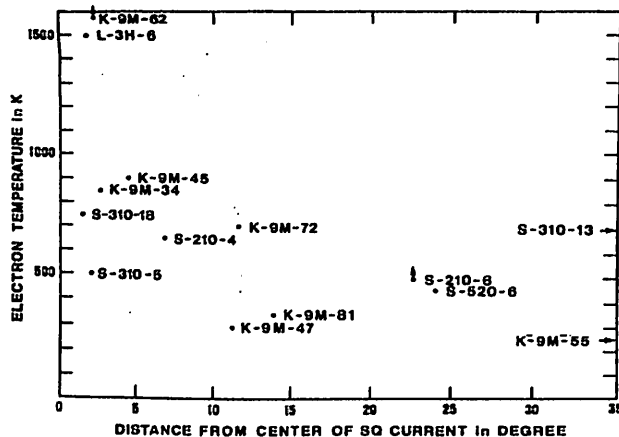


図1. 高度100km付近における電子温度とSq focusからの距離

高橋 忠利 大家 寛

(東北大学・理)

DEDUCTION OF ACCURATE ELECTRON NUMBER DENSITY BY COMPENSATING THE SATELLITE WAKE DISTURBANCE FOR THE IMPEDANCE MEASUREMENT ON BOARD THE HINOTORI SATELLITE

Tadatoshi TAKAHASHI, and Hiroshi OYA (TOHOKU UNIV.)

Electron density observed by satellite and rocket are often disturbed by wake of the moving space vehicles. A method of elimination of the effect of satellite wake disturbances on the measurements of electron number density is described for the cases of the HINOTORI satellite.

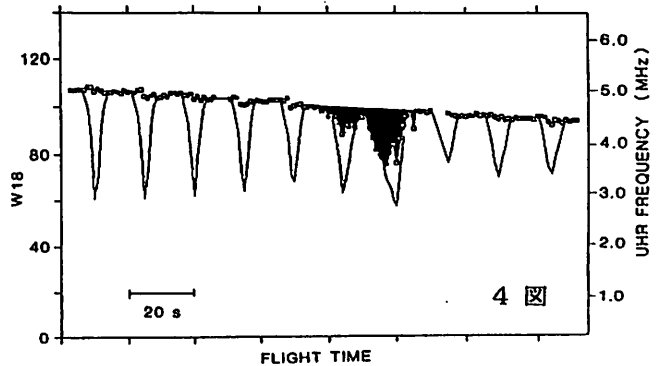
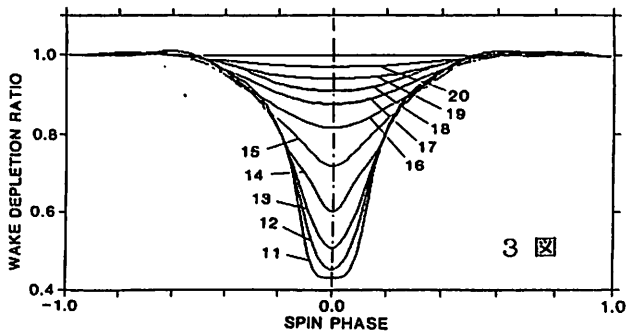
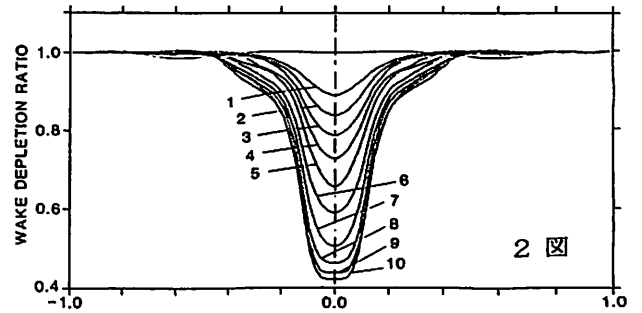
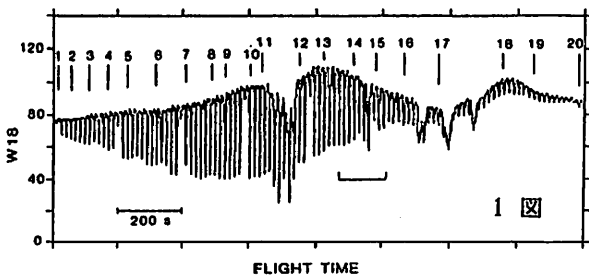
The method contains i) procedures for determination of the characteristics of the spin motion using long term data, and ii) determination of the empirical function of the wake structure using local distribution of the electron density from the time sequences of the observed data set. The finally deduced data disclose precise structure of the plasma bubbles and other irregularities.

人工衛星、ロケット等による電子密度の観測結果は、スピン運動によってプローブが飛行体のWakeを横切る事による周期的擾乱を受けることが多い。このことは電離層の不規則構造や、プラズマバブルなどの小規模変動を解析する場合の大きな障害になっている。ここでは人工衛星ひのりの観測に例をとり観測データの時系列からWakeの擾乱を取り除く方法に付いて述べる。

Wakeによる擾乱はスピンの高い周期性を持っている一方、その構造は衛星の進行方向や周囲のプラズマの状態により時々刻々に変化して行く。このためWakeの擾乱を取り除く手続きは、広域的なデータによる正確なスピン位相の決定と、よりローカルなデータによるWake構造の同定を含むことになる。Wake構造の近似解はスピン位相に対して適切に選ばれた節点を持つ3次のスプライン関数により定めた。

1図に観測データ例、2、3図に1図に示した各点におけるWake構造の近似解を示した。Wakeによる擾乱がその形状を変えながら連続的に推移する様を示されている。

第4図に結果の一例を示した。実線が観測データ、四角で示したものが補正によって得られた結果である。Wakeによってマスクされていたプラズマバブルの2重構造が明らかにされている。



武尾幸次、西野正徳、田中義人

名古屋大学空電研究所

DUCTED PROPAGATION OF VLF WHISTLER-MODE WAVES DEDUCED FROM CONJUGATE MEASUREMENTS AT A MIDDLE LATITUDE

K. Takeo, M. Nishino and Y. Tanaka  
Research Institute of Atmospheric, Nagoya University

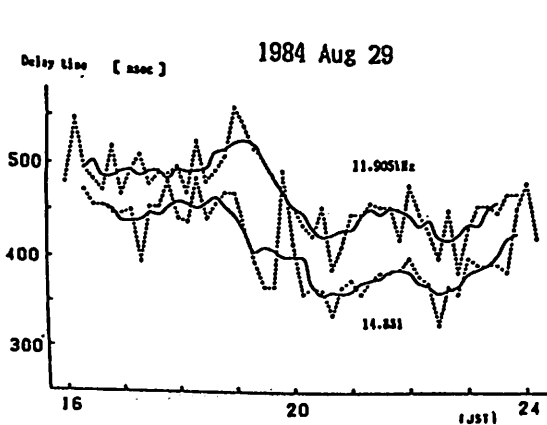
Whistler-mode signals transmitted from VLF station (Komosomol'sk mur,  $f=14.881, 11.905$  kHz) USSR were received at Ceduna (geomagnetic latitude,  $40.2^\circ S$ ), South Australia, being a magnetic conjugate point to the transmitter. Measurements of direction finding, polarization and propagation time of the whistler-mode signals have demonstrated the ducted propagation in the field-aligned enhancements of electron density. This result is confirmed by a ray tracing of VLF whistler-mode signals in the magnetosphere.

ソ連高出力VLF局 (Komosomol'sk mur) からの磁気圏伝搬ホイッスラモード波を磁気共役点のオーストラリアのセドナ (磁気緯度  $40.2^\circ S$ ) で観測した。1984年北半球夏季における観測結果の特性は、

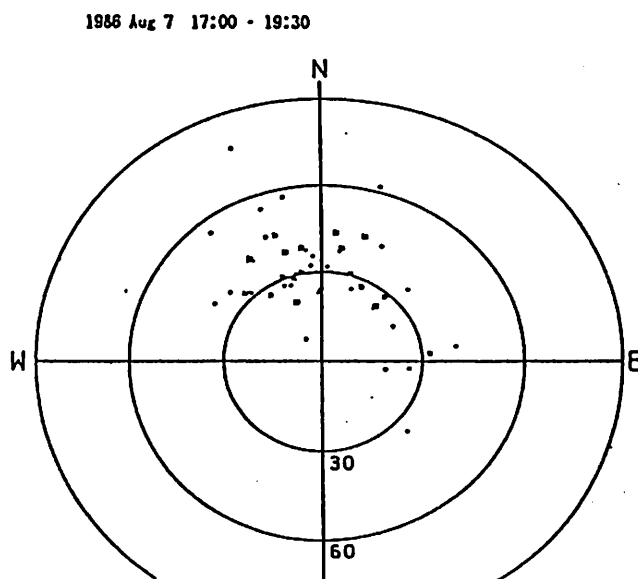
- 1) ホイッスラモード波の強度、発生率は日没、日出時にピークを示し、夜間の強度は日没、日出時より5~10 dB 以上弱い。
- 2) 発生の日変化は自然ホイッスラのそれと相関が良い。

これらの特性は、ホイッスラモード波のダクト伝搬機構に起因すると考えられる (Tanaka and Nishino, 1987)。この伝搬機構を検証するため1986年夏季には、到来方向の測定を付加した。1984年及び1986年の観測データからホイッスラモード波の伝搬時間、到来方向及び偏波を解析したので、本講演ではその結果を示し、さらにモデル化された電離層を用いた理論計算による検討から、ダクト伝搬の可能性を確認したことを示す。

図1は、14.881 kHz 及び 11.905 kHz ホイッスラモード波の伝搬時間測定の結果例、図2は到来方向の結果例を示す。



〈図 1〉



〈図 2〉

Reference

Y. Tanaka and M. Nishino, Planet. Space Sci. 35, 1053, 1987

早川正士 (名古屋大学空電研究所) 太田健次 (中部大学工学部電子科) 島倉 信 (千葉大学工学部電気科)

PROPAGATION CHARACTERISTICS OF VERY LOW LATITUDE WHISTLERS BASED ON  
THE DIRECTION FINDING MEASUREMENTS IN SOUTH CHINA

M. Hayakawa (Research Institute of Atmospherics, Nagoya University), K. Ohta (Department of Electronics, Chubu Univ) and S. Shimakura (Department of Electrical Eng., Chiba Univ)

The propagation mechanism of low- and equatorial-latitude whistlers has been discussed based on the direction finding measurements at three stations in South China.

一般にホイストラは高緯度では磁気圏電子密度や磁気圏プラズマダイナミクスを研究する手段として用いられ、その伝搬はダクト伝搬であると理解されている。しかし、ホイストラ伝搬に関しては種々の基本的な問題が解決されていない。他方、低緯度ホイストラは源の雷が如何にしてダクトに捕捉されるのか、捕捉されたホイストラが如何にして電離層を透過して地上で受信されるか。これらの伝搬条件は低緯度では著しくきびしく、それがひいては低緯度ホイストラの伝搬機構の基本問題の解明につながる。更に、磁気緯度 $20^{\circ}$ 以下の超低緯度でのホイストラは高度な観測はなされておらず、本発表が初めてである。

先ず、観測は1988年1月5日～11日の約一週間にわたり、L.T.=0～4 hの4時間の連続観測である。観測点は三点で、高緯度から(1)武昌 (磁気緯度 $20^{\circ}$ )、(2)桂林 ( $15^{\circ}$ )、(3)湛江 ( $10^{\circ}$ )で、観測は水平磁界二成分 ( $B_x$ ,  $B_y$ ) と垂直電界 ( $E_z$ ) の広帯域観測を行い、いかなる信号処理も可能としている。重点的に解析した二日、1月5日と1月6日について述べよう。

1月5日では L.T.～3 h 前後に発生ピークがあり、三点のうち、湛江が最も頻度が高く、桂林、武昌の順となっている。しかし、分散値は単一値で、 $D \sim 10.5 \text{ sec}^{1/2}$  である。多くのホイストラが三地点にて同時観測された。湛江での観測結果は、次の通りである。(1) 電磁界解析法方探により、頭上の極めて小さい領域から透過している。(2) 偏波の分布はほぼ右廻り円偏波である。(1)、(2)より頭上がこれらのホイストラの電離層透過域で、磁気緯度 $10^{\circ}$ に電離層透過域がある。続いて、桂林では楕円偏波となり、武昌では直線偏波に近づいている。従って、桂林、武昌ではゴニオメータ法を用いて方位のみを導出し、これらの交叉する領域を評価したのが、図1である。桂林、武昌からの方探により湛江頭上の電離層透過域が確かめられた。

1月6日では全般的に発生頻度は低い、L.T.～1.5 hの附近に小さなピークが現れている。最大発生数は湛江でなく、武昌にて認められ、桂林、湛江は頻度が下がっている。すべての地点で偏波は右廻り円偏波ではなく、かなり直線偏波しており、各地点からゴニオメータ交叉法を用いて電離層透過域を評価したのが図2である。三点からの方位は矛盾なく、交叉している。これから、桂林よりも少々緯度の高い所で電離層透過していることが理解される。

これらのホイストラの伝搬がダクト伝搬によるのか、非ダクト伝搬によるのかは次回にて結論を発表したいと考えている。

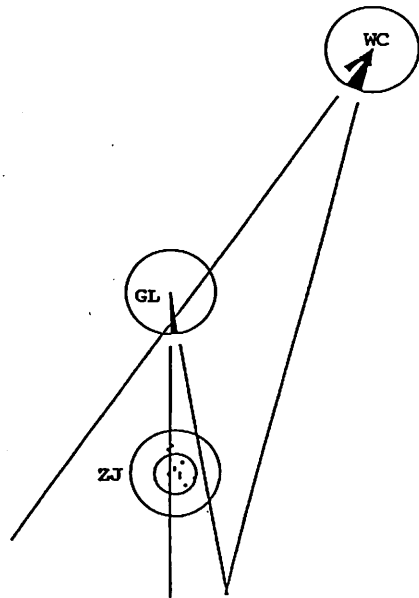


Fig.1 Localization of the ionospheric exit region of whistlers as determined by the goniometric triangulation from GL and WC.

中村義勝、恩藤忠典  
通信総合研究所

RAY TRACING STUDIES FOR THE DUCTED PROPAGATION WHISTLERS AT LOW LATITUDE

Yoshikatsu NAKAMURA and Tadanori ONDOH

Communications Research Laboratory, Koganei, Tokyo, 184

Ray tracing for the ducted whistlers at low latitude is carried out to clarify the propagation characteristics of low-latitude whistlers. The IGRF field line passing through Okinawa is approximated by a field line at  $L=1.120$  (invariant latitude  $19^\circ$ ) of a dipolar model whose foot points are at Okinawa and its conjugate point. The electron density model contains a  $L$  dependent Gaussian duct. It is shown that the position of the incident wave on the duct end surface over the conjugate point controls the wave normal direction at the duct exit over the observation site. It is thought that, when the wave normal is directed nearly vertically downward within the acceptance cone, the whistler wave is received on the ground.

筆者等は、沖縄におけるホイストラ方探地上観測の結果を解釈するために、ダクトを与えた電子密度分布モデルを用いレイトレーシングを行っている。磁場モデルは沖縄を通るIGRF磁力線をダイポール磁場で近似する。電子密度は右に示すように、Angerami-Thomasの拡散モデルに $L$ 依存性のダクトを加えたモデルを用いている。沖縄の方探観測によって観測された直径20kmのダクトを作り、沖縄の地磁気共役点側から波を鉛直上方に打上げる。第1図に示すように共役点側のダクト下端面において、波の入射位置を変えたとき、沖縄側のダクト下端出口における波動法線の変化を第2図に示す。第2図に示すように、ダクトには観測点上空において波動法線を鉛直下方に向ける作用があることを報告する。波動法線がほぼ鉛直下方(伏角 $90^\circ$ )のアクセプタンスコーン内に向いたときホイストラが地上で観測されると考えられる。

$$N = N_c Q^{1/2} F(L) I(R)$$

$N_c$  = electron density at a reference level

$$Q = E_{O^+} \exp(-z/R) + E_{He^+} \exp(-z/4H) + E_{H^+} \exp(-z/16H)$$

$$z = (R - R_c) R_c / R$$

$R_c$  = reference level measured from the center of the earth

$E_{O^+}$ ,  $E_{He^+}$  and  $E_{H^+}$  are the relative composition of oxygen, helium and hydrogen at a reference level

$F$  =  $L$  dependent modulation factor

$$F = 1 + \alpha \exp[-((L - L_0) / \Delta)^2]$$

$\alpha$  = enhancement factor of a duct

$\Delta$  = half  $L$  value width of a duct

$L_0$  =  $L$  value of the center of a duct

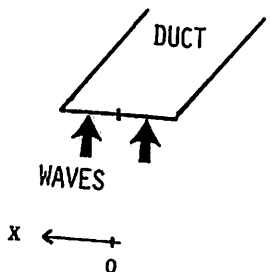
for  $R \geq R_{DB}$ ,  $R_{DB}$  = duct base level measured from the center of the earth

$F = 1$  for  $R < R_{DB}$

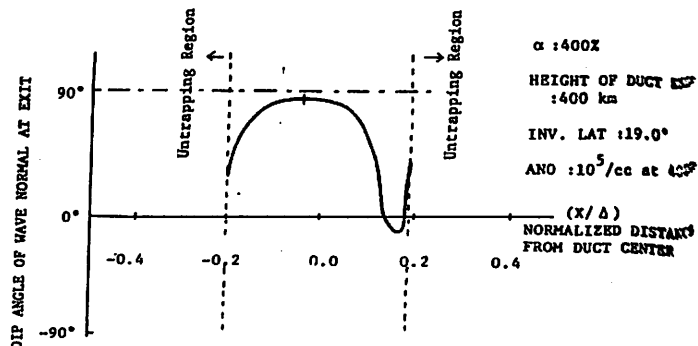
$$I = 1 - \exp[-((R - R_{IB}) / 2H_{IB})^2]$$

$R_{IB}$  = base level of the lower ionosphere measured from the center of the earth

$H_{IB}$  = scale height for the density gradient of the lower ionosphere



第1図



第2図 共役点側における波の入射位置とダクト出口における波動法線の伏角の関係

# 1-41 多点観測によるトリガード・エミッションの電離層透過領域の決定

池田 慎<sup>1</sup>, 鶴田浩一郎<sup>2</sup>, 町田 忍<sup>2</sup>  
 1: 武蔵大, 2: 宇宙研

## LOCATION OF IONOSPHERIC EXIT AREAS OF TRIGGERED EMISSIONS BY MULTI-STATION OBSERVATION

Makoto IKEDA<sup>1</sup>, Koichiro TSURUDA<sup>2</sup>, Shinobu MACHIDA<sup>2</sup>  
 1: Musashi University  
 2: The Institute of Space and Astronautical Science

We analyzed the triggered emissions which were received at the multi-station near Roberval, Canada on July 23, 1979. This analysis method has been reported in the previous conference of SGPSS already. From the analysis of Siple signals and whistlers received in this period, it was found that three wave exit areas or three ducts at least existed over the station network. It is thought that one of the reasons for the variety of the triggered emissions observed on the ground is that we simultaneously received the triggered emissions traveling along the many different ducts.

1979年、カナダのロバールに多点観測を実施した。この結果、トリガード・エミッションの電離層透過領域が少なくとも3つ存在していることがわかった。これは、トリガード・エミッションの電離層透過領域が、電離層の構造や高度に依存して変化する可能性があることを示している。本研究では、多点観測によるトリガード・エミッションの電離層透過領域の決定について報告する。

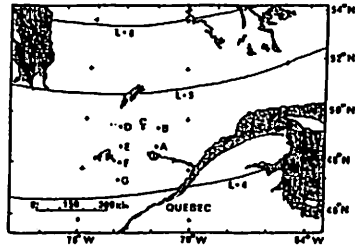


Fig. 1 Map showing the locations of the observation stations of A-G.

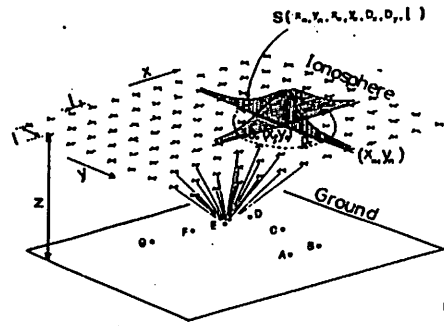


Fig. 2 Model wave source on the ionospheric lower boundary.

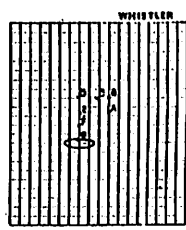


Fig. 3 Duct 1

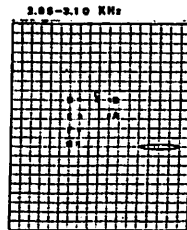


Fig. 4 Duct 2

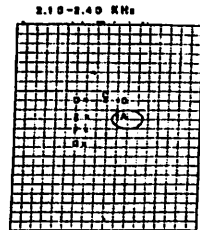


Fig. 5 Duct 3

## VLFトリガードエミッションの周波数変動に関する理論的考察

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

THEORETICAL ANALYSIS ON FREQUENCY VARIATIONS  
OF VLF TRIGGERED EMISSIONS

Yoshiharu OMURA              Hiroshi MATSUMOTO  
 Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University

We present a theoretical analysis on frequency variations of whistler mode waves propagating parallel to the geomagnetic field. In describing the nonlinear motion of the resonant electrons interacting with the whistler mode waves, we introduced a collective inhomogeneity factor  $S$  consisting of two terms. One term represents an inhomogeneity of the geomagnetic field, and the other represents an effect of frequency variation seen by the resonant particles. When these two terms are balanced to make  $|S| < 1$ , there arises a stable trapping of the resonant particles. From this condition, we can conclude that the rising tones are more likely to be generated than the falling tones.

磁気圏におけるVLFトリガードエミッションは、過去20年余りにわたって多くの理論・シミュレーション研究がなされてきているにもかかわらず、未解決の問題として残されている。我々は、問題の所在を明らかにするために、これまでの理論のレビューと検討を行った [Omura et al, 1989]。その結果としてVLFトリガードエミッションの周波数変動に関して、従来の我々の研究で欠けていた重要な知見が得られたので報告する。

ホイッスラーモード波と相互作用する共鳴粒子の運動は、次の二つの式で表現出来る。

$$\frac{d\zeta}{dt} = k(v_{\parallel} - V_R) \quad (1)$$

$$\frac{d}{dt}(v_{\parallel} - V_R) = \frac{\omega_i^2}{k}(\sin \zeta + S) \quad (2)$$

ここで $\zeta$ は、粒子速度の垂直成分 $v_{\perp}$ と平行伝搬のホイッスラー波の磁場成分との相対角度であり、 $v_{\parallel}$ と $V_R$ は、粒子速度の平行成分及びサイクロトロン共鳴速度である。また、 $\omega_i$ は、トラッピング周波数で、その2乗は波の振幅に比例する。 $S$ は、媒質の総合的な不均一性を表すもので、次式で表される。

$$S \equiv \frac{1}{2\omega_i^2} \left[ (3V_R - \frac{kv_{\perp}^2}{\Omega_e}) \frac{\partial \Omega_e}{\partial z} - \frac{2\omega + \Omega_e}{\omega} \frac{d\omega}{dt} \right] \quad (3)$$

右辺の第一項は、サイクロトロン周波数 $\Omega_e$ すなわち外部磁場の不均一性を表し、第二項は粒子から見たホイッスラー波の周波数 $\omega$ の時間変動を表している。共鳴電子の運動に関する従来の研究は、一定周波数のホイッスラー波との相互作用だけを考慮していたが、周波数が大きく変動するトリガードエミッションの場合には、この第二項を含めて考える必要がある。

$|S| < 1$ の場合に、共鳴電子のトラッピングが可能であり有効な波動粒子相互作用が起こることを考慮すると、トリガードエミッションの周波数変動の必要条件を求めることができる。サイブル実験のように、ホイッスラー波が南半球から北半球へ伝搬する場合を考えると、以下のことが結論できる。

1. 南半球で Rising Tone が発生すると、その周波数変動が磁場の不均一性による  $|S|$  の増大を抑えるため、共鳴粒子は比較的長時間にわたって波にトラップされる。
2. 南半球で粒子が波にトラップされた場合、粒子はエネルギーを失うため、波の振幅が増大する。 $|S|$  の値は波の振幅に反比例するため、波が成長すると波動粒子相互作用が起こる領域は赤道面の両側に広がって行く。
3. 同様に Falling Tone が、北半球で発生すると、その周波数変動が磁場の不均一性を打ち消すように作用すが、その波にトラップされる粒子は波からエネルギーを奪うように作用するため、波は減衰してしまう。

以上の結論から、VLFトリガードエミッションとしては Rising Tone の方が安定であり、Falling Tone に比べて発生頻度が高いことが理解できる。

## 参考文献

- [1] Omura, Y., D. Nunn, H. Matsumoto, M. J. Rycroft  
 A review of theoretical and numerical studies of VLF triggered emissions, preprint, 1989.

橋本弘蔵、鮫島敏子  
東京電機大学工学部

GROWTH OF QUASI-ELECTROSTATIC WHISTLER MODE WAVES IN A HOT PLASMA

Kozo HASHIMOTO and Toshiko SAMESHIMA

Tokyo Denki University, Tokyo

Some of narrow-band VLF emissions observed near the equator just above half the local cyclotron frequency are believed to be quasi-electrostatic whistler mode waves. Net growth of these waves are calculated by accumulating growth rates obtained from hot plasma ray tracing.

いくつかの科学衛星によって、磁気赤道近傍で、サイクロトロン周波数  $f_H$  のほぼ半分 ( $f_H/2$ ) より少し上および下の周波数で、挟帯域のホイッスラー波が観測されている。 $f_H/2$  より少し上の周波数での挟帯域放射は、準静電的ホイッスラー波である可能性が明らかにされた<sup>1)</sup>。この波動は、いわゆるコールドプラズマ中でのホイッスラー波の共鳴角  $\psi_{res}$  よりも大きな伝搬角  $\psi$  においても励起される、プラズマの温度異方性の効果を入れた場合に現われてくるものである。GEOS1 衛星で、この種の波動の存在が確認され、Muto et al.<sup>2)</sup> は観測点からの逆方向の cold plasma ray tracing (逆レイトレーシング) により伝搬路や発生源に関する検討を行ない準静電的ホイッスラー波であることを確認した。我々は同様の検討を  $\psi_{res}$  よりも大きな伝搬角  $\psi$  においても伝搬を解析できる hot plasma ray tracing によって行なった<sup>3)</sup>。ほとんど同様の結論を得たが、一部の波動は通常のホイッスラーモードであることが明らかにされた。今回は、この波動の成長率の計算を行ない、赤道域で発生したと考えられる準静電的ホイッスラー波が、観測点までにどの程度増幅されるかを検討した。またその周波数特性を計算することにより、帯域幅についての議論が可能となる。

前回の発表と同様に、Muto et al.<sup>2)</sup> によって用いられた波動の到来方向の観測値を用いて、逆レイトレーシングによる解析を行なった。この際、電子密度モデルは Muto et al.<sup>2)</sup> と類似のものを用いるが、電子温度や温度異方性は妥当と考えられる範囲で可変パラメータとなる。Hot plasma ray tracing 法では実数の  $\omega$  に対して  $k$  が複素解になり、波動の成長率は  $k$  の虚数部  $Im(k)$  で与えられる。我々の注目し

ている領域では  $Im(k) < 0$  のとき不安定(成長)、 $Im(k) > 0$  のとき減衰となる。また、 $Im(k)$  に伝搬路の群速度を掛けたものを時間積分した値  $\Gamma$  が伝搬路に沿った増幅度となる。

$$\frac{d\Gamma}{dt} = Im(\vec{k}) \cdot \frac{d\vec{r}}{dt}$$

よって

$$\Gamma = \int_0^t d\Gamma$$

である。このような計算を行なった結果、前回の発表において準静電的ホイッスラー波として赤道付近で発生して、ホイッスラーモードに変わったとされたされた波動については増幅が起こった。ただ、代表的な値としては、 $T_e = 29,000 K$ 、 $A = 2$  程度を用いたが同一の電子温度や異方性を仮定しても、出発点や伝搬路の違いにより、かなり異なった増幅度となった。しかし、通常のホイッスラーモードで発生したとされたものについては増幅が起こらなかった。

参考文献

- 1) K. Hashimoto and I. Kimura, *J. Geophys. Res.*, 86, 11148, 1981.
- 2) H. Muto, M. Hayakawa, M. Parrot, and F. Lefevre, *J. Geophys. Res.*, 92, 7538, 1987.
- 3) 鮫島、橋本: 準静電的ホイッスラー波のホットプラズマレイトレーシング、第84回本学会予稿集、1988.
- 4) K. Hashimoto, K. Yamaashi, and I. Kimura, *Radiophys. Space Sci.*, 22, 579, 1987.



# I-44 イオンの関与する波動の3次元ホットプラズマレイトレーシング

笠原 慎也

澤田 晃

木村 磐根

京都大学工学部

## HOT PLASMA RAY TRACING OF ELECTROMAGNETIC ION-MODE WAVES IN A MULTICOMPONENT MAGNETOSPHERIC PLASMA

Yoshiya KASAHARA

Akira SAWADA

Iwane KIMURA

Dept. of Electr. Eng. II, Kyoto Univ.

We have developed three-dimensional hot plasma ray tracing program in which a thermal effect of ions is taken into account, applicable to the ray tracing of ion-mode waves. By this program, we have calculated ray paths of electromagnetic ion-mode waves. We have considered thermal electrons, thermal  $H^+$  and thermal  $He^+$ , and calculated ray paths of three types of ULF waves. Moreover using this program, we can estimate the wave amplification along the paths with temperature anisotropy of the hot plasma.

我々は、3次元ホットプラズマレイトレーシングという手法を用いて、地球磁気圏内における静電電子サイクロトロン高調波などの伝搬通路の解析を行ってきた。今回我々は、比較的low周波数のプラズマ波動に注目したホットプラズマレイトレーシングプログラムを開発し、イオンの関与するモードの伝搬特性を解析した。今回のレイトレーシングにおいては、プラズマモデル中に熱速度をもつ複数種類のイオンを考慮し、それらのイオンと相互作用を起こすようなイオンモードの電磁波の伝搬特性について計算を行なったので、その解析結果を報告する。

プラズマ中に複数種類のイオンを考慮したとき、イオンモードの電磁波はいくつかのモードに分離し、それぞれのモードは異なる伝搬特性を示す。Rauch and Roux [1982] は、プラズマ中に  $H^+$  と  $He^+$  の2種類のイオンを考慮し、3タイプのイオンモードの伝搬通路をコールドプラズマレイトレーシングによって計算している。それらのイオンモードの電磁波の  $\omega-k$  ダイアグラムを Fig.1 に示す。我々はこれらのモードについて、電子およびイオンの熱速度を考慮に入れた、3次元ホットプラズマレイトレーシングによって、伝搬通路の計算を行なった。その結果は、Fig.2 に示すとおりである。この例においては、初期値として地心距離

離  $6.5R_E$  の磁気赤道を出発点とし、伝搬角を外部磁場に対し平行にとっている。これより、class 1 のモードは磁場で示される磁力線にほぼ沿いながら、地表付近まで到達することがわかる。一方 class 3 のモードは、 $He^+$  イオンの存在により生じた LHR 周波数のために、地心距離  $6R_E$  付近で反射を起こし、同一伝搬通路上を往復することがわかる。これらの特性は Rauch and Roux [1982] の計算結果とも良い一致を示している。ところで、イオンモードのレイトレーシングでは、WKB 近似が成り立つかどうか問題となるが、上で述べた各モードの波長は媒質の変化に比べて、十分短いことが確認されている。

このプログラムにより、イオンの熱速度や温度異方性による伝搬通路に沿った減衰・増幅率などが計算できる。謝辞 京大超高層の松本紘教授、大村善治氏の有益な討論に謝意を表す。

### <参考文献>

Rauch, J. L., and A. Roux, Ray tracing of ULF waves in a multicomponent magnetospheric plasma: Consequences for the generation mechanism of ion cyclotron waves, *J. Geophys. Res.*, 87, 8191-8198, 1982.

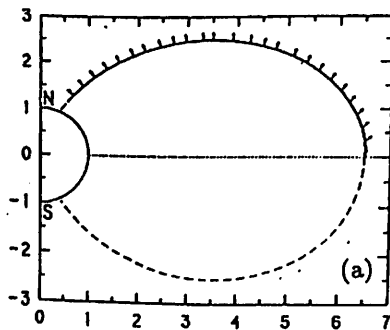
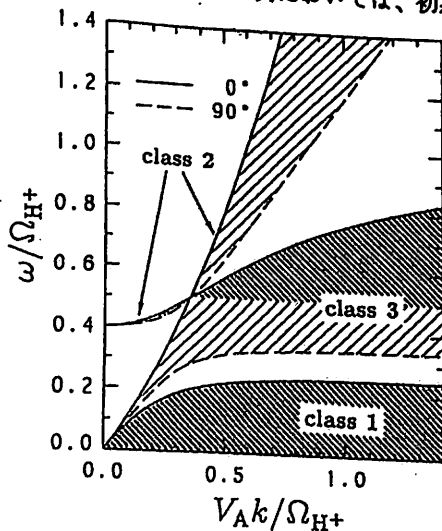


Fig.2 Ray path of ion-mode waves in (a) class 1 and (b) class 3 of Fig.1.

Fig.1 A  $\omega-k$  diagram of ion-mode waves in a plasma consisting of  $H^+$ ,  $He^+$  and electrons.

上田裕子 中原雅裕 宮武貞夫  
電通大

COMPUTER SIMULATION OF NONLINEAR TWO STREAM INSTABILITY

H.Ueda, M.Nakahara and S.Miyatake  
University of Electro Communications

A two dimensional electrostatic computer simulation code has been developed based on Bardsall's one dimensional one. we present some nonlinear characteristics of two stream instability obtained by the simulation, in order to understand the wave excitation by an electron beam emitted from EXOS-B satellite.

1. はじめに 粒子モデルによる計算機シミュレーションは、プラズマ波動と粒子の相互作用を非線形領域に至るまで研究するための有用な手段として注目されているが、我々はBardsallらの1次元コードを拡張した2次元静電プラズマシミュレーションコードを開発した。ここでは1978年に打ち上げられた科学衛星EXOS-Bによるプラズマボーズ外側における電子ビーム放射実験の際に観測された、周囲のプラズマ周波数よりはるかに高い基本周波数および高調波を伴った波動(図1)の励起機構を2流体不安定性によって説明することなどを目的に行ったシミュレーションから、いくつかの興味深い結果が得られたので報告する。

2. 計算機シミュレーション 電子ビームはゴールドビームを仮定しその他のパラメータはEXOS-Bの観測結果から決定してシミュレーションを行った結果、図2および3に示されるようなエネルギーの時間的变化が得られた。特に時刻  $20 < t < 50$  の電子ビームが急激に熱化されていく非線形な領域では、図3のモードエネルギーから明らかなようにビームのプラズマ周波数とこれとは異なるいくつかの波動が見られる。さらに本講演では、波動励起におけるビームのドリフト速度およびプラズマ密度の依存性を検討した結果についても報告する。

3. おわりに 今後は衛星から放出される電子ビームの速度分布をより現実的なものとするにより、観測事実解明の有用な手段となることが期待できる。

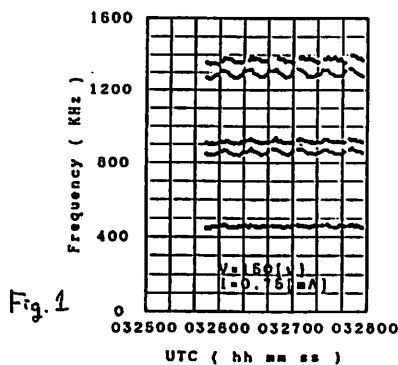


Fig. 1

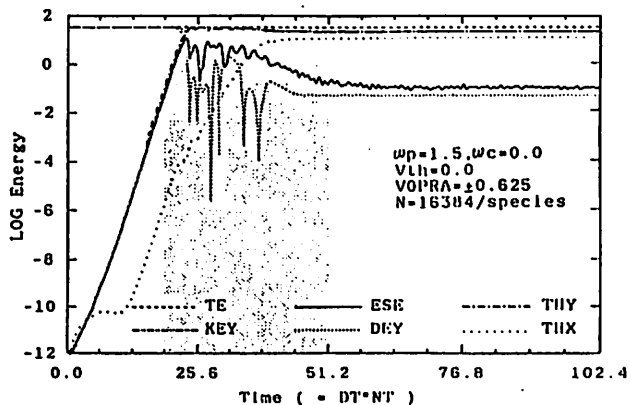


Fig. 2

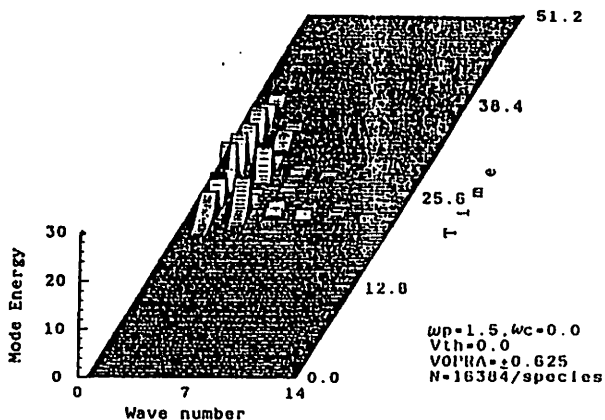


Fig. 3

八木谷聡<sup>1</sup> 長野勇<sup>1</sup> 大村善治<sup>2</sup> 松本紘<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>金沢大工 <sup>2</sup>京大超高層

A Comparison of Computer Simulation with Full Wave Method in Nonuniform Plasmas

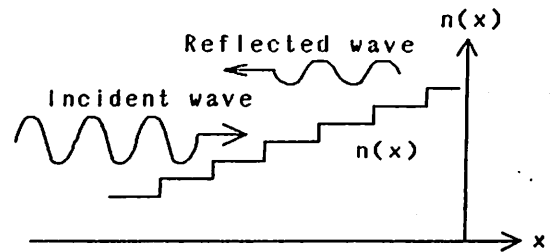
Satoshi Yagitani<sup>1</sup> Isamu Nagano<sup>1</sup> Yoshiharu Omura<sup>2</sup> Hiroshi Matsumoto<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Dept. of Electrical Eng., Kanazawa Univ. <sup>2</sup>RASC, Kyoto Univ.

The full wave method has been applied widely to the analysis of the propagation of electromagnetic waves in nonuniform plasmas. However, this method cannot be applied to both electrostatic waves and nonlinear problem. A computer simulation is carried out in nonuniform plasmas where particles have a density gradient. The effects of the electrostatic waves as well as nonlinearity will be discussed in terms of partial reflection and mode coupling due to the nonuniform plasmas compared with the values obtained by the full wave method.

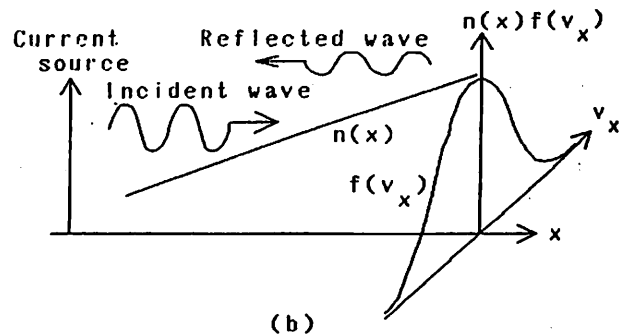
空間的な粒子密度の勾配を持った不均質プラズマ媒質中における電磁波の解析においては、不均質媒質を均質多層に分割して各層中での電磁波の電磁界を計算する Full Wave 計算法が利用されており、地上から放射された電磁波の電離層中における伝搬や電磁波間のモードカップリングなどの計算に広く利用されている (Fig.1(a))。しかし、Full Wave 計算法はプラズマをコールドなものとして近似して取り扱っており、また線形な計算法であるため、プラズマ粒子の速度分布の影響、あるいは大振幅波動による非線形の効果などを解析することができない。Full Wave 計算法を様々な問題に適用するためには、このような効果が無視できない場合に Full Wave 計算法がどれだけ正しい解を与えるかを調べて、その適用可能なパラメータ条件を調べておく必要がある。

そこで、われわれは不均質プラズマ媒質中における Computer Simulation を行い (Fig.1(b))、粒子の熱速度が無視できないときや、非線形効果が生じるときなどの波動伝搬を解析し、Full Wave 計算法による計算結果との比較を行なった。シミュレーションコードには一次元の EMコードを用い、様々な大きさの密度勾配を電子にもたせ、シミュレーション領域中で電流を励振して電磁波を励起させ、その伝搬の様子を調べた。Fig.2 にその一例を示す。これは、 $x=1024$  (システムの中央) で  $\omega_p=2$  となるように密度勾配をつけ、 $x=512$  において  $\omega=0.44$  で  $z$  方向に振幅 100 で電流を励振した場合の電磁波成分  $B_y$  の時間発展を示したものである。なお、 $x<512$ ,  $x>1536$  の領域は波動を減衰させるために設けられている。また、光速は 50、 $\Omega_e=-2$  であり、外部磁場は  $x$  方向を向いている。媒質の変化に応じて、波長あるいは振幅が変化していく様子が見られる。

発表では、粒子の密度勾配による電磁波の分反射、あるいはモードカップリングなどについて、Computer Simulation および Full Wave 計算法による結果を紹介して、粒子運動による静電波、あるいは非線形効果が電磁波に及ぼす影響などを議論する予定である。



(a)



(b)

Fig.1 Models for (a) full wave method and (b) computer simulation

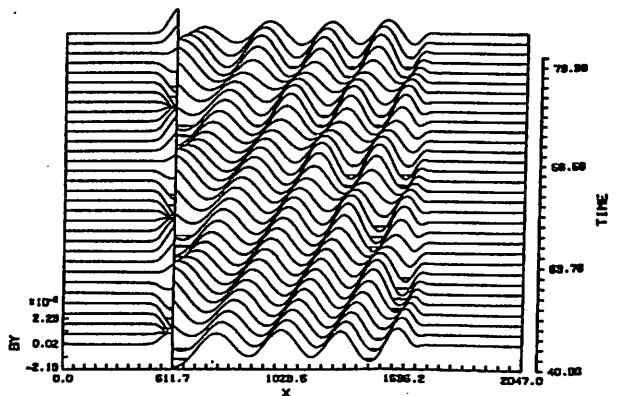


Fig.2 An example of wave propagation in a nonuniform plasma (by computer simulation)

## Numerical Field Analysis of Electrostatic and Electromagnetic Waves in an Anisotropic Multilayered Warm Plasma

Eiichi ISOZAKI and Iwane KIMURA

Dept. of Electr. Eng. II, Kyoto Univ.

We have developed a computer program that calculates the intensities of three mode waves which are an ordinary wave and an extraordinary wave penetrating the radio window, and a plasma wave reflected from it. This program uses the matrix method for the full wave analysis of wave fields in a horizontally stratified anisotropic medium, in which the electron temperature is allowed for. We have developed an algorithm by which we can distinguish each mode at any level in the medium, and made a special effort to avoid numerical swamping and computer overflow. In this program, we assume the plasma wave travelling inwards to be the source wave, which becomes a Z mode wave, when it travels further inwards.

In planetary magnetospheres, phenomena known as non-thermal continuum radiation are observed. It has been widely accepted for one explanation of this radiation that it originates as a plasma wave generated near the boundaries of the magnetospheric cavity through a plasma instability in regions where the electron velocity distribution departs substantially from Maxwellian. The plasma waves known as ESUH waves propagate in the boundary of the cavity, that is on the plasmapause or the magnetopause. Here the ESUH component goes over continuously to a Z-mode wave. This is reflected back towards the cavity and then wholly or partly undergoes linear mode conversion into ordinary (O-mode) and extraordinary (X-mode) electromagnetic waves. The conversion starts at a radio window in the region within the concentration gradient where the plasma frequency is near the wave frequency. The emerging radiation contributes to the non-thermal continuum.

The intensities of these three waves, O-mode, X-mode, and plasma wave, have already been calculated by a full-wave integration of wave equations that allow for the fact that the plasma is warm [1]. We have tried to calculate the intensities by matrix method [2].

In this method, inhomogeneous medium is regarded as a horizontally stratified anisotropic medium. And this medium is divided into a number of thin horizontal and homogeneous slabs. The solutions of differential equations with constant plasma parameters in each slab are connected with those in the adjacent section using the boundary conditions. The matrix method has an advantage that

wave fields of each mode are separately determined. However, this method has been developed for a cold plasma, and only two modes have been dealt with. We have tried to extend this method to apply to a warm plasma. For a warm plasma, the wave equations are equivalently of the sixth order and we must deal with three modes.

In this matrix method, we need to distinguish identify each solution of Booker sextic equation as one of the three modes. This operation is, in general, difficult in the range near  $X (= \omega_p^2 / \omega^2) = 1$ . We have finally succeeded for this operation.

Depending upon the number of 'evanescent' waves among three waves, we must change the ways of orthogonalization used to avoid numerical swamping. We have developed a technique to check this number and avoid numerical swamping.

This program we have developed may have various applications, particularly for a warm plasma case.

### References

- 1) K.G. Budden and D. Jones, The theory of radio windows in planetary magnetospheres, Proc. R. Soc. Lond., A412, 1, 1987.
- 2) I. Nagano, M. Mambo, and G. Hutatsuishi, Numerical calculation of electromagnetic waves in an anisotropic multilayered medium, Radio Sci., 10, 611, 1975.

The effect of inhomogeneous media  
on generating the Auroral Kilometric Radiation

Kaori Kobayashi and Hiroshi Oya  
Geophysical Institute, Tohoku University

Based on cyclotron radiation where the AKR is considered to be generated directly in the form of EM waves, the effects of inhomogeneity in media on growth rates of AKR have been investigated, and the following evidences have been made clear; 1) By solving exact formular in the complex integration domain, it is disclosed that the former expression by Wu & Lee in linear growth rates should be devided the angular electron cyclotron frequency. 2) Both cases as  $\omega_i > 0$  region and  $\omega_i < 0$  for the growth rate appear along with propagation path through the inhomogeneous media. Therefore, integrated growth rates can not necessarily show  $\omega_i > 0$  case. These results show that the actual mechanism is more possibly depending on the inverse-Landau type instability.

1. 序

現在、AKRの発生機構には2つの仮説が立てられている。1つはCyclotron型共鳴による直接発生説であり、他の1つはLandau型共鳴で、プラズマ波動が電磁波に変換されるとするモード変換説である。後者はAKR発生域に存在するプラズマ媒質の不均質に積極的に関わっているが、前者ではこの不均質の効果をは全く考えていない。そこで本論では主としてCyclotron型共鳴による直接発生説に対し、プラズマ密度の不均質の効果論を論じる。

2. モデル及び理論

Calvert(1981)により報告されたCavityを基に、1000kmの大きさを持つ密度構造と、inverted-V eventに対応する100kmオーダーの大きさの密度構造をとり、磁場モデルとして地球双極子磁場で与える。

この不均質媒質中では、従ってWu & Lee(1979)により与えられた相対論的共鳴条件

$$\omega - \kappa \cdot v = \omega_e / \gamma$$

が速度空間上に描く楕円は、その半径と中心の位置を変化させる。

3. 成長率の解析

均質媒質で行なわれている成長率の計算をWKB近似を用いてゆっくり変化する媒質を取り扱うように拡張する。線型成長率を導出する際にWu & Lee理論では共鳴条件が速度空間上の $\delta$ -functionとなつて現われるが、厳密に行なった解析の結果は $\delta$ -functionと言う定義より特異点を持つ複素積分で、そこには $1/\omega_e$ のfactorの相異が見いだされる。これにより今まで得られていた成長率  $\omega_i \sim 10^3$  Hz は  $10^{-3}$  Hz に低下する。

具体的にHot plasmaの速度分布関数を与え、成長及び減衰に関わる解析を実施した。電波源から地球の外方に向かう、例えば  $\theta \approx 90^\circ$  に伝搬する波動では、 $\omega_i > 0$  の領域と  $\omega_i < 0$  の領域の両方が波動の進行に伴って出現する。従って、波動-粒子相互作用をする領域を抜ける波動は、積分するとごくわずかの成長かあるいは時に大きな減衰を受けることが判明した。

4. 検討

解析研究の結果、AKRの放射に対するCyclotron共鳴による電磁波の直接放射は、きわめて微妙な条件を期待して立てられたものであり、実際の不均質を持つプラズマではこの条件を持続することは難しいことが判明した。むしろ、如何なる不均質状態でも常に存在するInverse-Landau型相互作用の条件が、AKRの源として卓越することが大きく期待される。

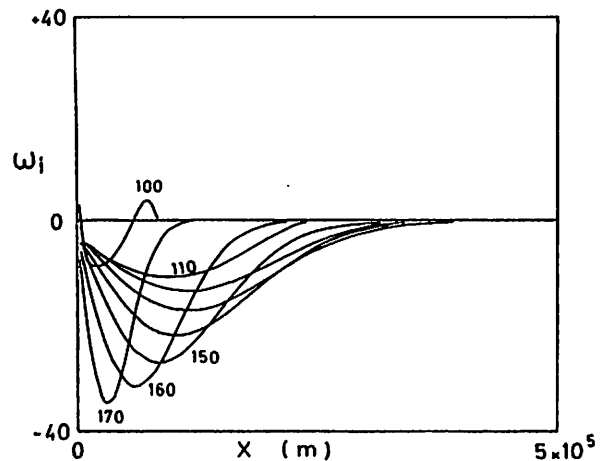


図1.  $\omega/\omega_e = 1.0013$ , start altitude  $1.0R_E$ , loss-cone distributionの場合  
縦軸: growth rate  $\omega_i$   
横軸: 波動の伝搬距離を  $\phi = 70^\circ$  の磁力線に垂直な方向に投影した距離 X

DE-1 によって夜側磁気圏で観測された  
インパルス構造のヒス

恩藤忠典、中村義勝、渡辺成昭（通信総研）

VLF HISS WITH IMPULSIVE SPECTRAL STRUCTURES OBSERVED BY DE-1 IN THE  
NIGHTSIDE MAGNETOSPHERE

T. Ondoh, Y. Nakamura and S. Watanabe  
Communications Research Laboratory, Tokyo, 184

A great geomagnetic storm with maximum activity of  $K_p = 9$  started around 1840 UT on Sept. 11, 1986 and it lasted for about one day. In the recovery phase of this storm, the DE-1 passed in the vicinity of the geomagnetic equatorial plane in the nightside magnetosphere ( $L = 3.35 - 4.18$ ). VLF hiss with impulsive spectral structures, ELF hiss with spin modulation and new wave phenomena were observed on the DE-1 pass of Sept. 12, 1986 (1306 - 1403 UT,  $K_p = 4$ ). According to the Rycroft's relation between the plasmopause position and  $K_p$ , the DE-1 passed through the region outside the plasmopause in the above period.

1986年9月11日18時40分頃に発生したSSCの後約1日続いた磁気嵐は $K_p = 9$ にも達する大きなものであった。この嵐の終相の9月12日1306-1403 UT ( $K_p = 4$ )の間、DE-1は夜側磁気圏の磁気赤道面付近を地心距離3.12 Re、磁気緯度16.0度N ( $L = 3.35$ , 2250 MLT) から4.18 Re, 8.9度S ( $L = 4.23$ , 2303 MLT) へかけて、プラズマ波電界 (650 Hz - 10 kHz) を観測した。Rycroftのプラズマポーズと $K_p$ との関係式 $L_p = 5 - 0.5 K_p$ によれば、この時 ( $K_p = 4$ ) プラズマポーズは $L_p = 3$ にあったと推定され、嵐に伴って内側へ寄ったプラズマポーズの外側を通過したと思われる。以下にこのDE-1パスのプラズマ波の観測結果の特異性について報告する。

1. 磁気緯度16.0度N, 地心距離3.12 Re,  $L = 3.35$  から3.0度N, 3.68 Re,  $L = 3.65$ の間は、衝撃性の広帯域バーストが、間欠的にELFヒスに伴って観測された。
2. 1333:30-1335:30 UT (2.3度, 3.17 Re,  $L = 3.68$  から1.5度N, 3.75 Re,  $L = 3.71$ )の間ではバンド幅約2 kHzの5 kHz狭帯域ヒスが観測された。
3. 1.5度N, 3.75 Re,  $L = 3.71$  から1.8度S, 3.89 Re,  $L = 3.85$ の間では、6-7 kHzと4-5 kHz間に同時にインパルス構造をもつヒスが観測された。この周波数空白部は局所的な電子ジャイロ周波数の約1/3に対応している。
4. 1346:00-1358:20 UT (2.8度S, 3.93 Re,  $L = 3.89$  から7.4度S, 4.12 Re,  $L = 4.14$ )の間では再びバンド幅約2 kHzの4 kHz狭帯域ヒスが観測された。
5. 7.4度S, 4.12 Re,  $L = 4.14$  から8.9度S, 4.18 Re,  $L = 4.23$ の間では、スピン変調されたELFヒスと、広帯域の衝撃性バーストが間欠的に観測された。

I-50 プラズマポーズ付近における DE-1  
-1 のスピン効果による波動解析

渡邊成昭、恩藤忠典、中村義勝、佐藤正樹、沢田史武  
通信総合研究所

ANALYSES OF PLASMA WAVES PROPERTIES USING SPIN EFFECT OF DE-1 IN THE  
VICINITY OF THE PLASMAPAUSE -PART 2

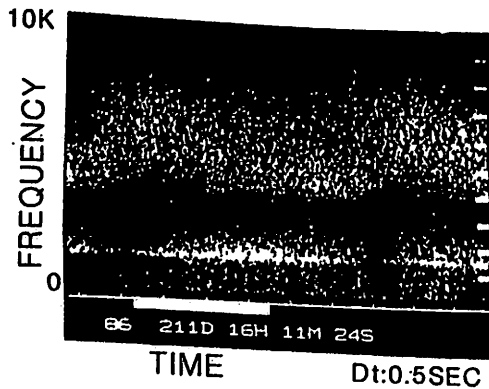
S.Watanabe, T.Ondoh, Y.Nakanura, M.Sato and F.Sawada  
Communications Research Laboratory, Tokyo, 184

Plasma wave properties observed in the vicinity of the plasma pause were analyzed using spin effect of DE-1 VLF and particle data. Because plasma density outside of the plasmopause is very low, spectral pattern of plasma waves on the spectrogram is very complex due to satellite spin. We analyze here the mechanism of plasma waves ( Z-mode, Whistler mode ) in the low latitude and high altitude ( -20000km ) magnetosphere.

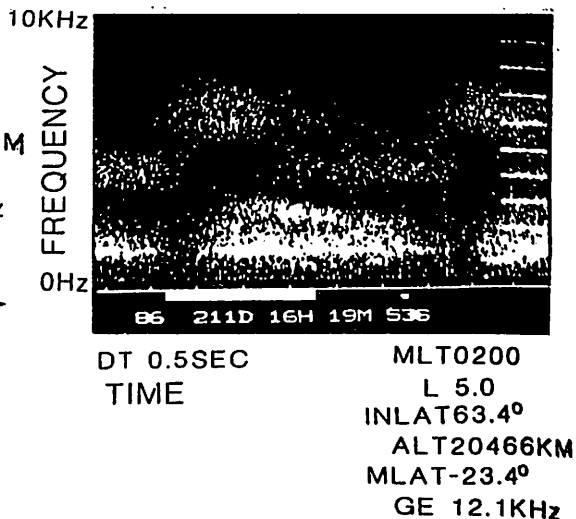
プラズマ圏内では、プラズマの密度が高く、VLF帯電波への衛星のスピン効果は一様であり、あまり情報を引き出すことができない。しかし、プラズマ圏を抜け、磁気圏に入ると、プラズマの密度が低く、衛星による受信電波は、強くスピンの影響を受ける。高高度衛星DE-1によって観測されたVLF帯電波のスペクトログラム上に表れるパターンを、粒子のデータがある場合にち密に解析し、波のモード、波動ベクトル、伝搬形態の情報を得る事が出来た。ホイストラモードより低周波にZモードが見られる。逆にこれらのカットオフ周波数により粒子密度が確認出来た。

ホイストラモードのELFヒスを、低周波部で解析し、Kベクトルを推察した。また、一見ホイストラエコーの様に見られるパターンは、スピンによってかなり影響を受けている。下図は、ホイストラモードとZモードとが混在する領域から、時間と共にスピン効果のため明確に両者分離されて受信される領域に入っていく例である。

この手法は広帯域の2次元波動データを伝送容量の問題で1次元でアナログ伝送する時有用である。



MLT 0158  
L 4.63  
INLAT 62.3°  
ALT 19733KM  
MLAT -23.4°  
GE 12.1KHz



MLT0200  
L 5.0  
INLAT63.4°  
ALT20466KM  
MLAT-23.4°  
GE 12.1KHz

町田 忍、C. K. Goertz  
宇宙研、 アイオワ大学

## Abstract

We report our study on the Farley-Buneman instability in a collisional plasma by a particle simulation which includes elastic and inelastic collisions of electrons and elastic collision of ions with neutrals. A uniform convective electric field is applied so that the relative velocity between the electrons and ions exceeds the ion sound velocity and destabilizes the instability. We find a nonlinear frequency shift and isotropitization of the wave spectrum in the wave number space. We are especially interested in explaining the anomalous heating of the electrons in the polar ionosphere observed by Schlegel and St.-Maurice (1981). We find that the dominant mechanism for the electron heating is due to an enhanced effective electron collision frequency and hence enhanced resistive heating and not due to the heating of the electrons by the waves parallel to the magnetic field.

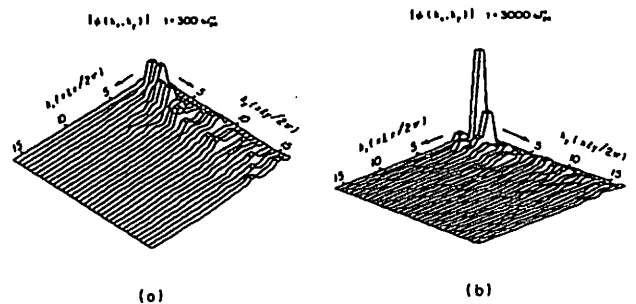
電子が強く磁化されている一方で、イオンの運動は中性粒子との衝突が支配的になる様な状況を考える。この時、外部からクロス・フィールドの様な電場が印加され電子の  $E \times B$  ドリフト速度がプラズマのイオン音波速度を超えると、低域混成波帯の不安定波動が励起されることが知られている。これは、1960年代前半に Farley と Buneman によって独立に見いだされた不安定性で、発見者の名を冠して Farley-Buneman 不安定性と呼ばれている。

最近、極域の電離層において、磁気嵐時のコンベクション電場の増大に伴い、電子の温度が上昇するという現象が見つかったが、この現象も Farley-Buneman 不安定性と深い関わりがあると考えられている。但し、不安定な波動が励起されるのは確かとしても、準線形理論から期待される加熱率が実際の現象を説明するのに必要な量よりも1桁も小さいという困難がある。それを解決する一つの説として、線形的に成長していった波の振幅が大きくなり非線形の波動の崩壊過程によって、磁力線に沿った方向に大きな電場成分をもった波動が生成され、それによって電子が磁力線方向に加速されるという事が提案された。——(仮説1)

一方、それとは別に、励起された不安定波動が非線形の乱流状態に移行するのは上記と同じであるが、波動による電子のピッチ角散乱が増大する事によって Pedersen 電流が強まり、これが印加された電場の方向に流れて、磁力線に直角な方向のジュール加熱が増すという説が提案された。——(仮説2)

この二つの加熱過程うちのどちらが重要であるか見るためには、セルフ・コンシステントな波の場と粒子の運動を求める必要があるが、われわれの開発した Plasma and Neutral Interaction

Code (PANIC) と呼ばれるモデルを用いて数値計算を行ってみた。その結果、第1図(a)にみられる様な、線形理論的な、ある一定方向に伝播する波動(図中に丸印で示したものが成長率最大のモード)のスペクトル・パターンから(b)の様な等方的で長波長のモードにエネルギーの集中する様なパターンに形を変えて行く過程がみられた。それと同時に、非線形性によって波の周波数の変化する Non-Linear Frequency Shift 現象もみられた。この数値モデルによって得られた定常状態での加熱率を見積った結果、理論的に導ける簡潔な式によって、電子の加熱率が良く記述される事がわかったが、これを、電離層の現象に適用すると、ピッチ角散乱によって実効的な衝突周波数が1桁程増大し、則ち Pedersen 電流に伴ったジュール加熱が1桁増大し観測を説明するだけの電子加熱が仮説2によってまかなわれ事がわかった。



第1図: 2次元の波数空間に示された静電ポテンシャルの分布。(a)線形段階 (b)非線形段階に、それぞれ対応する。



# 磁気圏尾部における GEOTAIL と周辺プラズマとの相互作用に関する計算機実験

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

## COMPUTER EXPERIMENTS ON THE INTERACTIONS BETWEEN GEOTAIL AND AMBIENT PLASMA IN THE GEOMAGNETIC TAIL

Masaki OKADA      Yoshiharu OMURA      Hiroshi MATSUMOTO  
 Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University

We have performed computer experiments to survey the electromagnetic environments of the GEOTAIL satellite, that will be launched in 1992. It has recently been found that the solar cells of GEOTAIL are shadowed by the two masts. The solar cells are switched on and off by the shadow. It is speculated that the switched current could radiate strong electromagnetic waves. To confirm this possibility, we realized current switching and photo-electron emission on the lighted side of the satellite in the computer experiments. We have found the generations of waves at the harmonics of the current switching frequency near the satellite region. These strong electromagnetic waves have effects about a half of the Debye length.

我々にとって、磁気圏尾部はまだまだ神秘的なベールに包まれた未知の領域である。いま科学観測衛星 GEOTAIL によってそのベールを刺す計画が 1992 年の打ち上げに向けて着々と進められている。その GEOTAIL の設計段階において GEOTAIL のマストおよび球プローブの影が太陽電池パネル上に影を落とすことが判った。影に入った太陽電池セルは開放状態になり、太陽電池パネル上に影が高速で横切ると、電源を供給する線路を流れる電流がスイッチングされるという現象が生じる。この電流のスイッチングによって、放射電磁界が発生し観測に影響がでるのではないかと心配される。

このような点に対して、我々は電磁粒子シミュレーションコードを用いて、太陽電池パネルから電源供給線を流れる電流をスイッチングし、同時に太陽光線が当たっている部分からの光電子の放出をも考慮したモデルを用いて計算機実験を行った。磁気圏尾部におけるパラメータを用い、太陽電池パネル上をマストの影が横切る場合と、横切らない場合とで比較を行った。Fig.1,2 が、太陽電池パネル上をそれぞれ影が横切る場合と横切らない場合の衛星の前面及び後面側における電流と平行な電界成分の周波数スペクトルを濃淡図で表したものである。衛星の近傍で電流のスイッチングによるたくさんの高調波が見られ、それが、デバイ長の半分程度の距離まで影響を与えていることが判る。

本講演では、GEOTAIL が遭遇すると考えられる状況に焦点を当てて、計算機実験を行った結果と解析的に予想される結果と併せて報告する。

### 参考文献

- [1] 岡田 他、第 83,84 回 SGEPPS、講演予講集。

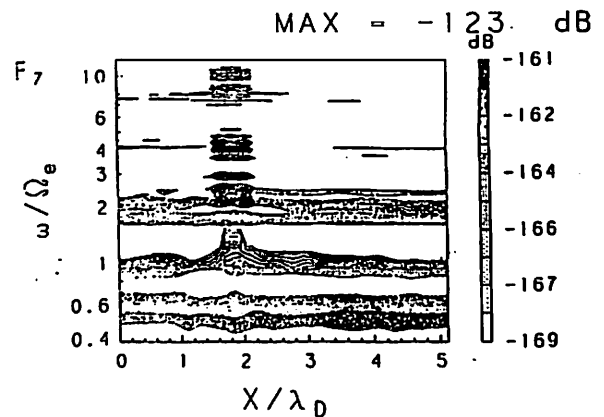


Fig. 1:  $\omega/\Omega_e$  versus  $x/\lambda_D$  contour map when the shadow of the mast is crossing on the solar cells.

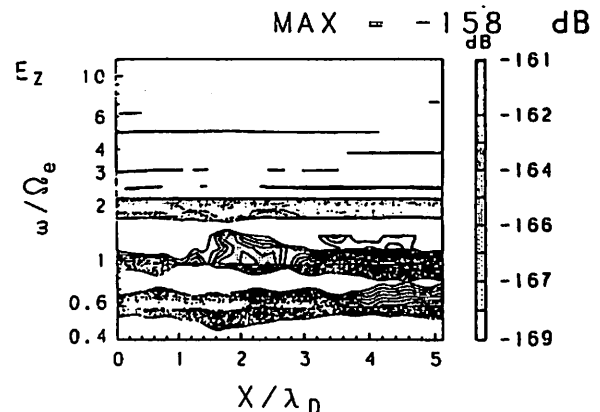


Fig. 2:  $\omega/\Omega_e$  versus  $x/\lambda_D$  contour map when the shadow of the mast is not crossing on the solar cells.

平田尚志\*

橋野嘉孝  
京都大学超高層電波研究センター

松本 紘

大村 善治

## STUDY OF NONLINEAR THREE-WAVE-COUPLING IN SPACE PLASMA

Hisashi HIRATA

Yoshitaka HASHINO

Hiroshi MATSUMOTO

Yoshiharu OMURA

Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University

We derived two different sets of mode coupling equations for a cold plasma and a hot plasma. In a cold plasma, we used fluid approximation, while in a hot plasma, we used Vlasov equation assuming the Maxwellian distribution as the 0th-order velocity distribution function. We compared theoretical growth rate of the daughter wave given by the mode coupling equations with initial growth rate found in the computer experiment. We found good agreement for a cold plasma. We found a slight discrepancy for a hot plasma.

前回の発表においては、Manly-Rowe で示される三波相互作用の枠を出ている直列的三波相互作用、及び並列的三波相互作用についてモード結合方程式を適応して理論的考察を行った。

今回は、複雑な三波相互作用を理論的に解明する第一歩としてそのモード結合方程式をコールドプラズマ中、ホットプラズマ中、それぞれについて導出した。モード方程式の一般形を式(1)に示す。

$$\begin{aligned} \frac{d\varphi_0}{dt} &= -\beta_0 \varphi_1 \varphi_2 \\ \frac{d\varphi_1}{dt} &= \beta_1 \varphi_0 \varphi_2^* \\ \frac{d\varphi_2}{dt} &= \beta_2 \varphi_0 \varphi_1^* \end{aligned} \quad (1)$$

各式の右辺は強制項であり、また $\beta_0, \beta_1, \beta_2$ は結合係数と呼ばれる。これらを求めることが主題となり、これらから初期成長率が求まる。強制項は波動物理量についての2次の非線形項より導かれる。

まず、コールドプラズマ中では、流体近似を用いて2次の非線形項を求め、モード結合方程式を導いた。これより求めた初期成長率の式を示す。(式(2))

$$\gamma = \left(\frac{q_0}{m_s}\right) \cdot \frac{\Pi_s}{2} \cdot \frac{(1 - Y_2^2)^2}{\sqrt{2\{\omega_2^2(1 - Y_2^2)^2 + \Pi_s^2 Y_2^2\}}} \cdot \frac{k_2^2}{\omega_2^2} \cdot \sqrt{\frac{\omega_2}{\omega_1}} \cdot |\varphi_0| \quad (2)$$

導出したモード結合方程式より得られた初期成長率と、シミュレーションによって得られたデータとを比較した図をFIG.1に示す。よく一致していることがわかる。

次に、ホットプラズマ中では、以下のような手法を用いた。

電流密度の評価において、ブラソフ方程式より求められる速度分布関数を用いなければならない。速度分布関数を波動電界Eのオーダーによって分離し、0次の項には等方マクスウェル分布を与える関数を採用した。そして、波動方程式における強制項は速度分布関数の2次の項より導かれた。そこから導かれたモード結合方程式は大変複雑な式なので紙面に掲載することは差し控えるが、導出したモード結合方程式から求めた $T \rightarrow 0$ とした初期成長率と、coldプラズマ理論から導き出した初期成長率とを比較した図をFIG.2に示す。

各々の手法についての導出過程と、その評価について議論する。

### 参考文献

- [1] 平田、第84回SGEPPS、講演子稿集。
- [2] 橋野 他、第84回SGEPPS、講演子稿集。

\*現在、日本IBM

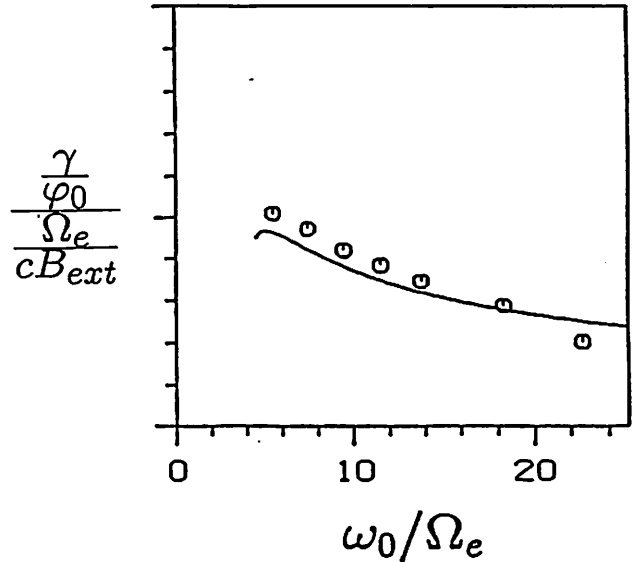


Fig. 1: Initial growth rates of the idler waves plotted versus the frequency of pump wave in the cold plasma theory and in the simulation experiment.

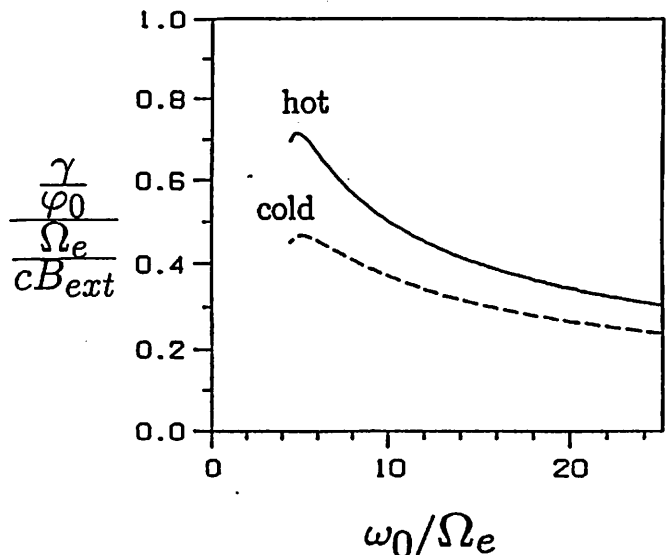


Fig. 2: Growth rate in the O-O-SX three-wave coupling in the cold plasma theory and in the hot plasma theory.

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

COMPUTER EXPERIMENTS OF  
 SETS(SHUTTLE ELECTRODYNAMIC TETHER SYSTEM)

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

We performed computer experiments of SETS (Shuttle Electrodynamic Tether system) by using a 2 dimensional full electromagnetic particle code. Our model includes two conductive bodies representing the satellite and shuttle and an electron gun on the shuttle. In the computer experiment, we found strong excitation of VLF waves near the lower hybrid resonance frequency at a localized area around a dense plasma cloud caused by emitted electrons. We present the mechanism of the local excitation of LHR waves in terms of the lower hybrid drift instability.

前回の発表においては、SETS と呼ばれるスペースシャトルを用いた大規模なテザー衛星実験<sup>1)</sup>の概略と、自由境界 2 次元電磁粒子コード<sup>2)</sup>を用いた SETS の計算機実験結果を報告した<sup>3)</sup>。モデルとしては、テザーシステムの速度方向を含む平面(ケース 1)と、それに垂直な平面(ケース 2)を考え、各々の平面内に衛星、シャトルに相当する 2 つの内部導体、それらをつなぐテザーワイヤー、そしてシステム内に取り込まれた電子を放出するための電子銃を置いた。このモデルを用いて、衛星、シャトル間における  $V \times B$  起電力による一定電位差を保ちながら、磁化プラズマ中でのテザーシステムの電磁力学過程について計算機実験を行った。

ケース 1、ケース 2 とも高電位衛星によって周辺プラズマ中の電子がテザーシステム内に取り込まれ、シャトル上の電子銃より電子ビームとして放出される。ケース 1 においては、地球磁場が平面に垂直にあるため電子の移動度が低く、電子ビームの放射率は約 30% となる。放出電子はプラズマ流の下流に電子雲として局在し、それを取り囲むように電子の  $E \times B$  運動による環状電流が存在する。この

電流により LHR 周波数付近の強い波動が見られる。Fig.1 は、以上の過程を示したものである。ケース 2 においては、地球磁場が平面に含まれるためその方向に電子の移動度が大きく、電子ビームの放射率は約 70% と高くなる。放出電子は、シャトルの両側において翼状に拡散し、それによりイオンサイクロトロン周波数よりも低い周波数で、波動励起が見られる。

今回の発表では、上に述べたケース 1 における LHR 波動の局在励起 (Fig.2) について、Lower hybrid drift 不安定性理論<sup>4)</sup>と比較検討を行いその結果を述べる。

参考文献

- [1] P.M.Banks and P.Byers, 'SETS Development Phase Proposal'.
- [2] 日井 他、第 83 回 SGEPS、講演予稿集
- [3] 例えば、日井英之 京都大学大学院修士論文、1988
- [4] Winske, D., Short-Wavelength Modes on Expanding Plasma Clouds, *J. Geophys. Res.*, 93, 2539,1988

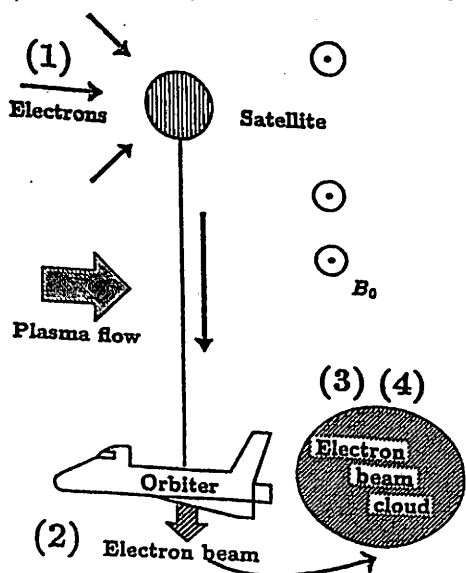


Fig. 1: Schematic diagram of the beam emission model in the case 1. (1) Electron collection by the high potential body. (2) Beam emission. (3) Beam cloud formation. (4) Current rotation and local excitation of LHR waves.

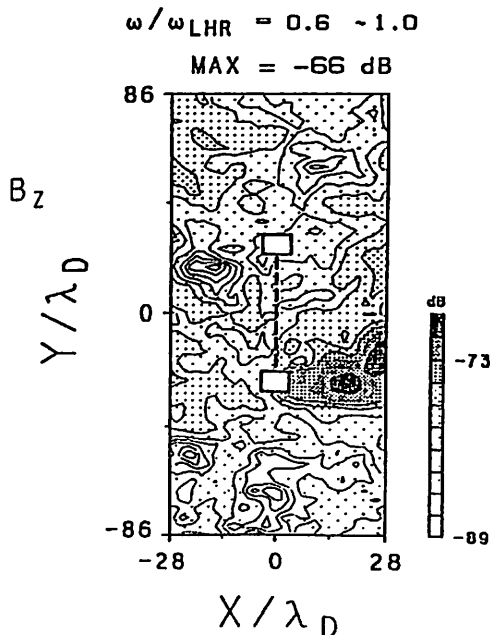


Fig. 2: Spatial distribution of  $B_z$  for  $\omega/\omega_{LHR} = 0.6 \sim 1.0$ .

新井理弘 宮武貞夫

電通大

POTENTIAL CHANGE OF ELECTRON EMITTING SATELLITE

M.Arai, S.Miyatake

University of Electro Communications

The electric potential change of an electron emitting spacecraft is presented along an eccentric orbit. An electro static energy analyzer is used to find that the potential rises upto the same as an electron beam acceleration voltage outside the plasma pause. The secondary emission due to return current is considered to be responsible for a low energy electron flux observed by the electro static energy analyzer.

1. はじめに

飛翔体から電子ビームを放出する実験は、飛翔体の電位制御といった工学的目的の他に宇宙空間プラズマ中でのプラズマ実験としても興味深い。ここでは、EXOS-Bで観測された電子ビーム放出時の飛翔体の電位変動について述べる。

2. 電子ビーム放出時の飛翔体電位変動

飛翔体からの電子ビームの放出に伴う飛翔体の電位の上昇は周囲のプラズマ密度の程度のみならず飛翔体の形状、表面材質により決定される。図1は衛星がプラズマ圏からプラズマポーズの外側へ移動するときに観測された電子エネルギースペクトルで、ほぼ一定のフラックスを持つ低エネルギー(18eV-62eV)の電子と、L値が増えるにつれてフラックスの減少する高エネルギーの電子が存在する。図2は、高エネルギー側の電子のピークエネルギーチャンネルを電子ビームのパラメータを変えてL値の関数として示したもので、これからL値が増えると高エネルギー電子の持つエネルギーは放出する電子ビームの加速電圧まで増大することがわかる。このことは、衛星がプラズマポーズの外側に移動し周囲の電子密度が低下するにつれ衛星から放出される電子に見合う電子電流を補集できないことで説明される。一方、低エネルギー側の電子は、衛星表面から放出される二次電子によるものと考えられる。

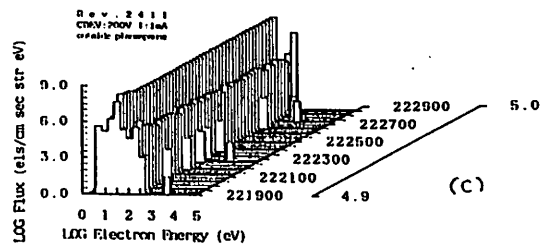
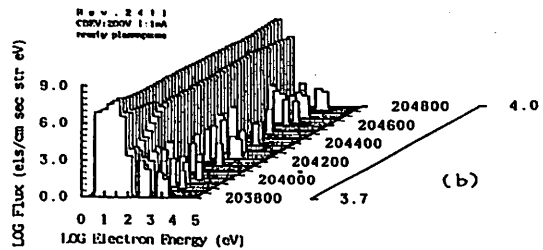
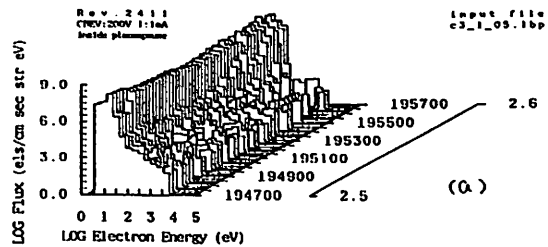


図1 電子エネルギースペクトル

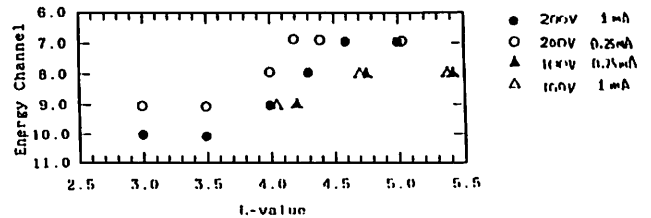


図2 高エネルギー電子の現れるエネルギーチャンネル

## ■第Ⅱ会場

(Ⅱ-1 ~ Ⅱ-55)

山本 衛<sup>1</sup>、津田 敏隆<sup>1</sup>、佐藤 亨<sup>2</sup>、深尾 昌一郎<sup>1</sup>、加藤 進<sup>1</sup>  
 ( <sup>1</sup>京大超高層、<sup>2</sup>京大工)

Horizontal Structure of Turbulent Scattering Layers in the Mesosphere  
 Observed by the MU Radar

Mamoru Yamamoto<sup>1</sup>, Toshitaka Tsuda<sup>1</sup>, Toru Sato<sup>2</sup>, Shoichiro Fukao<sup>1</sup>, and Susumu Kato<sup>1</sup>  
 ( <sup>1</sup>RASC, Kyoto Univ., <sup>2</sup>Dept. of Electr. Eng. II, Kyoto Univ.)

The horizontal motion and structure of the scattering pattern can be observed by calculating the cross-correlation function of the echo power fluctuations with taking the spatial correlation into account. We have applied the technique to the echo power observed in the mesosphere with the MU radar (35°N, 136°E). On 8 February, 1985, the motion of the scattering pattern did not agree with the background wind velocity, but rather was associated with the horizontal propagation direction of a saturated inertia gravity wave. On 13 February, 1986, on the other hand, an inertia gravity wave was not saturated, and the scattering pattern showed the motion close to the wind velocity averaged in the observation period.

MUレーダーでは、通常4ないし5ビーム方向を用いて中間圏観測を行っているが、各ビームで得られたエコー強度のビーム間の相互相関関数を用いてレーダー上空の乱流散乱層の移動および空間構造を推定することが可能である。各ビーム間のエコー強度変化の時間差  $\tau$  と東西・南北の空間差  $(\xi, \eta)$  を含む3次元の相関関数を考え、相関係数が  $(\xi, \eta, \tau)$  空間内の回転楕円面上において一様となるモデルを仮定することによって散乱パターンの水平面内の動きのみならず空間の大きさ及び方向を示す特性楕円や、動きに乗って見た特性時間が求められる。

図1示すように、1985年2月8日の観測では散乱パターンは  $20\text{--}30\text{ms}^{-1}$  の速度で北北東の方向に移動しており、ほぼ東向きであった背景風速の方向よりもむしろ慣性重力波の水平伝搬方向と一致した。慣性重力波によるリチャードソン数はわずかに負の極小値を示し、波の振幅は砕波の条

件に達していた。散乱層の移動に乗って見た特性時間は約700秒であり、これは100秒程度と考えられる乱流の寿命に比べてかなり大きい。よって、この例では個々の乱流の動きではなく、砕波によって乱流が生成される領域の動きが捉えられたと考えられる。

図2に1986年2月13日の観測例を示す。この例では散乱パターンの移動速度は観測時間内の平均風速とよく一致しており、乱流散乱層は背景風とともに流れているといえる。この日の慣性重力波は前の例よりも弱く波自身の飽和レベルには達しておらず、波による直接の乱流散乱層の生成は観測されなかったと推定される。

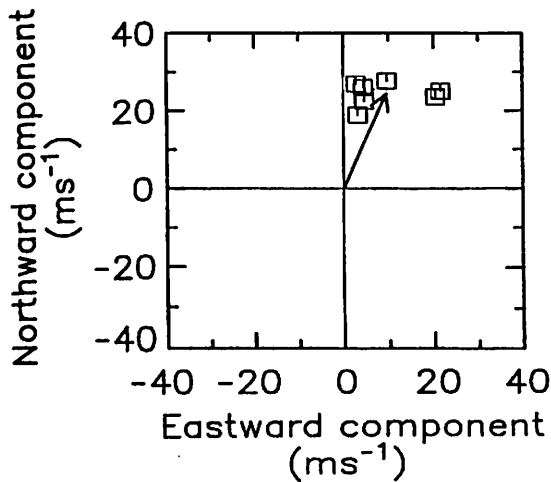


図1: 1985年2月8日10-16時に得られた高度69-72kmの散乱パターンの水平移動速度。四角印は各高度で求められた速度ベクトルの先端を示す。矢印は平均の速度ベクトルを示す。

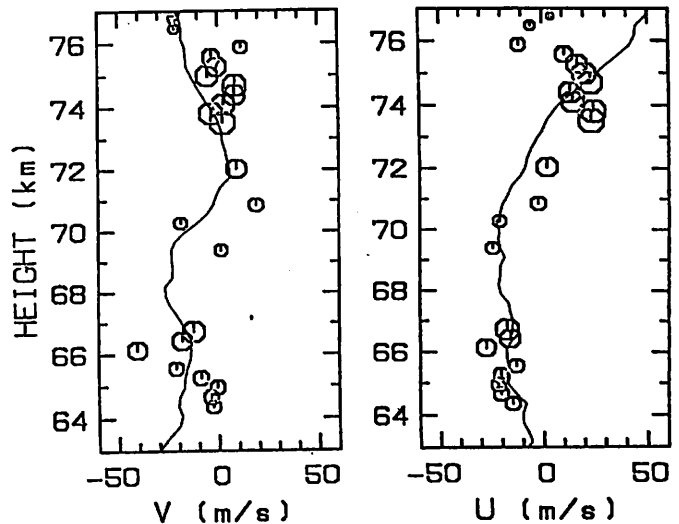


図2: 1986年2月13日8-16時に観測された散乱パターンの水平移動速度を丸印で示す。左右の図はそれぞれ北向き及び東向き成分に対応する。丸印の大きさは観測時間内の平均エコー強度(対数値)に比例する。実線は観測時間内の平均風速を示す。

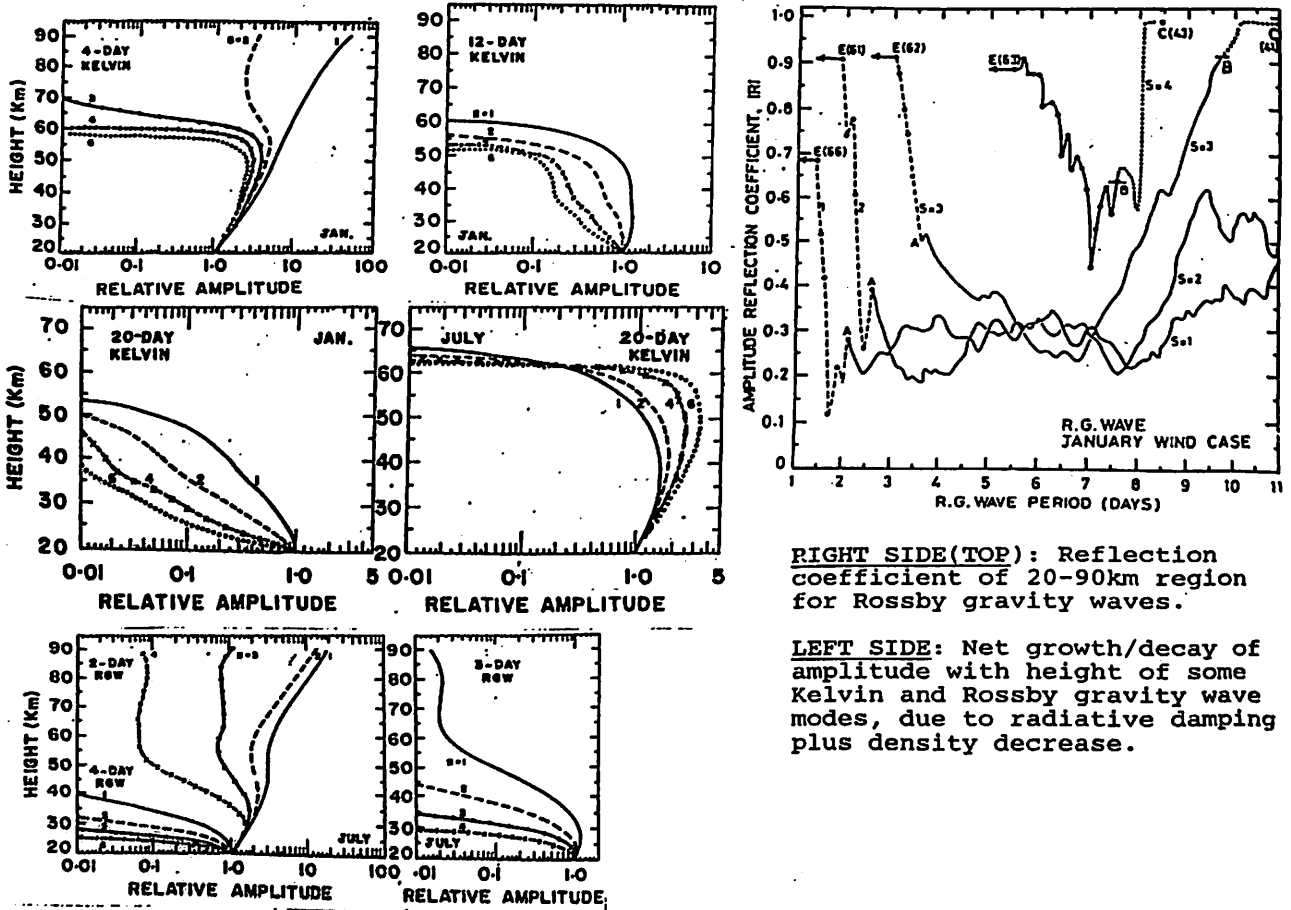
REFLECTION AND RADIATIVE DAMPING OF EQUATORIAL WAVES  
IN THE STRATOSPHERE AND MESOSPHERE

C.A.REDDY<sup>1,2</sup> And LEKSHMI VIJAYAN<sup>2</sup>

1. Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University, Kyoto 611
2. Space Physics Laboratory, V.S.S.C., Trivandrum, India

Using the multilayer approximation to the real atmosphere with height-varying wind and temperature, the amplitude reflection coefficients of upward propagating equatorial waves are estimated theoretically for the 20-90 km region. Reflected wave energy is found to be generally less than 15% for Kelvin waves; but many Rossby gravity(RG) wave modes suffer strong or total reflection at different heights depending upon the wave period  $T$ , zonal wavenumber  $k_x$  and the wind condition.

Using realistic values of cooling rate coefficient in the 20-90 km height range, the net amplitude growth/decay of Kelvin and RG wave modes in the above height range is estimated taking into account radiative damping and wave growth due to density decrease. The radiative damping acts in such a way that most of the Kelvin wave modes can have significant amplitudes upto the stratopause in July wind condition; but in January, only the shorter period waves ( $\leq 8$  days) may have significant amplitudes. In contrast, RG waves with  $T \geq 4$  days suffer severe radiative damping in the (lower) stratosphere. In the mesosphere, most of the Kelvin wave modes decay rapidly with height, except for short period(2-6 days) waves with smaller zonal wavenumbers. RG waves of 1.5-3.0 day period range only can reach upper mesosphere/lower thermosphere without large attenuation. In general, radiative damping is very sensitive to background wind condition. Some typical results are shown in the figures below. The implications of the present results to the generation of the semi-annual oscillation and the QBO will be discussed.



RIGHT SIDE(TOP): Reflection coefficient of 20-90km region for Rossby gravity waves.

LEFT SIDE: Net growth/decay of amplitude with height of some Kelvin and Rossby gravity wave modes, due to radiative damping plus density decrease.

MUレーダーによって観測された成層圏、対流圏における重力波の鉛直伝搬特性の季節変化

阿尾直樹、有賀 理、深尾昌一郎、山本 衛、津田敏隆、加藤 進  
 京都大学超高層電波研究センター

SEASONAL VARIATION OF VERTICAL PROPAGATION DIRECTION OF GRAVITY WAVES IN THE LOWER STRATOSPHERE AND UPPER TROPOSPHERE OBSERVED WITH THE MU RADAR

Naoki AO, Osamu ARUGA, Shoichiro FUKAO, Mamoru YAMAMOTO, Toshitaka TSUDA, and Susumu KATO  
 (Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University)

Occurrence distribution of vertical propagation direction of the tropo-/stratospheric gravity waves is calculated by hodograph analysis from wind data obtained by the MU radar every month from January 1986 to November 1988. It is found that the gravity waves are generated by the jet stream and propagate both upward and downward, but in winter the gravity waves are also excited near the ground.

MUレーダーは、上部対流圏から下部成層圏における乱流と重力波の観測を毎月4~5日程度連続して行っている。本報告では、1986年1月から1988年11月までのほぼ3年間のデータを解析し、この領域における周期数時間の重力波の鉛直伝搬特性の季節変化について述べる。

スペクトル解析により、上部対流圏から下部成層圏においては周期数時間で鉛直波長1~4kmの風速変動が卓越していることが知られており、これは内部重力波によるものであると考えられる。このとき風速の水平成分は伝搬方向に長軸を持つ楕円偏波になり、ホドグラフを用いるとその回転方向から重力波の鉛直伝搬方向が決定できる [Hirota & Niki, 1985]。ここでは鉛直波長1~4kmの内部重力波について、30分ごとに各高度(分解能150m)における鉛直伝搬方向(上向きもしくは下向き)を求めた。上向き伝搬及び下向き伝搬と決定された時間帯(30分間)をそれぞれ+1、-1と数え、各月の前観測期間について値を加え合わせた上で時間帯の総数で正規化することによって各高度における重力波の上下伝搬比率を決定する。図1にこのようにして求めた1988年の重力波上下伝搬比率を示す。全体的には水平風が最大となる高度12km付近を境にしてその上では上方伝搬が、下では下方伝搬がそれぞれ支配的となっている。このことから、地表付近で励起され上方に伝搬する波と高度12km付近のジェット気流によって励起され上下に伝搬する波の2種類の波が存在していると推測される。また季節変化をみてみると、冬は夏に比べて下の領域での下方伝搬の割合が少ない。これは地表付近まで強い水平風が吹くため、ジェット気流によって励起される波に比べ地表付近で励起される波の方が相対的に強くなっているからであると考えられる。

参考文献: Hirota, I., and T. Niki, A statistical study of inertia-gravity waves in the middle atmosphere, *J. Met. Soc. Japan*, 63, 1055-1066, 1985.

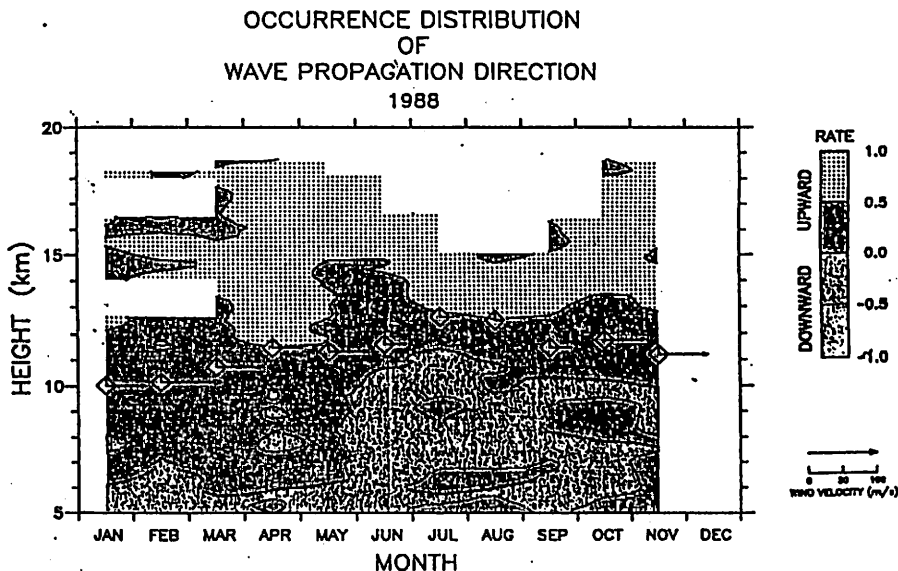


図1: 1988年における鉛直波長1~4kmの波動の鉛直伝搬方向の生起分布。RATEは、各月の伝搬方向を上向きを+1、下向きを-1として時間帯方向に平均した値である。図中の◇は水平風が最大になる高度を、矢印はその大きさをそれぞれ示す。



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

Seasonal Variation of Gravity Wave Activity  
 in the Middle Atmosphere

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

We have monitored wind velocity field in the troposphere, lower stratosphere and mesosphere with the MU radar. This study is concerned with seasonal variation of gravity wave energy (variance integrated over wave periods ranging from 30 min to 2 hr). In the lower stratosphere, the variance has shown an annual variation, such that it becomes large in winter months and small in June-September, which is clearly correlated with the intensity of the background mean horizontal wind velocity. In the mesosphere the variance is about 20 times larger than that detected in the lower atmosphere. Seasonal variation of the variance determined in the mesosphere does not show a clear correlation with that detected in the lower atmosphere.

MUレーダーを用いて1985年12月から1986年11月に対流圏・下部成層圏及び中間圏において観測された風速データを用いて重力波の活動度の季節変化について解析を行った。まず天頂角10°方向の視線風速の周波数スペクトルを解析し、これを一定の周波数範囲について積分し重力波エネルギー ( $\overline{u'^2}$ : integrated variance) を求めた。下部成層圏での結果を図1に示すが、 $\overline{u'^2}$ が冬には強く夏には弱いことが観測されている。これはMUレーダー上空のジェット気流の強さと明かな相関があったため、この高度領域の重力波の励起に対する背景風の影響は大変重要であると考えられる。一方、中間圏において同じ期間の $\overline{u'^2}$ を求めた結果を図2に示す。図1,2を比較することで、下部成層圏では0.1 ( $m^2/s^2$ )であった $\overline{u'^2}$ が中間圏では2~3 ( $m^2/s^2$ )と約20倍以上に大きくなること分かる。また7月を除けばはっきりとした季節変化は見られない。図2では7月だけ重力波励起が例外的に強く発生しているように見えるが、この解析例の場合の観測期間は一月に4日間であるため特異な現象のために7月一般の特性を示していない可能性がある。更に大量の観測結果を解析しこれらの季節変化を明らかにする必要がある。この他に、中間圏における鉛直波数スペクトル、モーメント・フラックス等の季節変化についての解析もあわせて発表する。

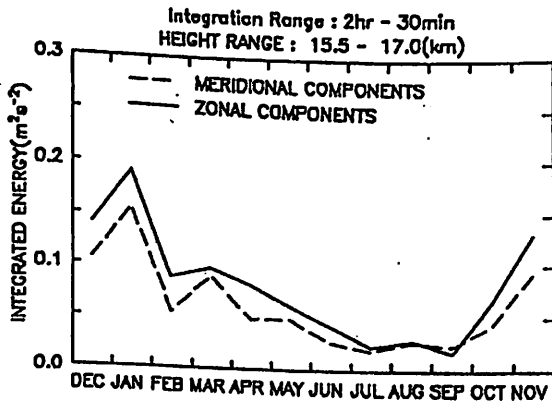


図1  
 成層圏における重力波エネルギーの  
 季節変化 (1985年)

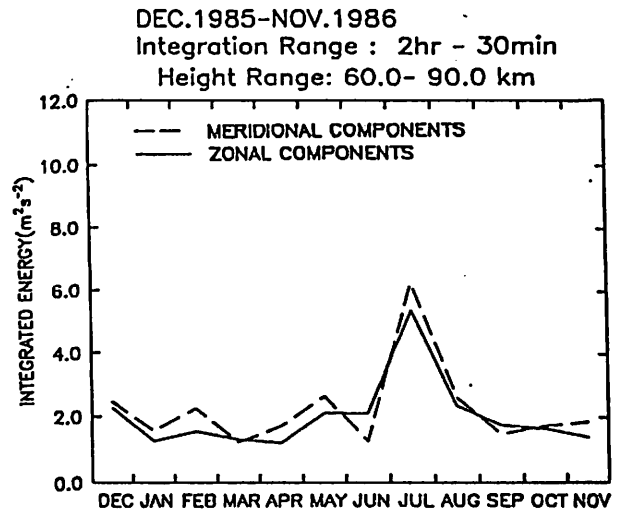


図2  
 中間圏における重力波エネルギーの  
 季節変化 (1985年)

## II-5 中層大気における重力波の周波数スペクトルのMUレーダー観測

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

### Frequency Spectra of Gravity Waves in the Middle Atmosphere Observed with the MU Radar

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

We have analyzed frequency spectra of wind velocity fluctuations observed with the MU radar in the vertical and oblique directions at a zenith angle of  $10^\circ$ . A slope of a linearly fitted curve of the spectra in a log-log scale has shown a clear relation with the background horizontal wind velocity, suggesting effects of Doppler shift of a gravity wave spectrum.

中層大気中の風系や温度の中規模擾乱は重力波に起因すると解釈されているが、これらは多くの周波数、波数成分を含んでいることから、スペクトルを解析することによってその特性を表わす研究が行われている。海洋中の重力波のスペクトルモデルを大気の場合に適用する試みがVanZandt(1982、Geophys. Res. Let.)等によって行われているが、例えば水平及び鉛直風成分の周波数( $\omega$ )スペクトルは $f < \omega < N$ ( $f$ :慣性周波数、 $N$ :ブランチパイサラ周波数)で背景風が小さい場合にそれぞれ $\omega^{-5/3}$ 、 $\omega^{1/3}$ に比例するとされている。しかし、Fritts and VanZandt (1987、J. Geophys. Res.)はモデル計算を用いて、背景風によるドップラーシフトの影響によるスペクトルの変形が水平風成分については $\omega$ が $f$ に近い時に、また鉛直風成分については $\omega$ が $N$ に近い時に顕著に現われることを示した。

本研究ではMUレーダーを用いて観測された対流圏・下部成層圏及び中間圏における重力波の周波数スペクトルを解析し、ドップラーシフトの影響を検出することを試みた。図1は鉛直風成分の周波数スペクトルについて対数軸上で直線近似した傾きを求め、背景風速度の関数として示したものである。各高度で背景風速が大きくなるとともにスペクトルの傾きが負の大きな値になりモデルによる説明と定性的に一致する。

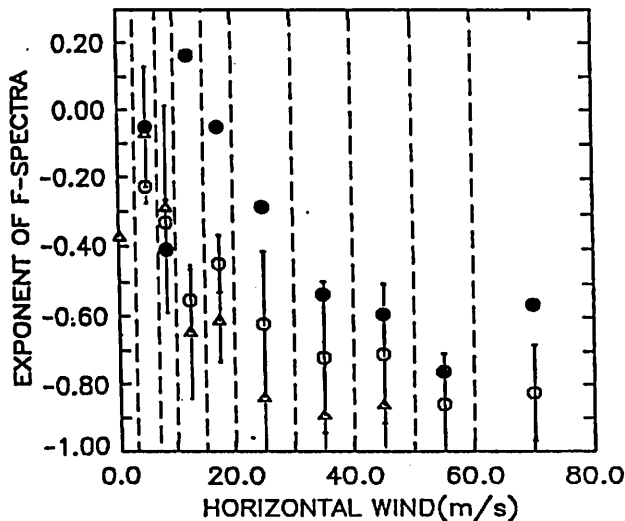


図1: 鉛直風成分の周波数スペクトルを直線近似して求めた傾きと平均背景風の強さの関係。白丸、三角形及び黒丸のシンボルはそれぞれ対流圏、成層圏及び中間圏の結果を示す。また、縦の破線は周波数スペクトルの傾きの平均を行った背景風範囲の境界を表わし、それぞれ0、3、7、10、15、20、30、40、50、60及び80 m/sに対応する。

ホイッスラ発生頻度の短周期及び長周期構造

山本高士, 島倉 信, 早川正士

千葉大工

名大空電研

SHORT AND LONG PERIODS OF WHISTLER'S OCCURRENCE RATE OBSERVED AT HOSHIRI

T.Yanamoto<sup>1</sup>, S.Shimakura<sup>1</sup> and M.Hayakawa<sup>2</sup>

1, Dept. of Electrical Eng., Chiba Univ.

2, Institute of Atmospheric, Nagoya Univ.

Whistler's occurrence rate observed at the ground depends on the number of sources, the transmission properties through the ionosphere and also the condition of magnetospheric path. The methods and results of period analysis of whistler's occurrence rate observed at Hoshiri are discussed. It is clearly found that whistler's occurrence rate is modulated by some periodic phenomena.

ケプストラムは、時系列データのパワースペクトルの対数のフーリエ変換として定義される。パワースペクトルの対数は小さい高調波成分を強調することになり、そのフーリエ変換は時系列データの基本周期を与える。一般に、周期 a と周期 b の時系列の積のケプストラムからは、積のため、それぞれの周期を得ることはできないが、時系列データの対数のケプストラムから周期 a と b を分離して求めることができる。

地上で観測されるホイッスラの受信数の時間変動は、雷の発生頻度  $S(t)$ 、電離層突き抜け効果  $T(t)$  及び磁気圏伝搬路の効果  $P(t)$  の積と考えられる。

Fig.1及びFig.2では、名古屋大学空電研究所母子観測所で観測されたホイッスラの発生頻度を時系列データとし、ケプストラムによって得られたホイッスラ発生頻度の短周期及び長周期構造を示している。

Fig.1より明らかなように、ホイッスラの発生頻度は、60分～120分および180～300分の周期を持つて変動している。特に、90分および250分近傍に鋭いピークが現れる。

Fig.2は、14年間(1970年～1983年)のホイッスラ発生頻度の長周期を示している。周期1日は、地球の自転によるものであるが、2日および4日の鋭いピークはプラネタリ波の周期と符合している。

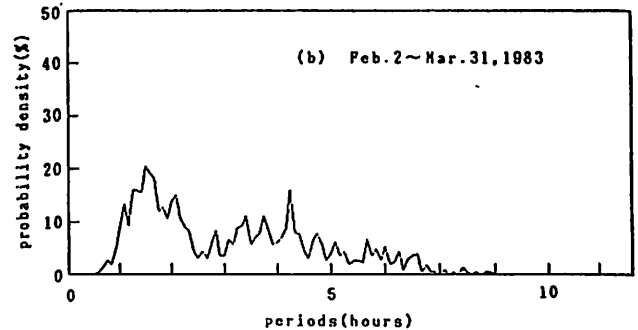
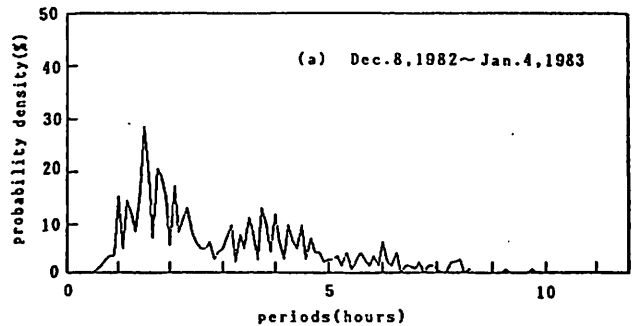


Fig.1 short period of whistler's occurrence rate observed at Hoshiri

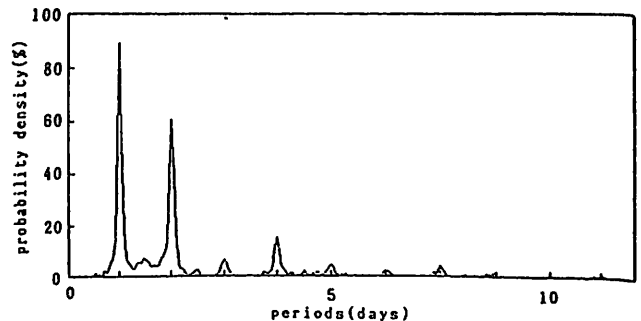


Fig.2 long period of whistler's occurrence rate observed at Hoshiri for January, 1970 to March, 1983

水本政宏・津田敏隆・加藤進・深尾昌一郎  
(京都大学超高層電波研究センター)

A Relation between Specular Reflection Echoes and Refractive Index Gradient  
in the Troposphere and Lower Stratosphere

Masahiro Mizumoto, Toshitaka Tsuda, Susumu Kato, Shoichiro Fukao  
(Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University)

In the troposphere and lower stratosphere, specular (Fresnel) reflection is dominant in the vertical echoes  $P_v$ , which is assumed to be proportional to refractive index gradient squared  $M^2$  and the intensity of refractive index fluctuations with a vertical scale of half of the radar wavelength. On 26~29 November 1986  $P_v$  and  $M^2$  were simultaneously observed in the troposphere and lower stratosphere by using the MU radar and radiosondes, respectively. We have found that a ratio between  $P_v$  and  $M^2$  at altitudes of 5~22.5km is almost constant.

天頂方向では VHF 帯の電波は対流圏・下部成層圏においてフレネル反射されるが、この場合のエコー強度  $P_v$  は屈折率の高度勾配の二乗  $M^2$  と半波長(約 3m) スケールの屈折率の揺らぎのエネルギー密度  $E(2k)$  の積に比例するとされている。本研究では 1986 年 11 月 26 日から 29 日までの 60 時間に 19 回打ち上げられたラジオゾンデによる温度、湿度及び気圧の測定から  $M^2$  を求め、MU レーダで同時観測された  $P_v$  との比  $P_v/M^2$  を求め、図 1 に示した。ここで図中の曲線は 300m 毎に 900m の高度範囲の平均をとったものであり、これらの中央値 (median) をとったものが図 2 の曲線である。 $P_v/M^2$  が高度 5~22.5km でほぼ一定であることが明らかであり、すなわち  $E(2k)$  は高さに関して一様であると考えられる。

約 10km 以上では湿度の影響を無視できるため、 $M$  は大気密度とプラント・パイサラ周波数の二乗  $N^2$  との積に比例するが、大気密度の変動はわずかなため、 $M$  は  $N^2$  に比例すると考えられる。したがって  $P_v$  の高度変動は  $N^4$  つまり大気温度の高度勾配  $dT/dz$  の関数となることから、MU レーダでエコーパワー  $P_v$  を観測することで、大気の変動を求めることができると期待される。

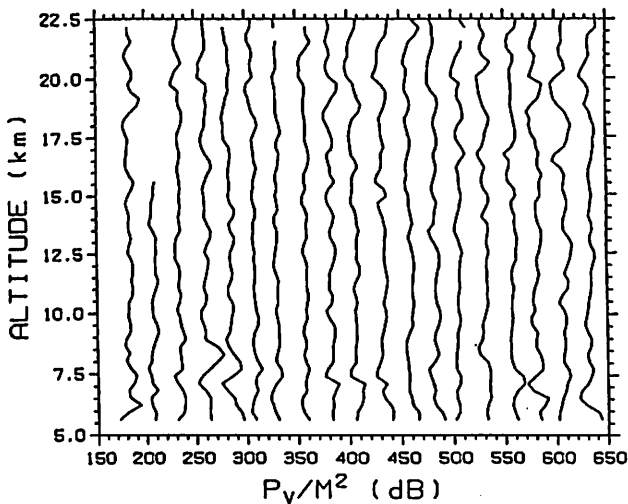


図 1: 1986 年 11 月 26 日から 29 日までに MU レーダで観測したエコーパワー  $P_v$  とラジオゾンデから得られた屈折率の高度勾配の二乗  $M^2$  の比  $P_v/M^2$  (各プロファイルは 25dB ずつずらせてある。)

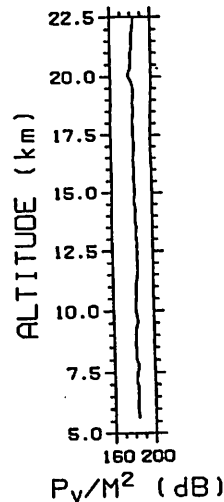


図 2: 図 1 の 19 個のプロファイルから求めたメジアンのプロファイル

Study on Fine Structures of Precipitation using Broadcasting-Satellite Signals and the MU Radar

Toru Sato, Hisato Iwai, Toru Yamada, and Iwane Kimura  
Faculty of Engineering, Kyoto University

We have studied attenuation and fluctuation of the broadcasting-satellite signals on purpose to make its use as a new tool for precipitation measurements. Unlike previous studies which focused on the probability of breakdowns of the satellite links due to rain attenuation, we have closely examined its relation to various parameters of the precipitation. Our measurements of the satellite signals, together with the MU radar observations as references, have revealed a close relation of the fluctuation of the signal strength to the atmospheric turbulence intensity. We have also derived the motion and the correlation distance of rains by means of tri-station measurements.

京都大学MUレーダーは、大気屈折率変動からの散乱波より中層・超高層大気中の風速や大気乱流強度等を推定することを主な目的として建設されたが、降雨時には雨滴からの散乱波をも同時に観測することが可能である。この場合には受信されるドップラースペクトルを解析することにより降雨強度と降雨粒径分布が背景大気の大気量と同時に推定でき、降雨観測の極めて有力な手段となる。しかし、MUレーダーによって観測できる領域はレーダーの上空に限定されるため、得られる情報は鉛直構造と時間変化が中心となる。

これに対して、10GHz以上の衛星電波の降雨減衰は電波の伝搬路上の雨滴の影響を積分したものであるため高度分解能に問題があるが、観測点を選ばない長所がある。特に12GHz帯衛星放送電波の場合は、安価な市販の受信機を利用できるため、多数点の観測が比較的容易に実現でき、降雨の空間構造観測に有力と考えられる。

従来衛星電波の降雨減衰は、通信回線に及ぼす影響を評価することを目的とした統計的な研究に用いられていた。我々はMUレーダーの持つ降雨観測能力をリファレンスとして、衛星放送電波の受信強度から降雨の空間・時間構造を含む詳細な情報を得て、これを降雨観測の独立した手段とすることを目標に研究を行ってきた。現在は信楽MU観測所を含む約2.5km間隔の3地点に受信機を設置し、衛星放送電波強度の連続観測を行っている。

これまでの研究により、平均的な電波の減衰量が主に降雨強度に関係するのに対して、その変動量は特に降雨時に大気の流れの強さと密接な関連を持つことを見いだした。図1は地上で観測される強度と、電波強度の変動量、および大気乱流強度の指標であるMUレーダースペクトル幅を比較した例である。また、図2は3観測点における受信強度変動の相互相関関数の例を示す。最大相関を示す遅延時間から、雨域の移動速度が推定でき、相関値から降雨の水平構造に関する情報が得られる。この図の場合は雨域は北北東に3.5m/sで移動し、約3kmの相関距離を有することが分かる。

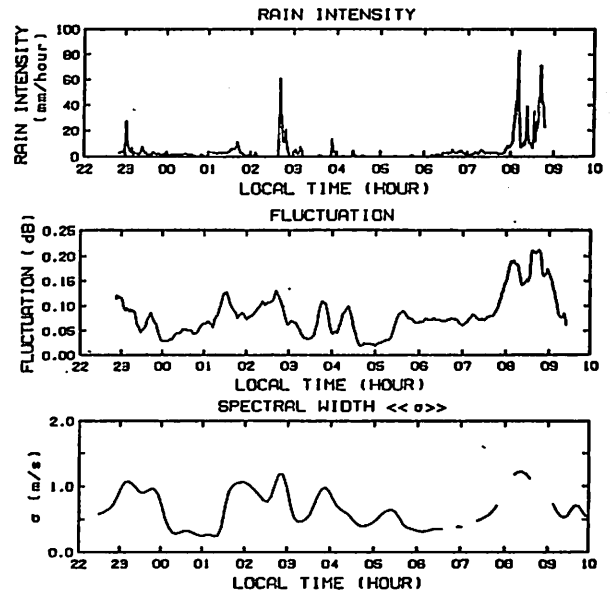


図1: Temporal variations of the rain intensity (top panel), signal fluctuations (middle panel), and the spectral width of the MU radar signal (bottom panel) observed on July 14-15, 1988.

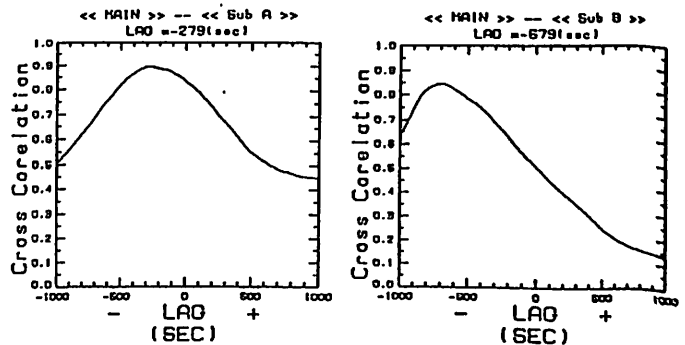


図2: Examples of the cross correlation functions of the signal strengths between the main station and substations.



笹野泰弘、林田佐智子、中根英昭、杉本伸夫、松井一郎、渡 淳  
国立公害研究所

Measurements of the ozone and temperature by the multiple-wavelength laser radar for the troposphere and the stratosphere. (2).

Y. Sasano, S. Hayashida-Amano, H. Nakane, N. Sugimoto, I. Matsui, J. Minato.  
The National Institute for Environmental Studies

Systematic errors in the received signals of the multiple wavelength ozone laser radar were analysed. Consistency in the ozone concentration profiles derived from the two pairs of signals (308nm + 351nm and 308nm + 339nm) means no systematic errors are likely to be present in the profiles. Examples will be presented.

対流圏、成層圏観測用の多波長レーザーレーダーの構成について、昨年の秋季学会で発表した。今回の講演ではその後の観測状況と、観測結果の信頼性を向上させるためにおこなった信号の系統誤差の解析について報告する。

差分吸収方式によってオゾン濃度を導出するには、信号の系統誤差を十分小さくする必要がある。例えば、高度差10kmで1%の信号の系統的歪みがあると $0.4 \times 10^{17}$ 個のオゾンの濃度となり、これは高度40kmでは6.7%の相対誤差となる。高度40km付近のオゾン濃度はフロンによる影響を最も敏感に受ける濃度とされているが、この高度領域のオゾン濃度を数%の誤差で測定するには、系統誤差について慎重な検討が必要である。信号の系統誤差の原因には、光電子増倍管に強い信号が入力された時に生じる signal induced noise や、光軸調整が不十分であることなどが考えられる。このような系統誤差を検証するために以下のような検証を行っている。

① チョッパーのタイミングを変えて信号を比較する  
② 高感度チャンネルと低感度チャンネルの信号を比較する  
③ オゾンの吸収を受けない2波長(339nmと351nm)の信号を比較する  
④ 異なる2波長の組合せ(308nm+339nm, 308nm+351nm)でオゾン濃度を求めて比較する。

これらの検証の結果、系統誤差が非常に小さいと認められた良好なデータから求めたオゾン濃度を図1に示した。異なる2波長の組合せで求めたオゾン濃度プロファイルを重ねて示したが、両者が非常によく一致していることがわかる。しかし、これまでに得たすべての観測結果について必ずしもこの2組のオゾン濃度が一致している訳ではない。現在、ハードウェア、光軸調整法等にさらに改良を進めている。

また、信号の平滑化、オゾン濃度導出法等のデータ解析手法についても検討をすすめ、解析手法の改善をおこなっている。

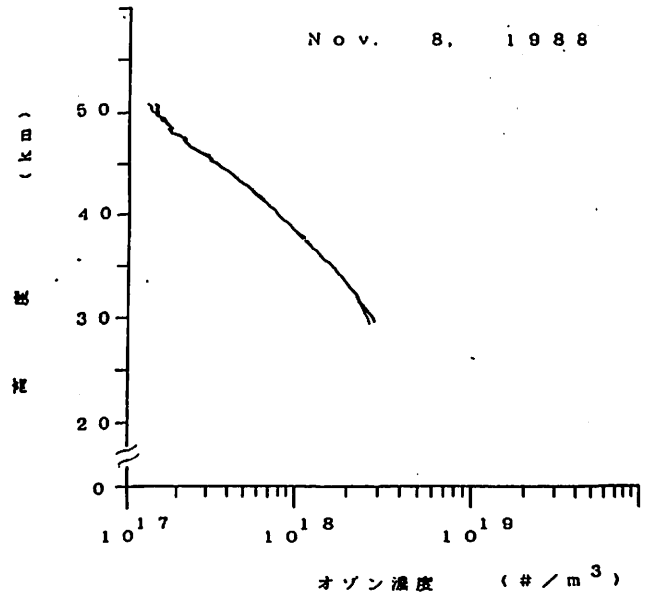


Fig. 1 Ozone concentration profiles deduced from the two pairs of signals, i.e. 308nm+339nm and 308nm+351nm with the 48000 laser shots on November 8, 1988.

Measurements of Atmospheric O<sub>3</sub> and N<sub>2</sub>O  
II - 1<sup>1</sup> with a Tunable Diode Laser Heterodyne Spectrometer:  
1. Instrumentation

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

We have been developing a Tunable Diode Laser Heterodyne Spectrometer (TDLHS) with aiming for remote sounding of stratospheric trace constituents. Recently, altitude profiles of O<sub>3</sub> and N<sub>2</sub>O have been obtained through inversion of solar absorption lines of these molecules measured by the TDLHS with spectral resolution of either 0.0013cm<sup>-1</sup> (40MHz) or 0.0027cm<sup>-1</sup> (80MHz).

Fig. 1 shows (a) an example of a spectrum observed with a single scan of the TDLHS with spectral resolution of 0.0027cm<sup>-1</sup> (80MHz), (b) a spectrum synthesized from model atmosphere and molecular absorption line parameters listed in the HITRAN 1986 data base, and (c) etalon fringes recorded concurrently for wavenumber calibration, all for the spectral range of 1160- 1161cm<sup>-1</sup>. Raw observed spectra are normalized for a change of local oscillator laser power and are calibrated for wavenumber scale using etalon fringes, and then the normalized spectra are co-added in order to improve S/N ratio. About 10 scan data with scan time of 200sec for each scan are co-added to obtain a spectrum with S/N ratio of 300-500 which is sufficient to retrieve an altitude profile of absorbing molecule with inversion calculation.

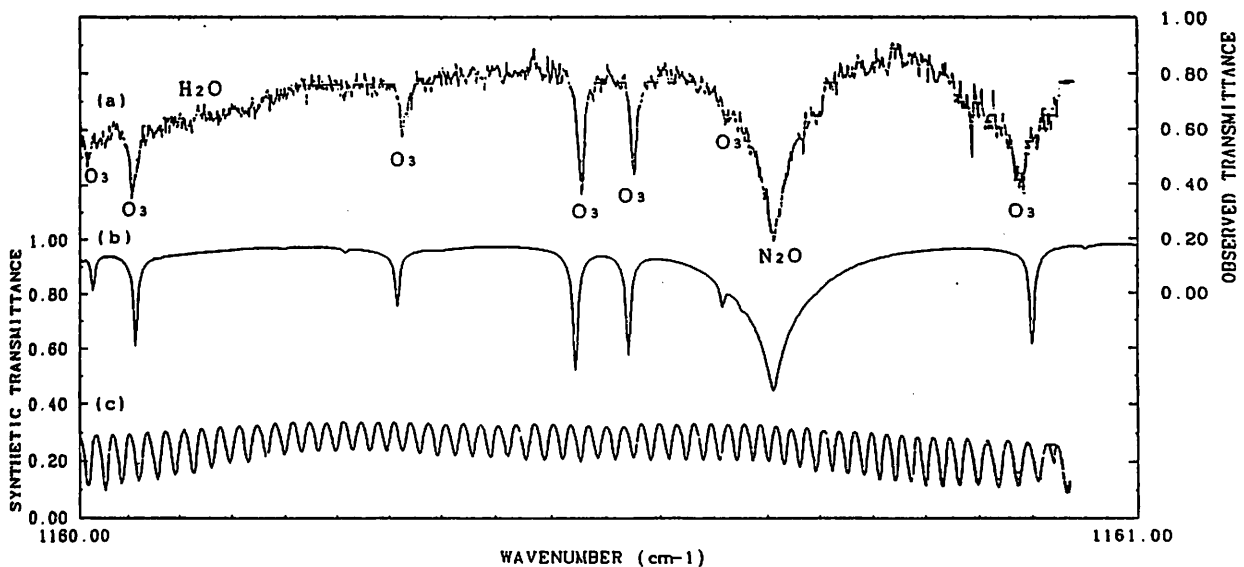


Fig. 1 From top to bottom, (a) an atmospheric absorption spectrum observed with a single scan of the TDLHS, (b) a spectrum synthesized from model atmosphere and molecular absorption line parameters, and (c) concurrently recorded etalon fringes.



Measurements of Atmospheric O<sub>3</sub> and N<sub>2</sub>O  
 II - 12 with a Tunable Diode Laser Heterodyne Spectrometer:  
 2. Retrieved Altitude Profiles

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

Ultrahigh spectral resolution of  $\sim 10^6$  which is required to fully resolve an atmospheric absorption line is attainable with laser heterodyne spectroscopy. Our new results of atmospheric O<sub>3</sub> and N<sub>2</sub>O with a Tunable Diode Laser Heterodyne Spectrometer (TDLHS) will be presented here.

Examples of absorption line profiles of O<sub>3</sub>, centered at 1096.4493cm<sup>-1</sup> and of N<sub>2</sub>O, centered at 1194.0393cm<sup>-1</sup> are shown in Fig. 1 and Fig. 2, respectively. Spectral resolution is 0.0013cm<sup>-1</sup> (40MHz) for the profile in Fig. 1 and 0.0027cm<sup>-1</sup> (80MHz) for the profile in Fig. 2.

Altitude profiles of absorbing molecules have been retrieved from observed absorption spectra through an inverse solution of the radiative transfer equation. Molecular absorption line parameters used in the calculation are those listed in the HITRAN 1986 data base. Solid line in Fig. 3 and Fig. 4 is the altitude profile of volume mixing ratio of O<sub>3</sub> and N<sub>2</sub>O retrieved from the spectrum shown in Fig. 1 and Fig. 2, respectively. The accuracy of the retrieved volume mixing ratio is 2~7% and the vertical resolution is 4~6km, depending on the altitude.

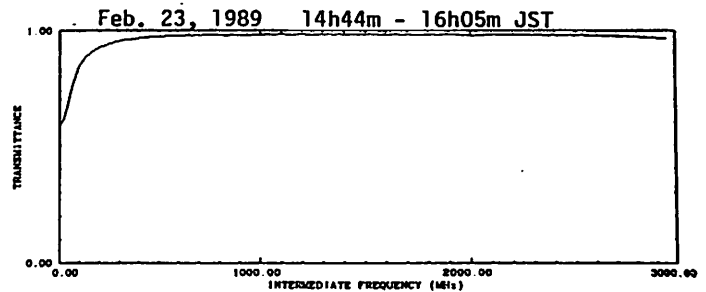


Fig. 1 Spectrum of O<sub>3</sub> absorption

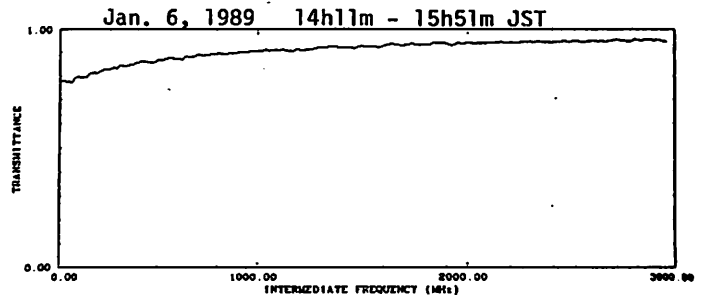


Fig. 2 Spectrum of N<sub>2</sub>O absorption

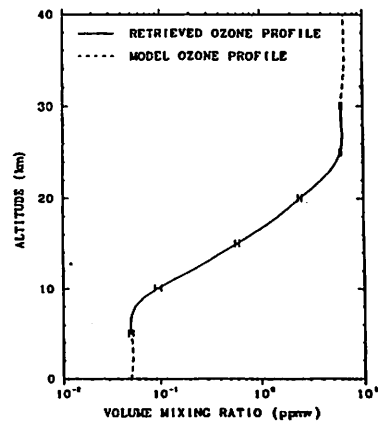


Fig. 3 Mixing ratio profile of O<sub>3</sub>

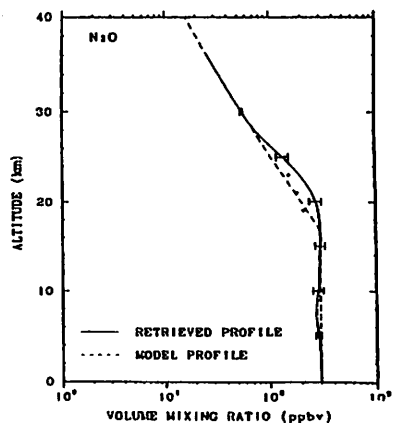


Fig. 4 Mixing ratio profile of N<sub>2</sub>O

Pirre(LCPE)・近藤 豊・岩田 晃・高木増美(名大空電研)

P.Aimédiu,W.A.Matthews(DSIR)

## Diurnal Variation of Nitric Oxide in the Stratosphere

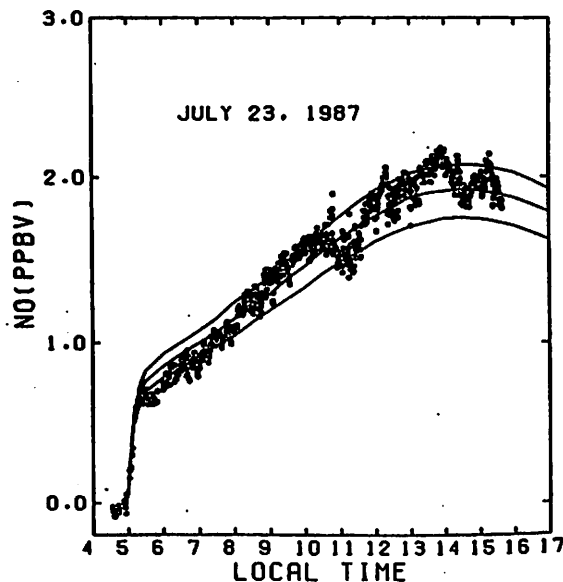
M. Pirre (LCPE), Y. Kondo, A. Iwata (RIA, Nagoya U.), P. Aimédiu (CNRS), W.A. Matthews (DSIR)

A chemiluminescent detector was launched from Uchinoura, Japan ( $31^{\circ}\text{N}$ ) at 0030 JST on July 29, 1987. NO at 26 km was measured from 0020 to 1600 JST. The NO diurnal variation calculated using a time-dependent photochemical model assuming a 14 ppbv total odd nitrogen concentration, constrained by ozone and temperature measured simultaneously with NO, agrees quite well with the observed temporal NO variation. The observed slow increase in NO can quantitatively explained by the photodissociation of  $\text{N}_2\text{O}_5$ . The  $\text{N}_2\text{O}_5$  concentration just prior to sunset at 26 km is estimated to be  $1.9 \pm 0.4$  ppbv. The temporal variation at 40 km was observed on September 17, 1987 in France ( $44^{\circ}\text{N}$ ). A similar analysis has been applied.

高度26 kmにおけるNO測定が1987年7月29日、内の浦より放球された気球上で行われた。この時観測されたNOの日変化の観測値と0次元モデルを用いたシミュレーション結果とを比較した結果、次のようなことが分かった。

- 1) 同時に測定されたオゾンと温度を用い14 ppbvのNO<sub>y</sub>濃度を仮定すると、計算されたNOの時間変化は観測された値とよく一致する。
- 2) 日出後のNOのゆっくりとした増加は定量的にN<sub>2</sub>O<sub>5</sub>の光分解で説明できる。
- 3) 日出直前のN<sub>2</sub>O<sub>5</sub>濃度は1.9 ppbvと推定される。

一方、高度40 kmでのNOの日変化を1987年9月17日にフランス( $44^{\circ}\text{N}$ )で測定した。この観測結果についても同様の解析を行った。



# II-14 大気OHの地上観測

村田 功、 岩上 直幹、 小川 利紘  
東大理

Ground based spectroscopic measurement of the atmospheric OH

Isao Murata, Naomoto Iwagami, and Toshihiro Ogawa  
Geophysics Research Laboratory, University of Tokyo

The vertical column abundance of atmospheric OH was observed from the solar spectrum near 3080Å. The observations were made by using a 50cm telescope and a 1.5m double pass monochromator at Hongo, Tokyo. OH columns of an order of  $10^{13}/\text{cm}^2$  have been found, which are consistent with previous results.

OH基は、成層圏微量成分のなかでも最も重要なもののひとつである。例えば、上部成層圏においては、OHはO<sub>3</sub>を破壊する主な反応を形成する。しかし、観測例は少なく、Anderson(1976)やHeaps & McGee(1985)による成層圏でのin situ観測など数例があるのみである。

## 観測方法

観測方法は、Burnett(1981)とほぼ同じく3080Å付近における吸光分光法であり、装置は東大本郷キャンパス内に設置された50cm集光鏡+1.5mダブルパス回折格子型分光計を中心としたシステムを用いている。

地球大気OHによる吸収量を測定するためには、近接する太陽大気OHによる吸収線から分離しなければならない。ここでは太陽の自転を利用してこれを分離している。すなわち、太陽の西側からくる光と東側からくる光とを観測すれば、太陽の自転によるドップラー効果によって太陽大気OHによる吸収線の波長のみがずれるのである。

## 結果

現在のところまだ予備観測であるが、太陽の東西両側で観測したスペクトルを比較した例を図1に示す。

グラフの下側は、西側と東側のスペクトルの比をとり平均が1.0になるように規格化したものであるが、3080Åにある太陽OH吸

収線からそれぞれ±15mÅの点を中心とした凹凸が見える。これが地球大気OHの吸収線に対応したものである。観測に用いているP<sub>1</sub>(1)ラインは線強度が250°Kで  $6.4 \times 10^{-17}\text{cm}^2$  であり、装置の分解能が $\Delta\lambda \sim 0.01\text{Å}$ であるから、この吸収よりOHの垂直コラムを求めると $10^{13}/\text{cm}^2$ 程度となる。これは、これまでの観測やモデルから得られた値と同程度である。

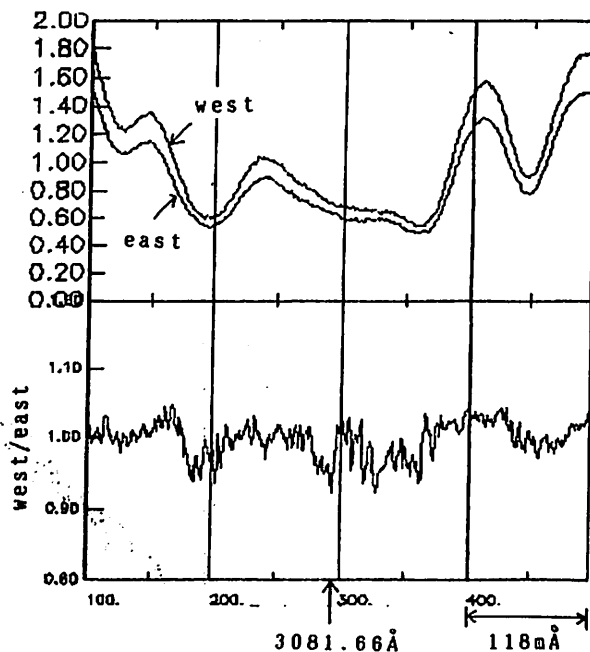


Fig.1. Upper panel; Solar spectrum near 3080Å. west: spectrum emitted from westside of solar disk. east: spectrum emitted from eastside of solar disk. Lower panel; The ratio of west to east

近藤 豊・岩坂泰信・岩田 晃・小口 高 (名大空電研)

P. Aimeidieu (CNRS), W. A. Matthews, P. V. Johnston (DSIR), Williams (U. Denver)

## International Arctic Ozone Campaign

Y. Kondo, Y. Iwasaka, A. Iwata, T. Oguti (Nagoya U.), P. Aimeidieu (CNRS), W. A. Matthews, P. V. Johnston (DSIR)

In order to investigate physical and chemical processes in the cold stratosphere, we carried out a balloon campaign at ESRANGE in Kiruna in cooperation with Sweden, France, USA, New Zealand, and West Germany from January to February, 1989. We also made ground based optical measurements of  $\text{NO}_2$  and ozone. We observed that ozone above 20 km was significantly perturbed. At the same time nitrogen dioxide was found to be very low. PSCs were seen from the ground. They were also detected on board the balloon.

## 1. 序

高緯度地方では極夜の冷却された成層圏中で成層圏雲が発生する。その表面上でもともとフロンなどの塩素化合物に含まれていた活性な塩素が生成される。一方窒素酸化物 ( $\text{NO}_x$ ) はこの粒子に吸着される。太陽が出始める春先、活性な塩素ガスがオゾンと急速に反応をし、オゾンを破壊することが南極オゾンホールの原因と考えられている。これと同じような事態が北極圏でも起こる可能性が強い。現在までの所、北極成層圏中の化学過程の情報は極めて少ないため、ここに焦点をあてた観測キャンペーンを89年1月～2月に実施した。

## 2. 観測

キルナ ( $68^\circ \text{N}$ ,  $20^\circ \text{E}$ ) で2つの大型気球を1989年1月に放球し、次の項目を測定した。

ゴンドラA (89年1月23日)

$\text{NO}_y$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{O}_3$ , PSC,

ゴンドラB (89年1月30日)

$\text{HNO}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{O}_3$ , Aerosol, PSC, CN

また、1月12日より連続して、 $\text{NO}_2$ ,  $\text{O}_3$  の成層圏の全量を地上分光器システムにより測定した。

## 3. 観測結果のまとめ

- a)  $-80^\circ \text{C}$  を越えると低温領域が存在する。
- b) PSC がしばしば目視で観察できた。また、気球上で PSC が観測された。
- c)  $\text{NO}_2$  濃度が南極オゾンホール中で見られる程度にまで下がることがある。
- d)  $\text{O}_3$  と  $\text{NO}_2$  の対応は比較的良好い。
- e) オゾンが 20 km より上で破壊されている兆候がみられる。

これらを総合すれば気象条件によって北極においてもオゾンの破壊が起きる可能性がある (あるいは一部既に起こっている) と言える。

1989年のキャンペーンの実験費用の一部は、スカンジナビア・ニッポンササカワ財団から助成を頂いています。

# 北極の冬の成層圏のエアロゾルの形態観察

- PSC 粒子の化学組成とオゾンホール -

岩坂泰信、大和政彦、古賀聖治、林政彦、小野晃 (名大水圏研) ; 近藤豊、金田昌康、  
鳥山哲司 (名大空電研) ; 小口高 (東大地物研) ; 近藤幸治 (高層気象台) ;  
P. Aimeidieu (CNRS); W. A. Mathews (DSIR)

## *Electron microscope observation of the aerosols sampled in the Arctic stratosphere - Chemical composition of PSC and Ozone Hole*

Y. Iwasaka, M. Yamato, S. Koga, and A. Ono  
Water Research Institute, Nagoya University  
Y. Kondo, A. Kanada, T. Toriyama  
Reserch Institute of Atmospherics, Nagoya University  
T. Oguti  
Laboratory of Geophysical Research, Tokyo University  
P. Aimeidieu  
CNRS  
and, W. A. Mathews  
DSIR

Electron microscope measurement on individual particles which was sampled in the Arctic stratosphere where PSCs event was observed. The observation suggested that there were the particles containing  $\text{NO}_3^-$  in the upper layer of the aerosol layer.

はじめに： オゾンホールの形成に、南極の冬期成層圏にしばしば出現する「成層圏雲 (PSCs と略す)」が大きな役割を果たしているらしい。この雲のどの様な点が、オゾンホール形成に寄与しているかについてはいくつかの可能性が指摘されているが、何分にも観測が限られており、それ等の仮説が充分に実証されたとは言いがたい。PSC 粒子の化学組成に関する仮説も、未だ充分には実証されていない課題である。1989年の1月、フランスのCNRSが中心になって、北極成層圏でオゾンホールの調査を目的とした気球観測が実施された。

この気球観測では、多岐にわたる観測が実施されたが、ここでは、PSC 粒子の直接採集とその粒子の形態観測に関して、中間的な報告を行なう。

### 採集方法について

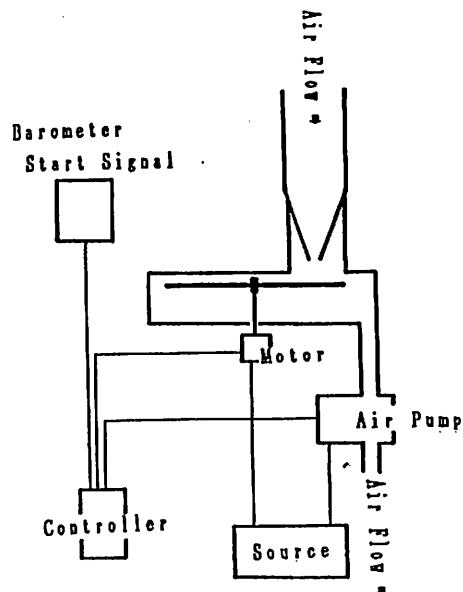
粒子の採集は、インパクターによって行ない (図1に概略を示す)、500mb から6分間のインターバルで16回の採集がおこなわれた。採集用に使った電子顕微鏡用のグリッドの膜面は、炭素、ニトロン、及びカルシウムである。炭素膜は形態観察とX線分析用、ニトロン膜は  $\text{NO}_3^-$  検出用、カルシウム膜は  $\text{SO}_4^{2-}$  検出用に用いられた。

### 採集と観測

気球は、スエーデンのキルナから放球され約2時間40分後に最高高度の6.65mb に達している (図2)。同時に行なわれたワイウミング大学のエアロゾルゾンデによる粒径分布関数の観測から、およそ

23 km から27 km の間で弱いPSCs らしいものが検出されていることが示唆されている。粒子の電子顕微鏡観察では、硫酸イオン粒子が検出された層と硝酸イオン粒子が検出された層があり、それぞれ、ワイウミング大学のグループが観測した傾向とよく対応が取れているように思われる。

観測装置の詳細及び観測結果の詳しい吟味は会場にて報告する。なお、この観測にあたっては、日井工業研究所から技術面での援助をいただいた。また、研究費を日産科学振興財団より援助していただいている。心より感謝します。



エアロゾルサンプリング装置の概略

# II-17 極域成層圏雲内で生成される重力沈降性粒子による硝酸の輸送

岩坂泰信、林 政彦  
名古屋大学・水圏科学研究所

## NITRIC ACID TRANSPORT BY SEDIMENTARY PARTICLES FORMED IN POLAR STRATOSPHERIC CLOUDS

Y. Iwasaka, M. Hayashi  
Water Research Institute, Nagoya University

Rapid particle growth in PSCs event can form the particles which are large enough to sediment actively. Numerical model calculation suggested that the particles having micron-10 microns particles were formed in the Antarctic winter stratosphere, and the particle sedimentational motion affected on Ozone-Hole chemistry and global budget of nitric acid.

重力沈降性粒子は、大気に相対的な運動を行うことにより大気との相互作用（凝縮・蒸発、化学反応etc.）の状態を変化させながら粒子上の物質を下方へ輸送する。このことは、沈降性粒子が大気中の物質輸送や化学反応に寄与する可能性があることを示している。

近年、冬の極域成層圏で硝酸を主成分とするエアロゾル・雲（いわゆるPSCs）の生成の可能性が指摘されている。図1から、昭和基地上空の成層圏においても、硝酸蒸気の凝結が可能な領域が、広く、長期にわたって分布していることがわかる。また、極域成層圏の硝酸濃度は高いため、PSCsは重力沈降を無視できない粒径まで成長する可能性があり、成層圏の硝酸の輸送や大気化学（ex.オゾンホール）において非常に興味をもたれる。そこで、数値モデルを用いて、沈降性粒子による硝酸の輸送について検討した。

モデルは、単一粒子の、鉛直一次元の重力沈降運動に伴う、凝縮成長を記述するもので、凝縮成長速度は定常拡散輸送によるフラックス、沈降速度は、cunninghamの補正項を乗じたstokesの抵抗による終端速度によって与えられる。

凝縮成分は、硝酸-水の二成分、初期半径  $0.5 \mu\text{m}$ 、初期高度 22, 20, 18, 16, 14km とし、圏界面（高度 10km と仮定）までの沈降実験を行った。結果を図 2, 3 に示す。

高々度におかれた粒子ほど粒子成長が大きいいため、16km以上の高度におかれた粒子はいずれも5日程度で圏界面付近まで達している。上層で凝縮した硝酸は成層圏下層で蒸発しており、硝酸蒸気の下方への輸送が行われること、高々度の粒子は、対流圏にまで硝酸を輸送することがわかる。

従って、極域成層圏雲内で生成される重力沈降性粒子が、成層圏の硝酸の重要な輸送機構になっている可能性があると考えられる。

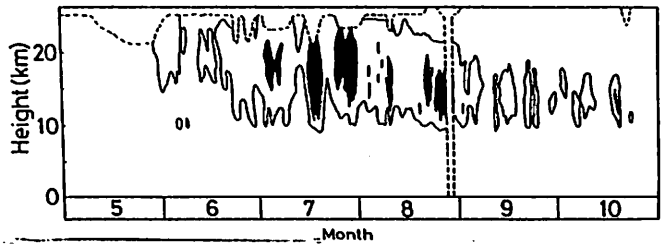


図1 昭和基地上空の水・硝酸三水和物の凝結が可能な領域の高度-時間断面  
（水；黒ベタ，硝酸三水和物；実線内）  
気温：1986年の昭和基地の定常気象観測  
水蒸気量：成層圏 5 ppmv  
対流圏 相対湿度 35% を仮定

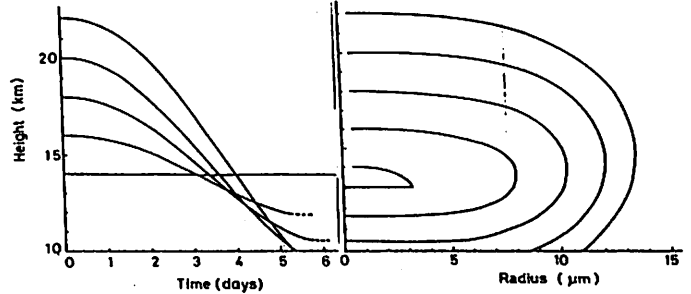


図2 硝酸三水和物粒子の高度の時間変化(a) 及び、高度-粒子半径の関係(b)

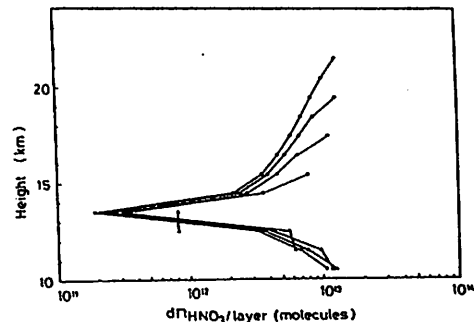


図3 粒子-大気層（厚さ 1 km）間の硝酸の収支（・：凝結，△：蒸発）

## II-18 クライオサンプリング法による 成層圏大気微量成分の研究

伊藤高造<sup>1</sup>・本田秀之<sup>1</sup>・酒井均<sup>2</sup>・堤真<sup>2</sup>・蒲生俊敬<sup>2</sup>・中澤高清<sup>3</sup>・橋田元<sup>3</sup>・富永健<sup>4</sup>・巻出義紘<sup>4</sup>・八巻竜太郎<sup>4</sup>

1. 宇宙研      2. 東大 海洋研      3. 東北大理      4. 東大理

### STRATOSPHERIC MINOR CONSTITUENTS STUDIES USING CRYOGENIC SAMPLING SYSTEM

T. Itoh<sup>1</sup>, H. Honda<sup>1</sup>, H. Sakai<sup>2</sup>, M. Tsutsumi<sup>2</sup>, T. Gamo<sup>2</sup>, T. Nakazawa<sup>3</sup>, G. Hashida<sup>3</sup>,  
K. Tominaga<sup>4</sup>, Y. Makide<sup>4</sup>, and R. Yamaki<sup>4</sup>

1. The Institute of Space and Astronautical Science    2. Ocean Research Institute, Univ. of Tokyo.  
3. Upper Atmosphere and Space Research Laboratory, Tohoku Univ.    4. Faculty of Science, Univ. of Tokyo

Stratospheric air samples are collected by a newly developed balloon-borne cryogenic sampler. Minor constituents in them are analyzed and profiles of  $\text{CCl}_2\text{FCClF}_2$ ,  $\text{CCl}_4$  and  $\text{CH}_3\text{CCl}_3$  are obtained for the first time utilizing improved sample cylinder treatments.  $\text{CCl}_3\text{F}$ ,  $\text{CCl}_2\text{F}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$ , and isotope ratios of  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  and  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$  in  $\text{CO}_2$  are also measured. It has been found that  $\text{CCl}_2\text{FCClF}_2$ , whose production rate is very high in Japan, has already been injected into the stratosphere. Through the analysis of the  $\text{CO}_2$  profiles of these four years, a sign of dynamic air transfer in the lower stratosphere has been found.

**1. はじめに** クライオサンプリング装置を使って採取した成層圏大気試料に含まれる、種々の微量成分の分析を行った。今回は試料容器の内面処理の改善により、従来は観測できなかったハロカーボンも分析できた。また  $\text{CO}_2$  の分析から、成層圏下部での大気移送についての知見が得られる見通しがついた。ハロカーボンやメタンは  $\text{CO}_2$  と同様温室効果の原因物質であり、今後も長期的観点から監視をしていかなければならないものである。

**2. 採取装置** 試料採取装置は、今回新規に設計・製作した。改良点は、試料容器の数を12本に増やす、採取量は151STP以上にする、容器の内面処理を変更する、LHeの取り扱いを容易にする等である。試料採取装置は、1988年5月21日宇宙科学研究所三陸大気球実験場から放球された。装置は1000φ×1700H、総重量は260kgである。

**3. 分析結果** ハロカーボン関係は図1に、 $\text{CO}_2$  は図2に示す。 $\text{CCl}_2\text{FCClF}_2$  (F113)は、近年国内で特に使用が急増しつつある物質(年率約20%)であり、それが既に成層圏に達していることが判明した。またこれとF11・F12との成層圏における紫外線に対する反応断面積の違いがきれいにでている。これらの物質に対する早急な放出規制が必要であろう。一方  $\text{CO}_2$  の分析によると、成層圏下部の年平均増加率と日本上空の対流圏上部で行われた航空機観測による値とは大幅に異なっており、これは1987年にエルニーニョが、その後ラニーニャが発生したため対流圏での濃度が非定常的に増加したこと、赤道付近の強い上昇流による対流圏大気の成層圏への輸送効率が常に一定でないこと、成層圏に注入された対流圏大気が極に向かって一様に輸送されていないことなどを反映しているものと考えられる。

その他、上記以外のハロカーボン、メタンや  $\text{CO}_2$  に含まれる炭素と酸素の同位体比も調べた。

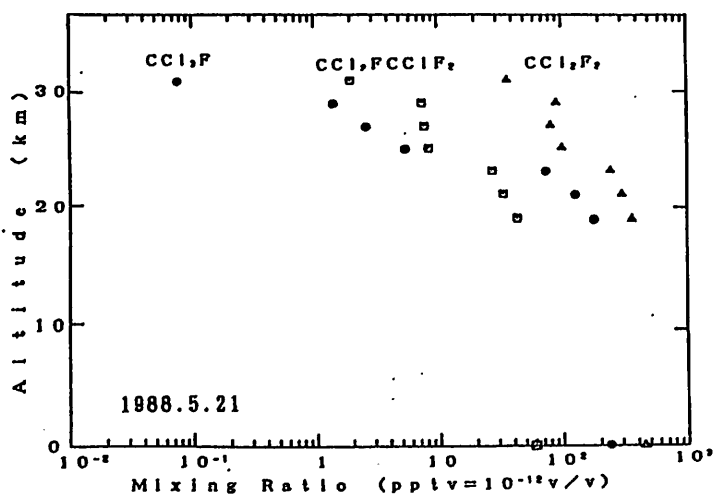


図1. ハロカーボンの鉛直分布

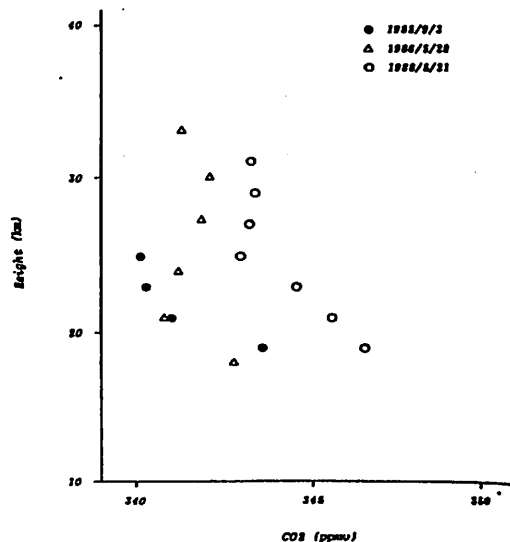


図2.  $\text{CO}_2$  濃度の鉛直分布

山本博聖、安孫子文昭、内藤一郎、関口宏之、牧野忠男  
立教大・理

Development of a high sensitive rocket-borne near infrared radiometer

H. Yamamoto, F. Abiko, I. Naito, H. Sekiguchi and T. Makino  
Dept. of Physics, Rikkyo Univ.

A rocket-borne near infrared radiometer of which sensor is a Ge (LN<sub>2</sub> cooled) has been developed. Some results on a laboratory model of the detector instrument have been obtained. The Ge sensor is kept cold at about 80K for more than 7 hours after a LN<sub>2</sub> supply into a dewar. A detectivity(D\*) of the sensor, which depends on a chopping frequency, is about 10-100 times greater than that of a PbS (TE cooled) sensor.

液体窒素で冷却したGe素子を光センサーとするロケット搭載型近赤外放射計の開発を進めている。実験室テスト用の光検出器を図1に示す。真空容器内部に容量約250ccの液体窒素タンクが上下4本ずつのGFRPで支えられる形で納められている。この光検出器を用いて種々のテストを実施した。結果の概要は以下の通りである。

1) 低温保持時間

封じ切り直後は約7.5時間('88.11)、G・Vテスト直前は約4時間('88.2末)と脱ガスによる真空度低下のための熱流入増加で減少しているがいずれも、フライトスケジュールを円滑に進めるために必要とする3時間をクリアしている。

2) 光検出器感度

チョッピング周波数に対する検出効率(D\*)を図2に示す。従来用いてきているPbS素子の最も高いD\*値が1.27μm, 167Hzで2.5×10<sup>11</sup>であることと比べて極めて感度が良い。

3) スピンの影響、G・Vテスト

スピン周波数1, 2, 3Hzで光検出器を回転させたときのノイズ変化を測定した(図3)。また、G・Vテストともクリアしたが、Vテスト後ノイズが約2倍にふえていた。

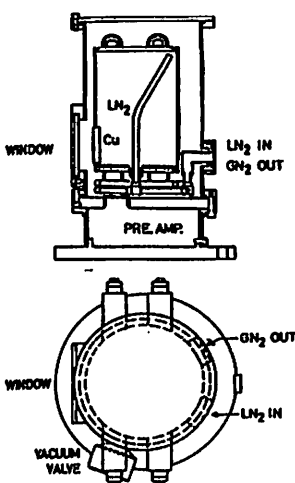


Fig. 1

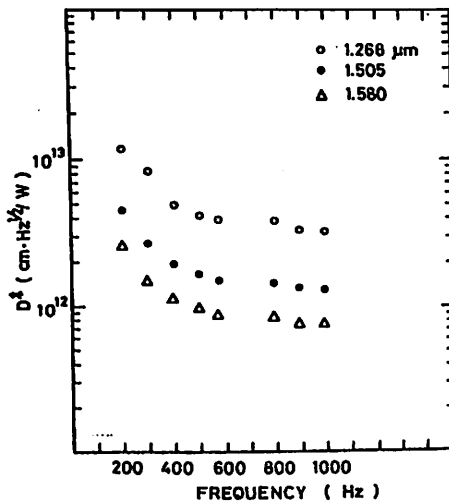


Fig. 2

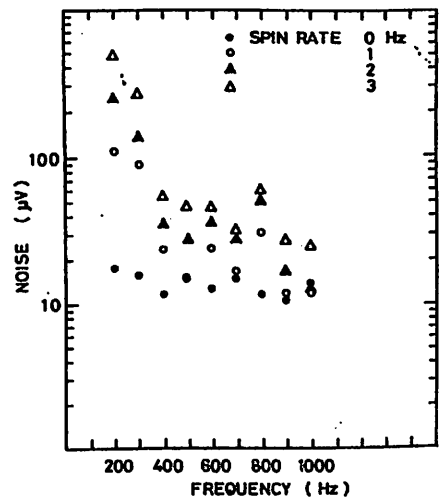


Fig. 3



II-20 OI 6300 Å 大気光薄明前増光の ROCKET 観測

嵯地 厚\*・宮下 曉彦\*・田鍋 浩義\*・奥田 光直\*\*  
 \* 国立天文台      \*\* 弘前大教育

ROCKET OBSERVATION OF PREDAWN ENHANCEMENT OF OI 6300 Å AIRGLOW

A. Takechi\*, A. Miyashita\*, H. Tanabe\* and M. Okuda\*\*

\* National Astronomical Observatory    \*\* Hirosaki Univ.

Rocket observation of predawn enhancement in OI 6300 Å airglow is analysed. The solar zenith angle on the geomagnetic conjugate oval of observed oval changes between 94.6 and 96.6 and corresponding change in intensity of enhancement is observed to be about 6.5 Rayleigh. This is good accordance with ground observation.

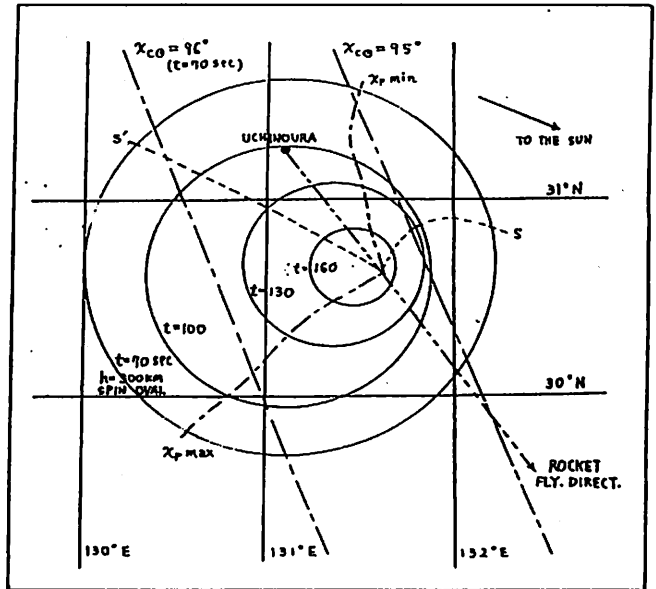
K-9M-76 搭載測光器による OI 6300 Å 大気光の薄明前増光現象の観測と解析については、先に宇宙観測シンポジウム等で報告した<sup>(1)</sup>。これは測光器が発光戸のほぼ同じ領域を観測した時のデータを用いたものであるが、今回は、スピンによる OVAL の観測領域と地磁気共役な OVAL 上での太陽天頂角変化に伴う強度変化を解析した結果を報告する。

ロケット搭載測光器はスピン coning の為発光戸を OVAL 状に掃査観測したが、図は発光戸を 300 km と假定した場合の掃査 OVAL を示し最大の OVAL は打上げ後 70 sec のものである。この時刻には、OVAL 上の地英の緯度経度では天文薄明前である。地磁気共役 OVAL 上での太陽天頂角は大概 94.6° ~ 96.6° の間で変化するが、これに伴う大気光強度変化は、天頂換算で約 6.5 Rayleigh であった。地磁気共役 OVAL 上の最大及び最小天頂角の地英の Local Time の差は 9 分弱であり、地上観測による観測結果<sup>(2)</sup>ともよく一致している。

REFERENCES

(1) 嵯地、宮下、田鍋、奥田 K-9M-76 号機による大気光赤線観測の結果：宇宙観測シンポジウム、昭和 59 年度

(2) 奥田、田鍋、嵯地、宮下 OI 6300 Å 大気光薄明前増光のロケット (K-9M-76) との地上同時観測：宇宙観測シンポジウム、昭和 58 年度



Rocket trajectory and observation oval of 300 km level. Lines s and s' are locus of sun- and antisunward point on the oval.

WAVY MOTIONS OF THE NEUTRAL SHEET  
 PROPAGATING IN THE DAWN-DUSK DIRECTION

A.Nishida and T.Nakagawa

Institute of Space and Astronautical Science

Magnetic field in the neutral sheet of the magnetotail sometimes has the southward polarity. When the southward field is accompanied by tailward streaming of the plasma, it can be interpreted as a signature of magnetic loops that are formed by reconnection of magnetic field lines. However, this interpretation may not apply to all cases of the southward field events observed in the neutral sheet. Magnetic field in the neutral sheet sometimes has systematic occurrence of north-south polarities, which can be understood by wavy motion of the neutral sheet that propagates in the dawn-dusk direction in the presence of the dawn-dusk component of the magnetic field.

Figure 1 shows a series of neutral sheet crossing events observed by IMP 6 at about  $20 R_E$  tailward from the earth. When IMP6 passed the neutral sheet from the northern side to the southern side, northward field was observed (A, B, C and D), but when the spacecraft was passing through the neutral sheet in the opposite direction, southward field was observed (a, b and c). Such polarity variations are unexpected in two-dimensional models of the neutral sheet. To explain the polarity variations, we introduce  $y$  (dawn-dusk) component of the magnetic field and wavy motion of the neutral sheet (Figure 2). If the neutral sheet is deformed into a wave-like shape in the  $y$ - $z$  plane, the magnetic field vectors would be inclined northward or southward according to their locations. When the wave propagate in the  $y$  direction, spacecraft near the neutral sheet would experience periodic crossings of the neutral sheet, at which the magnetic field would be oriented either northward or southward, alternately. The direction of the wave propagation in this event was found to be from dawn to dusk.

71/11/16/22

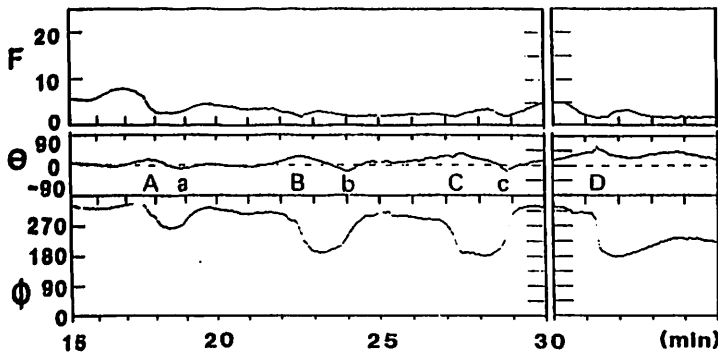


Figure 1. The magnitude  $F$ , polar angle  $\theta$  and azimuthal angle  $\phi$  of the magnetic field obtained by IMP 6 on November 11, 1971 when IMP6 was at about  $20 R_E$  tailward from the earth. Neutral sheet crossings are clearly identified with changes in  $\phi$ .

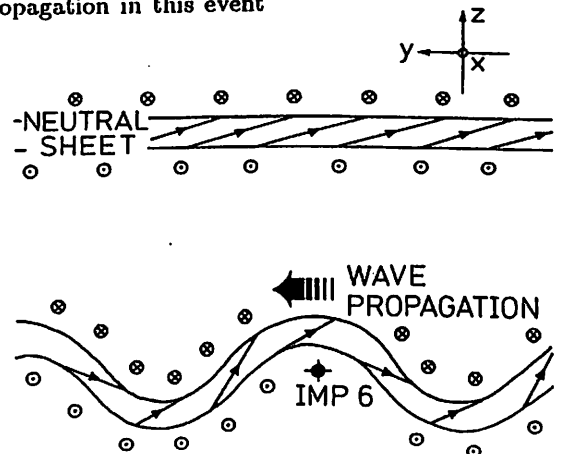


Figure 2. Wavy motion of the neutral sheet that originally has dawn-dusk component of the magnetic field.

*M. Fujimoto and A. Nishida*  
*Institute of Space and Astronautical Science*

To explain the prevalence and the dumbbell type pitch angle distribution of the energetic electrons in the middle- outer magnetospheres of Jupiter and Saturn, which was unexpected from the conventional theory, the recirculation model has been proposed. This model incorporates two diffusion processes, the trans L diffusion at low altitudes and the strong pitch angle diffusion in the outer magnetosphere, with the conventional radial diffusion and the pitch angle diffusion in the inner magnetosphere. The low altitude trans L diffusion serve to bring the electrons having high energies in the inner magnetosphere outwards without serious loss of energy. Since this process is experienced only by the low altitude mirroring electrons, the pitch angle distribution in the middle magnetosphere expected be the dumbbell type. We have shown by the Monte Carlo simulation that, this feature, together with the energetic population in the outer magnetosphere, can be produced by this model.

Here we study if such a process is operating also in the terrestrial magnetosphere. A few days after the injection of energetic electrons with the pan-cake pitch angle distribution in the outer magnetosphere, their distribution is sometimes observed to develop into the dumbbell type at higher energy while that at lower energy remains the pan-cake type. Simultaneously, higher energy population is seen to enhance in contrast to that at the lower, which is seen to decrease due to losses into the atmosphere or out to the interplanetary space. These features are in favor of the recirculation scenario. We perform the Monte Carlo calculation with the impulsive injection and no strong pitch angle scattering in the outer magnetosphere to simulate the terrestrial case and test the model quantitatively.

南 繁行 今中 博文 牟田 智明 竹屋 芳夫 H. R a h m a n  
 大阪市大 工 中部大 工 IGPP, UCR

Recent Progress of Our Laboratory Simulation of the Magnetosphere

S. Hinami, H. Imanaka, T. Muta, and Y. Takeya H. Rahman  
 Osaka City University Chubu University IGPP, UCR

Recent progress of our laboratory simulation of the magnetosphere is reported. (1) The mechanism of plasma illumination in the simulated magnetosphere. (2) A MHD scaling for a proper similitude of the magnetospheric phenomena. (3) Configuration of the magnetosphere with IMF, Bz.

我々は実験室において高速プラズマ銃と磁気ダイポールを用いて磁気圏のシミュレーションを行ってきた(例えば Hinami & Takeya, 1985)。ここでは最近の研究成果について述べる。

(1) 実験室で作られたモデル磁気圏の発生機構

プラズマ銃と磁気ダイポールの Collision free な相互作用で作られるモデル磁気圏の構造をその発光をもとにして議論する際どのような機構で発光が起きるのかを検討する必要がある。フロントにおいてプラズマ流が磁場によりせき止められる時、プラズマ流は電荷分離する。このとき発生する電場 E は、ほぼプラズマ流のもつエネルギー  $m v^2$  に相当する。我々の実験では He, Ar を使っているが流速  $\sim 60 \text{ km/s}$  を用いると E は数 10 V を越える。この電場がその付近に存在する中性ガスを電離し熱的プラズマとなり、今度はその点の磁力線にとらえられながら発光する。発光する中性ガスの一部は残留ガスであるが、残りはプラズマ銃で注入され、プラズマ流により電荷交換された中性ガスである。

(2) MHD スケーリングについて

室内実験においてつくられたモデル磁気圏のシミュレーションに対するスケージングの適切さはこのような実験が始められた 1960 年代より問題になってきた事の一つであった。これまでのすべてのスケージングは実験室と宇宙との寸法及び速度の比から念での換算するいわゆる次元解析による方法で行われてきた。この考え方によると例えばプラズマ密度  $\rho$  や磁場 B は途方もなく大きい値が実験室では要求されることになる。我々は以下のような MHD 的スケージングを提出する。損失のある媒質中の MHD 方程式(連続の式、運動量保存則、誘導の式)は次の無次元パラメータを導入することにより正規化して表わることがわかった。

$$\rho_0 = \frac{4\pi\rho_0 v_0^2}{B_0^2} \quad (\text{ダイナミックベータ}) \quad (1)$$

$$\beta_0 = \frac{4\pi P_0}{B_0^2} \quad (\text{プラズマベータ}) \quad (2)$$

$$R_m = \frac{4\pi\sigma v_0 \rho_0}{\Omega} \quad (\text{磁気レイノルズ数}) \quad (3)$$

ここで  $v_0$ ,  $B_0$ ,  $\rho_0$ ,  $P_0 = \rho_0 K T$  はそれぞれ

れプラズマ流の速度、磁場、プラズマ密度、プラズマ圧力である。また境界条件として、太陽風プラズマを持つ磁場に対し次の無次元量を不変にすることが必要である。

$$M_d = \frac{a}{B_0 R^2} \quad (4)$$

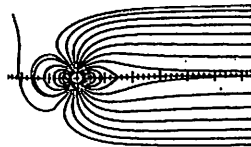
ここで a はダイポールのモーメント、 $x_0$  は特性長(磁気圏サイズ約 10RE)である。すなわち(1)から(4)の量と同じであればプラズマは同じ振舞いをすることを意味する。

(3)  $B_x$  のもとでの磁気圏の磁力線の構造

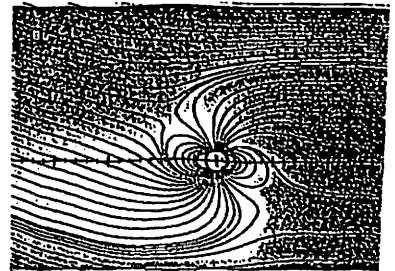
$B_x$  のもとでの磁気圏内の磁力線が何如になっているかをしらべた。HEAD (1964, 1974) による衛星データの球面数展開式および電流シートを用いた展開式(LUHMANN AND FRIESEN, 1979)に  $B_x$  を印加し、磁力線の概略を描いた。この場合  $B_x$  は線形に加算しただけであるから実際の磁力線を正しく表現しているわけではないが、その概念的なイメージを得ることができる。第1図に LUHMANN & FRIESEN, (1979) をもとにして  $B_x = 20 \text{ nT}$  を加えた時の非対称な尾部を持つ磁気圏を示す。

(4)  $B_x$  のもとでのモデル磁気圏

第2図に IMF,  $B_x$  印可時の子午線上のモデル磁気圏を写真撮影したものの一例を予想される磁力線とともに示す。



第1図



第2図

$B_x$ 印加時の代表的な発光の様子と子午面上のモデル磁力線の概略

## II-24 磁気圏尾部外部境界の空間分布

大谷 晋一 ・ 國分 征 (東大・理)

### THE SPATIAL DISTRIBUTION OF THE TAIL MAGNETOPAUSE

S. Ohtani and S. Kokubun

(Geophysics Research Laboratory, Univ. of Tokyo)

The dependence of the magnetopause location on solar wind conditions would suggest the interaction mechanism between the solar wind and the magnetosphere. The current which decelerates the solar wind is partly closed with the magnetopause current. The effect of this current system, which depends on IMF orientation, is discussed by examining 265 crossings of the tail magnetopause observed by the IMP-J satellite.

磁気圏の大きさ・形状は、磁気圏と太陽風との相互作用を考える上で重要な要素である。しかし、磁気圏尾部での外部境界（以下 MP）の位置に関しては僅かの観測報告があるだけである(e.g., Akasofu et al., 1973; Maezawa, 1975)。また、MPの位置の変化は、磁力線再結合による磁気圏昼間側から尾部側への磁力線の輸送による解釈があるだけであった。本研究ではIMP-J衛星の磁場データをもとに、磁気圏尾部の大きさ・形状を決める要素について再考察したい。

ここで新たに考慮したいのは、MPとBow Shockとの間で閉じる渦的な電流の効果である。この渦電流はBow Shock側

では太陽風を減速するように流れ、その向きはIMFによって決定され则认为られる。MPでは電流はそれと逆向きに流れ、MPの外側を流れる電流と閉じるはずである。従って、MPを流れる電流はこの渦電流の分だけIMFによって増減し、それに依ってMPが移動することが期待される。

下図に示したのは、衛星がMPを横切った点(265点)の尾部横断面及び真夜中の子午面上での分布である。MPの空間分布に大きな幅があることがわかる。以上の考察をもとに、この幅がIMF等の条件に依って依存しているか議論する。

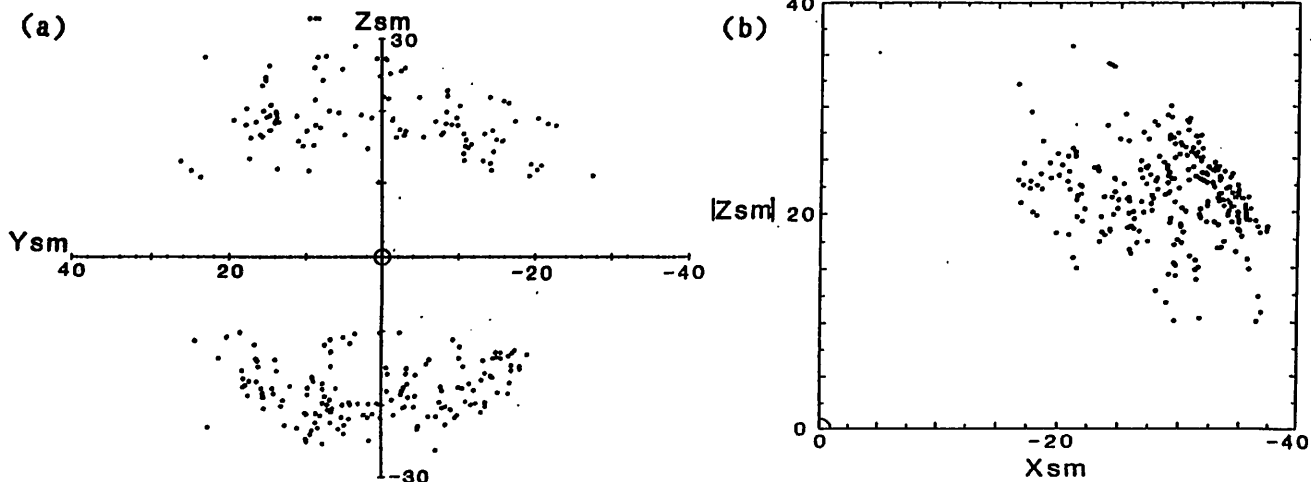


Fig. Tail magnetopause positions: (a)  $Y_{sm}$  vs.  $Z_{sm}$ ; and (b)  $X_{sm}$  vs.  $|Z_{sm}|$

## Characteristics of Transient Magnetic Field Events in the Dayside Magnetosphere

H.Kawano and S.Kokubun  
Geophysics Research Laboratory, University of Tokyo  
K.Takahashi  
The Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory

Transient magnetic field variations, which are observed at  $L = 6 - 9$  and resemble the magnetic field signatures of flux transfer events (FTE's), are examined in AMPTE/CCE magnetometer observations. It is proposed that these events come from same physical mechanism as FTE's. Distribution of durations against  $L$  value shows an interesting tendency; The events with small durations are not observed far from the magnetopause, while the events with large durations tend to be observed independent of the distance from the magnetopause. There is a possibility that this difference in distribution comes from a difference in generation mechanism.

AMPTE/CCEにより、昼間側地球磁気圏内 ( $L = 6.0 \sim 9.4$ ) において FTE (Flux Transfer Events) に類似の磁場変動が観測された (radial component の bimodal perturbation と、他の成分の one-sided pulse-like perturbation が特徴)。我々はこの現象について、1984年~1986年の観測から 305 例を採取してその空間依存性を調査し、また、IMF、AE との相関解析により control factor を考察してきた。その結果、次のような特徴が明らかになった。  
① IMF 南向きの時に観測され易く、成因として reconnection が有力。② magnetopause 近傍での現象であり、magnetopause の inward motion によって地球に近い領域でも観測されている。③ この現象は広い経度範囲の赤道面附近で発生し、発生後は極方向へ (北半球では北向き、南半球では南向き) 動くと共に東西方向にも tailward に (午前側では西向き、午後側では東向き) 動く。これらの特徴から、この現象は FTE と同じ物理現象であると思われる。また、東西方向の運動は、FTE タイプの現象では初めて確認されたものである。

以上の諸特徴に加え、duration の  $L$  value に対する分布にも興味深い特徴がみられる。それは、duration の小さい (約4分以下) ものは  $L$  value が小さい ( $L \leq 7.7$ ) ところでは観測されない (Fig.)、という特徴である。この特徴のひとつの解釈は次の通りである。localized reconnection により生成された magnetic flux tube が衛星の位置を通過することにより現象として観測されるのだとすると、duration は tube の直径と運動の速度によって決まる。そこで、運動速度をほぼ一定とすると、duration の小さいものは tube の直径が小さいので magnetopause に近くなければ観測されず、duration の大きいものは tube の直径が大きいので遠くでも観測できる。

この様な解釈に対し、duration の大小で成因が異なる可能性もある。これは以下の2点からも示唆される。① duration の長いグループと短いグループに分けて、それぞれについて現象観測時の AE 分布を調べると、duration の短いグループは大きい AE 値に分布が集中しているが、duration の長いグループでは AE への分布依存性が弱く、むしろ小さい AE 値に分布が偏る、という性質の差が現れた。② 305 例の中には、地上中低緯度での磁場中の pulse 的な磁場変動と対応がみられるものもある (全く対応のないものもある)。そこで、duration の短いものは reconnected flux tube として解釈できるとしても、duration の長いものについては SI 的な要素をも考慮する必要があると考えられる。この点をより明確にするためには、duration の大小による差に注目しながら、地上中低緯度の磁場や静止軌道での磁場との対応を調査する必要がある。

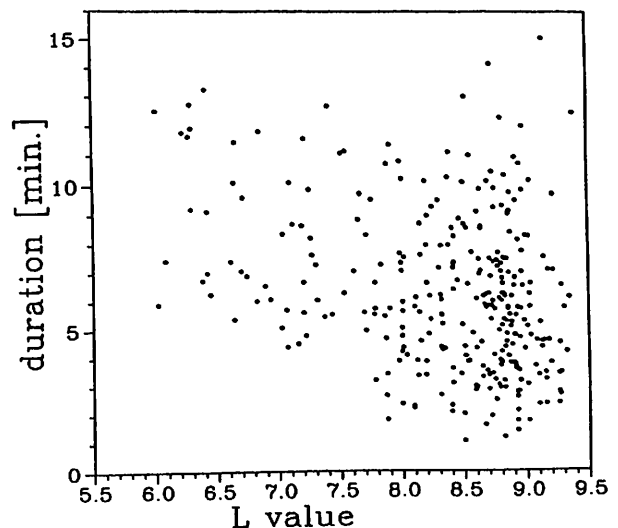


Fig. Plot of durations versus  $L$  value.

オレンジ型質量分析器の  
磁気圏プラズマ観測への応用

--- 計算機設計に基づく試作とその予備実験についての報告 ---

平原 聖文 向井 利典 町田 忍  
(京大理) (宇宙研) (宇宙研)

Application of the Orange-type Mass Spectrometer for observations of the magnetospheric plasma  
Hirahara Masafumi Mukai Toshifumi Machida Shinobu  
#1 #2 #2

#1 Department of Geophysics, Faculty of Science, Kyoto University  
#2 The Institute of Space and Astronautical Science

We have developed the high-performance Ion Energy Mass Spectrometer (IEMS) for GEOTAIL mission in 1992. As shown in Fig.1, it consists of three components; the Tandem Energy Analyzer (TEA), the Orange-type Mass Spectrometer (OMS) and the Detector Array System (DAS). Based upon the numerical methods, the design of IEMS as a total experimental system has been accomplished. The characteristics of OMS have the serious influence upon the mass resolution. Therefore, they must be investigated by the laboratory experiments in detail. We will discuss the performance of OMS combined with DAS by comparison of the numerical and experimental results in this presentation.

現在開発中の 高速3次元イオン エネルギー・質量 分析器 (IEMS) はGEOTAIL衛星による磁気圏探査計画を目標にした高性能プラズマ観測器である。プラズマシート中の高温プラズマの測定、あるいは境界域等の小さな構造の領域では、広い視野角を持つ3次元分布関数の測定、高時間分解能、高透過率(高感度)等が求められるので、我々は新しい設計思想に基づき、幾つかの改良を加えて来た。このため我々のIEMSは図・1から構成される様に、タンデム型エネルギー分析器(TEA)、及びオレンジ型質量分析器(OMS)と検出器配列システム(DAS)から構成されている。これにより、視野角の拡大(±60°)と、図・2で示される様な質量分布(H<sup>+</sup>, He<sup>2+</sup>, He<sup>+</sup>, O<sup>2+</sup>, O<sup>+</sup>)の同時取得による高時間分解能を達成出来ると考えている。以上の測定性能を実現させるため、計算機による粒子の軌道追跡に基づいた機器設計を行なって来た。ここで問題となるのが、十分な質量分解能が得られるかどうかであるが、これは、ポロイダル型電極を持つTEA、S字型粒子軌道、独特なオレンジ型磁場の採用で克服出来る事が判った(1988年春・秋の学会)。

現在は、計算機設計によるIEMSの各構成部分の試作及び性能確認実験を行う段階にきている。先ず考えなければならぬのは、質量分析器中の実際の磁場分布が軌道計算に用いられたラプラス方程式の数値解とどれ程異なるか、またそれにより質量分解能がどの様に変化するか、である。特にここで使われるOMSは、いわゆる端縁磁場を積極的・効果的に利用し高質量分解能を達成しようとしている為、この影響を受け易い。そこで今回はGEOTAIL衛星搭載用としてほぼ仕様が決定的されたIEMSに適用されるOMSの端縁磁場の効果、その不均一性の影響等についての予備実験の結果を、計算機で算出された性能と比較・検討しながら報告する。また、検出器システムに関しては、1次元用のStrip Anodeを新しく設計したので、この理論的に予想される性能と室内実験による結果についてもここで議論する。

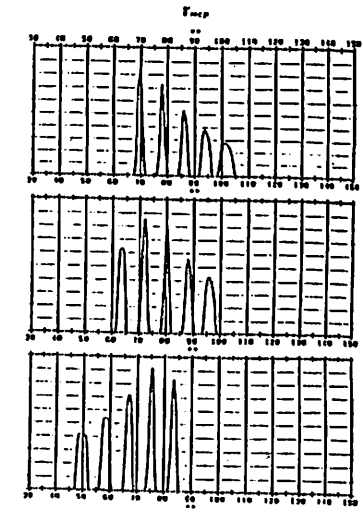
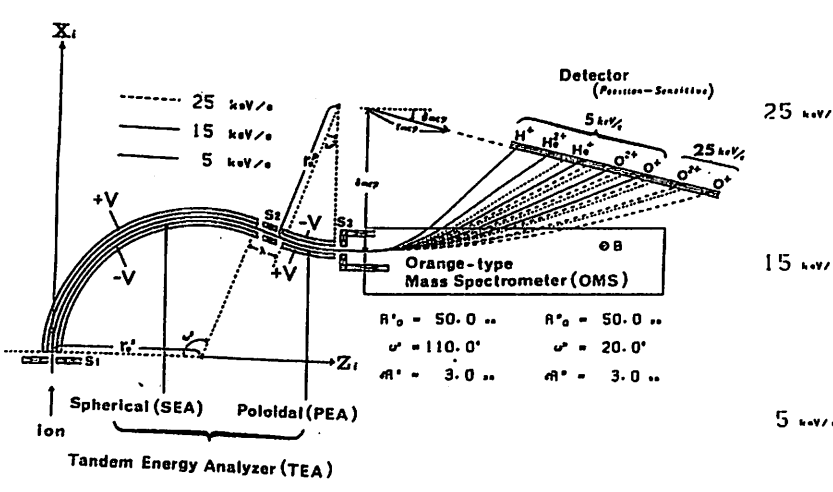


Fig.1 The configuration and principle of IEMS.

Fig.2 Mass resolution of the dominant ion species in the magnetosphere for three energy ranges. Five peaks correspond to (H<sup>+</sup>, He<sup>2+</sup>, He<sup>+</sup>, O<sup>2+</sup>, O<sup>+</sup>) from the left.

## II-27 『あけぼの』衛星の概要

鶴田 浩一郎 ・ 大家 寛 ・ 西田 篤 弘 ・ 『あけぼの』チーム  
宇宙科学研究所 東北大学 宇宙科学研究所

### THE EXOS-D (AKEBONO) PROJECT

K. Tsuruda (ISAS) H. Oya (Tohoku Univ.)  
A. Nishida (ISAS) AKEBONO team

The 12th Japanese research satellite EXOS-D(AKEBONO) was successfully launched into the semi-polar orbit at 08:30 JST on 22th February 1989 from Kagoshima Space Center by M3S11-4 rocket. The main objective of the satellite is to study the particle acceleration processes in the polar ionosphere. The outline of the satellite design, orbit, ground stations, operation plan, and data processing plan will be presented.

EXOS-D衛星が去る2月22日午前8時30分JST成功裡に鹿児島宇宙空間観測所よりM3S11-4号ロケットにより打ち上げられた。軌道は

遠地点 10,500 km  
近地点 275 km  
軌道傾斜角 75度

の準極軌道である。軌道投入後与えられた国際標識は「1989-016A」、また、愛称は「あけぼの」である。「あけぼの」衛星の主目的は、オーロラ粒子加速のメカニズムを探ることにおかれている。この目的を達成するために以下の観測器が搭載されている 即ち

磁場計測装置 (MGF)	電場計測装置 (EFD)
電子温度計測装置 (TED)	低エネルギー粒子計測装置 (LEP)
低エネルギーイオン組成計測装置 (SMS)	
低周波波動計測装置 (VLF)	高周波波動計測装置 (PWS)
オーロラ撮像装置 (ATV)	

の八計測装置である。軌道もオーロラ上空5,000~10,000 kmにあると考えられている粒子加速域中での観測を実現するために上に記したものが選ばれた。衛星の設計にあたっては、国産の新技術が大幅に取り入れられた。特に、30mのワイヤーアンテナ、磁力計等の伸展に使われている伸展マスト類、3軸ループアンテナは観測の質の向上に大きく貢献している。今回採用された衛星表面の導電性確保の徹底も国産技術で達成されたが、これは粒子系の観測の質の向上に貢献すると思われる。観測装置も、大幅な性能向上が試みられているがこれは各観測担当による発表の中で触れられるであろう。

衛星からのデータ取得についても、国内のKSCの他に、南極昭和基地、カナダのプリンスアルバート、スウェーデンのエスレンジの4箇所を受信することに依って大幅な改善がはかられている。更に、デジタル信号の他に、10kHzまでのアナログ伝送が可能であり波動系の観測に威力を発揮すると考えられる。

3月末に予定している高圧電源の投入が無事終了すると、定常的な観測体制にはいれるよていである。今後、データ処理体制の確立と、諸外国を含めた共同研究を進めていくことが、『あけぼの』衛星プロジェクトを成功へ導く鍵であると考えている。



## II-28 「あけぼの」(EXOS-D) に搭載された 電場計測器の概要

早川 基、筒田浩一郎、西田篤弘、向井利典、町田 忍、小原隆博(宇宙研) 前沢 潤(名大)  
田中義人、岡田敏美(空電研) 江尻全機、門倉 昭(極地研) 村田好正(物性研)  
金子洋三郎(都立大) F.S.Mozer(UCB) G.Haerendel、中村正人(MPE)

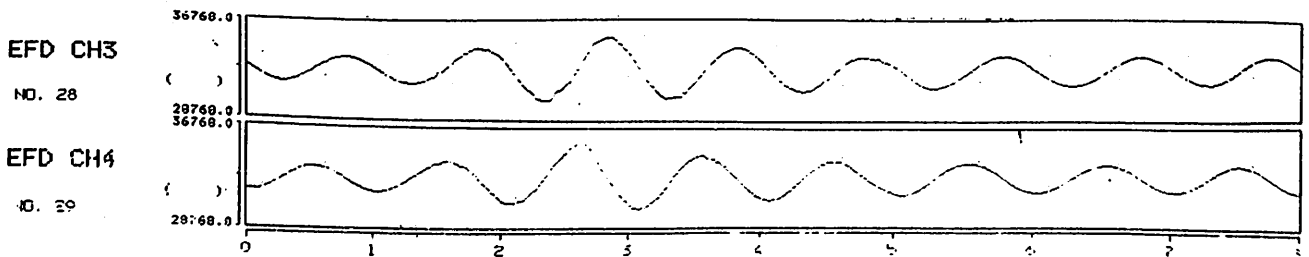
### Summary of Electric Field Detector (EFD) onboard EXOS-D

H.Hayakawa, K.Tsuruda, A.Nishida, T.Mukai, S.Machida, T.Ohara (ISAS) K.Maezawa (Nagoya Univ.)  
Y.Tanaka, T.Okada (RIA, Nagoya Univ.) M.Ejiri, A.Kadokura (NIPR) Y.Murata (ISSP, Tokyo Univ.)  
Y.Kaneko (Tokyo Metropolitan Univ.) F.S. Mozer (UCB) G.Haerendel, M.Nakamura (MPE)

The Electric Field Detector (EFD) onboard EXOS-D launched successfully on 22 Feb. consists of two parts, i.e. EFD-B and EFD-P. EFD-B uses ion boomerang method and EFD-P uses conventional double probe method to derive the electric field. High voltage power supply of EFD-B will be turned on at the end of March. While EFD-P started steady observation and produces good quality of data. Here we describe summary of EFD system and show some of the obtained data briefly.

今年2月22日に打ち上げられた、「あけぼの」衛星に搭載された電場計測器(EFD)の概要について報告する。EFDは、EFD-B及びEFD-Pの2つの部分より構成されており、EFD-Bには我々かここ数年來開発を続けてきたリシウムイオンの飛行時間計測を用いた電場計測法(フーメラン法)が用いられている。EFD-Bは2組のイオン銃、イオン検出器と処理回路とから構成されており、衛星の上面及び下面にイオン銃と検出器がそれぞれ1個ずつ配置されている。イオン銃については他の講演(河野ら)に於いて詳細に述べる。EFD-Bは3月下旬に高圧電源の投入が予定されており、電場ベクトルと磁場強度が衛星周辺のプラズマの状態にあまり影響されずに精度よく測定できるという特徴をいかし、券所豊所において観測を行なう予定である。EFD-Pには、従来の衛星同機ダブルプローブ法を用いており、2組のワイヤーアンテナ、プリアンプ及び処理回路とから構成される。ワイヤーアンテナには、ハイアス電流が流せるようになっており、周辺プラズマとの接触電位差を小さくできる様になっている。EFD-Pはワイヤーアンテナ進展の直後より良質のデータを取得しており、現在既に定常観測を始めている。下段にEFD-Pにより観測されたデータの一例を示す。

本講演に於いては、電場計測器システムの概要及び講演発表時に於ける観測状況、取得されたデータ例などについて報告を行なう。EFD-Pにより得られたデータに対する観測領域やハイアス電流の影響などの解析結果については他の講演(岡田ら)に於いて報告を行なう。



An Example of data obtained by EFD-P

# II-29 EXOS-D (あけぼの) による磁場観測

福西浩<sup>1</sup>、藤井良一<sup>2</sup>、国分征<sup>3</sup>、名取通弘<sup>4</sup>、林幹治<sup>3</sup>、遠山文雄<sup>5</sup>、

利根川豊<sup>5</sup>、岡野章一<sup>1</sup>、湯元清文<sup>1</sup>、杉浦正久<sup>6</sup>、MGF班

1:東北大理、2:極地研、3:東京大理、4:宇宙研、5:東海大工、6:京都大理

Observations of Magnetic Fields by Fluxgate and Search Coil  
Magnetometers on Board EXOS-D ("Akebono")

H. Fukunishi<sup>1</sup>, R. Fujii<sup>2</sup>, S. Kokubun<sup>3</sup>, M. Natori<sup>4</sup>, K. Hayashi<sup>3</sup>, F. Tohyama<sup>5</sup>,

Y. Tonegawa<sup>5</sup>, S. Okano<sup>1</sup>, K. Yumoto<sup>1</sup>, M. Sugiura<sup>6</sup> and MGF Group

<sup>1</sup>Tohoku Univ., <sup>2</sup>National Inst. Polar Res., <sup>3</sup>Univ of Tokyo, <sup>4</sup>ISAS, <sup>5</sup>Tokai Univ., <sup>6</sup>Kyoto Univ.

Observations of magnetic fields by EXOS-D have started on March 8, 1989. A fluxgate magnetometer measures the X, Y and Z components of magnetic fields with a sampling rate of 32 Hz, while a search coil magnetometer measures the spectra of the X, Y, and Z components of magnetic variations in the frequency of 1-100 Hz. We report the outline of the instruments and preliminary results of magnetic field observations.

1989年2月22日8時30分にKSCより打ち上げられたEXOS-D(あけぼの)衛星は計画された遠地点10500 km、近地点270 km、軌道傾斜角75°の軌道に投入され、順調に観測をつづけている。この衛星には磁場観測用に3軸フラックスゲート磁力計と3軸サーチコイル磁力計の2つの磁力計が搭載されている。これらの磁力計は全長5 mと3 mのシンプレックスマストの先端に取り付けられている。3 mマストの伸張は打ち上げ後13日目の3月7日に、5 mマストの伸張は翌日の3月8日に実施された。伸張後の衛星のニュートーションも3'以下ときわめて小さく、またマストの揺れや振動も起こっていない。図1に1989年3月14日にフラックスゲート磁力計で観測された磁場3成分(X、Y、Z)出力を示す。磁力計の各成分は表1に示すように4段階の感度レンジを自動的に選択する。Z成分(スピン軸方向)は感度0のレンジに、それに直交するX、Y成分は感度2のレンジにあり、サイン波動的な磁場変動は衛星のスピン運動によるものである。Z成分に約25 nTのスピンにともなう変動がみられるのはZ軸センサーのアライメント

がスピン軸と約0.28°ずれているためである。これはマストのねじれが伸張後に徐々に戻ることを考慮し、あらかじめアライメントをずらして取り付けているためである。またサーチコイル磁力計も良好に作動しており、1-100 Hz帯スペクトルの連続観測を行っている。

表1. 3軸フラックスゲート磁力計の仕様

センサー	リングコア (6-81 Mo. Pe.) 重量 330 g ヒーター 1.5 W、0.15 W コマンド切替
測定レンジ 量子化単位	Range 0 ± 1024 nT (0.031 nT) Range 1 ± 4096 nT (0.125 nT) Range 2 ± 16384 nT (0.5 nT) Range 3 ± 65536 nT (2.0 nT)
A/D コンバーター	16 bit A、B 2チャンネル、コマンド切替
サンプリング レート	H ビットレート 32 Hz M " 8 Hz L " 2 Hz

\*\*\* EXOS-D QL \*\*\* RL PATH = 890314-03-22 START TIME = 11:00:56 TIME SCALE X012 SEC  
UT = 89.03.14 11:02:32 FI = 137 FORMAT = 3 LOG = 100711 SCREEN = HOLD

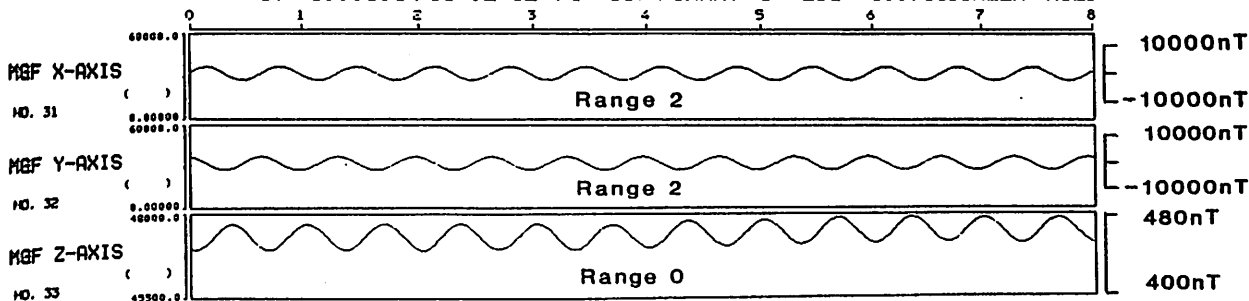


図1. 1989年3月14日 11:00:56-11:02:32 UTの磁場3成分クイックルックデータ

II-30 "あけぼの" 衛星・サーチコイル磁力計  
ULF/ELF 磁場観測

国分征、林幹治、藤井良一、利根川豊、遠山文雄、青山巖、岡野章一、福西浩、名取通弘、MGF班  
東大理 極地研 東海大学 東北大学 宇宙研

ULF/ELF FIELDS DETECTED BY "AKEBONO" SEARCH COIL MAGNETOMETER

S. Kokubun<sup>1</sup>, K. Hayashi<sup>1</sup>, R. Fujii<sup>2</sup>, Y. Tonegawa<sup>3</sup>, F. Tohyama<sup>3</sup>, I. Aoyama<sup>3</sup>,  
S. Okano<sup>4</sup>, H. Fukunishi<sup>4</sup> and M. Natori<sup>5</sup>.

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

2 National Institute of Polar Research, 1-9-10, Kaga, Itabashi, Tokyo 173

3 Department of Aero-space Science, Tohoku University, Hiratsuka 259-12

4 Upper atmospheric Science Laboratory, Tohoku University, Aoba, Sendai 980

5 Institute of Space and Astrophysical Science, Sagami-hara, Kanagawa

A search coil magnetometer was on board of "AKEBONO" satellite to measure AC vector magnetic field in the frequency range from 1 Hz to 500 Hz. Three components of wave form data below 50 Hz are available during high bit mode operation. The minimum detectable signal is about 0.1 pT at 10 Hz. The tri-axial sensors were put at the end of a newly developed extension mast in 3 meter from the satellite main body. Initial results of various electromagnetic feature detected with the search-coil magnetometer will be demonstrated.

10 Hz~1000 Hzの磁場観測には high  $\mu$  metal coreによるサーチコイル磁力計が感度・重量の点で適している。しかし、衛星搭載用機器としては更に周波数帯を限定した上での最適設計を行う必要がある。

機器：1~500 Hzの変動磁場観測のため"あけぼの"衛星には3成分直交サーチコイルによるベクトル磁場観測装置が搭載されている。センサーは0.1厚パーマロイ積層による3x3x300(mm)コア上に0.05mm  $\phi$  ポリエステル被覆銅線を100000回巻いたもので、衛星本体よりの誘導磁場ノイズを避けるため新たに開発された長さ3mの伸展型マスト上に設置されている。センサーの有効面積は約1800 m<sup>2</sup>で、検出限界感度は、10 Hzにおいてほぼ0.1 pTである。1 Hz以下はスピン(7.5rpm)による誘導起電力の影響を除くため、全体で4次の高域フィルターを構成している。1~100Hzの間は微分特性、100Hzより上ではほぼ平坦となり400 Hz付近で感度最大となる。

波形データの伝送はテレメータモード、"Global"と"Wave"のHigh bit rate時に可能で、VLPで用意されているコマンド "Wide", "Narrow"により各々、1~100 Hzの波形データ2成分(通常、Ex, By)と、1~50 Hz波形データ4成分(Ex, Bx, By, Bz)を選択出来る。120dBのダイナミックレンジがデータ圧縮(10bit)により実現されている。

QLプロット：8秒に1回のプロットという制約条件から、Bx, Ex(衛星座標)各々の6.4秒間の2048点データについてFFT処理を行い、ほぼスピン平均されたダイナミックスペクトル(0.15625 H~100 Hz、濃淡表示)を提供している。

初期データに関する限り観測機器は正常で観測は順調である。QLプロット上には連日プラズマ圏、オーロラ磁力線域に対応した様々な電磁波動が表示されつつある。スピン効果を除き正規化座標成分についての解析を行う。

向井利典、賀谷信幸、佐川永一、他 EXOS-D LEP 班  
(宇宙研) (神大工) (通総研)

LOW-ENERGY PARTICLE OBSERVATION BY AKEBONO (EXOS-D)

T. Mukai, N. Kaya, E. Sagawa and EXOS-D LEP team  
(ISAS) (Kobe U.) (CRL)

The LEP (Low Energy Charged Particle) instrument is installed onboard the satellite AKEBONO (EXOS-D) which was successfully launched, on Feb. 22, 1989, into a semi-polar orbit. The instrument consists of two identical sets of energy analyzers (LEP-S1 and LEP-S2), an energetic ion mass spectrometer (LEP-M), and a data processing electronics (LEP-E). LEP-S1 and LEP-S2, each can measure both electrons and ions separately and simultaneously. LEP-E has also the capability to detect high frequency modulation in electron or ion fluxes. The low voltage electronics was confirmed to function perfectly in orbit. The high voltages will be applied to the analyzers and detectors around the end of March. Some initial results of observation will be given in the presentation hopefully.

本年2月22日に打ち上げられた「あけぼの」(EXOS-D)は、遠地点~10,500 km、近地点272 km、傾斜角75°の当初の予定通りの軌道に投入された。「あけぼの」には、極域磁気圏における種々の粒子加速現象、波動・粒子相互作用、電離圏・磁気圏結合を中心とする磁気圏ダイナミックスの研究のため、低エネルギー粒子測定器LEPが搭載されている。LEPはプラズマ粒子の分布関数の包括的かつ高時間分解能(エネルギー分布、ピッチ角分布、イオン組成をすべて2秒の分解能)の観測ということを目指して設計・製作された。表1はその機能概要で、センサーとして、粒子(電子・イオン)エネルギー分析器、イオン・エネルギー質量分析器が搭載されている。二つのエネルギー分析器(LEP-S1とLEP-S2)は衛星スピン軸に対称に配置され、両方で240°の視野角をカバーする。それぞれが電子・イオンのエネルギー・ピッチ角分布を測定でき、両者を独立に制御することも可能である。イオンのエネルギー・質量分析器の特徴は、5種のイオンをsnap-shot的に同時測定することによって高時間分解能を達成していることで、磁気圏観測では世界的に初めての試みである。また、波動・粒子相互作用の結果で期待される粒子フラックスの高周波変動成分の検出機能も備えている。これらの分析器性能については、宇宙研の「粒子分析器校正装置」を用いて入念な較正が行なわれているので、観測データの信頼性は従来にもまして高いものと思っている。

打ち上げ直後に行なわれた「機上データ処理・制御系の電子回路」の動作チェックは全く正常で、分析器・検出器への高圧印加は3月末に予定されている。それから観測開始になる予定で、初期観

測の結果については、講演で速報できると期待している。なお、イオンの質量分析については、次の「賀谷、他」の講演で報告される。

表1 LEP観測機能概略

A. 電子及びイオンのエネルギー・ピッチ角分布 (EIS : Electron and Ion Spectrometer)	
(a) センサー	: LEP-S1および LEP-S2
(b) エネルギー範囲	: 5 eV ~ 16 keV ; ELE. 6 eV ~ 20 keV ; ION
(c) エネルギー分解能	: $\Delta E/E \sim 10\%$
(d) 視野角	: 衛星座標系で180° から30° 毎の5方向 を視野中心に10° x 10°
B. イオン・エネルギー質量分析 (IMS : Ion Mass Spectrometer)	
(a) センサー	: LEP-M
(b) エネルギー範囲	: 1 ~ 25 keV/Q
(c) エネルギー分解能	: $\Delta E/E \sim 3\%$
(d) 視野角	: 3° x 34°
(e) イオン種別	: H <sup>+</sup> , He <sup>2+</sup> , He <sup>+</sup> , O <sup>2+</sup> , O <sup>+</sup>
C. 粒子フラックス変動のスペクトル解析	
(a) HPS (High-frequency Pulse Separation)	f max = 500 kHz; 128点 電子のみ
(b) LAC (Low-frequency Auto-Correlation)	f max = 7.68 kHz; 128点 電子またはイオン

# II-32 EXOS-D 搭載低エネルギーイオン質量分析器 (SMS) : 速報

B.A. Whalen, 藤本 隆、佐川 永一、SMS班  
(NRCC) (通信総研)

## Low Energy Ion Mass Spectrometer (SMS) on EXOS-D

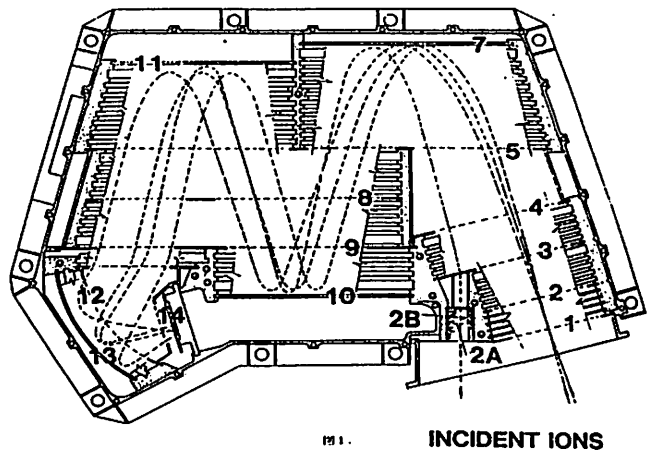
B.A. Whalen, E. Sagawa, I. Iwamoto, and SMS team  
(NRCC) (CRL) (CRL)

Scientific objectives and summary of instrumentation of the Low Energy Ion Mass Spectrometer on board the EXOS-D satellite are given along with very preliminary results from initial observations to be done after turning on the high voltage. The instrument is unique in its capability to measure ions ranging from thermal to suprathermal energy, and its data will complement to the LEP which covers higher range of energy. The SMS was developed as a joint project of the Canadian and Japanese scientists.

EXOS-D (あけぼの) 衛星には日加協力の衛星搭載機器としては最初の例である低エネルギーイオンの組成とエネルギー分布を測定するイオン質量分析器 (SMS) が搭載されている。衛星は成功裏に打ち上げられたが高圧を使用する機器はこの予稿の段階ではONになっていない。ここでは観測の目的と機器の概略を述べる。発表では初期の観測データを紹介する予定である。

1. 研究目的 SMS は磁気圏内のイオンの分布関数を観測する。測定するエネルギー範囲は熱的な 1eV 程度のイオンから 4keV までで、電離層に起源を持つイオンから磁気圏の主成分までをカバーする。SMS からの観測データは Exos-D 衛星の他の機器のデータと共に以下に述べるような現象の総合的な解明を目的に解析される;

- 磁気圏プラズマ環境
- イオンユニクス、イオンビームの発生に関わる物理過程の研究
- プラズマ不安定性の研究
- 磁気圏内のイオン輸送とイオンの消滅過程



2. 測定装置 SMS は地球近傍のプラズマ中のイオンの質量数とエネルギー、ピッチ角分布を測定する。図にセンサー部の概念図を示す。分析器はイオン質量を分解するために飛行時間の違いを利用する"速度フィルター"を採用している。イオンの入射角の測定は基本的には衛星のスピンの利用し、スピン軸に直交する方向で 360° の角度分布をうる。100eV から 1keV のエネルギー範囲では SMS は高い感度 ( $0.02 \text{ cm}^2 \text{ str at } 1 \text{ keV}$ ) と質量分解能 ( $\delta m/m = 0.1$ ) をもち  $\text{H}^+$ ,  $\text{He}^+$ ,  $\text{He}^{++}$ ,  $\text{O}^+$  等の主成分に加えて他の微量成分をも検出可能である。1-4 keV のエネルギー範囲では感度はエネルギーに逆比例するので主成分イオンの測定が可能を主目的とする。

0 - 100 eV の低エネルギー領域では分布関数を求めるために入口で RPA によってイオンのエネルギー分析をおこない、その後 1 keV まで加速して質量分析をする。衛星電位の影響を打ち消すために入射スリットの電位は 0 から -10 V に設定することができる。またこのエネルギー範囲では測定範囲を拡大するために 2 つの入射スリットを切り替えて使用する。したがって SMS は高エネルギー用のスリットを加えて 3 種類のスリットを持っている。

# EXOS-D TEDによる 電子エネルギー分布の観測

阿部琢美<sup>1</sup>、小山孝一郎<sup>2</sup>、渡部重十<sup>3</sup>、雨宮宏<sup>4</sup>、奥澤隆志<sup>1</sup>

<sup>1</sup>電気通信大学    <sup>2</sup>宇宙科学研究所    <sup>3</sup>NRC、カナダ    <sup>4</sup>理化学研究所

## OBSERVATION OF ELECTRON ENERGY DISTRIBUTION BY MEANS OF PLANAR PROBES ON BOARD EXOS-D

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

<sup>1</sup>Denki-Tsushin University    <sup>2</sup>Institute of Space and Astronautical Science  
<sup>3</sup>National Research Council, Canada    <sup>4</sup>Institute of Chemical and Physical Research

Japan's scientific satellite EXOS-D (AKEBONO) was launched on February 22, 1989. Two planar probes were installed in the tip of the solar cell paddle and can measure the temperature and the energy distribution of electron. The purpose of this instrument consists in observing the electron in the polar and the trough regions, the anisotropy of electron energy distribution, and the heating mechanism in the aurora region. Furthermore, it is to be desired that these probes measure the effect of the particle precipitation to the magnetosphere upon the plasma and the non-thermal process in the plasma bubble. We are going to make a preliminary report on the observation of this instrument.

### あらまし

オーロラ加速領域での精密な観測を目指す科学衛星 EXOS-D ("あけぼの") は、1989年2月22日に KSCより打ち上げられた。搭載された観測装置の中で TED (Thermal Electron Velocity Distribution) はプラズマ中の熱的電子の速度分布ないし温度、ならびに正イオン密度の観測を行なうものである。その目的はおもに極域中の沿磁力線電流を担う低エネルギー電子、トラフ領域内の電子、速度分布非等方性の観測、オーロラ中粒子加速機構の解明にある。また、南大西太平洋上空の地磁気異常帯に関連した降下粒子のプラズマ分布との相互作用、プラズマバブル中での電子エネルギー分布などについての観測にも興味をもたれる。本稿では打ち上げ後の初期の段階で、電子温度と速度分布の2つのモードで得られたデータをもとに報告を行なう。

るが、これに対応して温度も6000Kから3000Kに減少している。上部パネルV<sub>F</sub>は衛星に対するプローブの電位を表わすが高度とともに上昇していることが認められる。また電子温度とV<sub>F</sub>においてみられる数十秒程度の細かい構造や、温度の非等方性の観測、その他幾つかの興味ある点については今後の解析が待ち望まれる。

### 2. 速度分布測定

この測定モードでは2つの半円形プローブを接続し円板プローブとして動作させ、2つの直交するプローブについてその特性(DC)と一次微分の測定(AC)を行なう。プローブに印加する電圧は4段階のバイアスレベルが選択でき、これに三角波掃引電圧を重畳する。その他、掃引の周期、電圧幅、電流利得の設定も変更可能である。得られたデータは当初の予想よりも高い高度で速度分布の測定が可能であることを示し磁気圏下部の広い範囲での電子エネルギー分布が得られるものと期待している。また速度分布の測定に適切なバイアスは高度とともに変化し、その絶対値は電子温度モードでのV<sub>F</sub>の変化量と一致している。その他にもプラズマポーズ、トラフの通過時や、ポーラーキャップ内で興味をひく測定データが得られている。

速度分布測定モードに関しては現在、テレメトリデータの一次処理を終えたのみであるが、今後ACとDCのそれぞれについて理論式を曲線適合させ、物理パラメータを算出していく予定である。

### 1. 電子温度測定

測定に用いるプローブは金メッキされた半円板状の電極を円形に配置したもので、2個のプローブが直交する2枚の太陽電池パドルの先端に同じく互いに直交するように取り付けられている。一方の電極に交流電圧を印加したときに生ずる浮動電位の変化成分から電子温度を求めることができる。

衛星は通常時は約8秒の周期でスピンを行なっているため、センサーが衛星のウェーク内で正しくない温度を測定する場合がある。この点を克服するために温度算出の過程において数値的に処理を行なっている。図1は3月8日8:20~8:40に取得されたデータである。衛星は20分間に2000kmから280kmまで高度を下げてい

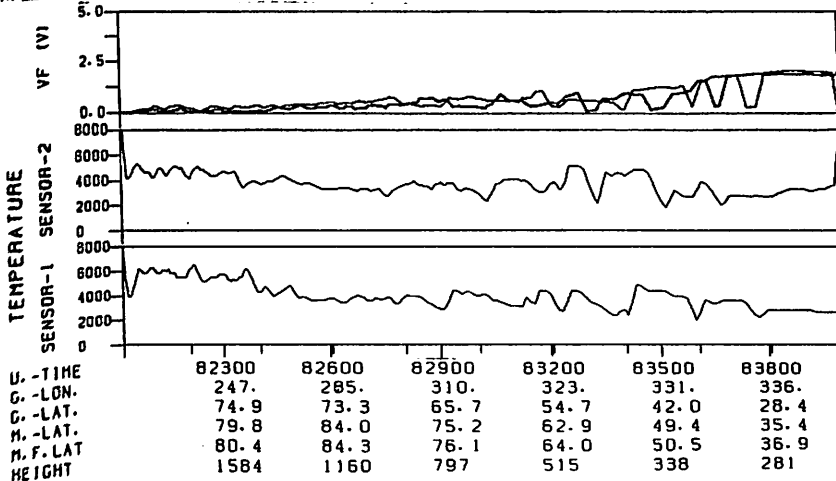


Fig.1 Electron temperature obtained on 8th of March 1989.

# II-34 EXOS-D (あけぼの) による VLF 観測速報

木村磐根<sup>1</sup> 橋本弘藏<sup>2</sup> 長野 勇<sup>3</sup> 岡田敏美<sup>4</sup>

山本正幸<sup>1</sup> 芳野赳夫<sup>5</sup> 松本 紘<sup>6</sup> 江尻全機<sup>7</sup>

<sup>1</sup>京大工 <sup>2</sup>東京電機大工 <sup>3</sup>金沢大工 <sup>4</sup>名大空電研 <sup>5</sup>電気通信大 <sup>6</sup>京大超高層 <sup>7</sup>極地研

## VLF observations by EXOS-D (AKEBONO) satellite

Iwane KIMURA<sup>1</sup> Kozo HASHIMOTO<sup>2</sup> Isamu NAGANO<sup>3</sup> Toshimi OKADA<sup>4</sup>

Masayuki YAMAMOTO<sup>1</sup> Takeo YOSHINO<sup>5</sup> Hiroshi MATSUMOTO<sup>1</sup> Masaki EJIRI<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Kyoto Univ. <sup>2</sup> Tokyo Denki Univ. <sup>3</sup> Kanazawa Univ. <sup>4</sup> Nagoya Univ.

<sup>5</sup> Electro-commun. Univ. <sup>6</sup> Natl. Inst. Polar Res.

EXOS-D satellite was successfully launched on February 22 and one of the passive instruments onboard the satellite, VLF has started its observation after two pairs of 60m tip-to-tip wire antennas, loop antennas, and search coil antennas have been successfully deployed in the period from March 4 to 7. All VLF instruments have been working perfectly and whistlers, VLF emissions and Omega signals have been clearly received. In this short report some of the observational results and the future experiments to be made by using this satellite are described.

EXOS-D衛星は平成元年2月22日無事打ち上げられ、その中の受動形の観測機器であるVLFは2月24日電源オンにより動作が確認された。つづいて3月4日から7日にかけて全長60mのワイヤーアンテナ、3次元直交形ループアンテナ、3次元直交形サーチコイルが展開され、ホイスラー、VLF放射、オメガ信号等が明瞭に受信され、全ての機器が順調に稼働していることが確認されている。

VLFの装置は50Hzから約13kHzを受信する広帯域受信機(WB)、電界2成分、磁界3成分を0.1から12.75kHzの範囲で固定周波数あるいは掃引受信できるPFX、3.15Hzから17.8kHzの範囲で各30%の帯域を持つ電界16チャンネル、磁界16チャンネルの多周波受信機(MCA)のほか100Hz以下を受信するELF、ベクトルインピーダンス測定器(VIP)が搭載されている。

データ処理としては、まずWBについてはKSC、P A(プリンスアルパート)、キルナ、昭和基地でDATテープに収録されたデータにFFT処理を行い、計算機によるダイナミックスpekトルのハードコピーを作成する。“あけぼの”のループアンテナにより観測されたホイスラーおよびオメガ信号の受信されている一例を図1に示す。オメガ信号は11.33, 11.05, 10.2kHzが受信されている。高度5700km、ILATは47°、MLTは20hである。

PCMデータにはPFXのように電磁界5成分から、受信された信号の伝搬ベクトル方向を求める計算をする必要があり、MTで京都大学に持ち帰って計算機で処理する。MCAデータは0.5秒の時間精度で広帯域の現象の全貌が掘めるので便利である。

今後これらの装置により、特にVLF信号の伝搬方向を求めることに重点をおいて観測し、電離圏、磁気圏で現象としては知られていてもその発生のメカニズムが解っていない現象(波動-粒子相互作用によるものなど)、地上

局信号の磁気圏内の信号強度分布などを明らかにしていく予定である。

また、国際的な共同実験が計画され、1つはアラスカフェアバンクスにあるHF帯電波による電離圏加熱実験HIPASとの共同実験が計画され、HF電波をVLF周波数で変調することにより放射されるVLF電波を“あけぼの”で受信する。また今年打ち上げられるソ連の能動実験衛星ACTIVEからは10kHz近傍の電波が大ループアンテナにより放射されるので、これを“あけぼの”で受信する共同実験が計画されている。

謝辞 EXOS-D衛星打ち上げ成功および本プロジェクトの順調なすべりだしが出来たのは、宇宙科学研究所の多数のスタッフの方々、装置を製作して頂いた明星電気の方々、国内、および昭和基地を含む国外で追跡をやっているの方々、相乗り機器担当者並びにメーカーの方々に負うところが大変大きく、この紙面を借りて厚く謝意を表す次第である。

<参考文献> EXOS-D計画書(平成元年2月・宇宙研)

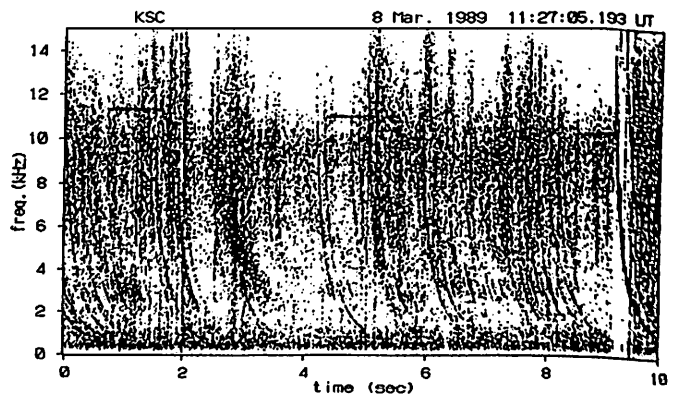


Fig. 1 An example of dynamic spectrum of whistlers and Omega signals observed by EXOS-D or AKEBONO.

大家 寛、森岡 昭 (東北大理)、小野 高幸、宮岡 宏 (極地研)

PRELIMINARY RESULTS OF PLASMA WAVE (PWS) OBSERVATIONS CARRIED OUT BY THE EXOS-D (AKEBONO) SATELLITE

----Summary and Discovery of large scale plasma instabilities

H. Oya\*, A. Morioka\*, T. Ono\*\*, H. Miyaoka\*\*  
 (\* Geophysical Institute Tohoku Univ., \*\* NIPR)

The PWS observations by EXOS-D (Akebono) have successfully started from March 4, 1989 after deployments of 60m tip to tip antennas. Observations of dynamic spectra, polarization, Poynting vector measurements, and active experiments by stimulating plasma waves have provided complete sets of data, to investigate the AKR feature at the acceleration region. From the detailed feature of the observed UHR wave emissions we can also identify the existence of equatorial jet current even in the altitude of 8000km; and also large plasma instabilities at the plasmopause.

1. はじめに

オーロラ粒子加速域の解明に主点を置いたEXOS-D (あけぼの) 衛星は、1989年2月22日、その目的とする軌道に投入され、3月4日から8日にかけて行なわれた諸アンテナ、ブームの展開の後、電磁場及び、プラズマ波動の観測に入り初期観測体制に入った。本講演では、その成果の総括を行う。

2. 高周波 (>20kHz) プラズマ波動の観測装置の構成

PWS装置はハイブリッドIC化の成功を受け、与えられた重量の中に非常に高い機能が集約されている。

それらは、i) ダイナミックスペクトル、ii) ポラリゼーション、iii) ポインティングベクトル、iv) プラズマ密度垂直分布サウンダー、及びv) 高周波プラズマ励起実験に5大別される。それぞれの観測で、20kHz-5MHzにわたる周波数帯を、最適周波数分解能で実施するため、全帯域は四つに分割され、搭載されたコンピュータにより随時、動作域を選択することができる。またポインティングベクトルの計測は、AKR発生周波数に8固定周波を選択することになっている。

センサーは、30mワイヤーアンテナを4本と3軸ループアンテナが中心となり電離層計測用に1.5mシリンドラプローブをもっている。4本のワイヤーアンテナは、tip to tip 60mの二対のダイポールアンテナとして働く。

3. 観測成果

20kHz-5MHzにわたって周波数掃引した、ダイナミックスペクトルの観測例を図1に示す。これはES6で観測された例で、南極側のオーロラ帯のはずれから観測がはじまり、北極域で観測が終る。

- i) 全域にわたって顕著なUHR放射が出現する
- ii) AKRは最適の状態観測される
- iii) UHRは大方は静電的波動である

iv) 静電波から電磁波に変換する様相が追跡される  
 さらにポーラリゼーション、ポインティング計測プラズマサウンダーの二つの観測について全く所期の目的を完全に果たしている。

4. 大規模プラズマ不安定の発見

特にUHR放射周波数変動の詳細から、プラズマ分布の微細構造、そしてその放射強度から、ミクロのプラズマ不安定が観測される。この結果プラズマボーズには磁気嵐時に巨大なプラズマ不安定が生ずる事、磁気赤道域には8000kmの高度においても、赤道ジェット電流の存在を示唆する大規模プラズマ不安定の存在する事が発見された。

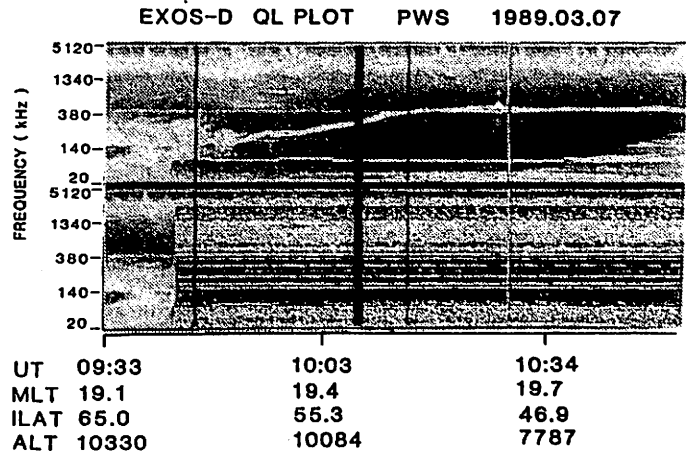


図1 EXOS-D (あけぼの) 3月7日PWS観測



小野 高幸 (極地研)、大家 寛\*\*、森岡 昭\*\* (東北大理)

RESULTS OF PLASMA SOUNDER EXPERIMENTS BY PWS ON BOARD EXOS-D  
(AKEBONO)

T. Ono\*, H. Oya\*\*, A. Morioka\*\*, H. Miyaoka\*  
(\* NIPR, \*\* Geophys. Inst. Tohoku Univ.)

The stimulated plasma wave experiments have been successfully carried out by PWS on board EXOS-D (Akebono). With 600Watt power impressed on the antenna, in the frequency range from 20kHz to 5MHz, the structures of the plasma distribution and excitation characteristics of the plasma waves in plasmasphere have been investigated.

The results are following:

- i) Detailed vertical profiles of the global scale of the plasmasphere are clarified.
- ii) Fine structure of the plasma distributions in the acceleration region of the auroral particles are clarified for the first time.
- iii) Plasma conditions for the instabilities have been studied in detail by measuring the amplification of the artificially transmitted plasma waves in the regions of the plasma turbulence.

所期の計画どおり、軌道に入ったEXOS-D (あけぼの) に搭載されているPWSでは、3月29日より、プラズマ波動励起実験を開始した。この励起実験では、最大ノミナル出力600 Wattで、20kHz-5MHzにわたり、60m tip to tipアンテナを用いて観測を実施している。また、AKR放射域等では、その周波数掃引域をせばめ高速周波数掃引を行って、プラズマ分布の微細構造を明らかにしようとしている。

観測結果は、以下のようにまとめられる。すなわち、

- i) 電離層の垂直分布が明確になった
  - ii) 特にAKR発生域のプラズマ分布の大規模な変動がはじめて明確にされた。
  - iii) 不安定プラズマ域で、放射されたプラズマ波動が種となり巨大波へと増巾される
  - iv) 非線形プラズマ波動の様相が判明し、自然プラズマ波動における非線形性と対比する事ができる
- 特に、極域と、赤道域でのプラズマ不安定域で、active実験を通じその不安定性の定量的性格が判明した事は大きな成果で、今後粒子計測と対比する事によって定量的な検討を経て新しい手法が築かれる事が期待される。

宮岡宏、 大家寛、 森岡昭、 小野高幸、 小原隆博  
 (極地研) (東北大・理) (極地研) (宇宙研)

ELECTROSTATIC WHISTLER MODE EMISSIONS OBSERVED WITH  
 EXOS-D (AKEBONO) SATELLITE

H. Miyaoka, H. Oya, A. Morioka, T. Ono, T. Obara  
 (NIPR) (Tohoku Univ.) (NIPR) (ISAS)

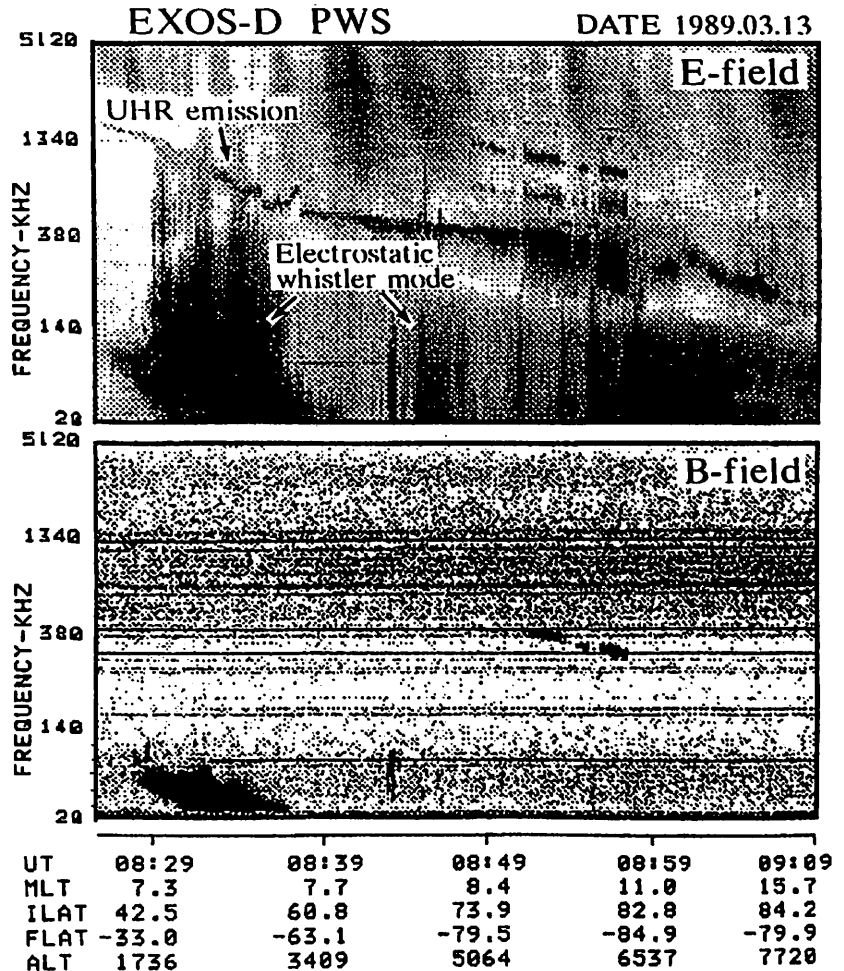
Electrostatic whistler mode emissions are frequently observed in the upper ionosphere and the magnetosphere with the PWS experiment on EXOS-D satellite. These emissions have the distinctive feature with intense broadband electric field component up to the electron cyclotron frequency, but with no detectable magnetic field corresponding to the electric field emissions. It is concluded, therefore, that these broadband emissions are identified as the electrostatic whistler mode waves which are expected from theoretical calculations.

EXOS-D衛星に搭載されたPWS装置では、tip to tip 60 mのワイヤーアンテナ(電界2成分)および60 cm角ループアンテナ(磁界3成分)を用いて、電界・磁界両成分につき周波数20 kHzから5 MHzにわたる広帯域を時間分解能1 sec、周波数分解能1 kHzとこれまでになく高精度でしかも高感度なプラズマ波動観測を実現している。3月4日、6日のアンテナ伸展以来、PWSによる初期観測によってすでに様々な現象が見えられつつあるが、ここではPWSの電界・磁界同時観測の結果実証された静電的ホイスラーモード波の存在について報告する。

図1は、3月13日にPWSが午前側で北半球から南半球の極域にかけて観測したプラズマ波動の電界(上段)および磁界成分(下段)のダイナミックスペクトル(周波数: 20 kHz - 5.12 MHz)である。08:29 から 08:39 (UT) にかけて、電界成分では20 kHzから380 kHzにわたる非常に広帯域でしかも強度の大きいプラズマ波動バーストが観測されている。これに対応する磁界成分では、30 kHz ~ 80 kHzでバンド状エミッションが観測されているが、電界成分に見られる広帯域バーストは受かっていない。さらに高緯度側のオーロラ帯から極冠域にかけても磁界成分を伴わない静電波バーストがより局所的に頻繁に観測されている。これらはいずれも上限がほぼ電子サイクロトロン

周波数でカットオフを受けていることから静電的なホイスラーモード波と同定され、ここにはじめて実証されることになった。

図1. EXOS-D/PWSで観測された静電的ホイスラーモード波のダイナミックスペクトル例。上下のパネルはそれぞれ電界、磁界成分のスペクトルを示す。



# "あけぼの" (EXOS-D) によるオーロラの 総観的観測。—— 現状と速報

金田栄<sup>1)</sup>、山本達人<sup>1)</sup>、林幹治<sup>1)</sup>、藤井良一<sup>2)</sup>、江尻全<sup>3)</sup>、門倉昭<sup>3)</sup>、佐々木進<sup>3)</sup>、  
巻田和男<sup>4)</sup>、小口高<sup>5)</sup>

<sup>1)</sup> 東大理、<sup>2)</sup> 国立極地研究所、<sup>3)</sup> 宇宙科学研究所、<sup>4)</sup> 拓殖大工、<sup>5)</sup> 名大空電研究所

## SYNOPTIC OBSERVATION OF AURORA BY AKEBONO (EXOS-D) -- PRESENT STATE AND QUICK REPORT

E. Kaneda<sup>1)</sup>, T. Yamamoto<sup>1)</sup>, K. Hayashi<sup>1)</sup>, R. Fujii<sup>2)</sup>, M. Ejiri<sup>2)</sup>, A. Kadokura<sup>2)</sup>, S. Sasaki<sup>3)</sup>,  
K. Makita<sup>4)</sup> and T. Oguti<sup>5)</sup>

1) GRL Univ. of Tokyo, 2) Nat. Inst. Polar Res., 3) Inst. Space Astronaut. Sci.,  
4) Fac. of Eng. Takushoku Univ., 5) Res. Inst. Atmosph. Nagoya Univ.

AKEBONO (EXOS-D) is equipped with an imager (ATV) for synoptic observation s of the aurora. ATV has two sensor channels, vacuum ultra-violet (UV) and visble (VIS). Main observational roles of each channel are as follows; Global distirbution of aurora and its conjugacy between northern and southern hemispheres (UV channel), Fine structures in regional auroral display and direct liaison with ground auroral observations (VIS channel). Thus, UV channel is operative at middle and high altitudes in orbital position and VIS is at around perigee heights. ATV has cleared functional checks on its electronic except for the high tension part. Now it is scheduled that ATV is set in observation from the beginning of April after sensor checks on end of March.

ホ12号科学衛星"あけぼの"(EXOS-D)に搭載されたオーロライメージャー(ATV)は、真空紫外域(λ: ~1000Å)と可視域(λ: 5577Å)でのオーロラの総観的観測を目的とする。真空紫外域(UV)及び可視域(VIS)センサーは、共に、その検出下限輝度は1KR以下である。亦、その視野は夫々、36°x36°及び30°x40°である。

一軸太陽指向・スピニング安定化方式の姿勢制御を行う"あけぼの"は、8秒のスピニング周期を有する。この枠上から、スナップショットにより、2次元画像の取得を遂げるATVに対して、衛星側は、デスパンプラットフォームの代わりに、半・逆スピンの回転速度を有するデスパンミラーを提供して居る。このミラーを通して観測を行う事により、ATVは撮像動作時に所要の信号蓄積時間を確保して居る。ATVの出力は、UV・VIS共に、18P(又は376) x 244画素構成、降調8ビットのデジタル画像であり、撮像間隔は、衛星の最高ビットレート(64Kbps)下で、最短32秒(単一波長モード下では16秒)である。

この様にATVは、衛星オーロラ観測に於いて、"きょこう"を嚆矢とする2次元画像スナップショット方式を継承すると共に、同衛星によって用いられ、その後多くの衛星によって有効性が確認されて居る。真空紫外撮像を機能の一部として保有して

居る。亦、画像の質並びに取得画像の時間分解能では、最近のVIKINGと同等以上のものがある。これに加えて、内之浦(KSC)、キルナ(ESRANGE)、カナダプリンストン・アルバートの北半球3局及び、昭和基地を加へた受信ネットワークは、データの取得を十分に保証するものであり、観測の成業には期待出来る。

ATVの観測では、センサーの特性上、UVでは、軌道上の中高度(~3000km)以上からの、オーロラのグローバル分布及び極冠域を中心とする南北共役性、VISでは、近地点附近の高度からのオーロラ微細構造及び地上観測との連絡等が期待されるが、特に、真夜中を中心とする領域に対するUV・VISの同時観測は、初の試みとして注目出来るものである。

ATVは、衛星打上げ後、低圧回路部の動作機能チェックを完了して居り、3月末の高圧印加試験終了後、4月初頭から観測パラメーターの最適化を行って、本格的な観測に入る予定である。

今回は、ATVの現状報告と、観測結果の速報を行う。

## II-39 昼間カスプ近傍の放射状オーロラの起源

小口 高、 中村 るみ  
名大空電研 東大理

### MAGNETOSPHERIC SOURCES OF RADIALLY STRUCTURED DAYSIDE AURORAS

Oguti T. and R. Nakamura

Res. Inst. of Atmospheric, Nagoya Univ., Geophys. Res. Lab., Univ. of Tokyo

Magnetospheric source regions of radially structured dayside auroras are examined using Tsyganenko-Usmanov(1982) and Tsyganenko(1987) magnetic field models. The sources are probably due to plasmoids which penetrate through the magnetopause into the boundary layers, at the magnetospheric flank or the entry layer.

昼間カスプ周辺にはときどき放射状のオーロラが現れることが知られている。その起源を知る為には放射状オーロラが現れる  
1)磁気圏及び太陽風の条件 2)昼間カスプ域でしばしば見られる局所的 expansion、あるいは磁気圏界面近傍で見られる特徴的な磁場変動(FTEとよばれる)などとの関係等、観測的に明らかにしなければならない点が多いが、その他、この種のオーロラが磁気圏のどこに対応するのかを見積るのも重要なポイントと考えられる。

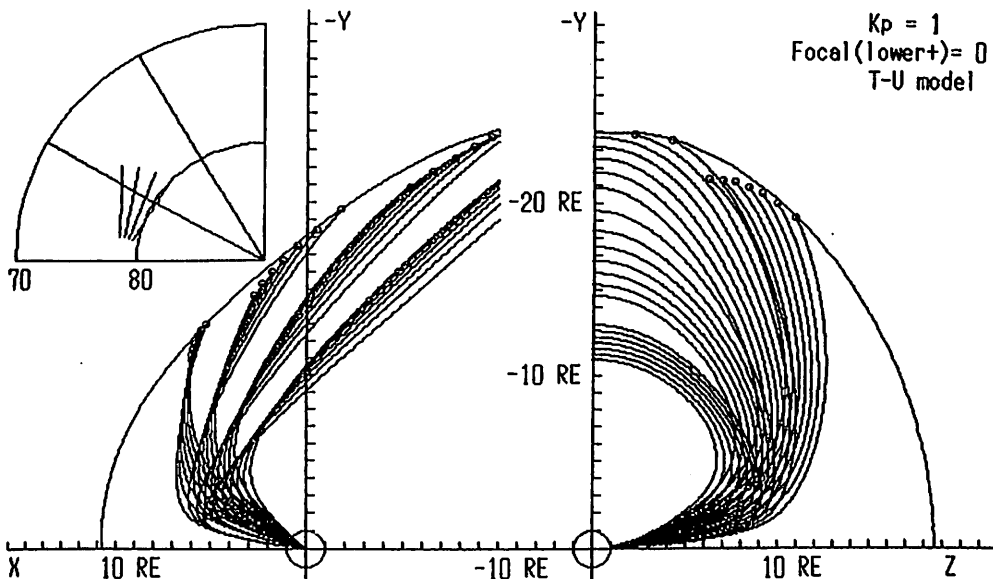
ここでは、Tsyganenko and Usmanov(1982)、および、Tsyganenko(1987)の磁場モデルを用いて、放射状オーロラに対応する磁気圏領域を調べた。

昼間の放射状オーロラは LLBLから Tail Flank にかけての領域に対応すると考える

のが妥当なようであるが、実際には高緯度の Entry Layer である可能性もあり、そのいずれであるかをこの磁力線トレースだけから云う事はできない。

にもかかわらずこの対応関係を昼間側の磁場変動やオーロラ活動などと総合的に考えれば、磁気圏界面での局所的な太陽風プラズマ(plasmoid)の磁気圏への侵入が放射状オーロラの起源であることを強く示唆している。但し、ここでPlasmoidと呼ぶのは、乱れた magnetosheath 中に存在し得る小さな o-type の磁場構造、または殆ど無磁場の plasmoid でなければならない。

図は、放射状オーロラを 1982 磁場モデル( $Kp=1$ )によって磁気圏赤道面、または、 $X=-10RE$  面に投影した一例である。



## II-40 極冠域オーロラとオーロラ吸収像

— グリーンランドにおける掃天リオメータ観測

山岸久雄<sup>1</sup>、 卷田和男<sup>2</sup>、 江尻全機<sup>1</sup>、 菊池崇<sup>3</sup>、 西野正徳<sup>4</sup>、 小島正宜<sup>4</sup>  
1: 極地研 2: 拓殖大 工 3: 通総研 平磯 4: 名大 空電研

### AURORAL ABSORPTION IMAGES ASSOCIATED WITH POLAR CAP AURORA — SCANNING BEAM RIOMETER OBSERVATION IN GREENLAND

H.YAMAGISHI<sup>1</sup>, K.MAKITA<sup>2</sup>, M.EJIRI<sup>1</sup>, T.KIKUCHI<sup>3</sup>, M.NISHINO<sup>4</sup> and M.KOJIMA<sup>4</sup>  
1: National Inst. Polar Res. 2: Takushoku Univ. 3: Communication Res. Lab.  
4: Nagoya Univ., Atmospherics Res. Lab.

Auroral TV and scanning-beam riometer observation was carried out at Godhavn (77° INV), Greenland in the period of September 1988 - February 1989. The riometer observed the sky with two sets of 8 fan-beams aligned in the geomagnetic north-south and east-west directions within a zenith angle of 42°. In order to obtain an approximate absorption image from the riometer data, absorption intensity measured by each N-S fan-beam was distributed in E-W direction according to an absorption profile obtained by E-W fan-beams. The obtained absorption image of 8×8 piccells was compared with an auroral image observed by all-sky TV camera. It was found that a luminous region corresponded well with an area of strong absorption for an active auroral display at the time of poleward auroral expansion.

われわれは昭和基地、掃天リオメータによるオーロラ吸収の観測を通じ、オーロラ帯における数10keV以上の高エネルギー粒子の降り込み領域と、オーロラ発光領域の相互関係を調べてきた。現在更に高空間分解能のオーロラ吸収画像観測器(イメージングリオメータ)の開発を進めているが、その一段階として一次元パトラマトリクスを用いた、扇状ビーム掃天型リオメータを1988年9月、デンマーク気象研究所の協力を得てグリーンランド、ゴットハーブン(77° INV)に設置した。本講演では(1)上記装置により観測された極冠域オーロラ吸収の一般的特性(2)直交する扇状ビームによる観測から吸収の二次元分布を求める方法、(3)そのようにして得られた吸収像とオーロラ像の比較について述べる。

#### (1) 極冠域オーロラ吸収の一般的特性

オーロラ帯の吸収は、(A)オーロラの poleward expansion, westward traveling surge 中にみられるプラズマシート起源の多量の高エネルギー粒子の降り込みに起因するもの、(B)朝側パルセーティングオーロラ中に見られる、trapped particle の降り込みに起因するものに大別できるが、極冠域においては(A)型のみ存在する。極冠域の吸収量は1~2dBであり、オーロラ帯吸収が6~7dBに達するのに比べ著しく小さい。また極冠域の(A)型吸収は通常、真夜中 poleward expansion の poleward edge として観測されるが、一方、朝方04MLT~06MLTでも観測され、後者については、高エネルギー粒子の生成領域、オーロラ帯からどのように伸展してきたか興味もたれる。またオーロラ発光があるが、吸収が伴わない(極めて小さい)ものとして夕方~真夜中の discrete aurora, 朝方の sun aligned arc があげられる。

#### (2) 直交扇状ビームによる、吸収二次元分布の求め方

ゴットハーブンに建設したリオメータは天頂角45°の範囲の天空を東西、南北各8本の扇状ビームで分割して観測する方式である。各ビームで観測される帯状

領域の吸収を、直交するビームの吸収量分布を参照して空間的に比例配分したものを、二次元分布の出発値とする。これを各ビーム視野に沿って積分したものを観測値と比較し、誤差分を再配分する。この繰り返しにより、観測値と矛盾しない、最も妥当な二次元分布が求まる。図1は、1988年9月23日01:56~58UTに出現した(A)型吸収とオーロラ像の比較例である。

#### (3) 吸収像とオーロラ像の関係

(A)型吸収について調べた結果、オーロラが最も active な stage では、オーロラ発光域と吸収領域はほぼ一致することがわかった。上記以外の stage では、観測視野内(半径90km)において、オーロラ発光と吸収は同時に出現しているが、分布は一致しない。

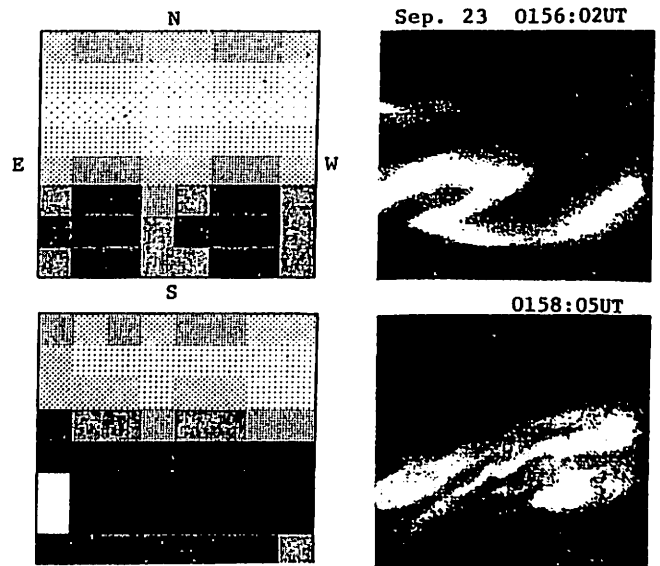


Fig.1 Left panels show auroral absorption images obtained from a scanning-beam riometer observed on September 23, 1988. A dark color represents strong absorption. Each piccell corresponds to an area of 20 km × 20 km. Right panels show auroral form observed by an all-sky TV camera at the same time.

# オーロラ・ステレオ観測の画像解析

麻生武彦<sup>\*</sup>・橋本岳<sup>\*</sup>・安陪稔<sup>\*</sup>・江尻全機<sup>\*\*</sup>・小野高幸<sup>\*\*</sup>

( \* 京大工、 \*\* 極地研 )

## A METHOD OF IMAGE ANALYSIS FOR THE AURORA STEREO OBSERVATION

T. Aso<sup>\*</sup>, T. Hashimoto<sup>\*</sup>, M. Abe<sup>\*</sup>, M. Ejiri<sup>\*\*</sup> & T. Ono<sup>\*\*</sup>

\* Kyoto University, \*\* National Institute of Polar Research

A method for the reconstruction of three dimensional auroral luminosity structures from monochromatic aurora images obtained by the stereo TV system was investigated. In the present "inverse problem", a luminosity model function is assumed and its parameters are estimated by the nonlinear least squares method. Numerical calculation and analysis for the data obtained by JARE-25 wintering party indicate that the parameter estimation gives reasonable values for the assumed model.

第25次南極観測において、オーロラ CCD TVカメラを用いた単色光観測が行なわれ、異なる光の波長に対するオーロラ高度の決定のため、昭和基地と S16あるいは Langhovde間の二点からのステレオ立体観測が試みられた。本研究では、これらのデータをもとに、さらに進んでオーロラの三次元的発光形態の推定を目的とし、二次元投影として得られた画像データから、発光の三次元構造を再構成する逆問題の適切なアルゴリズムを得ようとするものである。

まず、画像上の各点とその方位、仰角の関係を与えるカメラモデルを、観測時の星による較正画像と星の位置データをもとに得る。この場合、最小二乗法を用い、カメラ系の特性や歪みの補正を含めた変換式の係数を定める。結果を確かめるため、オーロラのステレオ観測画像についてその発光高度の推定を試み、対応点の同定が比較的容易なアーク下端の高度としておよそ 100 km の値を得ている。

次に、オーロラの発光領域の構造を表わす Luminosity関数 [photons/m<sup>3</sup>·s] を再構成する手法について略述する。一般の CT (Computed Tomography) の解析手法は、観測地点の数が少ないことから、直接適用することは困難であり、ここでは、モデル関数を仮定し、そのパラメータを非線形最小二乗法により推定するアルゴリズムを用いる。即ち、発光構造として、磁力線に沿った二次元モデルを考え、高度についてチャップ

マン型の、また磁気子午面内で磁力線に直角な方向についてはガウス型の構造を仮定する。各画素のグレイレベルは視線に沿うオーロラ発光の積分となるので、画像の或る範囲について積分値と観測値との差の2乗和が最小になるように、関数の中心位置乃至広がり幅を推定する。図1は1984年9月21日22時11分の波長5577 Å (バンド幅70 Å) のオーロラ・ステレオ画像について得られた結果の例を示す。図において高度方向のピークは108 km、広がり(e<sup>-1</sup>幅)はおよそ25 kmとなっている。数値シミュレーション結果では、図の場合のようなモデルおよび観測点の配置に対しては、元の形がほぼ正しく復元されており、全天カメラその他の情報をもとに適切なモデルを仮定することにより有意な結果を得ることが可能となっている。今後は、さらに種々のデータについて解析を試み、アルゴリズムの検討を重ねる。

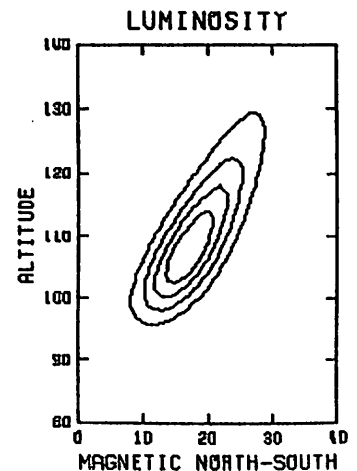


図 1.

平澤 威男  
国立極地研究所

Cosmic noise absorption (CNA) at the time of ssc's in the polar region

Takeo Hirasawa  
National Institute of Polar Research

It has been noted that there are two kinds of ssc associated CNA events at auroral latitudes; one is the daytime CNA which is originated from the precipitating particles caused by the magnetospheric compression associated with ssc and the other is the nighttime CNA which is associated with a substorm. To study the characteristics of the daytime and nighttime CNA with ssc we analyzed 420 selected ssc events at Syowa from 1976 to 1987.

ssc に伴う極域の電離層吸収(CNA)現象には2種類あるとされている (Fig. 1 参照)。即ち、地球磁気圏の急激な圧縮により粒子が加速され、電離層に降下し、吸収を起こす昼間側の現象 (daytime CNA, Type-A)とsscの衝撃により夜側に substorm が励起され、それに伴う電離層吸収 (nighttime CNA, Type B)である。これらの吸収現象の特性をさらに詳しく調べるため、南極昭和基地にデータを用い、1976年~1987年(12年間)に観測された約420 ssc現象について統計的解析を行った。その結果の概要は次の通りである。

1. Fig. 2に Type A 及び Type B CNA の出現頻度の地方時(Geomag. LT)依存性をしめす。Type Aは 9h ~12h GLT 頃に出現頻度が最大となり、06h ~ 18h GLTに主として観測される昼間側の現象である。他方 Type B は夜側の現象である。但し、CNA 現象が sscに随伴するのは約 50 %で、残りの 50 %は sscに伴うCNA は極域でも観測されない。この現象を規制する他の原因があるものと考えられる。なほ、この解析において現象の有無は吸収量0.1 dBを基準とした。
2. Fig. 3に Type-A (daytime)CNA 吸収量(0.1 dB 以上)の地方時依存性、また Fig. 4に ssc の振巾 1nTに対応する吸収量( $\times 10^3$  dB/nT)の地方時依存性を示す。これらの図から Type-A CNA は明らかに昼間側(06h ~ 18h GLT)の現象で昼間側では Type-A CNA を成起させ易いなんらかの物理的状態があることがわかる。
3. Fig. 5に ssc 振巾(中緯度3観測点の振巾の平均)に対する Type-A CNA の変化を示す。あきらかに sscの振巾にほぼ比例してCNA 吸収量が増加している。

上記結果をもとに Type-A CNA の発生機構を検討を加える。

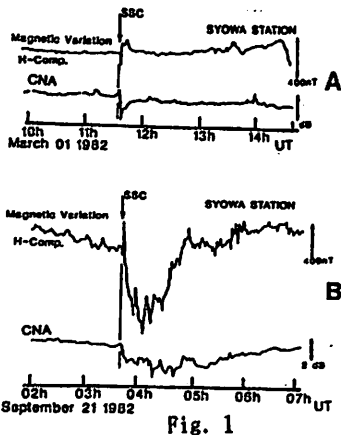


Fig. 1

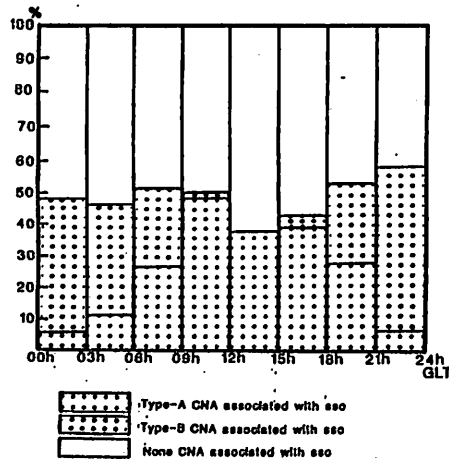


Fig. 2

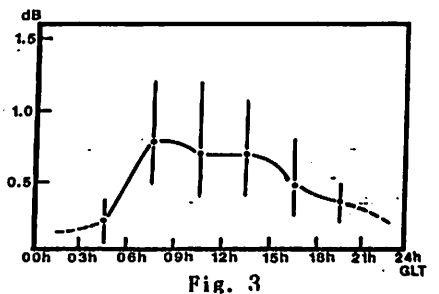


Fig. 3

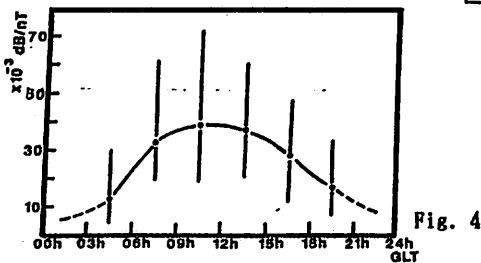


Fig. 4

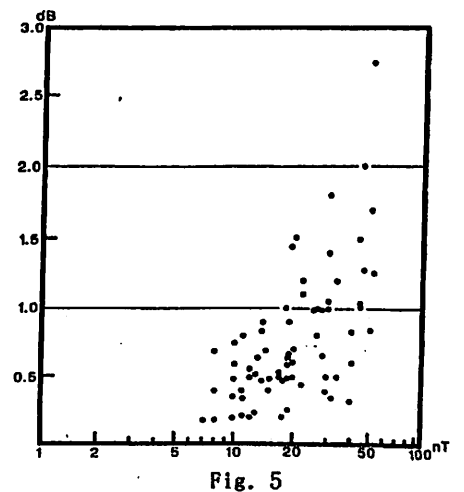


Fig. 5

## II-43 低エネルギー電子降下 (LEEP) 現象と パルセイティングオーロラとの関係

中島英彰<sup>1</sup>、 福西 浩<sup>1</sup>、 小野高幸<sup>2</sup>、 F. J. Rich<sup>3</sup>

1: 東北大・理、 2: 極地研、 3: AFGL

### Relationships Between Low Energy Electron Precipitation (LEEP) Events and Pulsating Auroras

H. Nakajima<sup>1</sup>, H. Fukunishi<sup>1</sup>, T. Ono<sup>2</sup>, and F.J. Rich<sup>3</sup>

1: Upper Atmosphere and Space Research Laboratory,  
Tohoku University

2: National Institute of Polar Research

3: Air Force Geophysics Laboratory

From the DMSP-F6 and -F7 particle data, a new type of low energy electron precipitation events has been found in diffuse aurora regions. By comparing the DMSP particle data with simultaneous ground-based TV camera data, we have found that LEEP events occur at the edge of pulsating auroral patches and that they carry intense field-aligned currents. It is also found that LEEP events occur at the maximum to recovery phase of magnetospheric substorms. From these characteristics of LEEP events, it is strongly suggested that LEEP events are generated by localized acceleration and heating of ionospheric electrons in the magnetosphere-ionosphere coupling system.

我々は、DMSP-F6/F7粒子データから、特徴的な低エネルギー電子降下現象を発見し、LEEP現象と名付けた(1)。1984年9月1-15日と1986年9月1-30日の45日間について、DMSP全粒子データから413例のこの現象を選び出し、DMSP画像・磁場データを合わせ、その性質を詳しく調べた結果、この現象は次のような特徴を持っていることが明らかとなった。

1) この現象は、非常にせまい(衛星高度で $\sim 20-30$  km)領域に低エネルギー( $\sim 100-500$  eV)の電子が大量(number fluxで $\sim 10^9$  cm<sup>-2</sup>sr<sup>-1</sup>sec<sup>-1</sup>)に降下する現象である。

2) この現象は、20hMLTから11hMLTまでの夜から朝側のディフューズオーロラ領域に、サブストームの最盛期から回復期にかけて出現する。

3) この現象に伴って、強く( $\sim 2$   $\mu$ A m<sup>-2</sup>)、しかも非常にせまい領域(衛星高度で数10 km以下)に限定された鉛磁力線電流が流れている。

さらに、この現象のDMSP衛星と地上オーロラTVカメラ(昭和基地及びその磁気共役点であるフッサフェル)との同時観測例を調べたところ、1984~86年の3年間で3例の同時観測例が見つかった。それらの例を詳しく解析することにより、以下のことが明らかとなった。

まず、LEEP現象に伴って、地上からはパルセイティングオーロラが観測されていること。そして、この現象はパルセイティングパッチの端に存在し、同時に強い上向き沿磁力線電流を伴っていること。さらに、その近傍には、前記の電流とペアとなる下向き沿磁力線電流が流れていることである。また、パルセイションのon-offに伴って、比較的高エネルギー( $\sim 10$  keV)の電子降下の増減も併せて観測された。

以上のことを合わせて考えると、この現象はパルセイティングオーロラのパッチ形成機構、あるいはパルセイション機構そのものと深く関わっていることが示唆される。

このような低エネルギー電子の供給源としては、1つの仮説として、電離層起源の電子が、サブストーム時に下向き沿磁力線電流のキャリアーとして磁気圏に運ばれ、それらが磁気圏のパッチ構造の端でなんらかの加速・加熱を受けて再びディフューズオーロラ中に降下してきたものと考えられることができる。

#### 参考文献

(1) H. Nakajima et al., 第84回SGEPSS講演予講集



LFオーロラヒスの強度計算:

オーロラ粒子による incoherent cerenkov radiation

田中泰義<sup>1</sup>、森岡昭<sup>1</sup>、福西浩<sup>1</sup>、大家寛<sup>1</sup>、向井利典<sup>2</sup>、賀谷信幸<sup>3</sup>

1: 東北大理学部、2: 宇宙科学研究所、3: 神戸大工学部

A CALCULATION OF THE INTENSITY OF LF AURORAL HISS GENERATED BY INCOHERENT CERENKOV RADIATION BY AURORAL ELECTRONS

Y. Tanaka<sup>1</sup>, A. Morioka<sup>1</sup>, H. Fukunishi<sup>1</sup>, H. Oya<sup>1</sup>, T. Mukai<sup>2</sup>, N. Kaya<sup>3</sup>

1 Faculty of Science, Tohoku University

2 Institute of Space and Astronautical Science

3 Faculty of Engineering, Kobe University

We have calculated the intensity of LF auroral hiss assuming that it is generated by precipitating electrons through an incoherent radiation process in the topside ionosphere. Although the intensity of VLF hiss generated through this process is several orders of magnitude low compared with the intensity of hiss emissions, it is found that the intensity of LF hiss observed on EXOS-C is consistent with the intensity calculated using simultaneous particle data.

LF帯のオーロラヒスの生成メカニズムや伝搬特性については、まだ詳しく解明されていない。我々はLF帯のホイッスラーモード波が存在する高度数百kmを飛翔する極軌道衛星EXOS-C (Ohzora)の観測データを用いて、LF帯のオーロラヒスについて解析を行っている。前回の発表において、極域で観測されるLFオーロラヒスのダイナミックスpektrumには、V型と逆U型の2つのタイプがあり、それはトップサイド電離層の電子密度構造によって作りだされていることを報告した。今回は、LFオーロラヒスの発生メカニズムとして、incoherent cerenkov radiationを

考え、オーロラヒスの強度を計算してみた。図1は1984年5月29日にEXOS-Cにおいて観測されたLFオーロラヒスのスペクトルである。001131M10Sにおけるヒスの強度は $f = 400 \text{ kHz}$ で $4.1 \times 10^{-15} \text{ W/Hz/m}^2$ である。一方、同時に観測された粒子データ(図2)を用いて計算されるincoherent cerenkov radiation機構により発生した波の強度は $3 \times 10^{-15} \text{ W/Hz/m}^2$ (図3)であり、よく一致している。

従って、いままでVLF帯のオーロラヒスに関しては、その強度は観測値より約2桁下まわっていると報告されているが、EXOS-Cで観測されたLF帯のオーロラヒスでは、その傾向はみられないことになる。ただし、この計算ではray pathに沿った波の増幅・減衰は考えていない。講演では、それらの効果を含めて強度計算結果を示す。

EXOS-C PPS/MPV  
DATE 1984/ 5/ 29 REV 1557



図1 EXOS-Cで観測されたLFオーロラヒス

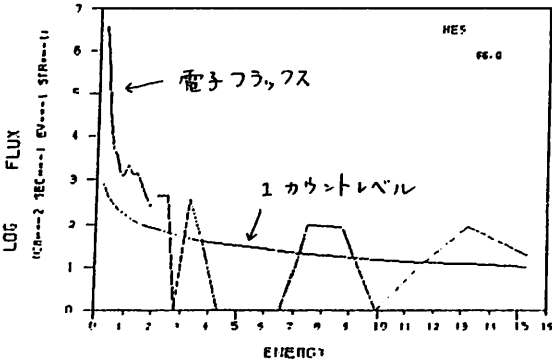


図2 00H31M10Sに観測された電子フラックス

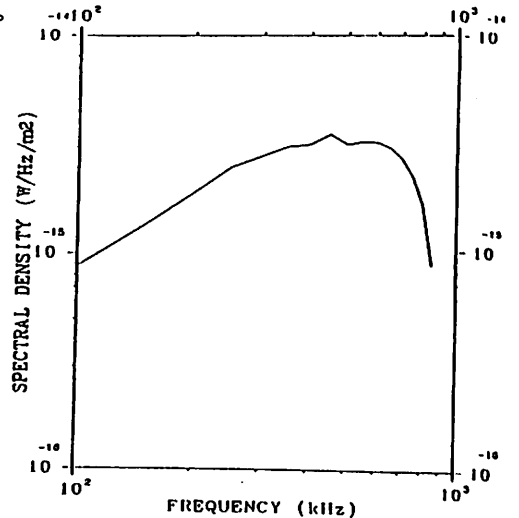


図3 図2の電子フラックスを用いて計算されたLFオーロラヒスの強度

# II-45 カスプ周辺における電子降下と沿磁力線電流

田口 聡、杉浦正久（京大理）、J.D. WINNINGHAM (SRI)

ELECTRON PRECIPITATION AND FIELD-ALIGNED CURRENTS NEAR THE DAYSIDE CUSP

S. TAGUCHI and M. SUGIURA

Geophysical Institute, Faculty of Science, Kyoto University, Kyoto, Japan

J.D. WINNINGHAM

Department of Space Science, Southwest Research Institute, San Antonio, Texas, U.S.A.

The latitudinal range of electron precipitation in the field-aligned current region near the dayside cusp when  $|B_y| \geq 5$  [nT] and  $|B_z| \leq 5$  [nT] is studied, using the Dynamics Explorer 2 data. It is shown that the region of precipitating electrons is related to the distribution of field-aligned current near the cusp. When the dominant field-aligned current region consists of an upward current in the poleward part and a downward current in the equatorward part, the cusp electrons are observed in both of these two parts. When the directions of these currents reverse, the cusp electrons are in most cases not observed in the poleward part, i.e. the downward current region. These distributions of field-aligned current are related to the distributions of the electric fields in the magnetosphere which are dependent on the sign of IMF  $B_y$ . A possible explanation for the difference in the relationship between the cusp electron precipitation and the field-aligned current distribution is presented in terms of electric fields in the entry layer and the electron acceleration involving in these electric fields.

Dynamics Explorer 2 衛星の磁場、降下電子 (pitch angle  $15^\circ$ ) のデータに基づいて、カスプ電子の降下領域と沿磁力線電流領域との関係を調べ、さらにその解釈を行う。

惑星間空間磁場の Y 成分の依存性に注目するため、 $|B_y| \geq 5$  [nT]  $|B_z| \leq 5$  [nT] を満たすデータを用いた。図は、横軸に INV.LAT. 縦軸に MLT をとって、カスプ周辺の大規模な沿磁力線電流の観測される領域とカスプ電子の降下領域を示したものである。観測は必ずしも MLT の子午面に沿ってなされていないが、見やすくするために磁場変動の最大のピークが観測される MLT でデータがプロットされている。By > 0 の時は最も高緯度の上向きの沿磁力線電流とその低緯度側の下向きの沿磁力線電流が主要な電流系であり、By < 0 のときは逆に最も高緯度の下向きの沿磁力線電流とその低緯度側の上向きの沿磁力線電流が主要な電流系である。これらは、これまでの観測結果と一致している。カスプ電子の降下領域と沿磁力線電流領域の関係については、By > 0 の時と By < 0 の時で電流分布に応じて明かな違いがみられる。By > 0 の時は、23 例のうち 20 例でカスプ電子が観測されているが、そのうち 17 例で高緯度側の上向きの沿磁力線電流とその低緯度側の下向きの沿磁力線電流の両方の領域にカスプ電子が観測されている。それに対して、By < 0 のときは、カスプ電子が 29 例すべてで観測されているが、そのうち 22 例では、高緯度側の下向きの沿磁力線電流の領域にはカスプ電子が観測されていない。更にこの 22 例のうち 21 例がカスプ電子降下の極側の境界が上向きと下向きの沿磁力線電流の境界に一致している。直接にカスプ電子降下の緯度幅を比較すると、By < 0 の場合は、By > 0 の場合よりも明かに狭いこともわかった。

降下電子の緯度幅は、IMF  $B_z$  が小さくなれば狭くなると考えられているが、ここでの  $|B_y| \geq 5$  [nT] と  $|B_z| \leq 5$  [nT] のデータの IMF  $B_z$  の分布には大きな偏りはない。カスプ電子降下と沿磁力線電流分布との密接な関係の一つの解釈として、沿磁力線電流による磁場変動と電場は非常に相関が良いので直接的な原因としては沿磁力線電流の分布よりむしろ電場を考えることにする。By > 0 の時は磁気圏では高緯度向きの電場があり、By < 0 の時は磁気圏では低緯度向きの電場があると考えられる。この電場が磁気圏境界面での磁力線のつなぎかえの後の open の磁力線上で生じていると考え、Lyons (1980) の磁気圏電離層結合における電子加速のモデルを応用することにより解釈を行う。

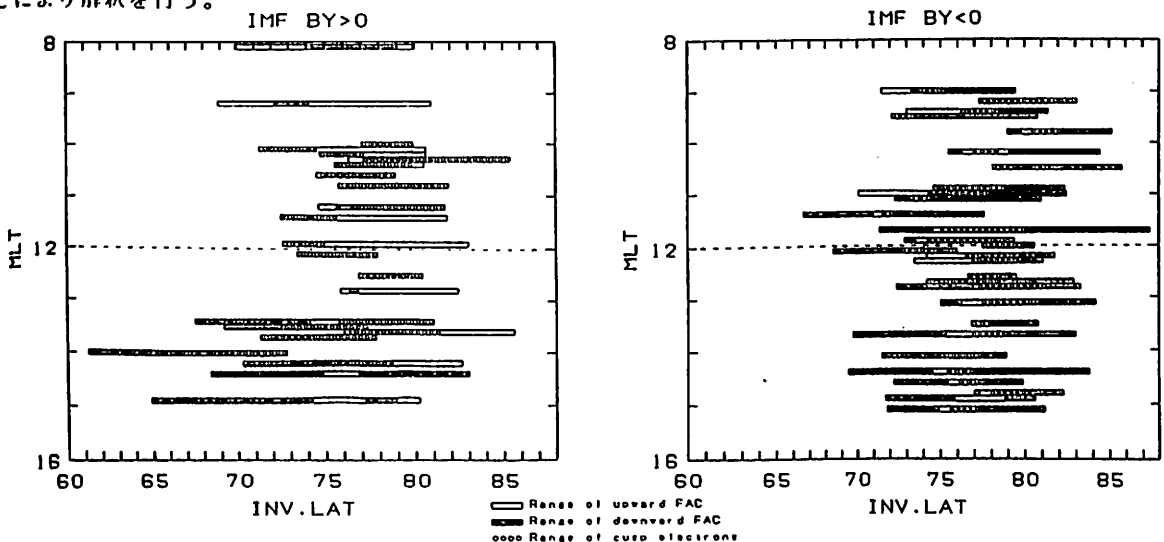


Figure 1. Distributions of field-aligned currents and cusp electrons for positive and negative  $B_y$ . Shaded and open bars represent latitudinal ranges of downward and upward field-aligned currents, respectively. A row of small circles shows the latitudinal range of cusp electron precipitation. The ordinate of each horizontal bar indicates the magnetic local time of maximum current intensity. Thus the ordinate and abscissa of each bar do not represent the spacecraft coordinates along the orbit.

# DE-2の観測による 沿磁力線電流領域における電場と磁場の擾乱の相関

<sup>1</sup>石井 守 · <sup>1</sup>杉浦正久 · <sup>1</sup>家森俊彦 · <sup>2</sup>N. C. Maynard · <sup>3</sup>J. A. Slavin  
<sup>1</sup>京都大理 · <sup>2</sup>AFGL · <sup>3</sup>GSFC

CORRELATION BETWEEN THE PERTURBATIONS IN THE ELECTRIC AND MAGNETIC FIELDS  
 ASSOCIATED WITH FIELD-ALIGNED CURRENTS AS DEDUCED FROM THE DYNAMICS EXPLORER-2 OBSERVATIONS

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

<sup>1</sup>Department of Geophysics, Kyoto University, Kyoto 606, Japan  
<sup>2</sup>Air Force Geophysics Laboratory, Hanscom Air Force Base, MA 01731, U.S.A.  
<sup>3</sup>Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD 20771, U.S.A.

Analysis of the DE-2 observations of the magnetic and electric fields associated with field-aligned currents indicates that the north-south electric field fluctuations,  $E_x$ , are, in general, closely correlated with the east-west magnetic field fluctuations  $\Delta B_z$ . The ratio  $\Delta B_z/E_x$  is found to have little variation with scale length for those sets of data to which high-pass filters having large cut-off periods are applied. While for those data obtained using high-pass filters with short cut-off periods, the same ratio is found to have significant dependence on scale length. The cause of change in the ratio with spatial scale length is investigated.

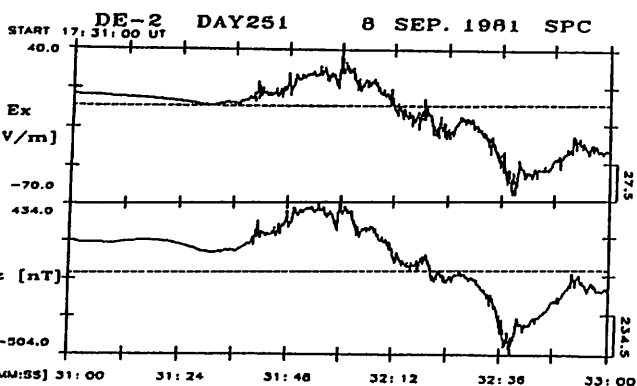
沿磁力線電流において、電場の南北成分  $E_x$  と磁場擾乱の東西成分  $\Delta B_z$  (観測値から主磁場を除いた値) との間には高い相関があることが以前より報告されている。その原因として Gurnett et al. (1984) は、DE-1 による観測結果を用いて2つのモデルを与えた。1つは Static model で、電場と磁場の擾乱の比  $\Delta B_z/E_x$  は Pedersen conductivity  $\Sigma_p$  に対応する。もう1つは Alfvén wave model で、比  $E_x/\Delta B_z$  は Alfvén wave velocity  $V_a$  に対応している。前回の学会では比較的大きな時間、及び空間的スケールにおいては Static model が支配的であり、擾乱の比  $\Delta B_z/E_x$  は IRI-86 model によって計算される  $\Sigma_p$  と良く対応することを示した。また、小さなスケールになるにつれ、比の値が変化する傾向がみられた。今回は更にデータの個数を増

やして、この変化の原因について物理的及び解析的側面より、いくつかの可能性を考察し、各々について検証していくことにする。この原因として、1つには、小さなスケールでは Alfvén wave model の占める割合が増加するために比の値が変化すると考えられる。これを確かめるために  $V_a$  を観測値から計算し、比の値と比較する。

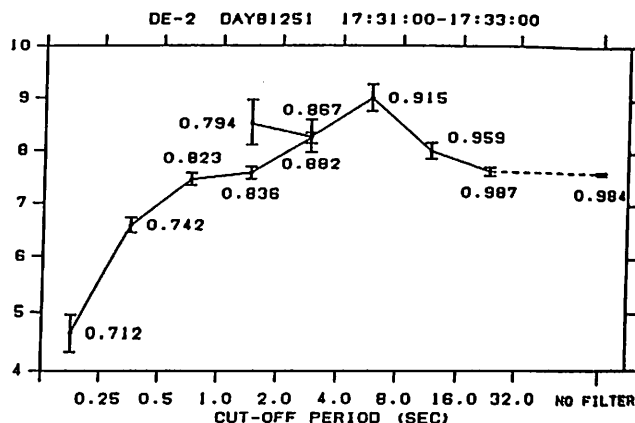
また、衛星の軌道に沿って  $\Sigma_p$  が大きく変化して、かつ、小さなスケールの擾乱が1ヶ所に偏っているときには、小さなスケールではその地点での  $\Sigma_p$  の値が支配的になってくるために、Static model でも比の値が変化する可能性がある。これを確かめるために、微小擾乱の存在する地点での  $\Sigma_p$  と比の値を比較する。

< Reference >

Gurnett, D.A., et al., Correlated low-frequency electric and magnetic noise along the auroral field lines., J. Geophys. Res., **89**, 8971, 1984



電場と磁場の擾乱の観測例



時間的・空間的スケールに対する  $\Delta B_z/E_x$  の値の変化  
 横軸は High-pass 及び Band-pass filter の cut-off period [sec]  
 0.25 ~ 4.00 sec については sampling rate 62.5 msec<sup>-1</sup> のデータ、  
 2.00 ~ 32.00 sec については sampling rate 500 msec<sup>-1</sup> のデータを用いた。  
 図中の数値は相関係数

# II-47 DMSP 衛星による朝側極冠域アークの観測

塩川和夫、 福西浩、 小野高幸  
(東北大理) (国立極地研究所)

## Morningside Polar Cap Arcs Observed by the DMSP F6 and F7 Satellites

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

<sup>1</sup> Upper Atmosphere and Space Research Laboratory, Tohoku University

<sup>2</sup> National Institute of Polar Research

Although there have been a number of studies on polar cap arcs, it is still unclear whether various types of morning sector polar cap arcs have a common source region or not. To answer this question, we have analyzed particle and aurora image data obtained from the DMSP -F6 and -F7 satellites. First, we have calculated the intensity of auroral emissions using the observed downward electron fluxes to show that the fluxes of precipitating electrons are sufficient for the formation of auroral arcs. Then we have fitted the accelerated Maxwellian distribution function to the observed electron energy spectra to infer the electron density and temperature of the source region in the magnetosphere. The difference between region 1 arcs and polar cap arcs are discussed based on these results.

極冠域アークは Ismail and Heng (1982) らによって、形態的な面からいくつかに分類されており、その磁気圏における Source 領域の同定に関してもこれまで様々な研究がなされてきたが、はっきりした結論は得られていない。特に朝側極冠域においては、カスプ領域付近からのびてきたアークと、朝側オーバルからのびてきた sun-aligned なアークが観測されるが、これらのアークの source の違いについてはこれまで明らかにされていない。このような研究においては、地上オーロラ～衛星粒子、あるいは衛星オーロラ～衛星粒子等によるアークと降り込み電子の 1 対 1 の対応づけが必要になってくるが、観測例が少ないために定量的かつ統計的な議論は困難であった。

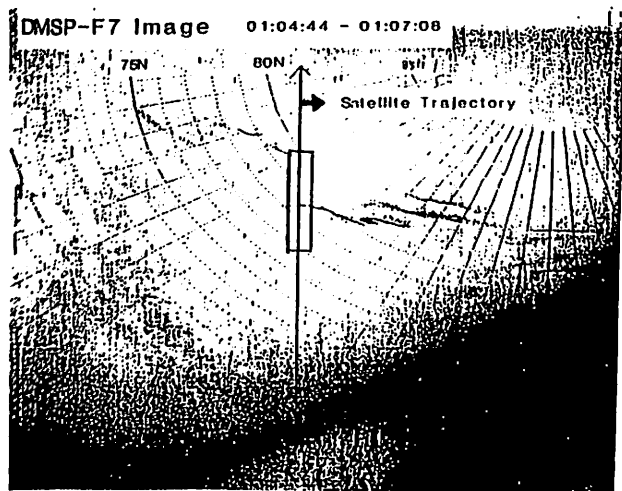
そこで本研究では、DMSP 衛星で観測された電子の降り込みから、モデル計算を使ってオーロラの発光量を定量的に求めることにより、アークを形成する朝側極冠域の電子の降り込みを pick up し、さらにその電子のエネルギースペクトルに

accelerated Maxwellian 分布を fitting することによって、朝側極冠域に出現するアークの、磁気圏における source の電子温度と密度を推定する。

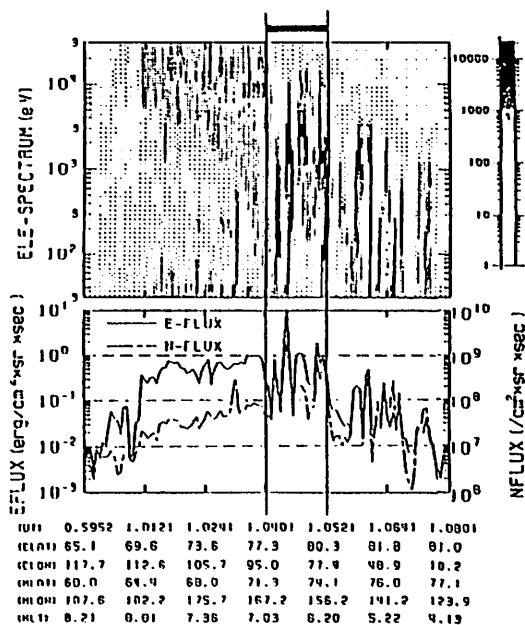
Figure 1 (a), (b) は典型的な朝側極冠域アークの例であるが、太線でかこんだ MLT 6~7 時付近のアーク構造に対応して、ピークエネルギーが 2 keV の inverted-V like な電子の降り込みが観測されていることがわかる。講演では 5577 Å、6300 Å、N<sub>2</sub>(1PG) (可視域) に対する発光量の計算と、source 領域の電子温度、密度の推定を、このようなアークに対して統計的に行った結果を示す。

### Reference

Ismail, S. and C-I. Heng, PSS, vol. 30, 319-330, 1982.



(a)



(b)

Figure 1 Typical example of morning sector polar cap arcs (a) and simultaneous precipitation of electrons (b) observed by DMSP-F7 on January 8, 1986

FILED-ALIGNED CURRENTS AND ASSOCIATED TOTAL MAGNETIC FIELD DEPRESSION  
IN THE NIGHTSIDE MAGNETOSPHERE OBSERVED BY IMP-EYE

Tatsundo Yamamoto\* and Ronald P. Lepping

\* Geophys. Res. Lab., Univ. of Tokyo, Tokyo 113, Japan  
\*\* code 695, NASA/GSFC, Greenbelt, MD 20771, U. S. A.

We have surveyed all the magnetic field data from the IMP-EYE spacecraft during the time when it traversed the nightside magnetosphere at a radial distance smaller than  $\sim 13 R_E$ , in order to identify field-aligned currents (FAC). Out of a total of 312 orbits, about 200 orbits are on the nightside, and during these more than 500 FAC events are identified. They are most likely small size FAC (i.e., they appear to be thin sheets) and are found to be associated with substorms. Frequently, they coincide with a decrease in the total magnetic field strength which is due to the diamagnetic effect of hot plasmas. The expansion of the plasma sheet and/or the injection of hot plasmas, occurring during the course of a substorm in the magnetotail, clearly correlates with our observations. The current sheets often appear as a pair of opposite polarity fields. This could indicate that these currents close over a small volume. Further, we have determined the current sheets alignment by using the minimum variance method. The results show that these substorm associated currents are roughly aligned with the auroral oval with considerable deviations. We will present the statistical features of these FACs in the nightside magnetosphere and will discuss a possible interpretation in conjunction with substorm associated plasma sheet expansion and hot plasma injection.

Acknowledgments. This study was done when one of the authors (T.Y.) was on leave for NASA/GSFC. He acknowledges the receipt of a Universities Space Research Association Grant (NAG 5-880, NAS 5-30442).

# Dawnside Auroral Phenomena Observed by using the Monochromatic Auroral TV Cameras

H. Minatoya<sup>1</sup>, T. Ono<sup>2</sup>, T. Hirasawa<sup>2</sup>, T. Yoshino<sup>1</sup>  
 1. Univ. of Electro-Com. 2. Natl Inst. of Polar Res.

## Introduction

Dawnside auroral phenomena observed by three sets of monochromatic auroral TV cameras were analyzed to obtain the morphology of auroral particle precipitations. Observations of monochromatic auroral images were carried out from April to September in 1984 at Syowa Station in Antarctica. Three sets of TV cameras were used simultaneously to observe auroral images at the principal auroral emission lines such as 5577 Å (OI), 6300 Å (OI), 4861 Å (Hβ), 4278 Å (1N N<sub>2</sub>), and Band emission (6000~8000 Å; 1P N<sub>2</sub>). Digital auroral images were obtained at high time resolution (about 1~2 second) in PCM format. The high time resolution of the TV camera made it possible to analyze the pulsating auroras which are commonly observed in the dawnside auroral oval by using the digital image processing tools.

## Data analysis

- 1) First we classified the auroral phenomena with respect to shape and motion of auroras based on the 1min averaged 5577 Å image data base. We defined three types of auroral activities in dawnside.
- 2) For each auroral types as mentioned above, we examined the relation between the region of pulsating 5577 Å aurora and other auroral photoemission patterns.

We used the entire data base which were obtained on July 5, 26 and 27 in 1984. The simultaneous observations of the magnetic field data (H component), the photometer data (5577 Å, 4278 Å) and all-sky photograph data clearly show the appearance of pulsating auroras following an auroral break up.

## Results

We defined three types of auroral activities as follows.

- 1) N-S structure type: north-south structured auroral form. A part of them moves westward.
- 2) Ω band type: sharp edge like a letter 'Ω' moving eastward.
- 3) Pulsating arc type: arc structures directed in east-west and reveal pulsating feature.

6300 Å and Hβ auroras were examined comparing the 5577 Å auroral form defined above as illustrated in Figs. 1, 2, and 3. Each features of the relations are as follows.

- 1) N-S structure type: N-S structured 5577 Å auroras have no pulsating feature. West-side aurora moves westward. 5577 Å pulsating auroras appeared between them. Hβ aurora is located at the high latitude-side of pulsating region and near the edge of N-S aurora.
- 2) Ω band type: 6300 Å and 5577 Å auroral shapes are almost the same. Hβ auroras are located at the high latitude-side of Ω band. 5577 Å auroral pulsation can be seen at the low side of Hβ aurora.
- 3) Pulsating arc type: 6300 Å and 5577 Å auroral shapes are almost the same. Pulsating arcs and stable diffuse auroras locate near the low latitude-side. Hβ aurora also shows nearby the same structure as 5577 Å and 6300 Å auroras.

On presentation, we will show the results of detailed analysis for the spatial relation between 5577 Å, 6300 Å, Hβ, 4278 Å and Band emission aurora.

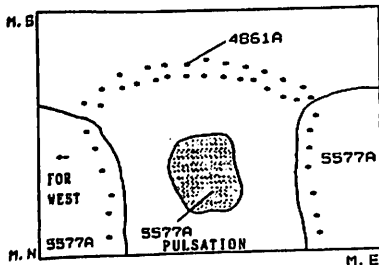


Fig.1 N-S structure type

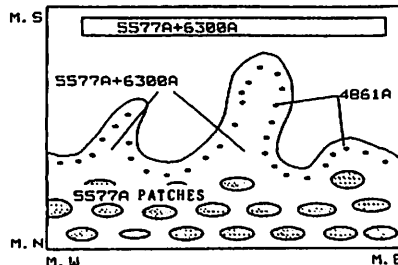


Fig.2 Ω band type

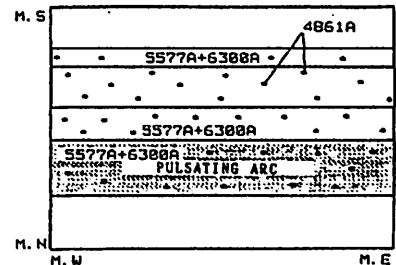


Fig.3 Pulsating arc type

II-50 1957年(IGY)以来日本で観測された低緯度—大型赤色—オーロラの特性

斎藤文一  
新潟大理

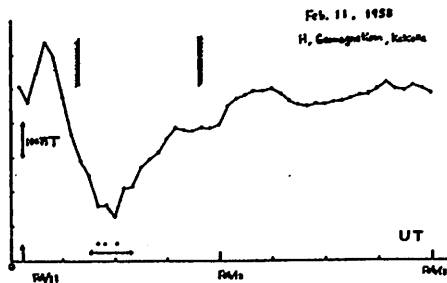
Characteristics of Low Latitude, Great Red, Aurora Observed in Japan since 1957 (IGY)

Buniti Saito  
Faculty of Science, Niigata University

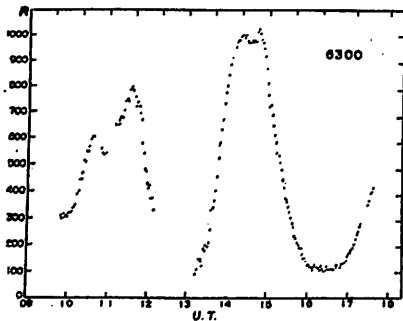
Optical and spectral characteristics of low latitude, great red, aurora are summarized. Especially from the spectral results of Feb. 11, 1958 and Nov. 13, 1960, this type of aurora has mainly two components which are intensified A type aurora and SAR arc.

ここにいう大型赤色低緯度オーロラは、磁気嵐の主相の最発達時(磁場水平成分 $\Delta H \geq 400 \text{ nT}$ )に磁緯 $20^\circ$ にも達する大規模な粒子流入に伴う発光現象である。日本で分光観測がなされた二例、1958年2月11日(例1)、1960年11月13日(例2)について光学的・分光学的特性は、

1. 明るく巨大な赤色の拡散したアーク形状。例1の場合、北緯別(磁緯 $34^\circ$ )で見られた、東西の広がり $\sim 70^\circ$ 、仰角は $\sim 40^\circ$ に達する。継続時間は $\sim 4$ 時間。消滅時には、数回、数分間、数分の条光が見えた。色は白色または黄色。
2.  $\text{OI}-6300-64 \text{ \AA}$ 線の異常強化。例1の場合、輝度 $\sim 170 \text{ KR}$ (キロ・レ-リ-)。その発光域は、中心磁気緯度推定 $\sim 39^\circ$ 、高度は $200 \sim 700 \text{ km}$ 。
3. 発光域全体に、 $\text{OI}-5577 \text{ \AA}$ 線、 $\text{N}_2^+ \text{ I.N.}$ バンド( $3914 \text{ \AA}$ バンド等)の強化。例1, 2とも、北緯別に於いて、北・天頂・南天とも強化が観測された。



1958年2月11日の磁気嵐—地磁気水平成分(柿岡)と低緯度オーロラ。図中下部の矢印線はオーロラが観測(天頂)された時間、黒丸はオーロラが消滅時刻(磁緯 $34^\circ$ )



1960. 11. 13. Airglow Intensity on November 13, 1960. 南緯観測船宗谷上で観測(天頂)されたオーロラ時の大気光 $6300 \text{ \AA}$ の強度(磁緯 $20^\circ$ )。(文献3)

以上のことから、低緯度オーロラは、1. 強化されたA型オーロラ(大量のプロトン流入による、拡散したアーク形状)と、2. SARアーク(亜極光帯に東西に走る大きなアーク。純粋な $6300-64 \text{ \AA}$ 線の強化)の二成分から成ると考えられる。なお、当時日本では、水素H $\alpha$ 線の測定はなされていなかったが、日本で得られた分光結果はA型の特性とよく合致する(文献1)。

上図(例1)で、オーロラ出現の時間、右港を時刻(3回出現、UT 10:00, 10:40, 12:05)と示す。(文献2)

下図(例2)で、磁緯 $20^\circ$ 天頂方向の $6300 \text{ \AA}$ 線の強度を示す。この時、 $5577 \text{ \AA}$ 線も平行した強度変化で、 $\frac{\text{上値}(6300 \text{ \AA})}{\text{下値}(5577 \text{ \AA})}$ の強度変化の比 $\approx 3$ 。この時のオーロラは北緯別のアーク内で $6300 \text{ \AA}$ 強度は $23 \text{ KR}$ 。また上値は、アーク外(天頂及び南天)で $\approx 3$ 、 $6300 \text{ \AA}$ 強度は $1 \sim 3 \text{ KR}$ であった。アーク外の上について得られた値は、A型オーロラのそれに近いものである。

文献 1. Belon, A.E. and K. C. Clark, J. Atmosph. Terr. Phys. 16, p. 220, 1959.  
2. National Committee for IGC, S. C. J., "Airglow Intensity, obtained with Patrol Spectrograph", 1960.  
3. 斎藤文一, Rep. J.A.R.E. (南緯資料), No. 14, p. 1121, 1962.

DRIVEN BY AN IONOSPHERIC SOURCE

M. Sugiura<sup>1</sup>, H. Hanado<sup>1</sup>, N. C. Maynard<sup>2</sup>, and J. A. Slavin<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Dept. of Geophysics, Kyoto University, Kyoto 606, Japan

<sup>2</sup> Air Force Geophysics Laboratory, Hanscom Air Force Base, MA 01731, U.S.A.

<sup>3</sup> Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD 20771, U.S.A.

DE-2 observations of the magnetic and electric fields have enabled us to calculate the Poynting vector from which to determine whether the driver of a field-aligned current lies above or below the spacecraft altitude. High latitude field-aligned currents to which this method was applied have been found thus far to have their driver above the spacecraft, namely in the magnetosphere. These field-aligned currents are considered as representing a fundamental mode of magnetosphere-ionosphere coupling involving field-aligned currents (Sugiura, 1984). This paper presents the first case of observational evidence of field-aligned currents having their driving force in the ionosphere. The observation in question consists of signatures of a pair of interhemispherical field-aligned current sheets detected at magnetically conjugate midlatitude locations inside the plasmasphere. The event was observed during a period when the plasmopause moved inward to extremely low latitudes. On the basis of the calculation of the Poynting vector an interpretation is presented that the driving force of current in each of the pair of field-aligned current sheets lies in the northern ionosphere and that the southern ionosphere provides the seat of closure Pedersen currents. For the driving force the presence of inhomogeneous zonal neutral wind is postulated. We consider this event as an example representing another fundamental mode of magnetosphere-ionosphere coupling involving field-aligned currents.

Sugiura, M., A fundamental magnetosphere-ionosphere coupling mode involving field-aligned currents as deduced from DE-2 observations, *Geophys. Res. Lett.*, 11, 877, 1984.

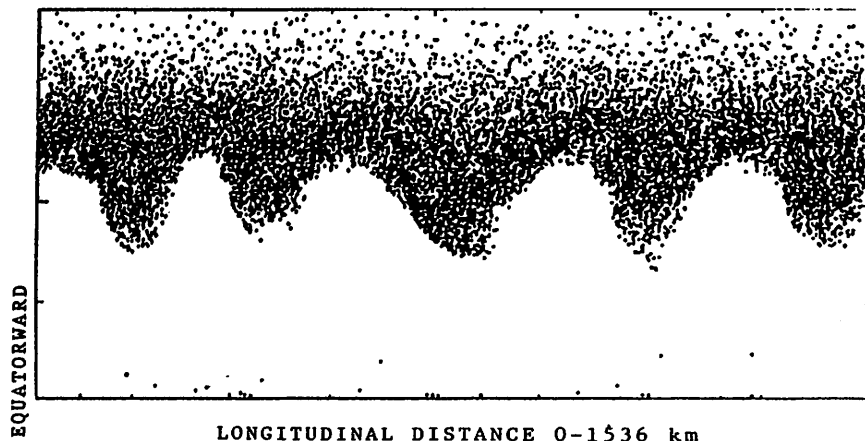


Takashi Yamamoto (University of Tokyo), K. Makita (Takushoku University)  
and C.-I. Meng (Johns Hopkins University)

The pattern of undulations on the equatorward boundary of the diffuse aurora, occasionally observed in the afternoon-evening sector, is studied by two dimensional particle simulations for the perpendicular motion of a magnetospheric plasma to the geomagnetic field. In the simulation model, the poleward electric field is assumed to be initially enhanced locally in latitude and independent of longitude, as suggested by the observations around undulations of the diffuse auroral boundary. Such an electric field is assumed to be maintained by space charges from a cold plasma. The diffuse aurora is initially distributed over a longitudinally extending zone at higher latitudes than the position of the most intense electric field. Since this type of diffuse aurora is probably caused by precipitation of the energetic ions with more than a few keV, the temporal evolution of the diffuse auroral pattern, as displayed in photographs from the

satellites, can be visualized by following the cluster of the energetic ions. Sheared plasma flow arising from the electric field distribution drives the Kelvin-Helmholtz instability and causes undulations on the equatorward boundary of the diffuse aurora with a wavelength and a life time comparable to the typical observed values. Notably, the particle simulation can reproduce with high fidelity the outstanding indentations characteristic of very large amplitude undulations which have occasionally been observed (see Figure). Good agreement between the simulation result and the observed undulations leads one to conclude that the Kelvin-Helmholtz shear driven process is responsible for undulations on the equatorward boundary of the diffuse aurora in the afternoon-evening sector. It is also shown that the magnetic drift of the energetic ions producing the diffuse aurora is important in creating the characteristic pattern of the diffuse auroral boundary.

Figure: Large-amplitude undulations on the diffuse auroral boundary obtained by the particle simulation.





芝地 貴夫, 飯島 健

東京大学 理学部

RELATIONSHIP OF LARGE-SCALE FIELD-ALIGNED CURRENTS AND MAGNETOSPHERIC PLASMAS

Takao Shibaji and Takesi Iijima  
Geophysics Research Laboratory, The University of Tokyo

General ideas of Region 1, Region 2, cusp, and NBZ field-aligned currents determined by satellite-born geomagnetic data have been used in order to understand the macroscopic magnetospheric physics. At present these current systems are to be examined in terms of the relationship with magnetospheric plasmas. The authors have examined both magnetic data acquired by MAGSAT, DMSP F7, AMPTE/CCE and particle data by DMSP F7, NOAA-6, TIROS-N and have obtained the followings:

- (1) The essential difference between dayside and nightside Region 1 field-aligned currents and auroral plasmas.
- (2) Coupling between Region 2 currents and equatorial currents.
- (3) Relationship between NBZ field-aligned currents and plasma in the polar cap region.

人工衛星による磁場データの  
みの解析から提出されてきた大  
規模沿磁力線電流系に関する r  
e g i o n 1, r e g i o n 2,  
c u s p, N B Z 電流系という  
概念は、磁気圏の巨視的物理の  
把握に用いられてきた。磁場に  
加えて同時期のプラズマデータ  
をも活用できるようになった現  
在では、これら沿磁力線電流系  
を磁気圏プラズマとの対応とい  
う見地から更に追求して沿磁力  
線電流系の磁気圏全体に関わる  
実態を把握していくことが、メ  
カニズムを決定する上で大切で  
あると思われる。著者らは M A  
G S A T, D M S P F 7, A  
M P T E / C C E 衛星による磁  
場データと D M S P F 7, N  
O A A - 6, T I R O S - N 衛

星によるプラズマデータを活用  
し、次の諸点に関して新しい事  
実の確認、過去の結果との関連  
の検討を行ったので発表する。

- (1) r e g i o n 1 沿磁力  
線電流系とオーロラ領  
域プラズマ：昼間部と  
夜間部の本質的差異
- (2) r e g i o n 2 沿磁力  
線電流系と磁気圏赤道  
面領域電流系との結合
- (3) N B Z 沿磁力線電流系  
に特色的なポーラーキ  
ャップ領域プラズマ

沿磁力線プラズマ流が存在する場合の  
沿磁力線電流-電圧関係式

三浦 彰 鷺見 治一  
(東大理) (名大空電研)

Field-aligned Current-Voltage Relationship  
under the Presence of Field-aligned Plasma Flow

A. Miura<sup>1</sup> and H. Washimi<sup>2</sup>

1. Geophysics Research Laboratory, University of Tokyo
2. The Research Institute of Atmospherics, Nagoya University

The field-aligned current-voltage relationship is obtained when there is a field-aligned plasma flow in the plasma sheet. When the field-aligned plasma flow is incident upon the mirror field, ions can reach closer to the ionosphere than electrons and the field-aligned potential drop is maintained. Under this condition ions as well as electrons can carry field-aligned current. The downward current carried by ions decreases as the potential drop increases. The effect of upward flowing ionospheric ions on the current-voltage relationship is also discussed.

オーロラ粒子の加速を説明する一つの有力なメカニズムとして沿磁力線ポテンシャル差による加速が考えられるが、このメカニズムではいかにして無衝突プラズマ中で磁力線に沿って荷電分離を起こさせポテンシャル差を維持するかという点が大きな問題である。

最近、Serizawa and Sato (1984)はプラズマシートから電離層に向か、ミラー型磁場に突入する沿磁力線プラズマ流が存在するイオンと電子のピッチ角分布が異なるイオンの方がロスコーンに入る量が相対的に大きくなり、より電離層近くまで侵入しこの荷電分離により上向き沿磁力線電場が生ずるといったモデルを提唱した。彼らは電子とイオンによる正味の沿磁力線電流が0になるという条件でポテンシャル差はほぼプラズマシートに於けるイオンの流のエネルギーに達することを明らかにした。

この論文では上のような条件下で、沿磁力線電流が0にならず、ポテンシャル差の関数となるような解が存在することを明らかにし電流とポテンシャル差の関係を求める。前回の講演ではプラズマシートに於ける準中性条件を用いてこの関係を求めたが今回はプラズマシートから入射する沿磁力線電流が0という条件を使って電流とポテンシャル差の関係を求める。ポテンシャル差が存在する場合にプラズマシートの電子が運ぶ沿磁力線電流はKnight (1973)によつて求め

られていたが、沿磁力線プラズマ流が存在する場合にイオンもキャリアとなりうるということが重要な相違である。

図1はプラズマ流のマッハ数が1.87の時の計算結果で横軸にプラズマシートのプラズマ温度 $T_0$ で正規化したポテンシャル差を示し、縦軸にプラズマシートの電子の熱フラックス(またはミラー比)で正規化した沿磁力線電流 $J_{||}$ を示している。 $J_{||e}$ と $J_{||i}$ は電子とイオンによる運ばれる電流を示し正味の電流は $J_{||} = J_{||e} + J_{||i}$ である。φが小さい時は $J_{||i}$ が卓越し、φの増加と共に電子による電流が卓越しあるポテンシャル差で $J_{||}$ は下向きから上向きに変わる。電離層起源のイオンの上向き流の影響等も講演の際に明らかにする。

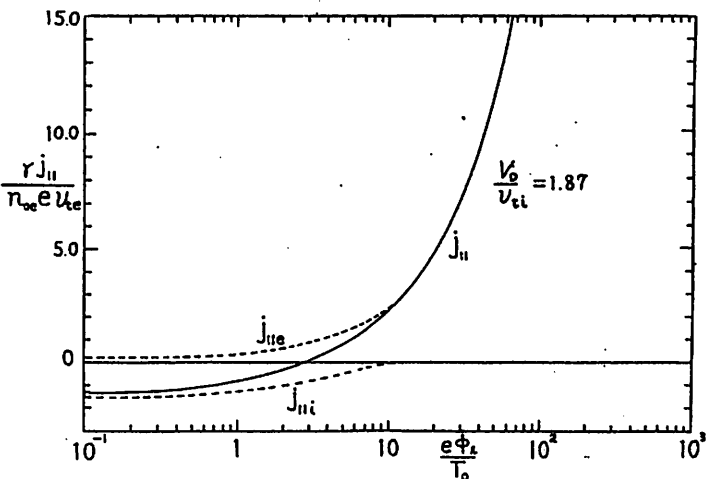


図1. 沿磁力線プラズマ流のマッハ数が1.87の時の電流 $J_{||}$ とポテンシャル差φの関係。 $J_{||} = J_{||e} + J_{||i}$

## ■ 第Ⅲ会場

(Ⅲ-1～Ⅲ-53)

# III-1 多電極による地電位差観測

山崎 明 石井美樹 豊留修一 小池捷春 森 俊雄  
 ( 気象庁地磁気観測所 ) ( 気象庁地震火山部 )

## EARTH-CURRENT OBSERVATION BY USING MULTI-ELECTRODES

Akira YAMAZAKI\*, Yoshiki ISHII\*, Syuichi TOYODOME\*, Katsuharu KOIKE\*, Toshio MORI\*\*

\* Kakioka Magnetic Observatory

\*\* Japan Meteorological Agency

We have carried out Earth-Current observation by newly designed method at Kakioka Magnetic Observatory. This method using twenty electrodes, and each signals are assembled by personal computer observation system. The purpose of this study is to observe stable variations of Earth-Current and furthermore to find the variations with crustal activities.

地磁気観測所では1932年より定常的な地電位差観測が続けられてきているが、最近、多数の電極から信号を集める新しい方式の地電位差観測を試験的に行っている。この試験観測は地電位差観測の安定性の向上、及び、地殻活動に関連する地電位変化の検出を主なねらいとしている。

観測方法は、基準となる電極を一極定め、各電極の値を基準電極からの電位差として測定する方式としており、使用電極数は基準電極を含めて20極である。電極群はFig.1に示した配置をとっており、二次元的な拡がりをもった地電流情報が得られる。

観測装置はパーソナルコンピュータ及びその周辺機器より構成されるコンパクトな設計のもので、チャンネル数の拡張のためマルチプレクサーを用いた自作回路を付加してある。また、測定データのリアルタイムな解析処理を可能にするため、割込処理を利用したマルチタスクシステムに設計してある。(Fig. 2)

地電位差観測上の問題点の一つに電極の接地電位のドリフト、降水による影響などがあるが、この観測方式で得られたデータに適切な数値処理を施すことにより、ドリフトを除去した安定した電場変化を観測できる見通しがあった。

なお、89年2月19日に柿岡で震度4の地震が発生したが、この地震に伴って観測された地電位変化についても報告する。

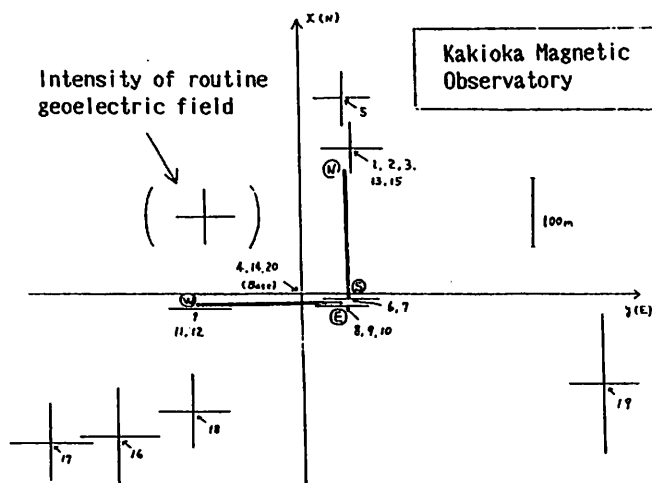


Fig. 1  
 Setting positions of electrodes (1-20ch)  
 (N) - (S) and (V) - (E) are routine observation lines. Orthogonal cross lines at each positions show relative intensity of geoelectric field (EW, NS) as compared with routine line.

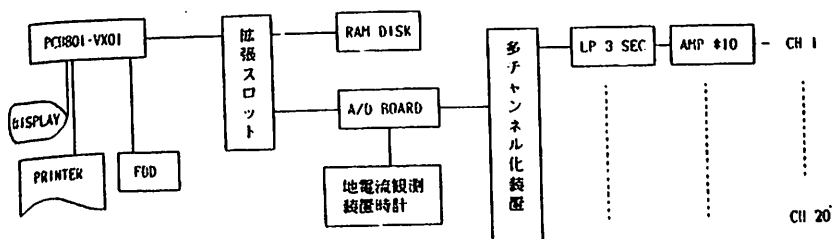


Fig. 2  
 Block diagram of the personal computer observation system

# 長基線地電位の誘導電位変化の除去

高山寛美 (気象研究所)      森俊雄 (気象庁地震火山部)

## A TRIAL OF ELIMINATION OF INDUCED GEOELECTRIC VARIATIONS

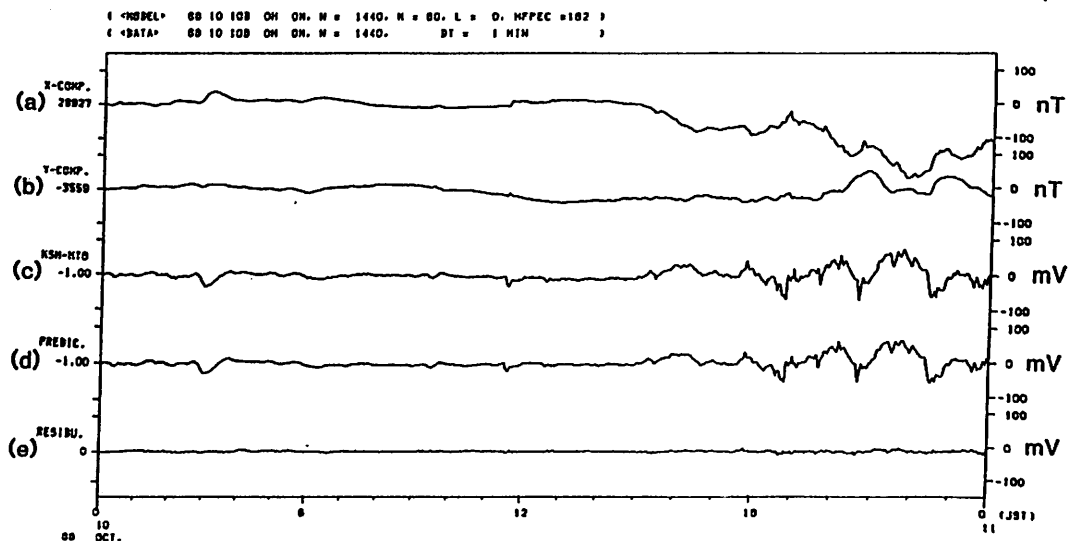
H. Takayama, T. Mori  
 Meteorological Research Institute, Japan Meteorologica Agency

Minutely values of geoelectric variations observed with a long electrode span are analyzed in order to eliminate induced ones by geomagnetic variations. A stochastic model between geoelectric variations and geomagnetic ones is built in time domain. In the model, it is assumed that induced geoelectric variations are combinations of X component and Y component of geomagnetic variations. The model with parameters determined by minimizing residuals estimates induced geoelectric variations. A result is indicated in the figure.

1985年からNTTの通信施設を利用して長基線地電位観測を行っている。水戸を基準にして石岡・笠岡・常陸太田との電位差を測定している水戸グループでは地磁気変化による誘導電位変化が大きな部分を占めている。誘導電位変化を除去し地殻活動と関連する地電位変化を検出する試みは1時間平均値を用いて以前に行った。しかしギリシアで観測されている地震に先行する地電位変化SESは継続時間が短いもので数分間程度であると報告されている。このような継続時間の短い地電位変化を検出するために1時間平均値の代わりに1分値データに対して誘導電位変化の除去を試みた。方法は次式の様に地電位変化Cを地磁気変化のX成分とY成分の線形な回帰式で表し、残差を最小にするようにパラメータを決定する。

$$C_t = \sum_{n=-L}^K (a_n X_{t-n} + b_n Y_{t-n}) + \epsilon_t$$

結果の一例を下の図に示す。期間は1988年10月10日の1日間で、上から地磁気変化のX成分、Y成分、笠岡～水戸間の地電位変化の原データ、回帰式による推定値、残差(原データ-推定値)である。この例での回帰式の項数はL=0、K=80である。



(a) X component, (b) Y component of geomagnetic variations. (c) original geoelectric variations. (d) estimated ones, and (e) residuals.

### III-3 BAYTAP-Gを用いた地電位データの解析

--水戸、会津若松の比較--

小嶋美都子

森 俊雄

高山寛美

地磁気観測所

気象庁地震火山部

気象研究所

ANALYSIS OF THE EARTH-POTENTIAL DATA WITH BAYTAP-G

Mituko Ozima

Toshio Mori

Hiromi Takayama

Kakioka Magnetic Observatory, Japan Meteorological Agency, Meteorological Research Institute

Since 1985, we have been observing digital 1-minute values of the earth-potential through the use of the telegraphic facilities of NTT at Mito and Numazu (Fig. 1). Since September 1987, at Aizuwakamatsu, Uyeda group (EQRI, Univ. of Tokyo) has started observation of earth-potential in the similar way as ours. We analyzed these data with BAYTAP-G to compare with each other.

我々は1985年以来水戸と沼津においてNTTの通信施設を利用して長基線地電位観測を行っている (Fig. 1)。そのうち、水戸で得られるデータ1988年12月分迄をBAYTAP-Gを用いて解析した結果について報告する。また、東大地震研究所上田研究室により会津若松において同様な方法で観測された (Fig. 1) データ約1年分 (1987年9月 - 1988年10月) についても同様に解析した。両者について並行観測値として、柿岡地磁気観測所に於ける地磁気X, Y, Z成分を使用した。両者の解析結果の比較により次のことがわかった。

1. 地磁気誘導成分の係数の時間変化のパターンは、両者はよく似ており地磁気変動に対応する。このことは、これらの時間変化の原因が地下にあるのではないという前回の結論をうらずけるものである。
2. 各分潮別にみた潮汐成分の振幅に関して、両者に顕著な差異がみとめられた。これは、水戸と会津若松の違いによる可能性も考えられる。

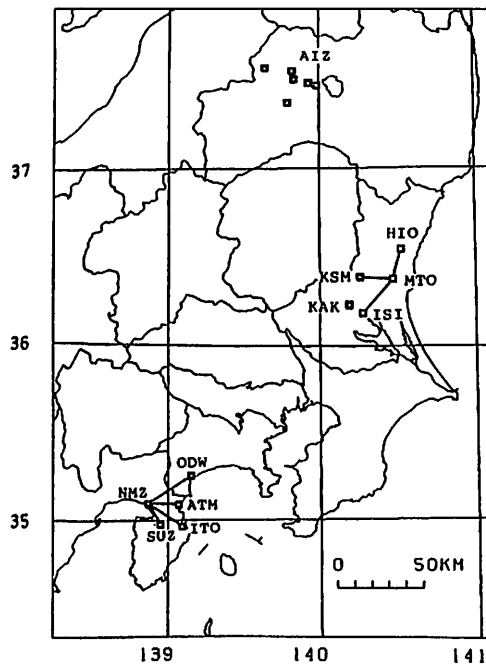


Fig. 1 Observation networks for earth-potential and Kakioka Magnetic Observatory (KAK).

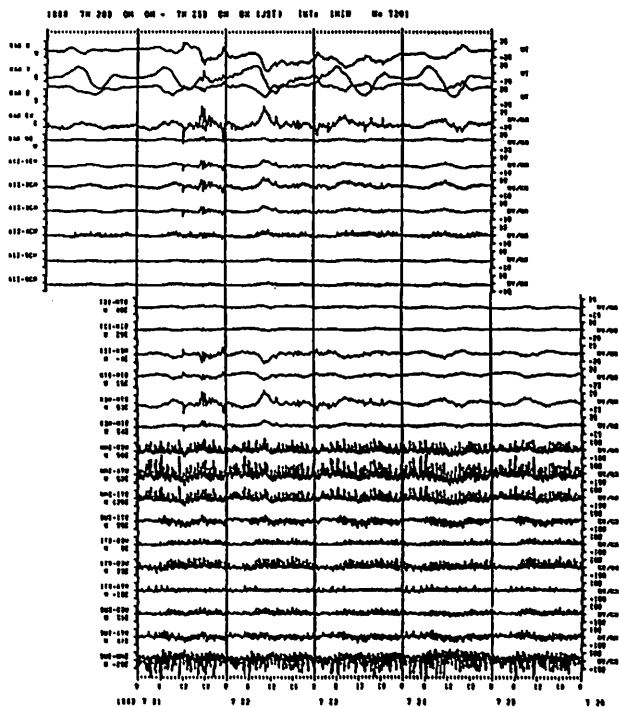


Fig. 2 An example of the data observed at AIZ, MTO, and NMZ. Geomagnetic and geoelectric variations at Kakioka Magnetic Observatory are also shown.



III-4 西日本地殻活動域における地電位差の連続観測  
— 兵庫県山崎断層及び鳥取県三朝の場合 —

宮腰潤一郎, 西田良平  
鳥取大学 教養部

TIME VARIATION OF GEOELECTRIC POTENTIAL DIFFERENCE BETWEEN ELECTRODES IN ASSOCIATION WITH THE SEISMIC ACTIVITY —OBSERVATION IN THE YAMASAKI FAULT AND IN MISASA—

J.Miyakoshi, R.Nishida

Institute of Earth Sciences, Tottori University

Continuous observation records of the geoelectric potential difference between electrodes were examined for the data obtained from 1986 to 1988 at USZ in the Yamasaki fault ( Fig.1 ). Remarkable pulse-like change — a precursor to the earthquake occurrence, probably — was found to have been recorded, for two cases, preceding for about ten days to the activity of microearthquakes of  $M \approx 3$  in the year of 1988 ( Fig.2 ).

Observation at Misasa in the Tottori Prefecture will also introduced briefly.

山崎断層において続けられている地電位差の連続観測のデータ中の1986年から1988年末にかけてのもの調べた。その結果、1988年中の微小地震 ( $M \approx 3$ ) の活動期の二例の何れについても極めて明瞭なパルス状変化 (約80 mV) が地震発生

に約10日先行して現れていることを見出した。鳥取県三朝における観測についても簡単に紹介する。

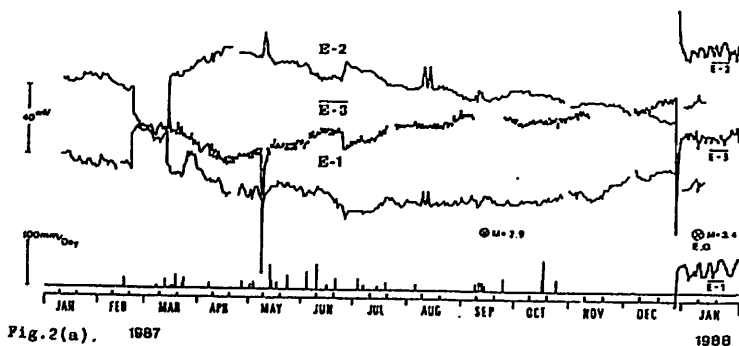


Fig.2(a). 1987

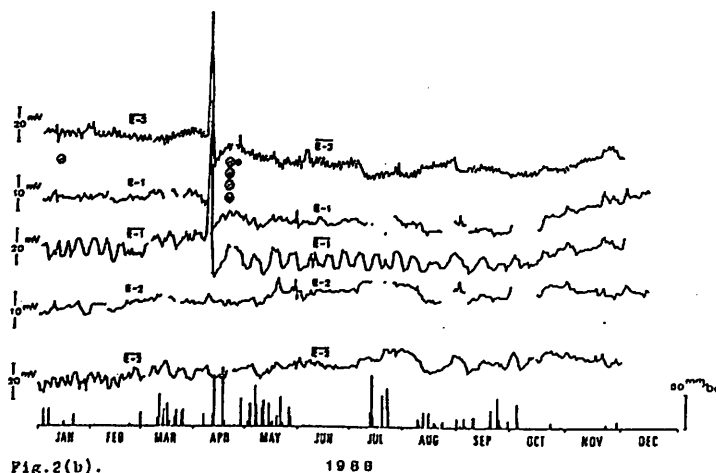


Fig.2(b).

Fig.2(a), (b) Time variation of the geoelectric potential differences at USZ, Yamasaki fault.

Table 1. Notations used in Figures.

Digital Rec.	Pen Rec.	Electrodes
E-1	E-1	C <sub>1</sub> C <sub>2</sub>
E-2	E-2	C <sub>1</sub> P <sub>1</sub>
E-3		P <sub>2</sub> C <sub>2</sub>

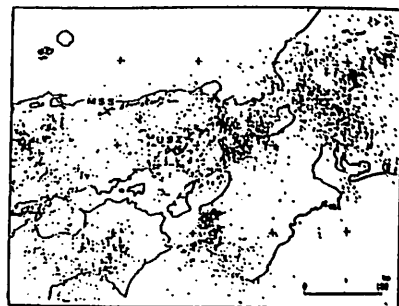


Fig.1. Seismicity map and observation sites.

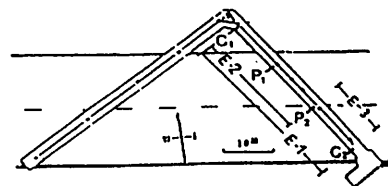


Fig.3. Location of electrodes in the tunnel of USZ.

# III-5 海成粘土層露頭地域における 比抵抗変化について

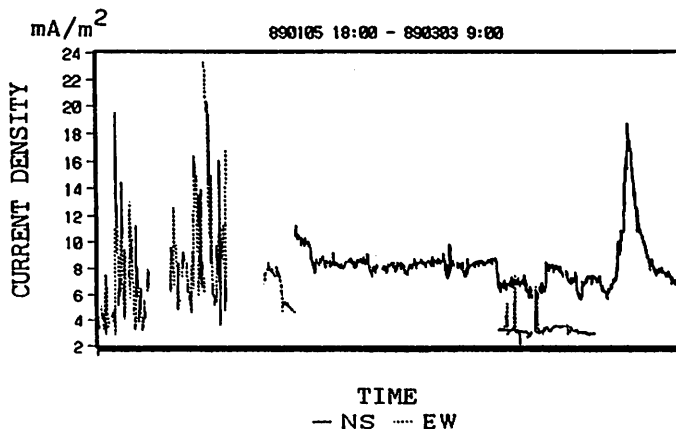
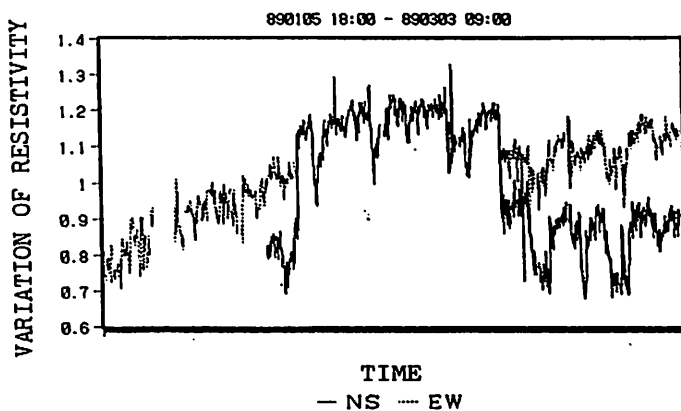
頷 木 邦 浩  
(上 神 谷 高)

VARIATIONS OF ELECTRIC RESISTIVITY  
ON THE AREA OUTCROPPING THE MARINE CLAY  
Kunihiro RYOKI  
Niwadani High School

Electric resistivity and self-potential (SP) are continuously observed at the area outcropping marine clay of the Usaka group. NS component of resistivity is about  $20\Omega\text{m}$ , EW component is about  $6\Omega\text{m}$ . Each components of SP are about  $2\text{mV/m}$ . They fluctuate between +30% and -30%.

The electric current density calculated from resistivity and SP is moderate variousness. Therefore, the variations of the SP are dependent upon the variations of the resistivity at this area.

1989年1月5日より、大阪層群の海成粘土層 Ma1・Ma2が露頭する観測地(大阪府堺市・泉北丘陵南部)で比抵抗・自然電位の連続観測を開始した。両者とも、NS・EWの2成分で、1時間毎の測定である。比抵抗測定は Schlumberger 電極配置(AB=100m;ステンレス電極、MN=20m;炭素電極)、自然電位測定はこのMN電極によって行っている。比抵抗値はNS・EW成分各々約 $20\cdot6\Omega\text{m}$ 、自然電位は共に $-2\text{mV/m}$ 程度である。比抵抗・自然電位共に $\pm 30\%$ の変動があり、両者には各成分毎に正の相関が認められる。単純なオームの法則を適用するとき電流密度jが存在すれば、比抵抗は $\rho = E/j$ の関係が成り立つ。この仮定に基づいて観測値に比べて計算する値(NS・EW各々約 $8\cdot3\text{mA/m}^2$ )を得る。電流密度の計算値には大きな変化も認められ、これは起電力の変動と認められ、この地域で通常より高い自然電位が一般に存在するから、この自然電位の変動は比抵抗の変動に依存する部分が大いにおお、比抵抗の変動の原因は降水の侵入等が考えられる。



大久保晃<sup>1)</sup>、小川康雄<sup>2)</sup>、塩崎一郎<sup>3)</sup>、一北岳夫<sup>1)</sup>、藤田清士<sup>1)</sup>、山口寛<sup>4)</sup>、安川克己<sup>1)</sup>、藤原智<sup>5)</sup>、住友則彦<sup>6)</sup>

1)神戸大学理学部、2)地質調査所、3)神戸大学自然科学、4)帝国女子短期大学、5)京都大学理学部、6)京都大学教養部

CRUSTAL RESISTIVITY STRUCTURE BENEATH THE SHIKOKU DISTRICT OF JAPAN

Research Group for Crustal Resistivity Structure

Akira OHKUBO<sup>1)</sup>, Yasuo OGAWA<sup>2)</sup>, Ichiro SHIOZAKI<sup>3)</sup>, Takeo ICHIKITA<sup>1)</sup>, Kiyoshi FUJITA<sup>1)</sup>, Satoru YAMAGUCHI<sup>4)</sup>, Katsumi YASKAWA<sup>1)</sup>, Satoshi FUJIWARA<sup>5)</sup>, Norihiko SUMITOMO<sup>6)</sup>

1)Faculty of Science, Kobe University, 2)Geological Survey of Japan, 3)Division of Environmental Science, The Graduate School of Science and Technology, Kobe University, 4)Teikoku Women's Junior College, 5)Faculty of Science, Kyoto University, 6)College of Liberal Arts and Sciences, Kyoto University

Cooperative observations of electric and magnetic field variations have been carried out in the Chugoku and Shikoku Districts. In the central part of the Shikoku district, shallow resistivity structure was determined from ELF-MT(8 to 20 Hz) and VLF-MT(17.4kHz) survey at 25 sites and the upper and lower crustal structure was investigated using by MT and GDS method for the period range from 0.0001 to 300 Hz. Two dimensional modelings are carried out in order to estimate crustal resistivity structure beneath the Shikoku District. Low resistivity(10 Ωm) of the upper crust exists in the Sanbagawa, Chichibu and Shimanto belts.

はじめに 地殻比抵抗研究グループは、中国・四国地方で電磁気的共同観測を行った。その結果、四国中央部では、25点にのぼるVLF, ELF-MT調査により地殻表層部の比抵抗構造が明らかになった。しかし、地殻深部の比抵抗構造の情報を与えるULF帯の電磁場変化や長周期の電場変化は、電車の漏洩電流などのノイズの影響を受けて、解析可能な記録を得ることができないところもあった。そこで1988年11月20日から11月30日の11日間にかけて、共同観測の測線上の8地点で新たにリモートリファレンスMT法による自然電磁場観測を行った。今回の観測にはフェニックス社製のMT測定装置を用いた。この装置を使用することにより、300Hzから1000秒までの広い帯域にわたる電磁場観測が可能になり、リアルタイム処理により測定データの質をその場で検討できた。各観測点では、夕方から翌朝までの10~15時間の記録を得た。Fig. 1に各観測点の位置と四国地方の地質構造を示す。SITE31は四万十帯、SITE32は秩父帯、SITE33はみかぶ帯、SITE34, 35, 36, 38は三波川帯、SITE37は和泉層群上にある。

本講演では1987年の共同観測および今回の補観測のデータを用いて行った四国地方の2次元地殻比抵抗構造解析の結果について報告する。

2次元構造解析 中央構造線沿いの地域で得られた数分程度のインダクションベクトルが、構造線あるいは、帯状の地質構造に直交することを88年春の学会などで既に報告した。本研究では、これらのインダクションベクトルの方向や地質構造の走向および南海トラフの走向方向より、四国地方の比抵抗構造をN75Eの走行を持つ

2次元構造と仮定し、構造解析を次の手順(1),(2)で進めている。(1): 上部地殻~下部地殻の比抵抗構造を求めるため広い周波数域でMT応答関数が得られた補観測のデータを中心に構造解析を行う。(2): (1)で求めた構造を基にして、下部地殻~上部マントルの比抵抗構造を明らかにするため共同観測で得られたGDS法の解析データを含めた構造解析を行う。(2)に挙げた構造解析は現在進行中である。以下には(1)で行った解析の概要と結果を記す。

2次元構造解析には、中国地方中部から南海トラフの南までの400km、深さ方向については、上空150kmから深さ500kmの650kmの領域を考えた。横方向には56個、深さ方向には40個の要素をとり、陸上及び海底の地形も表現した。構造解析の初期モデルを作る目的で、各地点でモンテカルロ法による1万回~3万回の1次元inversionをおこなった。モデルと比較する観測値としては深さ方向の解像度が良く、地形の影響も受けにくいTEモードの値を使用した。1次元解析で得たモデルから2次元初期モデルを作り、10数回のforward modelingとinversionをおこなった。その結果得られたモデルをFig. 2に示す。このモデルには次のような特徴がみられる。

- 1)三波川帯下の低比抵抗層は、南部では深さ10kmから20kmに、北部ではより浅くなり、深さ1kmぐらいから20kmにある。
- 2)深さ5km以深の10Ωmの低比抵抗層がみかぶ帯の下で不連続になっている。
- 3)太平洋から秩父帯下にかけての低比抵抗層は、海側では海底下から深さ7kmまで、四万十帯と秩父帯では、深さ3kmから10kmにある。

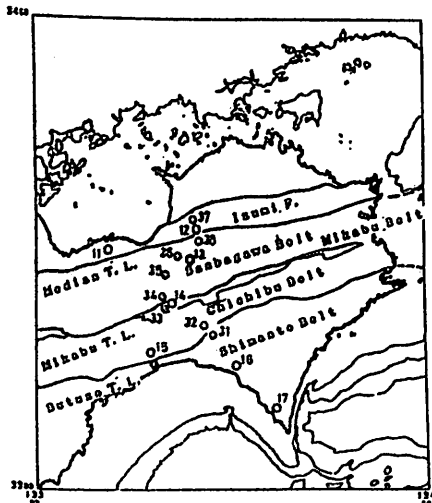


Fig.1 Distribution of observation sites.

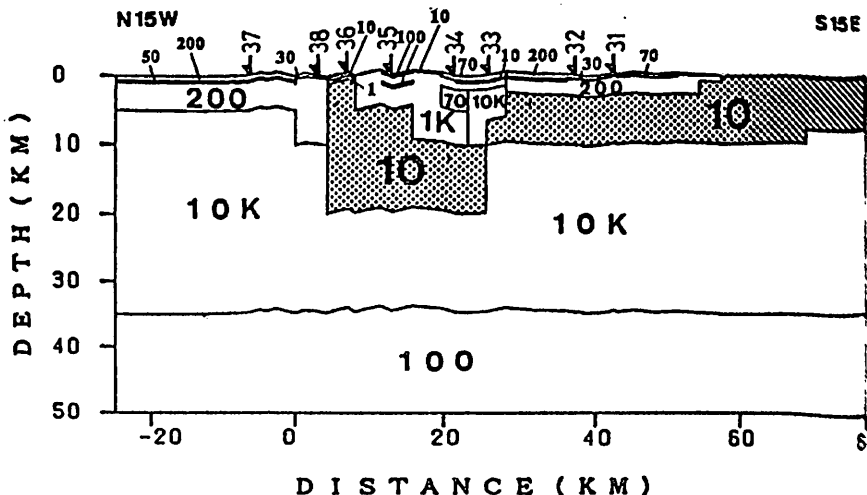


Fig.2 Two dimensional resistivity model. Numerals in the model denote resistivity in Ωm. Resistivities less than 10 Ωm are dotted.

# III-7 伊豆大島における E L F - M T 繰り返し測定結果

歌田久司・笹井洋一・下村高史(東大震研)

Result of Repeated ELF-MT measurement in the Izu-Oshima Island  
Hisashi Utada, Yoichi Sasai and Takafumi Shimomura  
Earthquake Research Institute, the University of Tokyo.

Repeated survey of ELF-MT has been carried out on and around the central cone Mihara-yama in the Izu-Oshima Island to Investigate the possible resistivity change associated with the present volcanic activity. We detected a significant resistivity decrease on the crater floor of the Mihara-yama one month before the 1986 eruption. Apparent resistivity on the caldera floor was found to decrease a few month after the eruption. The time delay of the resistivity change is likely to reflect the diffusion of geothermal fluid in the volcanic body.

1986年11月に始まった今回の伊豆大島火山の噴火活動に関連して、多くの地球電磁気学的に興味深い観測事実が得られつつある(例えば Yukutake et al. 1987)。我々は1984年から伊豆大島の電気比抵抗分布をしらべる目的で、V L F · E L F - M T法の観測を実施してきた(Utada et al., 1989)。1986年夏に今回噴火の前兆を示す観測事実が明らかにされてきたことに対応して、主として中央火口丘三原山周辺のカルデラ床の測定点を選んで(Fig. 1)、繰り返し測定を行ってきた。測定の再現性には、電極の設置位置が最も重要な誤差要因になると考えられるので、各測定点にはあらかじめ電極を設置し、同一の電極配置で測定を行った。

噴火前の2回の測定では、三原山火口南東部および三原山西麓の測定点において有意な比抵抗の減少が見られた。この観測により、直流法によって測定された同時期の比抵抗の変化が三原山火口直下の比抵抗変化を反映していたことが確かめられた。

1986年噴火以後の測定結果を見ると、三原山周辺の測定点において、噴火に数カ月おくれて比抵抗の減少が見られた(Fig. 2)。この現象は、三宅島の1983年噴火後に雄山山頂火口周辺で見られたものと同様に(歌田、他 1984)、火山体内の熱水の拡散を反映したものと考えられる。

本講演では、以上の結果に加え、1987年の活動期を含む最近までの測定結果についても報告する。

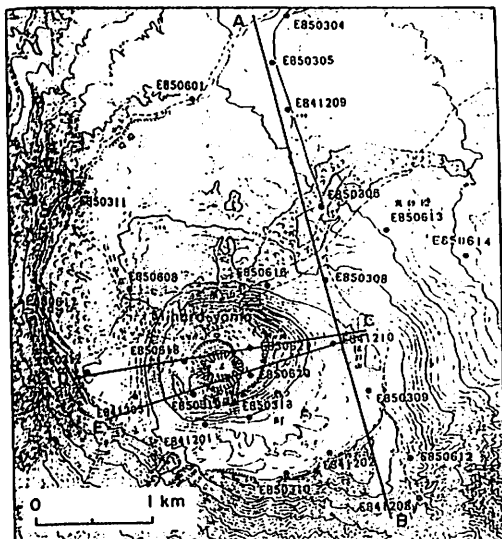


Fig.1. Observation Sites on and around the central cone, Mihara-yama.

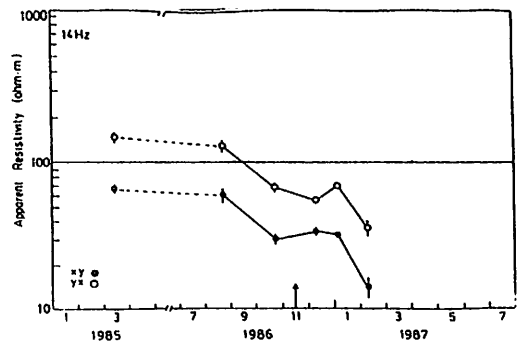


Fig.2. Resistivity Change at E850312. Arrow indicates eruption.

# III-8 日本海大和海盆下の電磁気構造とその成因

浜野洋三・歌田久司、 瀬川爾朗  
 (東大地震研) (東大海洋研)

## Electrical Conductivity Structure and Origin of the Yamato Basin

Yoza Hamano<sup>1</sup>, Hisashi Utada<sup>1</sup> and Jiro Segawa<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Earthq. Res. Inst., Univ. of Tokyo <sup>2</sup> Ocean Res. Inst., Univ. of Tokyo

Seafloor MT measurements in the Yamato Basin indicate the highly resistive structure beneath the basin compared to that of the Pacific and the Philippin Sea plates. The High Conductive Layer (HCL), commonly observed beneath the oceanic plates, is not observed in the Yamato Basin. This observation, heatflow measurements, magnetic survey and other geophysical and geological observations indicate low temperature origin of the basement and a different mechanism of the formation process of the Yamato Basin.

古地磁気学、地質学等の観測から、日本海大和海盆は10Maから20Maの間に形成されたと考えられている。しかし、その形成過程と機構は未だ明らかでない。日本列島周辺の電磁気構造は地殻比抵抗研究グループによる陸上での共同電磁気観測、及び周辺での海底電磁気観測等の結果から、2次元イメージングにより、東北日本、中部日本断面での構造が求められている。これらの結果は、日本海、主に大和海盆の下は、太平洋プレートやフィリピン海プレートに比較して高電気抵抗構造を示し、通常の高電気伝導度層(HCL)が見つからない。今回は日本海大和海盆の中央部、東北沖太平洋プレート上、東海沖で行われた電場及び磁場変動の観測結果を用い、MT法により見かけ比抵抗を計算して、3地点の地下構造を比較した。求められた見かけ比抵抗及び位相を図1に示す。他の2地点に比べて日本海大和海盆下が高電気抵抗であることを示しており、上述の結果を随認するものであり、100km以浅に10Ωm程度の低比抵抗層は存在しない。大和海盆の生成年代から考えて、この結果は生成過程が通常海洋底拡大によるものでないことを示唆する。電磁気構造、地殻熱流量測定、磁気異常、海底地殻構造等の地球科学観測の結果は、大和海盆が通常海洋底拡大に比べて低温で形成されたことを示し、その海底地殻が大陸地殻の上部地殻がひきはがされて大陸下部地殻が露出したとする考えに矛盾しない。

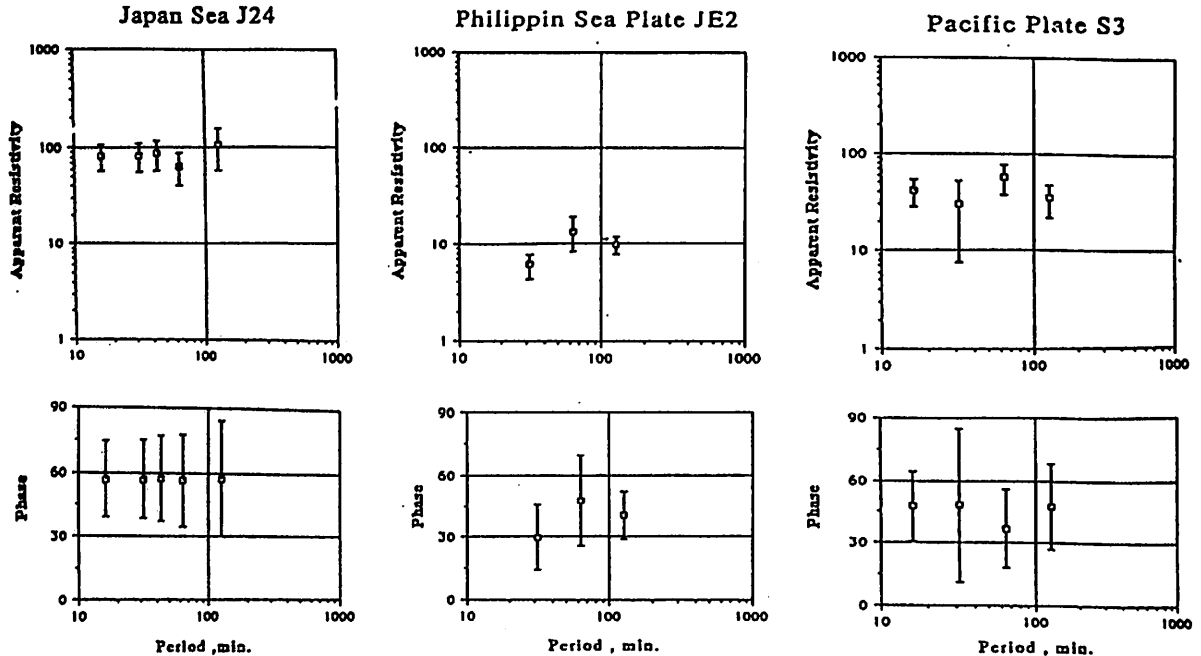


Fig. 1 Apparent resistivity and phase for three (J24, JE2, and S3) seafloor sites.

### III-9 フアンデフカ海洋プレートの 電気抵抗2次元モデル

趙国焯<sup>1)</sup>・行武毅<sup>2)</sup>・J.H.Filloux<sup>3)</sup>・L.K.Law<sup>4)</sup>・瀬川爾朗<sup>5)</sup>・浜野洋三<sup>2)</sup>・歌田久司<sup>2)</sup>  
T.White<sup>6)</sup>・A.D.Chave<sup>7)</sup>・P.Tarits<sup>8)</sup>

1)中国国家地震局地質研, 2)東大地震研, 3)Scripps Inst. Oceanography, USA,  
4)Pacific Geosc. Centre, Canada, 5)東大海洋研, 6)Flinders Univ., Australia,  
7)AT&T Bell Labs, USA, 8)Inst. Phys. Globe, France

#### TWO-DIMENSIONAL MODELING OF THE ELECTRICAL RESISTIVITY STRUCTURE OF THE JUAN DE FUCA PLATE

G.-Z. Zhao<sup>1)</sup>, T. Yukutake<sup>2)</sup>, J.H. Filloux<sup>3)</sup>, L.K. Law<sup>4)</sup>, J. Segawa<sup>5)</sup>,  
Y. Hamano<sup>2)</sup>, H. Utada<sup>2)</sup>, T. White<sup>6)</sup>, A.D. Chave<sup>7)</sup> and P. Tarits<sup>8)</sup>

1)Geological Institute, State Seismological Bureau, China, 2)Earthq. Res. Inst.,  
Univ. Tokyo, Japan, 3)Scripps Inst. Ocean., Univ. Calif., USA 4)Pacific Geosc.  
Centre, Geol. Surv. Canada, Canda, 5)Ocean Res. Inst., Univ. Tokyo, Japan,  
6)Flinders Univ., Australia, 7)AT&T Bell Labs, USA, 8)Inst. Phys. Globe, France

Based on magnetotelluric data acquired by off-shore EMSLAB experiments,  
a modeling by a finite element method has been made with the surface structure  
fixed. Two low resistivity layers occur. One is a layer at a depth of 40-50 km  
with thickness of several tens of kilometers, and the other is a deep layer  
occurring a few hundred kilometers below. The intermediate layer found in this  
area is shallower than in the old plate area. The layer is likely to extend  
downward beneath the continental shelf.

国際共同研究計画"EMSLAB"によって、1985年夏、海底で得られた電場・磁場変  
化を解析して、フアンデフカ海洋プレートの下の電気抵抗構造を求めた。まず Magneto-  
telluric 法1次元解析により初期モデルをつくり、2次元有限要素法を用いた。表層部  
については堆積層の分布などすでに知られている情報をもとに固定し、それより深い構造を  
調べた。Fig.2は得られた結果の一例である。抵抗の低い海底表層部を除くと、地下には  
ふたつの低比抵抗層が現れる。ひとつは深さ40~50kmで厚さが数10kmのおよそ15ohm/mの層  
で、もうひとつは深さ200~300km以深に広がるおよそ100ohm/mの層である。海洋地殻の下、  
中間低比抵抗層までは1Kohm.mの高比抵抗となっている。

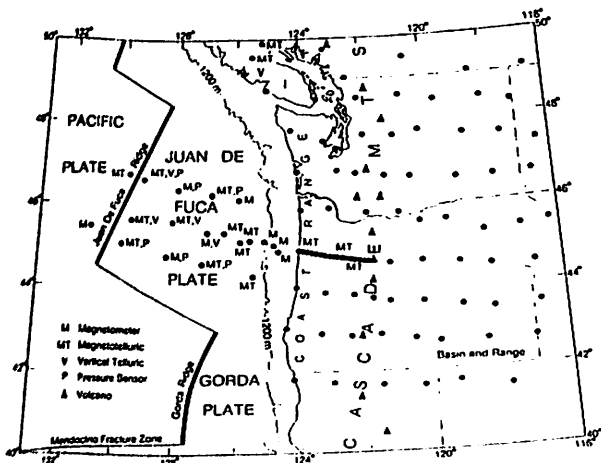


Fig.1 EMSLAB observation sites

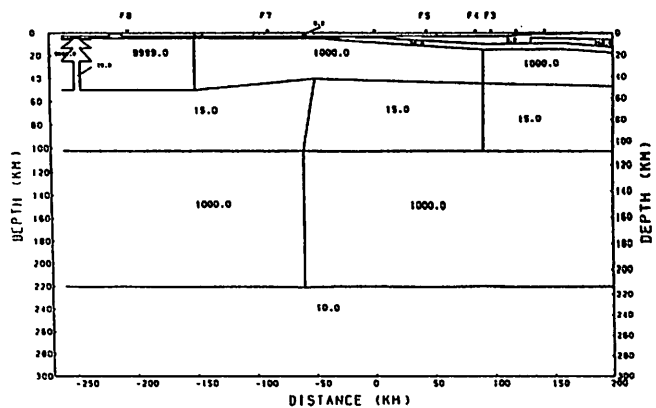


Fig.2 2-D resistivity model (ohm.m)

大志万 直人 A. M. Işıkara M. K. Tunçer 木蔵 茂守  
 日大文理 ボアジチ大 地球物理 東工大理

TECTONOMAGNETIC OBSERVATION OF GEOMAGNETIC TOTAL INTENSITY FOR MONITORING POSSIBLE PRECURSOR TO EARTHQUAKES IN THE WESTERN PART OF THE NORTH ANATOLIAN FAULT ZONE

N. Oshiman, A.M. Işıkara, M.K. Tunçer and Y. Honkura

1)Nihon Univ. 2)Boğaziçi Univ. 3)Tokyo Institute of Technology

In order to investigate changes in the geomagnetic field associated with seismic activities along the North Anatolian Fault Zone, seven continuous measurement stations and eighteen repeated survey sites of the total intensity were set up in Iznik-Geyve region(Fig.1). Three continuous stations were initiated in August 1987. Others were initiated in July 1988.

Geomagnetic changes in the total intensity associated with fault activities in the case of non-uniform distribution of the rock magnetization are larger than those in the uniform case. Inversion analyses of geomagnetic anomaly around the North Anatolian Fault Zone suggest a dyke-like structure parallel to the fault strike (ISIKARA et al.;1985). This structure is a good opportunity for detecting pre- and/or co-seismic changes in the geomagnetic field. Geomagnetic changes for the case of magnetic dyke structure intruding a nonmagnetic body, which is parallel to the strike of a fault, are calculated. According to the result, magnetic dyke structure intensifies expected geomagnetic changes accompanying an earthquake(Fig.2(b)), comparing with a uniform case(Fig.2(a)).

1987年から、3点で全磁力の連続観測を開始したが、1988年観測点を7点に増やした。目的は、空白域であるといわれているこの地域に起こるであろう地震の前兆変化、コサイスミック変化を、検出することである。断層に沿ってほぼ東西に分布する1つの観測点は、Fig.1に◎印で示す。またFig.1中で、・印で示される点は、繰り返し測定のための磁気点を示す。

北アナトリア断層では、断層に沿って、2次元的な磁気異常が観測されていて、それらは2次元的な断層に沿ったダイク状の磁気物体の存在で説明できる (Isikara et al., 1985)。Shamsi and Stacey(1969)の2D断層モデルを用いて、北アナトリア断層のこの地域で、断層活動によって期待される全磁力変化は、Fig.2(a)に示すようになる。この場合は、地殻の磁化は、一様であるとしている。一方、観測から得られている、磁気構造を考慮すると、Fig.2(b)のようになり、地震時の全磁力変化が、非常に大きく、またその変化域が、広くなることが分かる。このような磁化の、非均質構造を利用して、効率的に全磁力変化を検出する

Fig.3に1988年7月から5ヵ月間のMKC-DRZ間の地点差の変化(夜間4時間の平均)を示す。8月に見られる変化(原因は今の所不明)を除けば、比較的良くその差を決めることができる。

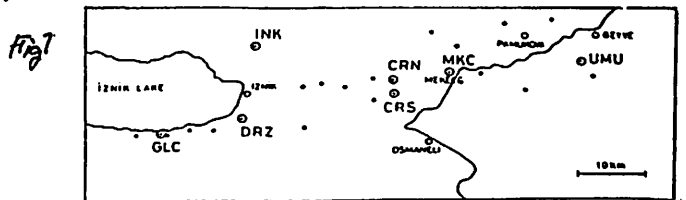


Fig 2

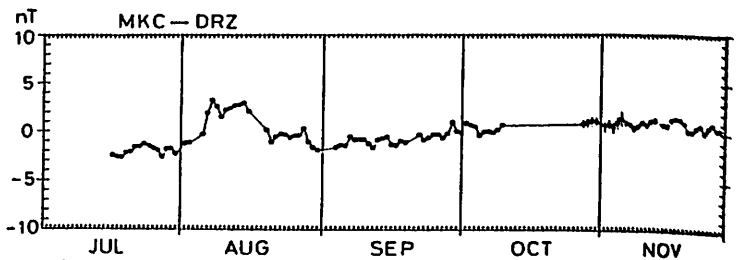
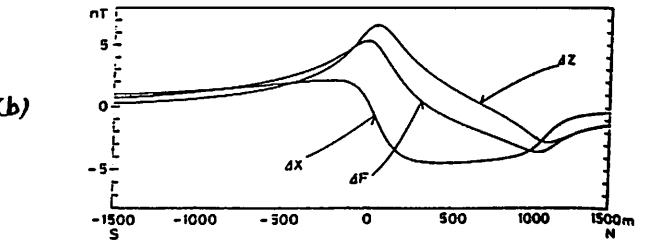
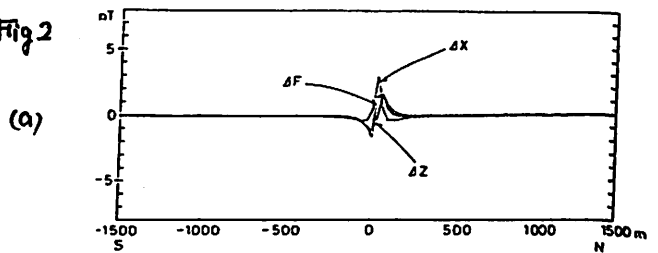


Fig 3

加藤隆司<sup>1</sup>, 土居光<sup>2</sup>, 中山武<sup>2</sup>, 酒井英男<sup>1</sup>, 広岡公夫<sup>1</sup>

1. 富山大学理学部, 2. 京大防災研究所

## Geomagnetic Total Force Anomaly at Active Faults.

R. Kato<sup>1</sup>, H. Doi<sup>2</sup>, T. Nakayama<sup>2</sup>, H. Sakai<sup>1</sup> and K. Hirooka<sup>1</sup>

1. Faculty of Sciences, Toyama Univ.

2. Disas. Prev. Res. Inst., Kyoto Univ.

The geomagnetic total force survey using a proton magnetometer was carried out around on lines crossing the Nakayama, the Ushikubi and the Takashozu faults. The measurement interval was taken as 1 m. And the height of sensor was changed from 5 cm to 3 m. Every fault shows a different geomagnetic anomaly profile. Amplitude of observed anomaly was several hundred nT within a distance of 50 m. This anomaly can be explained by the step model.

これまでに、断層周辺に磁気異常が存在するという報告は数多くなされている(例えば Ohshiman et al.; 1987)。我々は長野県松本市東方にある中山断層、岐阜県と富山県の県境付近にある牛首断層、および富山県南西部に伸びる高清水断層で携帯用プロトン磁力計(Barringer GM122型)を用いた磁気探査およびVLF-MT探査を行なった。

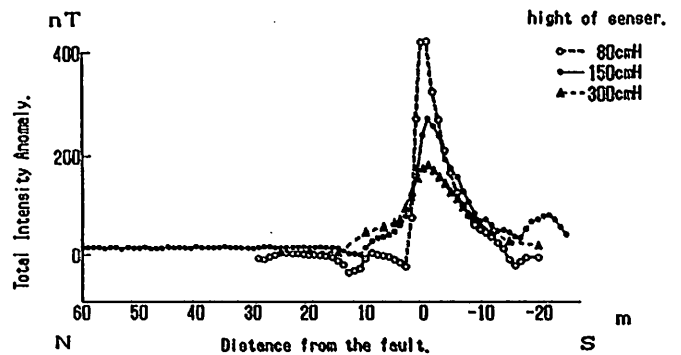
最初に、断層の位置が明確に分かっている断層露頭の周辺で調査を行った。従来の報告では磁気探査の測定点の間隔は50~100mであったが、断層の位置が分かっており本研究では詳しい調査を行なうために1mとした。また、1つの測線をセンサー高度を変えて(地表から5, 30, 120, 300cmなど)繰り返し測定を行なった。VLF-MT探査(17.4kHz)はテラテクニカ社製VL-101を用いて行なった。

磁気探査の結果、断層上には非常にローカルな磁気異常が存在することが分かった。この異常は数十mの間で数百nTにも及ぶものであった。また、異常のパターンは断層によつて異なることが判明した。牛首断層では磁気異常は正の異常が現れたが、中山断層や高清水断層では負の異常が現れた。VLF-MT探査の結果、断層の真上では見かけ比抵抗が非常に小さいことが確認さ

れた。

高清水断層では断層の走行に対して直交する方向に複数の測線を取り、測定を行なった。その結果、各測線で同じ様な負の異常が現れ断層の位置が推定可能である。

この断層に伴うローカルな磁気異常は残留磁化強度および磁化率の異なる地層が断層を境に接しているモデルで概ね説明できる。しかし、観測された磁気異常のすべてがこのモデルで説明されるわけではなく、モデルの妥当性については今後さらに検討が必要である。



Magnetic anomalies at the Ushikubi fault.



# III-12 房総半島南部における地磁気全磁力観測と地殻構造

富士原敏也<sup>1)</sup>・木下肇<sup>1)</sup>・森尻理恵<sup>2)</sup>・小倉純雄<sup>1)</sup>

1) 千葉大理・2) 地質調査所

*Geomagnetic survey and analysis of crustal structure  
in the southern part of Boso peninsula*

Toshiya Fujiwara<sup>1)</sup>・Hajimu Kinoshita<sup>1)</sup>・Rie Morijiri<sup>2)</sup>・Sumio Ogura<sup>1)</sup>

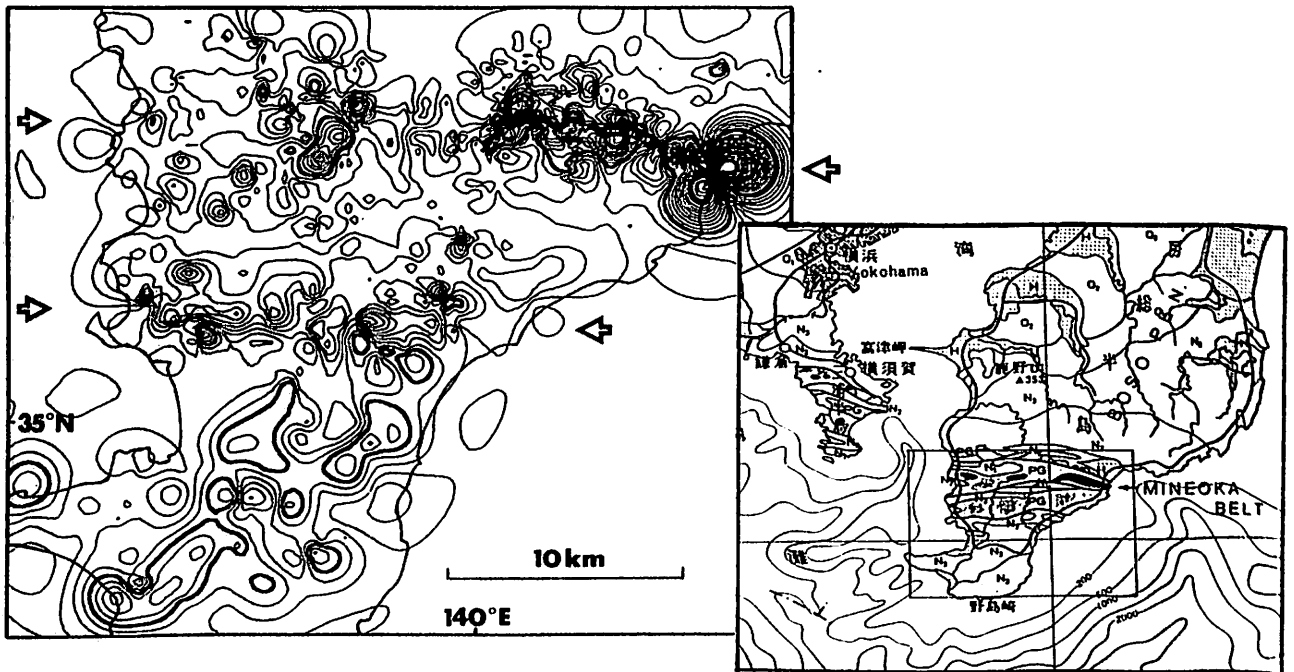
1) Chiba university・2) Geological survey of Japan

*Geomagnetic survey on the ground in the southern part of Boso peninsula, Kanto, Japan was carried out by Chiba univ. surveying party. The drawn up residual geomagnetic anomaly map removed IGRF85 reveals two narrow anomaly belts from east to west.*

千葉県房総半島の南東部鴨川の嶺岡山系にはオフィオリティックな岩類が産出している。これを含む構造帯（嶺岡帯と呼ばれる）の構造発達史についての議論は現在同半島の東南沖で会合する3プレートの運動の変遷史にも関連して興味深い（例えば小川ら1987）が、重要な資料となるべき嶺岡帯の地下の構造は明かでない。そこで、嶺岡帯の構造の解明を目的として地磁気全磁力観測を行った。（森尻ら本学会1987春講演、森尻1988）さらにこの嶺岡帯を包含する地域の上部地殻構造を知ろうと観測域をひろげてきたが、（富士原ら本学会1988春講演）房総半島の

南部（35°10'N以南）のほぼ全域を均等な間隔、高密度の観測点で埋めることができた。本講演では、その結果を解析して地殻構造を議論したい。定量的な解析は現在進行中であるが、作成したIGRF残差全磁力異常図には次のような特徴がみられる。その傾向は東西に伸びる異常の集合体であり、その中で嶺岡帯を含む列と、その南にも帯状に2列、やはり東西に連なる異常帯が顕著に見える。この異常帯の異常は、振幅・波長の小さいものは誘導磁化型であるが、大きいものは高磁気異常が卓越した形をとり、これは磁性岩体の残留磁化の寄与によるものと思われる。

Fig 1. Residual geomagnetic anomaly map removed IGRF85 ( 50 nT contour interval・No filtered ). Arrows show two narrow anomaly belts. And schematic geological map.



島 伸和 伊勢崎 修弘

神戸大理

## The Distribution of Magnetization in the Eastern Part of the Japan Basin and its Tectonic Implications

Nobukazu Seama and Nobuhiro Isezaki

Department of Earth Sciences, Faculty of Science,  
Kobe University, Kobe 657, Japan

The distribution of magnetization was calculated through following procedure in the eastern part of the Japan Basin: 40°30'N - 43°00'N, 136°30'W - 139°00'W. The vector and total intensity of geomagnetic field were measured on the expedition of the R/V Hakuho-maru in 1986 and the R/V Tansei-maru in 1987 with track spacing of about 4 nautical miles in the area. The geomagnetic anomalies were obtained from these data and from other cruises using IGRF-85, DGRF-70, DGRF-75 and DGRF-80. Further, the data of sediments thickness were compiled with all the available seismic profiler sections in the area. The depth to basement map was presented using a regression equation of velocity in the sediments and one-way reflection time. Inversions were performed using both the gridded geomagnetic anomaly field and the depth to basement data to calculate a gridded distribution of magnetization.

The key results in the distribution of magnetization are summarized as following three categories: (1) Magnetic lineations exist only in the northern part of the studied area where the basement is deepest and fairly flat. The lineations range from 30 km to 80 km in length and have two trends: N40°E in the northern part and N60°E in the southern part. (2) No magnetic lineation is observed in the swollen area. (3) Some round-shaped distributions of magnetization exist.

These features implied an opening scenario of the Japan Basin: The Japan Basin was made as a result of continental rifting. The swollen area seems to be generated at the stage of the rifting when the continental lithosphere was thinned and stretched. Magnetic lineations were formed through the process of crustal accretion like the mid-oceanic system after the lithosphere became thin enough. Point-source volcanism was present during or after the rifting activity. Those mentioned above are probably characteristic features of rifting along the continental margin.

日本海盆東部の磁化分布を、地磁気異常と基盤地形から求めた。その結果、次の3つの特徴が認められた。1) 地磁気縞模様は、基盤がもっとも深く平らな地域に存在する。2) 地磁気縞模様は、基盤が高まっている地域には存在しない。3) 火山性の磁化分布が存在する。これらの特徴は、日本海拡大の様式を反映している。

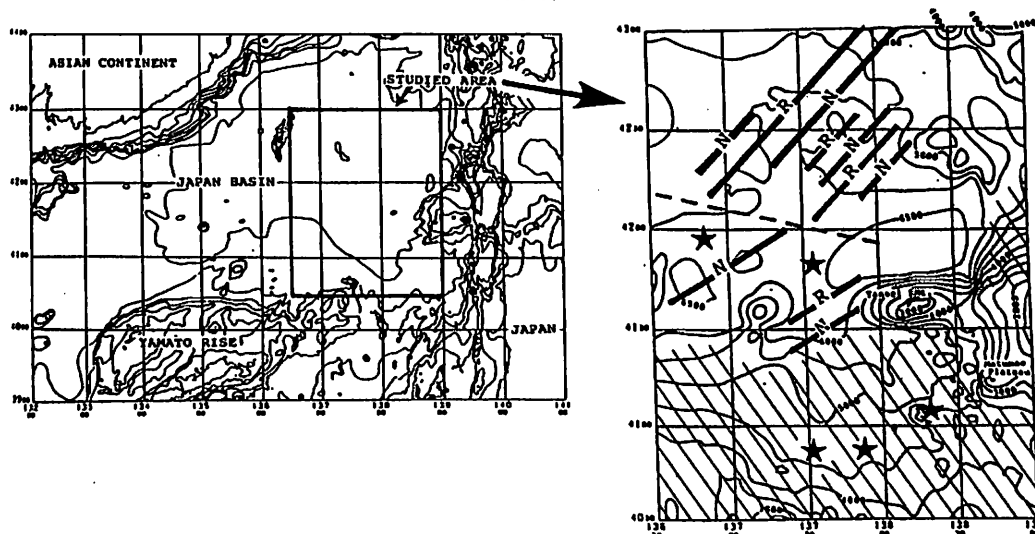


Figure (Left) Bathymetric features around the Japan Basin based on GEBCO(JODC). A box denotes the studied area. (Right) The interpretation of magnetizations with depth to basement 500m contours. Thick solid lines show magnetic lineations, a dash line shows the boundary where the trend of the magnetic lineations changes. Continental crustal area is hatched. Stars show the location of point-source volcanism. N and R indicate normal and reverse magnetization, respectively.

# III-14 日本列島とその周辺海域の地磁気異常プロファイルと地殻の磁気的構造

植田義夫

海上保安庁 水路部

Geomagnetic structures of Japanese Island and it's adjacent sea area as derived from magnetic anomaly profiles.

Yoshio UEDA  
Hydrographic Department of Japan

The magnetic structures of the representative cross-sections of the Japanese Island are derived based on aeromagnetic anomaly profiles obtained by JHD during 1984 to 1985. The prominent magnetic bodies extending to the lower crust are estimated beneath the forearc area of the Kuril Arc, Northeastern part of Honshu, Izu-Bonin Arc and Ryukyu-Island Arc. These structures are thought to be significant for understanding the tectonic development and geophysical, geochemical, and petrological condition in the lower crust. The linear anomaly over the southwestern part of Honshu is thought to be continuous to that in the east-offing of Northeastern part of Honshu (Ishikari-Kitagami Linear Anomaly) before opening of the Japan Sea.

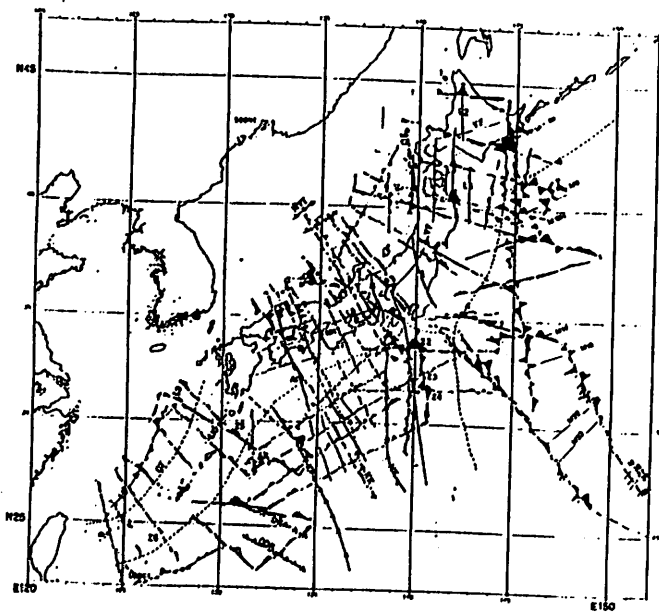


Figure 1. Total intensity magnetic anomaly profile along track lines.  
4a: Magnetic anomaly profile and tectonic feature of/around Japanese Island. V, volcanic front; OX, Okhotski ridge; NYV, Kita Yanai Bank; YF, Yaono Bank; UT, Oki Bank; AK, Aomori plateau; DK, Daito ridge; ODK, Oki Daito ridge; KP, Kyuzo palau ridge; KK, Kinnam seamount chain; NK, Niio sillio ridge; ZK, Zeniu ridge; TK, Tanakura tectonic line; ML, Median tectonic line; MK, Mikabu tectonic line; BL, Butuzo tectonic line.

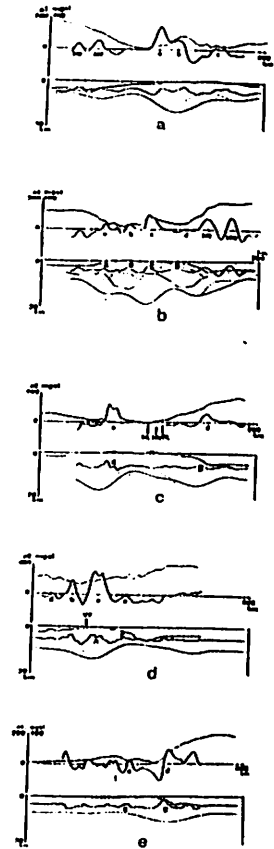


Figure 2. Derived magnetic structures for the representative cross-section of Japanese Island. a: Eastern part of Hokkaido (profile 04), b: Northeastern part of Honshu (profile 06), c: Western part of Honshu (profile 20), d: Izu-Bonin Arc (profile 18), e: Ryukyu-Island Arc (profile 23).



# 海洋地磁気異常のグローバル解析 I

## 北太平洋の地磁気異常振幅の解析

佐柳敬造・玉木賢策  
東大海洋研

### Global Analysis of Marine Magnetic Anomalies I

#### Analysis of amplitudes of marine magnetic anomalies from the Northeast Pacific

Keizo SAYANAGI and Kensaku TAMAKI

*Ocean Research Institute, University of Tokyo, Japan*

We show distributions of amplitudes of total intensity anomalies over the Northeast Pacific from marine survey data. Amplitude data of anomalies (peak to trough) were derived from total intensity anomalies which were calculated with IGRF85. The data were sorted to a regular gridnet and were presented as a contour map of amplitudes of total intensity anomalies. The map shows the following features. 1) a contrast between amplitudes over older and younger crust than anomaly 24 where a change in the direction of seafloor spreading occurred, 2) four zones with 400 to 800 nT amplitude trending NS. 3) High-amplitude (>800nT) shown in the broad area over the Juan de Fuca ridge, and High-amplitude (>600nT) shown in the narrow area over the Gorda ridge. 4) Low-amplitude near the continental margin. We think it is necessary to improve the technique of analysis and study global marine magnetic anomalies to define what contributes features of marine magnetic amplitudes.

1950年代後半から集められてきた海洋地磁気異常のデータは膨大な数にのぼり、グローバルな海洋地殻の磁化分布を調べる重要な情報源となっている。我々は海洋地磁気異常のグローバルな解析の第1ステップとして磁気異常振幅の大きさの空間的分布を調べている。今回は東経125度から東経165度の範囲内のMendocino F.Z.とSedna F.Z.に挟まれた海域およびJuan deFuca-Gordaridge海域の磁気異常振幅強度がどのような分布を示すかについて述べる。

解析に用いたデータはNGSDC (National Geophysical and Solar Terrestrial Data Center) の1961から1984年の航海データである。その測線の総距離は約15000海里である。

全磁力異常はIGRF85を使って求め、磁気異常振幅は正のピークと負のピークの差で表すことにした。この振幅値のランダムデータを約25km×25kmのグリッドデータに変換しコンターマップを作成した。

Fig. 1は求められた磁気異常振幅のコンターマップである。この海域の磁気異常振幅の分布には次の4つの特徴がある。

(1) 北緯43度以北において、東経155度線を境にして西側5度東側5度の範囲を比べると西側の方が平均して

振幅が大きい。この境界は地磁気縞模様の方がN15WからNSに変わるところである。

(2) 東経135度、東経140度、東経143度、東経145度に沿って400から800nTの振幅の磁気異常が帯状に分布する。それらは地磁気縞模様と平行であり、それぞれアノーマリー6、アノーマリー9から12、アノーマリー13から15、アノーマリー13付近に相当する。

(3) Juan deFuca ridge 海域は他の海域に比べて振幅が大きく、特にアノーマリー1から2Aの範囲は800nTを超える大振幅ゾーンである。Gordaridge海域では600nTを超える振幅の磁気異常が海嶺直上部において存在する。

(4) 大陸縁辺域では振幅が200nT以下と小さい。

これらの観察結果からただちに海底地殻の磁化分布を結論することはできないが、振幅分布図は海洋地磁気異常の振幅の特徴に最も貢献するものは何かということを考える助けになるであろう。たとえば(1)はプレートのテクトニックな運動が振幅に強く関係していることを示唆している。こういったことは解析海域をグローバルなものにすることによって明確になっていくと思われる。今後定量的な議論ができるように解析方法を改良することと解析海域を広げていくことが必要だと考えている。

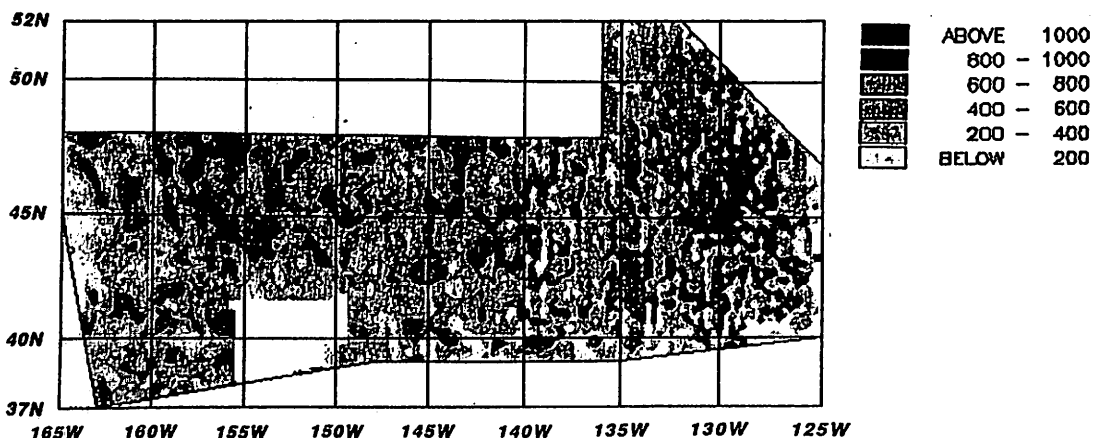


Fig. 1 Peak to trough amplitudes of marine magnetic anomalies over the Northeast Pacific.

河野 長  
(東工大理)

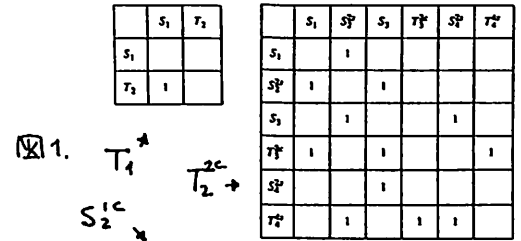
Eigenvalues of the Kinematic Dynamo Problem: Case of Single velocity Component  
Masaru Kono  
Department of Applied Physics, Tokyo Institute of Technology

A computer program has been developed to solve the kinematic dynamo problem automatically. Using this program, various kinematic dynamos with relatively simple velocity fields are examined. In particular, the cases in which velocity fields are expressed by a single spherical harmonic component of degree 1 or 2 is reported here. As expected, toroidal fields fail to give a positive eigenvalue. Solutions exist for some of the poloidal fields but not for all. Moreover, the magnitudes of the eigenvalues as well as their existence depends critically on the choice of radial functions. It is suggested that such behaviors reflect the intrinsic instability of the scheme of computation employed by the Bullard-Gellman approach.

我々はこれまでにキネマティック・ダイナモの問題を Bullard and Gellman(1954)の方法で自動的に解くプログラムを開発した(地球伝磁気学会予稿集 1988 年春、1-1, 2)。この方法はよく知られているように、(1) 磁場と速度場をトロイダル場とポロイダル場の和として表現し、(2) これらを球面調和関数によって展開し、(3) 角度について積分してベクトル方程式をスカラー化し、(4) 微分を差分によって置き換えて連立差分方程式を現わすマトリクスを作り、(5) この方程式を固有値問題として解く、というものである。「自動的に」とは、速度場の形、展開の打ち切り字数、r 方向の分割数だけを与えれば、(1)-(5) のステップをプログラムが人手を借りることなく実行し、固有値または固有関数を求めるということである。

このプログラムは Bullard-Gellman の使った速度場 ( $T_1$  と  $S_2^{2c}$ ) の場合に適用され、正しく動くことが示された。このプログラムをその他の速度場に適用することを考えるが、最も簡単な場合として一つの関数だけで現わされる場合について取り扱う。具体的には 1 次または 2 次の球面調和関数で現わされる速度場 16 個 ( $S_1, T_2^{2c}$  など) を用いた。これらのうちトロイダル場はダイナモ作用を起こさないが、数値解でも正の固有値は得られないことを確かめた。

磁場の打ち切り次数を  $n=4$  とすると、それぞれの速度場に対して図 1 のように簡単な、あるいは複雑な相互作用ダイアグラムが得られる。これらはいずれも  $S_1$  につながるもののみが選んである。さらにこれらを (2)、(3) のステップを経てスカラー方程式化すると、例えば図 2 のようなものが得られる。この式で  $1/R_m$  は固有値 (磁気レイノルズ数の逆数)、右辺でかっこ内に入っている項が速度場、かっこ外が磁場の関数である。速度場の動径関数としては  $r^l(1-r)^m(1+r)^n$  の形を用い、分割数は 10 とした。予想通りトロイダル速度場に対しては正の固有値は存在しない。一方ポロイダル速度場に対しては、正の固有値が存在するものと存在しないものがある。しかし動径関数の形 ( $l, m, n$ ) を変えると固有値の値が大幅に変化するばかりでなく、正の固有値の存否すらひっくり返ってしまうことがある。マトリクスの方程式としては極端に大きなものではない ( $36 \times 36$  ないし  $108 \times 108$  程度) ので、解法に精度が不足しているとは思われない。むしろ、Bullard-Gellman の速度場に対して見つかったように、差分化によって固有値問題とする定式化の中に含まれている数値的不安定が原因ではないかと考えられる。



	$S_1$	$S_1^c$	$T_1$	$T_1^c$	$S_2$	$S_2^c$	$T_2$	$T_2^c$
$S_1$		1	1					
$S_1^c$	1			1	1			
$T_1$	1			1	1			
$T_1^c$		1	1			1	1	1
$S_2$		1	1			1		
$S_2^c$	1			1	1			1
$T_2$		1			1	1	1	1
$T_2^c$				1	1		1	1

Induction Equation to Order 4 for Velocity  $T_2^c$

$$\frac{1}{R_m} \left[ r^2 \frac{d^2 S_1}{dr^2} - 2S_1 \right] = + \left[ -\frac{216}{5} T_2^c \right] \times S_1^c$$

$$\frac{1}{R_m} \left[ r^2 \frac{d^2 S_1^c}{dr^2} - 6S_1^c \right] = + \left[ \frac{2}{3} T_2^c \right] \times S_1 + \left[ -\frac{12}{7} T_2^c \right] \times S_2$$

$$\frac{1}{R_m} \left[ r^2 \frac{d^2 S_2}{dr^2} - 12S_2 \right] = + \left[ \frac{36}{5} T_2^c \right] \times S_1^c + \left[ -200 T_2^c \right] \times S_1^c$$

$$\frac{1}{R_m} \left[ r^2 \frac{d^2 T_1^c}{dr^2} - 12T_1^c \right] = + \left[ \frac{2}{15} T_2^c \right] \times \frac{dS_1}{dr} + \left[ \frac{4}{15} \frac{dT_2^c}{dr} + \frac{8}{15} \frac{T_2^c}{r} \right] \times S_1 + \left[ \frac{4}{5} T_2^c \right] \times \frac{dS_2}{dr} + \left[ \frac{2}{3} \frac{dT_2^c}{dr} + \frac{4}{5} \frac{T_2^c}{r} \right] \times S_2 + \left[ -112 T_2^c \right] \times T_1^c$$

$$\frac{1}{R_m} \left[ r^2 \frac{d^2 S_2^c}{dr^2} - 20S_2^c \right] = + \left[ \frac{18}{35} T_2^c \right] \times S_1$$

$$\frac{1}{R_m} \left[ r^2 \frac{d^2 T_2^c}{dr^2} - 20T_2^c \right] = + \left[ \frac{3}{70} T_2^c \right] \times \frac{dS_1^c}{dr} + \left[ -\frac{9}{70} \frac{dT_2^c}{dr} + \frac{9}{35} \frac{T_2^c}{r} \right] \times S_1^c + \left[ \frac{3}{7} T_2^c \right] \times T_1^c + \left[ \frac{18}{77} T_2^c \right] \times \frac{dS_2^c}{dr} + \left[ \frac{9}{77} \frac{dT_2^c}{dr} - \frac{18}{77} \frac{T_2^c}{r} \right] \times S_2^c$$

図 2.

A MECHANISM OF FLUID MOTION  
IN THE EARTH'S OUTER CORE  
Hirokazu Takayanagi and Yoshimori Honkura  
Department of Applied Physics, Tokyo Institute of Technology

The dynamo action is the interaction between fluid motion in the outer core and the Earth's magnetic field. The fluid motion in the outer core is generally believed to be of convective type. In this study, we consider that the fluid motion in the outer core is driven by gravitational energy released in association with the solidification of the inner core, and try to represent it by performing computational simulations. The simulation method which we use is the cellular automaton(CA). As a fundamental stage, we made computation for the fluid motion in the two dimensional rectangular box in which light fluid ascends because of its buoyancy.

CA determines fluid flows from a microscopic description of interacting particles. In this method, particles can move only on regular lattices and the interactions between particles obey simple collision rules. This model leads to the incompressible Navier-Stokes equation at the subsonic limit.

The figure shows the fluid motion of ordinary fluid in the two dimensional rectangular box. Buoyant fluid is generated at the center of the bottom of the box. The pattern of convective motion grows as light material continues to ascend, and this motion may be a driving force for the dynamo action.

ダイナモ作用は、導電性流体である外核内部の流体運動と地球磁場との相互作用である。外核における流体運動は、おそらく対流的な運動であろう。我々は、その対流運動として、内核成長に伴って解放される重力エネルギーによる物質的な対流運動を採用し、それを計算機シミュレーションによって解明することを研究の目的としている。そのための基礎的な段階として、2次元方形の一様流体の領域を考え、その中に、浮力を受けて運動する軽い流体が存在するときに、それが周囲の流体にどのような運動を誘起するかということを、Cellular Automaton(CA)というシミュレーション技法を用いて計算した。

今回我々が使用したのはCAの中のFHP-Iという2次元流体のモデルである。流体は、正三角形の格子に束縛された、単位速度を持つ仮想的な粒子のローカルな集合体として表される。それらの仮想的な粒子は離散的にpropagationし、粒子相互の間でcollisionを起こすというステップを繰り返すことによって流体運動を表現する。流体運動を記述するNavier-Stokesの式は、巨視的な速度に関するsubsonic limit、及びincompressible limitをとることによって得られる。

ここでは、2次元方形領域中で、内核成長による軽い物質の生成を、方形の底の中央部で軽い流体が定期的が発生するとして扱う。下図は、軽い流体によって普通の流体にどのような運動が誘起されるかということを、普通の流体の運動量で表したものである。いくつかのシミュレーションを行ったが、いずれの場合にも対流運動のパターンが観察されており、このような対流がダイナモ作用の原動力として働くことは考えられることである。

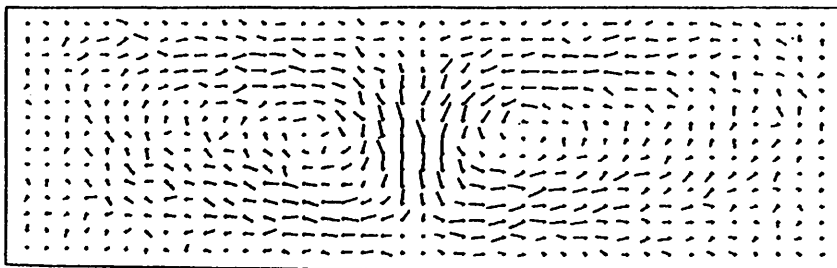


Figure. The pattern of convective flow at time step 1000, which is driven by the ascent of buoyant material originated at the center of the bottom of the rectangular box. The lines represent the intensities and the directions of the momenta of the ordinary fluids.

# III-19 ZONAL TOROIDAL VELOCITY FIELD IN THE EARTH'S CORE

Masaki Matsushima and Yoshimori Honkura

*Department of Applied Physics, Tokyo Institute of Technology*

Creation and maintenance of the Earth's magnetic field are due to the dynamo action in the Earth's fluid core. Fluid motion in the electrically conducting outer core should primarily be responsible for the characteristics of the Earth's magnetic field.

In the 83rd SGEPS meeting, we reported the fluid motion in the Earth's core which we inferred from the Earth's magnetic field. The estimation is based on the assumption that the non-zonal magnetic field observed on the Earth's surface is generated only by the interaction between a strong toroidal magnetic field  $B_{T_2^0}$  and poloidal velocity fields  $V_{S_n^0}$  ( $n \leq 5$ ).

The toroidal magnetic field is created by the interaction between the dipole magnetic field  $B_{S_1^0}$  and the differential rotation  $V_{T_1^0}$  ( $\omega$ -effect). In order to estimate the differential rotation, we followed Watanabe & Yukutake (1975). Their method is as follows; the outer core is divided into spherical shells of equal volume; each spherical shell is considered to be in the state of steady rotation as a result of the balance between the effective couple caused by angular momentum transfer and the electromagnetic couple.

The most critical point in our derivation of fluid motion in the Earth's core is how reliably we can estimate the toroidal magnetic field  $B_{T_2^0}$  which should be generated by the differential rotation  $V_{T_1^0}$  and how reasonably we can estimate  $V_{T_1^0}$ .

Rotation of spherical shells is not obviously realistic. Differential rotation should depend not only on the  $r$ -direction but also on the  $\theta$ -direction. We extend the previous method and divide the spherical shells also in the  $\theta$ -direction. Then we have annuli which are assumed to be in the state of steady rotation. The Coriolis force and the effect of viscosity are not taken into account in the method by Watanabe & Yukutake (1975). It is expected that the Coriolis force acting on the zonal poloidal velocity field generates zonal toroidal velocity field and that the viscosity restrains differential rotation. We introduce therefore the effects of Coriolis force and viscosity. Because the viscosity of the fluid core and the magnitude of zonal poloidal motion are unknown, we take them as parameters and examine how those effects influence the differential rotation. It should be verified whether the non-zonal velocity field  $V_{T_1^0}$  is actually dominant or not.



# III-20 EXACT ALFVEN WAVE SOLUTION IN A CIRCULAR MAGNETIC FIELD

Tomikazu Namikawa and Hiromitsu Hamabata  
Faculty of Science, Osaka City University

One of the most conspicuous features of magnetohydrodynamics is that even in an incompressible inviscid fluid the basic equations admit solutions representing waves called Alfvén waves. The existence of such a wave of small amplitude was predicted by Alfvén in 1942. The existence of nondispersive Alfvén waves of large amplitude was suggested in 1944 by Walén, who concluded that an Alfvén wave of any arbitrary form, frequency, and amplitude in a uniform magnetic field in a uniform incompressible fluid was an exact solution of the MHD equations. Recently, Parker (1984) found exact nonlinear Alfvén waves with large amplitude but restricted form propagating along a uniform horizontal magnetic field in a highly conducting incompressible fluid subject to convective forces by uniform temperature gradient.

However, as far as the authors are aware, the exact solutions for a nonuniform magnetic field was not found until more than 40 years after the discovery of a nonlinear wave solution in a uniform field by Walén. According to one view, the magnetic field  $B$  of the Earth is strongest in the core, where zonal fluid motions wrap meridional field lines around the polar axis, creating a large toroidal field that is confined to the core. Compared with this field, the observed main geomagnetic field is dynamically ineffective and may be neglected in a first approximation. In this paper we wish to determine whether there are exact solutions to the MHD equations in the cylindrical geometry, because the exact solutions of the MHD equations in a conducting fluid under a nonuniform magnetic field are difficult to obtain in a sphere. It is shown that there are exact solutions with large amplitude, indicating that an arbitrary disturbing force produces other motions as well as Alfvén waves propagating along an azimuthal magnetic field whose strength varies with radius. Although the toroidal field vanishes outside the Earth's core the field in the cylindrical geometry does not vanish outside a conducting fluid. Therefore, the solutions of the MHD equations in this paper cannot be regarded as the solution in the Earth's core in a strict sense. However, we think the results may be a first step in obtaining the exact solution in the Earth's core, which is variable as a result of basic plasma physics and applicable to the problem in the cylindrical geometry.

# III-21 地球磁場の非ポテンシアル部分に関する議論

福 島 直

REMARK ON NON-POTENTIAL PART OF THE GEOMAGNETIC FIELD

Naoshi FUKUSHIMA

Adolf SCHMIDT (1939) declared that the non-potential part of the geomagnetic field on the earth's surface must be merely a consequence of remaining errors in geomagnetic observations. His paper was so influential that the discussion on the non-potential magnetic field disappeared ever since. The apparent non-vanishment of  $\text{curl}_2 B$  (calculated from the differences of observed magnetic field values at neighbouring meshpoint stations) would be, however, more reasonably attributable to a possible small-scale inhomogeneity in underground magnetic susceptibility or/and electric conductivity, the spatial wavelength of which is shorter than the distance between observation meshpoints.

地表で観測される磁場に非ポテンシアル部分があるか否かという議論には古い歴史がある。磁気測量の結果に対しては、いくつかの観測点を通る閉曲線を選び、それに沿って、観測された地球磁場の切線方向成分を一周積分して、その閉曲線に囲まれた領域を貫通する電流の総量を求める。わが国では 1893-1896 年に実施された全国磁気測量の結果を用いて田中節愛橋先生 (1904) がこの問題を論じている。海外では Dyson and Furner (1923) 論文が有名である。一方地磁気変動に関しては、世界各地で観測された地磁気日変化を解析した結果に基づいて Miss A. van Fleulen が非ポテンシアル場の存在を主張した論文 (1917) が端緒になっている。この論文は、当時ポテンシアル論を駆使して地磁気日変化に対する理論的研究を推進していた S. Chapman らを大いに悩ませた。

地表における磁場測定値から算出される非ポテンシアル部分をつくるような地表面貫通電流の密度は、一般に晴天時に実測で求まる空地電流の密度に比べて 4-5 桁も大きい。従って非ポテンシアル磁場の存在は疑問視されていた (物理的見地からも) が、なぜ空地電流に対する計算値が実測値に比べて格段に大きくなるかという議論はあまり行われなかった。

近年刊行されている地球磁気学の教科書や参考書では、地球磁場の非ポテンシアル部分についてわざわざ言及しているものは少ない。1920年代から30年代にかけて当時の地球磁気学・大気電気学の指導者達を巻き込んで展開されていた大論争が急に消えた原因は、Adolf Schmidt が『非ポテンシアル磁場は地磁気観測に際して入りこむ測定誤差に起因する化け物以外の何

物でもない』と激しい口調で宣言した論文 (1939) を出したことにある。当時尊敬の的であった碩学が発した『鶴の一声』に反対することは誰もできなかったであろうが、磁気儀の精度向上に努力していた人々は Schmidt 宣言に納得しなかったことであろう。

ともかくこの一方的宣言が発せられてから非ポテンシアル論争は陰をひそめ、その後出版された地磁気専門書の中には "The electric current responsible for the calculated non-potential geomagnetic field is not in excess of the fair-weather air-earth current." (実際には前者が後者の  $10^{4-5}$  倍もあるのに) と著名な地磁気学者が書いている事例さえある。

地表の一地点  $(x, y)$  における  $\text{curl}_2 B$  をできるだけ正しく求めようと思えば、その地点のすぐ近くの何地点かで同時観測を実施する必要がある。しかし現実には観測点相互の間隔を無限小にすることはできない。いま  $(x \pm dx, y \pm dy)$  4 地点における測定値を用いて  $\text{curl}_2 B$  の近似値を

$$\begin{aligned} & \{ B_y(x+dx, y+dy) - B_y(x-dx, y+dy) \\ & + B_y(x+dx, y-dy) - B_y(x-dx, y-dy) \} / (4dx) \\ & - \{ B_x(x+dx, y+dy) - B_x(x+dx, y-dy) \\ & + B_x(x-dx, y+dy) - B_x(x-dx, y-dy) \} / (4dy) \end{aligned}$$

の計算式で求めると、 $dx$  および  $dy$  が有限値である限り、一般にはこの値は 0 にならない。観測地点下で電気伝導度や透磁率が一樣でない場合にはその傾向がますます強められる。地磁気多点観測結果を解析して『見掛けの非ポテンシアル磁場』が現われる真の原因はここにあると筆者は解釈している。

# ESTIMATION OF THE TOROIDAL CURRENT INTENSITY ASSOCIATED WITH GEOMAGNETIC ANOMALIES ORIGINATING IN THE EARTH'S CORE

Y.SANO and M.SUGIURA

Dept. of Geophysics, Faculty of Science, Kyoto University, Kyoto, 606, Japan

Geomagnetic anomalies originating in the earth's core are investigated. These anomalies are defined as positive and negative local maxima in the vertical component of the non-dipole magnetic field, and are supposed to be generated by toroidal currents in the conducting core.

We assume that each anomaly is axisymmetric. The associated toroidal current density  $\vec{j}_T$  in the outer core is developed in a series using the Legendre polynomials  $P_n(x)$ :

$$\vec{j}_T = \sum_{n=0}^{\infty} u_n(r) \sin \theta P_n(\cos \theta) \vec{e}_\phi$$

where  $r$  is the radial distance,  $\theta$  is the angle from the axis of symmetry, and  $\vec{e}_\phi$  is the unit vector in the longitudinal direction. It can easily be shown that the magnetic potential  $\psi$  outside the core is given by

$$\psi = a \sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{a}{r}\right)^{n+1} M^{(n)} P_n(\cos \theta)$$

$$M^{(n)} = \frac{\mu n}{2n+1} \int_0^{r_c} \left(\frac{r}{a}\right)^{n+2} \cdot \left[ \frac{u_{n-1}(r)}{2n-1} - \frac{u_{n+1}(r)}{2n+3} \right] dr$$

with  $a$  and  $r_c$  the radii of the earth and the outer core, respectively, and  $\mu$  is the magnetic permeability.  $M^{(n)}$  may be termed "local  $2^n$ -th degree moment" of the anomaly. Using this expression, the magnetic potential  $\psi$  can be related to the integrated value of the radial profile of the toroidal current density  $u_n(r)$ .

The values of  $M^{(n)}$  for each anomaly are necessary for the estimation of  $u_n(r)$ . Several different methods of calculations are tried. For example, in one method we deduce  $M^{(n)}$  from the contour lines of the vertical component of the observed magnetic field. In another, the least squares method is used to determine  $M^{(n)}$  from the geomagnetic potential. The table shows the provisional values of  $M^{(n)}$  in nT for a negative anomaly at the Gulf of Guinea. The total current intensity  $I$  for this anomaly is given by

$$I = 2 \int_0^{r_c} u_0(r) r dr$$

which is of the order of  $10^7$  A.

TABLE

$M^{(1)}$	$M^{(2)}$	$M^{(3)}$	$M^{(4)}$	$M^{(5)}$	$M^{(6)}$
180	2510	1940	320	210	-130

日本の過去11000年の地磁気永年変化  
(複素MEMスペクトルからみた周期変動)

糸田千朗、 兵頭政幸、 安川克己  
神戸大理

COMPLEX MAXIMUM ENTROPY METHOD ANALYSIS ON THE GEOMAGNETIC SECULAR VARIATION  
FOR LAST 11000 YEARS IN CENTRAL TO SOUTHWEST JAPAN

Chizu ITOA, Masayuki HYODO and Katsumi YASKAWA  
Faculty of Science, Kobe University

A 11000 yr continuous secular variation record from marine and lacustrine sediments in central and southwest Japan has been subjected to maximum entropy method analysis. Clockwise precession of the magnetic vector at a period of about 1200 yr is probably due to westward drift of radial dipole. Counterclockwise precessions of about 700 yr and 5000 yr are tentatively attributed to eastward drift of radial dipole. A 2000 yr period in the east-west component is likely produced by oscillating radial dipole fixed in position.

堆積物の残留磁化を用いて復元した地磁気永年変化には、周期的な変動が存在する可能性がある。周期変動の原因が非双極子磁場の西方移動（あるいは、東方移動）、地心双極子磁場の回転運動などであれば、古地磁気方位にも回転現象をもたらすと考えられる。日本で得られた過去11000年の期間の古地磁気永年変化の周期変動の性質をDenham(1975)による複素MEM（最大エントロピー法）周期解析を用いて調べた。

周期解析に用いたデータは、日本の4地点で採取した5本の堆積物柱状試料の残留磁化の傾角・伏角値から、50年毎の値を計算したものである。得られた永年変化記録の期間は、500年B.P.～11600年B.P.にあたる。周期変動の安定性を確認するために、500年B.P.～6000年B.P.と、6050年B.P.～11600年B.P.との期間に分けても周期解析を行った。鉛直方向の変動、東西方向の変動それぞれに、1次元の周期解析を行った結果も参考にした。

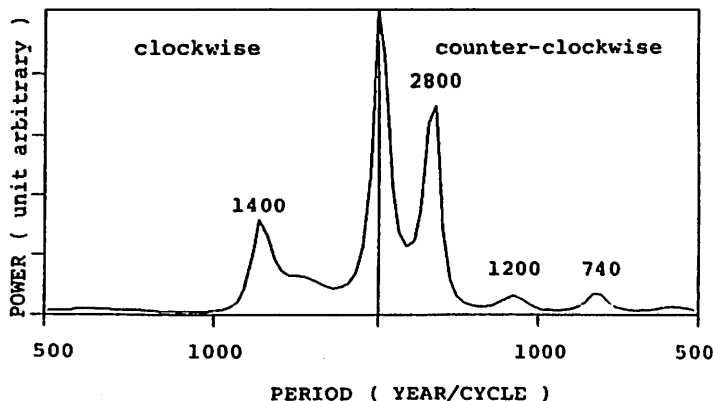
MEMを用いてスペクトルを計算する際、予測誤差フィルターの項数は、最終予測誤差が極小値を示す値を用いた。

周期解析の結果は、4種類の周期変動が存在することを示す。

- ・約1200年周期の時計回りの変動。
- ・約700年周期の反時計回りの変動。
- ・5000年以上の周期の反時計回りの変動。  
(6050年B.P.～11600年B.P.)
- ・約2000年周期の東西方向の振動。  
(500年B.P.～6000年B.P.)

時計回り・反時計回りの周期変動は、それぞれ非双極子磁場の西方移動・東方移動によるものであると考える。東西方向の振動は、停滞性の非双極子磁場の強度変化が原因であると考えられる。

A result of complex MEM spectral analysis applied to the 11000 yr record. The number of terms in the prediction error filter is 38.



TIME-DEPENDENT FEATURES OF  
MAGNETIC FLUX AT THE CORE-MANTLE BOUNDARY

Yoshimori Honkura and Masaki Matsushima

*Department of Applied Physics, Tokyo Institute of Technology*

Analyses of historical magnetic field data made by Gubbins and Bloxham revealed some notable features of geomagnetic secular variation (Bloxham and Gubbins, 1985). In particular, they examined the distribution of radial component at the core-mantle boundary and found many anomalous spots in the contour map. Bloxham and Gubbins (1987) interpreted these anomalous spots as indicating the coupling with the mantle. Gubbins (1987) focused his attention on a patch of flux of opposite sign which has been found beneath southern Africa. Since it represents a local dipole field near the core-mantle boundary with its polarity opposite to the present Earth's magnetic field, Gubbins (1987) suggested the association of such a patch with geomagnetic polarity reversal.

Matsushima and Honkura (1988) showed that non-zonal magnetic fields are well represented by fluctuating standing and drifting fields and proposed a model for the epochs 1600 - 2000 A.D. Using this secular variation model, we examined the distribution of radial component at the core-mantle boundary. Fig.1 shows the results for the standing part. This figure clearly shows that even the standing field changes drastically. Fig.2 shows the results for the drifting part. A pair of positive and negative spots is found beneath southern Africa, as pointed out by Gubbins (1987), but this seems to be a merely transient feature. A more notable pair of spots is seen in northern Eurasia. We interpret these spots as representing transient features rather than as implying possible triggers of polarity reversal.

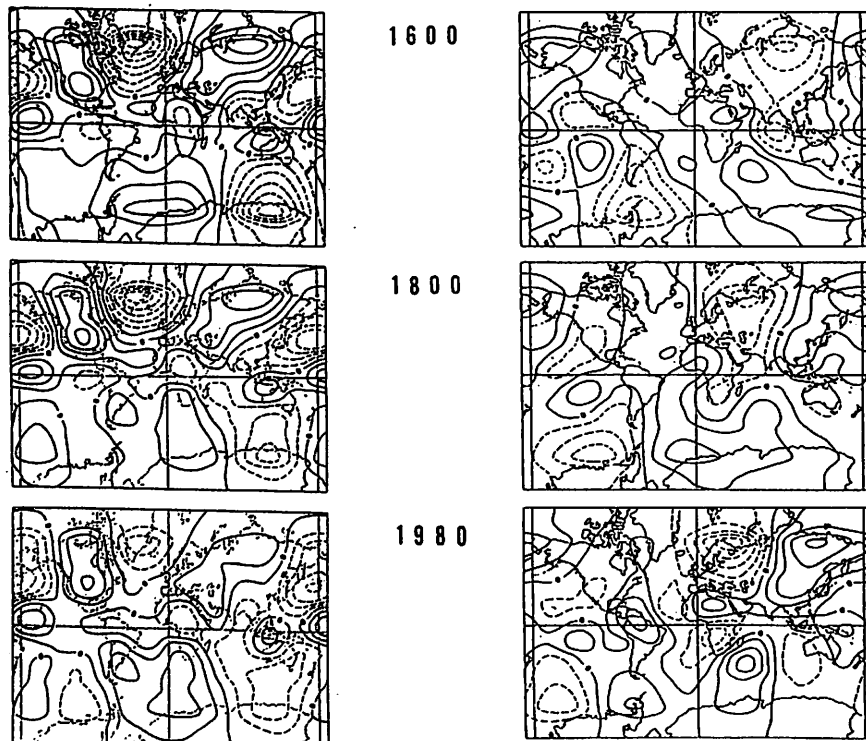


Fig.1

Fig.2

林田 明 (同志社大) · J. Bloemendal (University of Rhode Island)

MAGNETOSTRATIGRAPHY OF ODP LEG 117 SEDIMENTS FROM THE OMAN MARGIN

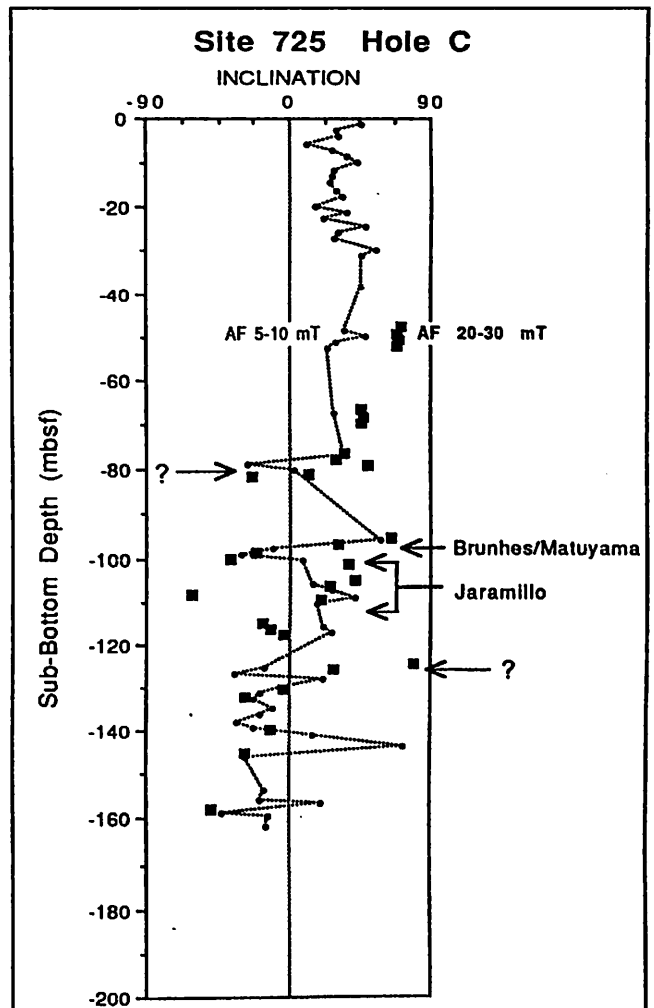
Akira HAYASHIDA (Doshisha University) and J Bloemendal (University of Rhode Island)

Magnetic measurement has been carried out on samples from eight sites on the Oman continental margin drilled during ODP Leg 117. Shipboard measurement was carried out with a Minispin spinner magnetometer and AF demagnetization at peak fields about 5 - 10 mT. Shorebased researches including progressive demagnetization experiments and measurement with a cryogenic magnetometer revealed presence of secondary magnetization of normal polarity; after AF demagnetization at 20 - 25 mT, magnetic directions of some samples turned upwards. Magnetic polarity records of some Oman margin sites are improved.

深海掘削計画 (ODP) の第117次航海では、アラビア海北西部のインダス扇状地、オーウェン海嶺、オマーン・マージンの計12地点において後期新生代の堆積物が掘削された。われわれは、これらの堆積物について古地磁気層序の研究を行った。今回の発表では、オマーン・マージンの試料の磁化固定の結果を報告する。

オマーン・マージンの掘削地点 (Site 723 - 730) は、水深約 300m から 1500m の大陸斜面に位置し、主として有機物に富む石灰質の堆積物が得られた。ロータリー・コアラーで掘削された Site 729 を除く地点で、各セクション (1.5m) から 2 個の試料を得た。そのうちの 1 試料は本来は微化石層序などの研究用であったが、古地磁気試料と同様にプラスチックのケースに入れて採集し、船上で測定をおこなうことができた。船上の測定にはスピナー磁力計を用い、5 - 10 mT の交流消磁をおこなった。その結果、いくつかの地点 (Site 724, 727, 728) では堆積物の深度に対する伏角の変化から磁気極性が判定でき、それが石灰質ナノ化石など生層序の時間面と調和的で、古地磁気年代表と対応させることができた。しかし、その他の地点では、特に深度 100m 以下で調和的な極性変化がみられず、年代表との対比が困難であった。この深度では、磁化強度が小さくなる傾向もみられた。

陸上の実験では、未測定を試料について段階消磁をおこなった。その結果、船上の測定で正の伏角値を示した層準の試料に大きな 2 次磁化の付着がみられることがあった。たとえば Site 725 では、マツヤマ逆磁極期と考えられる層準に下向きの磁化がみられたが、この層準のいくつかの試料の磁化は 20 - 25 mT の消磁によって大きく減衰し、負の伏角を示すようになる。詳細な消磁実験をおこなうことによって、磁気極性の変化が不確かであった部分の結果が改善され、古地磁気年代表との対比をおこなえる可能性がある。



Plots of magnetic inclination vs. sub-bottom depth. Shipboard (AF 20-30 mT) and shorebased (AF 20-30 mT) results for Site 725 Hole C are shown.

井口博夫, F. Heider, ODP LEG120乗船研究者一同  
神戸大理, Munich大地物

PALEOMAGNETIC STUDY OF THE DEEP-SEA CORE (ODP LEG120) FROM THE KERGUELEN PLATEAU, SOUTH-CENTRAL INDIAN OCEAN - MAGNETIZATION OF SEDIMENT

Hiroo INOKUCHI, Franz HEIDER, and ODP LEG120 Shipboard Scientific Party  
Fac. Sci., Kobe Univ., Geophys., Univ. Munich

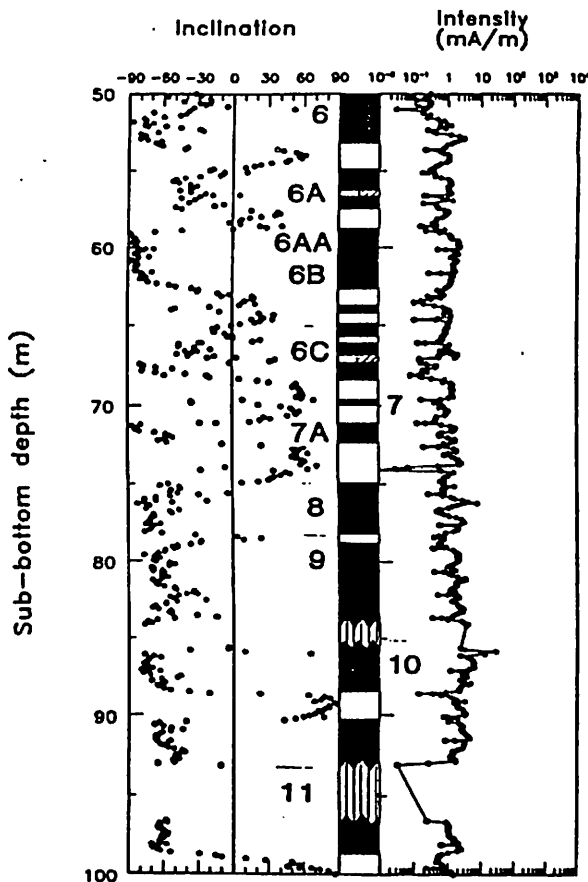
The archive halves of most sediment cores of ODP Leg 120 were measured with the pass-through cryogenic magnetometer to obtain their natural remanent magnetization(NRM). Site 747, located in the transition zone between the northern and southern Kerguelen Plateau, provided excellent material for a nearly complete reversal sequence from the present to the middle Oligocene. At Site 748 located in the western part of the Raggatt Basin on the Southern Kerguelen Plateau we obtained a good magnetostratigraphic record from the Pleistocene to the middle Eocene and a long normal sequence in the Upper Cretaceous. The polarity reversal series from Site 748 continues the magnetostratigraphic record beyond anomaly correlative 10, where it stopped at Site 747, by 12 million years to anomaly correlative 18. Site 751, located in the central part of the Raggatt Basin on the Southern Kerguelen Plateau, provided a good magnetostratigraphic record with comparatively high resolution for about 50% of the Neogene. Measurements of NRM on a few single cubes agreed approximately with the polarity record from the path-through magnetometer.

ODP LEG 120では、南中央インド洋の Kerguelen海台の5地点で掘削した。5地点中、Sites 747, 748及び750の3地点からは厚い堆積物をほぼ連続的に回収した。

APC(advanced piston corer)および XCB(extended core barrel)でほぼ連続的に得られた堆積物柱状試料は縦に半切した後、pass-through cryogenic magnetometerにより10または15 cm間隔で自然残留磁化および9 mTの交流消磁後の磁化を測定した(図)。また、1.5mにつき約2個ずつ切り出した立方体試料は40mTまで段階的に交流消磁を施しながら磁化を測定した。

結果は以下のようにまとめられる。

- (1) ほとんどの堆積物試料は磁気層序学に適した安定な磁化を持っている。
- (2) 半切コアの連続測定と立方体試料の測定結果はほぼ一致する。
- (3) Site 747からはPleistoceneから middle Oligoceneまでの、Site 748からは、Pleistoceneから middle Eocene及び upper Cretaceousの長い正磁極期の、また Site 751からは Neogeneの約半分の、期間にわたるほぼ連続した正逆の古地磁気記録を得た。
- (4) これら3地点の磁気層位と微化石の研究結果とをまとめることにより、Pleistoceneから Oligoceneまでの南半球高緯度地域の Bio-magnetostratigraphyの確立に大きく貢献することが期待される。



An example of paleomagnetic results from Hole 748B with pass-through magnetometer after AF demagnetization at 9mT.

セレベス海—スル海の古地磁気層序と古緯度  
(ODP Leg. 124の古地磁気)

渋谷秀敏、D. Merrill, V. Hsu, ODP Leg124 乗船研究者一同。  
阪府大・総 Texas A&M LSU

Magnetostratigraphy and paleolatitude  
of the Celebes and Sulu Seas

H. Shibuya, D. Merrill, V. Hsu, ODP Leg124 Scientific party.  
Univ. Osaka Pref., Texas A&M, LSU

ODP Leg. 124 was planned in order to unravel the history of the Celebes and the Sulu Sea. Two sites were situated in Celebes Basin (sites 767, 770), one in Southeast Sulu Basin (768), and two in Kagayan Ridge (769, 771). Path through measurements of the archive halves of the APC cores gave excellent magnetostratigraphy up to Epoch 10, including records of Cobb Mountain event. Inclination change in the sedimentary column was observed at none of the sites. This fact indicates that both of the basins have not experienced latitudinal movement, and thus had not been a part of the Indian Ocean (or its eastern continuation). The model proposed by Lee and McCabe (1986) is, therefore, determined to be invalid.

ODP Leg. 124 はセレベス海とスル海の地史を探るために計画された航海である。この二つの海盆は、フィリピンとインドネシアの間にある縁海で、スルリッジで区切られている。セレベス海は内部に大きな地形的高まりのない比較的単純な縁海であるのに対して、スル海は中央にあるカガヤンリッジでさらに北西スル海盆と南東スル海盆に分けられる。掘削はセレベス海2サイト(Site 767, 770)、スル海3サイト (Site 768, 769, 771) の計5サイトで行なわれた。フルコアリングが行なわれた 767, 768, 769 の3サイトは、それぞれ、セレベス海盆中央部、南東スル海盆中央部とカガヤンリッジ南斜面に位置しており、残りの 770 と 771 のサイトはそれぞれ Site 767, 769 を補うための掘削であった。

磁化の測定は APC コアについては総てのセクションのアーカイブハーフをコア通過型超伝導磁力計を用いて 10cm 間隔で行なった。この磁力計に備わっている交流消磁装置の能力は Leg. 123 から最大 25mT に強化されている。各コアから少なくとも1セクションを段階消磁し、その結果から残りのセクションの消磁磁場を決定した。また、RCB でも比較的連続なコアとれた場合にはアーカイブハーフの通過測定を行なった。キューブサンプルはすべてのコアについて1セクション2個を目標に採取し、そのうち約1/3について船上で段階交流消磁を行ないその磁化を同じ超伝導磁力計で測定した。

この航海の掘削地点はいずれも緯度が低いので伏角からだけでは極性を決めることが難しい。APC コアについては Multishot でのオリエンテーションに基づいて極性を決定したが、XCB, RCB コアについてはほとんどの場合不可能であった。APC コアの古地磁気記録は一部を除いて素晴らしいものであった。これは両海盆の堆積物の上部には火山起源の物質が比較的多く、磁化が強く安定であったためであろう。特に Site 768

と 769 では 200m を越える APC コアが回収されて、それぞれ Epoch 5, 10迄の地磁気逆転史を記録されていた。特筆すべきことは、得られた結果が Harland et al. (1982) の年代表と非常に良い一致を示すことである。すなわち、年代表にある地磁気逆転は、スランプやコアのつなぎ目で失われている層準を除いてすべて観測された。また、反対にこの年代表にない逆転は Cobb Mountain Event がはっきりと観測されたほかは、Kamikatsura Event とおぼしき物が見られるだけで、Brunhes Epoch 中には一つも見られなかった。堆積速度から考えて(100m/My 前後)、Brunhes Epoch 中には1万年以上の期間を持った Event はなかった事を示しているように思われる。

伏角については、Site 769 で明らかに地層の傾動による変化が観測された他は、基盤直上まで低伏角で、両海盆が現在の緯度からほとんど移動していないことを示している。ところが基盤の玄武岩は回収された2サイト(768, 770)のいずれでも高伏角を示した。この高伏角を緯度の変化に帰するのは直上の堆積物の伏角から考えて無理がある。むしろ、基盤の傾動を考えた方が適切であろう。特に Site 768 では基盤最上部も低伏角を示し、基盤形成の途中で傾動が起こったことを示している。セレベス海が形成以来低緯度から動いていない事実は、この航海で明らかになった両海盆の年代(スル海 18Ma 前後、セレベス海 42Ma 前後)などと共に東南アジア地域の海盆形成のモデルに大きな制約を与える。即ち、これらの海盆の起源をインド洋(またはインド洋の続きのオーストラリアの北に広がっていた海洋)に求めることは不可能となった。これは直接的には Lee and McCabe (1986) のモデルを否定することになる。



小玉一人、J. Ogg、ODP Leg 123乗船研究者一同  
高知大理、Dept. Earth/Atmosph. Sci., Purdue Univ.

PALEOMAGNETIC RESULTS OF DEEP-SEA CORES (ODP LEG123) FROM THE ARGO  
ABYSSAL PLAIN IN THE NORTHEAST INDIAN OCEAN

K. Kodama, J. Ogg and the ODP Leg 123 scientific party  
Dept. Geol., Kochi Univ.; Dept. Earth/Atmosph. Sci., Purdue Univ.

Leg 123 of the Ocean Drilling Program was undertaken in the Argo and Gascoyne abyssal plains in the northeast Indian Ocean, off the north-western margin of Australia. The principal objective of Leg 123 was to understand the Jurassic to Cenozoic post-breakup development of the Indian Ocean and paleogeographic environment of Tethys. Magneto-biostratigraphic studies of sediment cores from the basins distinguished successive Early to Late Cretaceous strata available to refine the Mesozoic geological time scale. The base of the sedimentary section drilled in the Argo basin was dated as late Berriasian to earliest Valanginian (~140 Ma), which is at least 20 Ma younger than predicted for the site. Paleolatitude of the basins was at about 30~35° S, that is 10° further north in Cretaceous time than previously assumed.

ODP第123次研究航海は、1988年9月から11月にかけて、インド洋北東部のアルゴ深海盆および隣接するガスコイン深海盆において実施された。主要な目的は、ジュラ紀後期と予想されるアルゴ海盆の基盤まで掘削することによって、ゴンドワナ大陸分裂以降のインド洋の発達史およびテチス海の古環境を明らかにすることである。

アルゴ海盆のSite 765 (水深5721m)では、堆積層931m、枕状溶岩からなる基盤271mを掘削した。このSiteの基盤年代は、事前の地磁気異常の解析やDSDP Leg 27の結果から、Oxfordian/Kimmeridgian (~160Ma)と推定され、インド洋で最も古い海洋地殻と考えられていた。しかしながら今回の掘削により、Site 765の基盤直上の微化石年代はlate Berriasian~earliest Valanginian (~140Ma)であり、インド洋にジュラ紀の海洋地殻は存在しないことが分かった。一方、ガスコイン海盆東縁のSite 766では堆積層467m (基盤年代uppermost Valanginian)、玄武岩岸脈60mを掘削した。

今回のLegから、SQUID磁力計システムのハード・ソフトとも大きく改善されたので、全てのコアを船上で測定することができた。両Siteとも深部コアの回収率が約70%と比較的高かったため、M10前後までの古地磁気層序を同定することができた。特にSite 765では、Aptian/Barremian境界付近からM0と思われる逆帯磁層準を見いだした。船上におけるロングコア測定および航海終了後の個別サンプル測定から推定される本地域の白亜紀の古緯度は30~35°Sであった。これはオーストラリア大陸の同時代の古緯度よりも10°ほど北方へずれる。

中生代磁気反転系列の改編

- 海洋磁気異常層序と陸上磁気反転層序の対比から -

玉木賢策・中西正男  
(東大海洋研)

ジム チャネル  
(フロリダ大)

A revision of Mesozoic Magnetic Reversal Sequence

- A correlation of marine magnetic anomalies with onshore magnetostratigraphy -

Kensaku Tamaki and Masao Nakanishi  
(Ocean Research Institute, University of Tokyo)

Jim Channel  
(University of Florida)

A correlation of Mesozoic marine magnetic anomalies of the western Pacific with the magnetostratigraphy in Italy strongly proclaim that several additional events exist in the presently accepted Mesozoic reversal sequence. Newly observed additional events are as follows; an event in CM11n, an event in CM12n, two or three events in CM16n. Other target zones to find additional events are CM3n, CM5n, CM9, and CM12-CM14.

玉木・中西(1987)は西太平洋の中生代海洋磁気異常の解析から、従来記載されていない、いくつかの磁気反転イベントの存在の可能性を指摘した。今回は陸上磁気反転層序データと海洋磁気反転データとの対比に基づいてさらに中生代の未記載磁気反転イベントを議論する。陸上磁気反転層序は主に、イタリアのCaprioloとXausaのものを使用した。予察の結果明らかになった、海陸両者のデータに確認できる未記載のイベントを以下に示す。

CM11n: イベント一つを追加。

CM12n: イベント一つを追加。

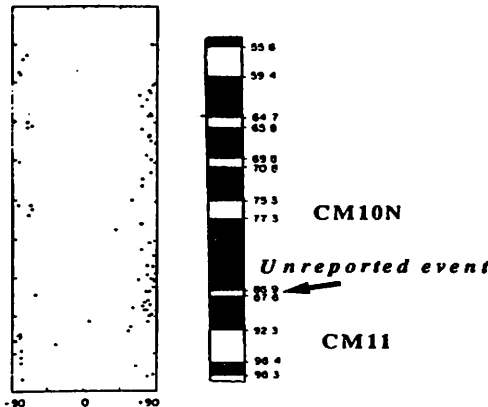
CM16n: イベント二つまたは三つを追加。

その他、未記載磁気反転イベントが存在する可能性が高い層準は、CM3n, CM5n, CM9, CM12-14である。今後、海陸両者で計画的なターゲットをしぼった観測調査を実施し中生代磁気反転系列の全体的な改編をめざしていく予定である。海の観測では、深海底航式プロトン磁力計を使った高精度のデータを取得し、陸上層序との詳細な対比を試みる計画である。

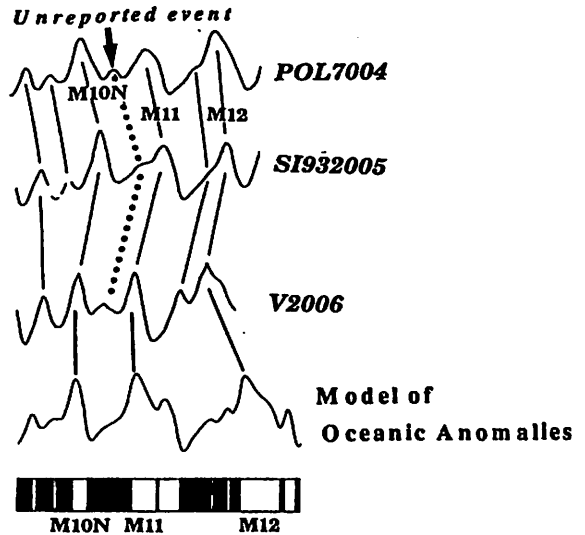
参考文献

Channel, J. E. T., and P. Grandesso, A revised correlation of Mesozoic chrons and calcionellid zones, *Earth Planet. Sci. Lett.* **85**, 222-240, 1987.  
 Channel, J. E. T., T. J. Bralower, and P. Grandesso, Biostratigraphic correlation of Mesozoic polarity chrons CM1 to CM23 at Capriolo and Xausa (Southern Alps, Italy), *Earth Planet. Sci. Lett.* **85**, 203-221, 1987.  
 Nakanishi, M., K. Tamaki, K. Kobayashi, Mesozoic magnetic anomaly lineations and seafloor spreading history of the northwestern Pacific, *J. Geophys. Res.*, in press.  
 玉木賢策, 中西正男, 中生代M磁気異常系列反転史の再検討(予察), 第81回地球電磁気・地球惑星圏学会講演会講演予稿集, **81**, 141, 1987.  
 Tamaki, K., and R. L. Larson, A Mesozoic failed-rift propagator and associated microplate tectonics in the western central Pacific, *J. Geophys. Res.* **93**, 2857-2874, 1988.

Capriolo in the Southern Alps of Italy



The Japanese lineation set in the northwestern Pacific



(図) CM11nにおける海陸データの対比

# III-30 An apparent polar wander path for North China block

since middle Jurassic

Zhong ZHENG and Masaru KONO

Department of Applied Physics, Tokyo Institute of Technology

The rocks from north China since middle Jurassic were studied. The paleomagnetic investigation was carried out for two areas. 1. Chefeng, Inner Mongolia, 2. Datong, Shaanxi. Three reliable paleomagnetic poles for Neogene, late Cretaceous, and middle Jurassic were obtained.

The Neogene results, which were obtained from the basalt samples from 41 sites in Chefeng and 7 sites in Jiening, Inner Mongolia, passed both reversal and fold tests, and the late Cretaceous results obtained from limestone at 4 sites in Datong, passed reversal test, while the isolated remanences from middle Jurassic sandstones at 4 sites in Datong show strong primary tendency. Comparison of our late Cretaceous results with those of similar ages from adjacent blocks suggests that no significant relative movement occurred between North China block, South China block and North Eurasia block at least since late Cretaceous. However, in the southwestern and western China, significant movement has occurred. The counterclockwise rotation became vigorous in Lhasa and western Sichuan area near the suture zone between Tibet and India, while in the far northern Tarim, the northward translation was dominant. These tectonic movements can be associated with the collision between Tibet and India in Paleogene. With the paleomagnetic poles of different ages obtained from this study, an apparent polar wander path is suggested as following. The paleomagnetic pole is at  $87.0^{\circ}\text{N}$ ,  $142.0^{\circ}\text{E}$  with 95% cone of confidence of  $A_{95} = 10.4^{\circ}$  in Neogene, at  $79.6^{\circ}\text{N}$ ,  $170.0^{\circ}\text{E}$  with  $A_{95} = 5.8^{\circ}$  in late Cretaceous, at  $77.0^{\circ}\text{N}$ ,  $205^{\circ}\text{E}$  with  $A_{95} = 6.1^{\circ}$  in middle Jurassic.

内村 英雄<sup>1</sup> 綱川 秀夫<sup>2</sup> 河野 長<sup>1</sup> 魏 育雲<sup>3</sup>

1 東工大理 2 東海大開発技研 3 中国科学院地球物理研究所

Paleomagnetism of Cretaceous rocks from Benxi, northeast China

Hideo UCHIMURA<sup>1</sup> Hideo TSUNAKAWA<sup>2</sup> Masaru KONO<sup>1</sup> Qin-yun WEI<sup>3</sup>

1 Department of Applied Physics, Tokyo Institute of Technology

2 Institute of Research and Development, Tokai University

3 Institute of Geophysics, Academia Sinica

Paleomagnetic study was carried out for Cretaceous sandstones from Benxi in Liaoning Province, China (41.3°N, 123.8°E) which is situated about 100km east of Tan-Lu fault. All the samples were subjected to a stepwise thermal demagnetization up to 680°C, which revealed the linear segment decreasing to the origin. The obtained paleomagnetic directions pass the fold test, which means that they may be primary. The corresponding pole position after bedding corrections is  $\lambda = 59.3^\circ\text{N}$ ,  $\phi = 202.6^\circ\text{E}$ ,  $\alpha_{95} = 6.0^\circ$ . Comparison of the Cretaceous paleomagnetic data from eastern Asia, including this result, indicates that there may be a significant difference between west and east of the Tan-Lu fault. It may imply that the block to the east of Tan-Lu fault rotated clockwise against Siberia/China in post-Cretaceous age.

前回は、中国黒龍江省七台河市近郊からの中生代後期の砂岩の古地磁気方位について報告したが、今回はそれと関連して、遼寧省本溪市周辺(41.3°N, 123.8°E)からの岩石の古地磁気方位について報告する。本溪地域はTan-Lu断層の東約100kmに位置しており、同断層の活動とともに北東アジアのテクトニクスを考える上で興味深いものと思われる。本地域においてはカンブリア紀から白亜紀までのサンプルを採集しており、最終的には極移動曲線を得ることを目的としているが、今回は現段階で測定の完了している白亜紀の結果について述べる。

試料は5サイトすべてが赤色砂岩であり、年代は白亜紀後期と推定されている。各サイト7個のサンプルについて680°Cまでの段階熱消磁実験を行なったところ、約300~400°Cの消磁によって二次的成分を取り除くことができ、原点に向かって直線的に減少していく成分が得られた。(Fig.1)

それらのサイト内平均磁化方位は、傾動補正前に現在の地心双極子磁場の方向に近いものもあるが、99%の confidence levelで褶曲テストに合格することから初生磁化とみてよいと思われる。(Fig.2) 傾動補正後の極の位置は $\lambda = 59.3^\circ\text{N}$ ,  $\phi = 202.6^\circ\text{E}$ ,  $\alpha_{95} = 6.0^\circ$ である。

この結果も含めて、東アジアの各地域から得られた白亜紀の極の位置をプロットしてみると、Tan-Lu断層の東側の地域から得られた極は西側から得られた極に対して系統的に東側に位置するようにみえる。それぞれ単純平均をとると $\alpha_{95}$ が重ならないことから、これらの差異は有意であると考えられる。これは、Tan-Lu断層以東のブロックの大陸側に対する時計回りの回転運動を示唆するものかもしれない。年代を考慮した詳しい検討を行なう必要があるだろう。

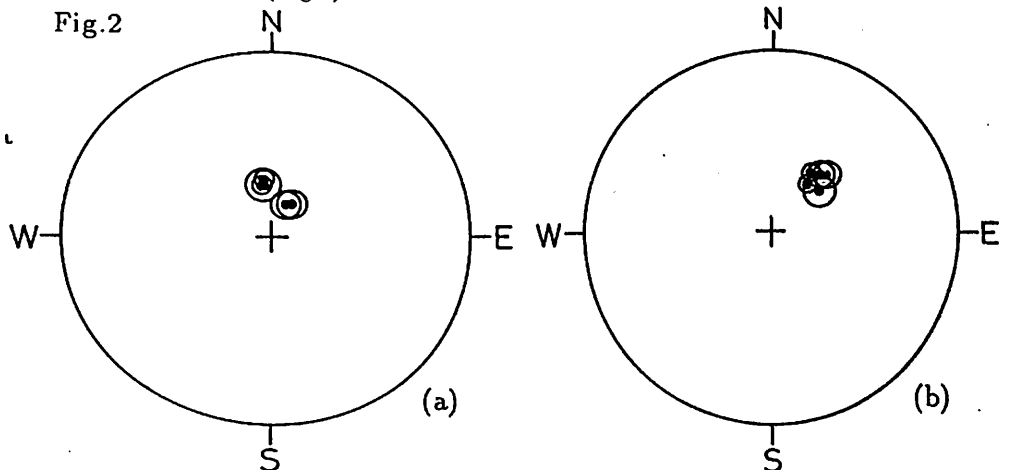
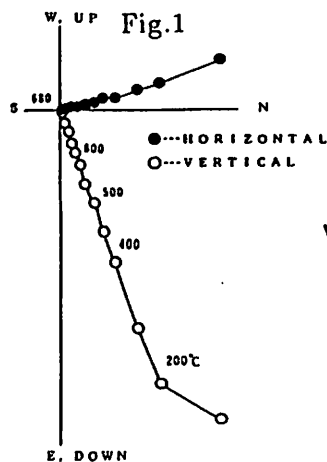


Fig.1 Zijderveld diagram of Cretaceous sandstone (Dayu F.) from Benxi before tilt correction.

Fig.2 Equal area projections of site-mean directions before (a) and after (b) tilt correction.

# III-32 中華人民共和國華南ブロックの 極移動曲線 (予報)

足立泰久<sup>1</sup>・森永遠男<sup>1</sup>・劉育燕<sup>2</sup>・方国柱<sup>3</sup>・安川克己<sup>2</sup>

<sup>1</sup>神戸大自然科学・<sup>2</sup>神戸大理・<sup>3</sup>中国地質大

A. P. W. P. IN SOUTH CHINA BLOCK (FIRST RESULTS)

Yasuhisa ADACHI<sup>1</sup>, Hayao MORINAGA<sup>1</sup>, Yu Yan LIU<sup>2</sup>, Guo Zhu FANG<sup>3</sup>,  
and Katsumi YASKAWA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>The Grad. School Sci. & Technol., Kobe Univ., <sup>2</sup>Fac. of Sci., Kobe Univ.,

<sup>3</sup>China Univ. of Geosci. (WUHAN)

Paleomagnetic study have been performed on sedimentary rocks from the Pre-Cambrian to the Quaternary formations with the aim of establishing the apparent polar wander path (A.P.W.P.) in South China Block. The result of progressive demagnetization of the pilot specimens showed that each characteristic direction could be obtained through thermal demagnetization treatment rather than alternating magnetic field demagnetization method. The significant results were obtained from the rocks in six periods, on the basis of the examination of the magnetic stability and the discussion on the secondary magnetization of the pilot specimens.

中国華南ブロックの極移動曲線 (A. P. W. P.) を求めることは、東アジアのテクニクスを考える上で非常に有意義なことである。華南ブロックにおいては、現在までに得られた有効なデータがほとんどなく、種々の時代の地層が分布する地域の岩石を用いた古地磁気学が必要である。

中国湖北省の武昌県安山鎮と京山県境内には、先カンブリア紀の中遠古生代から第四紀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16地点で採取した (図1)。試料の岩質は、武昌県の試料が石英砂岩であり、京山県の試料は、主に石灰岩と砂岩である。

パイロット試料の段階交流消磁及び段階熱消磁実験の結果から、すべての試料

に対して熱消磁が有効であることがわかった。パイロット試料の段階消磁実験の結果から、各時代の岩石が初生磁化を保有している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。
- (3) 磁化強度の減衰率が比較的低いこと。
- (4) 褶曲テストに合格すること。(一部の試料について)

以上の条件を満たすパイロット試料を持つ地点は、6地点 (地質年代が、中遠古生代、震旦紀、カンブリア紀、デボン紀、白亜紀、第三紀の地層) であった。本講演では、全ての試料の段階熱消磁の結果を報告する。

Era	Period	Site No.
Cenozoic	Quaternary	← 1~12
	Tertiary	← 106
Mesozoic	Cretaceous	← 109
	Jurassic	← 019
	Triassic	← 105
Paleozoic	Permian	← 106, 206
	Carboniferous	← 115
	Devonian	← 107
	Silurian	← 103
	Ordovician	← 102
	Cambrian	← 101
	Proterozoic	late
	middle	← 111, 211
	early	← 110

Fig. 1 Geologic time scale of sample ages.

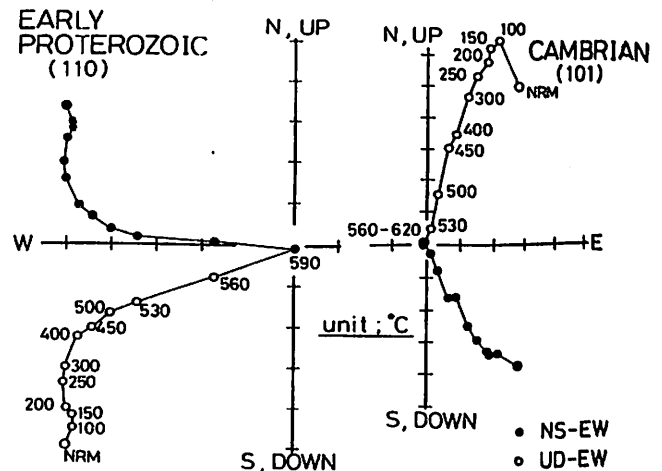


Fig. 2 The significant result of progressive thermal demagnetization.

# III-33 チベット高原東部の変形を 古地磁気学から探る

乙藤洋一郎<sup>1</sup>, 井上靖子<sup>1</sup>, 船原尚武<sup>2</sup>, 村田史之<sup>2</sup>, 鄭錫福<sup>2\*</sup>  
<sup>1</sup> 神戸大 理 <sup>2</sup> 中国科学院

## PALEOMAGNETIC STUDY OF EASTERN TIBET - DEFORMATION OF THE THREE RIVERS REGION -

Yo-ichiro OTOFUJII\*, Yasuko INOUE\*, Shobu 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

チベット高原東部は、サルウィン川、メコン川、長江が流れを東西から南北に急に変える特異な地形で特徴づけられる。古地磁気学の研究は、一億年前アジア南部を構成していたラサ地塊と三江地塊が圧縮・変形を被ったことを明らかにした。東チベットの地形は、インド大陸の衝突によっておこるアジア大陸内部の変形の様子を反映しているらしい。

Peculiar kink shape is observed in geomorphology at eastern Tibet. Large three rivers, that is, the Salween, the Mekong and the Yangtze, flow eastward in Tibetan Plateau. These rivers change their flows to north-south direction and are concentrated in the narrow zone with width of about 100km in eastern Tibet.

We had an expedition to traverse eastern Tibet along the latitude of about 30°N from Lhasa to Chengdu for 2800km. More than 150 oriented samples were collected from Cretaceous red beds and granitic rocks of three geological provinces (Sichuan, Three Rivers, Lhasa) in an attempt to determine the deformation aspect of southeastern Asia. Many samples had two component magnetization. High-temperature (HT) directions were isolated after thermal demagnetization above 450°C. The low temperature (LT) component falls close to the present dipole field before tilt correction, whereas the HT characteristic directions are well apart from the dipole field and pass a fold test in the Sichuan province (Fig. 1). The HT components are accepted to be a reliable paleomagnetic direction of Cretaceous time. Three rivers terrane has largely clockwise deflected declination with steep inclination ( $D=48.2^\circ$ ,  $I=49.0^\circ$ ,  $\alpha_{95}=8.8^\circ$ ), whereas the Lhasa Terrane and Sichuan province have northerly direction with shallow inclination ( $D=-4.0^\circ$ ,  $I=23.3^\circ$ ,  $\alpha_{95}=19.2^\circ$  and  $D=2.1^\circ$ ,  $I=27.5^\circ$ ,  $\alpha_{95}=15.0^\circ$ , respectively).

Paleomagnetic results provides a strong evidence for tectonic deformation of southern part of Asia as follows:

- (1) The Three Rivers region experienced clockwise rotation of about 50° with respect to the neighboring blocks of the Lhasa and Sichuan since Cretaceous.
- (2) The Lhasa and Sichuan blocks translated northward by more than 1000km, while they were rotated counter-clockwise through about 20° with respect to the China block.
- (3) Deformation occurred in narrow zone with width of about 500km along the latitude of 30°N. The Three Rivers terrane was mainly deformed.
- (4) The large clockwise rotation of the Three Rivers region is attributed to tectonic deformation of the Three Rivers terrane due to northward translation of the Lhasa block associated with the indentation of Indian continent.

We conclude that the peculiar geomorphology in eastern Tibet, such as the large kink shape of the Three Rivers region, is reflection of the deformation aspect.

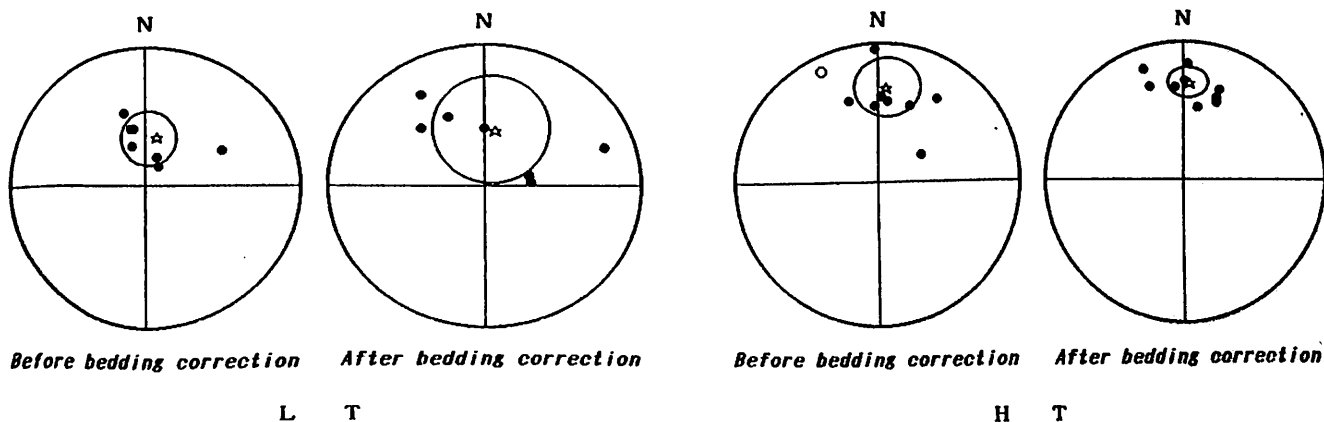


Fig. 1. Site characteristic directions (circles) of the high (HT) and low (LT) temperature component for Cretaceous red beds in Ya'an, plotted on equal area projection before and after bedding tilt correction. Site mean magnetization direction (open star) is also drawn with associated circle of 95% confidence in each case.

三木雅子<sup>1</sup> 近藤信哉<sup>2</sup> 新城竜一<sup>3</sup> 古川雅英<sup>1</sup> 乙藤洋一郎<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>神戸大自然科学 <sup>2</sup>神戸大理 <sup>3</sup>琉球大理

PALEOMAGNETIC STUDY OF THE CENTRAL RYUKYU ARC

Masako MIKI<sup>1</sup>, Sinya KONDO<sup>2</sup>, Ryuichi SHINJO<sup>3</sup>,  
 Masahide FURUKAWA<sup>1</sup> and Yo-ichiro OTOFUJI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Div. of Environmental Sci., Grad. School Sci. & Technol., Kobe Univ.

<sup>2</sup>Fac. Sci., Kobe Univ. <sup>3</sup>Fac. Sci., Univ. of Ryukyu

More than 200 oriented samples of tertiary volcanics and sedimentary rocks have been collected from Okinawa-jima Island and Kume-jima Island of the central Ryukyu arc for paleomagnetic study. The reliable paleomagnetic directions have been obtained;  $D=-9.6^\circ$ ,  $I=48.5^\circ$  from a dike rock of about 10 Ma in Okinawa-jima Island;  $D=8.5^\circ$ ,  $I=39.7^\circ$ ,  $\alpha_{95}=9.8^\circ$  from nine sites of about 15 Ma and  $D=-1^\circ$ ,  $I=40.5^\circ$ ,  $\alpha_{95}=33.6^\circ$  from four sites of about 5 Ma in Kume-jima Island. These results indicate that the central part of the Ryukyu arc has undergone little rotation or translation since 15 Ma. Comparison with the paleomagnetic direction from the south Ryukyu arc suggests that the central Ryukyu arc has behaved as the different block from the south Ryukyu arc since 10 Ma.

沖縄トラフの拡大の様子を琉球弧の運動から求める研究の一環として、琉球弧中部の沖縄本島及び久米島において、古地磁気学的研究を行った。第三紀の堆積岩及び火山岩を研究対象とした。沖縄本島の4地点、久米島の14地点から合計200個以上の定方位試料を採取した。安定な残留磁化を求めるために、試料に熱段階消磁及び交流段階消磁をほどこした。熱消磁によって信頼できる残留磁化方向を得た。沖縄本島の1地点の貫入岩の磁化方向は、偏角 $=-9.6^\circ$ 、伏角 $=48.5^\circ$ であった。この貫入岩の年代は11Ma(大四ほか,1987)と報告されている。久米島の阿良岳層の火山岩から得られた9地点の磁化方向の平均は、偏角 $=8.5^\circ$ 、伏角 $=39.7^\circ$ 、 $\alpha_{95}=9.8^\circ$ であった。この火山岩の年代は約15Ma(中川・村上,1975; 大四ほか,1987)である。久米島の宇江城岳層の火山岩から得られた4地点の磁化方向の平均は、偏角 $=-1^\circ$ 、伏角 $=40.5^\circ$ 、 $\alpha_{95}=33.6^\circ$ であった。この火山岩の年代は約5Ma(中川・村上,1975)である。今回の結果と、南琉球弧の始新世及び10Maの東偏した古地磁気方向(1987年春本学会発表)の比較から次のことを結論した。

- 1) 琉球弧中部は15Ma以降ほとんど回転や移動をしていない。
- 2) 琉球弧中部と南部は、10Ma以降、異なったブロックとしてふるまった。

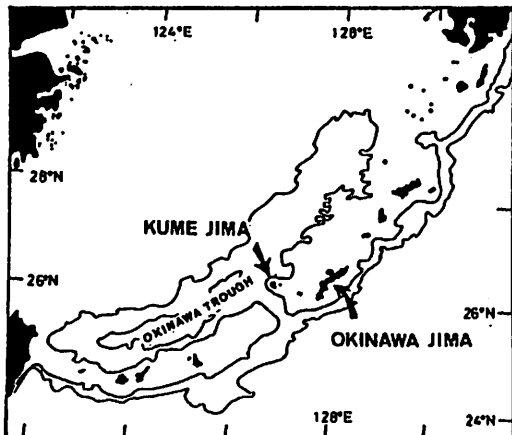


Fig. 1 Index map of the studied area.

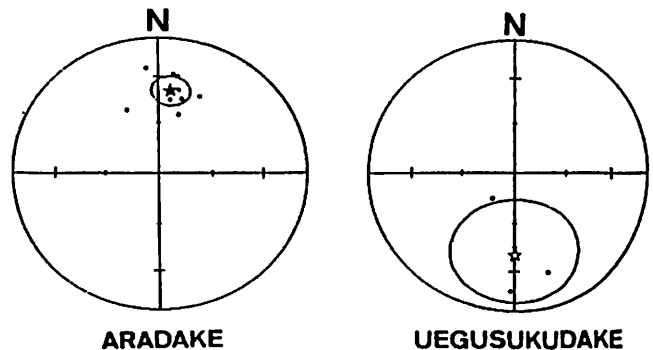


Fig. 2 Paleomagnetic site mean directions (circles) from Kume-jima Island plotted on equal area projections. Mean directions (stars) of each formation are also plotted with 95% confidence circles. Open (solid) symbols are upper (lower) hemisphere. ARADAKE Fm.: Volcanics of 15Ma. UEGUSUKUDAKE Fm.: Volcanics of 5Ma.

広岡公夫、大久保純一  
富山大理

PALEOMAGNETIC STUDY OF PERMIAN LIMESTONE IN THE ASIO MASSIF

Kimio Hirooka and Jun'ichi Okubo

Dept. Earth Sciences, Faculty of Science, Toyama University.

Paleomagnetic sampling of the middle Permian limestone were carried out at 6 sites in the Asio Massif, Kanto District. At all the sites, it is clearly recognized 3 remanent components A, B and C by thermal demagnetization. Component A is demagnetized at 150 °C. Component B appears between 150 °C and 300°C, and Component C is stable above 300°C. It is revealed by comparing the dispersions of in situ directions of Components A, B and C with those after geotectonic structure correction, that Component C is the original remanence acquired in the low latitude region at the time of formation of the limestone, while Component B was acquired in the middle latitude at the time before the formation of the synclinal basin structure of the Asio region, and Component C was overprinted after the geotectonism.

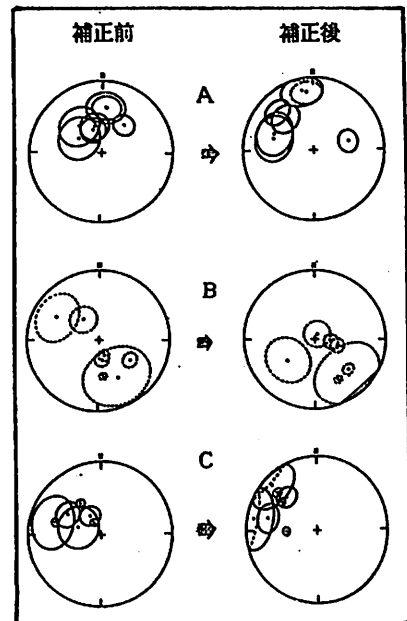
足尾山地は、二疊紀、三疊紀の地層からなり、葛生向斜とよばれる北東-南西方向の軸をもつ向斜構造をしている。この向斜軸は南西方向にプレンジしているために南西方向に開いた半バズン構造となっている。今回は、葛生向斜の北東部で、二疊紀中期の鍋山層の石灰岩を向斜の両翼と軸部の6地点で採集した。

古地磁気測定と熱消磁実験の結果、これら6地点全てについて、3つの磁化成分が認められた。これらをそれぞれ、A成分、B成分、C成分とした。A成分は150°Cで消える成分、B成分は150°C以上で現れ300°Cで消える成分、C成分は300°C以上で残っている成分である。

サンプリング地点で測定した地層の走向・傾斜に併せて、この地域の地質図に記載されている走向・傾斜の値を用いて求めた向斜軸の方向はS63°Wであり、そのプレンジの角度は17°SWであった。この値を使って、向斜軸をまず水平に戻し、その後、地層面の傾斜を水平にする構造補正をA、B、C各成分について行った。

6地点で得られた構造補正前と補正後の残留磁化の方向を比較すると、A成分は補正前の方がまとまりがよく、現在の地球磁場の方向に近い。B成分は逆帯磁を示しているが、補正前に比べて補正した後の方が磁化方向のまとまりは大きく改善される。伏角は深い。C成分は補正の前と後でまとまり具合は殆ど変わらないが、伏角が浅くなる(第1図)。

この結果から、A成分は向斜構造ができた後についた成分、B成分は向斜の構造運動以前で、地磁気逆転時に中緯度で獲得されたもの、C成分は地層生成時に低緯度で獲得された磁化と考えられる。



第1図



III-36 群馬県東部金山地域、溶結凝灰岩類の放射年代と古地磁気 (予報)

高橋雅紀\*・大友育也\*\*・古田明子\*\*\*・斎藤和男\*\*・野村 哲\*\*\*\*  
 \* 東北大理 \*\*山形大理 \*\*\* 群馬大教育 \*\*\*\* 群馬大教養

THE RADIOMETRIC AGES AND PALEOMAGNETISM OF THE WELDED TUFFS IN THE KANAYAMA REGION, EASTERN GUNMA PREFECTURE (PRELIMINARY REPORT).  
 Masaki TAKAHASHI\*, Ikuya OTOMO\*\*, Akiko FURUTA\*\*\*, Kazuo SAITO\*\* and Satoshi NOMURA\*\*\*\*

\* Fac. Sci., Tohoku Univ., \*\*Fac. Sci., Yamagata Univ., \*\*\* Fac. Education, Gunma Univ., \*\*\*\* Fac. General Studies, Gunma Univ.

K-Ar (biotite) dates of the Kanayama Rhyolite (dacitic welded tuff) indicate the Paleogene time, which signifies that the Kanayama Rhyolite is correlative with the Futomiyama Group, the Ishizaka Rhyolite and the Asahi Rhyolite. Moreover, pilot specimens of the Kanayama Rhyolite show that remanent magnetizations are stable with characteristic directions through progressive alternating field demagnetization (PAFD).

近年、数多くの古地磁気データと放射年代値により、西南日本がおおよそ15Maに時計回りに回転し、日本海が形成されたことが明らかになった(OTOFUJI et al., 1985など)。一方、東北日本に関しても古地磁気データが蓄積されつつあり、西南日本の回転とほぼ同時期に反時計回りに回転したと考えられている(広岡, 1988など)。これらふたつの島弧の会合部に位置する関東・中部地域は、それらと異なる運動が指摘されている(ITOH, 1988; HYODO & NIITSUMA, 1986)。とくに糸魚川一静岡構造線と棚倉構造線には含まれた地域はひとつのブロックとして回転したとは考えられず、いくつかのブロックの回転による変形としてとらえるべきであろう。関東・中部地域は複雑な地質構造発達史を経たと考えられるが、その新第三紀テクトニクスを把握することにより、日本海の拡大様式を制約することができると考えられる。そのためには個々の地質体の正確な年代決定とその古地磁気方位の測定は必要不可欠である。

調査・研究した金山地域(八王子丘陵)は群馬県の東部で、地質学的には足尾帯の南端部に位置する(Fig. 1)。足尾帯の中・古生層を不整合におおう金山流紋岩と、さらにそれらを不整合におおう中新統(叢塚累層)がわずかに分布する(須藤ほか, 1976)。叢塚層は陸域ないし浅海域で堆積した珪長質火砕岩を主とし、溶結凝灰岩が2層準挟在する。今回、これらの溶結凝灰岩の放射年代を測定しさらに予察的にそれらの古地磁気を測定した(Fig. 2)。金山流紋岩より $56.3 \pm 3.4$ ,  $58.5 \pm 3.2$  MaのK-Ar黒雲母年代が得られた。したがって、金山流紋岩は中部地方に分布する太美山層群や石坂流紋岩、羽越地域に分布する朝日流紋岩に対比されると考えられる。一方

中新統・叢塚層上部の溶結凝灰岩のglassより $15.0 \pm 1.6$  MaのK-Ar年代値が得られた。したがって叢塚層の年代は中期中新世初期であり、周辺地域では秩父新第三系や水上地域に分布する後閑層に対比されると考えられる。さらに金山流紋岩は正・逆両帯磁を示し、交流消磁に対し非常に安定であることが分かった。これらの溶結凝灰岩の古地磁気方位を正確に復元し、周辺地域の古地磁気結果と比較することにより、関東地域の新第三紀テクトニクスをより正確に把握できるであろう。

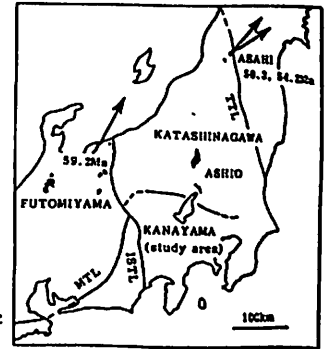


Fig. 1 Paleomagnetic directions and radiometric ages of the Paleogene welded tuffs (ITOH & ITO, 1988; OTOFUJI et al., 1985). Map is modified from YAMADA et al. (1982).

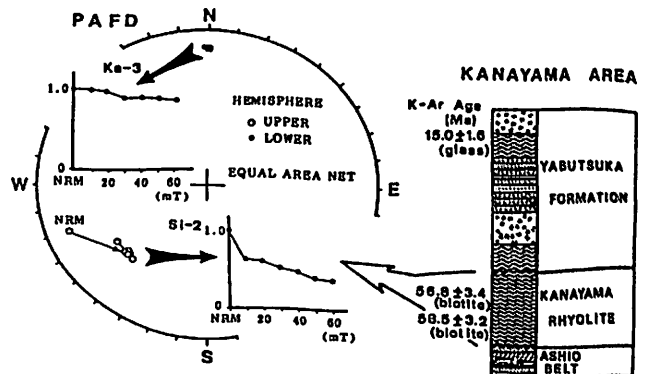


Fig. 2 Generalized stratigraphic column of the Kanayama region and demagnetization curves through progressive alternating field demagnetization (PAFD) of the Kanayama Rhyolite.

# III-37 房総半島の海底堆積物に記録されている ブリュンヌー松山逆転中の地磁気経年変化

岡田 誠・新妻 信明  
東大海洋研・静岡大理

## GEOMAGNETIC SECULAR VARIATION DURING THE BRUNHES-MATUYAMA GEOMAGNETIC POLARITY TRANSITION FROM MARINE SEDIMENTS IN THE BOSO PENINSULA

Makoto OKADA and Nobuaki NIITSUMA

Ocean Res. Inst., Univ. Tokyo, Inst. Geosciences, Shizuoka Univ.

Detailed paleomagnetic records were studied from homoclinal bathyal siltstone deposited during the Brunhes-Matuyama geomagnetic reversal outcropping in the Boso Peninsula, central Japan. The records were analyzed as follows. VGP movements between normal nad reversed polarity ( $g^?$ ) during the reversal changed broadly extending 5000 years from reversed to normal polarity.

Non-axial dipole component similar to present intensity remained during the geomagnetic reversal with axial dipole reduction.

房総半島に露出している半深海性シルト中の Brunhes-Matuyama 境界が記録されている層準付近から採取した層厚にして約19 mの連続コアサンプルを用い詳細な地球磁場逆転記録を解析した。この解析方法を以下に述べる。

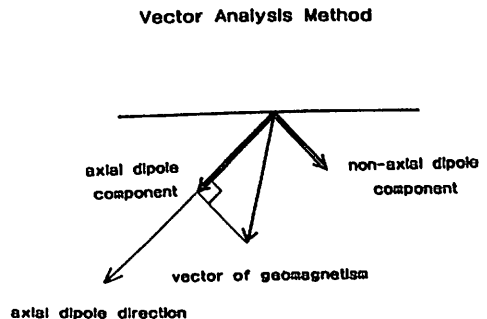
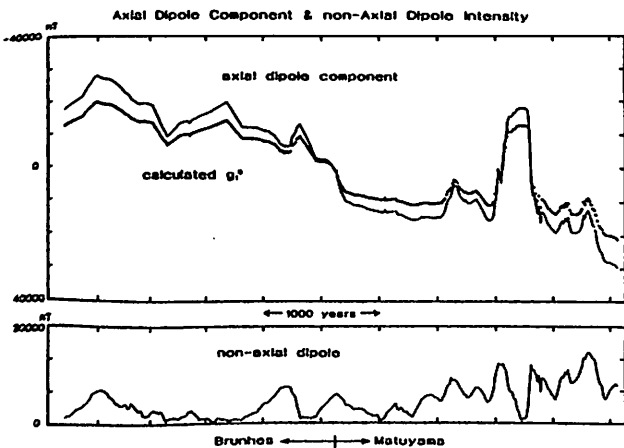
50-100cm置きにARM を用いて古地球磁場強度が推定され、その値を全記録に対して補間して連続的な古地磁気ベクトル変化をもとめた。このベクトルを下右図のようにして地軸双極子成分と非地軸双極子成分に分解した。時間軸は酸素同位体層序学によって決定されたこの付近の堆積速度370cm/ka を用いて計算した。こうして求められた変化を考古地磁気学や現在の磁場直接観測によって求められた地軸双極子及

び非地軸双極子の变化と比較することによって解析した。

この結果わかったことを以下に述べる。

- 1) 磁場逆転時における VGPの南極から北極への動きは 200年以内で完了している。
- 2) 磁場逆転に際して地軸双極子成分はなめらかに負から正に変わっており、その期間は5000年以上にわたっている。
- 3) 非地軸双極子成分の振幅は現在のそれに類似している。またその変動周期は磁場逆転直前において高次の項が卓越している。

これらより移動性非双極子成分は磁場逆転中も存在し続けたと考えられる。また当時の非地軸双極子成分の大きさとその VGPの経度より、現在を同じ停滞性非双極子成分が存在したとは考えにくい。よって磁場逆転時には地軸双極子成分の減少に伴って停滞成分も弱くなっていたことが考えられる。



大野正夫<sup>1</sup>, 浜野洋三<sup>1</sup>, 岡村真<sup>2</sup>, 島崎邦彦<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>東大地震研, <sup>2</sup>高知大理

PALAEOMAGNETIC STUDY OF UNCONSOLIDATED SEDIMENTS FROM BEPPU BAY  
 Masao Ono<sup>1</sup>, Yozo Hamano<sup>1</sup>, Makoto Okamura<sup>2</sup>, Kunihiko Shimazaki<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Earthquake Research Institute, University of Tokyo, <sup>2</sup>Kochi University

A 15 m long core from Beppu Bay was palaeomagnetically analyzed. The results of stepwise AF demagnetization show that the remanent magnetization is very stable and this core possesses a continuous record of geomagnetic field for the past 7000 years.

非常に堆積速度の速い内海の未固結堆積物は古地磁気学的手法で地磁気永年変化を詳しく知る上で有用である。島崎他(1986)によって別府湾の海底活断層のボーリング調査が行われており、今回そのコアの古地磁気測定を行った。サンプリングサイトは音波探査の結果から断層による撓曲変形の影響を受けていない場所が選ばれ、長さ10~15(m)のコアが多数得られており、地磁気永年変化を求める試料として適していると考えられる。

サンプリングは大型台船からピストンコアラを用いて行われ、直径8cmの連続なコア試料が採取されている。堆積物は主として黄黒灰色を呈する泥岩で生物の糞粒(faecal pellet)が主体をなす均質なものである。コアには数枚の火山灰層が認められ、そのうちの一つ(アカホヤ火山灰、6300年B.P.)から、平均堆積速度は2mm/yearと推定されている。

残留磁化測定用のサンプルは5cmおきに1個ずつ採取し、18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。Fig.1はその一例である。二次成分の認められるサンプルも25-50(Oe)で消磁するとその後Orthogonal Plot上で原点に向かう成分を得た。またMDFは150~200(Oe)である。その結果を基に他のサンプルについては50(Oe)で交流消磁を行った。Fig.2はNRMの磁化強度、Fig.3は50(Oe)で交流消磁した後の伏角を示している。0~4mの伏角の測定結果は、西日本の考古地磁気学で得られた0~2000 B.P.の結果(HIROOKA 1971)とよい対応を示すことがわかった。尚、測定は小玉一人助教授の御好意により高知大学の超伝導磁力計を用いて行った。

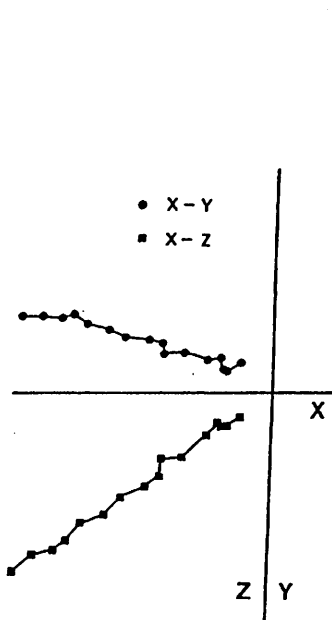


Fig.1 Orthogonal plot for stepwise AF demagnetization (NRM to 500 Oe).

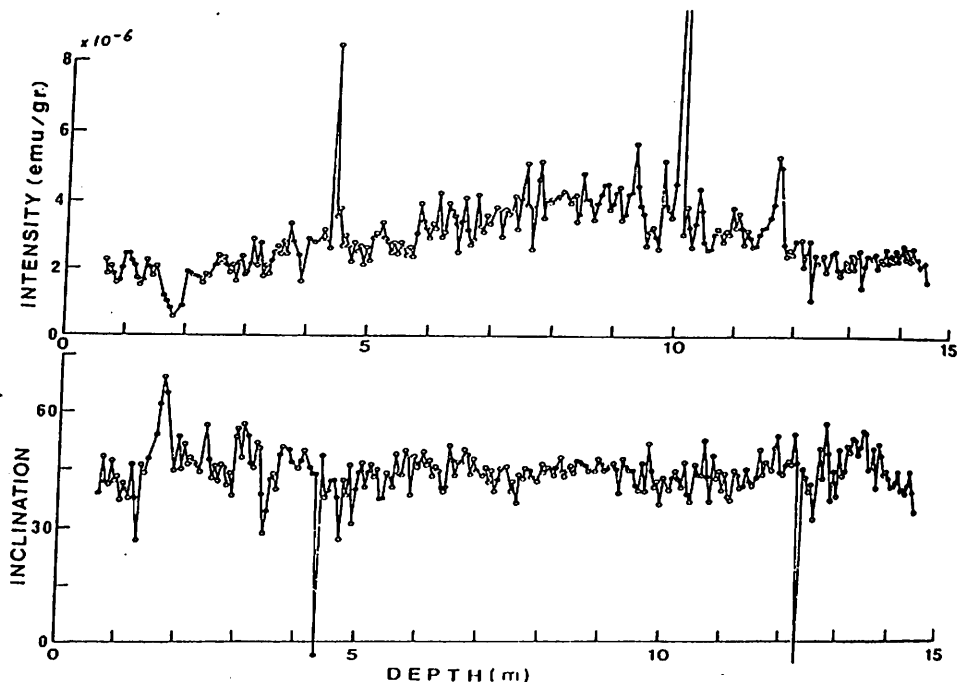


Fig.2. (upper diagram) NRM intensity. Fig.3. (lower diagram) Declination after AF demagnetization (50 Oe).

網川 秀夫  
東海大 開発技研

POSSIBILITY TO RECONSTRUCT THREE COMPONENTS OF PALEOMAGNETIC FIELD  
FROM DRM DIRECTIONS OF MULTIPLE CORES (II)

Hideo Tsunakawa  
Inst. Res. & Develop., Tokai Univ.

The author suggested an importance of reconstruction of relative intensity, inclination, and declination of paleomagnetic field from DRM directions of multiple cores at the last meeting. However, deconvolution method with FFT is assumed that paleomagnetic field is always approximated by sinusoidal waves so that sometimes we cannot get a reliable solution, for example, in the case of transitional field. The author will discuss an 'integral form' of reconstruction method.

前回の講演(ポスターセッション)で、堆積残留磁化方位には地磁気強度変化が少なからず影響しており地磁気方位の詳細な議論をする際には強度変化をも考慮する必要性を述べた。また、逆にこの性質を利用して、複数のコア試料から得られた残留磁化方位から地磁気の相対強度・伏角・偏角が求められる可能性も述べた。その復元方法の一つとして、地磁気変化は正弦波の重ね合わせであるとしてFFTによる有限フーリエ近似を用いた方法を示した。さらに、この方法の本質的な問題点として、地磁気変化に周期性を仮定していること、周期性を許したとしてもFFTでは低周波帯域成分の信頼性が欠けること、などをあげた。このことは、地磁気逆転時などの非定常性が強いときを考えれば良く理解できよう。

ここで重要なことは、地磁気変化を正弦波や多項式で近似しないことである。いま、理想的な堆積残留磁化獲得機構の場合でそもそもこのことを満足しながら地磁気3成分を復元する可能性があるかを考える。地磁気ベクトルを  $f$ 、残留磁化方位を  $m$ 、時定数パラメータを  $A$  (一定) として、

$$m(t) = M(t) / |M(t)|$$

$$M(t) = \int_0^t f(t') A e^{-A(t-t')} dt'$$

と表される場合(つまり、このような理想的堆積残留磁化機構を考える)、適切な変形・近似のもとに、

$$\bar{f}_1 = c_1(A) m_1 M_1 + c_2(A) m_{1+1} M_{1+1}$$

$$\bar{f}_1 = \int_{t_1}^{t_{n1}} f(t) dt$$

と表される。一つの復元方法として、前回と同様に  $M$  を未知数として、

$$S = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (\bar{f}_i(A_j) - \bar{f}_i(A_p))^2 \quad : \text{最小化}$$

という条件で非線形問題を解くことが考えられる。このとき、 $A_i$  はパラメータとして 0-2 の間の値を入れて解けば簡単になる。現実の残留磁化方位データにはノイズが含まれており、この様な方法のみでは対処しきれない。ノイズの除去についても、言及する予定である。

## Chemico-Viscous Remanent Magnetization in Magnetite

Ozden Ozdemir

Geophysics Laboratory, Department of Physics, University of Toronto, Toronto, Canada

The chemical remanent magnetization has been studied during oxidation of single-domain size magnetite to maghemite. The starting material consisted of single-crystal cubes of magnetite with a mean particle size of 370 Å and were heated in a mixture of 80 % CO (subscript)2 and 20 % CO for 74 hours at 395°C to reduce the oxidized surface layer. The lattice parameter (8.393 Å), Curie temperature (575°C) and saturation magnetization 92.2 Am<sup>2</sup>/kg) confirm that the starting material is stoichiometric magnetite. Two sets of experiments were carried out to compare the viscous remanent magnetization (VRM) acquired by SD magnetite to the CRM acquired when the same material oxidizes to maghemite. Each VRM and CRM were induced by heating two fresh samples, one vacuum-sealed, the other in air, in a field of 50 microtesla for 2.5 hours at a series of 13 temperatures from 100 to 656°C.

The CRM acquired when SD magnetite oxidized to maghemite was of similar intensity to viscous remanent magnetization. The remanences of the oxidized and unoxidized phases also had similar resistances to demagnetization. These similarities imply that the remanence of the oxidized material is a chemico-viscous remanent magnetization or CVRM, having some of the characteristics of both classic growth CRM and thermally activated VRM. In partially oxidized grains at ordinary temperatures, the contribution to CVRM by VRM of the magnetite core is about equal to the contribution by growth CRM of the maghemite surface layer. Near the Curie point, the intensity of CVRM increases to a Hopkinson-type peak. High-temperature CVRM is also very hard: the CVRM produced by oxidation at 552°C is more resistant to demagnetization than the thermoremanent magnetization (TRM) produced by cooling from above the Curie point.

## Low-temperature and High-temperature Hysteresis and TRM of 215-540 nm Size Magnetites

David J. Dunlop and Kenneth S. Argyle,

Geophysics Laboratory, Department of Physics, University of Toronto, Toronto, Canada

We have measured hysteresis, TRM and ARM for synthetic magnetites with mean particle sizes of 215, 390 and 540 nm. Although all these magnetites are larger than single-domain (SD) size, they have a combination of SD-like and multidomain (MD) properties. TRM, ARM, saturation IRM and coercive force all decrease on cooling to the magnetite isotropic temperature  $T_I$ . The memory fractions recovered on reheating from  $T_I$  to  $T_0$  are 44%, 28% and 23% for saturation IRM in the 215, 390 and 540 nm samples respectively. The corresponding TRM memories are 77%, 58% and 47%.

AF demagnetization curves of TRM, ARM and saturation IRM are soft and MD-like before low-temperature demagnetization (LTD) but become much harder and more SD-like after LTD. Thermal demagnetization curves show a large fraction of low-unblocking temperature TRM and saturation IRM before LTD. These low unblocking temperatures must represent small adjustments of loosely pinned domain walls, because after LTD only very high unblocking temperatures are present. In apparent contradiction, the saturation remanence ratio  $M_{RS}/M_S$  is almost independent of temperature from  $T_0$  to 500°C, suggesting that the relative contributions of SD and MD remanence fractions do not change a great deal at high temperatures. Evidently heating a saturation IRM produced at  $T_0$  is not equivalent to producing fresh saturation IRMs at a series of increasing temperatures, but the reason for this non-equivalence is not understood.

Weak-field ARM and TRM intensities are strongly grain size dependent. The TRM data link smoothly with data for >1 micron magnetites, but it is unclear whether there is a well-defined PSD threshold size. The TRM/ARM ratio peaks at values of 10-18 around a particle size of 200 nm, decreasing sharply to values <2 for SD grains smaller than 50 nm and for >1 micron MD grains. The TRM acquisition curves are poorly modelled by Neel's SD theory but are reasonably well accounted for above the weak-field range by Neel's MD theory.

SD and MD remanence properties seem to coexist over a very broad size range in magnetite. The changing proportions of the SD and MD fractions give rise to smooth, rather than discontinuous, grain size trends in magnetic properties.

### III-42 原始太陽系星雲中のダスト層の非軸対称重力不安定性

中川 義次, 関谷 実  
東大理 帝京大

#### NON-AXISYMMETRIC GRAVITATIONAL INSTABILITIES OF A DUST LAYER IN A SOLAR NEBULA

Yoshitsugu NAKAGAWA AND MINORU SEKIYA<sup>\*)</sup>  
Geophysical Inst. Univ. of Tokyo, <sup>\*)</sup> Teikyo University

We have investigated non-axisymmetric gravitational instabilities of a dust layer in a solar nebula. Shear in Keplerian rotation of the dust layer affects gravitational stability in non-axisymmetric modes significantly, while it does not in axisymmetric modes.

惑星形成は、太陽系星雲中のガスとダストの分離過程から始まる。まず、太陽系星雲中のダストが太陽重力の鉛直成分にひかれて星雲の赤道面に沈殿集積して、ダスト層がつかされる (Nakagawa et al., 1981, 1986)。

沈殿にともないダスト層内の密度が十分大きくなると重力不安定を生じて層は分裂をおこし多数の微惑星が生れる (Safronov, 1969; Goldreich & Ward, 1972; Sekiya, 1983)。

その後、これらの微惑星が相互に衝突合体をくり返しながら成長し、現在のよう惑星が形成されたと考えられている (Safronov, 1969; Nakagawa et al., 1983; Ohtsuki et al., 1988; Wetherill & Stewart, 1989)。

このような惑星形成過程のうち、本研究ではダスト層の非軸対称モードの重力分裂について考察を行った。

従来、ダスト層の重力不安定による微惑星の生成を論じる際には、線形解析にもとづいた軸対称モードの不安定波長  $\lambda_c$  から、微惑星の初期質量が見積られること、すなわち、

$$m_0 = \sigma_d \pi \lambda_c^2 \quad (\sigma_d: \text{ダスト層面密度}) \\ \approx 10^{18} g \text{ at } 1 \text{ AU}.$$

ところが、この  $\lambda_c$  は本来ダスト層が何層ものリングに重力分裂するときの波長であり、1個の微惑星の分裂長ではない。

今回我々は、ダスト層のより一般的な重力分裂の過程と正確な微惑星の初期質量を明らかにするために、非軸対称な重力不安定モードについての解析を行った。ダスト層がケプラー則に従って差動回転していることは、軸対称モードにおいては本質的な影響を及ぼさないが、非軸対称モードにおいては、安定性に重大な影響を及ぼすことになる。

### III-43 微惑星の衝突による内惑星の自転の起源

井田 茂、中澤 清 (東工大応用物理)

The Rotation of the Protoplanets and the Initial Stage of the Earth

Shigeru Ida and Kiyoshi Nakazawa: Dept. of Applied Phys., Tokyo Institute of Technology

We point out that the basic process of the planetary accumulation is particles-encounter in the three-body problem (the protosun, the protoplanet, and a planetesimal). And we show the rotation of the protoplanets were able to result from the successive collisions of planetesimals, since there is anisotropy of the incident planetesimals in the three-body problem.

惑星集積は三体問題と深く関わっていて、三体問題に特徴的な軌道の振舞いが原始惑星の自転という巨視的な性質を決める鍵となっていることを示す。

惑星は多数の微惑星 (典型的質量は  $10^{18}$  g) が重力散乱しながら衝突合体を繰り返して、集積して、現在に至ったと考えられている (現地球質量  $\sim 6 \times 10^{27}$  g)。この原始惑星と微惑星集積の衝突において、微惑星集積の平均間隔はそれらの重力圏の大きさより十分大きい。したがって、原始惑星と微惑星の2体問題として考えてよい。ところがそれらは太陽重力場内を回転しており (ケプラー粒子)、問題は本質的に太陽を加えた3体問題となる。3体問題では衝突は一般的に非等方的に起こり、順向、逆向の差引の角運動量が自転として残りうる (太陽重力を無視した2体近似では衝突は等方的に起こり、順向、逆向の差引の角運動量はゼロとなる)。この角運動量を3体問題で多数の軌道計算により数値的に求めた。例として、原始惑星は円軌道で、微惑星の離心率、傾斜角が Gauss 分布 (離心率、傾斜角の平均値  $\langle e^2 \rangle^{1/2}$ ,  $\langle i^2 \rangle^{1/2}$ ) のときの自転角運動量供給率は図1のようなになる。ここで軌道離心率、軌道傾斜角は原始惑星の質量  $m_p$  と太陽質量  $M$  の比

$$h = (m_p / 3M)^{1/3}$$

で規格されていることに注意。一方、現在の惑星自転を説明するのに必要な (集積後期での) 自転角運動量供給率は表1のようなになる。表1より惑星自転は微惑星の衝突の結果生じたと考えられることで、惑星自転の向き大きさとも説明可能であることがわかる。ただしこれは重力重力散乱できない (規格化しない) 軌道離心率、軌道傾斜角 ( $\langle e^2 \rangle^{1/2}$ ,  $\langle i^2 \rangle^{1/2}$ ) の値に極めて敏感に依存している。

軌道計算による自転角運動量供給率  
[ $\times 10^{-5}$ ]

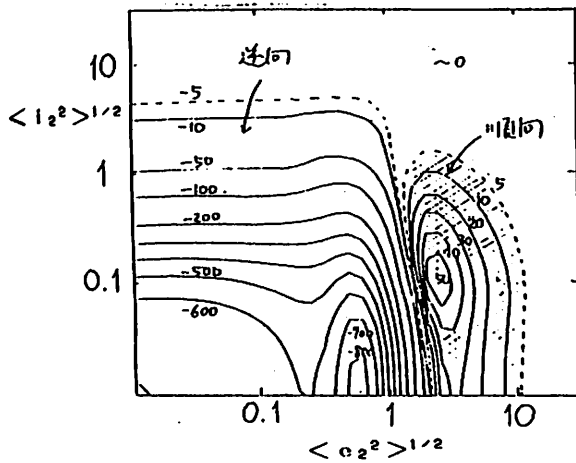


図 1

現在の惑星自転を説明するのに必要な  
(集積後期での) 自転角運動量供給率  
[但し集積時間を  $10^7$  年とした]

Venus	$-0.01 \times 10^{-5}$
Earth	$+20 \times 10^{-5}$
Mars	$+25 \times 10^{-5}$

表 1



III — 44 FUNDAMENTAL STUDY OF TERRESTRIAL, LUNAR AND ASTEROID MATERIALS BY REMOTE SIMS

<sup>1</sup>Y. Miura, <sup>2</sup>A. Yamori, <sup>2</sup>S. Sasaki, <sup>2</sup>N. Kawashima and <sup>3</sup>M. Ohta  
<sup>1</sup>Yamaguchi Univ., <sup>2</sup>The Inst. Space & Astronaut. Science, <sup>3</sup>Tokyo Municipal Univ.

Planetary solid surfaces of the Earth, the Mars, the Asteroids and the Moon have been investigated mainly by remote-sensing methods of X-ray and infra-red spectra. The surface materials of the Moon and the Asteroids without atmosphere which are formed by amorphous (or glassy) mixtures [1-5], however, are expected to be investigated by remote secondary ion mass spectroscopy (i.e. remote SIMS [6-7]). The following results are summarized in this study.

1. The main characteristics of the remote SIMS are (1) complete compositional data from light to heavy elements, (2) distinguishment of glassy states and fine-textures of the regolith, (3) various working distances (with long distance up to 50 m), and (4) investigation of implantation degree of the solar wind and sedimentation process of the impact-related regolith [7].

2. Fundamental spectral patterns of the remote SIMS are obtained in the various 46 materials of 4 standard metallic plates, 25 terrestrial standard samples (minerals and rocks), 9 meteorites (3 iron, 1 stony iron, 3 carbonaceous, 1 eucrite and 1 ordinary chondrite), and 8 lunar samples (including synthetic lunar samples at the laboratory of Yamaguchi University). The mass spectral intensities of the various samples are not correspondent with the quantitative data directly obtained by the electron probe analyses [4,5]. The mass spectral patterns of the remote SIMS, however, are characteristic of each sample, which can be used for rapid identification of the planetary solid materials.

3. Almost all mass spectral intensities of the remote SIMS are exceedingly higher in powdered fine materials (i.e. soils and some of the regolith materials).

4. It is found in this study that the remote SIMS data can be also obtained at long working distance (e.g. 37 cm in this study) to the various planetary surface materials (including synthetic samples).

The research is in part supported by the Grant-in-Aid for Scientific Research on Priority Areas (Origin of the Solar System) of the Japanese Ministry of Education, Science and Culture (6311007) of the third author.

References:

- [1] Meyer, C. (1987): NASA Documents, p.1-61.
- [2] Miura, Y. (1987): Lunar samples and Antarctic Meteorites (Appl. Phys. Soc. Japan), p.1-6.
- [3] Miura, Y. (1988): Lunar and Planetary Science XIX, p.792-793.
- [4] Miura, Y. and Tomisaka, T. (1978): American Mineral., 63, p.584-590.
- [5] Sasaki, S., Yamori, A., Kawashima, N. and Miura, Y. (1988): 1988 Res. Report of "Origin of the Solar System" (the Monbusho), p.399-406.
- [6] Sagdeev, R.Z., Managadze, G.G., Shutyaev, I. Yu., Szege, K., and Timofeev, P.P. (1985): Adv. Space Res., 5, p.111-120.
- [7] Miura, Y., Sasaki, S., Kawashima, N. and Yamori, A. (1989): Lunar and Planetary Science XX (in press).

Table 1. Summary of the ion mass spectral pattern analyses of planetary solid materials by the remote SIMS [7].

Sample	Remarks
Terrestrial samples	Major (re-) crystallized rocks and minerals. "Lower" spectral-intensity in "hard crystalline" samples, and "higher" intensity in "fine soil" samples.
Lunar samples	Major amorphous (impact) materials. "Higher" intensity in amorphous regolith and breccias, and "lower" intensity in crystalline lunar mare basalts and breccias.
Meteorites	"Higher" intensity and many peaks in carbonaceous chondrites, and "lower" intensity in "iron" meteorites.
Martian samples	Data are obtained in the SNC meteorites.

Nitrogen isotope measurements  
using a Quadrupole Mass Spectrometer

K. Hashizume and N. Sugiura  
Geophysical Institute, University of Tokyo

The nitrogen measurement system is shown diagrammatically in Fig.1. The gas extraction system is similar to that of Frick and Pepin (1981).

After heating the sample chamber well enough to remove the contamination, the sample placed in a branch of the chamber is dropped to the bottom. About 5 torr of oxygen is introduced from the zeolite chamber and the temperature is raised using a temperature controller. The maximum temperature is kept for 25 min. before cooling. At the end of this heating period, liquid nitrogen is put on the Trap-1, and remaining gas is exposed to Cu at 500 C. The residual gas (mainly nitrogen, argon and other rare gases) is transferred to the purification line where Trap-2 is set at liquid nitrogen temperature. If the amount of the gas is too much, then appropriate splitting is made. The residual gas is adsorbed on the nupro-pl at liquid nitrogen temperature. Condensable gases are pumped out while the nitrogen is in the nupro chamber. The same process is repeated using the Trap-3 and nupro-ql for further purification. The purified gas is then introduced to the QMS. Masses 26-30 are measured 20 times, which takes about 250 seconds.

Nitrogen is measured as nitrogen molecules and it has two isotopes, i.e. mass 14 and 15. Therefore we need to measure masses 28 and 29 to determine the isotopic ratio of nitrogen if there is no interference. Actually, there are many interfering molecules and we need to measure masses 26-30 to make the correction. The major interferences are carbon monoxide interference at masses 28-30 and hydrocarbon interference at masses 26-30. Two assumptions are needed to make the correction. 1) The isotopic ratios of carbon and oxygen are known. 2) The relative abundance of hydrocarbon at masses 26-30 is known. With these assumptions, we are able to get a unique solution for the unknowns (abundance of nitrogen, carbon monoxide, hydrocarbon and the isotopic ratio of nitrogen). The correction is quite small (less than a few per mill in most cases), so even if the assumptions we made is not strictly valid it does not affect the isotopic ratio significantly.

To minimize the effect of mass discrimination, we always measure rather constant amounts of nitrogen (3-15 ng). The isotope anomaly is calculated from the difference of the 15/14 ratio between the sample and the STD at the same amount of nitrogen.

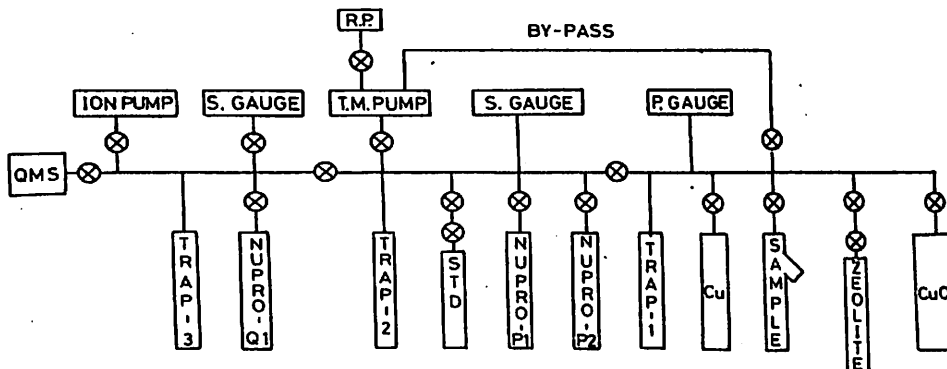
The performance of our system is compared with other systems in the world (Table 1). The Clayton's system uses a dynamic mass-spectrometer, while the others use static mass spectrometers.

Table 1 Comparison of nitrogen measurement systems

	THIS STUDY	PEPIN	PILLINGER	CLAYTON
Dynamic range (ng)	3-15	0.1-250	0.6-14	>50
Error (per mill)	3	20-2	3-0.1	<1
Blank (pg/min.)	1.5	10	1	-
Time (min.)	4	5-20	20-30	-
Cold blank (ng)	0.5	0.1	0.5	2000
Hot blank (ng)	3	1	1	<100

Error is one standard deviation.

Figure 1 Diagram of our system



草場匡宏<sup>1)</sup>、今村峯雄<sup>2)</sup>、小嶋稔<sup>1)</sup>、八木健彦<sup>3)</sup>、比屋根肇<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>東大理、<sup>2)</sup>東大原子核研、<sup>3)</sup>東大物性研

CHANGES IN A DECAY CONSTANT OF  $^{40}\text{K}$  DUE TO (1) CHEMICAL FORM  
AND (2) EXTERNAL PRESSURE.

M. Kusaba<sup>1)</sup>, M. Imamura<sup>2)</sup>, M. Ozima<sup>1)</sup>, T. Yagi<sup>3)</sup>, H. Hiyagon<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Geophysical Institute, University of Tokyo.

<sup>2)</sup>Institute for nuclear studies, University of Tokyo.

<sup>3)</sup>Institute for Solid State Physics, University of Tokyo

We have studied effects in a decay constant of  $^{40}\text{K}$  due to (1) chemical form between K in an aqueous solution (KCl) and in a crystalline form (KCl) and (2) to applied pressure.

年代測定のもっとも重要な要請として、放射崩壊定数の一定性が要求される。 $^{89}\text{Rb}$ や $^{137}\text{Cs}$ 等の場合、この一定性には疑いがない。しかし $^{40}\text{K}$ のように、電子捕獲崩壊の場合には、放射崩壊に核外電子の状態が本質的にからんでくるため、原子の化学結合状態や外的物理状態により受ける影響はきわめて小さく、したがって放射崩壊に及ぼす影響も無視できるものと結論されてきた。ちなみに $^7\text{Be}$  ( $T_{1/2}=53.3\text{d}$ )の場合、約30万気圧で0.6%程度崩壊定数が増えることが報告されている(1)。

K-Ar法の $^{40}\text{K}$ は、その約10%が電子捕獲崩壊で $^{40}\text{Ar}$ に崩壊する。 $^{40}\text{K}$ の場合、核外電子としては最内殻電子(1s)のみならず、2s、2p電子も1s電子とほぼ同程度に崩壊に寄与することが理論的に指摘されている(2)。これが事実とすれば $^{40}\text{K}$ -放射崩壊は、Kの化学結合状態やK-原子のおかれている外的物理状態に有意義な程

度に影響を受けるであろうとも想像できる。我々はこの理論的予測を検討するため、(1)KCl(水溶液)とKCl(結晶)、(2)KCl(結晶-粉末)に外圧を加した場合、につき $^{40}\text{K}$ -放射崩壊定数の変化を調べた。これまでの結果は(1)の場合、KCl(水溶液)とKCl(結晶)間に約0.5%程度の差が認められたが、(2)の場合、ダイヤモンド・アンビルにつめられるK試料が少なすぎてまだ結論を出すに至っていない。しかし、何れの場合にしても実験はきわめて難しく、最終的結論に得るには更に検討を必要とする。

(1) Hensley, W. K. et al. (1973),  
Science, 181, 1164-1165.

(2) Robinson, B.L. & R.W. Fink  
(1960), Rev. Mod. Phys. 23,  
117-128.

小嶋 稔・吾妻瞬一

東大理

 $^{244}\text{Pu}$ -FISSIOGENIC Xe IN MANTLE-DERIVED MATERIALS AND EARLY  
MANTLE DEGASSING

M. Ozima and S. Azuma

Geophysical Institute, University of Tokyo

In the light of newly obtained high-quality experimental Xe isotopic data on various mantle-derived materials including diamonds, we show that excesses in  $^{131}\text{Xe}$ - $^{136}\text{Xe}$  widely observed in mantle-derived materials are due to  $^{244}\text{Pu}$ -fissionogenic Xe, but not due to  $^{238}\text{U}$ -fissionogenic Xe as commonly assumed.

火山岩やマントル・ゼノリス中には、しばしば空気Xeに比べ、 $^{131}\text{Xe}$  -  $^{136}\text{Xe}$ に "excess"が認められる。これら "excess"は、 $^{238}\text{U}$ の自発核分裂による、とするのがこれまでの一般的な見解であった。我々は、過去数年にわたり、おもにダイヤモンドを中心に、マントル起源物質中に含まれる希ガスの精密な同位体比測定を行ってきた。この結果、マントル物質中に認められる $^{131}$ - $^{136}\text{Xe}$ 中の "excess"は $^{244}\text{Pu}$ の自発核分裂によることが結論出来た。この結果は、これまで地球進化を考える上での大きな謎であった、"Pu-パラドクス"を解決するものである。

さらに地球内部における $^{244}\text{Pu}$ -フィッションXeの存在は、マントル脱ガスが地球形成後 $10^8$ 年以内に起こったことを示している。こうした初期地球脱ガスのイベントとしては、地球形成期におけるインパクト脱ガスを考えるのが、もっとも合理的であろう。

地球の初期史への制約条件

1)比屋根 肇、小嶋 稔、座主 繁男、2)酒井 均

1)東大理、2)東大海洋研

NOBLE GASES IN SUBMARINE GLASSES OF MORB AND LOIHI SEA MOUNT:  
CONSTRAINTS ON THE EARLY HISTORY OF THE EARTH.

1) Hiyagon, H., Ozima, M., Zashu, S. and 2) Sakai, H.

1) Geophysical Inst., University of Tokyo

2) Ocean Res. Inst., University of Tokyo

We have analyzed all stable noble gases in submarine glasses of MORBs and Loihi Sea Mount. Very high  $^{20}\text{Ne}/^{22}\text{Ne}$  ratios of about 12, quite different from that of air (9.8), were found in these samples. This suggests that the Earth's atmosphere might have become greatly fractionated after its formation, possibly by a substantial loss of the atmosphere.

世界各地のMORB (MAR, EPR, Garapagos R) 及びLoihi海底火山からのガラス試料中のすべての希ガス (He, Ne, Ar, Kr, Xe) の同位体組成を分析した。その結果、以下のような点が明らかになった。

(1) MORBガラスについては、分析したすべての地域の試料から高い  $^{20}\text{Ne}/^{22}\text{Ne}$  比 (約12。地球大気の場合は9.8) が得られた。

(2) 高い  $^{20}\text{Ne}/^{22}\text{Ne}$  比は、かならず高い  $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$  比 (2000以上) に伴って現われる。

(3) MORBの試料の中には、Xeの同位体異常 (過剰  $^{120}\text{Xe}$ 、過剰  $^{131-136}\text{Xe}$ ) を示すものがある。しかも、過剰  $^{120}\text{Xe}$  と過剰  $^{131-136}\text{Xe}$  は必ず相伴って現われる。

(4) Loihiの試料に関しては、分析例が少ないため、断定的なことは言えないが、やはり高い  $^{20}\text{Ne}/^{22}\text{Ne}$  比を持っている可能性がある。実際、ひとつの試料からは11.8という高い値が得られた。(ただし、その試料は  $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$  比も高いため、MORBの混入の可能性も否定できない。)

マントル中のネオンの同位体組成が大気のものとは異なっていることは、地球形成の初期史におおきな制約条件をあたえるものである。

ひとつの可能な説明は、大気が形成後 (あるいは形成途中に) 大規模に失われるような事件が起こり、その結果として、大気のネオン同位体組成が重くなった ( $^{20}\text{Ne}/^{22}\text{Ne}$  比が約12から9.8まで下がった) とするものである。

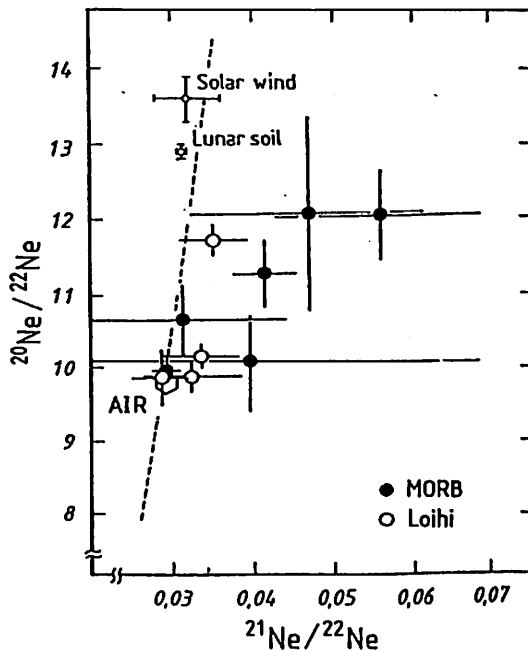


Fig. 1. Neon isotopic composition of submarine glasses from Mid Ocean Ridges and from Loihi Sea Mount. High  $^{20}\text{Ne}/^{22}\text{Ne}$  ratios in these samples suggest the presence of a solar component in the Earth's mantle.

# III-49 二次元干渉計網と偏波計による木星デカメータ電波の同時観測

大木 章一, 三沢 浩昭, 大家 寛, 森岡 昭  
(東北大理)

Simultaneous Observation of Jovian Decametric Radiation by Two-Dimensional Interferometer with Polarimeter for Studies on the Generation Mechanism of Jovian Decametric Radiation

Sho-Ichi Ogi, Hiroaki Misawa, Hiroshi Oya and Akira Morioka

Geophysical Institute, Tohoku University

Ionospheric disturbances are inevitably affecting on the fringe phase analyses of the interferometer. Some of disturbances are however identified as the change effects of the sources at Jupiter from the ionospheric disturbance effects. By analyzing simultaneously observed data of polarization and source position detected by two-dimensional interferometer with consideration of the ionospheric effect, two types of bursts from Io-C source with different polarization were identified at different polar regions of Jupiter. The results suggest that the JDR emissions from Io-C were generated as L-O mode at the source.

## 1. 序

デカメートル波帯を用いた電波干渉計による電波源位置の同定では、特に地球電離層等の電波伝搬路における電子密度の変動による影響は避け得ぬ問題である。しかし、この影響の補正が可能である場合、電波源の位置をある程度見積る事が出来る。当グループでは、木星デカメータ電波の発生機構を明らかにする為、電磁波モードの同定を目的として、二次元干渉計網と偏波計による電波の発生源と偏波の同時情報の取得を試みてきた。本講演では、電波伝搬路の影響を考慮した干渉計データの解析により得られた木星デカメータ電波発生機構に関わる一つの結果を報告する。

## 2. 観測結果

二次元干渉計網と偏波計による木星デカメータ電波の同時観測は、1987年11月より行われているが1988年12月14日 Io-C 電波源の現象では、左旋偏波のL-バーストと右旋偏波のS-バーストの混在する現象が一時間半にわたり断続的に出現した。21.860 MHz における干渉計のデータの位相解析の結果を図1に示す。位相差  $2\pi$  は、天球上でほぼ木星直径に相当するが、位相は短時間の内にほぼ連続的に木星直径以上である数  $\pi$  の増減を示す。これは電離層中の伝搬路移動に伴う

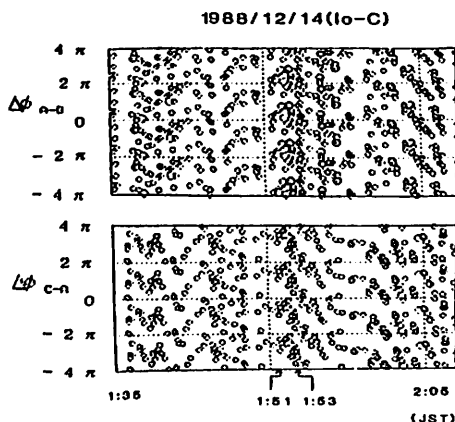


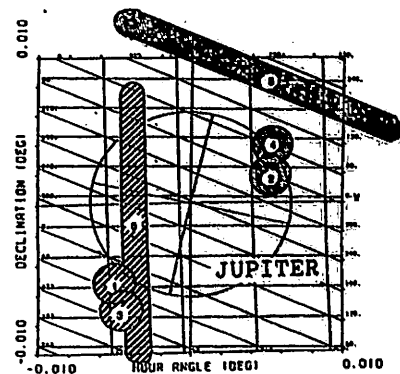
図1. 二次元干渉計網から得られた Io-C 電波源の位相特性。干渉計網の二つの基線 (A-B, C-A) について示す。

$10^{15} \sim 10^{16} / \text{m}^2$  の TEC の変動として理解される。即ち、この値は TEC の数% の変動分に相当する。ここで、変動の連続性に注目して電離層効果を補正する事により木星における電波源の位置を見積る事が可能となる。補正により得られた電波源の位置を図2に示す。結果は、左旋偏波のL-バーストが北半球の極付近より、右旋偏波のS-バーストが南半球の極付近より発生していた事を示している。

## 3. まとめ

電波伝搬路の電子密度変化により生ずる位相変化の影響を考慮した二次元干渉計網の位相解析と、同時の偏波計測により、木星デカメータ電波 Io-C 電波源において、左旋偏波のL-バーストが北半球の極付近より、右旋偏波のS-バーストが南半球の極付近より放射される現象が得られた。木星の南北半球での磁場の方向性を考慮するとき、この現象は、S, L 2つのタイプの木星デカメータ電波が共にに L-O モードで発生していた事を示唆する。

尚、木星デカメータ電波のより詳細な発生機構を明らかにするには、干渉計、偏波計の観測と伴に、電離層の状態の同時モニターも非常に重要である事も結論される。



■ 左旋性 Lバースト  
▨ 右旋性 Sバースト

図2. 干渉計データの位相解析により得られた Io-C 電波源の発生域。1988/12/14 1:51~1:53 (JST) について示す。

# III-50 Io衛星と木星磁気圏プラズマとの電磁流体相互作用： II. 数値モデリングと観測磁場擾乱の解釈

山下 実若 玉尾 孜 (東大理地物研)

## IO-INDUCED HYDROMAGNETIC DISTURBANCES IN THE JOVIAN MAGNETOSPHERE : II. NUMERICAL MODELING AND INTERPRETATION OF THE OBSERVED MAGNETIC SIGNATURE

YAMASHITA, M. and TAMAO, T.  
Geophysics Research Laboratory, University of Tokyo, Tokyo 113

**Abstract :** Hydromagnetic interaction of Io with the Jovian magnetospheric plasma has been studied in detail, based on generation and propagation mechanisms of HM-waves from a localized current source in 3D-configuration. It is shown that the hybrid mode of 1D propagation along field lines converted from the compressional 3D isotropic propagation mode is essential for existence of localized EM-field disturbances, especially those in the outside region of the Io flux tube. Applying this theoretical model to the localized perturbations both in the magnetic field and ion flow observed in the upstream region of the Io flux tube by Voyager 1, we present a quantitative interpretation of the observed component of magnetic field perpendicular to field lines. As for the parallel component, however, the direct contribution of the compressional wave component is too small in intensity compared with the observed one, and we conclude that the energetic particle pressure perturbation arising from the advective change due to the eddy motion and its resultant diamagnetic effect can give rise to the compressional magnetic perturbation being consistent with the observed one both in intensity and phase.

座:Io衛星と木星磁気圏プラズマとの相互作用を、有限領域内の電流源(Ioの磁力線との相対運動に依る誘導電流)からの三次元電磁流体波の発生と伝播の見地から、理論的検討と数値モデリングを実行した。その結果を用いて、Voyager1号のIo付近の軌道上で観測された磁場やイオン流の孤立変動の解釈をこころみた。

結果:一様磁化プラズマでは、有限長領域内の電流源からの沿磁力線電流は電流源領域を通る磁力線に沿ってアルベン波として一次元伝播し、一方渦電流による磁場の圧縮成分は、磁気音波として等方的に広がる。是に対して、電磁場や電流の磁力線に垂直な変動成分は(1)と(2)の二つの部分から成る。即ち、電流源を通る磁束管内を一次元のアルベン波として伝わる(1)の部分と、等方的に広がった磁場の圧縮成分が二次的波源と成って磁力線沿いの一次元伝播をする結合モードとしての(2)の部分である。特に、(2)の部分は、磁束管の外部領域の電磁場変動の垂直成分に対する説明を与える。三次元波として広がる磁場の圧縮成分の変動振幅は波源からの距離に逆比例して減少するのに対し、垂直成分変動は観測点を通る磁力線に垂直方向の距離で決るので、前者に比して一般に振幅は大きい。下図にAcuna等(1981)のVoyager1号の磁場観測結果(垂直二成分:R,φ座標と、観測軌道に対応する位置での二成分に対するモデル計算結果を示す。両者の比較から電流の強さを決定し得る。一方、モデル計算に依る圧縮磁場成分は垂直成分に比べて1/300以下となり、両者比が1/3の観測を説明し得ない。非一様プラズマ圧中の渦運動に依るプラズマ圧変動と反磁性効果から生ずる圧縮磁場変動を考えると、垂直成分との振幅比や位相関係を大体説明し得る。

Fig.(a) :  $\phi$ -component

Observation Numerical Model

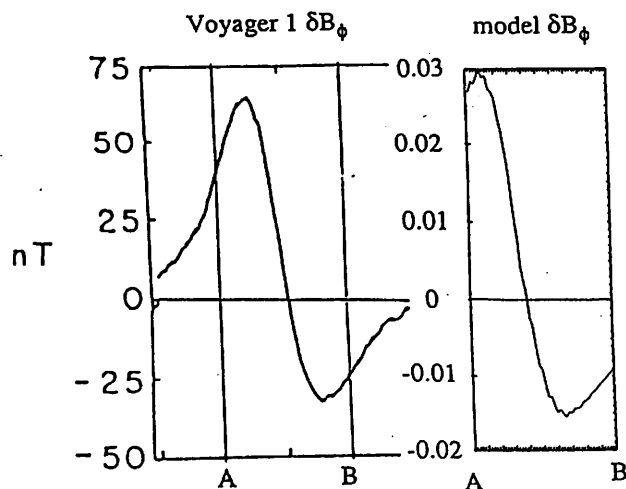
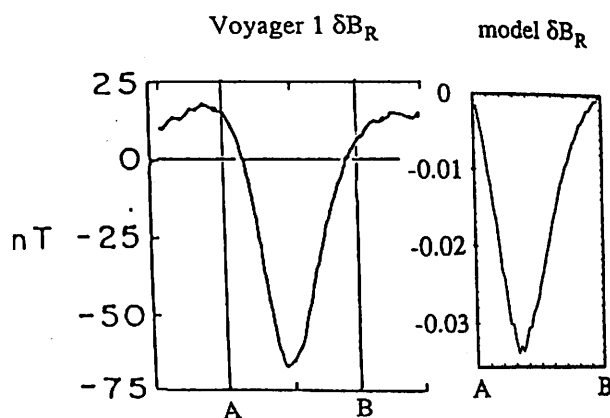


Fig. (b) : R-component

Observation Numerical Model



# III-51 木星デカメートル波広帯域偏波スペクトラムと 多地点固定周波数強度変動データとの比較

今井一雅 上山 智代  
高知工業高等専門学校 電気工学科

## A COMPARISON OF THE WIDE BAND POLARIZATION AND MULTI-POINT FIXED FREQUENCY INTENSITY OF JDR

K. IMAI and T. KAMIYAMA

Department of Electrical Engineering, Kochi National College of Technology

An analysis of the polarization of Jupiter's decametric radiation during the 1986 apparition of Jupiter over a spectrum of about 1MHz was made using a newly developed dynamic spectrum observation system. The observational results imply that the lo-B bursts have strong right hand polarized components. On the other hand, by our fixed frequency observation of Jupiter's decametric radiation, the line structure of the lo-B bursts of fixed frequency are composed of two different types: separated S bursts and grouped S bursts. In this report, we discuss the relation between the wide band and the fixed frequency characteristics.

前回まで筆者らは、木星デカメートル波放射機構を解明する手がかりを得る重要な情報源である広帯域偏波特性の観測及び解析結果について報告してきた。これは、21.9 MHzを中心とした広帯域(1 MHz)偏波特性を、右旋円偏波成分と左旋円偏波成分に分け、疑似カラー表示でダイナミック・スペクトラムを表示し解析を行ったものである。データとしては、I o-B電波源の3例についてのべ84分間について詳しい解析を行った。今回は、この広帯域偏波スペクトラム観測と同時に、従来から3地点(南国・足摺・新居浜)で行われている21.87 MHzの固定周波数強度変動観測データとの比較を行い、対応関係を調べた。

今までのI o-Bに関する偏波スペクトラム解析の結果をまとめると、全体的な傾向としては、右旋円偏波成分が強く、左旋円偏波成分は極めて弱い。右旋円偏波成分が弱くなり、左旋円偏波成分が強くなるような逆転現象は30分以内では見られない。偏波スペクトラムのパターンは非常に複雑な様相を呈しているが、数秒オーダーのスペクトラムの時間分解能で見ると、-100 kHz/秒程度のレーン状のドリフトパターンと、つめでひつかいたようなSバーストに分類される数秒程度の幅を持つ離散的な縦の筋が見られる。この縦の筋は、広い周波数範囲に渡ってLバーストに分類される数10秒以上の電波放射がある場合には、はっきりしない傾向がある。

一方、筆者らの固定周波数の多地点における強度変動観測からは、Lバーストの本質はSバーストがグループ化したものであることが明らかにされている。

以上のような観点から、1地点における偏波スペクトラムと多地点の固定周波数の強度変動と比較した。図1は、対象としたデータの1例で、9分間のスペクトラムにおいて、Sバースト的な(a)の部分から、Lバースト的な(b)・(c)の様相に変化している所の100 km離れた地点における固定周波数における強度変動は、逆の様相を呈していることがわかった。このことから、離散的な縦の筋であるSバーストは、地球の電離層等で吸収され見えなくなっているLバーストの中でインパルス的に強い成分のみが受信されて見えることを意味している。これは、従来の筆者らの固定周波数における強度変動観測結果と矛盾しないことになる。

- 参考文献 1) 今井・村川：本学会第83回講演予稿集II-3  
2) 今井・上山：本学会第84回講演予稿集II-12

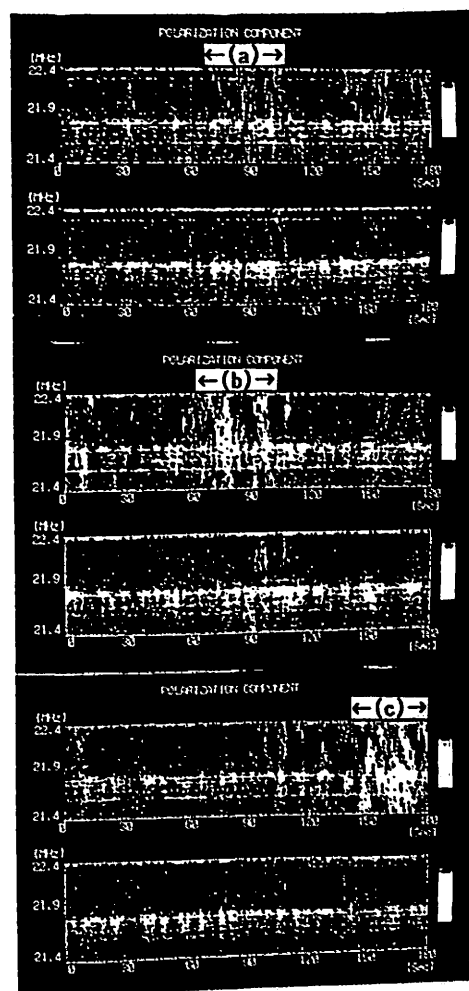


図1 9分間(3分間×3)のデータに対応する偏波スペクトラムで各データの上段が右旋円偏波成分、下段が左旋円偏波成分に対応(a)の部分がSバースト的、(b)・(c)の部分がLバースト的な様相を示している部分



# III-52 木星磁気ディスクにおける角運動量輸送機構

寺沢敏夫  
(京大理)

## Angular Momentum Transfer in the Jovian Magnetodisk

T. Terasawa  
Department of Geophysics, Kyoto University

We have studied the mechanism of angular momentum transfer in the Jovian magnetodisk by means of a numerical simulation. As a initial condition, we made a nonrotating plasma disk in which the pressure gradient force and the Lorentz force balance. After  $t=0$ , the angular momentum is supplied from the inner boundary. We have found that the angular momentum transfer to the outer plasma disk is accompanied with the meridional circulation of the plasma.

木星昼間側の磁気ディスクは太陽風の動圧によって支えられるが、夜の磁気圏尾側にはディスクを支える外力は存在しない。ディスク自身の  $J \times B$  力で遠心力を支えることが出来るのは、いわゆる「アルフェン表面」( $\Omega R = VA$ なる条件を満たす面)の内側の、共回転速度がアルフェン速度より遅い領域に限られるであろう。ディスクの外端がアルフェン表面の外にあるなら、プラズマは磁場を引き伸ばし、やがて磁力線再結合を起こして、遠心力風となって吹き出すだろう。このシナリオはVasyliunas(1983)により提案されたもので、3次元動的なダイナミクスを含んでいる。これを次の様な3つの2次元問題に分割して取り扱うことを考える。(円柱座標系  $(r, \phi, z)$  を採り、軸対称性を仮定 ( $\partial/\partial \phi = 0$ ) する。)

- 1) 昼間側磁気ディスクの構造決定(閉領域での解)
- 2) 夜側における磁気ディスクの引き伸ばしと遠心力風の吹き出し(開領域の解)
- 3) 境界条件を時間的に変化させることにより(閉→開→閉) 昼間と夜の間の遷移を扱う

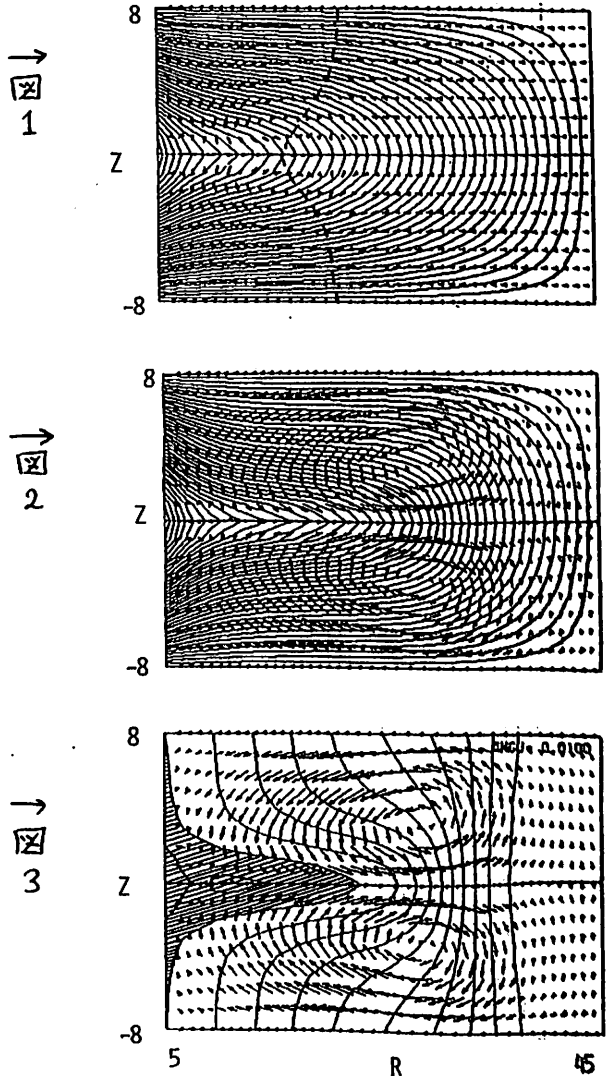
まず自転していない場合の平衡解を作る。次に、内側の境界において自転を立ち上げる。具体的には、そこでの  $\phi$  方向の速度を次第に増やし、木星との共回転速度にする。赤道面にあるプラズマは、磁力線に沿って伝わるトルクにより、その場所における共回転速度に達するであろう。しかし、アルフェン表面の外側では共回転速度に達することは出来ず、遠心力による風が吹き出すと期待される。最外側の境界条件を開放とするか閉鎖とするかにより風が持続的なものになるか、一時的なものになるか決まるだろう。このような期待のもとでシミュレーションを実行した。現在までに解が得られているのは閉領域における場合である。

図1に初期における磁力線の形状を示す(既に中心天体は自転を開始しているが、それによる磁力線の変形はまだ小さい)。磁力線は内側の境界面(左側)に凍結している。外側(右側)と内側の半径比は9倍である。図に点線で示したのがアルフェン表面であり、この内側でプラズマの共回転が期待される。(計算に用いた格子の数は半径方向41, Z方向に17である。作図の都合上、領域の形状は動径方向に約半分だけ圧縮して描いてある。)

さてしばらく時間が経過した後、磁力線は図2のように赤道面に沿って引き伸ばされ、薄い磁気ディスクが形成されたことが見てとれる。図2の時刻における角速度の分布を示したのが図3である。ハッチした部分で共回転が実現している。(等高線は中心天体の角速度の10%毎に描いてある)。また、図の矢印は各点におけるプラズマの子午面内の速度である。この図に見られるように角運動量は赤道面に沿って外向きに流れるプラズマ流に乗って外向きに運ばれている。プラズマ流は高緯度側で磁力線にほぼ平行

に内側へ戻っている。この「子午面還流」は、外側の境界を閉鎖しているためにプラズマの圧力で流れが押し戻されて出来たと考えられる。

講演では角運動量輸送の物理的機構に関する検討の結果について述べ、またSato達の開放系に対する結果(GRL, 1983)との比較を行なう予定である。



Koitiro Maeda

Hyogo College of Medicine

The decametric radiation coming from a source at Jupiter is scattered by the electron density irregularities in the solar wind and a diffraction pattern is produced on the ground. Since the diffraction pattern drifts due to the radially-outward bulk motion of the solar wind, the temporal intensity fluctuations are observed at an observing site (i.e., interplanetary scintillation). If the source locations at two frequencies were different, the diffraction pattern at one frequency shifts with respect to that at another frequency. As a result, the temporal intensity fluctuations at one frequency shift with respect to those at another frequency. There is therefore a possibility that we obtain information on the multi-frequency source structure through a correlation analysis of the intensity fluctuations at the different frequencies.

Observations of Jovian decametric radiation were made at two frequencies (21.86 and 23.0 MHz as a rule) in the period from September 1988 through February 1989. A cross correlation analysis of the intensity fluctuations at the two frequencies is in progress to measure the frequency drift rate. We will present the observations and preliminary results from the cross correlation analysis.

# ポスターセッション

(P-1~P-67)

藤 浩明, 瀬川 爾朗

東京大学海洋研究所

A SEA FLOOR MAGNETOTELLURIC OBSERVATION  
AROUND THE AXIS OF THE IZU-BONIN RIDGE

Hiroaki Toh and Jiro Segawa

Ocean Research Institute, University of Tokyo

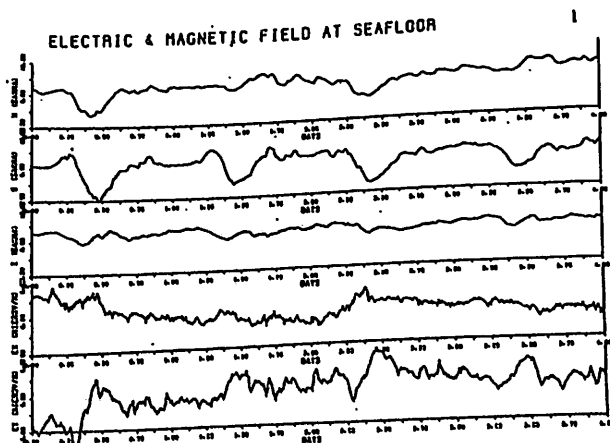
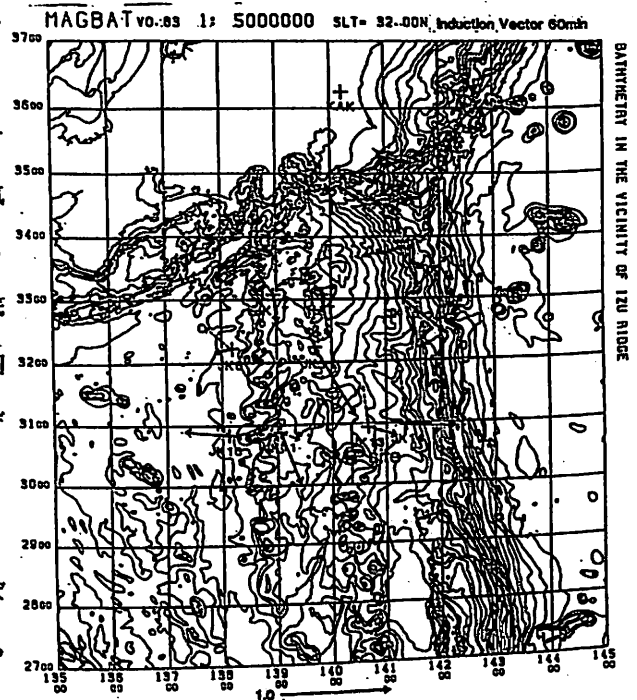
A sea floor magnetotelluric observation was made around the axis of the Izu-Bonin Ridge. An ocean bottom electrometer gave a time series of the electric field at the sea floor, which was analyzed through Sompi spectral analysis method together with the simultaneous ocean bottom geomagnetic field at the same site. The calculated impedance tensor proved to be in harmony with the transfer functions that were previously calculated around the MT observation site.

伊豆海嶺の海嶺軸付近で海底MT観測を行った結果を報告する。

昨年秋の学会では1986年から1988年にかけての北部伊豆海嶺における海底地磁気観測の結果を地磁気変換関数の形にまとめて報告した(右図上)が、そのうちの1つの測点で1987年以来開発を続けてきた海底電位差計により海底地電位差のデータが得られた(右図下)のでMT法による解析を行った。得られた電場のデータ長が短かった為スペクトル解析法としてはAsakawa et. al(JGG, 1988)による存否スペクトル法を用いた。

計算されたインピーダンステンソルの主軸方向はほぼ地理座標と一致しており、見掛け比抵抗の計算結果からはこの地域のskewnessは小さく南北方向にはconductive東西方向にはresistiveな2次元構造を示すことがわかった。このことは、伊豆海嶺の地質的走行・地磁気変換関数の計算結果及び右図下の電磁場変化の振幅の成分による違いと調和的である。

また、存否スペクトル法が CA parameter の推定に有効であることも確かめられたので、磁力計のみによる観測点においてもレスポンスを再計算し、この地域における現在のところ最も信頼できる CA parameter を得た。



瀬川 暲郎、藤 浩明

東京大学海洋研究所

A SEAFLOOR GEOMAGNETIC OBSERVATION AT THE BREID BAY, ANTARCTICA

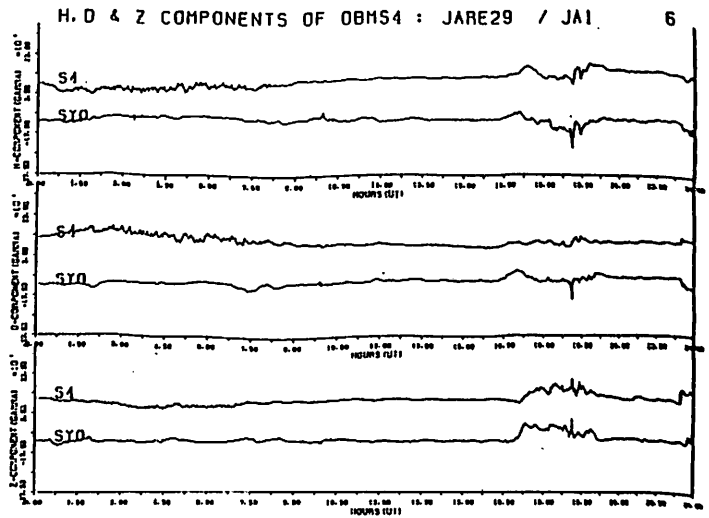
Jiro Segawa and Hiroaki Toh

Ocean Research Institute, University of Tokyo

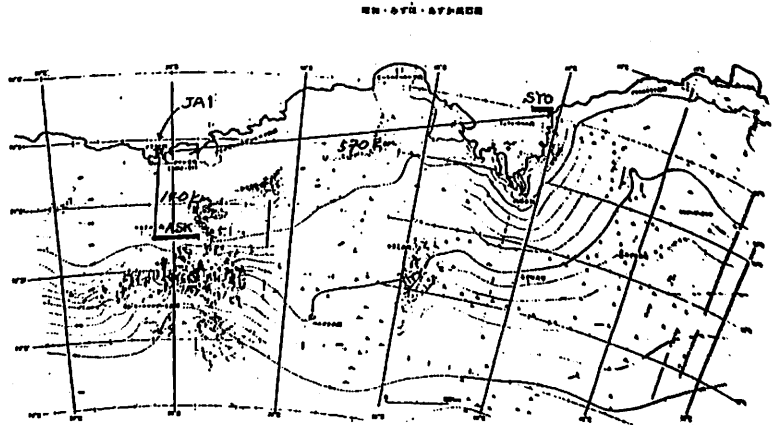
A seafloor geomagnetic observation was made at the Breid Bay, Antarctica, during the JARE29 in summer. A three-component fluxgate type ocean bottom magnetometer was successfully installed and recovered, which resulted in yielding a time series of geomagnetic three components of every 1 minute for about 40 days. The time series obtained was analyzed through some spectral methods together with the simultaneous geomagnetic data observed at the SYOWA station.

第29次日本南極地域観測隊の夏期オペレーション期間中にブライド湾で実施された海底地磁気観測の結果を報告する。

南極地方の夏期の水空きを利用して、ブライド湾の水深327mの地点に3成分フラックスゲイト型海底磁力計を1台敷設し、約40日後に回収した。右図上に1988年1月6日00:00UTから23:59UTまでのブライド湾及び昭和基地における地磁気3成分時間変化の毎分値を示す。右図下には、海底磁力計敷設点と昭和基地及びあすか基地との位置関係を示す。



1988年1月の1ヶ月間の同時記録値を用いて、昭和基地とブライド湾の地磁気時間変化の違いをFFTによるスペクトル解析を通じて比較したところ、明け方から昼間にかけてのブライド湾では外部起源とも内部起源とも解釈し難い短周期の磁場変動が卓越するものの、他の時間帯では概ね良好なDATAが得られたことが分かった。



尚、昭和基地の地磁気データは、国立極地研究所より提供して頂いた。



横山 由紀子、 行武 毅  
東大地震研

SIXTY YEAR VARIATIONS IN GEOMAGNETIC FIELD MODELS DURING 1910 -1983

Yukiko YOKOYAMA and Takesi YUKUTAKE  
Earthquake Research Institute, University of Tokyo

Geomagnetic field models from 1910 to 1983 were derived from annual mean values of geomagnetic components at 21 observatories. Applying a Sompi spectral analysis method to the time variations in models, we obtained several decades variations. Among them, the variations of 40 to 50 years are predominant in most of the Gauss coefficients, and the variations vary almost in phase.

地磁気永年変化には60年程度で時間変化をするものがあることが知られている。しかし、この原因については未だに良く解っておらず、その解析も充分ではない。地球規模でこの現象を考えるためには球関数展開した永年変化モデルが必要であるが、解析に必要な長さを持つモデルは数少ない。前回我々は、1911年から1974年までの山本の球関数展開モデル(展開階数3)(山本、1983)を用いて解析を行ったが、現在では更に長い期間のモデルを得ることが可能である。そこで、今回1910年から1983年までの74年間の球関数展開モデル(展開階数4)を新たに作成し、これを解析した。

### 1. 山本の方法

球関数展開には21ヶ所の地磁気観測所地磁気3成分の年平均値を用いた。山本の方法とは、これら観測値と、既に求められている断続的な球関数展開モデルを組み合わせて、1年間隔の球関数展開モデルを作る方法である。通常球関数展開には、100以上の観測点が必要であり、観測点の数が少ないと正しい絶対値を求めることができない。しかし、この方法では既存の球関数展開モデルを用いて絶対値を与えるので、少ない観測点でも正しい結果を得ることができる。しかも、使用する観測値は求める期間を通して同じ観測点を使用しているので、求まる結果は均質である。今回はこの方法により山本のモデルを更に延長して、1910年から1983年までの4階の球関数展開モデルを求めた。

### 2. 解析および結果

求めたそれぞれのガウス係数の振幅の変化を調べた。Fig.1は階数1、次数0の係数の振幅からトレンドを引いたものである。トレンドとしては、3次多項式を用いた。Fig.2はFig.1を存否スペクトル法により解析した結果である。Fig.2では48年の周期が卓越しているのが解る。同様に全ての係数についてその振幅を解析した結果、14中10係数について34-56年の周期が得られた。これら得られた周期は大部分が同位相を示しており、最近では、1970年付近に極値が見られる。

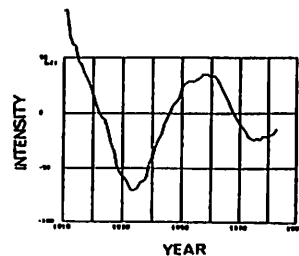


Fig.1. Variation of the intensity of Gauss coefficient( $n=1, m=0$ ).

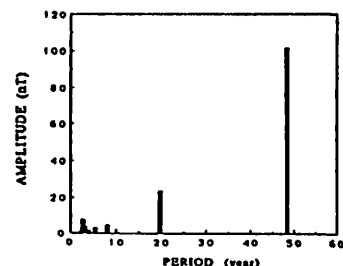


Fig.2. Spectrum of Gauss coefficient ( $n=1, m=0$ ) obtained by Sompi method.

# A MODEL OF DIFFERENTIAL ROTATION WITH SPECIAL REFERENCE TO THE SOLAR DYNAMO

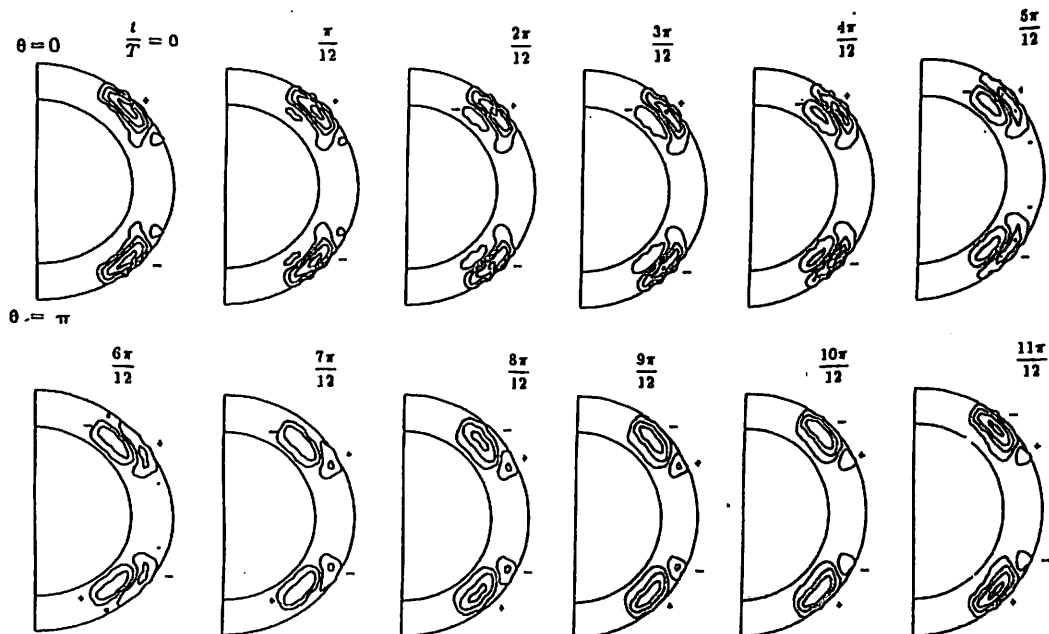
H. Ohnuki, M. Matsushima, A. Kitamura and Y. Honkura  
*Department of Applied Physics, Tokyo Institute of Technology*

The  $\alpha$ - $\omega$  dynamo mechanism, which is likely to be operative in the solar dynamo, requires a strong  $\omega$ -effect; that is, the fluid in the convection zone must rotate differentially. Although such a differential rotation is clearly seen at the surface of the Sun, detailed features at depth are not well known. In this paper we estimate differential rotation, assuming that the torque due to changes in angular momentum caused by convective motion is balanced by that due to viscous force.

The viscosity must play an important role in our estimation of differential rotation. Since its realistic value is not known, we took the viscosity as a parameter and changed it variously. It then turned out that the pattern of magnetic field distribution depends strongly on the viscosity and the value  $\nu = 10^9 \text{ m}^2/\text{sec}$  seems to best represent the observed pattern. We show in the figure time-dependent pattern of the toroidal magnetic field during the half period for the value  $\nu = 10^9 \text{ m}^2/\text{sec}$ .

The magnetic diffusivity should also be an important physical quantity governing the solar dynamo. Again we took its value as a parameter and examined its effect on the dependence of the pattern of magnetic field. We then found that the period of magnetic field variation is very sensitive to the magnetic diffusivity and in order for the period of 22 years to be realized, the diffusivity should be about  $2 \times 10^6 \text{ m}^2/\text{sec}$ .

Thus we could estimate realistic values of two important physical quantities controlling the solar dynamo;  $\nu = 10^9 \text{ m}^2/\text{sec}$  and  $\eta = 2 \times 10^6 \text{ m}^2/\text{sec}$ . Using these values, we also examined the non-linear  $\alpha$ -effect by introducing the dependence of  $\alpha$  on the intensity of the toroidal field. It was found that this dependence affects only the intensity of magnetic field and the period remains unchanged. Therefore, our estimate of the magnetic diffusivity would be reasonable.







完全自動・一体化した残留磁気測定・交流消磁・  
帯磁率異方性測定システム

新妻信明・小山真人（静岡大理）

FULL-AUTOMATIC PORTABLE SPINNER MAGNETOMETER COMBINED WITH  
AF DEMAGNETIZER AND MAGNETIC SUSCEPTIBILITY ANISOTROPY METER

Nobuaki NIITSUMA and Masato KOYAMA

Institute of Geosciences, Shizuoka University  
836 Oya, Shizuoka 422, JAPAN

We describe a new combination system for paleomagnetic measurement, into which the following four instruments are incorporated: a ring-core-type flux-gate spinner magnetometer, an alternating field (AF) demagnetizer, an ARM superimposer, and a magnetic susceptibility anisotropy meter (Figure 1).

The system is composed of the following mechanisms or circuits:

- ① a ring-core sensor and its driving circuits (an activator and a lock-in amplifier),
- ② a sensor holder incorporated with three sets of coils, which are utilized for AF demagnetization, ARM overprinting, and susceptibility anisotropy measurement, respectively,
- ③ a mechanism for sample rotation and resetting for 6-spin measurement, using a pair of non-magnetic ultrasonic motors and motor drivers,
- ④ a magnetic shield case,
- ⑤ a demagnetizing current generator and a power amplifier,

⑥ a regulated current source for ARM overprinting and magnetic susceptibility anisotropy measurement,

⑦ a central controller and I/O interfaces (a personal computer, a digital voltmeter, a GP-IB interface, an I/O board and peripheral circuits).

In this system, the whole measurement process is controlled by the central computer, which executes the sample rotation and reset during 6-spin magnetization measurement, the ON/OFF and wave-form control of demagnetizing current during stepwise AF demagnetization, and the ON/OFF control of DC magnetic field during ARM overprinting or susceptibility anisotropy measurement.

The noise level of the magnetometer corresponds to  $1 \times 10^{-8}$  kA/m (emu/cc) of 30 cc sample for 10 times stacking measurement. The maximum field intensity of the AF demagnetizer is 50 mT. The total weight of the system is only about 35 kg, which is light enough for field use.

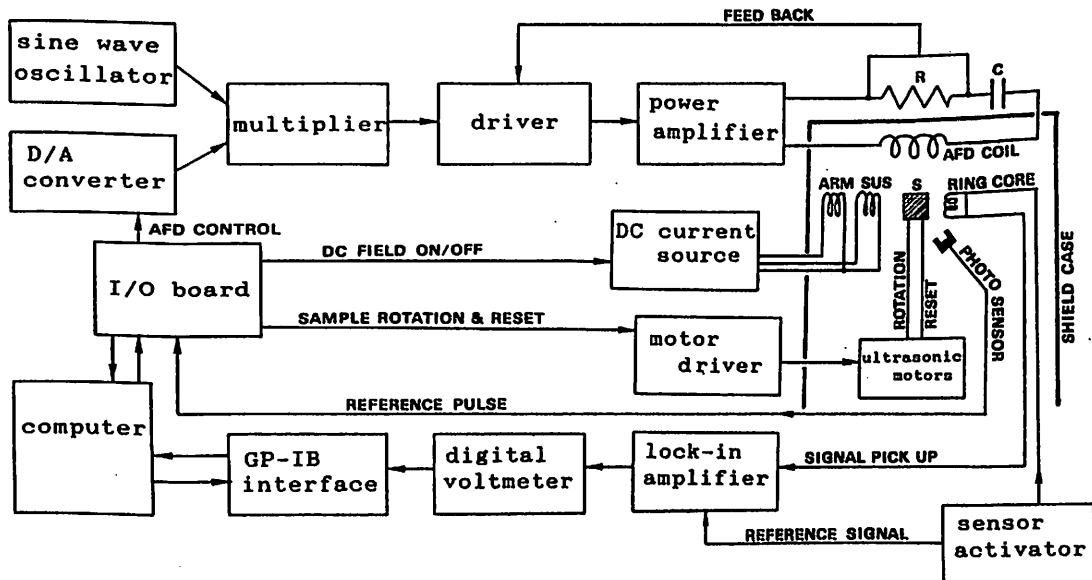


Fig. 1 Block diagram of the system. AFD: alternating field demagnetization; ARM: coil for overprinting of anhysteretic remanent magnetization; SUS: coil for magnetic susceptibility anisotropy measurement; S: sample; R: resistor ( $0.5 \Omega$ ); C: capacitor ( $1 \mu F$ ); RING CORE: ring-core-type flux-gate sensor.

## 古地球磁場強度の測定

星 雅之 · 河野 長

東京工業大学理学部

## Paleointensity Measurement by an Automated Spinner Magnetometer System

Masayuki HOSHI and Masaru KONO

Department of Applied Physics, Tokyo Institute of Technology

We have developed an automated paleointensity measurement system. This system consists of a spinner magnetometer and an electric furnace, and they are fully controlled by a personal computer. This magnetometer rotates a sample as well as translates along the rotational axis, so that the magnetometer needs no replacement of a sample in measuring all the three components of the magnetization of the sample. The electric furnace in this system is controlled by the PID action from the computer and its performance is satisfactory for the paleointensity experiments. This furnace can well reproduce the same temperature in successive heating cycles with an accuracy of less than  $0.5^{\circ}\text{C}$ , which is an indispensable quality for the use in the experiments by the 'Thelliers' method.

過去の地球磁場強度を求める場合、テリエ法が現在最も信頼できる方法として考えられている。しかしこの方法では試料の加熱、冷却そして磁化の測定を数多く必要とする。本研究では、パーソナルコンピュータを使って古地球磁場強度を求める実験を行なう自動制御システムの開発を行なった。

一般のスピナー磁力計では、磁化3成分の測定には試料の置き換えが必要であり自動化には適していない。本システムの磁力計は、試料を回転させると同時にその回転軸に沿って移動させることによって、試料の置き換えをせずに残留磁化の測定を行なうことができる。磁力計は、 $1 \times 10^{-7} \sim 1 \times 10^{-4} \text{ Am}^2$  の磁化を測定する事が出来る。

電気炉はコンピュータからのPID動作によって制御されている。テリエ法の実験では、 $100 \sim 700^{\circ}\text{C}$  の温度に対して  $50 \sim 100^{\circ}\text{C}$  毎に2回ずつ試料の加熱と冷却が必要である。本システムではこの温度範囲に対して、設定温度の  $2^{\circ}\text{C}$  以内の精度で炉の温度制御を行なうことが出来る。テリエ法の実験では、連続する2回の加熱に於ける同一温度の再現性が重要であり、本システムの場合  $0.5^{\circ}\text{C}$  以内の誤差で同一温度を再現することが出来る。

本システムのスピナー磁力計及び電気炉は全てコンピュータにより自動制御されており、その結果24時間以上に及ぶ実験を全く人手を必要とせずに行なうことが可能となった。また試料は常に磁気シールド内に置かれ、実験中地球磁場にさらされることはない。本システムは古地球磁場強度の研究に於て非常に有用であり、今後ソフト及びハードウェアを改良することにより、測定効率を更に高くすることが可能であると考えられる。

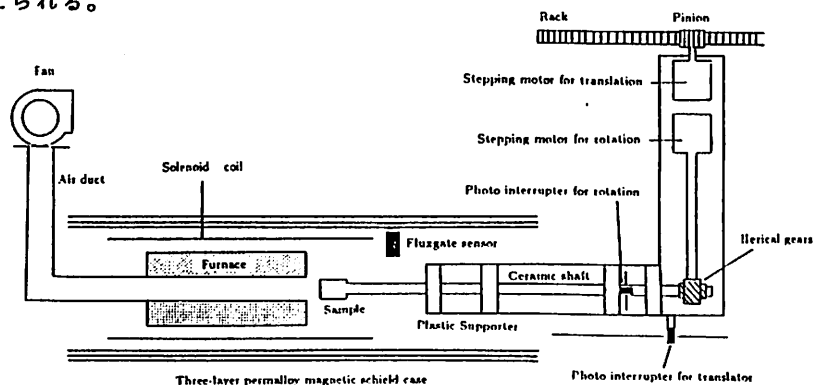


Fig. 1 Schematic view of the system.

## 2G 社製の自動残留磁化測定装置の性能

中島 崇裕 ・ 河野 長

東京工業大学理学部

### Propety of automated remanence measurement system by 2G Enterprises

Takahiro NAKAJIMA and Masaru KONO

Department of Applied Physics, Tokyo Institute of Technology

We introduce 2G Enterprises' sample handler system (2G803) and degaussing system (2G601T). They have enough efficient for rockmagnetic and paleomagnetic study fitted up with 2G's SQUID system. They all can be controlled by a computer over the each RS-232C data link. With these systems all the procedure of one sample's remanence measurement and its AF demagnetization can be done automatically.

1986 年以来、東工大では 2G 社の超伝導磁力計 (2G704R) が使用されている。今回一連の測定を自動化する目的で、2G 社の sample handler (2G803) と交流消磁装置 (2G601T) が導入されたのでそれについて報告する。

それぞれの装置の基本特性は以下のようなものである。

#### Sample handler

- サンプルを動かす自由度 並進 (上下)、回転、90° フリップ (Fig. 1)
- 駆動方式 並進および回転はステッピングモーターを用いベルトドライブ、90° フリップは空気圧
- 駆動速度 並進 20 mm/sec ~ 3500 mm/sec , 回転 0.01 Hz ~ 6 Hz
- 駆動精度 並進 0.325 mm , 回転 1.8 deg
- 上のすべての制御が RS-232C を通じてコンピュータで行える。

#### Degaussing system

- 形状 Helmholtz coil 型、1 軸の磁場発生 (200Hz)、まわりが mu-metal で覆われている。
- 最大発生磁場 0.4 T p-p, 精度 0.4 mT p-p
- 磁場の増加・減少速度および目標磁場で保っておく時間が制御できる。
- 上のすべての制御が RS-232C を通じてコンピュータで行える。

また超伝導磁力計 (2 軸同時測定可、精度 ~ 10<sup>-5</sup> A/m) も RS-232C を通じてデータをコンピュータに取り込めるので、すべてのシステムがコンピュータ 1 台で制御が可能である (Fig. 2)。

上の基本特性を見て分かるように、Sample handler, Degaussing system の動作自体については、岩石残留磁化の測定に十分な精度は兼ね備えている。重要なのはそれ以外のコンピュータ上での高級言語によるプログラム

でどのように制御を行なうかである。現在どのような測定手順や消磁方法がよいかについて検討中である。

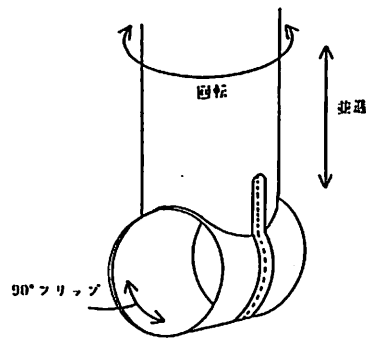


Fig. 1 サンプルを固定する部分およびその動作

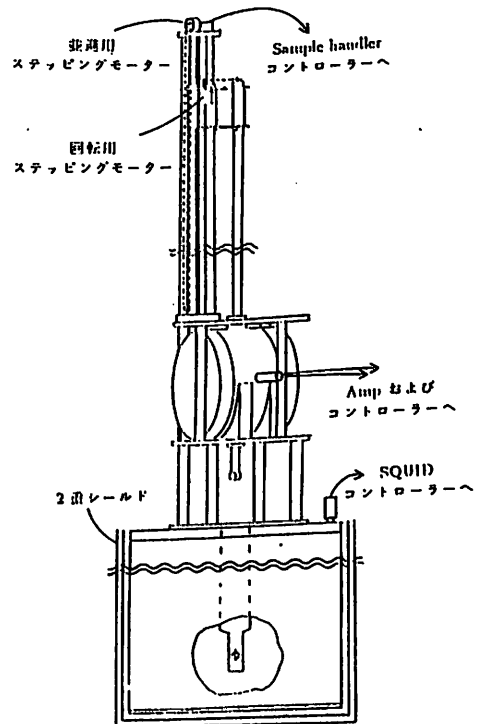


Fig. 2 全システムの位置関係

# 石筍の古地磁気記録中の 地磁気エクスカージョン(！？)

森永 速男<sup>1</sup>、堀江 郁子<sup>2</sup>、村山 春子<sup>2</sup>、安川 克己<sup>2</sup>

<sup>1</sup>神戸大自然科学、<sup>2</sup>神戸大理

GEOMAGNETIC EXCURSION (!?)

RECORDED IN A STALAGMITE DEPOSIT

Hayao MORINAGA<sup>1</sup>, Ikuko HORIE<sup>2</sup>, Haruko MURAYAMA<sup>2</sup>, and Katsumi YASUKAWA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>The Grad. School Sci. & Technol., Kobe Univ., <sup>2</sup>Fac. of Sci., Kobe Univ.

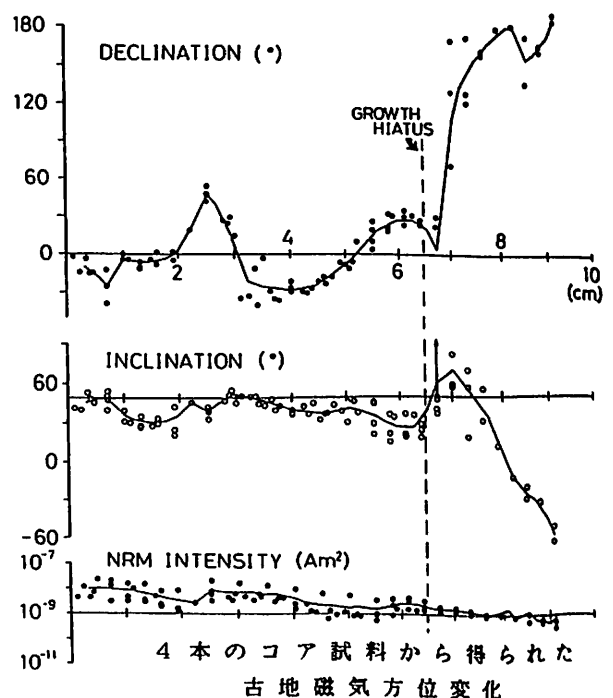
A paleo-directional record has been obtained from a stalagmite from an unnamed cave in West Akiyoshi Plateau, Yamaguchi. Four core samples drilled out from the stalagmite, one was from upward growth layerings and three were from lateral growth layerings, had almost the same directional variation records to each other, indicating that the NRM acquisition was unaffected by the deposited plane dip. A magnetic reversal was recognized in the inner (older) layers than a boundary like the growth hiatus. The directional record of the outer (younger) layers possibly correlated with the unconsolidated sediment record from 2.4ka to 6.5ka. The reversal was not identified in previous stalagmite record over the last 15k years, and can not be correlated with the Matuyama-Brunhes boundary, taking the cave formation age into consideration. The reversal may be either a geomagnetic excursion or a geomagnetic subchron before 15ka, although the age determination is now in progress.

山口県西秋吉台の無名の洞窟から採取された石筍の古地磁気から以下の二つの結果が得られた。

① 石筍が化学的に沈積するとき起こると思われる残留磁化獲得は、それを担う磁性粒子が沈積面の傾斜に依らず、(おそらく)外部磁場の方向に配列することに因って起こる。かつて、未固結堆積物の残留磁化獲得の際、堆積面の傾斜が残留磁化方向に影響を及ぼすことがよく言われていた (bedding error) が、少なくともこの石筍及び以前調べられた東秋吉台こうもり穴の石筍においてそういった効果は認められない。

② この石筍のより古い(内側の)部分に地磁気の逆転が記録されている。石筍の成長綫を観察するといくつかの成長の停止によるものと思われる明瞭な境界が認められる。そのうちの最も内側(古い)境界では、新旧の層が特別簡単にはがれ、長い停止期間があったことが想像される。その境界より新しい層の記録は未固結堆積物からの結果との比較から、おそらく約6,500年前から約2,400年前までのものと考えられる。その境界より古い層は約6,500年前以前の記録を持つと考えられるが、現存する日本の約15,000年前までの古地磁気記録には見られない

様式の逆転である。また、洞窟の形成年代は一般に数十万年程度と考えられており、この逆転が松山-ブリュンヌの境界にあたるとは考えにくい。現在、U/Th法による年代決定を依頼中であるが、おそらく、15,000年前より古い時代の地磁気エクスカージョンか地磁気イベントを捕らえたものと思われる。



P-11 石筍に記録された中華人民共和国南部の地磁気永年変化

劉育燕<sup>1</sup>、森永遠男<sup>2</sup>、安川克己<sup>1</sup>

<sup>1</sup>神戸大理、<sup>2</sup>神戸大自然科学

GEOMAGNETIC SECULAR VARIATION IN SOUTH CHINA,  
AS RECORDED IN A STALAGMITE

Yu Yan LIU<sup>1</sup>, Hayao MORINAGA<sup>2</sup>, Katsumi YASKAWA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Fac. of Sci., Kobe Univ., <sup>2</sup>The Grad. School Sci. & Technol., Kobe Univ.

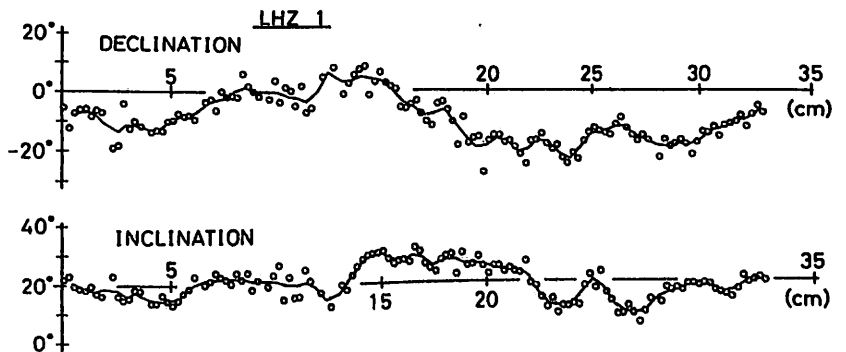
A paleomagnetic secular variation record has been obtained from a stalagmite (LHZ 1) from Luohuzi cave in Pingle, Guanxi, South China. Their magnetic stability is higher than that of Japanese stalagmites. Medium destructive fields are over 40mT for almost all disc subsamples. The directional results from the stalagmite are not scattered through total subsamples, and seem to show high reliability. The resultant directional curve is the firstly presented one of the past geomagnetic field variation in South China, although the age determination by <sup>14</sup>C method is now in progress.

中華人民共和国広西壮族自治区の平樂及び恭城兩県の4つの鍾乳洞窟から十数本の石筍及び鍾乳石を採取した。兩採取地域共に「山水」で有名な桂林の南東100km程度のところに位置し、たくさんの柱状または剣状の石灰岩の小山が分布、奇観を呈している。そういった小山には上位から低位の多くの洞窟があるが、そのうちの低位の洞窟、すなわち現在も成長中の洞窟から試料を採取した。採取した試料はほとんどが流水の存在から現在も成長中のものと考えられる。採取試料のうちいくつかから得られた結果について報告する。

成長軸方向の石筍中心から直径2.5cmの円柱状に試料を抜き出し、さらにそれらを数mmの厚さの円盤に加工して残留磁化測定用試料とした。段階交流消磁の結果、試料の磁氣的安定性は日本の石筍と比較してより高いことがわかった。MDF (Medium Destructive Field) はほとんどの試料で40mT以上であり、NRM強度に応じた安定性を持っている。一部不安定な試料を除いて、すべてがただ一つの磁化成分を示す。

平樂県羅胡子(Luohuzi)洞窟で採取された石筍(LHZ1)の測定結果を下図に示す。図中の横軸は石筍の上部(ほぼ現在)からの距離を示す。この図は、すべての試料を5mT毎に50mTまで交流消磁した結果を基に決定した各試料の特徴的な方向(白抜き丸)を示している。また、実線は10mmの幅で、それを5mmずつずらしながらベクトル平均した値を結んだものである。時間的前後の試料でそれらの方位の値はなめらかに推移し、信頼性の高い結果が得られている。石筍試料は定方位相で採取されたが、鉛直軸決定に関してこの図の偏角、伏角共に絶対値ではない。他図の試料の結果との比較及び現在の地磁気方位を参考にこの結果の修正を執行している。現在、<sup>14</sup>C法による年代決定を依頼中であるが、この研究によって得られた連続な地磁気永年変化曲線は南中国で最初のものである。これはグローバルな地磁気変動を考える時や地磁気原因論を考察する時にも有効なデータとなり得る。

LHZ1石筍の古地磁気結果。白抜き丸は各円盤試料の特徴的な方向を示す。実線は10mmの幅で、それを5mmずつずらしながらベクトル平均した値を結んだもの。横軸は石筍の上部からの距離を示す。



P-12 東京周辺の土器片及び瓦による奈良・平安時代の  
古地球磁場強度

上野直子 河野 良  
(東洋大文) (東工大理)

PALEOINTENSITY STUDY OF BAKED SAMPLES  
FROM TOKYO AREA IN 700-840 A.D.

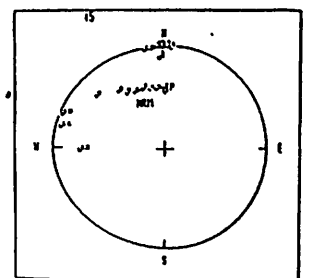
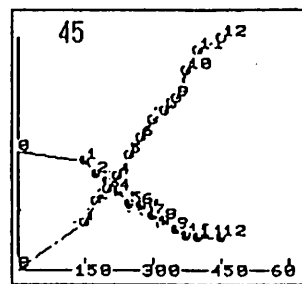
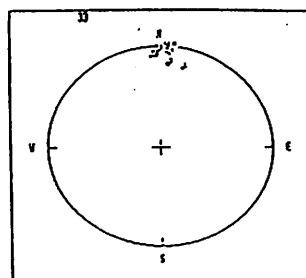
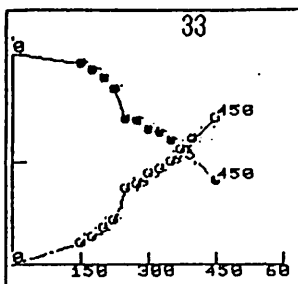
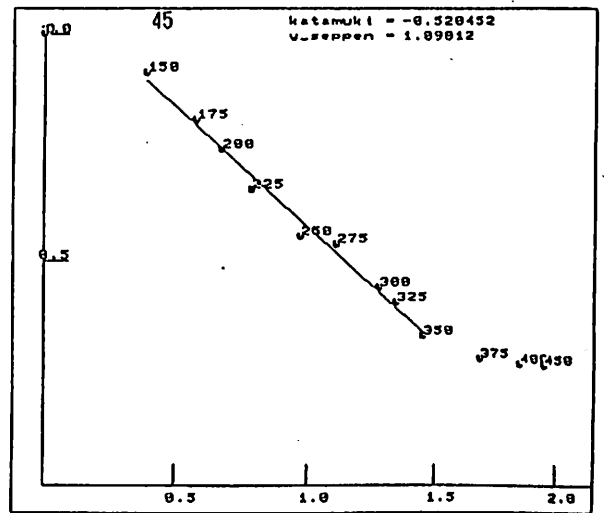
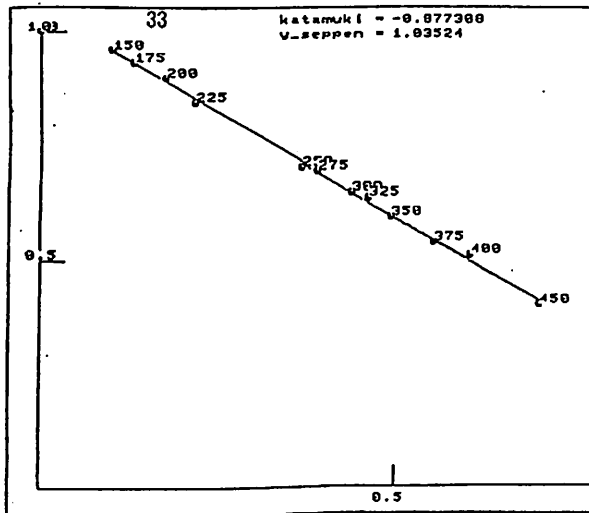
Naoko Ueno Masaru Kono  
(Toyo University) (Tokyo Institute of Technology)

Thellier's method was applied on potsherds with ages of 700-750 A.D. collected near Tokyo. Individual results seemed good but they differ substantially among successful samples. Next, the method was applied to samples cut from a single roof-tile. Again the results are not the same within experimental errors. Heterogeneous temperature distribution, rather than anisotropy, seems to explain the differences.

都下、町田市木曾森野跡跡から発掘された奈良・平安時代の土器片 78 個について、無磁場及び定磁場加熱によるテリエ法で古地球磁場強度を求める実験を行なった。約半数からはアライダイアグラムの直線性から磁場強度が得られたが、その値には大きなばらつきがある。すべての試料は考古学上、8 世紀前半のものであることが動かせないことを考慮すると、アライダイアグラムで直線性があっても、正しい古地球磁場強度を示さない試料が多くあることになる。各試料の NRM と TRM の強度及び方向の温度変化図、Zijderveld ダイアグラムを描き、不適切な試料を除くと、磁場強度のばらつきはかなり減少する。

創建時 (742 年) 及び再建時 (842 年) の武蔵国分寺の瓦 2 枚についても、同様にテリエ法を適用した。厚みが約 3 cm あり、表面と中央部で磁化強度が異なる。化学消磁、PTRM チェック、定磁場を +、- 両方向からかける等、種々試みながら実験した。表面部からは良好な結果が得られるが、中央部からは得られないことが多かった。

下図は土器片データの例である。No. 33 は良好で古地球磁場強度は  $54 \mu T$ 、No. 45 は不良 ( $31 \mu T$ ) である。



PALEOINTENSITY STUDIES ON HISTORICAL AND C-14 DATED HAWAIIAN LAVAS  
 --- PRELIMINARY RESULTS ---

Hidefumi TANAKA and Masaru KONO

Dept. of Applied Physics, Tokyo Institute of Technology

Holcomb et al. (1986) studied paleodirectional secular variation (SV) for the past 6000 years from more than 60 dated lava flows on Hawaii Island. They revealed a very detailed SV curve for the last 3000 years. Increasing such precise data of SV over the world is surely useful to understand the geomagnetism in a global way. Our main purpose is to add paleointensity informations to their SV curve. For the future use of paleointensity data for spherical harmonic analysis, we aimed at accurate determination of paleointensity of less than 3% error.

30 dated lava flows were sampled at 30 sites. Most of the lavas collected are identical to those studied by Holcomb et al. (1986). The age of the lavas are between 1960 AD to 14200 years BP (Before Present), and 22 lavas are for the past 1500 years. Core orientations were measured by sun and/or magnetic directions. Except for some cores, orientation errors by local magnetic anomaly were surprisingly small of less than  $\pm 3^\circ$  in spite of strong NRM intensity of 1-10 A/m. Coe's version of the Thelliers' method was used for paleointensity determination. NRM's were first measured for all cores from each site and five cores whose NRM directions are closest to the mean direction were selected for experiment. Thermal demagnetization was made on a pilot specimen for each site to determine the best temperature steps.

Paleointensity determination was so far finished for the samples from 5 sites, and other 4 lavas are now in progress. We encountered several problems during the experiment which was finally solved by careful examination of the data. Figures below illustrate one of the problems. These are Arai diagrams of 2 samples collected from the same lava. HA560101 shows linear NRM-TRM relation for 0-400°C and another linear part for 450-580°C. If there is no pTRM test performed, it is rather difficult to decide which segment we should select. We think the short linear part below 400°C step should be adopted for paleointensity determination because pTRM test fails in higher temperature steps. This idea is validated by the result of HA560201. The result of this specimen is quite successful as known from the successful pTRM tests. The slope of the linear relation almost coincides with that of HA560101. For tests. The initial aim to determine a very accurate paleointensity of less than 3% error has been failed, and the actual error involved in a mean site paleointensity is about 10% or more.

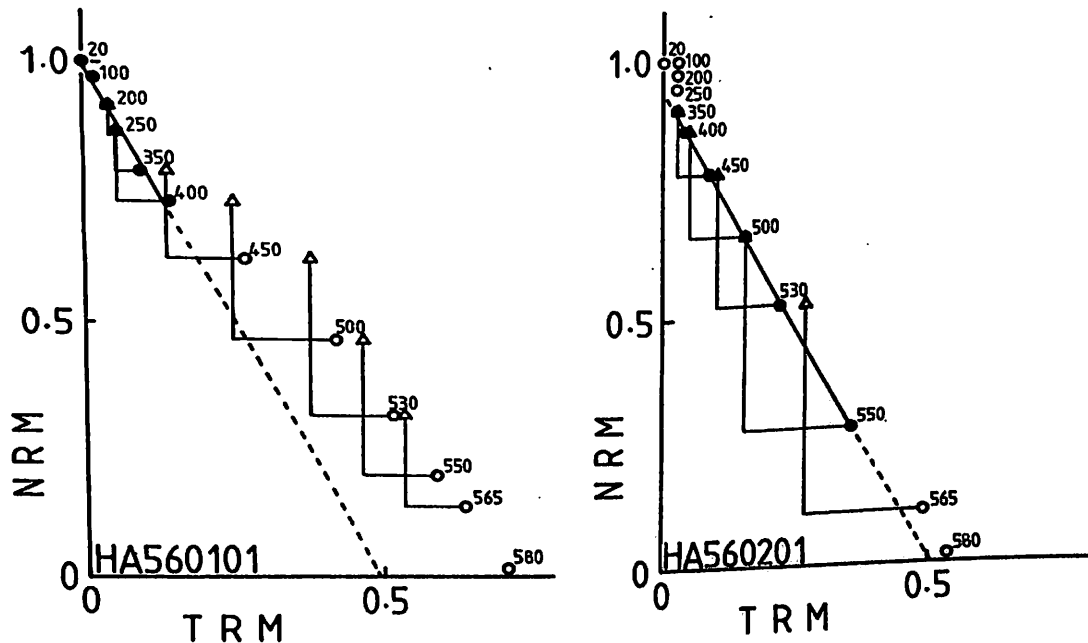


Figure. Arai diagrams of 260 years BP Hawaiian lava samples. Results of pTRM test are much different between the two, and yet the obtained paleointensities coincide (66  $\mu$ T for HA560101, 61  $\mu$ T for HA560201) if we take the linear portions which pass the pTRM test.

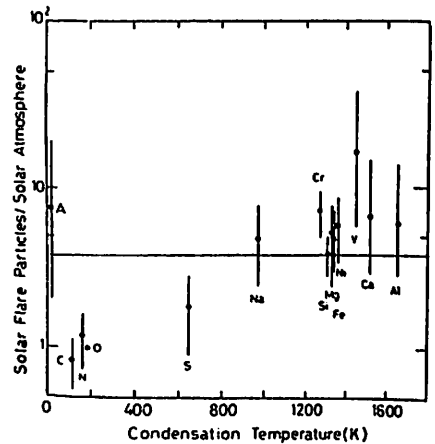
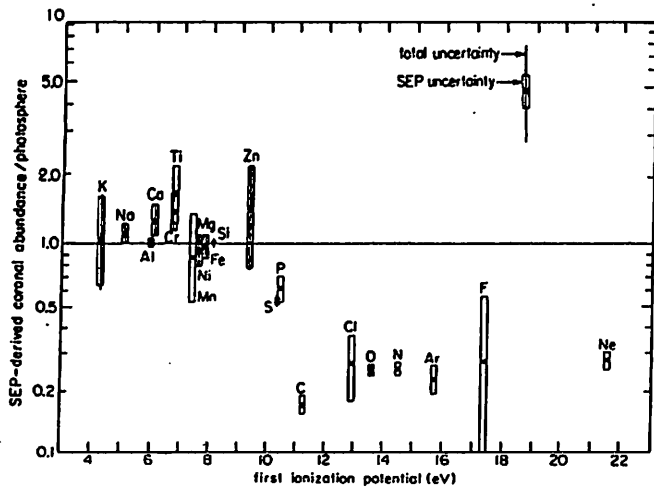


ARE THE RELATIVE ABUNDANCES OF THE SOLAR CORONA THE SAME AS THOSE OF THE PROTO-SOLAR NEBULA?

Kunitomo SAKURAI  
 Kanagawa University

According to Breneman and Stone (1985), the relative abundances of the solar corona should be assumed as the standard of those for the sun as a whole. If this idea proposed by them were acceptable, the relative abundances of the photosphere would necessarily become different from those of the solar corona, because it follows that highly volatile elements should be depleted from the corona. This means that the relative abundances of the sun (or, the solar-system) are not the same as those of C1 chondrites, but similar to those of C3 chondrites, volatile elements in which are deficient as compared to those found in the solar photosphere and C1 chondrites. Since C1 chondrites are now considered to be the most primitive matter identified as the debris of the proto-solar nebula, such an idea cited above has to find the mechanism for the depletion of highly volatile elements from the solar corona. It seems difficult to systematically explain the difference between the chemical compositions of the corona and the photosphere.

Some fraction of highly volatile elements have been lost from the solar corona by the solar wind since the birth of the sun?



## EVOLUTION OF ORBITAL ELEMENTS OF KEPLERIAN PARTICLES DUE TO DIRECT COLLISIONS

Keiji OHTSUKI, and Yoshitsugu NAKAGAWA

Geophysical Institute, University of Tokyo, Tokyo 113, Japan

In the study of planetary formation or origin of the planetary rings, it is quite important and essential to evaluate the evolution of the orbital elements of Keplerian particles (i.e., planetesimals revolving around the Sun, or ring particles around a planet). Taking fully into account the effect of the gravity of the central body, we have examined the changes of orbital elements due to mutual elastic, or inelastic collisions.

微惑星の集積過程においてはランダム速度  $v$  (離心率  $e$ 、軌道面傾斜角  $i$ 、Kepler 速度  $v_k$  を使って  $v \approx v_k \sqrt{e^2 + i^2}$  と書ける) が重要な物理量となり、その値によって微惑星の衝突確率、および動径方向輸送率が決まる (e.g., Ohtsuki & Nakagawa (1988), Prog. Theor. Phys. Suppl. 96, 239-255)。例えば惑星集積の最終段階で原始惑星の、いわゆる Runaway Growth (暴走成長) が起こるかどうかは、この  $v$  の値に非常に敏感に依る (Ohtsuki & Ida (1989), submitted to Icarus)。ランダム速度  $v$  の値は、相互重力散乱、ガス抵抗、微惑星同士の非弾性衝突等の効果によって決まると考えられる。今回は、とくに、今まであまり調べられてこなかった太陽重力場での非弾性衝突の効果について調べる。

ところで、中心星のまわりを公転する粒子集団 (Kepler 粒子) という点では微惑星と惑星環は類似している。従来、土星の環の起源および運動学的振舞いの研究に関連して上述の非弾性衝突の効果が調べられてきたが、天体力学的な考察に欠けていたため、この効果を考える際に極めて重要となる衝突速度に関して、簡単な仮定がなされてきた (e.g., Goldreich & Tremaine (1978), Icarus 34, 227-239)。

今回我々は、そのような仮定をせずに粒子の Kepler 運動を正確に考慮して、非弾性衝突による軌道要素の変化を調べた。図 1 は軌道の例を模式的に示してあるが、これからわかるように衝突位置および衝突速度によって軌道変化の仕方が大きく異なることがわかる。これらの効果を正しく見積って  $v$  の値を決めた上で、惑星集積過程、あるいは惑星環の起源および進化を考える必要がある。

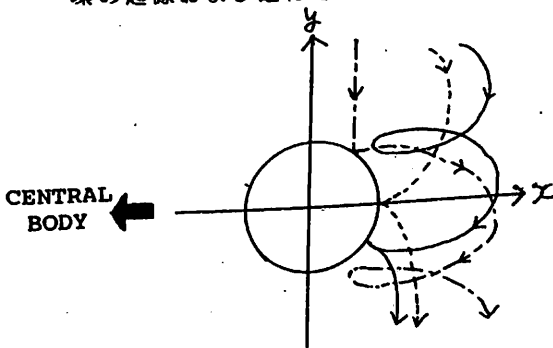


Fig. 1. The schematic picture of the change of orbits due to direct collision. The circle denotes the surface of particle, and the coordinate is chosen such that the central body and one of the colliding particles (which is at the origin) are at rest on the x-axis. The straight line shows the circular orbit ( $e = 0$ ), and the spirals show the non-circular orbits ( $e \neq 0$ ).

# P-16 太陽風中の速度不均一による 発熱について

三宅 亙

(通信総合研究所 平磯支所)

ON THE SOLAR WIND HEATING  
BY VELOCITY INHOMOGENEITIES

Wataru MIYAKE

Hiraiso Solar Terrestrial Research Center, CRL

It is well known that the solar wind protons cool more slowly than expected from the pure adiabatic expansion, which indicates additional heating in the interplanetary space. One of the possible heat sources is the velocity inhomogeneity in the solar wind with various scales. In the former study we confirmed the heat generation at stream interaction regions, which is caused by the large-scale inhomogeneity. The purpose of this study is to discuss the possibility of solar wind heating by small-scale inhomogeneities.

太陽風プロトンの太陽から離れていくときの冷却は、断熱変化よりも緩やかで太陽風中の熱源の存在を示している。太陽風中で熱を発生する過程の一つにはいわゆるストリーム相互作用があり、この領域で特に冷却がゆるやかであることは確認された<sup>(1)</sup>が、これは中間的速度領域の現象であり、高速流中においてより冷却がない事実は説明されない。

一方、速度が上昇しつつある時 ( $dV/dt > 0$ ) は、速度が一定または下降しつつある時 ( $dV/dt < 0$ ) よりもプロトン温度は高く、これは特に速度が大きい時ほど顕著である<sup>(2)(3)(4)</sup> (図1参照)。この

「速度が上昇しつつある領域」には、前述のストリーム相互作用領域も含まれるが、高速流中の、よりスケールの小さい fluctuations が多数をしめると思われる。

そこで、このより小さいが数(頻度)は多い速度の不均一を、仮に構造と解釈し、それが均一化される過程に伴う発熱について、数値モデルを用いた定量的見積りを試みている。

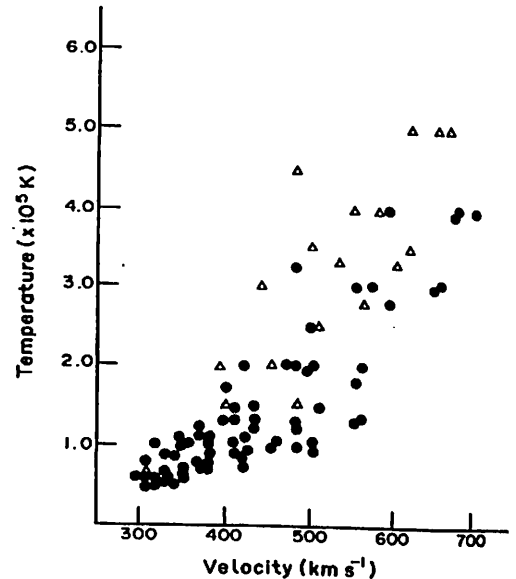


FIG. 1. A PLOT OF THE DAILY AVERAGES OF BULK VELOCITY AND PROTON TEMPERATURE FROM SUISEI. Open triangles represent the data in which flow velocity increases by more than  $50 \text{ km s}^{-1}$  per hour. (Ref. (4))

(1) W.Miyake et al. (1988) Solar Phys. 117, 171.

(2) L.F.Burlaga and K.W.Ogilvie (1973) J. Geophys. Res. 78, 2028.

(3) A.Geranos (1982) Astrophys. Space Sci. 88, 99.

(4) W.Miyake and T.Mukai (1987) Planet. Space Sci. 35, 185.

小林 敬生、 大家 寛、 森岡 昭、 飯島 雅英  
(東北大理)

Detailed Analyses of Plasma Wave Probe ( PWP ) Data from the Sakigake  
Spacecraft --- Accurate data deduction method from low S/N conditions

T.Kobayashi, H.Oya, A.Morioka, M.Iizima  
Geophysical Institute, Tohoku University

A new method of data analysis has been developed for accurate deduction of data for the low S/N conditions where coherent noises are overlapped. The developed method has been applied to analyze plasma wave data in the interplanetary space and also to analyze the data in the case of the Hally's comet encounter.

序

1985年に軌道に投入されて以来、「さきがけ」のプラズマ波動観測装置(PWP)は、惑星間空間のプラズマ波動(周波数レンジ:4kHz-195kHz)を観測し 続け、1986年3月には、ハレー彗星CKRの発見、及び彗星と太陽風プラズマの相互作用の観測(Oya et al., 1987)、太陽磁気圏ニュートラルシート通過時に観測されるプラズマ波動エミッションの確認(Kobayashi et al., 1986)等の成果を上げている。PWPデータは、太陽圏研究に関し太陽系空間プラズマ波動の観測に有効で、広くSTP関係者に利用されることを考えているが、それに先立つデータの厳密な評価と校正が必要となる。そこで、ここではコヒーレントなノイズが混入したデータ(S/N>-10 dB)の中のシグナルの絶対値を評価する手法を確立した。

本講演では、その手法と解析結果について報告する。

手法

コヒーレントな干渉ノイズが混入した波動のパワーは

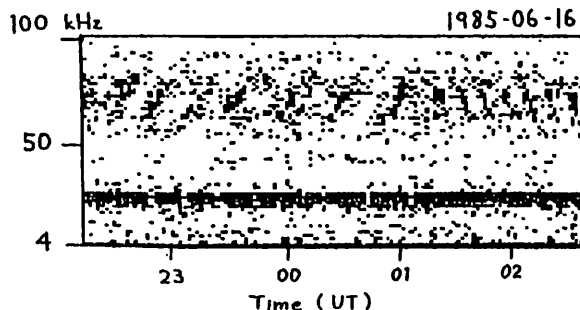
$$E^2 = N^2 + S^2 + 2NS \cos \delta$$

ここで  $N^2$  : 干渉ノイズのパワー、  
 $S^2$  : プラズマ波動のパワー  
 $\delta$  : NとSの位相差

と表すことができ、Nと  $\delta$  を定め、Sを得ることができる。  
今回の解析では、1日の平均量としてNと  $\delta$  をバックグラウンドに存在するプラズマ波動から決定しているが、この方法の妥当性は、従来の解析結果と比較検討して、検証されている。

解析結果

本論で取り扱った手法により惑星間空間波動の観測結果を解析した。解析結果はプラズマ周波数近傍に卓越する電子音波の存在を明確に示すとともに、飛行体の周辺を包む二次放射電子雲の中でのプラズマ振動と考えられる波動が、常に存在している様相を明らかにしている。  
また、本手法を、「さきがけ」がハレー彗星と会合した時点のデータに対しても適用し、定量的な解析を可能にした。



本手法によって解析されたデータから得られたダイナミックスペクトルの一例

中川 朋子・西田 篤弘

(宇宙研)

ON THE ORIGIN OF PLANAR MAGNETIC STRUCTURES IN THE SOLAR WIND

T. Nakagawa and A. Nishida (The Institute of Space and Astronautical Science)

Planar magnetic structure (PMS) is a distinctive magnetic structure found in the IMF data obtained by Sakigake at 0.8-1.0 AU and is characterized by highly variable magnetic field vectors which are nearly parallel to a fixed plane for several hours. The field vectors rotate frequently without showing any preferred polarization and take almost all directions parallel to this plane. Eight cases have been identified during the 25-month period from July 1985 to July 1987. They tend to be associated with high-beta plasma. Possible origins of PMS are investigated.

惑星間空間磁場中の面状構造は、太陽から 0.8-1.0AUの空間で数時間にわたって観測される現象である。この現象中の磁場vectorは、方向・強度ともに大きく変化していながら、すべてある仮想的な平面に平行であるという特徴がある。磁場方向の分布は非常に広く、仮想平面に平行なほとんどすべての方向に及ぶため、おおよそ南向き・北向き・toward・awayの磁場が一つの現象のうちに観測される。磁場vectorは一方向にゆっくり回転する場合もあるが、多くの場合、決まった回転方向をもたずに急激に変化しており、この現象がtangential discontinuityで仕切られた多層状の磁場構造であることを示唆している。この現象は、1985年7月から1987年7月までの Sakigake data中、少なくとも8例見つかっており、そのときのplasmaは、ion密度が非常に高く、温度もやや高めであるためにhigh beta ( $\beta = 1 - 24$ )であった。これらの現象を、そのときの太陽風速に応じて $2.5R_{sun}$ まで戻すと太陽磁気圏のneutral sheetの位置と一致したが、photosphereまで戻した場

合は対応する構造を見つけることはできなかった。

このような観測を説明するためには、magnetic bottle か magnetic island (plasmoid) のような構造が複数あって次々に観測されたと考えると都合がよい (Figure 1)。ここでは 1) photosphere 上の閉磁力線が magnetic bottle や magnetic island の形で 0.8-1.0AUまで引き出される可能性、2) 0.8-1.0AUの磁力線が reconnect して magnetic bottle や magnetic islandをつくる可能性について考え、観測事実を説明できるかどうかを検討する。

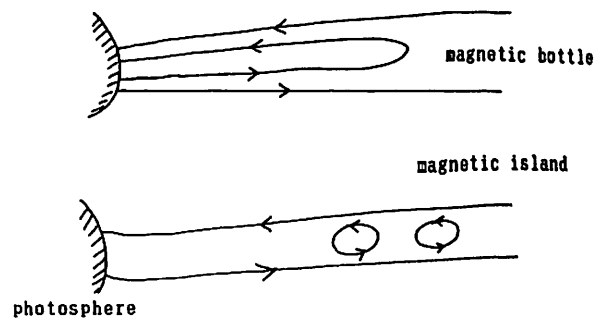


Figure 1. Magnetic bottle and magnetic islands

# 太陽の自転を考慮に入れた太陽風プラズマ構造の解析

鷲見 治一

名大空電研

Solar Wind Structure with the Effect of the Solar Rotation

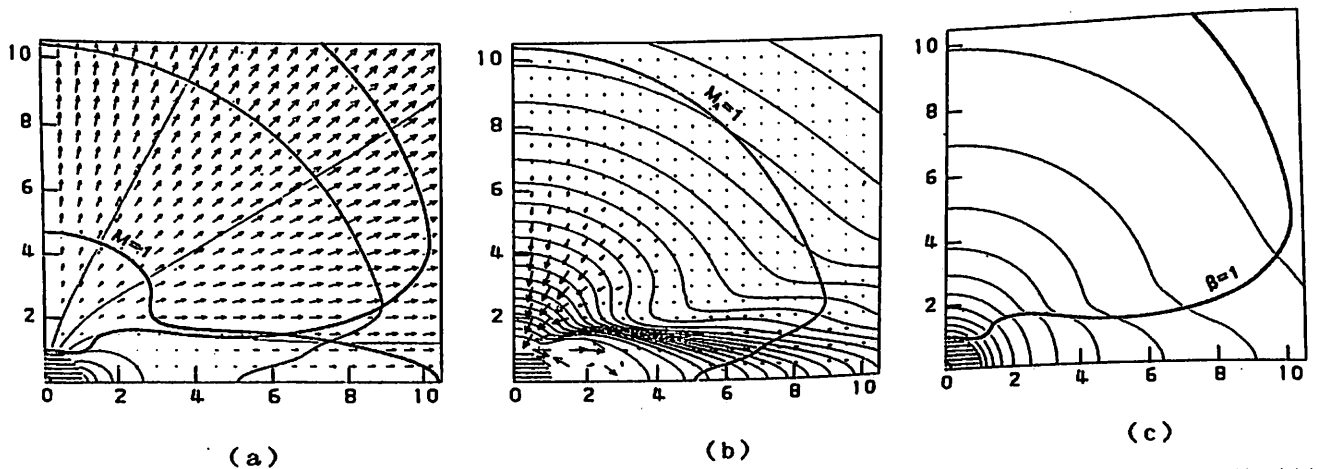
Haruichi Washimi

Research Institute of Atmospheric, Nagoya University

The structure of the solar wind is analyzed with including the effect of the solar rotation by using an MHD simulation method. It is shown that the interplanetary current in the meridian plane, which produces the helical component of the interplanetary magnetic field, comes into the sun in the open field region, while the current goes out of the sun along the boundary between the open and the closed regions.

太陽の自転による効果を考慮に入れた太陽風プラズマ、磁場及び電流系の構造について、軸対称系MHDシミュレーション解析を行い、以下のような結果を得た。

1. 第1図(a)に示されるように、惑星間空間では磁力線は引き伸ばされて、赤道帯で磁気中性面をつくる。(b)に示されるように中・高緯度(開いた磁場領域)で速度が大きく、赤道帯(閉じた磁場領域)では小さく、又、(c)に示されるように、密度は赤道帯で大きくなっている。
2. 電流は(b)に示されてるように、開いた磁場領域では惑星間空間から太陽へと流れ込み、閉じた磁場領域では境界層に沿って太陽から惑星間空間へと流れ出している。この電流は太陽の内部でも惑星間空間でも赤道を横切ることはない。
3. 閉じた磁場領域で、且つ  $M_A < 1$  を満たす太陽近傍ではプラズマは太陽と共回転をし、従ってそこでは回転磁場成分は、開いた磁場領域での値と較べると小さくなっている。



第1図 双極子磁場配位の場合の太陽風構造。各図で左下が太陽。目盛りは太陽半径の単位。横軸が赤道方向、縦軸が極方向。(a)は磁力線及び速度(矢印)。(b)は速さの等高線及び電流(矢印)。(c)は密度の等高線。太陽表面でのパラメータは密度  $10^8 / \text{cc}$ 、温度  $1.38 \times 10^6 \text{ K}$ 、磁場は極で2 Gauss。

P-20 乱雑な ALFVEN 波の  
変調不安定

浜端 広充、 並川 富一  
大阪市大理

The evolution equation of the wave spectrum as well as the nonlinear forces generated by random Alfvén waves in a finite beta plasma with phenomenological Landau damping effects are derived. The effect of microscale random Alfvén waves on the propagation of large-scale hydromagnetic waves is also investigated by solving the mean field equations. It is shown that the parallel propagating random Alfvén waves are modulationally stable and that the obliquely propagating random Alfvén waves can be modulationally unstable where the energy of random waves is converted to the slow magnetoacoustic waves, that can Landau damp, providing a mechanism of dissipation of Alfvén waves.

小規模の乱雑な運動や場が存在する下での大規模な運動の速度  $U$  や磁場  $B$  の変動を研究するためには、小規模な波による ponderomotive force や mean electromotive force その他の非線形項を  $U$  や  $B$  の関数として表示し、乱流場のスペクトルの変動を記述する方程式を導出する必要がある。

以前の学会で Fourier 解析と摂動法を用いて弱い磁気拡散がある非圧縮性のプラズマ中の小規模な Alfvén 波による mean electromotive force ( $\alpha$ -効果、 $\beta$ -効果) と ponderomotive force 及び乱流場のスペクトルに関する輸送方程式を導出した (つまり、平均場の磁気流体力学方程式を得た) ことを示し、小規模の乱雑な Alfvén 波が大規模の Alfvén 波に如何なる影響を与えるかに着いての報告をしたとがある。

ここでは、大規模の Alfvén 波が  $\alpha$ -効果により励起されうることを明らかにした。しかし、磁気拡散は有限な  $\alpha$ -効果を得るためには不可欠であるが、一方、もとの小規模な Alfvén 波そのものを減衰させてしまうという問題がある。つまり、大規模な Alfvén 波のエネルギーがかなり大きいか又は、乱雑な Alfvén 波に何らかのエネルギーの注入がない限り余り成長しないということになる。一方、太陽風のような有限な  $\beta$  の無衝突プラズマ中では磁気音波は強くランダウ減衰するが、Alfvén 波は、波動-粒子相互作用による線形減衰はない。そこで、磁気拡散はなくランダウ減衰の影響のあるプラズマ中で乱雑な Alfvén 波が大規模の磁気流体波を励起しうるかどうか (変調不安定を引き起こすかどうか) が興味のあるところとなってくる。

今回は、前回用いた解析方法を適用し現象論的なランダウ減衰の効果をもつ有限  $\beta$  プラズマ中の乱雑な Alfvén 波に関連した平均場の磁気流体力学方程式を導出したことを示し、それらを用いて小規模の乱雑な Alfvén 波が大規模の磁気流体波に如何なる影響を与えるかについて解析した結果を報告する。

解析は、大きく分けて二つの場合について行い次のような結果が得られた。まず、軸対象なスペクトルをもつ沿磁力線伝播の乱雑な Alfvén 波のもとの大規模な磁気流体波は減衰する、つまり沿磁力線伝播の乱雑な Alfvén 波は、変調安定であることが解った。又、等方なスペクトルをもつ乱雑な Alfvén 波により  $\beta > \frac{1}{2}$  のとき磁場とほぼ垂直に伝播する大規模の磁気音波が励起され得ることが解った。つまり、斜め伝播の乱雑な Alfvén 波は、変調不安定を起こし、ほぼ磁場に垂直に伝播する磁気音波にエネルギーが移行することが解った。

T. Ogino<sup>1</sup>, R.J. Walker<sup>2</sup>, and M. Ashour-Abdalla<sup>2,3</sup><sup>1</sup> Research Institute of Atmospherics, Nagoya University<sup>2</sup> Institute of Geophysics and Planetary Physics, UCLA, U.S.A.<sup>3</sup> Department of Physics, UCLA, U.S.A.

Magnetic flux tubes are formed at the dayside magnetopause during a southward interplanetary magnetic field (IMF). When the IMF has a large  $B_y$  component, a strongly twisted and localized magnetic flux tube similar to magnetic flux ropes appears at the subsolar magnetopause. In the magnetotail, plasmoids appear due to the formation of near-earth magnetic neutral line during a southward IMF. When the IMF has a finite  $B_y$  component, magnetic field lines have a helical structure connected from dawn to dusk. In particular the helical field lines near the center of plasmoid are bundled at the both edges of plasmoid and form a structure similar to magnetic flux ropes. The magnetic field enhances whereas the plasma pressure decreases inside the flux rope. When the southward IMF was initially imposed, a structure like magnetic flux ropes immediately appears due to tail reconnection.

In order to study magnetic reconnection at the dayside magnetopause and in the tail, a high resolution code with longer magnetotail was chosen. This code solves the MHD and Maxwell's equations as an initial value problem by using the modified two step Lax-Wendroff scheme. The magnetic Reynold's number, which is the magnetic diffusion time divided by the Alfvén transit time, is  $S = 200 \sim 2000$ . In the simulation a solar wind with a number density  $n_{sw} = 5cm^{-3}$ , velocity  $v_{sw} = 300kms^{-1}$  and temperature  $T_{sw} = 2 \times 10^5 K$  flows into the simulation box from the upstream boundary at  $x = x_1$ . The IMF is given by  $\vec{B}_{IMF} = (B_x, B_y, B_z) = B_{IMF}(0, \cos\theta, \sin\theta)$ , where  $B_{IMF} = 5nT$ . Free boundary conditions, where the derivatives of all physical quantities are zero, were used at  $x = x_0$ ,  $y = \pm y_0$  and  $z = z_0$ . The mirror boundary condition was used at  $z = 0$  and a simple fixed ionospheric boundary condition was used near the earth. The MHD equations were solved on a  $(N_x, N_y, N_z) = (180, 120, 60)$  point grid. The spatial mesh size was  $\Delta x = \Delta y = \Delta z = 0.5R_e$  and the time step was  $\Delta t = 1.87s$ . The physical domain of the calculation is given by  $x_1 = y_0 = z_0 = 30.25R_e$  and  $x_0 = -60.25R_e$ .

Quasi-steady state magnetospheric configuration will be demonstrated with snapshots of typical simulation results for two different IMF conditions: (a) incoming southward and dawnward IMF,  $\vec{B}_{IMF}(t = 0) = 0$  and (b) imposed southward and dawnward IMF,  $\vec{B}_{IMF}(t = 0) \neq 0$ . In both cases the orientation and the magnitude of the IMF are same and are chosen as  $\theta = 210^\circ$  and  $B_{IMF} = 5nT$ . When IMF was purely southward, a symmetric plasmoid formed in the noon-midnight meridian, which was composed of closed loops of magnetic field lines. This was due to the formation of a near-earth neutral line. When the IMF had both a southward and a dawnward component, a plasmoid was similarly formed, however it had a finite  $B_y$  component even in the noon-midnight meridian. The magnetic field lines had a helical structure connected from dawn to dusk and the  $B_y$  component became larger than the other components near the center of the plasmoids. Near the magnetopause the magnetic flux ropes are aligned along the x-direction. The width of the flux rope is about  $6R_e$ . The magnetic field increases while the plasma pressure decreases inside the flux rope. As time elapses, the bundled and twisted field lines at the edge of the plasmoid are disconnected from the earth as tail reconnection progresses, and the plasmoid composed of helical field lines begins to propagate down the tail.



P-22 沿磁力線方向に非一様性のあるプラズマ中の  
磁気流作波の結合振動の数値解析

藤田 茂  
(地磁気観測所)

V.L. Patel  
(NSF)

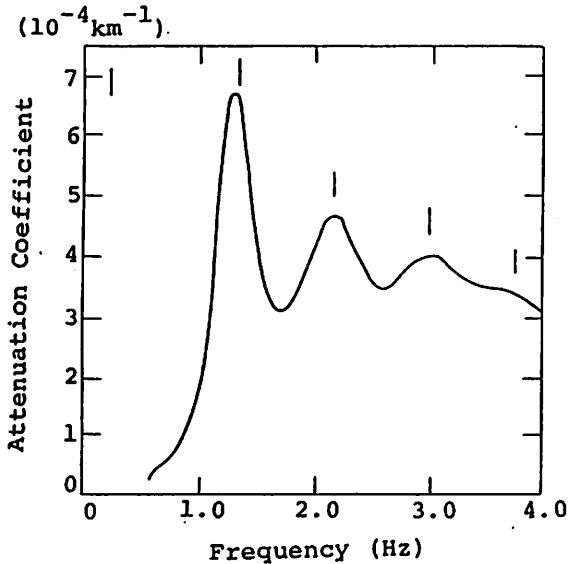
NUMERICAL ANALYSIS OF COUPLED HYDROMAGNETIC OSCILLATIONS  
IN PLASMAS WITH FIELD-ALIGNED INHOMOGENEITY

S. FUJITA<sup>1</sup> and V. L. PATEL<sup>2</sup>

1) Kakioka Magnetic Observatory

2) Division of Atmospheric Sciences, National Science Foundation, Washington, DC

Coupled hydromagnetic oscillations in the magnetospheric configuration with inhomogeneity across and along ambient magnetic field lines have the same physical properties as those of off-meridional ducted waves in the upper ionosphere when collisions between charged and neutral particles are neglected. Numerical results confirm that the enhanced coupling occurs at frequencies of the Alfvén normal modes even when there is an energy absorbing boundary. The enhancement of the attenuation at the frequency of the Alfvén normal mode is intensified when field-aligned distribution of the fast magnetosonic wave is similar to that of the Alfvén normal mode.



Frequency dependence of the spatial attenuation coefficient of the ducted wave (magnetic inclination = 40° and off-meridional angle = 30°). Vertical bars denote the eigenfrequencies of the Alfvén normal modes.

Table.  
Normalized correlation between the field-aligned distribution of the electromagnetic field disturbance of the Alfvén normal mode and that of the fast magnetosonic wave.

frequency (Hz)	correlation
1.342	0.693
2.178	0.415
2.999	0.181

A. Y. Wong, S. Minami, T. Tanikawa, Y. Nakamura, UCLA/UA HIPAS group  
 UCLA Osaka City Univ. Tokai Univ. ISAS

The HIPAS (High Power Auroral Stimulation) is located 30 miles east of Fairbanks, Alaska. A purpose of HIPAS experiment is to investigate the ionospheric response to an intense HF power radiation from the ground as an active experiment (Fig. 1). Here we introduce the present status and future plans of HIPAS experiment.

As one of the transmission style of HF heater (1.6 MW, CW, 3 MHz), audio frequency modulation has been conducted in order to perform an effective VLF radiation in the ionosphere. An HF Doppler measurement and spectrum analysis of received echo coming from so-called transmitting two tone HF wave have been done as diagnoses to observe the ionospheric modulation. The method operating together with two digital ionosondes for this experiment is discussed (Fig. 2). Observations of the heated region are also conducted by satellites.

In 1989, another extremely high power HF heater system (100 GW, 7 MHz, Pulse/AM) has been planned to be installed at the facility. The electric field of the radiated wave is high enough to ionize neutral particles at the resonance region in the ionosphere. Even the major auroral electrojet itself will be fully modulated by the artificially ionized particles (Fig. 3). Applications of the HIPAS experiments are going to open a new era in ionospheric research.

**FROM PASSIVE TO ACTIVE IONOSPHERIC RESEARCH**

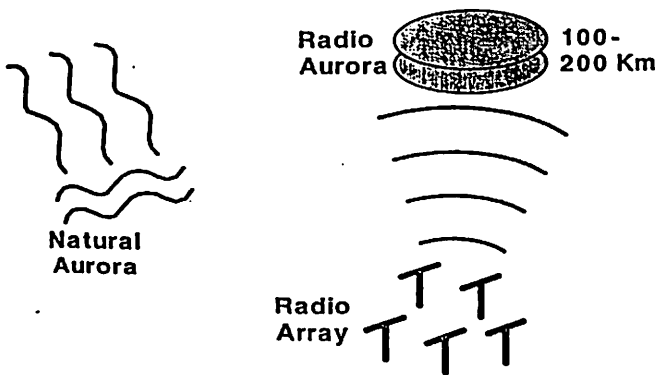


Fig. 1 To modify patches in the ionosphere is an exciting active experiment for the upper atmospheric research.

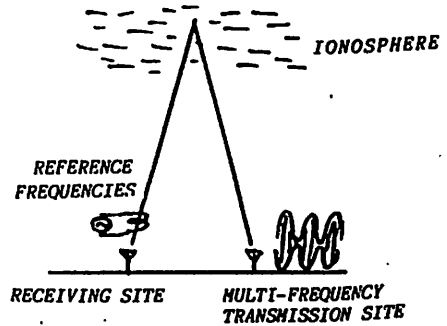


Fig. 2 Principle of the ionospheric modulation study using an HF Doppler system based on multi-frequency transmission.

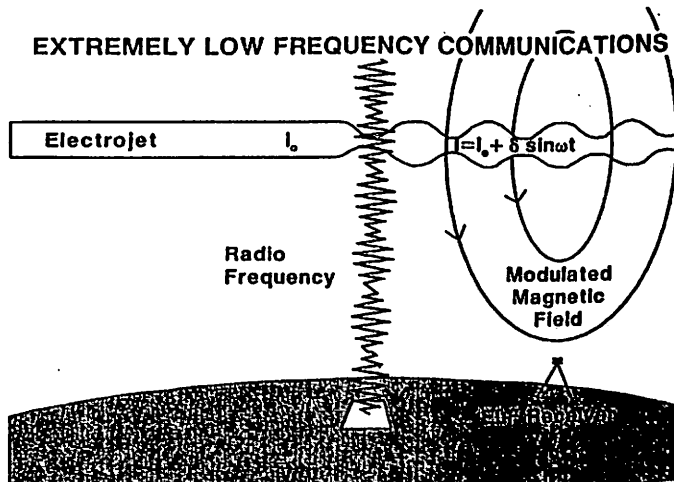


Fig. 3 Tapping the electrojet would introduce many applications paying attention to the behavior of the ionosphere.

## マグネトシースにおける磁場擾乱の空間構造

鷹見 雅和<sup>1</sup>、樋口 知之<sup>2</sup>、国分 征<sup>1</sup>

(1: 東大・理 2: 統計数理研究所)

## Spatial Structure of Turbulent Fluctuations Observed in the Magnetosheath

Masakazu Takami<sup>1</sup>, Tomoyuki Higuchi<sup>2</sup>, and Susumu Kokubun<sup>1</sup>

1. Geophysics Research Laboratory, Tokyo Univ.

2. The Institute of Mathematical Statistics, Tokyo

The turbulent fluctuations of the magnetic field observed in the magnetosheath by the satellite ISEE 1 and 2 are quantitatively examined by the *Fractal* analysis. It is shown that the magnitude of the disturbance in the magnetosheath show a tendency to maximize at the local time of 08:00~11:00 where the nominal IMF encounters with the angle of  $\theta_{Bn} = 0^\circ$ . The several indices characterizing the turbulent fluctuations in the magnetosheath are schematically illustrated.

Magnetosheath (以後MSと略す)の乱流的振舞いを示す磁場変動の研究手段として、理論的アプローチ、人工衛星による直接観測結果のデータ解析、室内実験、そして計算機実験などが考えられる。しかしながら、室内実験によるアプローチはその環境設定の点に於て、又計算機実験による研究もプラズマ乱流の研究に十分な計算時間とメモリーの制限から非常に難しい。従って、観測結果の解析が理論(モデル)の検証及び発案に大いに期待されるわけであるが、MS中の乱れた磁場変動の特性は未だほとんど明らかにされていない。その理由は、非定常な乱れの特性をとらえる有効な一般的な解析手法がなかったことによる。

我々は、乱れを記述するアイデアとして最近提案されたフラクタル理論の考えをもとに、時系列の乱れの程度を測る手法(以後フラクタル解析と呼ぶ)を81,83回本学会で発表した。フラクタル解析の利点は、MS中の磁場擾乱のような定常性を仮定できる時間が短い(パワースペクトルを求めるために使われるデータ数が少ない)時系列のパワースペクトルの構造が、直接パワースペクトルを求めることなしに安定に推定できることである。我々はフラクタル解析をMSで観測された磁場擾乱特性の定量化に対して行った。解析に使用したデータは人工衛星ISEE1によって得られた4または16Hzの磁場データである。解析結果の統計によりMS中の磁場擾乱の空間構造について以下の事が今回明らかとなった

低い周波数(3秒以上30秒以下)の乱れは、グローバルな動圧が左右している。高い周波数においては(1/16秒以上、3秒以下)普通のIMFとショック面が垂直であるような領域(parallel shock region)で、プロトンのジャイロ周波数(約3秒)以下の周波数に波が強く励起され、エネルギーカスケードでより高い周波数のエネ

ルギーが大きくなる。この領域で発生した磁場の乱れは、MS中のプラズマ流で下流側(朝及び夕方側)の流されるうちに、高周波数のエネルギーは減衰し、磁場変動は定常的な様相を呈する。

本講演では解析結果の紹介とともに、フラクタル解析法のパワースペクトル解析法との比較を交えて、解析手法についての解説を行いたい。

## 参考文献

- 1) T. Higuchi, *Physica D*, 31, 277, 1988.
- 2) T. Higuchi, in preparation (*Physica D*), 1989.
- 3) 樋口 et al., 本学会81, 83回講演予稿集

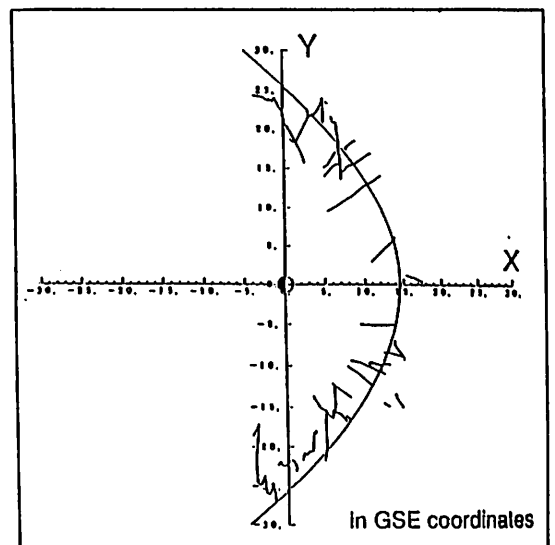


図1. 解析に使われたISEE1のモデルショック面との相対的軌跡

中村 りみ (東大理)、 小口 高 (名大空電研)

Localized Injection Region

Rumi Nakamura<sup>1</sup> and Takasi Oguti<sup>2</sup>

<sup>1</sup>GRL, Univ. of Tokyo, <sup>2</sup>RIA, Univ. of Nagoya

By using a simple electric field model including time and space dependence, we calculated analytically the azimuthal distribution of the source region of the injected particles at the substorm onset. We showed that the observed electron flux and the energy dispersion can be explained not only from the broad distributed Injection Boundary but also from a localized source region near the onset meridian.

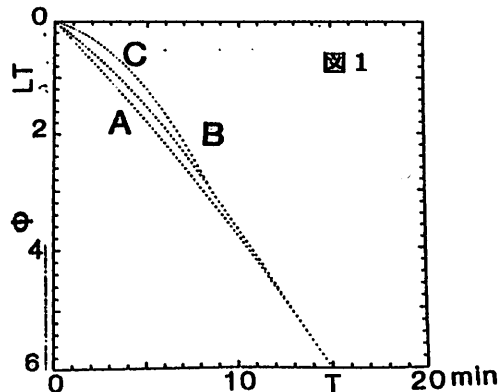
サブストーム時に静止軌道付近で観測される粒子フラックスの増加及びエネルギー分散は、従来、onset 時に形成される経度方向に広がるスパイラル状の境界からのグローバルな convection と磁場ドリフトの結果であるとする Injection Boundary モデルで主に解釈されてきた。このモデルは、経度方向、動径方向に一様な電場、双極子磁場モデル中を観測された粒子を onset 時まで逆トレースすることにより得られたものである。ソース領域が経度方向に広がるのは高エネルギーの粒子ほど磁場ドリフトの速度が大きいためであり、スパイラル状に巻き付いた形になるのは、エネルギー分散のため、即ち朝方側の電子観測の場合で言えばエネルギーの高い電子ほど早く観測されるためである。

一方、地上の磁場変動、オーロラのブレイクアップの局所性、及び電場のサブストームの時間空間スケールの変動は、経度方向に夕方側から朝方側まで広がるソース領域が不自然な分布であることを示唆している。

本研究では、onset の経度 (真夜中と仮定) 付近にある程度局在化したソース領域と時間変動のある局所的な電場によっても、観測されるエネルギー分散を解釈できることを、双極子磁場と時間空間変化をパラメータとして扱える簡単な電場モデルを用いて示し、観測結果の新たな解釈を試みると共に、電場の成因についての

議論を行う。

電場モデルとしては、真夜中 ( $\phi_0$ ) 前後  $\phi_0$  LT に一様なポテンシャル差  $\Phi_0 = E_0 \cdot \phi_0$  をかけたモデル (1)、及び、 $\Phi_0$  に動径方向依存性 (2) 及び時間依存性 (3) を加えたモデルを考えた。(1) で  $\phi_0 = \phi_0$  とした場合が前述の Injection Boundary モデルに相当する。断熱不変量  $\mu$ 、全エネルギー保存を仮定すると、ある  $\phi_0$  LT,  $r_0$  Re で粒子観測を行った場合のソース領域の経度方向及び動径方向の広がり  $d\phi_0/d\mu$ ,  $dr_0/d\mu$  が、観測値 ( $\mu, T_0, dT_0/d\mu$ ) の関数として表せる。表 1 に  $\phi_0 = 4$  LT,  $\mu = 0.8$ ,  $T_0 = 20$  min,  $dT_0/d\mu = 4.02$  min/ $\mu$  の場合について、A: モデル (1),  $\phi_0 = \phi_0$ , B: モデル (1),  $\phi_0 = 3$  LT, C: モデル (2),  $\phi_0 = 3$  LT での結果を示した。また図 1 にそれぞれの場合についての経度方向の軌道を示した。表のように局所的な電場 B, C, では、A と比較してソース領域は経度方向に局在する。これは、局所的な電場ではエネルギーによって加速される時間差が生じるためである。エネルギーの高い粒子ほど加速時間が長く、その結果磁気圏尾部から加速されることになり、尾部での加速をさらに強くした C では、より局在化する結果となる。



	$E_0$ kV/deg	$r_0$ Re	$dr_0/d\mu$ Re/ $\mu$	$d\phi_0/d\mu$ deg/ $\mu$
A	1.06	10.4	-1.28	-67.5
B	2.67	17.0	8.58	-40.3
C	2.61	15.3	15.88	-19.6

(6.6Re)

表 1

# P-26 磁気圏モデル中の荷電粒子の軌道計算と 共回転電場の効果

高橋俊・家森俊彦  
京大理

Simulation of charged particle motions in realistic magnetosphere models  
and the effects of a corotating electric field

S. Takahashi and T. Iyemori  
Faculty of Science, Kyoto University

We have developed a method of three-dimensional trajectory tracing with realistic magnetospheric models and compared the flow patterns of protons and electrons in two such models of the magnetospheres. We estimated the pitch angle dependence of the trajectories of protons and examined the difference in the day-night asymmetries of flow pattern between these two models. We also estimated the effect of a corotating electric field on the trajectories of 1.0 keV electrons under the condition  $K_p = 0$  model and obtained a significant difference between the trajectories with and without the corotating field at distant regions of the magnetosphere and discuss the relationship between the extent of the corotating electric field and the trajectories.

Tsyganenko(1987)モデルにおける荷電粒子の軌道を計算し、Takahashi and Iyemori(1989)で計算したHead-Fairfieldモデルとの軌道の違いについて議論する。図1はTsyganenko(1987)モデルでのピッチ角 $60^\circ$ 、1.0 keVのプロトンの赤道面にマップした軌道である。

また、軌道に対する共回転電場の効果などについて議論する。共回転電場は電離圏でのイオンと電子の運動の違いによってつくられる電場で、極と赤道との間で約80 kVの電位差があるといわれている。これが磁力線に沿って磁気圏に運ばれ、荷電粒子を地球の自転方向に回転させている。通常は、磁場勾配および曲率ドリフトあるいはDawn-Duskの電場ドリフトのために、静かなときでも共回転するのは、6 Reより内側とされている。しかし、その外側では共回転電場はどうなっているのか。

Baumjohann(1985)が観測から算出したDawn-Duskの電場ドリフトが、共回転電場ドリフトを差し引きすぎているのではないかと考えられるパターンを示していることに注目したい。図2は、共回転電場が期待される半分しか存在しないにもかかわらず、100%存在すると仮定して、算出されるDawn-Duskの電場ドリフトのベクトルを示したものである。このパターンはBaumjohann(1985)の統計解析結果によく似ている。このことは、共回転電場の遠敵ないしは逆センスの電場の存在を示唆している。

10 Re程度の距離にある低エネルギー(1 keV程度)の粒子に対しても、共回転電場が軌道パターンをかなり変えてしまう。従って、共回転電場の存在領域について考慮を払う必要がある。

今回の計算では、双極子磁場に対して求められたDawn-Dusk電場モデルを磁場方向成分がないようにして使い、共回転電場については、局所的な磁場と自転とのベクトル積で近似した。シミュレーションにおいてSELF-CONSISTENTにするためには、Ondoh and Aikyo(1987)でなされたように磁力線に沿って電位を運ばなければならない。今回は、磁場モデルの効果、さらには共回転電場の存在領域についての議論であるので、計算の簡略化のために上記のような近似的な扱いをした。

より現実的なものを見るためには、電離層のレーダー観測から定められるDawn-Dusk電場、観測などから求められる極と赤道の電位差による共回転電場(

理論値92 kVに対して経験値80 kV)、Sq電場(10 kV)を磁力線に沿って3次元のメッシュにマップし、電場を定めて計算する必要がある。

## 【References】

- Baumjohann, W. et al., J. Geophys. Res., 90, 393-398, 1985.  
Ondoh, T. and K. Aikyo, Adv. Space. Res. 6, 203-208, 1987.  
Takahashi, S. and T. Iyemori, J. Geophys. Res., 1989 (in press).  
Tsyganenko, N. A., Planet. Space Sci., 35, 1347-1358, 1987.

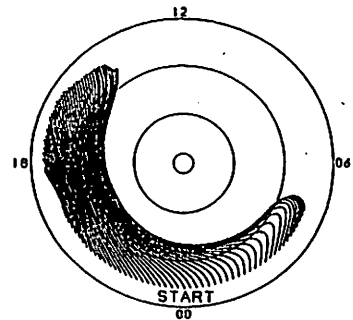


図1 Tsyganenko(1987)モデルでのピッチ角 $60^\circ$ 、1.0 keVのプロトンの赤道面にマップした軌道。

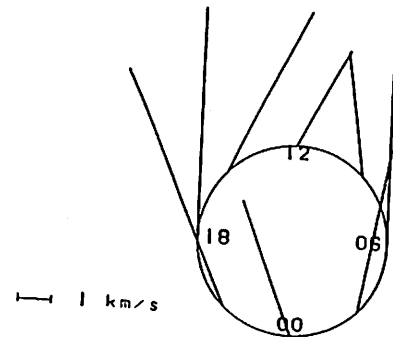


図2 共回転電場が期待される半分しかないのに、全部あると仮定したとき算出される、見かけのDawn-Dusk電場によるドリフト速度。

池辺 洋<sup>1</sup> 江尻 全機<sup>2</sup> 芳野 越夫<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>電気通信大学 <sup>2</sup>国立極地研究所

CALCULATION ON THE SPATIAL FLUX DISTRIBUTION OF ENERGETIC PARTICLES  
 INJECTED DURING A SUBSTORM.

Yoh. Ikebe<sup>1</sup> Masaki Ejiri<sup>2</sup> Takeo Yoshino<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Univ. Electro-comm. <sup>2</sup>National Inst. Polar Res.

We have calculated the spatial flux distribution of energetic particles which were injected from the tail region at substorm onset. As an application, we made a simulation for ion flux energy distributions associated with 'nose' event measured by Explorer 45 several hours after substorm onset in the dusk sector of equatorial magnetosphere. The calculated flux energy distributions are found to reproduce the observed 'nose' flux structures.

磁気圏赤道面近傍を周回する衛星では、磁気圏サブストームの開始と共に磁気圏尾部より注入された高エネルギー粒子の到達による急激な粒子フラックスのenhancementが観測される。これまで、こうした現象に関連したシミュレーションの多くはその単一の高エネルギー粒子のドリフト運動に関するものが主であった。

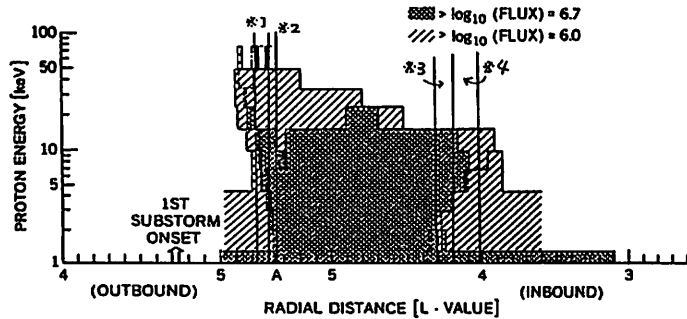
我々は、そうした injection 後の高エネルギー粒子がドリフトによって磁気圏赤道面近傍でどのような粒子フラックスの空間分布を形成するのかを調べるべく、シミュレーションを行った。

粒子フラックス計算式

観測位置に

$$\Delta A \Delta t \Delta E \Delta \Omega = R_0^2 L_0 \Delta L_0 \Delta \phi \tau_0 \Delta E_0 2\pi \sin \alpha \cos \alpha \Delta \alpha$$

$\Delta A$ : 微小面積                       $\Delta t$ : 微小時間  
 $\Delta E$ : 微小エネルギー幅             $\Delta \Omega$ : 微小立体角



なる element を考え、その element を軌道が通過する粒子についてはその source で仮定した粒子数( $\Delta N$ )を加算していく。多くの粒子について上記の事を繰り返し、次式より微分フラックスが得られる。

$$j = \frac{\sum \Delta N}{2\pi R_0^2 L_0 \Delta L_0 \Delta \phi \Delta E_0 \int \tau_0 \sin \alpha \cos \alpha \Delta \alpha}$$

又、プロトンの場合には Charge-exchange-Loss を考慮し、以下の式によって Loss による軌道に沿った粒子数の減少を考慮した。

$$N = N_0 \exp\left(-\int \frac{dt}{\tau}\right)$$

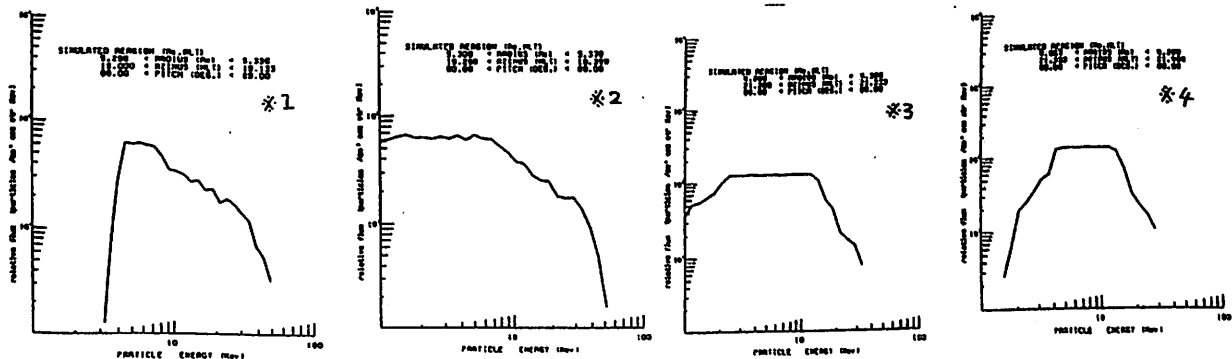
$\tau$ ..... Charge-exchange-lifetime

図1は Explorer 45 で観測されているプロトン enhancement のエネルギー分散の部分('nose')について、outbound と inbound 各々2枚づつ連続した、プロトンフラックスのエネルギー分布を計算し、観測結果(E-tスペクトル)と比較したものである。この比較から計算結果は定性的に観測値をよく再現していることがわかる。

図1

プロトンフラックス enhancement のエネルギー分散(nose)を示す E-tスペクトル(左図:観測値)とその観測点での計算結果(下図:4区間の計算結果)の比較  
 ----- 状況設定 -----

磁場 : dipole  
 電場 : Volland-Stern 対流電場 + co-rotation電場  
 injection-boundary L = 5.7 (midnight)



におけるオーロラ観測

巻田和男 山岸久雄 江尻全機 平澤成男  
 ・拓大工 ・極地研

AURORAL OBSERVATION AT  
 GODHAVN (GREENLAND)

Kazuo MARITA Hisao YAMAGISHI Masaki EJIRI Takeo HIRASAWA  
 ・ Faculty of Engineering, Takushoku University  
 ・ National Institute of Polar Research

Several instruments including Fluxgate magnetometer, ULF detector, VLF detector, Multi beam riometer, All sky TV camera and Photometer were installed at Godhavn, Greenland. Observations were started from September 1988 and we examined several months data. It was seen the poleward expansion aurora in the midnight sector and sun-aligned arc in the morning sector. It was also found a transpolar aurora in the pre-midnight sector and a bright aurora in the morning sector.

ポーラー・キャップのオーロラ現象を解明するため、1988年9月より図1に示したグリーンランドのゴッドハブン (GDH) においてオーロラ及びその関連現象の観測を開始した。ゴッドハブン (76.5°) は平均的なオーロラ・オーバル帯よりもやや高緯度に位置しているためオーロラ活動は低かった。しかしながら夜中附近において低緯度から高緯度へ移動してきたと思われる活動的なオーロラがしばしば観測されたし、又朝方において Sun-aligned arc 等がよく観測された。

現在までに得られた結果をまとめてみると次のようになる。

(1) 夜中附近のオーロラ活動

この時間帯にはオーロラ・オーバル帯から発達して来たと思われる poleward expansion aurora や transpolar aurora が見られた。ただオーロラの動きはゆっくりしており又その明るい領域が限られていることがオーロラ帯と異なっているように思える。

(2) 朝方附近のオーロラ活動

図2に示したような Sun-aligned arc がしばしば観測される。その発達の仕方を見ると、夜側からのびてくるものと昼側からのびてくるものがあるように思える。すなわち Sun-aligned arc にもいくつかの種類が存在しているのかもしれない。他方朝方から午後にかけて地磁気活動の上昇が見られることがあり、その時明るいオーロラが見られることもある。このオーロラの起源やその発達に関して調べていくことも興味深い。

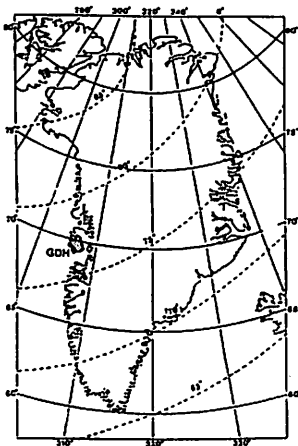


Fig.1 Auroral observation at Godhavn

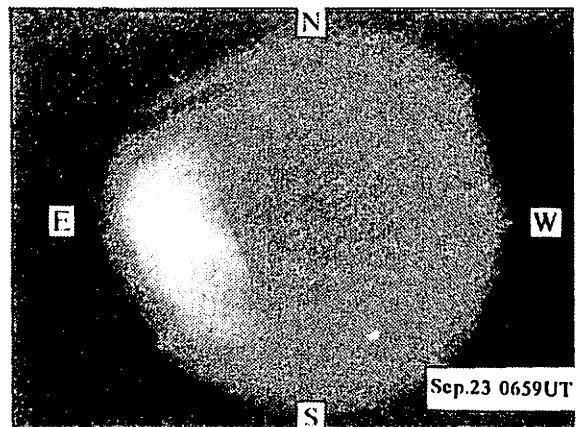


Fig.2 Sun-aligned arc at Godhavn

準極光帯に於ける南北三点での観測に基づく

T. W. Koleszar, 渡辺富也 他7名 (Pulsating Aurora Campaign Group)  
 UBC 理天文地球物理学教室 東京大理宇宙研 九大理

1980年2月14日, サスカワトンに於て

観測されたIPDP一例のデータ解析の結果について報告する。現象の開始は8:30 UT, 約70分継続した。観測地は準極光帯の三点で北から南へ, 地磁気子午面内に存在した。三地点の場所とこのことは末尾を参照のこと。WS, PS, LLを以て表記する。

現象の出現時間を幅5分の14区間に分け, その各々についてパワースペクトル解析と, PS, LLの二点については回転スペクトルの解析を実行した。その結果次の事が判明した。

- 右きわり(R)偏波は出現時間全期間にわたって出現するが周波数は0.5 Hz以上に限られる。

- L偏波は現象の前半期に於てはPSに出現し, LLでは見られず。一方後半期に於ては, L偏波はPSでは見られずLLに於て出現する。L偏波の周波数は時間と共に高くなる。

- L偏波には周波数が0.5 Hz以下のものもあるが, これは現象の初期に於てのみ, PSに比べて(前項参照)現れる。

- パワースペクトルの構造は離散的で, 散乱の分離可能なピークから成立している。14の区間中, 半数以上は於て, 最も卓越したピークが主成分に共通している。共通卓越周波数は現象の初期に於て0.5 Hz, その後単調に増加し, 後半期においては約0.9 Hzである。

以上の所見は, IPDPのソースが現象の前半期に於てはPSに近く, 時間と共に磁緯度側に移動すること, 電離層ダクト位置の cutoff 周波数が約0.5 Hzであることと一致している。以下に於ては, 共通卓越スペクトルに限って話を進める。

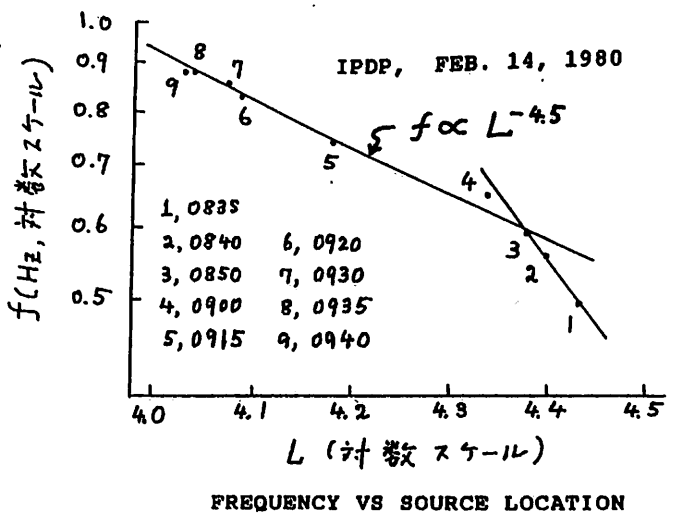
- 現象の前半期に於て, 共通卓越スペクトルのパワーと比較すると, PS及びLLのWSに対する相対値は, 時間と共に断続的に増大するが, 一方LLとPSの相対パワーは殆ど一定である。これらの事柄を量的に検討すると, 以下の諸假定を置くことにより大畧説明することは可能

である。IPDPのソースは星源とし, パワーは星からの距離に比例して指数函数的に減衰する; 減衰係数は1,000 kmあたり22 dBである; 星はPSとWSの間にあると, 断続的に磁緯度側に移動する。

- 現象の後半期に於ては, LLのPSに対する相対パワーは時間と共に単調に増加する。このことは, IPDPのソースがLLとPSの間にあると, 断続的に磁緯度側へ(LLの方へ)移動していることを示唆する。

- IPDPパワーの距離に比例して指数函数的減衰モデルを用い, ソースの位置を相対パワーから定めると, ソースが磁気圏赤道面内にあるとした場合のL値は, 時間と共に単調に減少する(ソースの磁気圏内部への移動)。又この場合, 周波数は単調に増大する。現象の後半期に於ては, 周波数は $L^{-4.5}$ に反比例して変化する。このことは, IPDPがカイト不安定性により生じるものとする外, 励起粒子のエネルギーが一定であることと一致している。励起粒子が70 eVとすれば, そのエネルギーは数百 keV の程度と推定される。

Observation Sites:	LOCATION			
	Geographic(deg)		Geomagnetic(deg)	
	Lat(N)	Long(E)	Lat(N)	Long(E)
Waskesiu (WS)	53.9	253.9	63.1	313.1
Park Site (PS)	52.2	252.8	61.3	312.2
Lucky Lake (LL)	51.0	252.9	60.1	312.7



FREQUENCY VS SOURCE LOCATION



Satoru TSUNOMURA<sup>1</sup>, Masayuki KUWASHIMA<sup>1</sup>, Syoji KAINUMA<sup>2</sup> and Takshi KIKUCHI<sup>3</sup>

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

2 Communications Research Laboratory, Koganei, Tokyo, 184 Japan

3 Hiraiso Solar Terrestrial Center, Nakaminato, Ibaraki, 311-12 Japan

Oscillative variation of ionospheric electric field after SI event at 1748 UT on February 9, 1986 is examined on the basis of one second values of geomagnetic fields at Kakioka and ten seconds values of HF Doppler frequencies at Kokubunji. In Figure 1, reproduced plots of original data are shown. An SI occurs at 1748 UT with a sharp onset. The range of the whole variation reaches up to about 90nT. Oscillative variations with the period  $\sim 150$  seconds can be seen in both records after the SI. This oscillative variation with too longer period than Psc3, cannot be regarded as geomagnetic pulsation.

In order to check the phase relations for this event, expanded plots for time are shown in Figure 2, where differences of data for ten seconds are

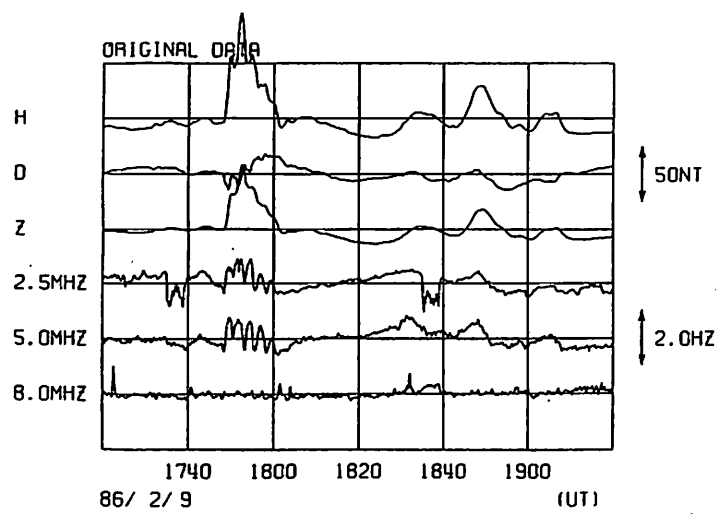


Figure 1 Variations of geomagnetic fields and HF Doppler frequencies for the SI event on February 9, 1986.

differences of data for ten seconds are described. E-WEST is the deduced westward electric field calculated from geomagnetic variations using simple relations of ionospheric conductivity assuming that the variations of H and D components observed on the ground are fully caused by ionospheric currents. From the fact that variations of HF Doppler frequencies and E-WEST are almost anti-parallel, it is suggested that the electric field inferred from the variations of HF Doppler frequencies are due to compressional mode HM waves excited in the magnetosphere by the solar wind pressure variations.

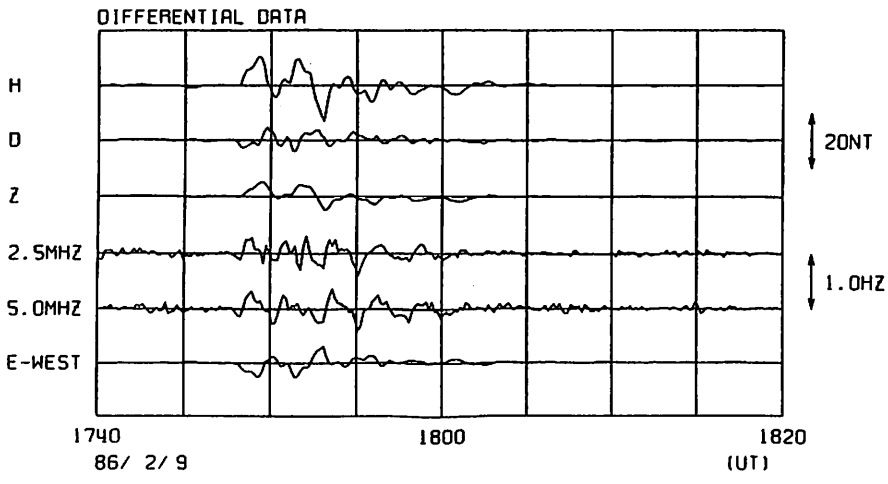


Figure 2 Time-expanded plots of ten seconds differences of data.

林 幹治 山本達人 国分 征 小口 高  
東大理 名大空電

GLOBAL DYNAMICS OF ULF MAGNETIC PULSATIIONS  
DURING 7-14 FEBRUARY 1986 MAGNETIC STORM

K. Hayashi, T. Yamamoto, S. Kokubun, and T. Oguti\*  
Geophysics Research Laboratory, University of Tokyo, Tokyo 113, Japan  
\* From April 1 1989, at Research Institute of Atmospheric, Nagoya  
University, Toyokawa, Aichi 442, Japan

Dynamic characteristics of magnetic pulsations during a major magnetic storm was investigated based on a global network data detected by 20 induction magnetometers put in sub-auroral, auroral and cleft latitudes. Clear storm-phase dependencies in occurrence, simultaneity, extent and tempo-spatial dynamics of basic characteristics of Pc1-5 ULF pulsations are demonstrated by using improved dynamic spectral displays on power, sense of polarization and axis-orientation of polarization ellipse.

グローバル多点観測データを利用してPc5、Pc4、Pc3、Pc1-2についてそれぞれのグローバルな時間・空間特性すなはち、磁気嵐(7-14 Feb. 1986)の発達終息過程及びその領域(Cusp, Auroral zone, Sub-auroral zone)依存性をパワー・偏波・編波主軸ダイナミックススペクトルによって概観する。

#### Pc5

従来言われている共鳴モデルに都合の良い編波・主軸方向のLT・緯度依存性が一般的見れるが、回復相の中での中心緯度域の移動が明瞭に見られた。現象の強弱はあるが連続して出現することが多く、その時上に述べた傾向は磁気圏静止系についてはほぼ固定してパターンとして存在することが明らかになった。

#### Pc4帯

Sub-A領域の低緯度側(地磁気緯度 $\sim 60^\circ$ )12、13、14日に連続して特定の観測点で特異的観測された。中心周波数は14 LMT付近で最小値あるいは極小値となり、20 mHz-12 mHz(WLLでは35-22 mHz)、8-16 LMTの間で減少する。現象が午後側にも継続することを除けば、これまでPg(giant pulsation)に分類されて来たものであろうPc3

30mHz-20mHz内外のバンド幅で、Cleft、Auroarl zone、Sub-auroral zoneに渡りほぼ類似のf-tスペクトル構造を示す一群をこ

こに含める。バンド幅は概してCleft帯で広く、A、Sub-Aではそれぞれ、35-50 mHz、 $\sim 30$  mHzが強調される傾向がみられる。

Cleft帯での強い現象は9-15LMTであり、偏波はほぼPc5帯に従う様である。しかし、上記時間帯の外で観測される弱い現象については昼側のcleft帯に於ける偏波特性が反映される傾向が見られる。A、Sub-A領域についても類似の傾向が見られる。

#### Pc1-2

IPDP:2月6、7、8日の磁気嵐初相部分に主にオーロラ帯(A)とサブオーロラ帯(Sub-A)に発生した。

ペリオデックPc1は6、7日あるいは回復期に入って9日、10日、11日前半に散発的に現れたが、12、13、14日にはSub-Aを中心に強い現象が長時間に渡って観測された。9、10、11、12日と発生領域は午後側から夜中、早い朝側から始まる12時間余り、更に翌日は正午を含む12時間と発展した。この場合も磁気嵐回復期のプラズマボウズあるいはそれに付随するプラズマ構造の発達過程を反映するものと考えられる。

クレフト(Cleft)帯では数分の継続時間を持ち0.2~0.8Hzの周波数帯でIPRPに代表される様な離散的f-t構造のエミッションが正午を中心に観測される。

貝沼昭司、小川忠彦、加藤仲夏、野尻英行、鎌田満博  
 黒須隆志、川原昌利、國武学、井口幸仁 (通信総合研究所)

HF DOPPLER OSCILLATIONS DURING A LARGE GEOMAGNETIC STORM  
 ON FEBRUARY 6-8, 1986

S. Kainuma, T. Ogawa, T. Katou, H. Nojiri, M. Kamata, T. Kurosu, M. Kawahara,  
 M. Kunitake, S. Iguchi (Communications Reserach Laboratory)

Using HF doppler (HFD) data obtained from a HFD network operated by Communications Research Laboratory, we report observational results of the ionospheric oscillations associated with a large geomagnetic storm on February 6-8, 1986. We observed (1) a sudden change of HFD associated with SSC at 1312UT on February 6, (2) large-scale TIDs which are also detected by the MU radar, and (3) a HFD pulsation with a period of about 2.5 min triggered by SI at 1748UT on February 9.

1986年2月初旬に発生した巨大地磁気嵐に伴って通総研(CRL)のHFドップラー観測網によりSC効果、北から南に伝搬する大規模TID、SIでトリガーされた周期約2.5分のパルセーション等が観測された。大規模TIDは京大MUREGで検出されたものと同一のものである。またHFドップラー・パルセーションは東北大で観測された地磁気脈動にも明瞭に現れており、磁気圏から伝搬してきたアルフベン波が原因であろうと思われる。

図1の上図は京大MUREGで観測した100~700Km高度の電子密度分布である(Oliver et al., JGR., 93, 14649, 1988)。2月7日の19時頃から24時JSTにかけて周期100分、速度410m/sの大規模TIDが現われている。図1の下図は稚内、秋田、国分寺、沖縄で観測されたHFドップラーの波形である。波形の中でTID波の一部分と思われるところに●印を記してある。これらの印の間の時間差と距離からスピードを求めると427m/sとなりMUREGによる値とほぼ近いものになる。また、スペクトル解析から、周期は90~100分であり、MUREGの結果と一致する。

図2の上の4つの波形は、秋田、平磯、犬吠、国分寺におけるドップラー波形である。地磁気のSI(2月9日1748UT)に伴って2.5分周期の振動が明瞭に区別できる。下の2つの波形は女川地磁気観測所の誘導磁力計で観測したもので(東北大湯元氏提供)、同じ周期の地磁気脈動がはっきりと観測されている。これらについては、SIでトリガーされたアルフベン波が電離層高度に伝搬してきたため、地磁気脈動と同じ周期でHF波の反射点が上下したものと解釈できる。

6-FEB-1986 22:14:44 - 8-FEB-1986 09:53:33  
 IOL OG(Ne) (cm<sup>-3</sup>)

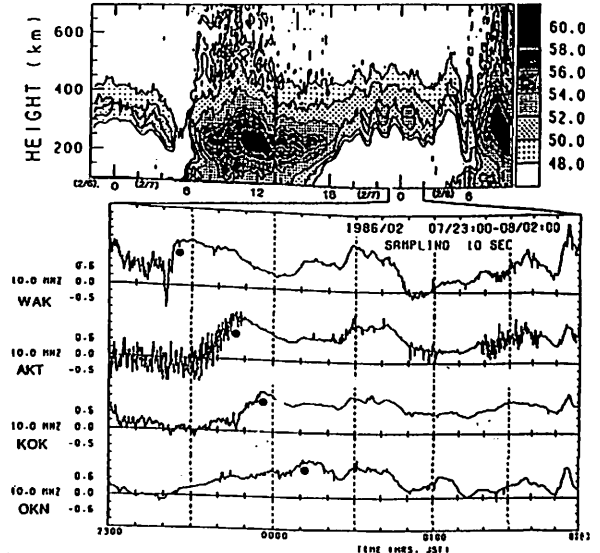


図1 MUREGによるTIDとHFドップラーによるTID

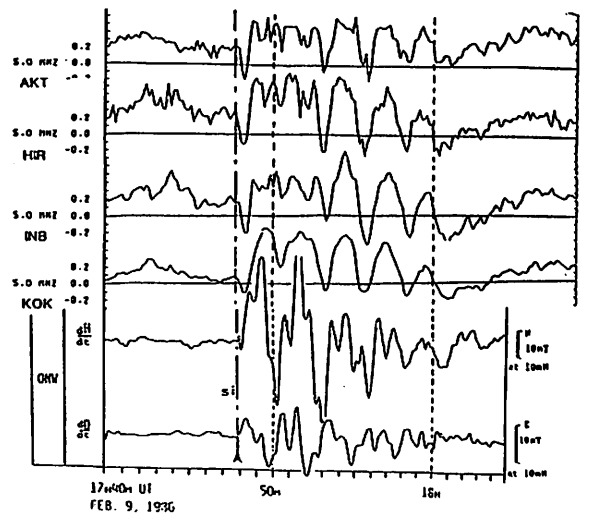


図2 SIに伴うHFドップラーと地磁気のパルセーション

# P-33 HF ドップラーデータにみられる 電離層長周期変動(2)

矢部 克行, 吉村 康男, 柴田 喬, 奥澤 隆志  
電気通信大学

## IONOSPHERIC VARIATIONS IN THE PERIOD RANGE OF DAYS TO TENS DAYS DEDUCED FROM THE HF DOPPLER OBSERVATION (2)

Katsuyuki YABE, Yasuo YOSHIMURA, Takashi SHIBATA, and Takashi OKUZAWA  
Department of Electronic Engineering, Denki-Tsūshin University

The HF Doppler (HFD) variations of JJY 8 MHz sky wave observed at Chofu, together with the horizontal component of the geomagnetic field at Kakioka and the foF2 at Kokubunji, from Jan. to Dec., 1987, have been analyzed to obtain both the auto and cross spectral estimates of the ionospheric variations in the period range of 2 to 60 days. Main results of the present analyses are as follows: (1) the HFD data contain several dominant periods in the range of 2 to 10 days and around 15 days, (2) these dominant peaks are common among either the three or two kinds of the above data, and (3) solar-rotation period, about 27 days, has not been detected explicitly from the HFD data.

HFドップラー(HFD)データから抽出した電離層変動のスペクトル領域については、これまでのところ、大気波動に関連する周期数分から数十分の変動成分におもに関心の焦点があった<sup>1)</sup>。ところで、たとえば電離層総電子量変動データの解析結果<sup>2)</sup>などから知られるように、電離層中には数日から数年のオーダーの長周期変動も存在する。ここでは、ほぼ一年分のデータからそのような長周期変動を検出する目的で、HFDデータに加えて、同期間の地磁気水平成分(H)ならびにfoF2データについて、長周期(2~60日)指向のスペクトル解析を行った結果を報告する。

HFDデータは、JJY-8MHz波のF層反射波を1987年1月~12月に東京都調布市(送受信点間地表距離:約65km)で連続観測したものである。H成分データは気象庁(柿岡)、foF2データは通信総合研究所(国分寺)のものを使わせて頂いた。なお、HFDについては夜間に電離層反射波がなく、昼間の数時間程度しか連続データが得られないため、毎日の昼間(10,12,14時)の値を選んで日値データとした。スペクトル解析には最大エントロピー法を用い、予測誤差フィルター項数は経験的にデータ窓の20%とした。入力データとしては、全体で350日の日値データから、180日のデータ窓(最大解析周期60日の3倍)を時間軸に沿って10日ずつずらして計18組用意した。同時刻帯のHFD、H成分、ならびにfoF2の三種のデータについて、それぞれの自己スペクトルピークの位置を

比較し、さらに相互スペクトルも計算してコヒーレンスを求めた。

Fig. 1は、自己スペクトルピークの出現頻度を上記の三種のデータについて比較したものである。

解析の結果、①全部のデータから2日~約10日の間および15日付近にいくつかの三種あるいは二種に共通した卓越周期が検出され、とくに2日~約10日に高いコヒーレンス値をとることが確認された。②HFDデータからは顕著な約27日周期成分は検出されなかった。

### 参考文献

- 1) 小川 徹 他: 第1回大気圏シンポジウム報告集, 30, (1987)
- 2) Titheridge, J.E.: Planet. Space Sci., 19, 1593, (1971)

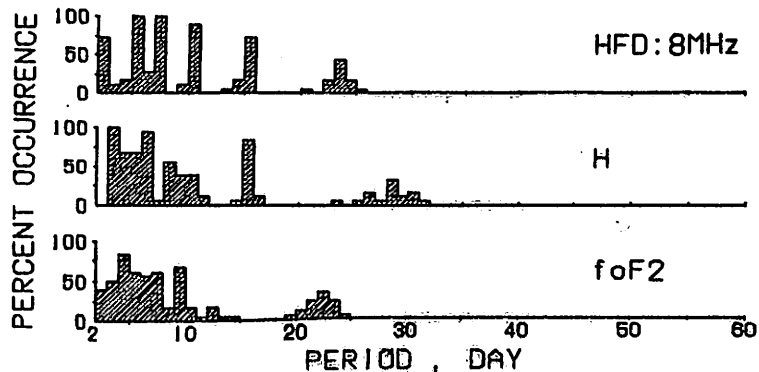


Fig. 1. Percent occurrence of spectral peaks against the variation period.

## 観測期間の観測概況

犬木久夫、皆越尚紀、菊池 崇、深尾昌一郎、CRLサンディアルグループ  
(通信総研) (京大超高層)

## A SYNOPSIS OF DECEMBER 1988 SUNDIAL CAMPAIGN

H. Inuki, H. Minakoshi, T. Kikuchi, S. Fukao, and CRL Sundial Group  
(Communications Research Lab.) (RASC, Kyoto Univ.)

We have observed the ionosphere during the period of December 3 - 12, 1988 by an ionospheric chain and MU radar. Ionospheric disturbances associated with the geomagnetic bay on December 4 and the Sudden Impulse on December 12 are observed; (1) On December 4, the phase of the N. DAKOTA signal advanced by 98° as observed at Inubo, and spread-F and scintillations were observed during 06 - 11 JST in Okinawa and Yamagawa. (2) On December 12, an abrupt frequency decrease of 0.4Hz followed by an increase of 1Hz was observed on JJY signals received in Kokubunji and Hiraiso.

## 1. はじめに

サンディアル(SUNDIAL:日時計)国際協同観測計画はスペースシャトル映像レーダに及ぼす電離圏効果を調査するために、1984年10月に開始された。その後スペースシャトルの事故が発生し、映像レーダに及ぼす電離圏効果の研究は中断せざるを得なかった。しかし、この国際協同観測計画を進展させ、電離圏のモデリング並びに太陽・惑星間に発生する擾乱現象の因果関係の解明を目的として米国科学財団の援助のもとで米国 SAIC (Science Applications International Corporation) の E. P. Szuszczewicz博士を中心に実施されている。世界70数箇所に分布する各種レーダ観測網によるサンディアル国際協同観測は9ヶ月毎に約10日間行われ、これまで1986年9月、1987年6月、1988年3月に行われた。

## 2. 観測概況

1988年11月30日に発生した大規模電離圏擾乱に続く12月3日09時~12日09時JSTの期間、第5回サンディアル国際協同観測が実施された。比較的静穏な期間であった。本観測期間の観測概況として(1)磁気圏嵐(Magnetospheric Substorm)が観測された12月4日と(2)SI(Sudden Impulse)が観測された12月12日の電離圏擾乱について報告する。

## 2.1 12月4日の電離圏擾乱

柿岡地磁気観測所において、磁場の最大変化量35nT(03時00分JST)の磁気圏嵐が02時27分から04時00分JSTまで観測された。この地磁気嵐に付随して、静止気象衛星GMS-3のSEM(Space Environment Monitor)でとらえられた太陽プロトン(0.8-4MeV)に減少・増加現象が観測された。

## (1)極域電離圏擾乱

犬吠観測所において、02時10分~05時50分JST、オーロラ帯を伝搬するN. DAKOTA信号に最大位相変化量98度(20μS)の位相進みが観測された。地磁気嵐に関連して、数十~数百keVのエネルギーを持つ高エネルギー電子の極域下部電離圏への侵入が推測される。

## (2)中・低緯度域電離圏擾乱

電離圏(F層)の電子密度不規則構造(周波数型のスプレッド、シンチレーション)が、朝方から正午付近まで、山川・沖縄観測所におけるイオノゾンデと静止技術試験衛星ETS-11の電波(136MHz)によって観測された。スプレ

ッドFと振幅が約5dB-P以上のシンチレーションの観測時間(振幅1dB-Pを開始・終了時刻とする)を以下に示す。因分寺で受信された航行衛星NNSSの電波(150/400MHz)についてもシンチレーションが中低緯度域で観測された。

シンチレーション	
沖縄	06:10~06:50 07:00~08:40
山川	08:15~09:15 10:10~11:00
スプレッドF	
沖縄	06:45~07:00 07:30~08:00
山川	09:00~09:15 10:45~12:00

稚内から沖縄までの5観測所において、h'Fが03時頃から07時付近まで増加しており、日中のfoF2も増加している。

日本付近で、F領域不規則構造が日出後に観測されることは希なことである。Aarons and DasGupta(1984)が提唱されたように、02時27分JSTに発生した磁気圏嵐に付随して、赤道域に発生したブラズマバブルが日出後も生存し、中低緯度域に達したとも考えられる。このF領域不規則構造の発生メカニズムについて、検討を行っている。

## 2.2 12月12日の電離圏擾乱

柿岡地磁気観測所で磁場の最大変化量18nTのSIが03時27分JSTに観測された。SI発生時に、因分寺及び平磯で測定されたJJY標準電波(5/8MHz)の周波数において、持続時間1分程度の0.4Hzのドップラー減と5分程度の1Hzのドップラー増が連続する現象SCF(-+)(SCF: SSC-associated frequency deviation)が観測され、F層中に0.8nV/mの東向きの電場と2mV/mの西向きの電場の発生が見いだされた。

## 参考文献

Aarons, J., and A. DasGupta, Equatorial scintillations during the major magnetic storm of April 1981. Radio Science, Vol 19, 731, 1984

富田二三彦、磯崎進、大部弘次、巨慎一、瀬端好一、徳丸宗利、小島正宜\*  
郵政省通信総合研究所、\*名古屋大学空電研究所

THE SOLAR ORIGIN OF THE GEOMAGNETIC STORM(1988.11.30)

F. Iomita, S. Isozaki, K. Ohobu, S. Watari, K. Sebata, M. Tokumaru, and M. Kojima\*  
C.R.L., Ministry of Posts and Telecom., \*R.I.A., Nagoya Univ.

The geomagnetic storm on November 30, 1988 was analyzed for its possible solar origin. The results are as follows:-(1)The effects of the solar flare activity are scarcely impossible. (2)The effect of co-rotating high-speed region or coronal hole is possible. (3)The effect of the disappearing filaments can not be denied.

1. はじめに

技術革新が急速に進む現代においても、華やかな有人宇宙活動が展開する未来を正しく予測することのできる人は少ない。それでも、月面基地や火星-火星-で数千万の人々が生活する時代に宇宙天気予報官の役割がただでは済まされないことは容易に予想される。

現代の予報官はおおよそ次のように宇宙嵐警報を出す。まず、バックカウトとして(1)各国の予報を入手する。つぎに、宇宙嵐の原因となるもの(2)冕、(3)コロナ、(4)フィラメント消失、(5)よくわからないが周期的、を調べ、原因が見あたるか否かを検討する。その結果、1988年11月30日朝、予報官の出した結果は「静穏」(MAGQUIET)であった。ところが、同日8:00UT以降の地磁気変動は、その日の宇宙天気予報官の予想を覆し、比較的大きな地磁気嵐の様相を呈した。

今回の発表では、この宇宙嵐の原因について考察した中間報告を行うと同時に今後の宇宙天気予報で充実させていくべき研究項目についてもふれる。

2. 宇宙嵐(1988.11.30)の原因

(1)WMAからのTELEX中のメロ文は当日の予報官Mr. Norm Cohenの責任で作られ、そこには彼のデータ解析結果が凝縮されている。メロ文で極冠帯フィラメント消失の影響に言及しておきながら、なぜ予報を「静穏」(MAGQUIET)としたか。それは、米国の予報官が各国(日、豪、ソ、仏、独)の出した予報結果を素直にアドバイスと受け止め、大勢はこれに従う傾向にあるからである。

(2)現在までに、この時期のメロに関する情報がすべて収集できたわけではないが、結論はメロの影響は考えにくい。

(3)コロナホールを調べる。NOV. 30を含むROTATION 1809には、その後の観測によっても26日から28日付近にホールは見られない。ところがその前後のROTATION 1808、ROTATION 1810、にはいずれも経度190~200°付近にホールが観測されている。さらに、Fig. 1は各大空電研で得られた太陽風速度分布データであるが、経度210°付近に550km/sを越える高速領域がある。太陽自転3周期分のデータによって描かれているので数値がなまされていること、太陽風400km/sの等速で外挿しているため経度が多少ずれることなどを考えると、この領域がROTATION 1808、1810で見られたコロナホールと対応していると考えてもよさそうである。(10°程度の緯度の小さいがいは検討課題。)よってコロナホールは考えられそう。

(4)米国WMAのその後の解析によっても宇宙嵐(1988.11.30)の原因は、27日から28日にかけての南極冠帯のフィラメント消失ということになっている(Fig. 2)。他の日にも小さなフィラメント消失が発見される可能性があり、今後さらに検討を進めるが、現時点では宇宙嵐の原因としてフィラメント消失も無視はできない。

(5)11月2日から3日のKaの盛り上がり原因は、実はコロナホールによるものであった。よって周期的な要因には根拠があり、予報当時の太陽周期1809でなく前周期1808の小さなコロナホールを重視すれば「じょう乱」(MAGALERT)警報が出せないとも限らない。

3. おわりに

宇宙天気予報において予報すべきじょう乱は、1年に1度あるいは数年に1度というような超特大の現象だけでなく、より偏った性格の現象を相手にしなければならない。高エネルギー粒子が生成されるcriticalな条件は何か、宇宙嵐を起こす小さなフレアの特徴は何か、数あるフィラメント消失の中から地球近傍に悪さをするものをどうやって見極めるか、高速太陽風の検出と惑星間空間の観測は?など多くの難問が山積している。これにめぐることなく、今後も太陽および宇宙観測データの種類と質の向上に努め、併せて宇宙天気予報プログラムの開発に取り組んでいきたい。

参考文献

- (1)木所常一、森弘隆、電波研究所季報、32、1、1986。
- (2)SESC Forecaster's Manual, September, 1988。
- (3)Solar Terr. Predictions, Proc. of Workshop at Meudon, France, 404pp, 1984。
- (4)石井隆広雄、他、第298回通線研究研究会、1983。
- (5)S. G. Data prompt reports, 532-1, 1988。
- (6)Kahler S. W., J.G.R., 87, 3439, 1982。

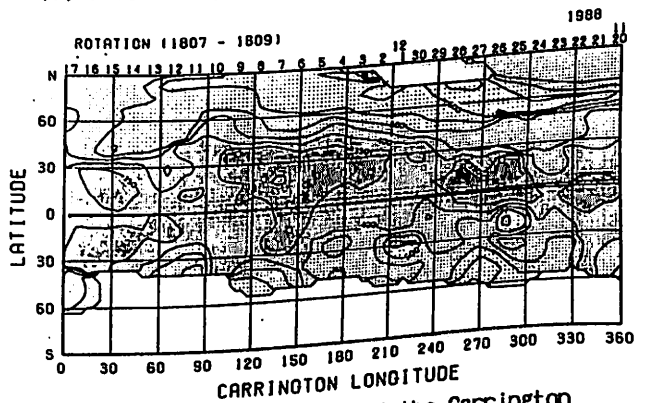


Fig. 1 The solar wind map of the Carrington rotation 1807-1809.

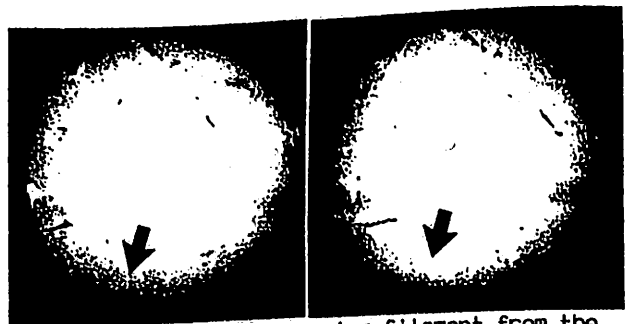


Fig. 2 The large disappearing filament from the southern polar crown which departed late on 27 November.

# 1988年11月30日の地磁気嵐に伴う 20GHz電離層シンチレーション

西牟田 一三(\*), 小川 忠彦(†), 皆越 尚紀(†)  
(\* 通総研山川, † 通総研)

20 GHz IONOSPHERIC SCINTILLATIONS DURING A GEOMAGNETIC STORM  
ON NOVEMBER 30, 1988

I. Nishimuta, T. Ogawa and H. Minakoshi  
(Communications Research Laboratory)

In association with a geomagnetic storm commencing at 0800 UT on November 30, 1988, ionospheric scintillations (2.5 dB) of a 20 GHz radio wave from the geostationary satellite CS-3 were observed at Yamagawa (31°N, 131°E), Japan. These scintillations were simultaneously accompanied with the VHF and 12 GHz scintillations on other geostationary satellites, ETS-2 and BS-2, respectively, and also with the abnormal increase in total electron content due to the well-developed equatorial anomaly and the range-type spread F on ionograms. We infer that these peculiar 12 and 20 GHz scintillations were caused by very small-scale irregularities in the F-region which were produced by both strong electron density gradients and storm-associated electric fields.

1988年11月30日の17時JST(8時UT)から始まった地磁気嵐が最も発達した同日の20~21時JST頃、通信総合研究所の山川電波観測所において放送衛星3号(CS-3)が発射している20GHzの電波に電離層シンチレーションが観測された。今まで、VHF~12GHz帯の電離層シンチレーションの観測例はいくつか報告されているが、20GHzのそれは著者達が知る限り、初めてである。

図1に、20GHz(CS-3;山川)、12GHz(BS-2;山川)、12GHz(BS-2;屋久島)及び136MHz(ETS-2;山川)の受信強度波形を示す。VHFシンチレーションは19:45~22:10JSTと23:50~02:15JSTの2つの時間帯で発生しているが、12と20GHzシンチレーションは19:45~21:00JSTの間に発生している。このことは、20GHz電波の波長が1.5cmであることを考慮すると、後者の時間帯で、非常に小さな空間スケール(mオーダー?)の電子密度不規則構造が電離層高度に生成された事を示唆する。また、すべてのGHz帯シンチレーションが同じ時刻で発生していないのは電離層の観測場所が違うためで、空間的に局在した不規則構造が形を変えながら移動していった場合、この

ような事が起り得る。なお、20GHz帯の電波には対流圏によるシンチレーションもしばしば現われるが、われわれは図1のシンチレーションは電離層によるものと判断している。

鹿屋の地磁気H成分、山川のTEC及びfoF2の変化を図2に示す(破線は前日の地磁気静穏日の変化)。H成分が最も発達した20~21時JST付近で、TECの異常増大が見られる。TECの増加に対応してfoF2も増加し、20時以降はレンジ型のスプレッドFが観測されている。図1と2から、12/20GHzシンチレーションは、赤道異常に伴ったスプレッドF層内の細かい不規則構造が原因であると言える。但し、mオーダーの不規則構造を作るには、通常のスプレッドFに比べて、格段に強い電子密度勾配や電場が必要である。

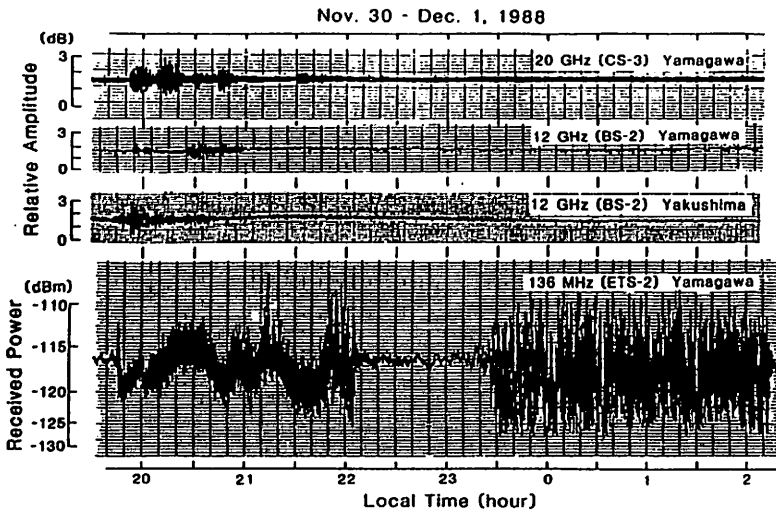


Fig. 1 136MHz, 12GHz and 20GHz scintillation records on the night of November 30, 1988.

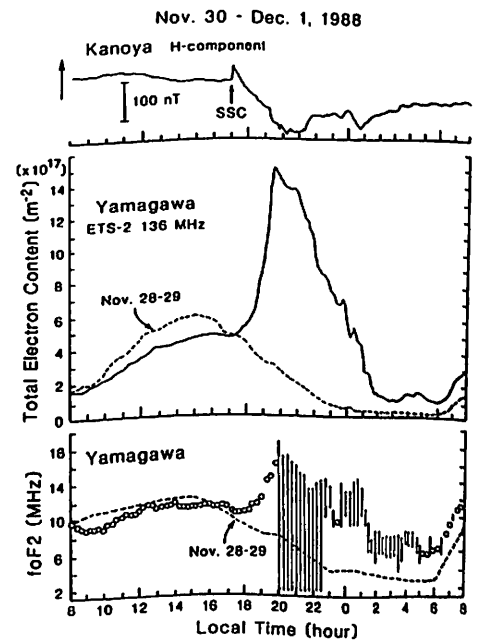


Fig. 2 Time variations of geomagnetic H-component (top), total electron content (middle) and foF2 (bottom). A broken curve indicates the variation on November 28-29, 1988.

# 1988年11月30日の電離圏擾乱現象

- ETS-II 衛星電波によって観測されたシンチレーションと全電子数 -

皆越尚紀、西牟田一三、満留博人

(通信総研)

IONOSPHERIC DISTURBANCES OF NOV. 30, 1988  
 IONOSPHERIC SCINTILLATION AND TOTAL ELECTRON CONTENT OBSERVED AT LOW AND MIDDLE LATITUDES  
 BY ETS-II 136 MHz BEACON

Hisomitsu Minakoshi, Ichizo Nishimuta and Hiroto Mitsudome  
 (Communications Research Laboratory)

The ionospheric disturbances during the geomagnetic storm of November 30, 1988 were investigated by using data of ionospheric scintillation and total electron content obtained by the ETS-II beacon experiment at the latitude chain of 4 stations in Japan. The most remarkable storm effect was severe ionospheric scintillations occurring in association with sudden enhancements in total electron content in the lower-middle latitude region centering around Yamagawa (31° N, 131° E geographic, 20° N, 162° W geomagnetic).

日本付近の中緯度地域の電離圏不規則構造と全電子数の平均特性、擾乱時特性を明らかにするために、稚内 (45°N, 142°E)、東京 (36°N, 139°E)、山川 (31°N, 131°E)、沖縄 (26°N, 128°E) で ETS-II の 136MHz 電波を連続受信して、シンチレーションと全電子数の観測を行っている。1988年11月30日1700JST(0800UT) に発生した地磁気嵐は規模としては大きくなかったが ( $\Delta H = 170$  nT, 継続時間 = 16時間)、衛星電波観測データには大きな擾乱を及ぼした。

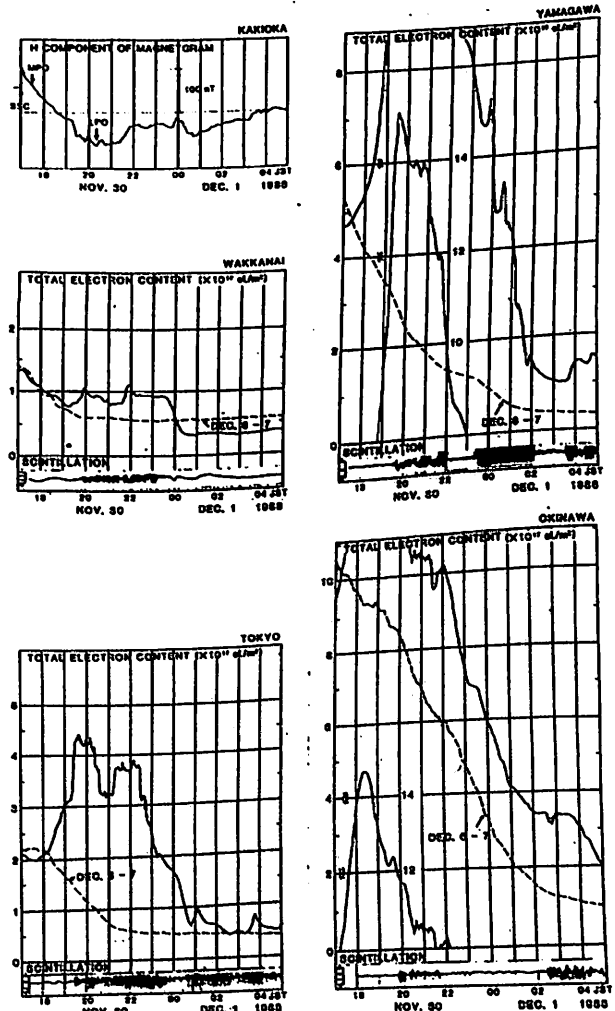
全電子数の変化から見た擾乱は、地磁気嵐の開始の夜間に急激に増大し、その後昼間に減少する日が続く、冬期によく現れる電離圏嵐の様相を示した。一方、電子密度分布の不規則構造の発達では11月30日の夜間全電子数の急激な増大に伴って、強いシンチレーションが山川付近を中心に全観測所で観測され、極めて大きな擾乱であった。

図に、柿岡のマグネトグラムの水平成分と各観測所で得られた全電子数、136MHz電波のシンチレーションの時間変化を示す。

全電子数には、静穏状態に復した12月6日-7日のデータも点線で示してある。不規則構造の発達に関連して、次のような特徴がうかがえる。

- (1) 地磁気水平成分の深い落込みと、全電子数の増大とシンチレーションの開始が同じ時間帯 (17-20JST) に発生
- (2) 全電子数の増大、シンチレーションの発達が山川付近を中心にした低中緯度地域に卓越

### (3) 全電子数の急増大時に、強いシンチレーションが発生





丸山 隆、岡本 智  
(通信総研稚内)SEVERE IONOSPHERIC SCINTILLATION EVENT ON NOVEMBER 30, 1988  
AND A ROLE OF EASTWARD ELECTRIC FIELDSTakashi Maruyama and Satoshi Okamoto  
(CRL/Wakkanai Radio Wave Observatory)

Severe ionospheric scintillations at frequencies up to  $\sim 10$  GHz were observed associated with a magnetic storm on November 30, 1988. We analysed scintillations at earth stations spread over Japan in connection with the variation of the background ionosphere derived from the data obtained from the CRL ionosonde chain. At most of the stations scintillations began between 19:30 and 20:00 JST. Ionospheric virtual height ( $h'F$ ) and critical frequency ( $f_oF_2$ ) varied anomalously during the night. A close examination of the data suggests that the sudden increase of eastward electric fields which started at  $\sim 19:30$  is a leading cause of generation of the irregularities through the E $\times$ B instability mechanism.

1988年11月30日の日没後から12月1日にかけて、地磁気嵐に伴い、日本近傍においてマイクロ波帯にまで達する周波数で大規模な電離圏シンチレーションが観測された。このeventについて、イオノグラム等の解析を通じ電離圏擾乱の様相を明かにし、不規則構造形成の機構を調べた。

シンチレーションの発生時刻

北海道から沖縄までの範囲にある大部分の衛星地球局では19:30~20:00JSTにシンチレーションが急に開始した。発生時刻の僅かなずれに緯度変化等の系統的な差異は認められない。その後シンチレーションは断続的に持続するが、沖縄を除き、低緯度程継続時間が長い傾向にある。同一地球局で複数の衛星を観測している場合、僅かな経度の違いにも係わらず、シンチレーションの発生開始及び終了時刻が大きく異なる場合がある。これは不規則構造域がパッチ状にランダム分布している事を示している。(ランダム分布自体が不規則構造たる由縁とも言える)

スプレッドF

スプレッドFの発生は概ねシンチレーションの観測時刻と相前後しているが、稚内では大きく食い違っている。

 $h'F$ の変動

電離層高度は高緯度側の観測所で顕著な変動を示した。稚内では19:00~23:30に $\sim 200$ km上昇した後、急降下し、再び01:00~05:00に $\sim 300$ km上昇している。この変動は緯度の低下とともに時刻が遅くなり(分散性)規模も縮小してくる。高緯度に原因を持つ波動性の変動(大規模TID等)によると考えられる。今までにも大規模シンチレーションに伴った観測例が報告されている。

これとは別に、秋田、国分寺で19:45JST頃に $h'F$ 上昇の小

ピークが見られる。これは信索ではさらに明確となるが山川、沖縄でははっきりしなくなる。緯度の違いによる時刻の差は認められず電場効果と考えられる。

 $f_oF_2$ の変動

電子密度は $h'F$ とは逆に低緯度で大きく変動した。沖縄および山川では日没頃に $f_oF_2$ の急上昇が始まり、20:00頃まで続いている。東向き電場による低緯度電離層の北への移動と考えられる。 $h'F$ の上昇を伴っていない点は更に詳しく検討する必要がある。 $f_oF_2$ の上昇は規模は小さいが国分寺でも見られる。これとは別に、高緯度側の稚内、秋田、国分寺では真夜中付近に $h'F$ の下降と同期して一時的な $f_oF_2$ の上昇が見られる。電子密度プロファイルの変化と考えられる。

以上の電離圏擾乱の概況を総括すると、(1)高緯度から低緯度へ伝搬する $h'F$ の大規模な変動、(2)日没直後の東向き電場の持続、(3)19:45頃の東向き電場の急増が特徴的である。中緯度電離圏の不規則構造形成の理論は確立されていないが、重力波の関与、いわゆるPerkins不安定、あるいはE $\times$ B不安定等が考えられている。今回の擾乱を総合的に検討すると、(3)の電場による不安定性が重要である。稚内では(3)が観測されないのは(1)の開始によってマスクされたと解釈できる。沖縄、山川で対応する $h'F$ 上昇が観測されていないが、 $f_oF_2$ の増加率が加速している。東向き電場による不安定は赤道電離圏ではよく知られているが、中緯度でもなりたつことが示される。(1)と(2)が電離圏不安定に果たす役割については不明である。しかし、今まで起こった同様な大規模シンチレーションに共通している現象であることから、これらに関連する不安定性とE $\times$ B不安定との複合的な作用で不規則構造が形成されると思われる。

猪木誠二、皆越尚紀、永山幹敏、加藤久雄、竹内鉄男

(通信総研)

IONOSPHERIC DISTURBANCES OF NOV. 30, 1988  
 - GENERAL FEATURE OF IONOSPHERIC  
 DISTURBANCES OBSERVED BY DIGISONDE 256 -

Seiji IGI, Hisamitsu MINAKOSHI, Mikitoshi NAGAYAMA, Hisao KATO and Tetsuo TAKEUCHI  
 (Communications Research Laboratory)

The structure of bottomside ionosphere is investigated using ionograms of both digital ionosonde (Digisone 256) and 9B-type ionosonde during the period of ionospheric disturbances of november 30, 1988. Besides main traces satellite traces began to be observed at about 1303UT and abruptly disappeared at 1703UT. It can be thought from the ionogram reduction to electron density profile that the observation of the satellite traces were due to the extreme tilt structure of the ionosphere. During the period of this event, small-scale structures showed downward propagation.

1988年11月30日の電離圏じょう乱現象について、昨年3月に国分寺に設置されたデジタル型イオノゾンデ(デイジゾンデ 256)データの解析結果を報告する。解析にはデイジゾンデ256のデータを補間するために9B型イオノゾンデのデータも用いた。

第1図は、今期間にデイジゾンデ256で取得されたイオノグラムのうち特徴的なものの一例である。エコーが濃いほど強い正のドップラを、薄いほど負のドップラを示す。前後の関係から垂直方向からのエコー(主トレース)と思われるも

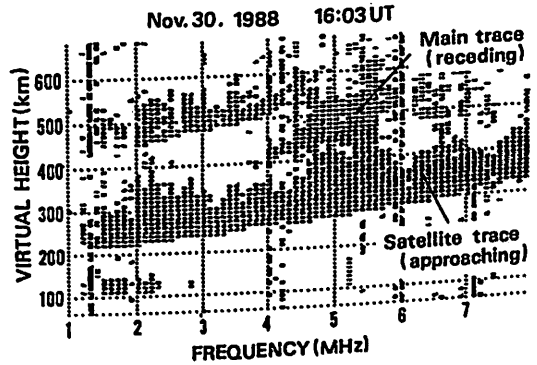


Fig.1 Status ionogram (Kokubunji)

のは遠ざかり、斜め方向からのものは近づいていることがわかる。そこで、イオノグラムから、垂直および斜め方向からの特定周波数の見掛けの高さを読み取り時刻順に図示した(第2図)。また、図上部に3MHzとF層ピークにおけるドップラの程度を同時に示す(斜め方向からのものは3MHzのみ)。この図から、1303UTごろより主トレースに加えて斜め方向からのエコーが見えはじめ(始まりは不明瞭)、1503UTには両者は強い正のドップラを示し、1603UTには主トレースは強いスプレッドと強い負のドップラを示してその高度を上げていき、1703UTには周波数タイプのスプレッドを示す主トレースのみとなり斜めのトレースは完全にその姿を消してしまふ。そして、スプレッドを示す主トレースはその高度を下げながら、2203UTに通常のイオノグラムに戻っている(やや、スプレッドが残っている)。また第2図から、上から下に伝搬する波動が見られる。そこで、9B型イオノゾンデによる主トレースは非常に明瞭に得られているので垂直方向からきたものと仮定してN(h)プロファイルを求めた結果、強く傾斜した電離層によって観測されるような斜めのエコーを生じたと思われる。

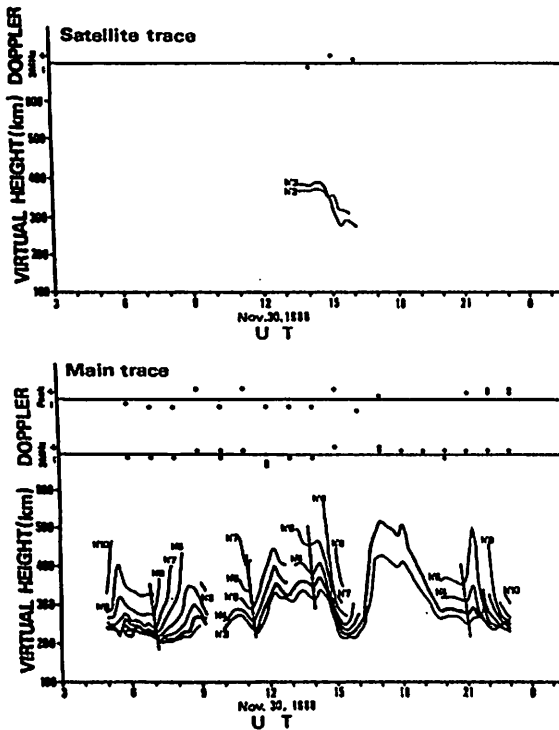


Fig.2 Continuous plots of virtual height  $h'f$  corresponding to a sounding frequency  $f.0\text{MHz}$ .

# P-40 NNS S衛星による

## 1988年11月30日のシンチレーション観測

大高 一弘、 國武 孝、 小川 忠彦 (通総研)

### SCINTILLATION OBSERVATIONS BY NNSS SATELLITES ON NOVEMBER 30, 1988

K.Ohtaka, M.Kunitake, and T.Ogawa (Communications Research Laboratory)

During the geomagnetic storm started at 8hUT(17hJST) on Nov.30,1988, ionospheric scintillations were observed at Kokubunji by means of 150/400MHz radio wave from NNSS satellites. Two dimensional map and latitudinal-time plot of the scintillations show that(1)the northern boundary of scintillations extend to 49°N before 0hJST on Dec. 1, (2)the northern boundaries in the western region (<135°E) remained at 41°N until 4hJST, while these in the eastern region (>135°E) did not exceed 36°N after 2hJST, and (3)the latitudinal ranges of the scintillations became narrower, with increasing east longitude.

**1 はじめに** 1988年11月30日8時UT (17時JST)に発生した地磁気嵐によって、国分寺及び稚内電波観測所で観測している航行衛星NNS Sのビーコン波の受信強度に大きなシンチレーションが観測された。さらに、この観測から日本上空でのシンチレーション領域の空間的な広がり、及びその時間変化が求められた。

**2 本論** NNSS衛星からは、ビーコン波(399.968MHz, 149.988MHz)が出ており、その送信電波の中に2分ごとの時間信号と、衛星の位置を求めるための軌道要素が含まれている。衛星は極軌道で高度約1000km、周期は約107分であり、1つの衛星で1日4~6パス、現在7個の衛星が運用状態にあり、東京では、1日で約30パス、上空を通過する。

観測できる範囲は観測点から衛星の見える範囲になるが、ここではシンチレーション領域が高度300kmにあるとして解析した。東京で観測した場合、その範囲は、緯度で北緯15°~55°、経度で東経120°~160°である。Fig. 1, 2に150MHzのシンチレーション領域とそのパスの軌道を示す。Fig. 1は、縦軸を緯度、横軸を時間として、プロットしたものである(異なる経度のパスもすべて入っていることに注意)。Fig. 2は、空間分布を示している(Fig. 1, 2相互の参照のためにデータ番号を付記した)。これらの図から見出された主な特徴を以下に述べる。

\* Dec. 1, 0h40mJSTまでは、シンチレーション領域の北端が、かなり高い緯度まで延びており(西では49°N、中央では44°N、東では47°Nまで)、日本全体がシンチレーションで覆われたことが分かる。

\* 0h40mJST以後も、北端について、135°E以西では4hJSTまで41°Nを越えているが、135°E以东では2hJST以後36°Nを越えない。

\* 東ほど現われる緯度幅が狭い。

このように、移動衛星を用いたシンチレーション観測から、シンチレーション領域の時間的・空間的発達・衰退の様子を知ることができる。

なお、宇宙研の厚意により、「おおぞら」(EXOS-C)、「ぎんが」(ASTRO-C)のシンチレーションデータを使用することができた。発表時には、これらのデータも組合せた解析結果を報告する。

**3 謝辞** 「おおぞら」、「ぎんが」のシンチレーションデータの使用に関して、宇宙科学研究所の方々に感謝いたします。

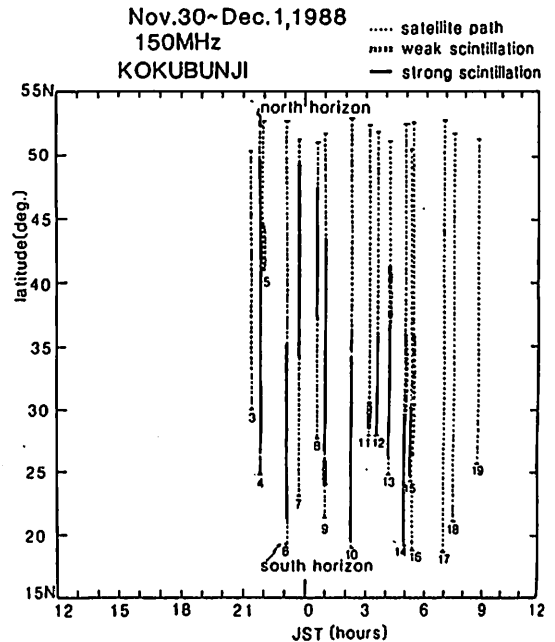


Fig.1 latitudinal-time plot of the scintillations

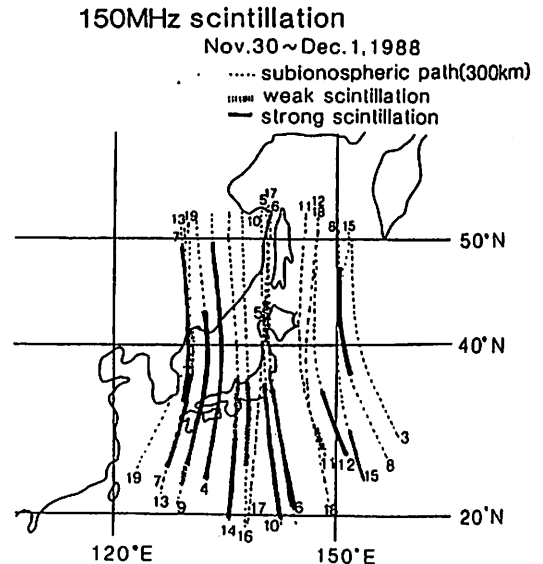
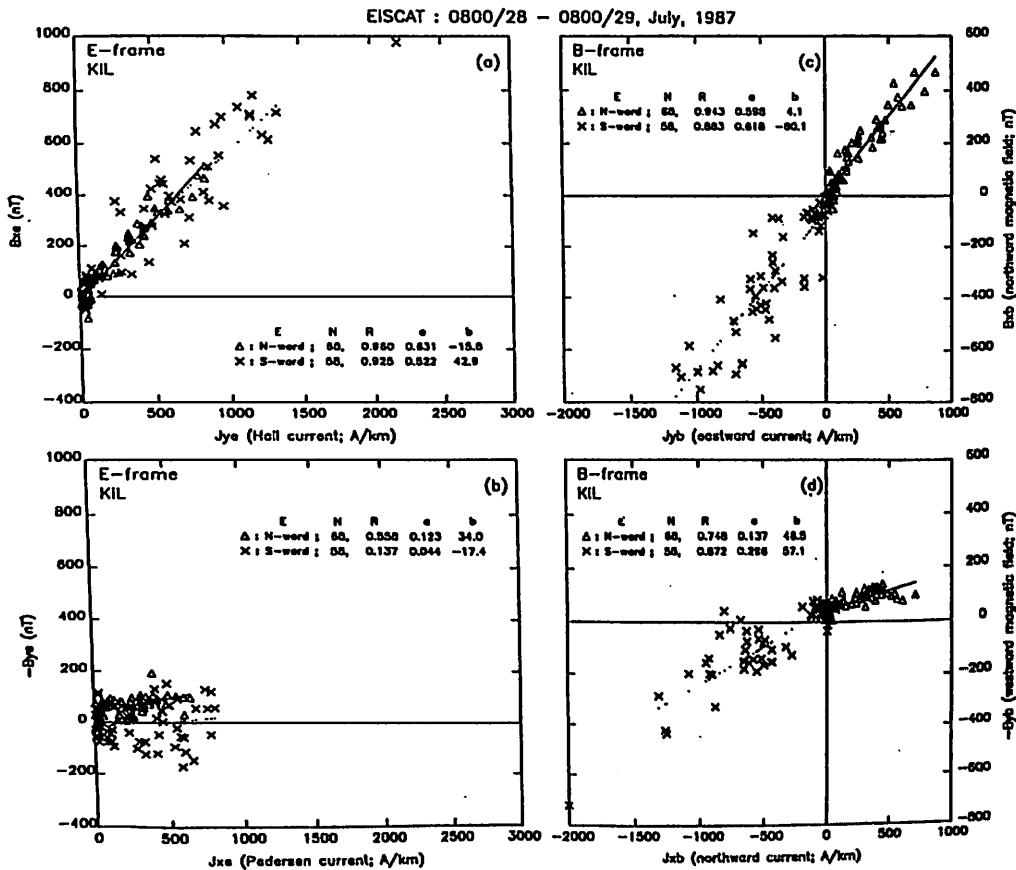


Fig.2 two dimensional map of the scintillations

Tohru Araki and Kristian Schlegel (Max-Planck-Institut for Aeronomy, D-3411 Katlenburg-Lindau, FRG)  
 Herman Luhr (Institute for Geophysics and Meteorology, Technical University Braunschweig,  
 Mendelssohnstrasse 3, D-3300 Braunschweig, FRG)

Correlation studies are made on relationships between ionospheric currents calculated from EISCAT radar data (ion drift, electron density and temperature of ions and electrons), and ground magnetic variations observed at 7 stations of the EISCAT Magnetometer Cross. The data used are 5-min averaged values taken every 10 minutes during 24 hours on July 28-29, 1987 when the eastward and westward electrojet were well developed in the afternoon and early morning, respectively. Two coordinate systems called B- and E-frame are used. The B-frame represents the ordinary geomagnetic coordinates where the geomagnetic north and east are taken as x- and y-axis, respectively. In the E-frame, the direction of the horizontal electric field in the ionosphere is parallel to the x-axis so that the Hall current always flows in the positive y-direction and the Pedersen current in the positive x-direction. The correlation in both frames are examined for the x- and y-component of the ionospheric currents and the corresponding magnetic variation on the ground. The correlation is highest for the y(Hall)-current and x-magnetic field in the E-frame and lowest for the x(Pedersen)-current and y-magnetic field in the E-frame (see figure below). More detailed quantitative analysis is made by taking into account the dependence on the direction, latitudinal location and non-uniform distribution of the current. The contribution of the Hall current was estimated as 0.56 nT/(A/km), when its center is above the radar station. The Pedersen current also makes contributions of 0.14-0.20 nT/(A/km). The results of this analysis also show that the nighttime level of a quiet day is a suitable choice of the base value for the geomagnetic variations in the auroral zone.



Scatter plots of the magnetic field ( $B_x$  and  $-B_y$ ) at KIL versus the ionospheric currents ( $J_y$  and  $J_x$ ) calculated from the EISCAT data in the E- (left) and B- (right) frame. The triangles show the data points for the northward electric field (eastward jet) and the crosses for the southward field (westward jet). The number of the data points ( $N$ ), the correlation coefficient ( $R$ ) and the coefficients ( $a$  and  $b$ ) of the linear fit ( $B_x = a \cdot J_y + b$  and  $-B_y = a \cdot J_x + b$ ) are given in each panel.

P-42 中緯度非対称地磁気擾乱の性質と  
磁気圏大規模電流構造

家森俊彦 (京都大学理学部)

CHARACTERISTICS OF MID-LATITUDE ASYMMETRIC DISTURBANCES AND THEIR RELATION  
TO LARGE SCALE MAGNETOSPHERIC CURRENT STRUCTURE

T. Iyemori (Faculty of Science, Kyoto University)

The longitudinally asymmetric geomagnetic disturbances during several major storms are analyzed using the data from 10 middle latitude stations. Both H and D components are used to derive the asymmetry indices. The amplitude of the asymmetry in H and D is found to be in the same order of magnitude indicating that the field-aligned currents (or the return current of the auroral electrojet) mainly contribute to the mid-latitude asymmetric disturbances rather than the partial ring current. The local time variation of the asymmetry is analyzed and the relation to the large scale magnetospheric current system is discussed.

中緯度に於ける磁気嵐時の地磁気擾乱場には赤道環電流の効果(水平成分の減少)が目だが、その大きさの指標であるDst指数を差し引いても経度方向の大きな非対称成分が残ることは良く知られており、それを説明するためにPartial Ring Current Systemが考えられてきた。(e.g. Fukushima and Kawide, 1973)。又、水平成分(H)のみを用いた非対称成分の大きさの指標(ASY指数)が提案されてきた(Kawasaki and Akasofu, 1971)。しかし、H成分には、Partial Ring Current及びそれと電離層電流を結ぶ沿磁力線電流がどちらも寄与するため、この指数からだけでは磁気圏の大規模電流構造の変動についてそれほど有用な情報は得られない。

ところで、偏角成分(D)には磁気圏赤道面上を流れるPartial Ring Currentの効果は比較的小さいと予想され、沿磁力線電流の効果が主に寄与していると考えられる。そこでH成分とD成分の非対称指数を組み合わせることで、Partial Ring Currentと沿磁力線電流の効果のある程度区別し、磁気圏大規模電流構造の時間変化を地上の磁場データから比較的簡単にモニター出来る可能性がある。

今回は、中緯度10カ所の地磁気データを用いてH及びD成分の非対称指数を算出し、その性質を調べる。又、太陽風磁場やAE指数と比較することによって、磁気圏大規模電流系の磁気嵐時の変動を調べる。Fig.1は、今回調べたいくつかの磁気嵐の一例であるが、非対称成分に関する限り、HとDでは、それほど振幅に違いが無いことがみてとれる。これは、中緯度非対称磁気擾乱場には沿磁力線電流(又は、オーロラジェット電流のリターン電流)の効果が大きいことを示している。そこで、非対称の位相(地方時)を適当な方法で表現することにより、大規模沿磁力線電流の構造の変化を調べることを試みた。

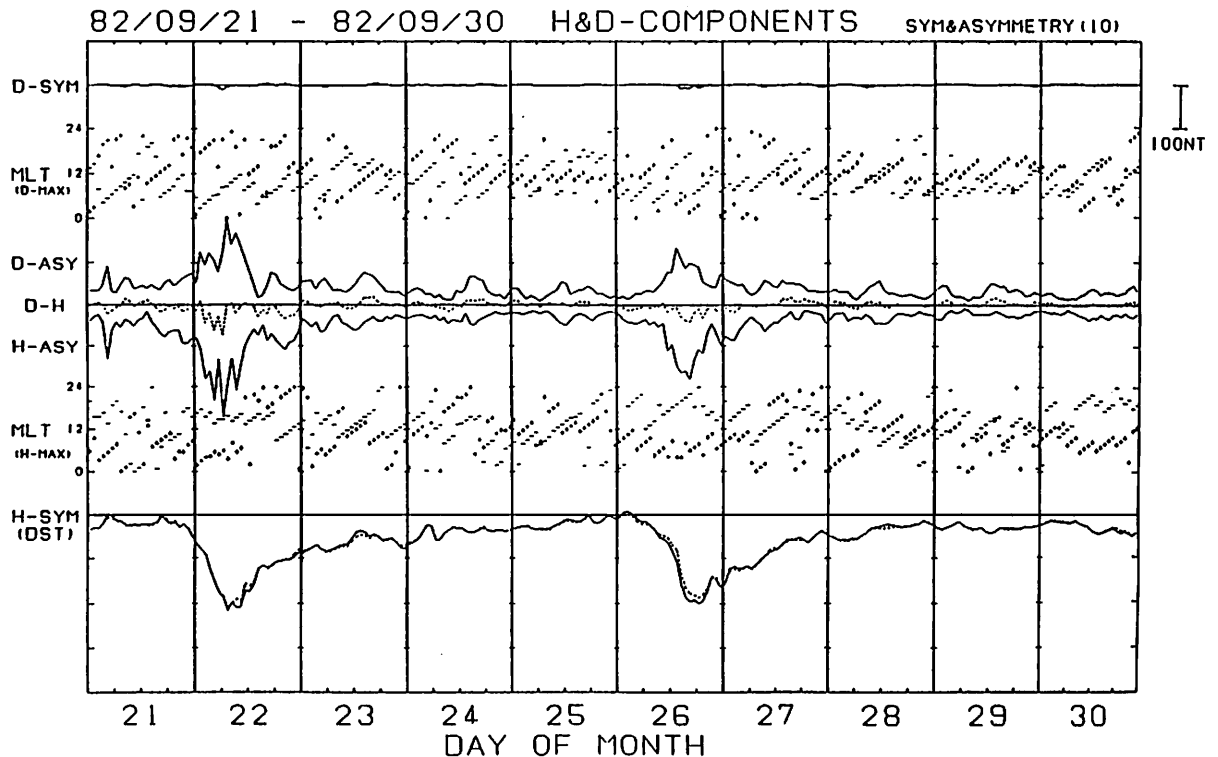


Fig. 1. ASY indices for D and H components (D-ASY and H-ASY), MLTs that give maximum (+) and minimum (-) of asymmetric disturbance components, and symmetric parts (D-SYM and H-SYM). Dst index derived at WDC-C2 (4 stations) is shown by dotted line with H-SYM (10 stations).

# P-43 ロケット誘雷による磁界強度スペクトラムの測定

長野 勇<sup>\*</sup>, 饗庭 貞<sup>\*\*</sup>, 牧野将美<sup>\*</sup>, 岡田敏美<sup>\*\*\*</sup>  
<sup>\*</sup>金沢大工, <sup>\*\*</sup>金沢工大, <sup>\*\*\*</sup>名大空電研

The spectrum of magnetic field excited  
 by artificially-triggered lightning

I. Nagano<sup>\*</sup>, S. Aiba<sup>\*\*</sup>, M. Makino<sup>\*</sup> and T. Okada<sup>\*\*\*</sup>  
<sup>\*</sup>Kanazawa University, <sup>\*\*</sup>Kanazawa Institute of Technology  
<sup>\*\*\*</sup>Nagoya University

In order to initiate the lightning artificially, twenty-five rockets are launched at Shishiku mountain near Kanazawa during the period of Nov.7 to Dec.10, 1988. The wave forms of magnetic field excited by the triggered lightning were successfully twice observed at the distance of 3.6 km away from the launching site, which consisted of several narrow pulses. The spectrum of the wave form was below 300 kHz. And a spectrum of the radiation field was estimated using a solution of Maxwell's equation. The intensities of the radiation fields were an almost constant in the frequency range of 3 kHz to 12.5 kHz. We will discuss the frequency dependence of whistler wave amplitude observed by S-310-18 rocket on the view point of the above results.

S-310-18号機では約10個のホイストラが観測された。それらの強度周波数特性の平均値は約-2.8 dB/kHzであった。これはホイストラ空電が下部電離層中を通過する際に受ける減衰の効果と考えられ、同ロケットで観測した下部電離層の電子密度分布を用いて、full wave計算で求めた強度周波数特性は-1.2 dB/kHzであった。しかし、両者には1.5 dB/kHzの差が依然として残った。これには磁気圏中の伝搬によるものと、空電波源スペクトルの周波数特性が考えられる。この空電のスペクトルを調べるのが本論文の目的である。

北陸地方の冬期におけるロケット誘雷実験が石川県獅子吼高原で名古屋大学堀井憲爾氏を中心としたグループにより、ここ数年来行われていた。筆者らはループアンテナとデータレコーダからなる測定器を、ロケット発射点より3.6 km離れた観測小屋に設置した。受信機の帯域は1 kHz~2 MHzであった。昨年11月7日から12月10日までに25発のロケットが打ち上げられ、そのうち磁界波形の測定が2回行われた。図1にロケットより誘雷された時の磁界波形を示す。この時は約250 msec間に4回の放電が記録された。図2には拡大波形を示す。図3にはそのダイナミックスペクトラムを示す。誘雷によるスペクトラムはおおよそ500 kHz以下に分布している。観測されたスペクトラムは誘導界と放射界の合成であり、波源より0.16λ(λ:波長)の距離では誘導界が主なものとなる。ガイボールアンテナ理論の放射界と誘導界の比より、観測したスペクトルから放射界を推定した。その結果を図4に示す。VLF帯ではそのスペクトルはほぼ一様であった。

謝辞 本観測において、昭和63年度ロケット誘雷実験の担当者各位に大変お世話になった。ここに深く感謝する。

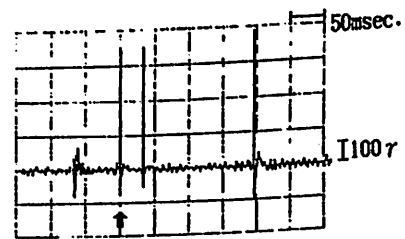


Fig.1 Wave form of the magnetic field excited by artificially triggered lightning (Nov.24, 22:14, 1988)

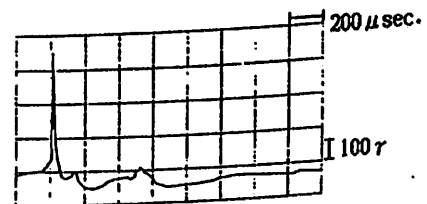


Fig.2 An expanded wave form indicated by an arrow in Fig.1

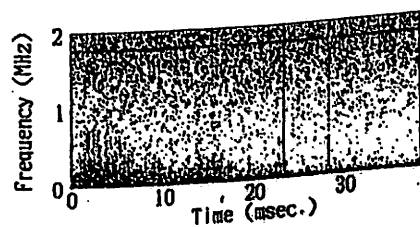


Fig.3 The f-t diagram corresponding to the first pulse of Fig.1

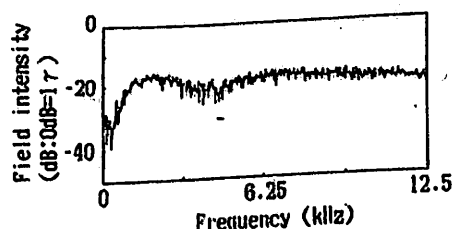


Fig.4 Estimated spectrum of the radiation field in VLF range

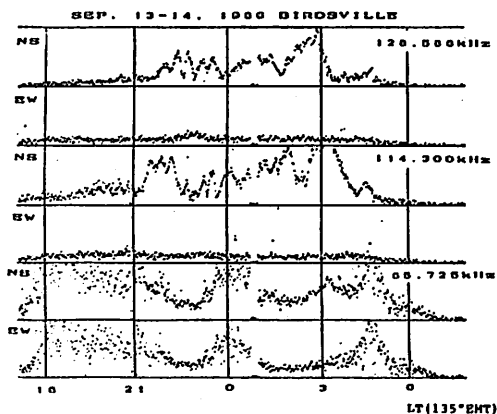
Y. Tanaka and M. Nishino  
Research Institute of Atmospheric, Nagoya University

Whistler-mode signals transmitted from three Decca stations (Biei,  $L=1.54$ , 85.725 kHz; Akkeshi, 1.51, 114.300 kHz; Wakkanai, 1.61, 128.588 kHz), Japan were measured at multiple observing points in magnetic conjugate area around Birdsville ( $L=1.55$ ), Australia. The whistler-mode signals (85.725 kHz ( $\Lambda = f_c/f_{\text{Heq}} = 0.32$ ), 114.300 kHz (0.40), 128.588 kHz (0.55)) observed in the conjugate area indicated a remarkable frequency dependence of the occurrence; the signals were detected only at 85.725 kHz and not identified at 114.300 kHz, and they were never detected at 128.588 kHz at any observing points. Such the difference of occurrence between 85.725 and 128.588 kHz cannot be understood from the calculation of the transmission loss in the lower ionosphere by means of a full wave treatment. Non-identification at 114.300 kHz may be due to the heavy attenuation of signals while penetrating the ionosphere down to the observing point (Birdsville) with wave normals at large angles with respect to the magnetic field. Hence, these results from the conjugate measurements have demonstrated the ducted propagation in field-aligned enhancements of electron density. Also, direction finding results at 85.725 kHz may support the ducted propagation, indicating the ionospheric exit almost parallel to the magnetic field through the observing point.

At magnetically severely disturbed times, the whistler-mode signals appeared almost continuously during the nighttime, and they were intensified by more than 20 dB. The intensity increase of signals are due to improvement of propagation conditions and/or wave growth caused by interactions with energetic electrons.

On the other hand, measurements of VLF whistler-mode signals were carried out at the conjugate point ( $L=1.93$ ) in South Australia of the VLF transmitter in Eastern USSR, simultaneously during the LF observation in 1984 and also 1986. However, the intensity increase of the VLF transmitter signals was not identified. For the signals at 85.725 kHz, the energy of resonant electrons becomes about 570 keV. High energy particle measurements more than about 200 keV by Exos-C satellite have demonstrated the enhanced particle precipitation less than 1 MeV centred near  $L=1.71$ , but no positive correlation is found with magnetic activity ( $K_p$ ) (Nagata et al., 1988). These suggest that neither improvement of ducted propagation such as enhanced formation of ducts nor increase of high energy electrons of 500 keV order occurred below  $L \sim 2$  in association with magnetic disturbances. Furthermore, no positive correlation of natural whistlers observed at  $L=1.55$  and 1.93 was identified with magnetic activity during the observation in 1984 and 1986, which also suggests no effect of magnetic disturbances on the ducted propagation.

While, energetic particle measurements by NOAA satellite have demonstrated the increase of energetic electrons of 30 keV in the low latitude below  $L \sim 2$  after the maximum depression of main phase of the severe magnetic storm, as is accompanied with the development of  $D_{\text{st}}$  (Kikuchi, 1989). The occurrence (total duration per day) of the whistler-mode Decca signals observed during 57 nights in 1984 at Birdsville indicates the highest correlation with the magnetic activity ( $\sum K_p$ ) on one day prior the occurrence (Nishino et al., 1989). In fewer cases in 1986, the similar correlation has been identified. Hence, it is deduced that the intensity increase of the whistler-mode Decca signals at magnetically severely disturbed times is attributed to the wave growth caused by cyclotron resonance interactions of ring current electrons ( $\sim 50$  keV) injected into the low-latitude magnetosphere below  $L \sim 2$ .



The whistler-mode Decca signals at the three frequencies observed at magnetically disturbed times at Birdsville, where the signals appeared only at 85.725 kHz, and they were considerably intensified.

# P-45 電離層プラズマ中におけるオメガ電波と電力線高調波の非線形相互作用

島倉信 千葉幸郎 早川正士 恩藤忠典  
千葉大工 名大空電研 通総研

Spectral broadening phenomenon of OMEGA signals caused by wave-wave interaction

S. Shimakura<sup>1</sup>, Y. Chiba<sup>1</sup>, M. Hayakawa<sup>2</sup> and T. Ondoh<sup>3</sup>

1. Dept. of Electrical Eng., Chiba Univ.
2. Institute of Atmospheric, Nagoya Univ.
3. Communications Research Lab.

OMEGA signals data acquired on ISIS 2 satellite at middle latitudes in August 22, 1984 demonstrate the existence of a spectral broadening effect. The present paper suggests that nonlinear interaction effect between OMEGA signals and power line harmonics in the ionospheric plasma generates the spectral broadening phenomenon, based on bispectrum analysis.

1984年8月22日19時13分22秒 (UT) (59° 00' N, 150° 14' E) から25分00秒 (UT) (2° 11' N, 149° 39' E) の間に、人工衛星 ISIS 2が高度約1400kmで観測したオメガ電波のスペクトルは、40° N付近まで±100Hz程度広がっている。

スペクトル拡散の原因としては、線形効果と非線形効果の二つが考えられる。線形効果としては、電離層内で散乱されたオメガ電波と人工衛星との間で生じるドップラー効果である。また非線形効果としては、オメガ電波と他のコヒーレントな波の間の波動波動相互作用である。バイスペクトル解析を行う

たところ、オメガ電波と電力線高調波の波動波動相互作用によると考えられる現象が確認された。しかし、バイコヒーレンスからは、オメガ電波と電力線高調波の間に強い位相相関はみられなかった。

Fig.1はオメガ電波 (10.2kHz) 近傍のパワースペクトルを示している。オメガ電波の周波数を中心に、±100Hz程度の単峰形の広がりがみられる。他のデータでは、±50Hz程度をピークに持つ双峰形の広がりも確認されている。またFig.2から電力線高調波と考えられる~50Hz, ~100Hz, ~200Hz, ~300Hzに強いピークの存在が明らかである。

Fig.3はオメガ電波近傍の周波数を $f_1$ 、低周波領域を $f_2$ としたときのバイスペクトルである。図から明らかのように、電力線高調波と思われる電波とオメガ電波の相互作用が確認できる。とくに、数十kHz以下のノイズ及び~100, ~200kHz近傍の電力線高調波と思われる波とオメガ電波との非線形相互作用が顕著である。

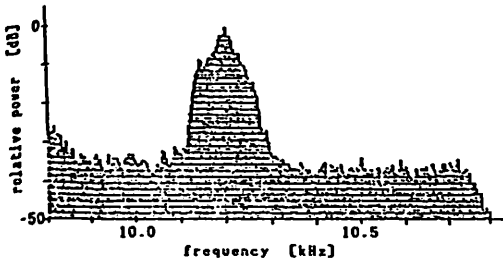


Fig.1 power spectrum of OMEGA signal

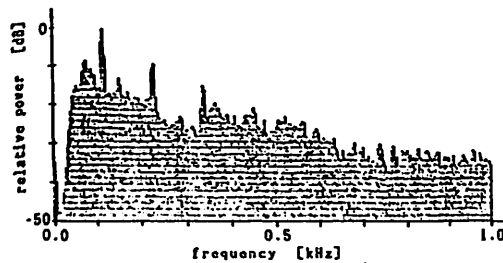


Fig.2 power spectrum of noise in the range below 1kHz

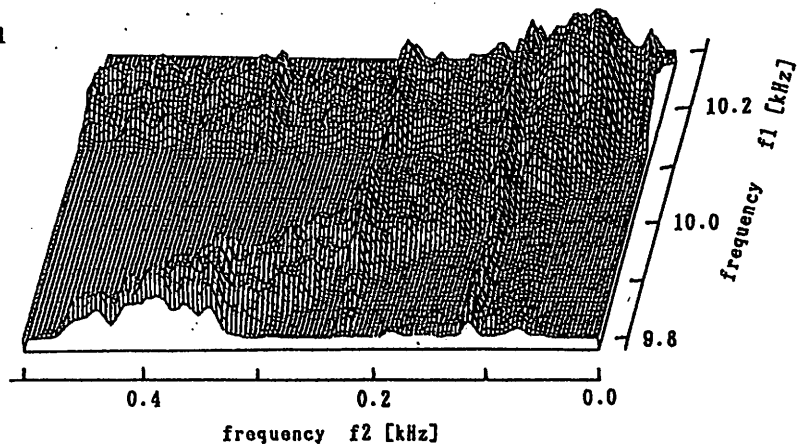


Fig.3 Bispectrum



低緯度地帯降下粒子（電子、陽子）の  
ピッチ角分布 - 「大空」衛星の観測結果

玉川大工 永田勝明, 理研 河野毅, 立教大理 村上浩之, 中本淳,  
愛媛大教養 長谷部信行, 早稲田大理工研 菊池順, 道家忠義

Pitch Angle Distributions of Electrons and Protons Observed by OHZORA Satellite  
at Low Latitude Zones

K. Nagata, T. Kohno\*, H. Murakami\*\*, A. Nakamoto\*\*,  
N. Hasebe#, J. Kikuchi##, and T. Doke###

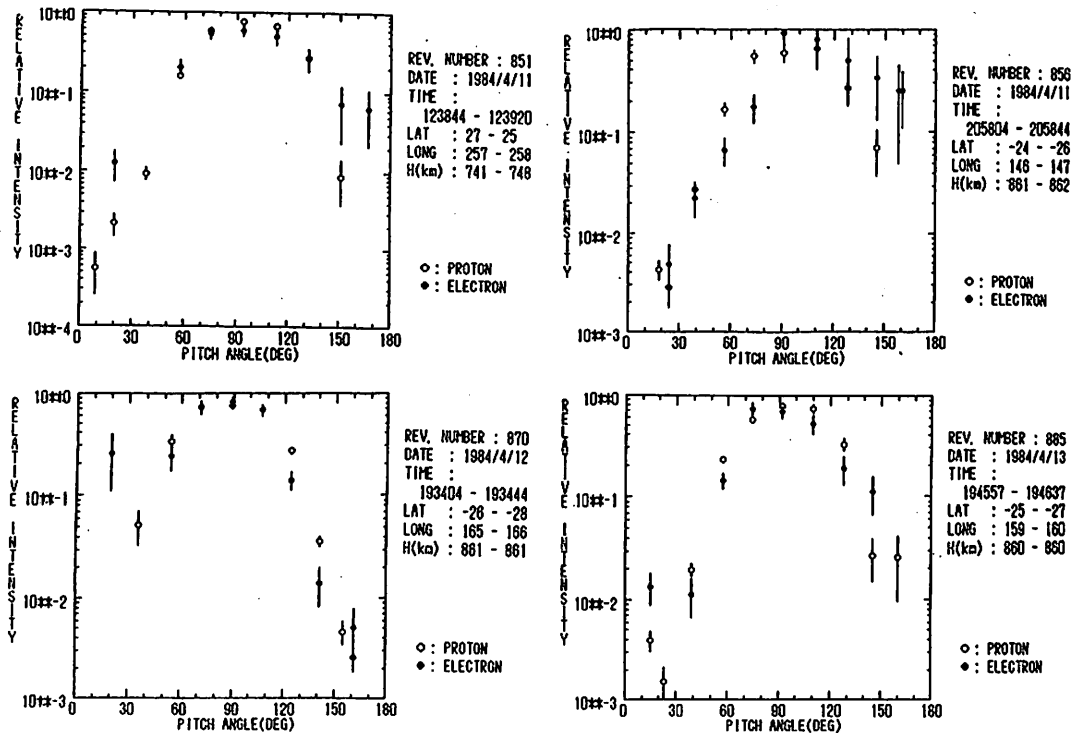
Faculty of Engineering, Tamagawa University  
\*The Institute of Physical and Chemical Research  
\*\*Department of Physics, Rikkyo University  
#Faculty of General Education, Ehime University  
##Science and Engineering Research Laboratory, Waseda University

Pitch angle distributions of precipitated electrons (0.19-3.2 MeV) and protons (0.58-35 MeV) observed by OHZORA satellite at low latitude zone L=1.6-1.8 are shown. The electron and proton intensities are greatest at pitch angles maximized near 90°.

1984年3月から1986年9月の期間に、「大空」衛星で観測された低緯度粒子降下地帯における電子(0.19-3.2MeV)と陽子(0.58-35 MeV)のピッチ角分布について述べる。これらの粒子が降下する原因として、地上の大出力VLF局の電波と粒子の相互作用が考えられている。粒子の降下する地域はL=1.6-1.8で、南大西洋地磁気異常帯の共役点にあたる北大西洋及びヨーロッパの上空では粒子の降下が観測されていない。「大空」衛星は通常スピンをしていないのでこれらの降下粒子のピッチ角分布の観測例は少ない。衛星が地上からの指令でスピン(0.7 spins/min)をしている時に得られた4つの観測結果を下図(Fig.1)に示す。観測結果はピッチ角~90°に粒子の分布の最大値があり、捕捉粒子または準捕捉粒子が降下して来たことがわかる。誤差棒は粒子測定率の計数率の統計誤差を示す。

粒子のエネルギーは1MeV以下でVampola and Kuck (JGR, 83(1978)2543-2551)の観測と一致している。この低緯度地帯の粒子降下は「大空」衛星に搭載されている低エネルギー粒子測定器では観測されていない。これは降下粒子が100-500keVであるという Imhoff et. al (JGR, 86(1981)11225-11234)の結果とも矛盾していない。

Fig.1 Observed pitch angle distributions of precipitated electrons and protons at low latitude zone L=1.6-1.8. Error bars show the statistical counting errors.



Local momentum transfer processes in AMPTE release clouds as seen in 1D hybrid simulation studies and IRM in-situ data.

S. C. Chapman<sup>1</sup>, M. W. Dunlop<sup>2</sup> and T. Terasawa<sup>1</sup>

1) Dept. of Geophysics, Kyoto Univ., Kyoto, Japan.

2) Space and Atmospheric Physics Group, Blackett Lab., Imperial College, London, U. K.

As part of the AMPTE (Active Magnetospheric Particle Tracer Explorers) mission, lithium and barium clouds were released which were sufficiently mass dense to strongly perturb the ambient solar wind/magnetosheath flow. The initial photoionization process produced sufficient densities of release plasma that a diamagnetic cavity was observed by the spacecraft from which the releases were performed, the IRM (Ion Release Module), which was initially located at the release centre. A key property of these release clouds was that the spatial/temporal scale of this strongly perturbed region was smaller than, or of order, the Larmor scales of the various ion species. One dimensional hybrid simulations have been used to investigate the process of momentum transfer between the oncoming protons, and the release ions, (most of which were created within the diamagnetic cavity) which takes place locally via the boundary layer structure that forms at the cavity edge. The simulation results show that a well defined, quasi-steady field and plasma structure evolves in which the bulk of the release ions are moved en masse by a snowplough type process. As the boundary structure moves into the release cloud, 'gathering up' the release ions, it crosses the IRM location, so that the IRM samples the entire boundary structure. Features in both the field and plasma bulk parameters, and detailed ion kinetics which define the boundary structure in the simulation results are found in the IRM in-situ data. When set in the context of the three dimensional release geometry, the momentum transfer processes found in the one dimensional simulation results are also quantitatively consistent with the bulk motion of the release clouds, as seen in ground based optical observations.

EXOS-D (あけぼの) の  
データ処理について

小原隆博 (宇宙科学研究所・資料解析センター)  
EXOS-Dデータ処理WG

Data Handling System for EXOS-D

Takahiro Obara (ISAS)  
EXOS-D data analysis WG

Data handling and analysis systems for the satellite EXOS-D have been reviewed. One of the unique points in this system is a real time display of the scientific data at ISAS, Sagamihara. They are called "QL plots", and their hardcopies are distributed quickly to the investigators in Japan for the use of their extensive study with respect to the interesting phenomena. ISAS is linked to the Japanese PI facilities through the electric network, and provides on-line archival of all the EXOS-D data as well as the definitive attitude/orbit data.

(1) はじめに

去る2月22日にうちあげられた、第12号科学衛星EXOS-D(あけぼの)の観測データは、高速デジタル回線で相模原に伝送され、時刻校正を受け、データベース(シリウス)に登録される。また、海外からの受信データは、航空便で相模原にMTで送られ、到着次第シリウスに登録される。EXOS-Dのデータは1日に200MBに達することから、宇宙研の大型記憶媒体(総計で170GB)に置いている。ここでは、宇宙研に存在するこれらの膨大なデータの処理システム・処理体制の現状について報告し、併せて今後の課題について述べる。

(2) 具体策

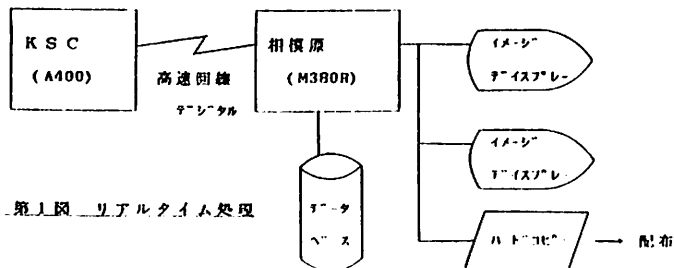
EXOS-Dは、従来以上にデータ処理の迅速さが求められていることから、以下に示すポイントを強化した。  
◆(a) 衛星データがリアルタイムで相模原のメインフレームに取り込まれる事を利用して、リアルタイムで科学観測データの1次処理をメインフレームで行っている。カラーのイメージディスプレイ上に画像データ、グラフデータを表示し画面が終了することにグレースケールでハードコピーを出している。これらのハードコピー(QLプロットと呼んでいる)は各PIグループに送られ、新現象の発見の手がかりに、また解析のイベントの選定に用いられている。(第1図参照)  
◆(b) データ処理のネットワークの構築を行い、宇宙研のデータベースに容易にアクセスが出来るようにした。まず、国立極地研究所との間に9600bpsの専用回線が構築され、都内に解析のキーステーションが出来た。各大学とのネットワークはN-1ネットワークが利用できるようになった。又文部省以外の研究機関(郵政

省通信総研など)との間には、JUST-PC手順によるパケット交換回線が引かれた。総じて回線の太さはまだ充分で無いが宇宙研で処理をした結果の伝送にこれらは現在用いられている。(第2図参照)

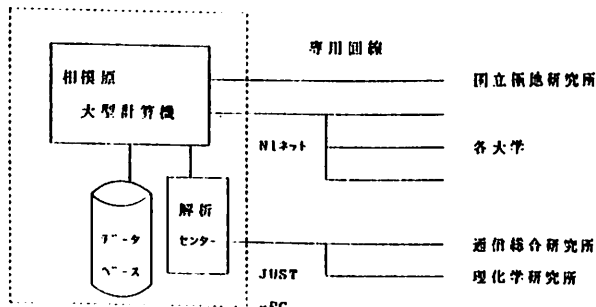
◆(c) アナログデータに関して、ローカル処理の充実を図った。EXOS-Dからは主として「波動データ」伝送用として、アナログデータが同時に送られてくる。これらのデータは、ハンドリングの容易なDAT(デジタルオーディオテープ)に登録される。波関係のPIであるPWS(東北大・担当)とVLF(京大・担当)にこのDATは郵送され、それぞれの研究室に配備された専用の処理装置で、ローカルに処理されている。

(3) 今後の計画・課題

EXOS-DはSTEPの第1号機ということもあって、世界からのデータ引き合いが予想される。データの交換の理念は今後プロジェクト間で決定されるが、近い時期に「サマリプロット」を作る事になると思われる。QLプロットの経験を生かして取り組みたい。今後の課題としてデータベースをいかにして各研究室へ配布するかという問題がある。現状ではMTを用いているが、大量のデータの配布には適している現状とはいえない。適当な媒体を捜している現状である。PCM(デジタル)データも前述のDATを利用出来ないかとWGで検討している。残された問題として、宇宙研をはじめ各大学の研究室で普段に用いられるWSの問題がある。これらは現在、パソコンが主流であるが、今後データ処理を効果的に進めるための登場が待たれる。「インテリジェント型WS」の登場もプロジェクトとして全体で考えていく必要があると思われる。



第1図 リアルタイム処理



第2図 オフライン処理

# P-49 EXOS-D (あけぼの) のVLFデータの地上処理

山本正幸<sup>1</sup> 伊藤嘉彦<sup>1</sup> 岸 洋司<sup>1</sup> 木村磐根<sup>1</sup> 橋本弘蔵<sup>2</sup>

<sup>1</sup>京大工 <sup>2</sup>東京電機大工

## Ground based data analyses of VLF onboard EXOS-D (AKEBONO)

Masayuki YAMAMOTO<sup>1</sup> Yoshiliko ITO<sup>1</sup> Yoji KISHI<sup>1</sup> Iwane KIMURA<sup>1</sup> Kozo HASHIMOTO<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kyoto Univ. <sup>2</sup>Tokyo Denki Univ.

VLF instruments onboard EXOS-D involve a wide band receiver(WB), multi-channel analyzers (MCA), Poynting flux analyzers(PFX), ELF band receivers(ELF), and a vector impedance analyzer (VIP). Most of the instruments yield PCM data, whereas WB provide analog data which are recorded by a digital tape recorder. In this brief report, we introduce the way of ground based data analyses.

EXOS-D衛星に搭載されているVLF波動観測装置はデータが、アナログテレメータで伝送される広帯域受信機(WB)(50Hzから約13kHzを受信)、及びPCM伝送される以下の機器より構成されている。電界2成分、磁界3成分を0.1から12.75kHzの範囲で固定周波数あるいは掃引受信できるPFX, 3.16kHzから17.8kHzの範囲で各30%の帯域を持つ電磁界各16チャンネルの多周波受信機(MCA), 100Hz以下を受信するELF, そしてベクトルインピーダンス測定器(VIP)である。

これら機器のもたらすアナログとPCMデータの処理法について述べる。(1)WBアナログデータ処理 WBデータはDAT(デジタルオーディオテープ)の左チャンネルに時刻信号が、右チャンネルに受信信号が記録される。このDATを再生時に時刻信号を復元するとともに、ミニコンA-70上でリアルタイムにFFT処理を行い時間分解能約20mS, 周波数分解能約50Hzのf-tダイアグラムを作成する。1時間の処理で54MBytesのデータになる。ネットワークで接続された他のワークステーションやパーソナルコンピュータからアクセスしデータの表示並びに圧縮、そして物理パラメータの抽出などの処理を対話的におこなうシステムを開発している。処理後のデータは光磁気ディスク(MO)などに収容している。

(2)PCMデータ処理 宇宙研で統一的に作成されるQL PLOT(時間分解能8秒)のデータ(Fig.1に一例を示す)をもとに詳細に解析すべき箇所を捜す。そのあと宇宙研の大型計算機データベース シリウスより必要のデータをMTなどで持ち帰り、各大学の計算機で処理をする。PFX:QL PLOTではFig.1に示すように下側に受信周波数の時間変化を示し、上側に受信している中心周波数の周りの100Hz分のスペクトルをFFTしたものを表示する。オメガ信号などを固定周波数で受信する場合は、ドップラシフトがすぐ読み取れる。VLFヒスコーラス、あるいはオメガ信号の伝搬ベクトル方向の推定には、このPFXの電磁界5成分を、別に準備した計算機のプログラムにかけることによって求める。MCA:MCAは電界、磁界とも各チャンネルのピーク値と平均値が0.5秒毎に出力される。波動現象の概観を掴むのに適しているため、平均値により縦軸

周波数、横軸を時間としてスペクトル表示を行う。12:20:45から12:23:15の間の2分30秒間のデータをFig.2に示す。

謝辞 EXOS-D衛星の製作、試験、打ち上げ、運用に御尽力頂いた宇宙科学研究所、その他の機関、メーカーの方々に深く感謝致します。

<参考文献> EXOS-D計画書(平成元年2月・宇宙研)

EXOS-D QL PLOT \*\* VLF \*\* PATH 890309-03-22

DATE 1989.03.09

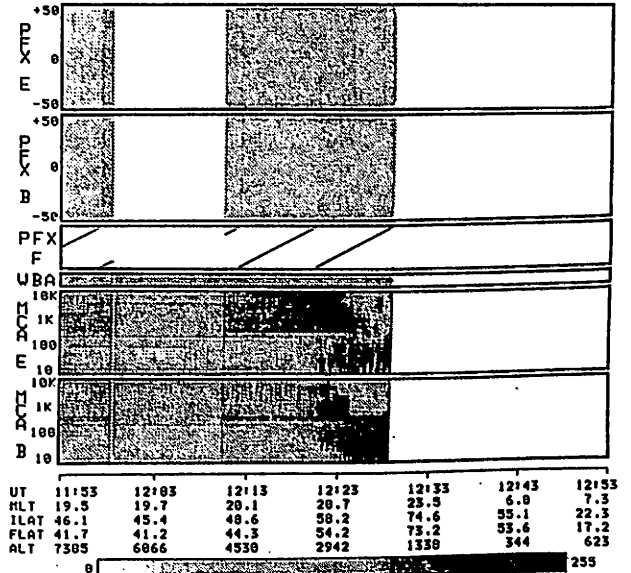


Fig. 1 An example of QL PLOT of VLF observed by EXOS-D(AKEBONO) on March 9th, 1989.

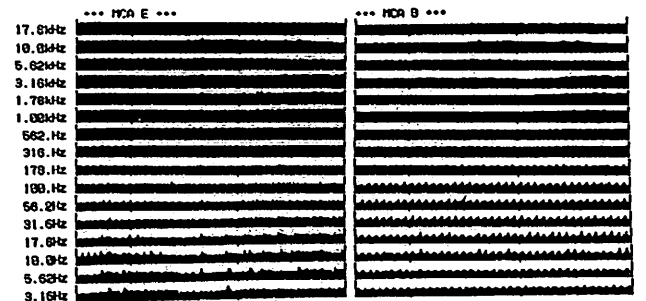


Fig. 2 An example of power spectrum of MCA from 12:20:45 to 12:23:15 on March 9th, 1989.

# P-50 EXOS-D搭載用イオン・エネルギー質量分析器(速報)

賀谷信幸、吉岡 徹、向井利典、佐川永一、LEP班  
(神大工) (神大工) (宇宙研) (通総研)

## ION MASS SPECTROMETER ONBOARD EXOS-D SATELLITE

N.Kaya, T.Yoshioka, T.Mukai, E.Sagawa and LEP team  
(Kobe Univ.) (ISAS) (CRL)

The EXOS-D satellite was successfully launched into a polar orbit on February 22. The ion mass spectrometer (IMS) was installed onboard the EXOS-D satellite in order to observe energy, mass and pitch angle of ions precipitating into the auroral region. The IMS has a very high time resolution of 2 sec, because it can simultaneously obtain both distributions of mass and pitch angle of ions. The electronics of the IMS was confirmed to function perfectly by the test soon after the launch. The high voltage will be applied to the analyzer and MCP in the latter part of March. The initial observation results will be given in the presentation.

磁気圏イオンのもつエネルギーと質量分布を測定するために、本年2月22日に打ち上げられた人工衛星EXOS-Dには、イオン・エネルギー質量分析器(IMS)が搭載されている。本分析器の最大の特徴は質量分布と角度分布を二次元的に測定し、従来の質量分析器に比して格段の時間分解能を持つ点である。すなわち、同時に搭載された1/4球の粒子エネルギー分析器(EIS)と同一の2秒に1回のエネルギー掃引をおこない、EISと同じ時間分解能を持つものである。現在衛星はたいへん順調にアンテナ伸展等の初期設定がなされており、LEPも打ち上げ後の動作チェックではすべて正常で、3月末に高圧が投入され観測が開始される予定となっている。そこで高圧投入が正常に行われれば、初期の観測結果を今回の講演で速報できると考えている。

今回搭載された分析器は大きく分けて、コリメータ、エネルギー分析部、質量分析部、及び検出部のMCPの四つの部分から構成されている。まず、入射粒子はコリメータでその入射角度幅を絞られ、エネルギー分析部に入る。エネルギー分析部は同心球形電極から成る静電型分析器である。後段に配置された質量分析部は二枚の平行磁極板より成り、この間を通過する粒子は、そのラーマ半径の違いにより、質量ごとに分散される。質量分析部を通過したイオンは正方形のMCPで検出される。この時粒子の質量と入射角を同時に測定できるのが、この分析器の最大の特徴である。

衛星搭載を目指して、分析器の較正実験は1987年の11月より宇宙科学研究所の粒子較正実験装置を用いて行われた。その結果、5 keVで $H^+$ ,  $H^{++}$ ,  $H\cdot^+$ ,  $O^{++}$ ,  $O^+$ の分解能が0.4~0.8であり、これらのイオンを質量分析できることが明らかになった。一方、入射角測定に関しても $+17^\circ$ から $-17^\circ$ の範囲の入射粒子を連続的に分析できることが確認された。図-1に粒子の入射エネルギー5 keVの場合の実験結果を示す。これは粒子のMCP像と質量分析を表したものである。

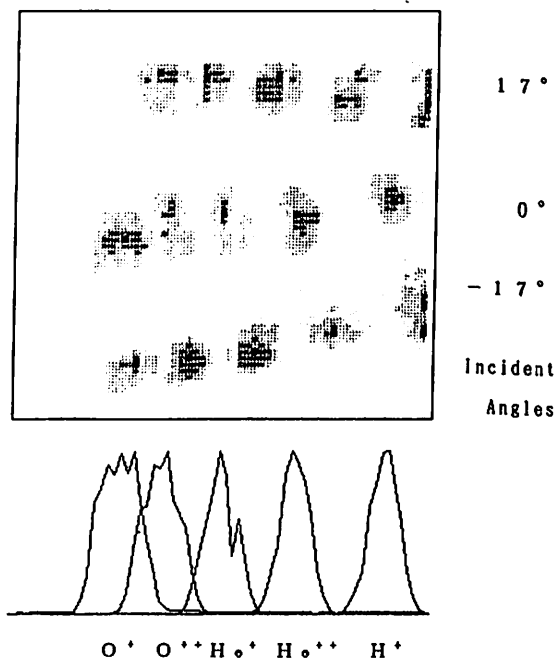


Fig. 1 An example of output of MCP

# P-51 EXOS-D (あけぼの) 搭載磁力計で観測された Field-aligned current について

藤井良一<sup>1</sup>, 福西浩<sup>2</sup>, 国分征<sup>3</sup>, 林幹治<sup>3</sup>, 岡野章一<sup>3</sup>, 湯元清文<sup>3</sup>, 杉浦正久<sup>4</sup>, 利根川登<sup>5</sup>, 遠山文雄<sup>5</sup>, 名取通弘<sup>6</sup>, EXOS-D MGF班  
<sup>1</sup>極地研 <sup>2</sup>東北大理 <sup>3</sup>東大理 <sup>4</sup>京大理 <sup>5</sup>東海大工 <sup>6</sup>宇宙研

## FIELD-ALIGNED CURRENTS DETERMINED FROM THE MAGNETIC FIELD OBSERVATIONS ACQUIRED WITH THE EXOS-D SPACECRAFT

R. Fujii<sup>1</sup>, H. Fukunishi<sup>2</sup>, S. Kokubun<sup>3</sup>, K. Hayashi<sup>3</sup>, S. Okano<sup>2</sup>, K. Yumoto<sup>2</sup>, M. Sugiura<sup>4</sup>,  
 Y. Tonegawa<sup>5</sup>, F. Tohyama<sup>5</sup>, M. Natori<sup>6</sup>, EXOS-D MGF Group: <sup>1</sup>Nat'l Inst. Polar Res.,  
<sup>2</sup>Tohoku Univ., <sup>3</sup>Univ. of Tokyo, <sup>4</sup>Kyoto Univ., <sup>5</sup>Tokai Univ., <sup>6</sup>ISAS

Magnetic field observations are successfully conducted on the EXOS-D spacecraft by a triaxial fluxgate magnetometer. The experiment objectives include observations of field-aligned currents (FACs), magnetospheric currents, and ULF waves. These observations, taking full advantage of the unique combination of various instruments are performed to achieve a better understanding of the electromagnetic coupling between the magnetosphere and the ionosphere. This paper reports upon deduction of FACs from the magnetic field observations and characteristics of FACs associated with magnetic storms occurred in early March, 1989.

EXOS-D衛星(あけぼの)は1989年2月22日に成功裡に打上げられた。3成分のRing-core型 Fluxgate磁力計(MGF PI;福西(東北大理))がセットされている5mワスとは、3月8日衛星スピン軸(Z軸)に対し直角方向に伸展され、MGFは以後良好に磁場観測を実施している。5m衛星本体から離れている為、クイッククックや生データを見る限り、人工雑音の少ない良質なデータが得られている。(MGF実験の概要については本学会福西等の講演参照)

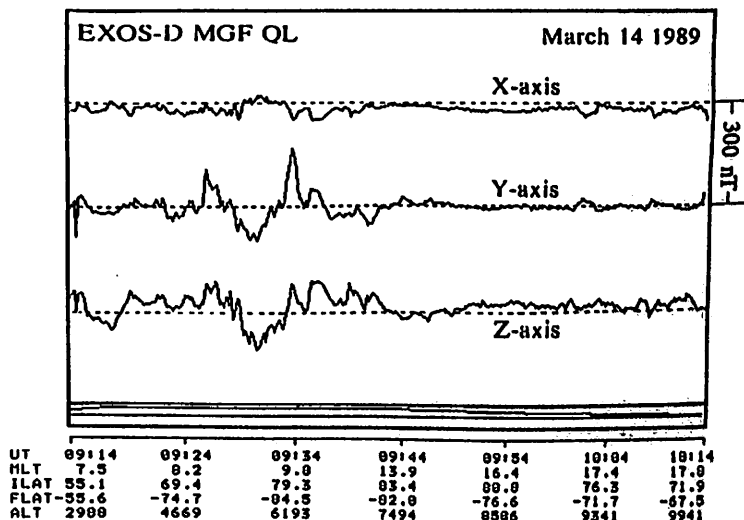
本講演では、MGFで観測された磁場変動から求めた沿磁力線電流(Field-aligned current:FAC)についての初期結果を報告する。

下図に3月14日 0914-1014 UTの間に南半球極域で観測された磁場変動の例を示す。8Hzでデータレコーダに記録されKSC上空で再生された(サンプリングレートは32Hz, 8Hz, 2Hzの3段階がある)ものを8秒間平均してある。又、地球の固有磁場は差し引いてある。スピン軸に直交した2成分については、スターセツから得られるスピノック(1スピノ時間を4096等分したもの)をもとに座標変換しデスピノをかけてあり、Z軸は太陽方向、X軸はスターセツの準拠する恒星の方向で、X, Y, Zは慣性空間に固定した直交座標系になっている。

この例では、EXOS-Dは南半球午前側から午後側へ移動しているが、0914-0944UTの間の昼間側オーロラ帯およびコア領域に大きな磁場変動が見られる。特に0926-0934UTに約400nT、磁気緯度幅8°の大規模なFACが観測されている。Y, Z軸の変動が同相であることから、方向の逆なFAC2重層が存在したことが分かる。この電流層の高緯度側及び低緯度側にもirregularなFAC分布が見られる。又1000UT以降の午後側でも同じくFACが観測されている。この変動量は小さいが、電流量を求める時は、衛星の高度の変化に伴う地球磁場の変動に因る効果(地球磁場が減少すれば電流密度も減少する)を考慮する必要がある。

講演では、スターセツ等から得られる姿勢データを用いて座標変換しreference magnetic fieldを差し引いた例を示すとともに、3月上旬から頻発したフレアによる磁気嵐に伴うFACの挙動についても報告する。

最後に、計画立案から打上げ、現在に至るまでの宇宙科学研究所の関係の方々及びPROJECT MANAGERを始めとする諸研究者の方々の御尽力に感謝致します。又、磁力計及び5mワスの製作にあたった明電電気と日本飛行機の関係者の方々にも謝意を表します。



An example of 3-component magnetic field observations acquired with the EXOS-D spacecraft. Bz provides the sunward component of magnetic field perturbations. FACs with large amplitudes are seen during 0914-0944 UT in the dawn polar region.

EXOS-D (Akebono) によって観測される  
AKR波動の Poynting 計測の結果

森岡昭 大家寛 小野高幸 宮岡宏 小原隆博  
(東北大・理) (極地研) (宇宙研)

Poynting flux measurement of the auroral kilometric radiation  
by EXOS-D (Akebono) satellite

A. Morioku, H. Oya, T. Ono, H. Miyaoka, T. Obara  
(Tohoku Univ.) (NIPR) (ISAS)

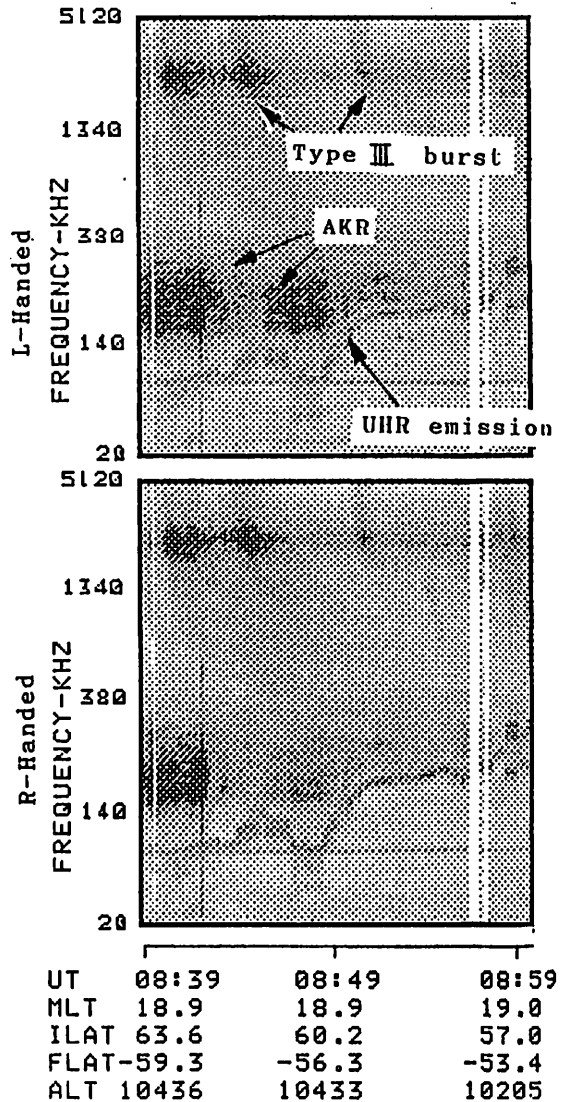
The Poynting flux and polarization characteristics of the auroral kilometric radiation are measured by PWS (plasma waves and sounder) experiment on EXOS-D satellite. The source region of the AKR and the propagation mode of the waves are investigated using the initial experiment data.

オーロラ粒子の爆発的加速にともなって放射されるプラズマ波動の、高周波域波動成分を対象とする EXOS-D 衛星搭載 PWS (Plasma Waves and Sounder) 装置は、1) 電・磁界のダイナミックスペクトラム観測、2) 偏波観測、3) Poynting Flux 観測、4) サウンダによる波動励起およびプラズマ構造観測、および 5) インピーダンスプローブによる電子密度観測の5つの facility を備え、高周波プラズマ波動およびプラズマの総合的観測をおこなう。

4本の直交ワイヤアンテナによる電界2成分、および空芯3次元ループアンテナによる磁界3成分の受信は、イオンキロメトリック放射 (AKR) の Poynting Flux および偏波の観測を初めて可能にした。Poynting Flux 計測は、AKR 放射の放射域を同定すると同時に、その放射メカニズムを明らかにする上で欠くことのできない伝搬モードの決定を行う。AKR 放射の帯域の中の8点の周波数について、その電磁界5成分の間の位相計測を行い、最終的に1kHzに周波数変換された受信信号を地上にPCM伝送する。衛星の姿勢情報を加味したデータ処理から AKR 放射の到来方向とフラックスとが求められる。

偏波計測は、AKR 放射の偏波特性を、dynamic polarimeter (20kHz-5MHz) によって計測する。このデータと Poynting 計測の結果とを合わせる事により、AKR 放射の伝搬モードの決定が行われる。

EXOS-D 衛星が南半球の遠地点 (10500km) で観測した AKR の偏波観測例を第1図に示す。この場合左廻りの強い偏波が受信されている。現在こうしたデータが大量に蓄積されつつある。講演時には AKR の伝搬モードと発生域についての速報を行う。



河野 祐一、 筋山 浩一郎、 早川 基、 中村 正人  
(宇宙研) (MPI)

Development of the lithium ion gun for electric field measurement  
onboard the EXOS-D satellite (AKEBONO)

Y.-I. Kohno, K. Tsuruda, H. Hayakawa, and M. Nakamura  
(ISAS) (MPI)

EXOS-D satellite, launched on Feb. 22, carries an electric field detector (EFD) consisting of two independent instruments; EFD-P (conventional Double Probe technique) and EFD-B based on the Boomerang technique our group has developed for these several years. We present the newly developed lithium ion gun, a constituent of EFD-B, which has capability of emitting 500 nA ion beam with the divergence of a few to several degrees at 6 W of electric power.

（従電7電。本報  
た8いた。本報  
Pし9しつが、て  
ー立1新あるつ  
Dの独にがいに  
Fのは、常要て）  
E類法非必れ源  
は種ラのうさん  
に2ラり行成オ  
のメかを構イ  
S法)ば飛らに  
O)たれ・キもる  
Xラきさ良レで  
E)メて証改エ中  
里一)つ突にびの  
術)行て更及そ報  
測)をめは、(で  
銃)B発初に一銃  
れ)Dで用のクオ  
ら)F室適載テ  
げ)E究の搭イ  
上)び研でリデ  
打)及当間一  
に)に。空Sオ  
日)る。宙Oイ  
2)法い字Xと  
2)ブてでE銃  
月)一れ験、  
2)ロさ突り、  
年)ブ載トあ  
9)ルがケ術  
8)9・搭ッ  
9)ルがケ術  
1)9ブ器口  
の)1ダ測の  
来)の観冬観  
場)F演す  
E)引タこよ  
告)ト点・す

からクすに  
カレ出事  
源フ出る  
ンイ打付  
オデに付  
イは面取  
てム球取  
っ一半に  
よびてル  
ののっネ  
極こよバ  
電にの  
S)法)ば飛らに  
O)たれ・キもる  
X)ラきさ良レで  
E)メて証改エ中  
里)一)つ突にびの  
術)行て更及そ報  
測)をめは、(で  
銃)B発初に一銃  
れ)Dで用のクオ  
ら)F室適載テ  
げ)E究の搭イ  
上)び研でリデ  
打)及当間一  
に)に。空Sオ  
日)る。宙Oイ  
2)法い字Xと  
2)ブてでE銃  
月)一れ験、  
2)ロさ突り、  
年)ブ載トあ  
9)ルがケ術  
8)9・搭ッ  
9)ルがケ術  
1)9ブ器口  
の)1ダ測の  
来)の観冬観  
場)F演す  
E)引タこよ  
告)ト点・す

リチウムイオン源  
↓  
引出し電極  
↓  
シース系  
↓  
偏向板電極

図1

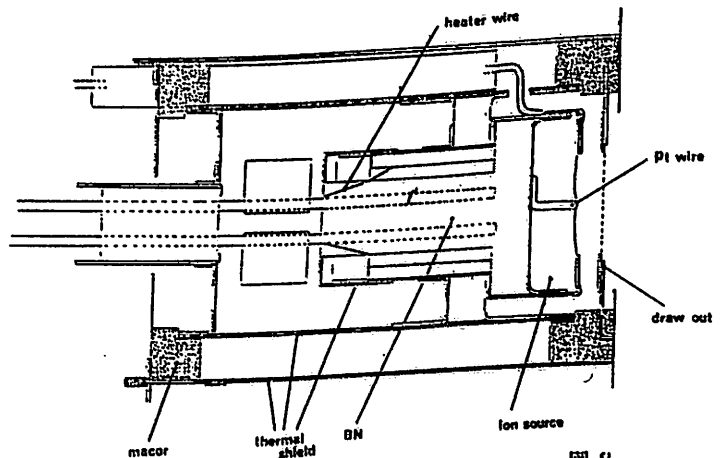


図2



岡田敏美(空電研)、早川 基、鶴田浩一郎、西田篤弘、向井利典、町田 忍、小原隆博(宇宙研)、前沢 湧(名大)、田中義人(空電研)、江尻全機、門倉 昭(極地研)、村田好正(物性研)、金子洋三郎(都立大)、F.S.Mozer (UCB)、G.Haerendel、中村正人(MPE)

Preliminary Report of DC Electric Field Observation by Double Probe onboard EXOS-D Satellite

Okada T. (RIA, Nagoya Univ.), H.Hayakawa, K.Tsuruda, A.Nishida, T.Mukai, S.Machida, T.Obara (ISAS), K.Maezawa (Nagoya Univ.), Y.Tanaka (RIA, Nagoya Univ.), M.Ejiri, A.Kadokura (NIPR), Y.Murata (ISSP, Tokyo Univ.), Y.Kaneko (Tokyo Metropolitan Univ.), F.S.Mozer (UCB), G.Haerendel, and M.Nakamura (MPE)

The double-probe electric field detector onboard EXOS-D satellite has started to measure the DC static electric field in the magnetosphere and ionosphere since the successful extension of sensors on 4 March 1989. Some preliminary results of  $V \times B$  electric field in the plasmasphere, natural localized electric fields outside the plasmasphere and other types of electric fields will be reported.

『あけぼの』(EXOS-D)衛星に搭載されたダブルプローブ(EFD-P)・センサーは1989年3月4日に設計通りの形状に伸展され、DC電場の計測・情報伝送を開始した。電場センサーは4本の30mワイヤーアンテナで、衛星スピン軸に直交な面内での直交する電場2成分を計測する。衛星のスピン軸が常に太陽指向であるため、4本のセンサーから放射される光電子のスピン変調の影響がほとんどないように設計されている。このため従来の衛星に比して、極めて良質の電場データが得られている。

観測の開始以後、今日までにプローブ・システムの全ての動作モードをチェックし正常に動作することを確認した。(1)CAL:プローブを含む計測器全体の校正、(2)SWEEP:プローブに印加する電流を変化させ、プローブの対プラズマ電位-電流特性を計測する。この計測データよりセンサーの接触電位を最小とするような最適バイアス電流値を決定することができる。適当なバイアス電流が分かると、そのバイアスに固定した状態で計測を行う。現在までにバイアスの有無、大きさの違いにより電場の計測値がどのようになるかと言った基本的なデータを若干得ている。一方、バイアス電流の印加によりノイズが発生するか否かという問題について、VLF波動チーム並びにPWS波動チームとの協力観測を行うことにより検討している。

衛星がプラズマ圏内を飛翔するとき、ダブルプローブの出力は一般にスピン同期した整った正弦波形に近い。これは $V \times B$ 電場が主要であることを意味する。ところが、プラズマボーズを横切りプラズマ圏外にでると、ある局所的な領域で振幅が増大することがある(図1参照)。これは明らかにローカルなDC電場の存在を示すものであろう。さらに高緯度帯においては、ダブルプローブの正弦波形に複雑な波形が重畳する傾向が認められる(図2参照)。この原因としては時間変動する電場、粒子の降り込みの影響が考えられる。

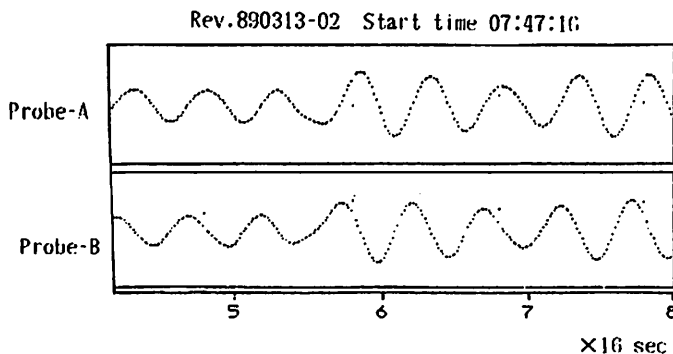


Figure 1

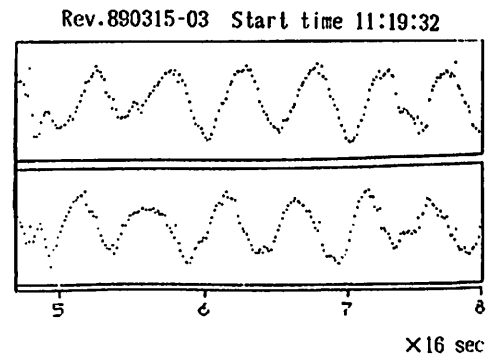


Figure 2

# P-55 ラマン散乱を利用した大気観測 (II) ; ラマン散乱ライダーによる水蒸気量計測

岩坂 泰信、林 政彦

名古屋大学・水圏科学研究所

ATMOSPHERIC MONITORING BY RAMAN LIDER (II)

; PRELIMINARY RESULTS ON WATER VAPOR MEASUREMENTS

Y. Iwasaka, M. Hayashi

Water Research Institute, Nagoya University

Raman scattering effect was used to monitor atmospheric water vapor which was important constituent affecting on radiative energy balance, atmospheric atomic-and-molecular processes and so on. Water vapor content observed with the ramann scattering lidar at Nagoya was presented.

はじめに:

昨年より、ラマン散乱を利用した大気組成観測用ライダーの開発を行ってきている。近年、大気の大気成分の観測を意図したライダーの開発が盛んになってきており、とりわけ差分吸収法によるライダー計測はオゾン観測にしばしば用いられている。ラマン散乱法を利用した場合、光とターゲットとの相互作用が弱いため、後方散乱する光の強度はそれほど強くないが、多成分の化学種を同時に計測できることや、窒素分子や酸素分子を計測することで、大気密度を直接知ることが出来るという利点がある。このことは、当然ながら、精度の良い化学成分の混合比を容易に推定できることを意味している。

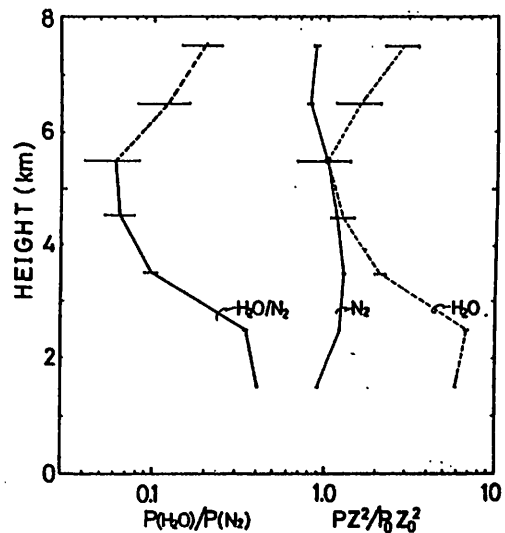
ここでは、水蒸気分布に関する試験観測の結果を報告する。

観測結果:

水蒸気に関する計測を行う場合には、狭帯域のフィルターを用いて水蒸気分子のラマン散乱線と窒素分子のラマン散乱線の強度を計り水蒸気の絶対量や、大気混合比を計ることになる。

図は、水蒸気量を計る目的で行われたラマン散乱線計測の結果の一つである。この場合、水蒸気と窒素分子の一つの組合せを計測するのに要した時間は、およそ20分である。観測時間は、観測高度や必要とする誤差範囲によって異なる。今回の観測結果から、原理的には「対流圏の水蒸気計測が、レーザー発信器をうまく選べば、10%程度の相対誤差で、分程度の時間分

解能の計測が可能である」ことがわかる。極端に水蒸気量が低いと予想される成層圏では、ひとクラス上の出力を持つレーザー発信器が必要であろう。



One example of Raman backscattering profiles by H<sub>2</sub>O and N<sub>2</sub> molecules

1988.9.16, 20:48  
summed shots : 300

thin line : normalized backscatter signals  
( $PZ^2/P_0Z_0^2$ )  
: normalization point

thick line : the ratio between Raman backscatter signals by H<sub>2</sub>O and N<sub>2</sub>  
( $P(H_2O)/P(N_2)$ )

# P-56 大気微量成分の地上分光測定

岩上直幹, 村田 功, 小川和敏  
東大理

Ground-based optical measurements of the atmospheric minor-constituents

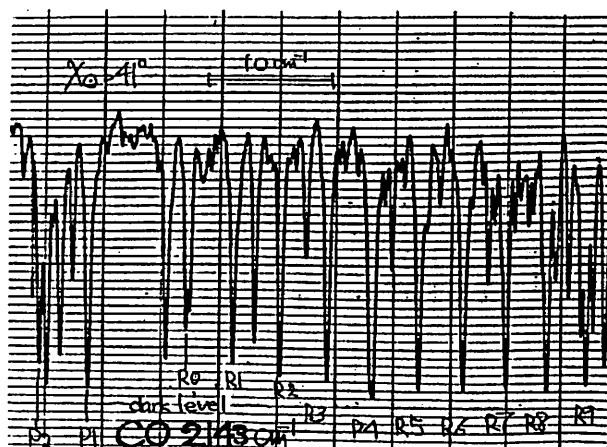
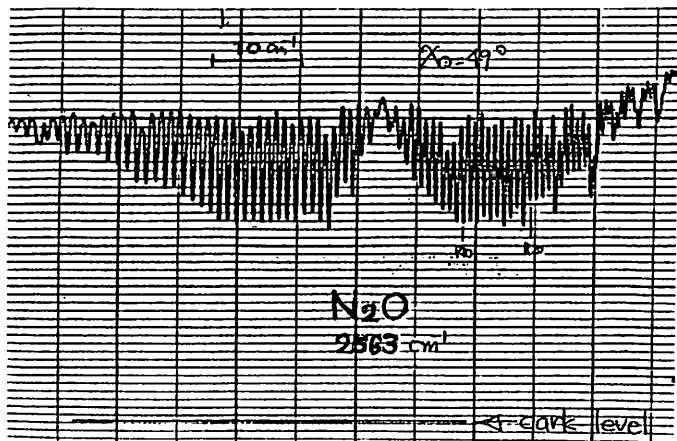
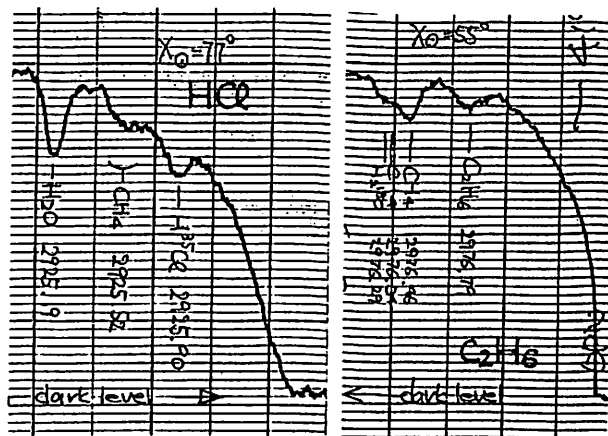
Iwagami, N., Murata, I., Ogawa, T.  
GRL U Tokyo

Atmospheric minor constituents are observed with a 50 cm solar-tracker plus 1.5 m double-pass monochrometer system. In the 2000 - 4000  $\text{cm}^{-1}$  region of the solar spectrum, absorption lines due to  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{H}^{35}\text{Cl}$ ,  $\text{C}_2\text{H}_6$ ,  $\text{C}_2\text{H}_2$ ,  $\text{OCS}$  and so on have been detected.

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している。この系の最良分解能は 3000  $\text{cm}^{-1}$  で 0.07  $\text{cm}^{-1}$  程度であり、大気吸収線の 1 気圧における衝突幅より狭いため、地上観測ではほぼすべての情報をもろさず得ることができる。F/16 の集光系によって入射光束密度を 50 倍増幅しているため、3000  $\text{cm}^{-1}$  における S/N 比は時定数 3 秒で 300 程度であり、一回の走査で  $10^{-3} \text{cm}^{-1}$  程度の吸収まで検出することができる。

これまで同定できた吸収スペクトルの数例を図に示す。比較的量の多い  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}$  はそれぞれ 2900  $\text{cm}^{-1}$  域, 2500  $\text{cm}^{-1}$  域, 2000  $\text{cm}^{-1}$  域で適当な強度の線

を選んで定量可能であり、微量成分では  $\text{H}^{35}\text{Cl}$  2926  $\text{cm}^{-1}$ ,  $\text{C}_2\text{H}_6$  2977, 2987  $\text{cm}^{-1}$ ,  $\text{C}_2\text{H}_2$  3305  $\text{cm}^{-1}$ ,  $\text{OCS}$  2040~2060  $\text{cm}^{-1}$  の吸収線も同定できている。



北 和之, 岩上 直幹, 小川 利紘  
東京大・理学部

THE DEVELOPEMENT OF METHANE MEASURING METHOD BY USING He-Ne LASER.

KITA, Kazuyuki, Naomoto IWAGAMI and Toshihiro OGAWA.  
Geophysics Reserch Laboratory, University of Tokyo.

Methane, the most abundant reactive trace gas, has various effects on the atmosphere. In order to grasp the behaviour of methane, it is necessary to measure the methane concentration with high spatial and temporal resolution. For this purpose, a new method to measure methane is now being developed. In this method, the methane concentration is determined by the absorption of He-Ne laser light ( $\lambda = 3.4 \mu\text{m}$ ) due to methane.

メタンは反応性の気体としては最も量の多いものであり、対流圏・下部成層圏においてオゾンを増加させ、また上部成層圏では水などの水酸化物を生成してその領域の温度をコントロールしたりする働きをもつ。

メタンの量は現在約 1.6 ppmV で、およそ 1 %/year の割合で増加していることが報告されている。この増加は、やはり人間活動に深く関わりを持っていると考えられているが、増加原因などについての定量的な議論はまだ不十分である。

この問題に対するアプローチの一つとして、地表付近にて空間的・時間的に緻密な観測を行うことによりメタンの生成量及びその変動について知見を得ようとするものがある。そのためには、従来のガスクロマトグラフィーによる観測では困難が伴い、新しく機動性に優れ、リアルタイムでメタン濃度を観測できるシステムを開発する必要がある。

そこで、前回の学会において波長  $3.4 \mu\text{m}$  の He-Ne レーザーを用いた観測装置の開発計画について報告したわけであるが、今回はまだ予備実験に着手したという段階であるが、実際の観測装置とその性能について報告したい。まだ現在のところ、精度や安定度については未知数であるが、一秒程度の時間分解能でメタン濃度のデータを得られるという感触は得られており、講演会時にはより充実した結果を発表できるものと期待している。



# VOYAGER 2 / 海王星電波科学観測計画 におけるデータ取得 / 処理準備状況

水野英一、河島信樹、小山孝一郎、佐々木進、橋場孝  
(宇宙科学研究所、日本電子開発)

## PRESENT STATUS OF DEVELOPMENT IN DATA ACQUISITION AND REDUCTION TECHNIQUE FOR VOYAGER2/NEPTUNE RADIO SCIENCE OBSERVATION IN AUGUST 1989

E. Mizuno, N. Kawashima, K. Oyama, S. Sasaki, T. Hashiba

(Institute of Space and Astronautical Science, Nippon Electronics Development)

Voyager 2 spacecraft will encounter Neptune and its largest satellite Triton in August 25, 1989. After the closest approach to Neptune by 29,183 km, Voyager will be occulted by Neptune and Triton, when precious radio science data will be acquired at Canberra, Parkes (Australia), and Usuda (Japan). In Usuda, ISAS uses 64 m parabolic antenna and an open loop receiver with 40 kHz bandwidth digital data recorder. We have received Voyager 2 twice in last year using this system, and are going to receive it for 6 times at least before encounter to verify our system. This paper summarizes how we are analysing the test-receiving signal, and its result.

アメリカの惑星探査機 Voyager 2号が、1989年8月25日に海王星、及びその衛星トリトンに最接近する。最接近に前後してオカルテーションが起こるので、オーストラリアのキャンベラ及びパークス局、日本の臼田局では電波科学データを取得する予定である。臼田では受信は64mのパラボラアンテナ及びオープンループ受信機を用いて行われる。オープンループ受信機を用いるのは、探査機から送られてくる正弦波の信号(S及びXバンド)に位相・振幅変調として乗ってくる、惑星大気・電離層、およびリングなどの物理情報を、PLLやAGCループなどによって損なわずに、そのまま記録するためである。信号は最終的に20kHzまで落とされて、A/D変換された後、磁気テープに記録される。最終的なデータ解析は、このデータとVoyagerの軌道情報を用いて、海王星、トリトンの大気温度・気圧プロファイル、リング分布などを調べることを目的として行われる予定である。

本番の実験に先だつて、これまでに2回、Voyagerのテスト受信を行った。テストでは、受信機の周波数安定度やA/Dコンバータの性能チェック、またデータ記録が正しく行われているかなどが調べられ、データ欠損やデータ化けなどが発見された。これら、これまでに発見されたバグは、すべてデバッグされている。今後もこのような欠陥を発見するために、本番前に少なくとも6回のテスト受信を行って備える予定である。また、テスト受信はキャンベラと同時に進行しており、取得したVoyagerの信号の比較などを行っている。これは、異なるシステムで独立に同時受信したデータを比較することによって、システム固有の欠陥を発見するチャンスを得るとともに、将来S/N向上のために予定している、キャンベラと臼田データの重ね合わせについての参考データ、特に受信信号の相対的な位相変化を見ることを目的としている。異なる局で受信したデータの位相を比較するには、それぞれに異なる軌道ドップラを差し引くと共に、各アンテナモーション、地球の極運動、また電離層の影響なども考慮してやる必要がある。現在の所、我々は探査機の軌道から、ドップラを計算し、それを生データから差し引いてやるソフトを開発中である。これらのソフトは、本番前にすべて完成することを目的として努力している。

# 地震に伴うインフラソニック波の 地表—電離層間伝達関数の推定

玉木 伸之, 吉村 康男, 柴田 喬, 奥澤 隆志  
電気通信大学

ESTIMATION OF THE TRANSFER FUNCTION FOR INFRASONIC WAVES BETWEEN  
THE GROUND AND THE IONOSPHERIC HEIGHTS CAUSED BY EARTHQUAKE

Nobuyuki TAMAKI, Yasuo YOSHIMURA, Takashi SHIBATA, and Takashi OKUZAWA  
Department of Electronic Engineering, Denki-Tsushin University

H F Doppler data, together with seismic data, have been used to attempt deducing the transfer function of the atmosphere for infrasonic waves. The function is estimated by applying a novel spectral analysis technique, "SOHPI method", to the up-down component of the seismograms and the H F Dopplerograms of both 5 and 8 MHz sky waves. We have dealt with the infrasound in the period range of 10 to 40 s, being restricted by the response characteristics of the seismographs. The result shows explicitly an experimental evidence that the atmosphere acts as a low-pass filter for the upward-propagating acoustic waves.

H F 標準電波ドップラー (H F D) 観測では、大地震に伴って明瞭な振動型変動が検出されることがある。振動周期は数分以下であるから、インフラソニック波領域の波とみなすことができる。地表面を伝わるレーリー波からこの波がつぎつぎと大気中に励起され、ほとんど鉛直上方に上部電離層まで伝播するためと考えられる<sup>1)</sup>。

本報告は、わが国付近で近年発生した大地震に際して観測された H F D ならびに電波通路中間点近くの地震計記録のスペクトルを照合し、前者の後者に対する比を計算してその「伝達関数」を推定する試みである。従来、データ長の短いこの種のデータをスペクトル解析するには M E M が重宝されてきたが、スペクトルの分解能は良いものの、ピークの高さは必ずしも有意でないほか、位相成分の検出も原理的に不可能で、当面の目的に添わないうらみがある。そこで本研究では、A R (自己回帰) モデルに基づく点で M E M に似ているが、元の時系列を fitting error が最小になるように「波素」の集合で再現し、各周波数および減衰定数に対応する「波素」の初期振幅および

初期位相、ついで必要とあれば平均パワーが求められる「存否 (SOHPI) 法」を採用して解析した。

浦河沖地震 (1982年3月21日) に対する解析結果を、図1と2に示す。なお、飯田における地震計の周波数応答特性と H F D 記録 (管平) のソナグラムの分析フィルター特性の制約上、本稿で扱う「伝達関数」は周期10~40sに限定する。図1は、上から元の H F D データ、その拡大図、SOHPI法によるその再現曲線、両者の残差曲線 (ほぼゼロ) である。図2の上段は H F D 波の 5 MHz 反射高 (~170km) から 8 MHz 反射高 (~215km) に関するもの、下段は地表から 5 MHz 反射高に対するいずれも左から、平均パワー比、初期振幅比であり、後者が求める「伝達関数」の振幅値に対応している。なお、図2のグラフの実線は最小二乗フィット線 (1次)、横軸は周期である。

- 1) Tanaka, T., T. Ichinose, T. Okuzawa, T. Shibata, Y. Sato, C. Nagasawa and T. Ogawa : J. Atmos. Terr. Phys., **46**, 233, 1984.

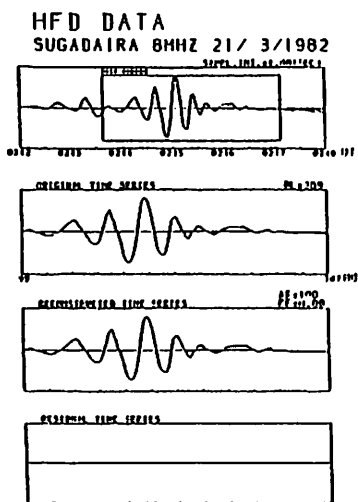


Fig.1. Example of the reconstruction of the HFD trace with the sum of NAHISO (element waves).

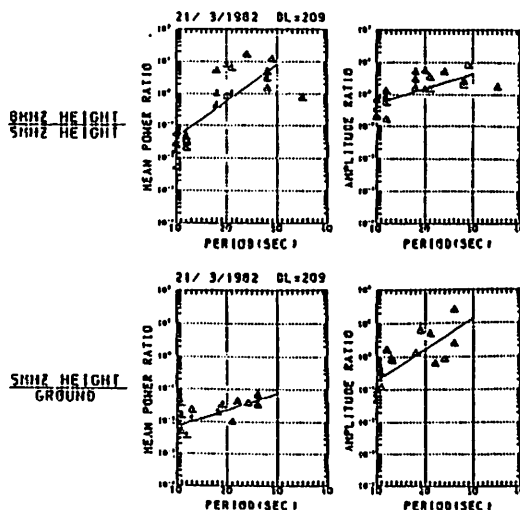


Fig.2. The transfer function in the case of Urakawa-Oki earthquake on March 21, 1982.

小玉 正弘  
山梨医大

小倉 絏一  
日本大学生産工学部

GHOST IMAGE SIMULATIONS OF AURORAL X-RAY SOURCES AT BALLOON ALTITUDES

M. Kodama\* and K. Ogura\*\*

\* Department of Physics, Yamanashi Medical College  
\*\* Physical Science Laboratories, College of Industrial Technology, Nihon University

Diffusion characteristics of auroral X-rays propagating through the atmosphere have been investigated by means of a Monte Carlo simulation. It is predicted that the auroral X-ray image at balloon altitudes is occasionally accompanied by a spurious ghost image in the zenith when an auroral X-ray source near the zenith is viewed by a collimated detector inclined with respect to the zenith. The ghost image is enhanced with increasing zenith angle of the collimation axis. The magnitude of the spurious contribution also depends on the atmospheric depth and the threshold energy of the detector.

気球高度で観測されるオーロラX線像は、大気によるX線の散乱、吸収のため、発生高度での像を必ずしもそのままの形で維持するとは限らない。その拡散の様子は、これまでに、モンテカルロ計算によって定量的に明らかにしてきた。その際、ひとつの問題は、X線検出器の視野が天頂からはずれている場合、視野内に見える真像のほかに、天頂方向にゴーストのような虚像が現れることである。勿論これは大気によるX線の多重散乱のためで、本来の入射方向からはずれて気球高度まで到達したX線をつくる虚像である。このゴースト像は検出器コリメータの立体角、天頂角、下限エネルギーおよび気球高度などに依存して変化する。

一般に気球によるオーロラX線像の撮影に当たっては、少しでも像の空間分解能を良くするために、立体角を設けた複数検出器で異なる方向からのX線を同時に測るか、または極めて短時間の間に全天を探索する。このとき、斜め方向を見る検出器は、同時に天頂方向にゴースト像をつくるので、得られた本来の空間分布像は本来の姿からゆがめられてしまう。従って、ゴーストの寄与分を正確に知っておくことが正しいX線像を得るためには必要不可欠となる。

実際のシミュレーション計算に当たっては、異なる種々のX線源について試みる必要があるが、先ず、最も簡単な点源について、次に、円形線源について行なった。図1は深さ $10\text{ g/cm}^2$ におけるゴースト像の一例で、楕円の真像に対して中心付近に見えるのがそれである。ただし、コリメータ角 $\pm 10^\circ$ 、傾き角

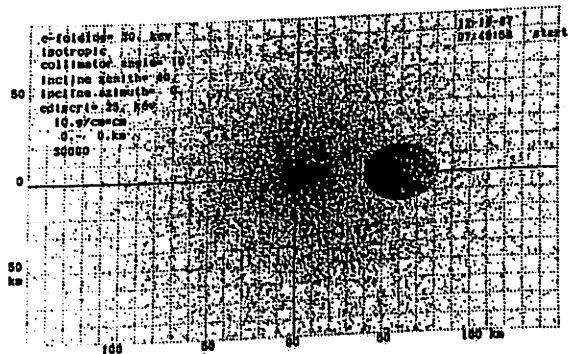


図1

$40^\circ$ 、下限エネルギー $25\text{ keV}$ の場合である。計算の結果、ゴーストの寄与が最大となるのは、検出器のコリメータ視野が $\pm 20^\circ$ 、その天頂角が $40^\circ$ の場合であることが分った。勿論、検出器の下限エネルギーが低いほど、また、大気の深さが大きいほど顕著になる。



P-62 電離層吸収現象 (CNA) の2次元画像化  
 バソコンシステムの開発

\* \* \* \*\*  
 西野正徳、佐藤 貢、田中穣人、山岸久雄

\* 名大空電研、 \*\*極地研

DEVELOPMENT FOR 2D-IMAGE PROCESSING OF CNA  
 USING PERSONAL COMPUTER

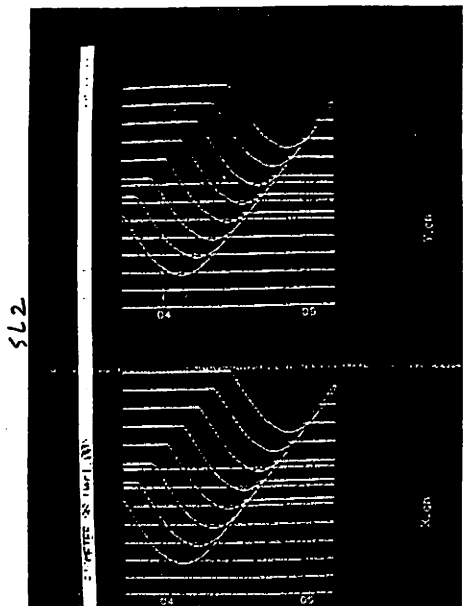
M. Nishino\*, M. Satoh\*, Y. Tanaka\* and H. Yamagishi\*\*

\*Research Inst. Atmosph., Nagoya Univ., \*\*National Inst. Polar Res.

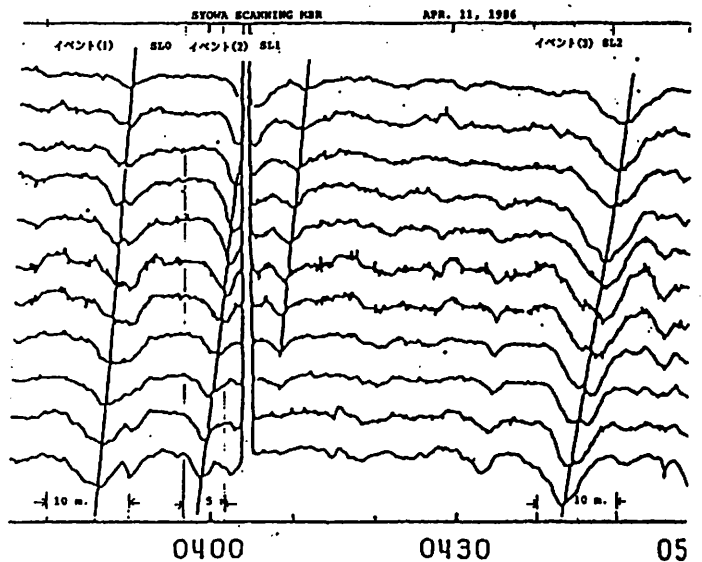
Dynamics and spatial scale of auroral radio absorption associated with the substorm expansion phase have been investigated with multi-narrow-beam riometer (Nielsen, 1980, Kikuchi et al., 1988). We develop a real time 2D-image processing of CNA by the use of personal computer. 2D-images of CNA are obtained from 16-channels waveform data which are simulated with real CNA observational data.

サブストームの発達過程において、オーロラ粒子降下を検出するリオメータ装置は、近年、高空間・時間分解能化の開発が著しい。南極昭和基地では、掃天型リオメータが高空間分解能 (~10 km) CNAの空間分布・移動の様相を観測している。又、この高空間分解能の2次元観測がグリーンランドで1988年秋に行われた。一方、Rosenberg (Maryland大学)のグループは、South Pole Station に高空間・時間分解能のイメージングリオメータ (IRIS) を設置し観測を始めた。我々はSTEPの極域多点観測において、いくつかの観測地点でリオメータ観測を計画しているが、本パソコンシステムは観測現場でCNA現象の2次元画像化を行い、その画像データを直ちにオーロラTVデータと比較できることを目指している。

本講演では、多チャンネルのテストデータにもとづく画像構成法及び画像のいくつかを示す。又、実際にグリーンランドで観測されたCNAの多チャンネルデータから構成された画像を示し、今後の改良点を検討する。



Simulated waveforms



Output waveforms of multi-narrow-beam antenna



渡辺 勇三  
(宇宙研)

V A R I O U S P O T E N T I A L S H I F T S A T T H E P R O B E  
A N D R O C K E T I M M E R S E D I N T H E S P A C E P L A S M A

Yuzo Watanabe

( I S A S )

Characteristic time-variation of the SHR resonance-frequency was observed by the impedance-probe onboard the S-310-18 sounding rocket, launched at 11:00:00 JST on January 26, 1988. This variation was interpreted to be due to the bias change of the probe-rocket system in the space plasma. Various potential shifts which were observed at middle and high latitudes were presented and discussed.

上記の号機は前日の同時刻に発射された K-9M-81号機と共同で電離層を総合的に観測して約 100 km の高度に出現する異常高温層の熱的電子と励起された原子分子の相互作用ならびに波動による同電子の加熱機構の研究を行なうことを主目的として、昭和 63 年 1 月 26 日 11 時 00 分 00 秒に K S C (31.2° N, 131.1° E) から打ち上げられ、223.7 秒後に最高々度 202.2 km, 距離 105.8 km の位置 (30.3° N, 131.4° E) を通過し、560 秒後に内之浦の南東の遙か 208 km の海面上 (29.5° N, 131.8° E) に落下着水した。

同号機に搭載されたインピーダンス・プローブは機体からプラズマ中に突き出した金属製プローブの RF 帯における等価容量値の周波数スペクトルを容量ブリッジの不平衡成分として測定することによって、検出される UHR、PR、SHR などの共鳴周波数およびプローブの周囲に形成されるイオンシースの等価容量値 (CS) などから電離層電子密度の高度分布を高精度で観測することができた。

観測された電離層 E 層の高度はロケット上昇時に約 110.0 km で最大電子密度は  $8.3 \times 10^4$  ( $\text{cm}^{-3}$ ) を示して、下降時には、101.6 km で最大電子密度値は  $8.6 \times 10^4$  ( $\text{cm}^{-3}$ ) で、E-F 領域の電子密度の高度分布は E 層のピークから単調に増加しており、また E 層下部も単調に減少していた。

上述の SHR (シース共鳴) は電離層プラズマとシース領域の直列共鳴現象で、共鳴周波数 (fSHR) はイオンシースの等価容量値 (CS) と周辺プラズマの情報を持っており、シース容量値は電子密度、電子温度、プローブの形状、電位によって定まる。CS-fP-特性、fSHR-fP-特性を利用して帯電の変化の様子の考察を試みる。

今回の観測結果で得られた CS-fP ダイアグラムによるとシース厚/デバイ長の比の値が約 75 秒の秒時に 1.1~1.6 と増加し、約 140 秒に 1.6~1.7 に変化した。これはプローブが負に帯電したことを示すものである。一方の fSHR-fP ダイアグラムも明瞭な時間変化を示し、65 秒~約 75 秒、約 75 秒~約 140 秒、約 140 秒~最高々度の三つの領域で異なる特性を示した。

イオンシースの大きさ、形状が変化した場合に SHR、シース容量値などがどの様に変化するかを簡単に検討する。

① プローブ電位が降下してシース内の電位分布、電子密度分布が変わった場合、シース厚は増加、シース容量値は減少、fSHR は増加、fUHR は不変である。

② ロケットシースが増加してプローブの根元が浸った場合、等価的なシース厚は僅かに減少、シース容量値は僅かに増加し、fSHR は不変、高周波数領域での容量値は僅かに増加、fUHR が少し減少する。これは容量ブリッジに不平衡が生じた時に相当する。

③ ロケットシースが増加してプローブシースに直列に作用する場合、等価的なシース厚は増加、シース容量値は減少、fSHR は増加、高周波数領域での容量値は僅かに減少し、fUHR は不変である。

④ 容量ブリッジに不平衡成分が生じた場合、例えば、プローブ側トリマーコンデンサーが外れた時、等価的なシース容量値は減少、高周波数領域での容量値は減少し、fSHR は不変で、fUHR は増加する。これは上述の②の逆の場合である。

⑤ 結論：75 秒以前では衝突周波数の影響を考慮する必要がある。140 秒の変化はシース厚の僅かな増加によって説明することができる。



飯島 雅英、大木 章一、三沢 浩昭、大家 寛、森岡 昭

(東北大理)

Development of Online System Using Microcomputers Network for Long Base-line  
Decameter Radio Wave Interferometer Observation Stations

M. Iizima, S. Ogi, H. Misawa, H. Oya and A. Morioka  
(Tohoku Univ.)

An online system using microcomputers network has been developed for the long base line interferometer of the Jovian decameter wave observations and named "Jupiter System". This new system offers a high security communication function, user and system managements and a convenient operation environment needed in online processings. By using Jupiter System, flexible and real time remote controls of various functions have been provided; and the observation system has been arranged to be manageable by a few persons.

近年のマイクロコンピュータの性能の向上は著しく、一時代前のミニコンを超えメインフレームにも匹敵する能力を持つに至っている。これまで既に仙台主局を中心とした宮城県内三ヶ所に位置する、蔵王、川渡、米山の各デカメータ波電波観測局に於て独立にマイクロコンピュータを用い観測シーケンスの制御を行ってきたが、今回、公衆回線を用いてこれらの観測局のコンピュータと仙台主局のコンピュータをオンライン化し、リアルタイムの指令、制御が可能な新システムを構築した(図1参照)。仙台主局のホストコンピュータは、VAX station と標準イーサネット(Ethernet)で結ばれたマイクロコンピュータがその任に当たっており、必要に応じて各遠隔局をポーリング(polling)し、コマンドによる制御、データ通信を行う。この操作においては、各遠隔局にオペレータが直接ログイン(login)して行うリアルタイムの操作の他、バッチジョブ(batch job)の投入が可能でコマンドプロシージャ(command procedure)をバッチ待行列に登録し、ジョブを起動することによりホストコンピュータが自動制御を行う。

本システムの通信機能の仕様はCCITT V.22 に準拠した1200bps 全二重調歩同期方式に基づいているが、ヘッダ(header)とデリミタ(delimiter)を有する固定長レコードの独自のプロトコル(protocol)を開発、採用しており、このレコード単位で

ハンドシェイク(handshake)を実施しデータの送受信を行っている。

本システムは、マイクロコンピュータ用OS、Ms-Dos上で開発されているが、オンライン処理に必要な安全性の高い通信機能、操作性のよいマンマシンインターフェース(man-machine interface)、利用者特権の管理等がカーネル(kernel)の機能として付加されており、また、システム全体が単一のインターフェースをもつ独立性、再利用性の高いプログラムの集合体として構成され、拡張性豊かなものとなっている。エディタ、コンパイラ(Fortran, Basic, C)を備えた本システムは、単にVAX station を含めてオンライン機能を持つにとどまらず、これまで蓄積された地上観測のためのソフトウェア資産を有効に使うため、統一のとれた実行環境を提供することを目的としている点に特徴がある。

この新システムにより、これまでのソフトウェア資産が生かされるとともに、柔軟な観測制御が可能となり限られた人数でありながら広域に広がるシステムを運用しつつデカメータ波電波観測に新たな成果を上げつつある。

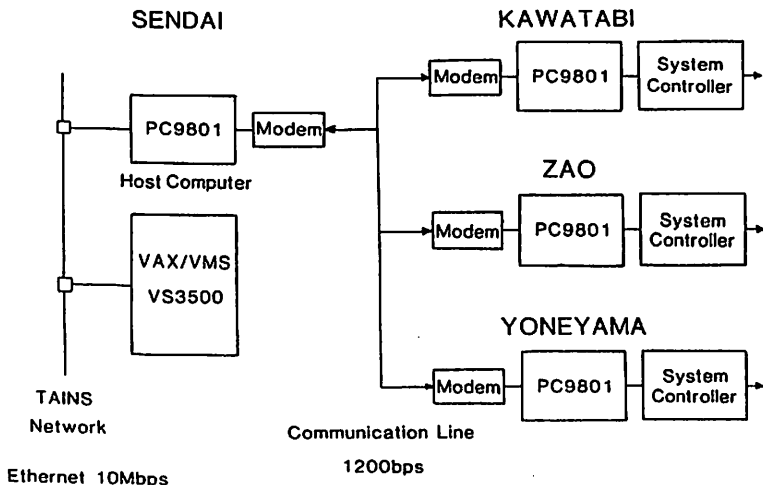


図1 Jupiter System における  
Computer Network

