

[地球惑星科学関連学会合同大会]

第87回

地球電磁気・地球惑星圏学会講演会

87th SGEPSS Spring Meeting

講演予稿集

ABSTRACTS

- と き / 1990年4月6日(金)～8日(日)
- と ころ / 東京工業大学大岡山キャンパス

April 6-8, 1990
Tokyo Institute of Technology

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87回総会・講演会日程表

日時 1990年4月6日(金)～8日(日)

場所 東京工業大学大岡山キャンパス

(SGEPSS 固有プログラム)

	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
4/5	Z	「地球中心核」シンポジウム(緑ヶ丘講義棟)										
4月6日 (金)	D	大気圏力学	大気圏力学		大気圏組成放射	大気圏組成放射	大気圏組成放射					
	G	極域現象 (I)	あけぼの (I)		あけぼの (II)	磁気圏波動 (I)	磁気圏波動 (II)					
	K	太陽風	太陽風・宇宙線		岩石磁気・古地磁気 (I)	岩石磁気・古地磁気 (II)						
4月7日 (土)	D		地球内部電磁気学									
		ホスターセッション (前)	ホスターセッション (後)		合同特別講演会 (講堂)		SGEPSS 総会 (G会場)		合同懇親会 (食堂)			
4月8日 (日)	G	極域現象 (II)	あけぼの (III)		あけぼの (IV)	磁気圏構造 (I)	磁気圏構造 (II)					
	K	磁気圏波動 (III)	ULF (I)		ULF (II)	電離圏 (I)	電離圏 (II)					

*合同セッション、会場案内などは全体プログラムを御覧下さい。

*指定時間を厳守して下さい。(講演 12分、討論 3分)

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

*CAグループ、若手の会、太陽風研究連絡会総会、重点領域(地球中心核)グループ、APC 試料打ち合わせ会等が会期間中開かれます。場所・日時等は会場に掲示します。

■ D 会場

D11-01~ D21-05

MU レーダーによる中～中間規模降雨系の力学的構造

小谷玄哉¹⁾・山中大学¹⁾・深尾昌一郎¹⁾・佐藤亨²⁾・山本衛¹⁾・津田敏隆¹⁾・加藤進¹⁾¹⁾京都大学超高層電波研究センター・²⁾京都大学工学部MU Radar observations of the Dynamics of
Meso- and Medium-Scale Precipitation SystemsGenya Kotani¹⁾, Manabu D. Yamanaka¹⁾, Shoichiro Fukao¹⁾, Toru Sato²⁾,
Mamoru Yamamoto¹⁾, Toshitaka Tsuda¹⁾, and Susumu Kato¹⁾⁽¹⁾Radio Atmospheric Science Center, Kyoto Univ., ⁽²⁾Dept. of Electr. Eng., Kyoto Univ.)

Meso- and medium-scale (horizontal scale : $10^2 \sim 10^3$ km) precipitation systems play principal roles in the troposphere over Japan during the Baiu season, which have been studied by micro-wave radar and satellite observations. Here we show a case study on dynamical structures of the meso- and medium-scale systems by the MU radar. A medium-scale cyclone passed just over the MU radar, and descent of the front was observed also in the echo power data. Strong upward flows and then strong showers with mesoscale structures were detected near the cyclone center.

日本付近における梅雨期の対流圏に顕著な中～中間規模(水平域: $10^2 \sim 10^3$ km、時間域: 数10分～数時間)の構造がみられることは、これまでマイクロ波レーダーや衛星可視・赤外画像を用いた雲・及び雨の観測から知られてきたが、対応する力学(風)観測はレーウィンゾンデ等の既存定常観測に限界があり、解明が遅れていた。ここでは京都大学MUレーダー(滋賀県信楽町)を用いて典型的な中～中間規模構造の力学観測を試みた結果について報告する。

今回紹介する観測期間は1989年6月26日～30日である。気象庁天気図によると、28日6時頃には信楽付近を梅雨前線に沿って中間規模低気圧の中心が通過しており、鉛直ビームのエコー・パワー(図(a))には前線面の下降・再上昇に対応すると考えられる構造が観測された。前線面の下降・再上昇はそれぞれ閉塞しつつある温暖前線面、及び寒冷前線面に対応するものと考えられる。低気圧中心の通過直後にMUレーダーでは対流圏の広い高度範囲で1m/secを越す強い上昇流が観測され(図(b))、またこれに伴い、最大強度が40mm/hに近い強い降雨があった(図(c))。さらに詳細に解析すると、上昇流、あるいは降雨強度には中規模構造に対応すると考えられる断続性があり、また、降雨強度の極大は強い上昇流よりも1時間ほど遅れている。

今後、さらに詳しい解析を行うことにより、これまで未解明であった雲、及びクラスターの力学的立体構造が明らかになると期待される。

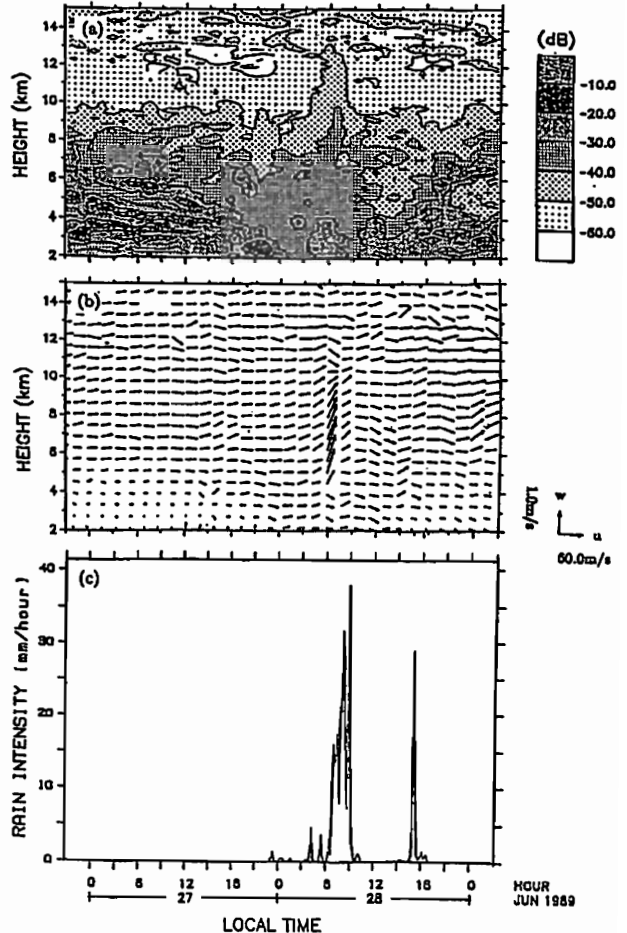


図1.1989年6月27～28日にMUレーダーで観測された (a) 鉛直ビームのエコーパワー、(b)3次元風速ベクトル (w: 鉛直流、u: 水平風速)、及び(c)同じ場所で観測された降雨強度

VAD 法と鉛直ビームを併用した MU レーダー観測に基づく
上部対流圏鉛直流変動の空間的均質性

深尾昌一郎・山中大学・有賀 理・中村 一¹⁾・津田敏隆・山本 衛・中村卓司・加藤進
京都大学超高層電波研究センター・¹⁾気象庁

Spatial Uniformity of Vertical Velocity Variations Obtained from
Velocity-Azimuth-Display And Vertical Incidence Observations by MU Radar.

Shoichiro Fukao, Manabu D. Yamanaka, Osamu Aruga, Hajime Nakamura¹⁾,
Tositaka Tsuda, Mamoru Yamamoto, Takuji Nakamura, and Susumu Kato
(Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University, Uji, Kyoto 611, Japan
¹⁾Japan Meteorological Agency, Chiyoda-ku, Tokyo 100, Japan)

The spatial uniformity of the vertical wind was examined by comparing the observation at the vertical incidence with that of the velocity-azimuth-display (VAD) method, while a cold front passed by the MU radar. General coincidence of the two observations is fairly good with correlation coefficients of more than 0.8 within the observed VAD radius of 1-4 km, but there is a significant difference between them. The difference becomes larger in regions with higher stratification than in more disturbed regions such as above the front, which may be due to a contamination by horizontal wind along inclined potential temperature surfaces less than 1°, along which the horizontal wind blows and contaminates the vertical wind. A comparison is also made with a numerical model of the Japan Meteorological Agency.

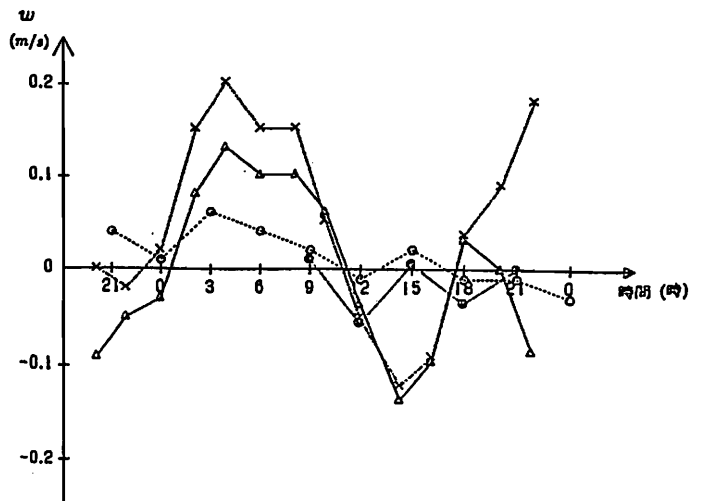
京都大学大学 MU レーダーは鉛直流の実測を行えるのみならず、ビームの高速走査性によって天頂角一定の多数ビームを用いる方法 (VAD) による鉛直流の推定もまた可能である。前者はビーム半値幅 (片側 1.8°)、後者は天頂角 (10°) で与えられる円錐空間内の観測に相当し (但し後者は水平風速場に収束発散がないなどの仮定が必要)、高度 12km ではそれぞれ直径 750m、4km の水平円内の観測にあたる。ここでは、1988 年 4 月 22~23 日に行った上記 2 方法の観測結果に加え気象庁数値モデルによる計算結果とも比較することにより、上部対流圏 (5~14km) 高度における鉛直流変動の空間規模に関する検討を行った結果を報告する。

MU レーダーにより 2 種の方法で測定された鉛直流速はよく一致しており、鉛直流変動の卓越水平規模は数 km より大きいことが示唆される。しかし、より細かく見ると、2 種の鉛直流の差異は円錐空間の広がりによるものを考慮してもなお一般に成層圏側で大きく、対流圏でも成層安定度の高いと考えられる領域では大きい。これは、「鉛直」ビームが層状乱流の傾斜 (< 1°) に伴い鉛直からずれることで説明できる。

一方、数値モデルの結果は水平規模 100km、鉛直規模 1hr 程度の平均的な値を示しているものと考えられる。MU レーダーの結果も鉛直流を時間的に平均したところ (図 1)、モデル計算の値に相関を持つ変化も認められるが一般に絶対値が大きいことがわかる。したがって、鉛直流変動の卓越水平規模は 100km より小さく、先の結果と合わせると 10~数 10km あたりであると推定される。

図 1. 高度 12km における鉛直風の比較

- × VAD 法によって求めた鉛直風
- △ 天頂ビームによって求めた鉛直風
- ⊙ 数値計算によって求めた鉛直風



多受信チャンネルを用いた RASS エコーの特性の MU レーダー 観測

足立 樹泰¹・津田 敏隆¹・増田 悦久²
 中村 卓司¹・山本 衛¹・加藤 進¹・深尾 昌一郎¹
 1: 京大超高層 2: 通総研

Characteristics of RASS echoes detected by the MU radar

T. Adachi¹, T. Tsuda¹, Y. Masuda²,
 T. Nakamura¹, M. Yamamoto¹, S. Kato¹, S. Fukao¹
 1: Radio Atmospheric Science Center, Kyoto Univ. 2: Communication Research Laboratory

In the last several years we have been working on temperature monitoring in the troposphere with RASS, which consists of a high-power acoustic transmitter and the MU radar. We have observed focusing effects of RASS echoes using 4 receiver channels of the MU radar on Nov 14, 1989. We have found that the intensity and spot size of RASS echoes depend on both receiving antenna locations and observation altitudes.

MU レーダーに代表されるモノスタティックレーダーで RASS 観測を行う場合、有意なエコーを得るためには、レーダーのアンテナビームと音波面が直交し音波面からの反射エコーがアンテナ面へ到達することが必要である。音波面による電波の散乱機構は主としてフレネル反射と考えられ、背景の風速、温度の影響を受けて音波面の形状が変化するとエコーが到達する地点が移動すること及び、音波面が球面状であるためエコーは集束し地上にスポット状の像を結ぶことが従来より指摘されている。これらの効果は RASS エコーの安定な受信を妨げる要因であり RASS の実用化に向けてその性質の解明は不可欠である。

我々は 1989 年 11 月 14 日の MU レーダー/RASS 観測で上記の効果の検証を行った。RASS エコーの時間・空間的依存性を明らかにするために、観測では電波の送信はアンテナ全群を用い、受信は Fig.1 に示すようにアンテナを 3 群ずつに 4 分割しそれぞれ独立に信号処理を行った。なお音波発射装置は MU レーダーの中心より西へ約 60m の場所に設置し、レーダーのビームは天頂方向とした。

観測結果を Fig.2 に示す。図の横軸はドップラー周波数偏移、縦軸は受信エコーのパワースペクトル密度で、高度の異なるレンジを縦にずらして表示しており、図の左から受信チャンネル 1 から 4 のデータを表わしている。チャンネル 2 とチャンネル 4 は受信アンテナ間距離が約 50m であるが、受信エコーのピーク値は約 10dB チャンネル 4 の方が大きくなっている。またエコーの得られる高度はチャンネル 1 が最も高く (2.55~3.75km) チャンネル 3 が最も低く (2.40~3.30km) なっている。以上より得られるエコー強度は受信チャンネル (即ち受信アンテナの位置) 及び観測高度に依存していることがわかる。

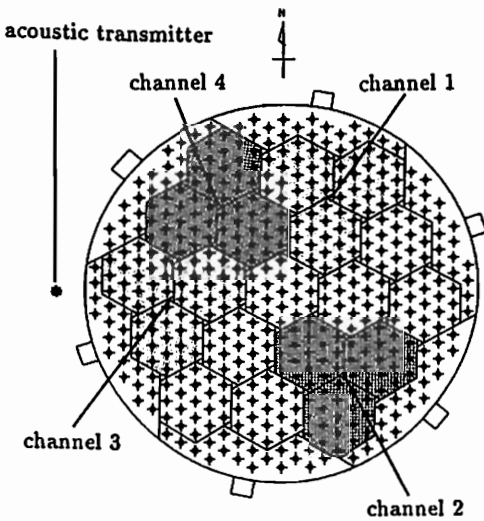


Fig.1 Usage of receiving antennas

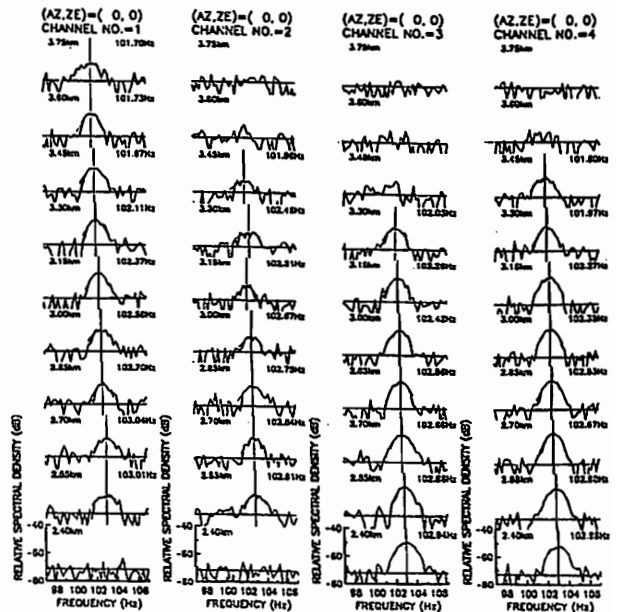


Fig.2 Power spectral density of RASS echoes

THREE-ANTENNA POST-STATISTIC STEERING USING THE MU RADAR

R. D. Palmer, R. F. Woodman¹, S. Fukao, T. Tsuda, and S. Kato
 Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University
¹Jicamarca Radio Observatory, Lima, Peru

In the case of Radar Interferometry (RI), a certain beam direction is often desired to be synthesized. One such technique is Postset Beam Steering (PBS) [Röttger and Ierkic, 1985]. This technique synthesizes the beam by introducing a phase shift on the signal itself. Post-Statistic Steering (PSS) [Kudeki and Woodman, 1990] improved this technique by introducing the phase shift on the signal statistics rather than the signal itself, thus, reducing computation and storage. These techniques were limited to only one-dimensional steering. This paper extends PSS to the case of three antennas and two-dimensional steering.

The three-antenna interferometer is considered in a standard x, y, z coordinate system, with x, y, and z pointing in the east, north and vertical directions, respectively. In PSS, the synthesized signal is obtained by a linear combination of the three received signal statistics. After a standard statistical derivation, the spectra of the synthesized beam was found to be

$$\begin{aligned} \Phi_{\sigma\sigma} = & (\Phi_{11} + \Phi_{22} + \Phi_{33}) + 2Re[\Phi_{12}e^{jkn \cdot (D_1 - D_2)}] \\ & + 2Re[\Phi_{13}e^{jkn \cdot (D_1 - D_3)}] + 2Re[\Phi_{23}e^{jkn \cdot (D_2 - D_3)}], \end{aligned} \quad (1)$$

where D_i is the position vector of antenna i , Φ_{ij} is the cross-spectra between antenna i and j , and n is a pointing vector in the direction of the desired synthesized beam, which is function of the desired azimuth and zenith angles. Therefore, three-antenna PSS consists of, 1) finding all combinations of spectral functions of the three antennas, 2) choosing the desired azimuth and zenith angle, and 3) simply using (1) to synthesize the appropriate spectra.

A radar interferometer experiment was conducted on October 24, 1989, 21:00-24:00 local time using the MU radar located in Shigaraki, Japan (34.85°N, 136.10°E). A 30 min average of Doppler spectra (processed by a rectangular window periodogram) was obtained for all combinations of antennas. These spectra were used to find the PSS synthesized spectra shown in Fig. 1 at 9.0 km. As one can see, the Doppler velocities shift in a manner which one would expect from these synthesized azimuth angles (i.e. velocities reverse sign for azimuth angles 180° apart). From this data, the wind velocity vector was calculated and found to be pointing at approximately 55.5°, which is in approximate agreement with normal beam-swinging estimates. Fig. 2 shows the synthesized spectra at transverse and longitudinal directions to the wind velocity vector. The spectra at 145.5° and 325.5° are orthogonal to the wind vector, and can be seen to have approximately no Doppler shift. In contrast, the spectra, which are longitudinal to the wind, at 55.5° and 235.5° show the symmetric and nonzero Doppler shift which one would expect. This capability of first finding the wind vector and then calculating the transverse and longitudinal spectra illustrates the usefulness of three-antenna PSS. The convenience of baselines in orthogonal directions aligned to the wind, to infer information on aspect sensitivity parameters like width and tilt, is discussed and illustrated in Kudeki et al. [1990].

Kudeki, E. and R. Woodman, *Radio Sci.*, in press, 1990.
 Kudeki, E., F. Sürücü and R. Woodman, *Radio Sci.*, in press, 1990.
 Röttger, J. and H. Ierkic, *Radio Sci.*, 20(6), 1461-1480, 1985.

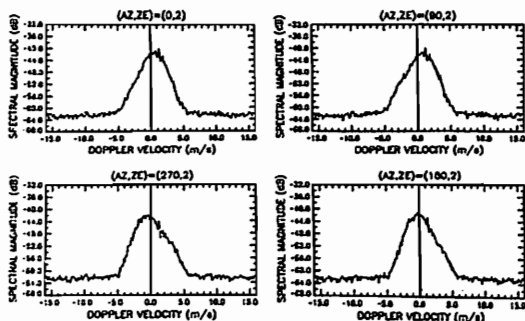


Fig. 1. PSS synthesized spectra at 9.0 km.

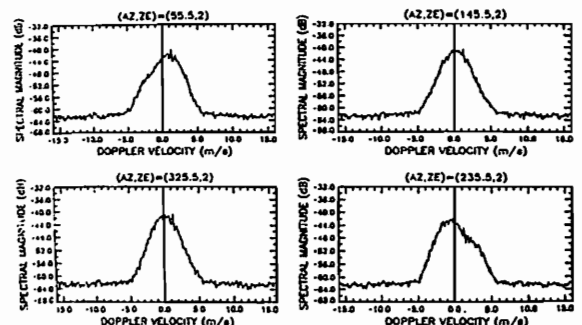


Fig. 2. Same as Fig. 1, except the azimuth angles have been aligned with, and orthogonal to, the wind.

MU レーダー観測による中層大気乱流の時間的空間的変動度

阿尾直樹・深尾昌一郎・山中大学・山本衛・中村卓司・津田敏隆・加藤進
京都大学超高層電波研究センター

Temporal and Spatial Variability of the Middle Atmospheric Turbulence Observed by the MU Radar

Naoki Ao, Shoichiro Fukao, Manabu D. Yamanaka, Mamoru Yamamoto,
Takuji Nakamura, Toshitaka Tsuda, and Susumu Kato
(Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University)

The eddy diffusivity due to atmospheric turbulence (spatial scale $\leq 10^2m$) is computed from the echo power spectral width observed by the MU radar every month since 1986. Layered turbulence considered to be generated by gravity-wave breaking frequently appears in the lower stratosphere and the mesosphere. The eddy diffusivity increases with height below the tropopause jet stream, and decreases in the lower stratosphere. It becomes larger in the mesosphere, and gradually increases with height. The maxima are observed near the tropopause in winter, and in the mesosphere in summer.

前回 (11p-II-14) に引き続き、1986~1988 年の毎月の MU レーダー観測に基づく鉛直渦拡散係数の解析結果について述べる。今回は前回の上部対流圏~下部成層圏に加え中間圏についても解析を行い、またシアードニング等の測定限界に関する詳しい吟味も行った。

図 1 は 1987 年の各月毎 (4 日間程度、分解能:150m および 2 分半) の鉛直渦拡散係数解析結果について各高度における中央値を求め、その月の代表的な高度プロファイルとして 1 年分まとめた上部対流圏~下部成層圏における季節変化である。図中右の実線は 1 年間の中央値を示し、破線は化学物質分布から推定された拡散係数のモデルの値である。年間を通じてジェット気流の高度付近で乱流が強く、特に冬は水平風速が強いため測定不可能領域はあるものの、かなり広い高度範囲にわたって強い乱流が観測されている。また各月のケーススタディから乱流の強い高度とリチャードソン数が小さい高度が非常によく一致していることがわかり、特に成層圏内では内部重力波の碎波に起因すると考えられる 1km 程度の薄層構造が頻繁に見られる。次に 1 年間の中央値を化学モデルと比較してみると、高度 10km 付近の極大より下の対流圏ではモデル値より 1 桁程度小さいことがわかり、この領域ではレーダー散乱体積 (差渡し 100m 程度) 以下のスケールの微細乱流より大規模な大気運動 (高低気圧) や対流活動による移流的な輸送が卓越しているのではないかと考えられる。一方、高度 20km 付近の下部成層圏領域で化学モデルとほぼ一致するので、この領域の物質鉛直輸送は大部分、100m スケールの微細乱流が担っていることを示唆する。

中間圏についても同様に 1987 年の渦拡散係数の季節変化を図 2 に示す。ケーススタディより、下部成層圏より鉛直スケールの大きい数 km 程度以上の厚さの成層構造が見られ、やはり内部重力波の碎波に起因すると考えて矛盾はない。一般に下部成層圏より大きく、かつ中間圏内でも高度が上がるにつれて増大する傾向が確認できる。また夏に高度 60km 付近から上で拡散係数が特に大きく、冬にも高度 70km より上で若干大きいようである。図 2 右の実線は 1 年間の中央値であるが、分散は非常に大きい (1~2 桁) もの、一般に種々のモデルの値よりも 1 桁程度小さい値となっている。従って中間圏領域の乱流の卓越スケールは観測される 100m オーダーよりかなり大きい可能性があるが、中央値が良い代表値となっているかどうかを別に吟味する必要がある。

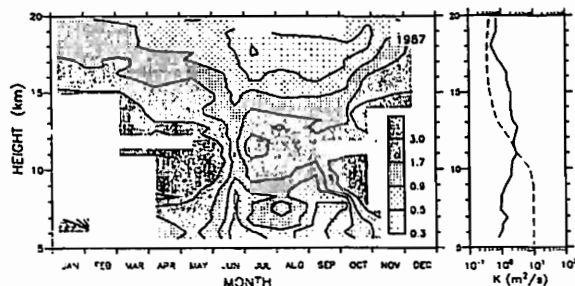


図 1: 1987 年の上部対流圏~下部成層圏における鉛直渦拡散係数の高度季節変化とその中央値 (右図)。右図中の破線は Massie and Hunt (1981) による拡散係数のモデル。

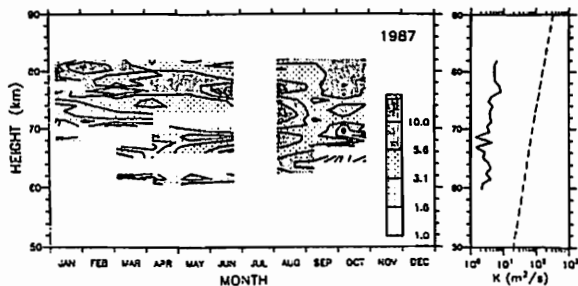


図 2: 1987 年の中間圏における鉛直渦拡散係数の高度季節変化とその中央値 (右図)。右図中の破線は松野・島崎 (1981) による拡散係数のモデル。

MU レーダーで観測された中層大気中の重力波活動度の季節変化 (II)

村山泰啓、津田敏隆、中村卓司、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 Observed with the MU Radar (II)

Yasuhiro Murayama, Toshitaka Tsuda, Takuji Nakamura, Mamoru Yamamoto,

Susumu Kato, Shoichiro Fukao

(Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University)

We have determined seasonal variations of radial wind velocity variance and wave-induced momentum flux from the mesospheric observations continued for three years with the MU radar. Observed characteristics of gravity waves agree fairly well with theoretical predictions, which leads a further support to the parameterization of mechanical drag used in GCM's.

中層大気中の大循環は中間圏界面以下で閉じていることが従来の観測から知られているが、これは大気の放射平衡だけでなく中間圏界面付近の力学的減速作用を考えなければ説明できない。この作用は内部重力波の砕波過程を含む運動量輸送によるものであることが近年、提唱されている [例えば、Fritts(1984)]。

我々は、本学会で前回発表したように、MU レーダーを用いて中間圏中の内部重力波のエネルギー $\overline{u^2}$ ならびに運動量フラックス $\overline{u'w'}$ の季節変化を観測し、期待されるような重力波の振舞いを示唆する結果を得た。図は 1985 年 12 月から 1988 年 12 月までの東西方向の $\overline{u'w'}$ の季節変化を示しており、上から 5 分-30 分、30 分-2 時間、5 分-2 時間の周期の成分についてプロットしている。30 分-2 時間、5 分-2 時間周期の成分では明らかな 1 年周期変動がみられ、夏と冬に平均東西風の風向と逆向きの運動量が中間圏中を輸送されていることが判る。またここには示さないが、夏と冬の時期に観測された平均流加速の値は、GCM で仮定されている値とよく一致しており、予想されている重力波の減速効果が現実にも適用され得るものであることを確認できたといえよう。

一方、 $\overline{u'w'}$ の 5 分-30 分の成分に特に季節変動が見られないことから、30 分よりも長い周期の重力波が平均流に作用を及ぼすと考えられる。この重力波の成分が決定できれば、その励起・伝搬機構の解明に観測から新しい光があてられるものと期待される。

参考文献 : Fritts, D.C., Gravity wave saturation in the middle atmosphere: A review of theory and observations, *Rev. Geophys. Space Phys.*, 22, 275-308, 1984

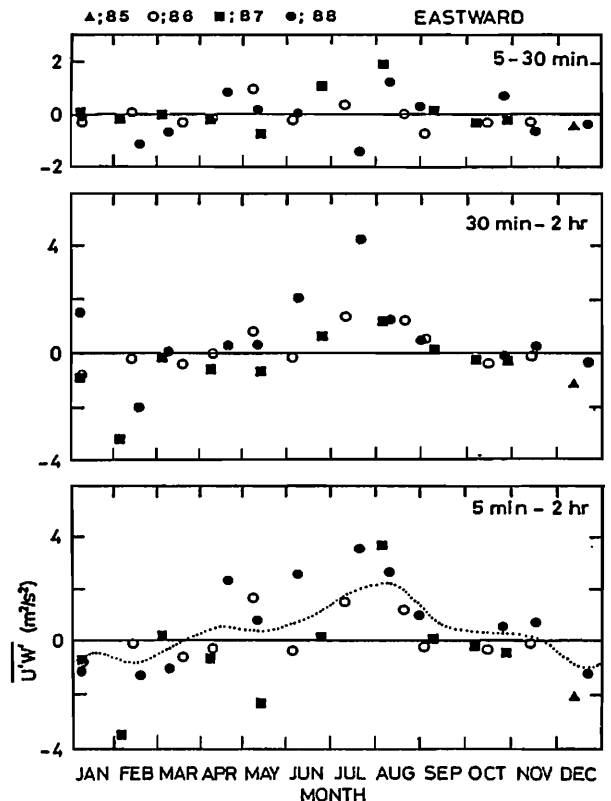


Figure : Seasonal variation of eastward component of momentum flux $\overline{u'w'}$ for wave periods from 5 to 30min(top), from 30min to 2hr(middle) and from 5min to 2hr(bottom).

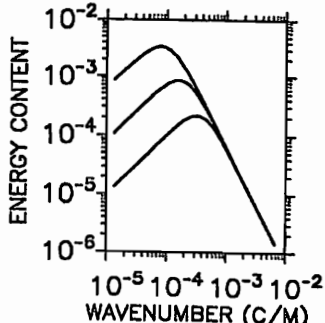
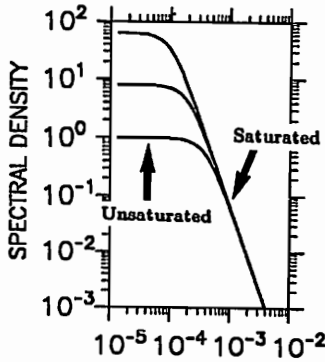
中層大気中の飽和重力波の観測

津田 敏隆、村山 泰啓、中村 卓司、山本 衛、加藤 進
 深尾昌一郎、山中 大学 (京都大学・超高層電波研究センター)

Observations of Saturated Gravity Waves in the Middle Atmosphere

T. Tsuda, Y. Murayama, T. Nakamura, M. Yamamoto, S. Kato, S. Fukao, and M. D. Yamanaka
 (Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University)

It is generally accepted that gravity waves play an important role in transporting momentum and energy from lower atmosphere to the mesosphere and maintaining the general circulation in the middle atmosphere. Vertical profiles of fluctuating components of temperature and wind velocity observed in the middle atmosphere normally reveal wave structures with dominant vertical scales ranging from a few kilometers to over 10 km depending the observation altitudes. It is generally thought that these fluctuations are due to a random superposition of atmospheric gravity waves, which can best be expressed in terms of spectra. It has been found that at sufficiently short vertical wavelengths the spectral slope and amplitude are usually more or less invariant versus geographic location and season. Such invariance suggests that the fluctuations are saturated in this wavelength range. As schematically illustrated in the figure Dewan and Good [*J. Geophys. Res.*, 1986] and Smith et al. [*J. Atmos. Sci.*, 1987] predicted an asymptotic spectral slope of -3 , and spectral amplitudes determined by the background Brunt-Väisälä frequency at sufficiently large vertical wavenumbers, while it is assumed that the small wavenumber range is not saturated. In this paper we summarize comparisons between the model spectrum and observed spectra of wind velocity and temperature fluctuations obtained by the MU radar, rocketsonde and radiosonde in various altitude regions [Fritts et al, *J. Atmos. Sci.*, 1988; Tsuda et al., *J. Atmos. Sci.*, 1989; Tsuda et al., *Radio Sci.*, 1990].



VERTICAL WAVENUMBER SPECTRA OF GRAVITY WAVES

- Small Wavenumber: Unsaturated

$$F_{T^*/T_0}(m) = \text{Constant} \tag{1}$$

- Large Wavenumber:

SATURATED GRAVITY WAVE SPECTRUM

Dewan and Good [1986]; Smith et al. [1987]

$$F_u(m) = \frac{1}{6} \frac{N_b^2}{m^3} \tag{2}$$

$$F_{T^*/T_0}(m) = \frac{1}{10} \frac{N_b^4}{g^2 m^3} \tag{3}$$

$$F_{N^2}(m) = \frac{1}{10} \frac{N_b^4}{m} \tag{4}$$

(N_b : the background Brunt-Väisälä frequency)

(g : acceleration of gravity)

(T_0 : background temperature)

中層・超高層大気における潮汐波・プラネタリー波の数值モデリング(7)

麻生武彦・松尾景介

京大・工

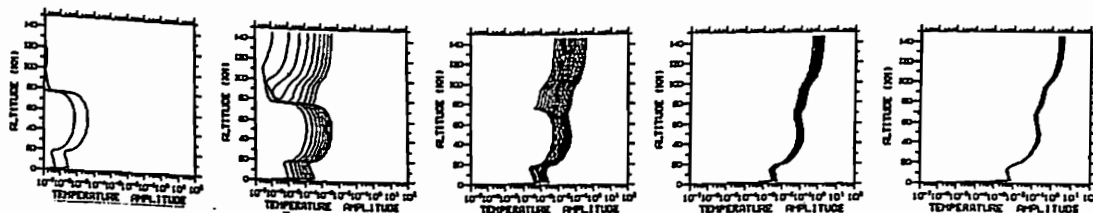
Numerical modelling of tide and planetary-scale waves
in the middle to upper atmosphere

T. Aso & K. Matsuo

Kyoto University

Numerical modellings of solar atmospheric tide have been extended from linearized, steady regime to the time evolution of tides which delineates transient structures caused by the unsteadiness of background atmosphere. This might give some clues to quantitatively interpret observed variability of tidal oscillation which might partly be due to the evolution of global-scale migrating tides.

大気潮汐波は、安定した励起源を持つ地球スケールの波動として下層大気から中層大気を経て電離圏にいたる広い領域のダイナミクスに深く関わっている。大気潮汐波の数值モデリングは、古典論に準拠するものをはじめ分子・渦拡散や赤外放射、イオン抗力等による散逸、平均流の存在、あるいは他の波動との相互作用ないし非線形性等々を取り入れたものまで数多く行われている。我々も、観測結果を説明するために平均流を考慮したinviscidモデルや拡散項をそのまま取入れたviscidモデルについてコード化を行ない線形・定常構造の数值モデル化を試みた。[1] 一方、それらと並行して行われた多くの国際共同観測の結果は、潮汐波の汎世界的な構造が、時として定常な"migrating"潮汐からのずれないし変動を有することを示唆している。これは、一つには励起源や大気パラメータの変化に対する波動の過渡的变化によると考えられる。このため、大気潮汐波の非定常な振舞いを定量的に調べ、さらに、非線形性の効果を明らかにするために時間発展コードの作成を行うこととした。モデルは、対数圧力座標系で記述されたプリミティブ方程式系を適当な境界条件のもとでスペクトル法[2]により初期値問題として求解するものである。下図はコードのチェックのため、線形の半日周期潮汐波について計算したもので、2日で立ち上がる Hough (2,2)モードの励起に対する時間発展のいくつかの時点における緯度35Nでの温度偏倚量の高度構造を示す。ここで、時間ステップは5分、ルジャンドル陪関数の次数11、分割数36、経度方向の分割数8、"高さ" $(\log(p_0/p))$ 方向のステップサイズは0.3である。このコードにより、波動の励起と伝搬の時間発展、およびモードカップリングを含む潮汐波の非線形な振舞いを定量的に明らかにし、観測で見出される波動の諸相との比較、検討に有用な知見を得ることが可能となる。



参考文献

[1] Aso, T. et al. (1987), J. Geomag. Geoelectr., 39, 297.12 か

[2] Haltiner, G. J. and R. T. Williams (1980), Numerical prediction and Dynamic Meteorology, John Wiley & Sons, New York, 477pp.

MUレーダーで観測された中間圏風速変動の 重力波モデルによる解釈

村岡良和・杉山卓也・深尾昌一郎・山本衛・山中大・津田敏隆・中村卓司・加藤進
(兵庫医大)(京大・理) (京大・超高層電波研究センター)

INTERPRETATION OF MESOSPHERIC RADIAL WIND FLUCTUATIONS OBSERVED
WITH THE MU RADAR BY GRAVITY WAVE SPECTRAL MODEL

Y. Muraoka (Hyogo College of Medicine), T. Sugiyama (Kyoto University)

S. Fukao, M. Yamamoto, M. D. Yamanaka, T. Tsuda, T. Nakamura, and S. Kato (RASC, Kyoto Univ)

Spectral analysis is made for mesospheric radial wind velocities measured on September 5-9, 1988 with the MU radar at Shigaraki (34.9°N, 136.1°E). Under rather quiet wind condition in the mesosphere, one significant feature exhibited by the frequency spectra for the vertical winds is a pronounced peak at a frequency a little lower than the Brunt-Väisälä frequency. Other features include the relatively flat response from the inertial frequency to the peak frequency and the rapid fall-off in power spectral density at frequencies higher than the peak. The frequency spectra for the oblique winds have an approximate f^{-2} spectral slope with a weak peak near the same frequency as in the vertical winds. We discuss these features in comparison with results obtained from a full wave analysis of a gravity wave spectral model. As a result, we propose that the mesoscale wind fluctuations observed in the mesosphere can be basically interpreted as due to gravity waves alone.

1. はじめに

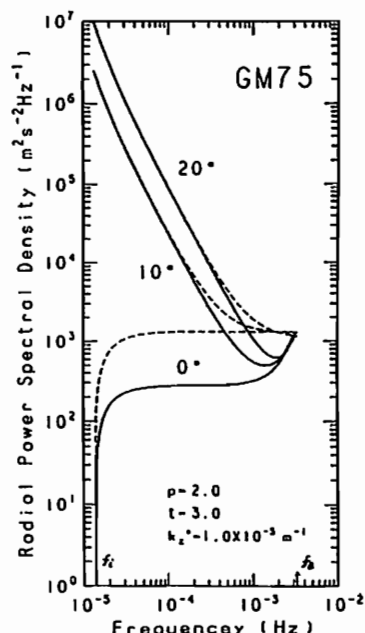
中層大気中で観測される風速変動のスペクトル構造から、二次元乱流 (Gage, 1979) や内部重力波 (Vanzandt, 1982) がその起源として考えられている。このうち重力波モデルについては、MSTレーダーによって測定される視線方向成分の風速変動のスペクトルを推定できるので (Vanzandt, 1985; Scheffler and Liu, 1985)、観測によるモデルの検証が可能である。そのような試みが幾つか既になされているが、すべてがうまく解釈されたわけではなく、むしろモデルの整合性という観点からモデル自体に疑問が投げかけられていた。ただし、これらの議論にはレーダーによる観測が必ずしも一定の条件で実施されたのではないという事情が絡んでいるので、数多くの観測による検証が必要とされているように思われる。

2. 観測結果および議論

MUレーダーによる中間圏風の観測は、1988年9月5-9日に実施された。この際、レーダービームを天頂と天頂から10°および20°傾いた方向に向け、その視線方向成分の風速を受信されたエコーのドップラースhiftから推定した。その風速の時系列データから、MEM法を使って周波数スペクトルを求めた。この結果、鉛直風のスペクトルは中間圏のプラントパイサラ振動数より

少し低い周波数に鋭いピークを示し、それ以下の周波数ではフラットな応答を示した。また、斜め方向でのスペクトルは全体的に-2乗則に従うと同時に、緩いピークが鉛直風のスペクトルと同じ周波数にみられた。

これらの観測結果を議論するために、重力波のスペクトルモデルとしてGM75と呼ばれるモデルを採用し、重力波の分散関係や分極の関係を用いて、特定のビーム方向の風速成分に対する重力波の寄与からその周波数スペクトルを計算した。その結果の一部を図に示すが詳細については講演時に紹介する。



中村卓司、津田敏隆、俵裕治、村山泰啓、山本衛、加藤進
京大超高層

COMPARATIVE RADAR OBSERVATIONS OF THE HORIZONTAL
PROPAGATION OF THE MESOSPHERIC GRAVITY WAVES IN
SUMMER-WINTER AND IN NORTHERN-SOUTHERN HEMISPHERES.

Takuji Nakamura, Toshitaka Tsuda, Yuji Tawara,
Yasuhiro Murayama, Mamoru Yamamoto, Susumu Kato
(Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University)

We observed mesospheric winds by the MU radar (35°N), Japan and Adelaide PR radar (35°S), Australia for about 20 days in June 1987.

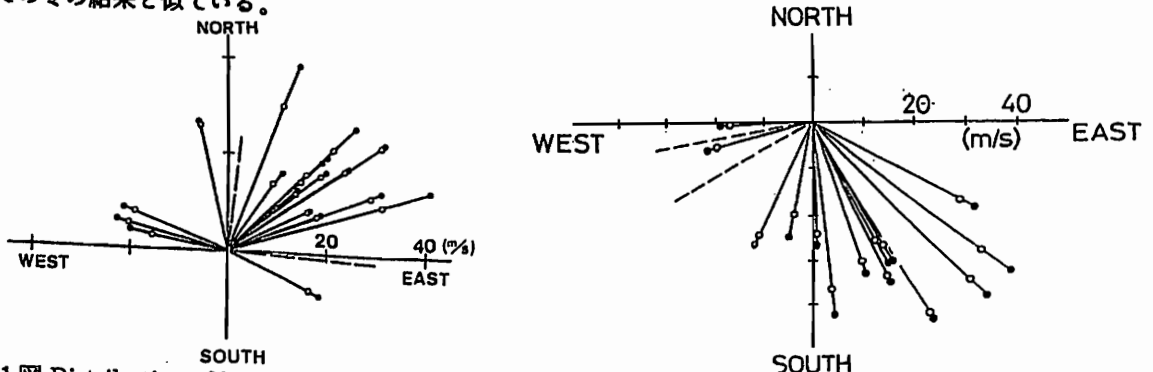
From the vertical profiles of zonal, meridional and vertical wind components, we have estimated propagation direction of the dominant gravity waves (Fig. 1). The MU radar observation have shown that most of waves propagated in the northeastward direction in summer (June), while propagation directions were centered around south-southeast in winter (October). Propagation derived from momentum flux induced by shorter period gravity waves was the same direction as those mentioned above in summer, but northwestward direction in winter.

Adelaide's winter data also show different propagation direction of the gravity waves between two different frequency regions (Vincent and Fritts, 1987).

MU レーダーによる中間圏観測では、1986年~1989年の各月4~5日の観測 (GRATMAP/MAC 観測) を用いた重力波の活動度や鉛直波数・周波数スペクトル、運動量フラックス等の季節変化を解析し、その振舞いや平均風の加速等を明らかにしてきた。今回は、MU レーダーでの1986年10月の19日間の観測、及び1987年6月の23日間の観測、さらにAdelaide(35°S,139°E)の分反射レーダーで同時期に行なった1987年6月の30日間の観測を解析し、重力波の伝搬方向の夏冬半球での比較を行なった結果を報告する。

図1は、MU レーダーにおける風速の鉛直プロファイルから求めた6月(夏)と10月(冬)の重力波の水平位相速度及び群速度を比較したものである。6月には北東を中心とする方向に伝搬方向が偏っており、南向きの位相(群)速度成分を持つような重力波は1例しかない。一方、10月には伝搬方向は南南東を中心とする方向であり、同様に北向きの位相(群)速度成分を持つものはない。以上のように明確な伝搬方向の違いが観測された。この違いが励起源の位置によるものかあるいは鉛直伝搬途上のフィルタ効果によるものなのかは検討を要する。一方、MU レーダー観測から得られた運動量フラックスから推定した重力波の伝搬方向は6月は北東方向で上述の結果と一致するが、10月は北西方向でほぼ上述の結果と逆になっている。運動量フラックスは、風速データの時系列の変動分より求めるが、10分以上で日中観測時間内の周波数成分の重力波を取り出していることになる。10月に風速鉛直プロファイルから求めた伝搬方向と運動量フラックスから求めた伝搬方向の異なるのは、周波数成分により伝搬方向が異なることによると解釈できる。アデレードでの1987年6月の観測から鉛直プロファイルで求めた重力波の伝搬は南北方向に偏っており、同時期のMU レーダー観測よりも、10月のMU レーダーの結果に類似している。この場合鉛直風の観測が困難なため、南向きと北向きの区別はできていない。

また、アデレードにおいては、運動量フラックスから求めた伝搬方向が、夏は周波数によらずに南向きであるのに対し、冬は周波数によって異なることが示されており (Vincent and Fritts, 1987, J. Atmos. Sci.)、MU での冬の結果と似ている。



第1図 Distribution of horizontal phase velocities (closed circles) and group velocities (open circles) of the gravity waves observed by the MU radar in Jun 1987 (left) and Oct 1986 (right). Each of the waves is determined with the vertical profile of the winds averaged for 2 hours.

堤雅基、中村卓司、北一麻呂、津田敏隆、山本衛、加藤進
京大超高層

METEOR WIND OBSERVATIONS BY THE MU RADAR

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

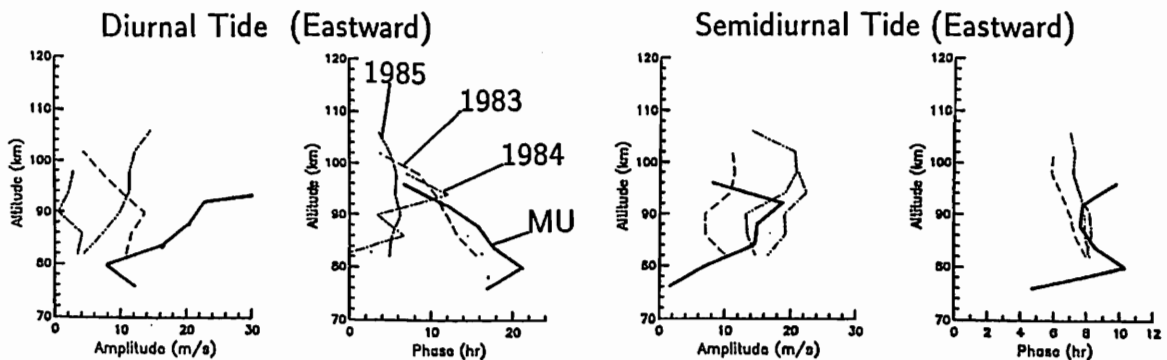
MU radar observations of Mesosphere and Lower Thermosphere (60–90km) are limited to the daytime because of low electron density at night. By using meteor echoes, which are more uniformly distributed throughout a day, we can continue observations of mesospheric wind fields, which enable us to detect atmospheric tides and planetary waves. We have tried meteor wind observations with the MU radar for several times, and compared them with normal MST radar observations using turbulence echoes and the Kyoto Meteor Radar results in 1983–1985. Meteor wind observations by the MU radar can produce a similar high-time resolution as Meteor radar (2hours×4km). Furthermore, we report some improvements on the transmitting antenna design and the realtime data taking software.

MU レーダーで流星エコーを観測することにより、流星の分布、及び流星発生高度 (70–100km) の両極性拡散係数、中性風等の情報を得ることができる。今回は、特に中性風速の観測に焦点を絞り、その観測結果を報告し、さらに観測法の改良について述べる。

MU レーダーによる中間圏・下部熱圏の観測 (60~90km) では、通常は太陽光により電離した電子の乱流による揺らぎを散乱体とした観測を行なうため、観測時間は日中約8時間に限られる。このため、より長期間の観測を必要とする、大気潮汐波やプラネタリ波等の観測には適さない。ところで、流星エコーはほぼ1日中得られるため、MU レーダーで流星風観測を行なうことは、乱流観測モードで測れなかった上記の長周期の風速変動を観測することができる。

観測された流星風は、ほぼ同時刻に行なった乱流散乱モードでの観測や同季節の京都大学流星レーダー観測 (1983~85) の結果と比較した。その結果、今回観測した流星風は京都大学流星レーダーと同程度の時間高度分解能 (2時間、4km程度) の観測が行なわれたことが明らかになった。第1図は、大気潮汐波を観測するために、4日間 (96時間) の連続観測を行なって求めた潮汐波の鉛直プロファイルであり、過去の流星レーダー観測と比較したものである。ほぼ類似のプロファイルが得られている。特に、1日周期波では、鉛直波長約30kmの $S_{1,1}$ モードと思われるプロファイルが顕著である。

流星風推定の高度、時間分解能は、流星エコー数に依存するので、流星エコー数を増やすため、送信パワー、送信アンテナパターン等を変更し、種々の観測をおこなった。また、MU レーダーの標準的データ取得プログラムを用いた観測では流星の検出をすべてオフラインの処理で行なうため、膨大なデータ (2~3GB/1日) のオフライン処理が必要となる。そのため、データ取得プログラムを新たに開発し、オンラインでの流星検出を試みたので併せて報告する。



第1図 Vertical Profile of Atmospheric Tides observed with the MU Radar during 14–18 Sep. 1989. Thin lines are profiles observed with the Kyoto Meteor Radar in the same months of 1983–1985.

オゾンレーザーレーダーで観測された
成層圏オゾン濃度観測結果
- 高度別の季節変動について -

林田佐智子・笹野泰弘・中根英昭・杉本伸夫・松井一郎・湊 淳
国立公害研究所・大気環境部

Measurements of the ozone by a multiple-wavelength ozone laser radar
- On the seasonal variation in ozone concentration at various altitudes -

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

Systematic measurements of the stratospheric ozone layer have been done by a multiple-wavelength ozone laser radar since August 1988. Seasonal variation in ozone concentration at various altitudes will be presented.

成層圏・対流圏観測用多波長レーザーレーダーについて、これまで装置の概要、信号の検証、SAGEIIとの比較について発表してきた。これまで、約1年半にわたりオゾン、気温の観測を継続して行ない、上部成層圏を中心にデータの妥当性の検証を行ってきた。今回の講演では最近のデータを含め、オゾンの高度別濃度について検討する。

今回報告するオゾンデータは、308nm(XeCl)と339nm(XeCl + D2ラマン)、または308nmと351nm(XeF)の組合せの差分吸収法で得られたものである。観測は、1988年6月に開始し、装置の改良と平行して、週1回程度の頻度で行なってきた。フォトンカウンティングの同時計数誤差、信号誘起雑音、光軸のずれ等の原因で起こる系統誤差を回避するため、高感度・低感度の信号比、339nmと351nmの信号比をもとに、系統誤差のないデータを抽出して解析を行なった。

図1は、1988年8月から1989年6月のオゾンレーザーレーダーでの観測結果を示したものである(ただし横軸は1月から12月となっている)。館野高層気象台で観測された過去20年間のオゾンゾンデデータから、オゾン濃度月別平均値を求め図中に示した。(a)は高度25km、(b)は高度35kmの結果を示す。高度35kmではゾンデのデータを図中に示してある。

高度25kmでは系統的にレーザーレーダーの値がゾンデのデータより小さく出る傾向があるが、レーザーレーダーの信号の歪みによるかは考えにくく、検討中である。また、大気の力学的効果が大きく、標準偏差が大きい。

高度35kmでは夏に濃度が高くなるという季節変動がみられる。この原因は太陽天頂角に依存して、酸素とオゾンの光解離定数の比が高度によって変化することによると考えられる。

レーザーレーダーによるオゾン濃度の高度分布の測定は、ゾンデで観測できない上部成層圏(40km付近)で特に有効である。講演ではこれらのデータの妥当性についても検討する。

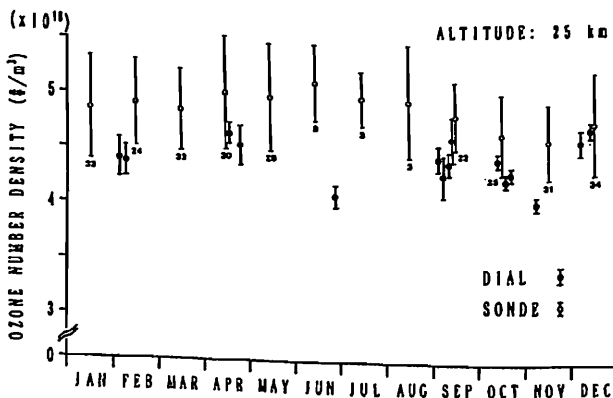


図 1 (a)

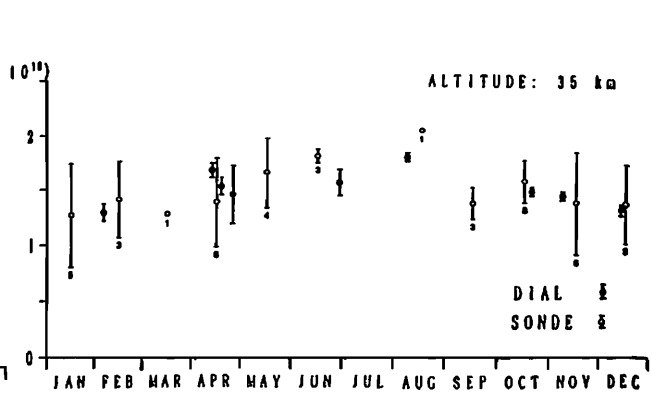


図 1 (b)

レーザーヘテロダイン分光計及びオゾンゾンデ による大気オゾン同時観測

田口 真¹、岡野 幸一¹、福西 浩¹、笹野 泰弘²

¹ 東北大理、² 国立公害研究所

Simultaneous Observations of Atmospheric Ozone
with a Laser Heterodyne Spectrometer and Ozonesondes

Taguchi, M.¹, S. Okano¹, H. Fukunishi¹, Y. Sasano²

¹ Upper Atmosphere and Space Research Laboratory, Tohoku University

² National Institute for Environmental Studies

Four simultaneous observations of atmospheric ozone were performed with a laser heterodyne spectrometer and ozonesondes at Sendai from Nov. 28 to Dec. 2, 1989. The altitude profiles of ozone partial pressure obtained by the laser heterodyne method excellently agreed with those obtained by four ozonesondes, though the laser heterodyne method can reveal only the altitudinal structure larger than 5-6 km because of the broad shape of weighting functions. The total column densities and their day-to-day variations observed with the laser heterodyne spectrometer were also consistent with the ozonesonde data at Sendai and the Dobson spectrophotometer data at Tateno and Sapporo.

1. はじめに

レーザーヘテロダイン分光法は様々な大気微量成分のリモートセンシングに応用できる新しい技術である。我々はレーザーヘテロダイン分光計を用いて大気オゾンの高度分布及び全量の観測を行ってきたが、得られた結果の正当性を検証するために、従来行なわれてきたオゾン観測法であるオゾンゾンデによる直接観測との同時観測を行なった。本講演では両観測値を比較した結果について報告する。

2. 観測

1989年11月28、29日、12月2日に仙台の東北大学理学部キャンパス内でレーザーヘテロダイン観測を行い、同地点からオゾンゾンデを放球した。11月28日と12月2日に1回ずつ、11月29日に2回、合計4回の同時観測を行なった。レーザーヘテロダイン観測とオゾンゾンデ観測の時間差は3~4時間で、オゾンゾンデは観測終了時に放球地点から水平距離で最大200km東北東方向に流された。観測期間の天気状況は、11月28日夜に寒冷前線が仙台上空を通過し、29日は穏やかな天気であったが、30日、12月1日と冬型の気圧配置が続き、2日に冬型がゆるんで天気は回復した。

3. 結果と考察

Figure 1に4回の同時観測で得られたオゾン高度分布のうちの一例を示す。Figure 1の左側に示した点線はレーザーヘ

テロダイン観測、実線はオゾンゾンデ観測値で、それぞれ細線はオゾン体積混合比、太線はオゾン分圧を表わす。右側にはオゾンゾンデによって観測された気温を太線で、仙台における過去30年間の月平均気温を細線で示してある。レーザーヘテロダイン分光法で観測可能な高度範囲は5~30kmで、5km以下はオゾンゾンデの実測値を用い、30km以上はモデル分布を仮定している。レーザーヘテロダインとオゾンゾンデの両観測値を比較すると、細かい構造を除けば分圧ピークの高度、値などよく一致している。残念ながらレーザーヘテロダイン観測では重み関数の高度幅から言って5~6km以下の細かい構造は見えない。

観測されたオゾン全量をTable 1にまとめてある。参考に館野と札幌におけるドブソン分光計による全量観測値も載せた。11月29日2回目のオゾンゾンデ観測では到達高度が低かったために全量は求められなかった。オゾンゾンデの観測値には何も補正は加えていないにもかかわらず、レーザーヘテロダインによる観測値と値もその変化傾向もよく一致している。11月28日から12月2日にかけて仙台では徐々にオゾン全量が増加しているが、館野と札幌でも同様な変化を示している。

観測された気温と月平均気温の間には若干の差があるが、反転法でオゾン高度分布を求める際に気温分布に実測値を用いるか月平均値を用いるかによる結果の違いは高度分布に対しては~3%、全量に対しては1%以下であった。

今後、より高い高度領域(~45km)まで測定できるように装置の高分解能化(~0.0003 cm⁻¹)を目指して改良していく予定である。

ドブソン分光計オゾン全量データは気象庁より提供された。

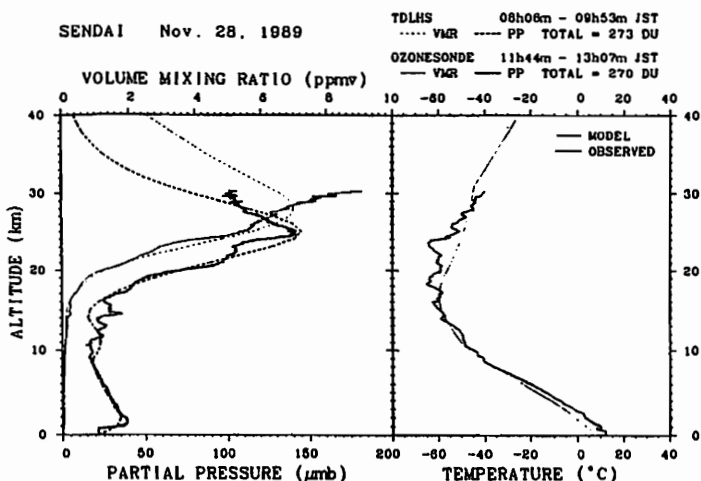


Figure 1. Comparison of ozone vertical profiles observed with a laser heterodyne spectrometer and an ozonesonde.

Date	Sendai			Sapporo
	(a)	(b)		
Nov. 28	273	270	259	---
29 am	278	302	262	358
29 pm	285	---	275	369
Dec. 2	330	335	302	382

Table 1. Total ozone observed with (a) a laser heterodyne spectrometer and (b) ozonesondes at Sendai and with Dobson spectrophotometers at Tateno and Sapporo.

NOAA衛星TOVSデータによる日本上空オゾン全量の導出：
レーザーヘテロダイン分光計観測値との相関

高橋 修二、川村 宏、岡野 章一、福西 浩
東北大理

DERIVATION OF TOTAL OZONE AMOUNTS OVER JAPAN FROM NOAA/TOVS DATA :
CORRELATION BETWEEN BRIGHTNESS TEMPERATURES AND TOTAL OZONE AMOUNTS OBSERVED
BY THE TUNABLE DIODE LASER HETERODYNE SPECTROMETER (TDLHS) AT SENDAI.

S. Takahashi, H. Kawamura*, S. Okano and H. Fukunishi
Upper Atmosphere and Space Research Laboratory, Geophysical Institute*
Tohoku University

Total ozone amounts over Japan were derived from the TOVS data of NOAA satellites and the values of total ozone observed by the Tunable Diode Laser Heterodyne Spectrometer (TDLHS) at Sendai. The method is based on the multiple linear regression between the brightness temperatures at 5 channels (1, 2, 3, 8 and 9) of HIRS/2 sensor and the total ozone data observed at Sendai. The RMS error of retrieved total ozone amounts is 15 (DU).

我々は東北大学理学部海洋物理学講座に設置された地球観測衛星データ受信解析室の協力の下に、NOAA衛星TOVSデータによる日本上空でのオゾン全量水平分布の導出を試みている。TOVSは赤外及びマイクロ波チャンネルを主とする放射計であり、手法が確立されれば夜間でもオゾン全量の水平分布を推測できること、またNOAA衛星シリーズに連続的に搭載されているため長期的なオゾンモニターができることなどのメリットがある。

今回、我々は仙台におけるレーザーヘテロダイン手法により得られたオゾン全量観測値と、TOVSデータにより得られた輝度温度値の相関をとることにより、オゾン全量導出のための係数を求めた。

オゾン全量を重回帰分析の手法により

$$\Omega = \bar{\Omega} + \sum_{i=1}^n C_i (T_i - \bar{T}_i)$$

と表わす。ここで、 Ω ：オゾン全量、 T ：輝度温度値、 C ：回帰係数であり、 $\bar{\quad}$ は平均値、 i はチャンネルを表わす。使用するチャンネルはYAMANOUCHI et al. (1984)によりHIRSチャンネル1, 2, 3, 8, 9を用いた。

比較的晴天日が多くレーザーヘテロダイン観測データの多かった1989年10, 11月の15データについてNOAA-10, -11号輝度温度値から上記の手法により係数を決定し、TOVS観測オゾン全量値を求めたところ、相関係数0.615, 平均2乗誤差15.3DUという値を得た。この値はそれほどよいものには見えない。その理由はHIRSデータ処理の際、センサー走査角に対する輝度温度値の変化値をまだ見積っていないことが挙げられる。またレーザーヘテロダイン法によるオゾン全量観測値は上部成層圏におけるオゾン量のモデルの与え方で若干の変化をすることもわかっている。今後これをふまえてさらにTOVSデータ処理システムを改良していく予定である。

講演では、仙台における上記の結果及び、同様の解析を館野のドブソン全量観測値に対しても行ったので、その結果を示す。

参考文献 YAMANOUCHI T., I. IWASHINA and Y. SEO
南極資料 No. 81, 9-15, 1984

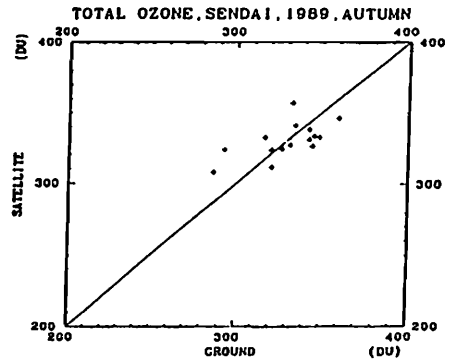


Fig. 1. Comparison of total ozone amounts obtained from TOVS (NOAA-10 and -11) and TDLHS measurement at Sendai during October and November, 1989.

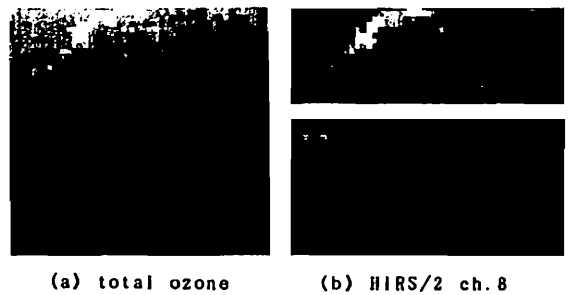


Fig. 2. (a) Horizontal distribution of total ozone amounts over Japan in Oct. 29, 1989. Regression coefficients are derived at Sendai. Note that brightness temperatures from cloud regions are also converted to 'spurious' total ozone amounts. Step in grey scale is 25 (DU)

(b) Horizontal distribution of brightness temperatures of HIRS/2 channel 8. This channel looks mainly earth surface. Coast lines of Japan are seen in the map.

大気微量分子のレーザー長光路吸収測定を目的とする人工衛星ADEOS搭載 リトロリフレクター (RIS)

淺 淳、杉本伸夫、板部敏和*、笹野泰弘

国立公害研究所、*郵政省通信総合研究所

RETROREFLECTOR IN-SPACE (RIS) FOR THE ADEOS SATELLITE: MEASUREMENT OF ATMOSPHERIC TRACE SPECIES BY LASER LONG PATH ABSORPTION BETWEEN GROUND-STATION AND SATELLITE .

A. Minato, N. Sugimoto, T. Itabe*, and Y. Sasano

National Institute for Environmental Studies, *Communication Research Laboratory

A retroreflector (RIS) has been selected as one of the AO sensors to be installed on the Japanese polar-orbit satellite ADEOS, which is planned to be launched early in 1995. RIS will be used for measuring trace species such as O₃, CO₂, CFCs, based on the laser long path absorption between ground station and the satellite.

大気微量分子の地上衛星間のレーザー長光路吸収測定を目的とする大口径リトロリフレクター (RIS) が AOセンサーのひとつとしてADEOS衛星 (1995年春打ち上げ予定) に搭載される。地上と人工衛星の間のレーザー長光路吸収は高精度の微量分子測定が期待され、そのアイデアは古くから提案されているが、今回のRISが最初の測定となる。

RISは分光測定を目的とする単一素子のホロータイプのキューブコーナー・リトロリフレクターで300nm-14 μmの広い波長域で高い反射率を持つ。口径は0.5mである。衛星が高速で運動するために生じる光行差を補正するためにリフレクターを構成する3枚のミラーのうちの1枚に曲面を用いたリフレクターを新たに開発した。Fig. 1に示すようにRISの光軸は鉛直下方より進行方向に30度の方向に向けて取り付けられる。

RIS測定の地上局は衛星追尾装置、レーザー送受信装置、データ収集装置から構成される (Fig. 2)。レーザーを選択することにより多種類の微量分子の測定が可能であるが、最初の観測は連続波長可変高圧CO₂レーザーを用いて、オゾン、CO₂等の高度分布とCFCs等のカラム濃度の測定を行なう計画である。理論的検討によると、発射されたレーザー光の約10⁻⁹が地上局で受信され、仮に、10 μm帯で平均出力1Wのパルスレーザーを用いる場合でも、1秒間の測定で光学的検出の信号対雑音比10⁴が期待される。1回の観測時間は2-3分で、ADEOSが観測可能な軌道を通過する頻度は東京の地上局の場合、昼夜合わせて2日に一度程度である。ADEOSは極軌道衛星であるので、極域では観測の頻度はずっと大きくなる。もしも、極域に地上局の設備が作られるならばRISは極域の微量分子 (特に冬期) の観測の手法として極めて有効なものとなる。

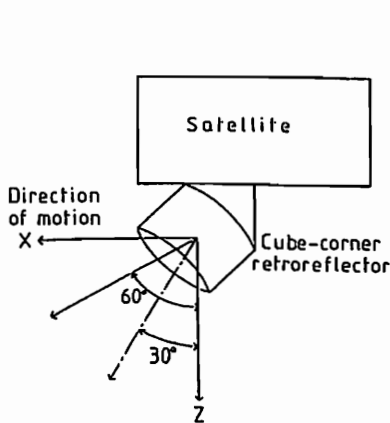


Fig.1 Concept of the Retroreflector-In-Space

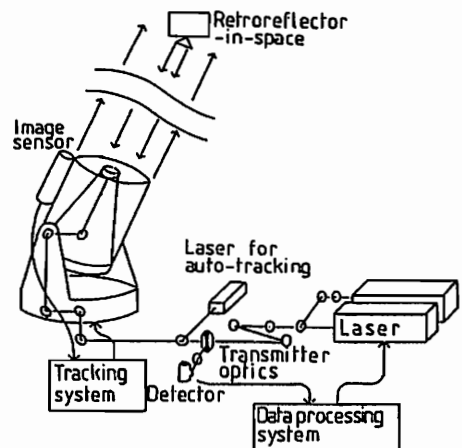


Fig.2 Block diagram of ground station

冬の北極成層圏のオゾン濃度の変動

—北極オゾン層国際協同気球実験 (CHEOPS 3) [1]—

Variation of Ozone Concentration in the Winter Arctic Stratosphere

林 政彦(名大木研) 近藤豊・岩坂泰信(名大空電研)

P. Amedieu (C.N.R.S) · P. Jonston (DSIR) · W.A. Matthews (DSIR)

M. Helten (KFA) · U. Schmidt (KFA)

M. Hayashi (Water Research Institute, Univ. of Nagoya)

Y. Kondo, Y. Iwasaka (Research Institute of Atmospheric, Univ. of Nagoya)

P. Amedieu (C.N.R.S) · P. Jonston · W.A. Matthews (DSIR)

M. Helten, U. Schmidt (KFA)

—ABSTRACT—

Measurement of Ozone concentration were made with ECC ozone sonde during CHEOPS III Campaign in winter of 1990 at Kiruna (67°59'N, 21°11'E)

Variation of temperature and ozone mixing ratio have good correlation at 490 K and 540 K in potential temperature. The other hand, small variation of ozone mixing ratio were observed in spite of temperature variation at 670 K (≈26km), 450 K (≈18km), and 420 K (≈17km)

These features are related to the Ozone distribution in the polar vortex in the Arctic stratosphere.

1. はじめに。
 北極オゾンホール形成に対して、成層圏圏層が重要な役割を果たしていると考えられている。一方、北極成層圏において成層圏圏層(PSCs)が観測されており、北極成層圏のオゾン層の変動は、非常に興味をそそられる。1990年1月から2月に行われた、北極オゾン層国際協同気球実験の期間中に、約10回のオゾンゾンダ観測を行った。今回は、このオゾンゾンダ観測の結果を中心に、冬季の北極成層圏のオゾン濃度変動、分布について報告する。

2. 等温位面における気温とオゾン濃度
 一般に温位は tracer と考えられることができ、日射時間が短い極域では、放射冷却、無視できない温位変動がみられる。従って、温位における観測の等温位点における極端の移動、放射冷却、重力波等の断熱過程によってみられる。この中で、断熱過程によるオゾン混合比の変動は起らない。従って、等温位高度のオゾン混合比の変動は、極端の移動に伴って、等温位面内の分布を反映し、一方で、放射冷却による温位変動に伴って、鉛直方向のオゾン分布を反映していると考えられる。

3. 観測結果
 観測は、ECC オゾンゾンダを用いて行われた。結果を、Fig. 1 に示す。高度19 km から 22 km 付近にあたる 490 K, 540 K の温位点において気温とオゾン混合比の変動が良く一致している。また、その上層であつた 670 K (約26 km), 下層であつた 450 K (18 km), 420 K (約17 km) においては、気温の変動がみられるにもかかわらず、オゾン混合比は、ほとんど一定になっている。

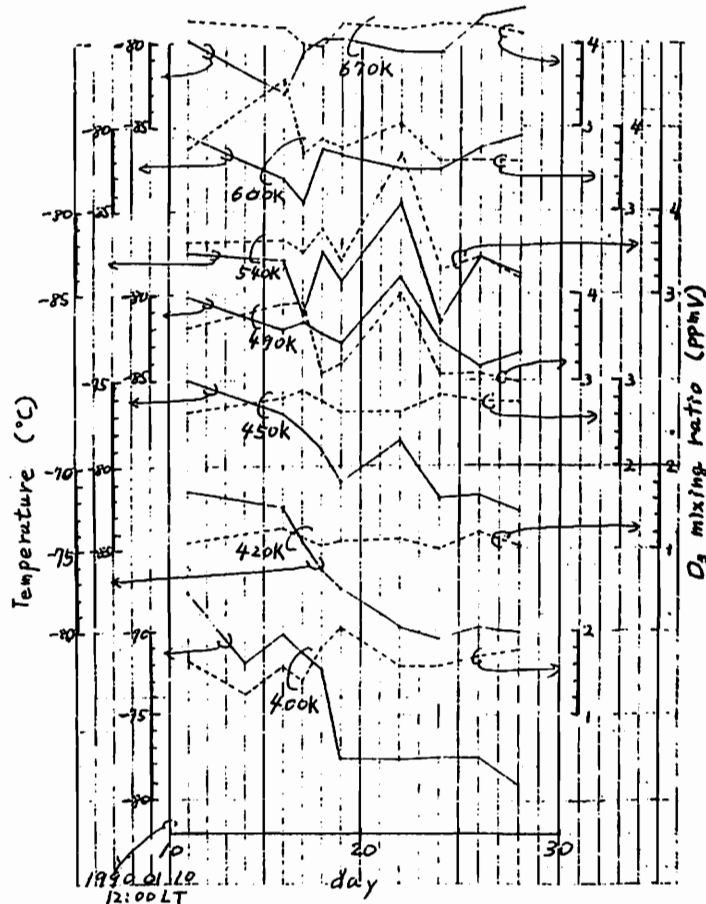


Fig. 1 Variations of temperature and O₂ mixing ratio at constant potential temperature (at 67°59'N, 21°11'E) solid line—temperature dashed line—O₂ mixing ratio (scale axis shown by arrows)

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¹ 本田秀之¹ 中澤高清² 岡田敏暢² 森本真司² 富永 健³ 八巻竜太郎³ 巻出義統⁴
酒井 均⁶ 堤 直⁶ 蒲生俊敬⁵ ¹宇宙研 ²東北大理 ³東大理 ⁴東大RIC ⁶東大海洋研

STRATOSPHERIC MINOR CONSTITUENTS STUDIES USING CRYOGENIC SAMPLING SYSTEM

T. Itoh¹, H. Honda¹, T. Nakazawa², T. Machida², S. Morimoto², T. Tominaga³, R. Yamaki³, Y. Makide⁴,
H. Sakai⁵, M. Tsutsumi⁵ and T. Gano⁵

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

Stratospheric air samples are collected by a balloon-borne cryogenic sampler. Profiles of HCFC-22, CFC-114 and CH₃Cl are obtained for the first time using to the improved sample cylinder treatments and the low temperature condensation method in the gas chromatographic analysis. Other CFC's, CH₄, CO₂, and isotope ratios of ¹³C/¹²C and ¹⁸O/¹⁶O in CO₂ are also measured. Through the analysis of the CO₂ profiles and the difference between stratospheric and tropospheric concentrations in these five years, a sign of the dynamic air transfer in the lower stratosphere and through the tropopause 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、従来は観測できなかった更に微量のハロカーボン類を分析する手法を開発し、それらの成層圏内における高度分布も得た。ハロカーボン類やCH₄はCO₂と同様温室効果ガスであり、今後も長期的観点から時間的・空間的分布の監視をしていかなければならないものである。またCO₂に含まれる炭素の同位体比を分析することにより、対流圏から成層圏への物質輸送や炭素サイクルに関する情報が得られることが期待される。

2. 試料の採取 試料採取装置は、前回使用したものに多少改良を施して使用した。なお試料容器の内面処理に変更はない。装置は1989年9月1日早朝三陸大気球実験場(39.2°N)から放球され、高度30.4kmで水平浮遊に入った。その後緩降下させながら、高度約30・29・27・26・24・22・21・20・19kmで、それぞれ20~30% STPの大気試料を採取した。試料の一部は保存容器に取り分けた。ハロカーボン類・CO₂・CH₄の分析後に残りの試料からCO₂を精製し、δ¹³C・δ¹⁸O・Δ¹⁴Cの分析を行った。

3. 分析結果 ハロカーボン関係の高度分布は今回新規に分析できるようになったものも含めて図1に、CO₂は図2に示す。図1を見ると、CFC-114は塩素原子の1つ多いCFC-113より紫外光による光解離速度は遅く、成層圏下部での混合比の減少は緩やかになっている。HCFC-22とCH₃Cl(塩化メチル)は紫外光に対する吸収断面積が小さく、それらの混合比の減少はCFC-12・11に比べ小さくなっている。下部成層圏では濃度の高いフロンCFC-12・11が光解離されるが、HCFC-22や塩化メチルはより短波長の光で解離するので、成層圏中部ではそれらの濃度が逆転している。一方CO₂の分析によると、成層圏内で濃度がほぼ一定となっている領域の年増加率(1.2ppm/年)は、日本上空の対流圏上部で行われた航空機観測による値(1.8ppm/年)とは大幅に異なっている。また春に成層圏最下部の高濃度域の濃度が低くかつ層が厚くなっているのは、ジェットが南下してきているためその上の低濃度域と十分攪拌されたためであろう。これらの分布は、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時一定ではないこと、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類・CH₄も調べた。

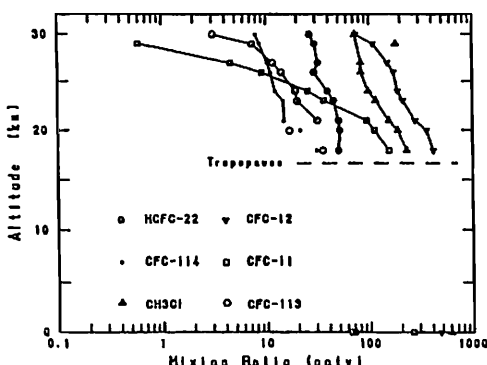


図1

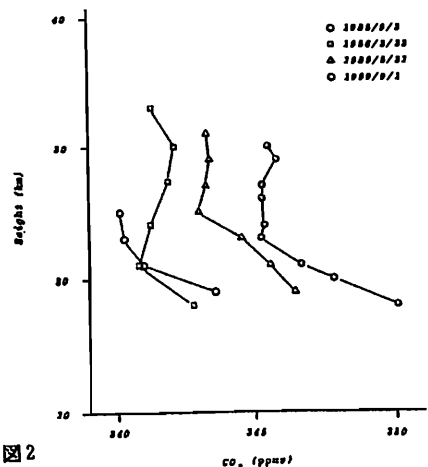


図2

成層圏 NO₂, O₃ 観測用分光器の開発

久野 俊明・大沢 敬一・近藤 豊・岩坂 泰信・岩田 晃・柴崎 和夫

(名古屋大学空電研究所)

(国学院大学)

DEVELOPMENT OF A SPECTROSCOPIC SYSTEM FOR NO₂, O₃

T.Kuno, K.Ohsawa, Y.Kondo, Y.Iwasaka, A.Iwata, and K.shibazaki

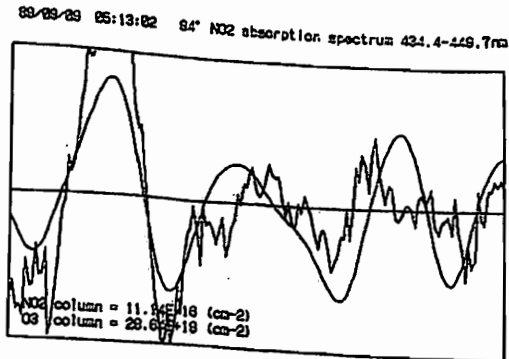
Research Institute of Atmospherics, Nagoya University, and kokugakuin University

We have a plan to measure stratospheric NO₂, O₃ for a long term at some points by using long path visible absorption at twilight. On this time, we measured them with the system developed and analyzed the data by new way.

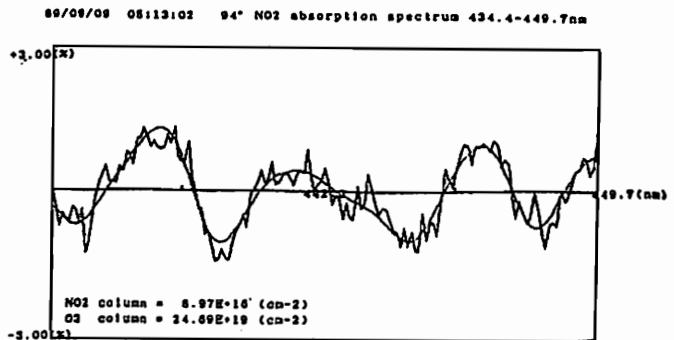
Tiny errors of wavelength on the measurement which are problem on this system have been calibrated and the value of these errors become less than ±0.033(nm) by using cross correlated method, etc. That makes us measuring for over 90° in solar zenith angles. And we will improve this system for measuring O₃ by measuring wavelength(450-500(nm))

成層圏のオゾンの収支には、窒素化合物が重要な役割を果たしている。従って、成層圏化学の長期変動を研究するにはNO₂やオゾンを経期間測定する必要がある。現在我々は種々の場所においてNO₂やオゾンの長期分光観測の計画をしており、観測に使用する分光器の開発を進めてきた。今回はこの分光器の精度について実験した結果および、観測データの解析手法を中心に述べる。

前回発表した観測システムにおいて問題となっていた微少な波長ずれについてはクロスコリレーション法等の手法を使用して観測データを補正することによって±0.033nm以下と成った。これによって太陽天頂角が90°以上となり、太陽散乱光強度の減少が急速に起こる場合、S/N比が低下しても観測が可能と成った。以下に補正を行う前と行った後の観測波形を示す。現在より長波長(450nm-500nm)での散乱光を観測することによりオゾンの測定精度を向上をめざしている。



(a) 補正前の観測波形



(b) 補正後の観測波形

D12-08

中緯度（日本）－赤道（インドネシア）にかけての自由対流圏中の一酸化窒素及びオゾンの航空機観測（INSTAC I）
近藤 豊・岩坂泰信・岩田 晃（名大空電研）、小川利紘（東大理）、杉村行勇・牧野行雄（気象研）

Nitric Oxide and Ozone Measurements from Mid-latitude to Equator during INSTAC-I Campaign

Y. Kondo, Y. Iwasaka, A. Iwata

Research Institute of Atmospherics, Nagoya University

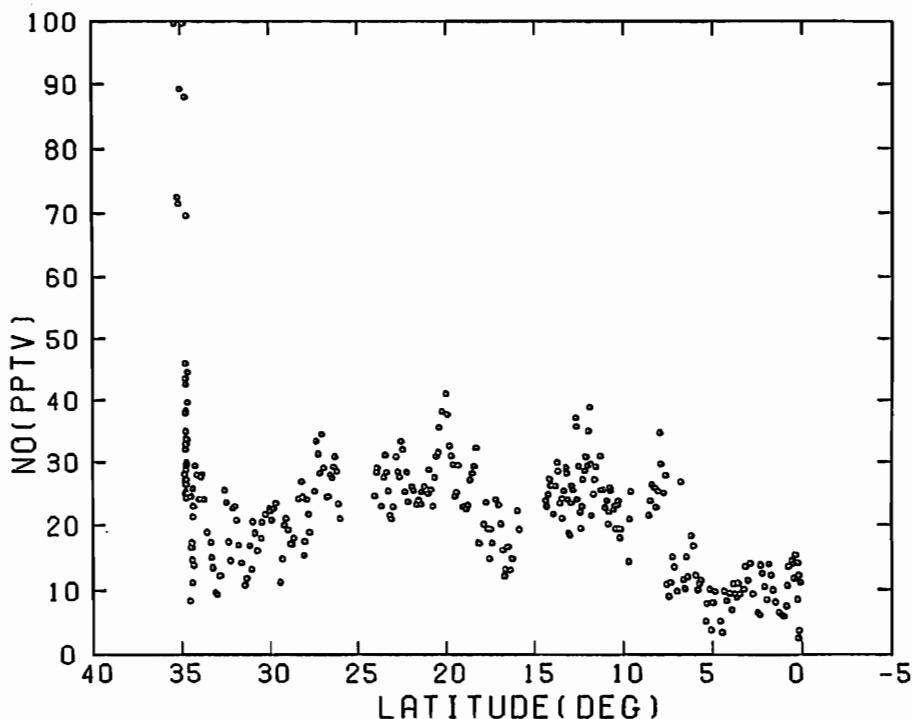
T. Ogawa

Geophysics Research Laboratory, University of Tokyo

Y. Sugimura, and Y. Makino

Meteorological Research Institute

Nitric oxide (NO) and ozone were measured over the west pacific ocean during an aircraft campaign which took place between 7 and 10 th of March, 1989. NO was measured by a chemiluminescence detector [Kondo et al., 1987, 1988] and ozone was measured by an ECC ozonesonde modified for aircraft observations. The latitude range covered was from 35°N to 5°S. Cruise altitude was about 4.5 km and most of the measurements were made at this altitude. During takeoff and landing, altitude profiles of these species were also obtained.



赤外吸光法による大気中のHCl、
N₂Oの観測

村田 功、 岩上 直幹、 小川 利紘
東大理

Measurements of the atmospheric HCl, N₂O by IR absorption method

Isao Murata, Naomoto Iwagami, and Toshihiro Ogawa

Geophysics Research Laboratory, University of Tokyo

The vertical column abundance of atmospheric HCl and N₂O were deduced from the solar infrared spectrum at 2926cm⁻¹ and 2583cm⁻¹, respectively. The observations were made by using a 50cm telescope and a 1.5m double pass monochromator at Hongo, Tokyo. HCl columns of 0.5~1.5 x 10¹⁶/cm² and N₂O columns of 6.9 x 10¹⁶/cm² have been found.

'89年4月より、東大本郷キャンパス内において、50cm集光鏡 + 1.5mダブルパス回折格子型分光計を用いた赤外吸光分光観測を行っており、HCl, CH₄, C₂H₆, N₂O, CO, OCSを観測した。今回は、このうちHClとN₂Oについて鉛直コラム量を求めた結果を報告する。

HClは成層圏でClOxのreservoirとして重要であり、成層圏での量も比較的多い。ただし、都市部においては石炭、ゴミの燃焼等による人工ソースが多く、対流圏成分が多いと考えられる。

観測には2926cm⁻¹付近のR1ラインを用いており、図1は得られたコラム量を観測ごとにプロットしたものである。これは非汚染地域に比べ2~3倍多く、やはり東京では人工ソースが多いことがわかった。

N₂Oは比較的安定な物質で、都市においては若干のソースがあるとされているが、観測でも地上付近での濃度320ppbに相当する6.9 x 10¹⁶/cm²のコラム量が得られており、変動も少ない。

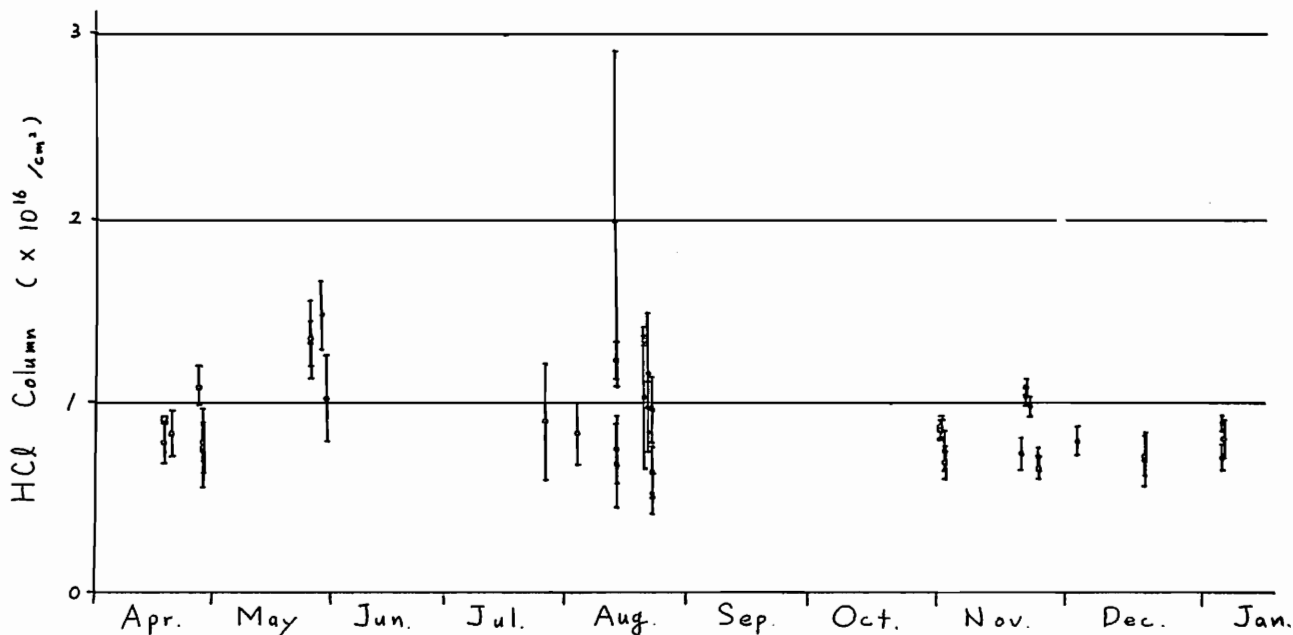


図1. 観測されたHClコラム

中間圏 Proton Hydrate 形成による温度、湿度推定の問題点

杉山 卓也 (京大理)

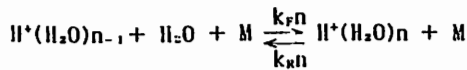
村岡 良和 (兵庫医大物理)

Problems on the Estimation of Temperature and Humidity in the Formation of Proton Hydrates
T.SUGIYAMA (Kyoto Univ.) and Y.MURAOKA (Hyogo College of Medicine)

The proton hydrates in the mesopause must bring to us the fine *in site* information of the important mesospheric conditions such as the temperature and the humidity, if we obtain the model to investigate the observations. With the use of the laboratory data which is available up to the 7-th order hydrations, the estimated temperature and humidity are tend to be hot and wet in the case of the low order hydrations and cool and dry in the case of the higher order hydrations. One of the reasons of the model discrepancy may lie in the terminal cut off due to the lack of the laboratory data. We will discuss the problems to model the proton hydrate in the mesosphere.

中間圏 Proton Hydrate ($H^+(H_2O)_n$; 以下 PH) の観測はその詳細な個数及び高度に関する分解能の故に、もし我々が整合的なモデルを持つことができるなら、きわめて優秀な中間圏のプロープとなるものである。さらに、夜光雲の形成の核としての重要な役割を持つため、PH形成時の温度、湿度の解明はマイクロクラスター形成問題の突破口と考えられる。

PHの形成様式は以下のようである。



これに電子との最結合: $REC_n = \alpha_n [e^-]$; が加わる。実験室データは $n = 6$, 部分的に 7 , までを与えている。もし $[e^-] = 0$ なら、平衡分布がえられる。図1で直線群は平衡分布のものであり、点群は中間圏観測のものである。図は従って中間圏PH個数分布の平衡分布からのズレ方とズレ量を定量表現するものであり、これを今後個数比ダイアグラムとよぶ。図で(1, 1)点是个数分布の $[n-1] = [n] = [n+1]$, 即ち flat な

分布を表し、従って個数の平衡分布は sharp であるのに対して中間圏のそれは拡がったものであることを示す。このズレは、電子との最結合によって誘起されることが図2から分かる。諸時定数が最結合頻度近傍にゴチャゴチャになると拡がりが増す。ズレの効用は平衡分布では不可能な温度、湿度の独立決定が可能にある。こうして求められる形成条件は $n = 3, 4, 5$ での決定は高温多湿、 $n = 4, 5, 6$ では低温乾燥を与える。この不整合が中間圏PHの simulation を困難たらしめているものであり、その解きほぐしが必要である。ここでは主としてモデル上の問題点を検討する。すなわち、実験室データが限定されている時、 $X_n = [n]/[n-1]$ に関する次の非線形関係

$$X_n = \frac{F_n + R_{n+1} X_{n+1} X_n}{F_{n+1} + R_n + REC_n}$$

ここで $F_n = k_{fn}[M][H_2O]$, $R_n = k_{rn}[M]$; が持つ終端の効果を吟味する。

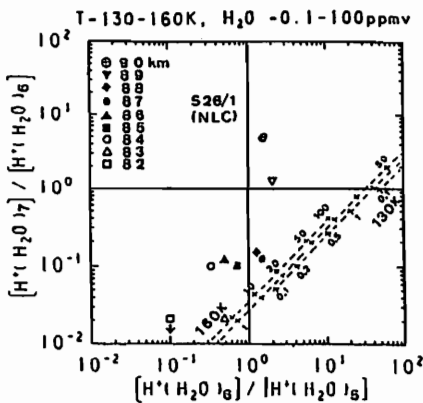


図1 個数比ダイアグラム

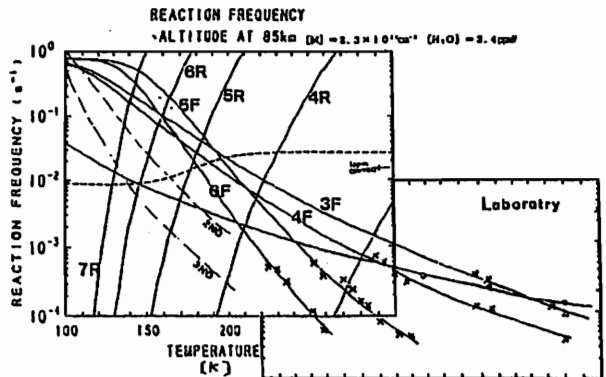


図2 反応頻度

夜間大気光 OH, O₂ のロケット観測

内藤一郎、山本博登、関口宏之、安孫子文昭、久田裕介、牧野忠男
立教大 理学部

ROCKET OBSERVATION OF THE OH (9,6) BAND AND O₂ 1.27 μm NIGHTGLOW

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

Altitude profiles of the emission intensity of the OH (9,6) band and O₂ infrared atmospheric (0-0) band in the night airglow were observed simultaneously with cryogenic filter radiometer on board the rocket S310-20 flown from Uchinoura (31° N) on Jan.28,1990. The data are now being analyzed, and being compared with the data obtained in the before rocket observation (Feb.1,1986).

1. 目的

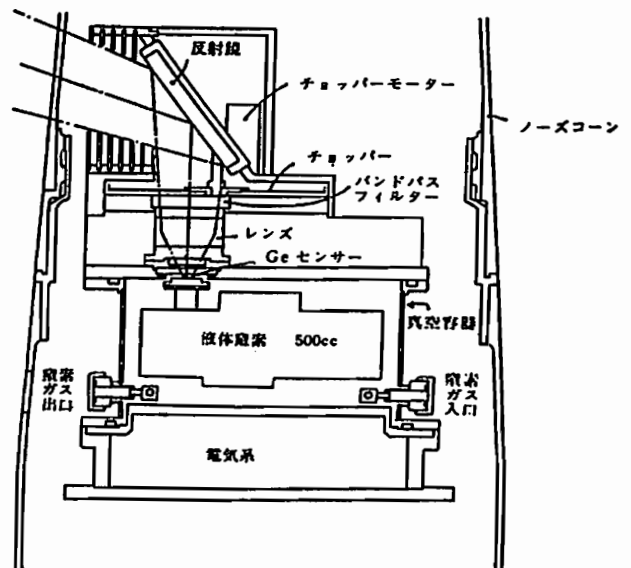
熱圏下部から中間圏上部にかけて大気光化学に主たる役割を果たしている酸素原子の定量を夜間大気光 OH (9,6) 1.38 μm, O₂ (Δ_g) 1.27 μm の測定から求めることを目的とする。

2. 装置概要

図に示すように、本装置は光学部、検出装置、エレキ部により成り立っている。今回使用した Ge 素子 (液体窒素冷却) は波長 1~1.5 μm 領域で非常に高感度であり、応答速度も速く、ロケットスピン軸と直交する方向からの光入射にも十分使用できる利点がある。この利点をいかし、ロケットスピン軸に対して 70° の方向から入射してくる光を鏡でスピン軸と逆方向に反射し、チョッパーで断続光に変えたのち、バンドパスフィルター、レンズを通り、真空容器の窓から Ge 素子に導く。

3. 観測

今回の観測は、O₂ (Δ_g) の太陽光による生成成分からの寄与を取り除くため、1990年1月28日0430JST 内之浦 (31° N, 131° E) において観測ロケットS-310-20号機により実施された。残念ながら、打ち上げ前に、1.38 μm 測定用の Ge 素子に極端な感度低下がみられたが、両波長ともその発光強度の高度分布を観測することに成功した。また、この期間に内之浦において OH, O₂ 夜間大気光の地上観測も実施し、打ち上げ当日の同一時刻付近 (0500~0600JST) の地上測定データも取得した。現在、データの解析を行っており、その結果および以前観測した 1.27 μm 夜間大気光の高度分布ならびに地上観測 (Feb.1, 1986) と比較しての議論など講演会時には発表できるものと期待している。



岡野 章一、田口 真、塩川和夫、福西 浩
東北大学理学部超高層物理学研究施設

Observations of Equatorial Airglow at Haleakala

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

A preliminary Observation of equatorial airglow will be performed at Mt. Haleakala (20.8° N, 156.5° W, elevation 3080m) in Maui Island, Hawaii in February 1990. The optical instrument to be employed images the sky with a wide angle (150° FOV) optical system, which contains a Nikkor 8mm f/2.8 fish eye lens as an objective, onto a 2-D photon imaging head whose phosphor output is refocused to a CCD image sensor. When a Fabry-Perot etalon of 80nm CA is inserted into the portion of the optical system where light beam is almost parallel, the instrument works as a Doppler Imaging System, and when the etalon is removed, it turns to a wide angle monochromatic camera for very lowlight level. The purpose of this experiment is to observe: (1) 2-D pattern of the equatorial airglow and its variation, and (2) 2-D distribution of wind and temperature in the equatorial thermosphere. The results of the observations will be presented.

磁気赤道をはさむ磁気緯度 $\pm 15^{\circ}$ 付近の領域は大気光 01630.0nm の強度が増強している亜熱帯グロー帯として知られている。最近の観測から亜熱帯グロー 01630.0nm 中には南北にのびる発光強度の減少している領域があり、これが電離圏 F 領域の電子密度の減少（いわゆるプラズマバブル）に対応していることがわかってきた（e.g. Mendillo and Tyler, 1983; Sipler et al., 1981）。

我々はハワイ、マウイ島のハレアカラ山頂（地理緯度 20.8° 、地理経度 156.5° W）で 1990 年 2 月下旬に亜熱帯グロー予備観測を計画している。ハレアカラ山頂は海拔 3080m に達し積雲より上に位置し、大気の透明度が高く、大気光および大気の観測には大変恵まれた条件にある。ハレアカラの天頂の磁気緯度は 21° N であり、図 1 にハレアカラ山頂から天頂角 80° で高度 300km の天空を望んだ視野を示すが亜熱帯グローの観測にも地理的に適した場所であることがわかる。今回観測を予定している項目は（1）広角 2 次元単色撮像による亜熱帯グロー大気光パターンおよびその変動の観測、（2）亜熱帯グロー大気光輝線のドップラー変位およびドップラー幅の 2 次元分布より求まる発光層の風と温度である。

観測に用いる装置の概要は次のとおりである。
Nikkor 8mm f/2.8 の魚眼レンズを対物レンズとする全視野角 150° の光学系により天空を、3 段の MCP（マルチチャンネルプレート）を組み込んだ 2 次元光子計数装置（フォトンイメージングヘッド）の光電面に結像し、その蛍光面光学出力を CCD 素子で撮像し、フォトンカウンティング方式でデータ記録を行なう。CCD カメラからのビデオ信号は画像処理装置によりリアルタイムで二値化し、画像の重ね合わせを行なう。光学系には半角 0.72° の平行光束の部分があり、ここに有効口径 80mm 、スペーシング 12mm のエアギャップファブリーペローエタロンを挿入することにより、この装置はドップラーイメージングシステムとして動作し、エタロンを除けば高感度超広角単色 2 次元撮像装置として機能する。

講演では予備観測結果について報告する予定である。

参考文献

- Mendillo, M., and A. Tyler. Geometry of depleted plasma regions in the equatorial ionosphere. *J. Geophys. Res.*, **88**, 5778-5782, 1983.
Sipler, D.P., M.A. Biondi, and R.D. Hake, Jr., Studies of the motion of equatorial 630.0nm airglow depletions, *Planet. Space Sci.*, **29**, 1267-1272, 1981.

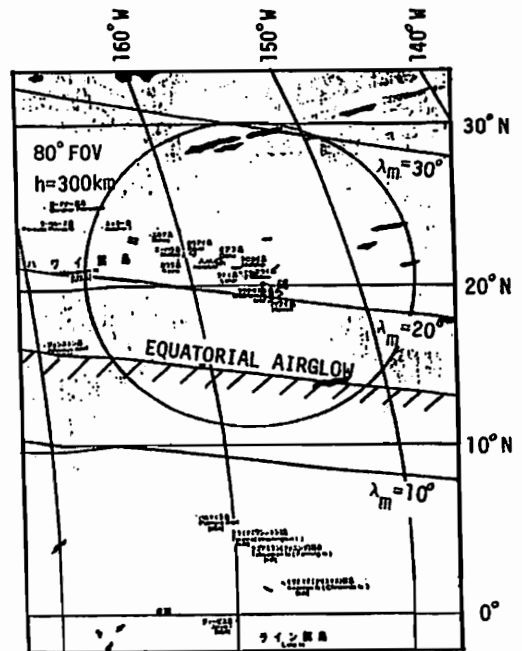


Fig. 1 Viewing circle at 300 km altitude with FOV of zenith angle of 80° from Haleakala. Geographic and geomagnetic coordinates are indicated.

インドネシアにおける夜間大気光観測 (II)

柴崎和夫・小川利紘・岩上直幹・アグス=スリフト
 (国学院大) (東大理) (LAPAN)

NIGHTGLOW OBSERVATION AT WATUKOSEK, INDONESIA (II)

SHIBASAKI K., OGAWA T., IWAGAMI N., and Agus=Suripto
 Kokugakuin Univ. Tokyo Univ. LAPAN

We present the observation results obtained for three nights from September 26 through September 29, 1989 at Watukosek balloon observatory, Indonesia. Wave-like structures moving eastward were recognized in the OI630.0nm nightglow data during this period.

インドネシアのジャワ島内 Watukosek に設置した多色掃天測光器による1989年9月26日-29日の3夜に亘る夜光測定結果を報告する。この測定器による観測としては今回が実質的に2度目である。

さらに興味深いのはOH(9,3)帯の夜光にも同様の構造が存在することである。但し、この点についてはデータ解析上問題もあり確定的ではない。

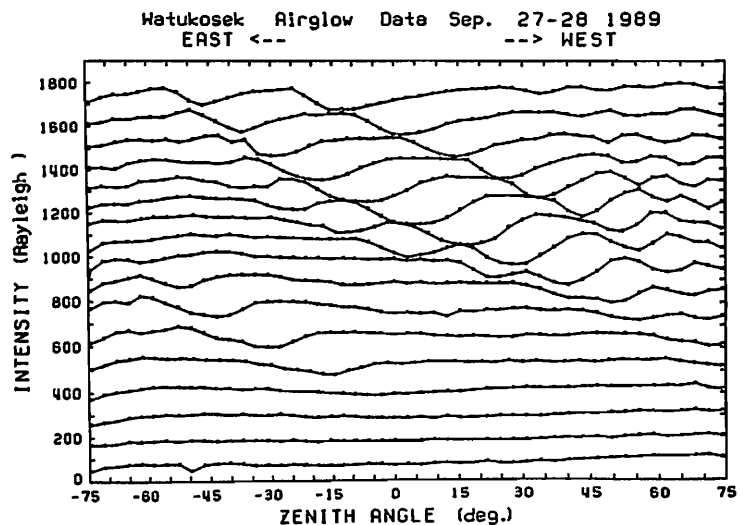
講演では微細構造の原因等についても検討する。

参考文献

柴崎・小川 第82回地球電磁気・地球惑星
 圏学会講演会予稿集

図1に観測例を示す。前回1986年12月の観測ではOI630.0nm重酸素帯カロラの増大現象が認められしたが、微細構造らしきものは存在しなかった。これに対し、図1で明らかのように、今回のデータでは波動状の構造が認められる。この構造は西→東へと移動している。3夜とも同様の現象が存在している。

図1 1989年9月27-28日の630.0nm夜光測定結果。
 時間の経過は下→上へで各測定間隔は約20分である。データは縦軸1日盛(100R)づつ基線をずらして描いてある。観測開始は約19時LTで17時24時までのデータである。



D / H 比測定用吸収セル付き真空紫外分光計の開発〔Ⅱ〕

川原 琢也、岡野 章一、福西 浩
東北大理

DEVELOPMENT OF A VUV SPECTROMETER EQUIPPED WITH ABSORPTION CELLS FOR D/H RATIO MEASUREMENT (II)

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

We are developing an engineering model of VUV spectrometer equipped with a set of absorption cells, which enables us to measure D/H ratios when it is applied to the Venusian upper atmosphere. It was confirmed that HLy α line from H₂ capillary lamp is absorbed by heating a filament within the cell containing H₂ gas. However, the level of observed absorption was much smaller than the expected values calculated for various pressure levels of H₂ gas and temperatures of the filament.

To improve this small efficiency, new cells are being developed; the whole body is made of pyrex with Teflon coating instead of stainless steel with Teflon coating.

現在、我々が感星大気探査を目指して開発中の真空紫外分光器は、水素、重水素吸収セル（121.566nm）の分離測定を行いその強度比を正確に測定する。D/H比を決定するために、H₂ガスを封じたセルの内部にとりつけられたフィラメントの衝突により原子に熱解離される。中未通光のH及びDのLy α 線がH吸収セルより選択的に吸収され、DLy α 線のみが通過する。同様にD₂ガスを封じたセルに通電するとDLy α 線が、選択的に吸収されることになる。そこで、H吸収セルとD吸収セルを光路中に直列に置き、それぞれセルをON、OFFすることにより、HLy α 線とDLy α 線を区別して検出することが可能となる。

前回の発表ではHLy α 線がH吸収セルによって吸収されることが示したが（Fig. 1）、実験から得られた吸収量は、セル内のガス圧とフィラメントの温度から計算された吸収量（Table 1）に比べかなり小さいことが判明した。この理由として、

- (1) フィラメントで解離生成した原子が、セル中の光路に到達する前に再結合により失われる
 - (2) セル壁面のテフロンコーティングのピンホールを通過した原子が、壁で分子に戻ってしまう
- などの過程で、生成されたH原子のかなり多くの部分が克服され、吸収率を上げるために新たなセルを製作し、実験を進めている。改良点は、材質をレックスからバイテックに変更し、パイロテフロンコートセルと同様に、フィラメントはセルの内部に近づくために（Fig. 2）。新しいセルを用いた実験結果について述べる。

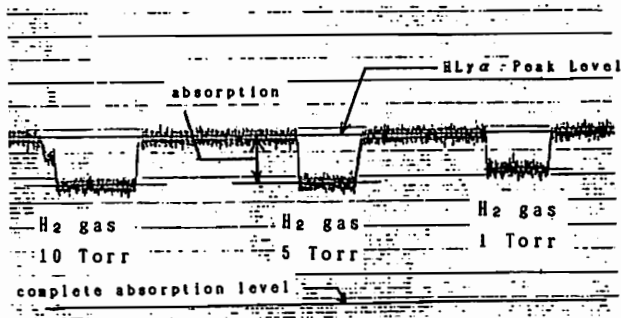


Fig. 1 Observed absorption level of HLy α emissions for H₂ gas pressure of 1, 5, and 10 Torr. Filament temperature is 1800°C.

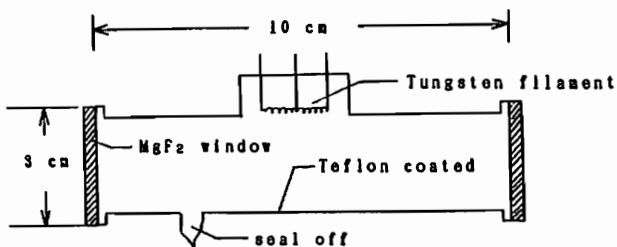


Fig. 2 Sketch of new absorption cell

Pressure (Torr)	1000K	1200K	1400K	1600K	1800K
10 ⁻¹	1	0.95	0.38	1.26-4	1.84-19
10 ⁻²	1	0.86	0.05	1.99-13	5.95-71
10 ⁻³	0.99	0.62	6.52-5	2.90-41	0
1	0.98	0.23	5.73-14	0	0
10	0.93	9.01-3	1.35-42	0	0

Table 1 Expected transmittance of HLy α line through absorption cell (cell length = 10cm) for various H₂ gas pressures and tungsten filament.

瀬戸正弘 · 北村保夫
(東北工大)

GEOMAGNETIC VARIATION MEASUREMENTS IN CENTRAL
SOUTHERN PART OF THE NORTHERN HONSHU OF JAPAN

Masahiro SETO and Yasuo KITAMURA
(Tohoku Institute of Technology)

In the Northern Honshu of Japan, the measurements of the geomagnetic variations have been carried out by many authors. However, there are some areas where measurement is not yet conducted. In order to make clear the characteristics of geomagnetic variations in such areas, we began with the measurements of the geomagnetic variations in central southern part of the Northern Honshu ($38^{\circ}\text{N}\sim 39^{\circ}\text{N}$) and obtained the distribution of induction arrows. Anomalous behaviours of the induction arrows were found out in several places.

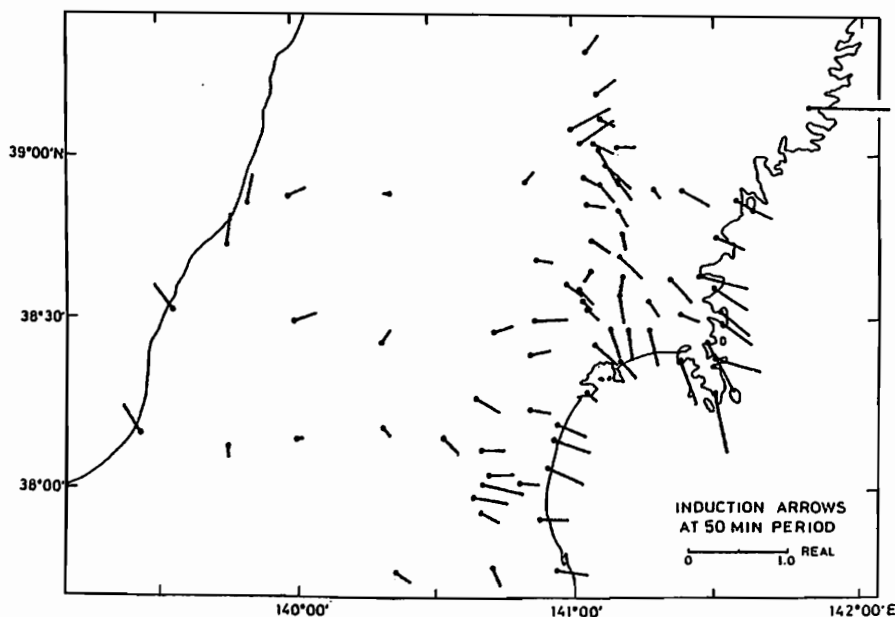
東北日本においては、MT観測を含め地磁気三成分観測がこれまで数多くの地点で行われてきている。

その結果、東北日本における地磁気変化のふるまいの概略が明らかになってきており、特に、北部および北緯約 39.5 度を中心とする中央部においては、それらを説明するための解析が精力的になされ、太平洋の影響が明らかにされると共に、電気的內部構造が求められている。

しかしながら、詳細に見ると東北日本の全ての地点で観測が行われたとはいえず、更に詳細な東北日本における電気的內部構造を考察するには観測空白地域での密な観測が必要と思われる。

我々はそのような領域の一つである東北日本中央南部（北緯約 38 度と約 39 度の間）を観測領域に選び、宮城県を初め岩手県南部など現在までに太平洋側から日本海まで多くの地点で地磁気三成分観測を行っている。

周期 50 分の突部変換関数を用いて、各観測点において得られたインダクション・ベクトルを図に示した。図にはこれまでに得られていた宮城県などにおけるベクトルも併せて示してある。また、図に示した地域においては他の研究者により得られているベクトル分布もあり、同地域の地磁気変化の様子はかなり詳細に検討できるとと思われる。



Location of the geomagnetic variation stations and induction arrows at 50 min period in central southern part of the Northern Honshu

D21-02 海成粘土層露頭地域における 自然電位連続観測

領木 邦浩
(上神谷高)

VARIATIONS OF SPONTANEOUS POTENTIAL ON THE OUTCROPPING THE MARINE CLAY

Kunihiro RYOKI

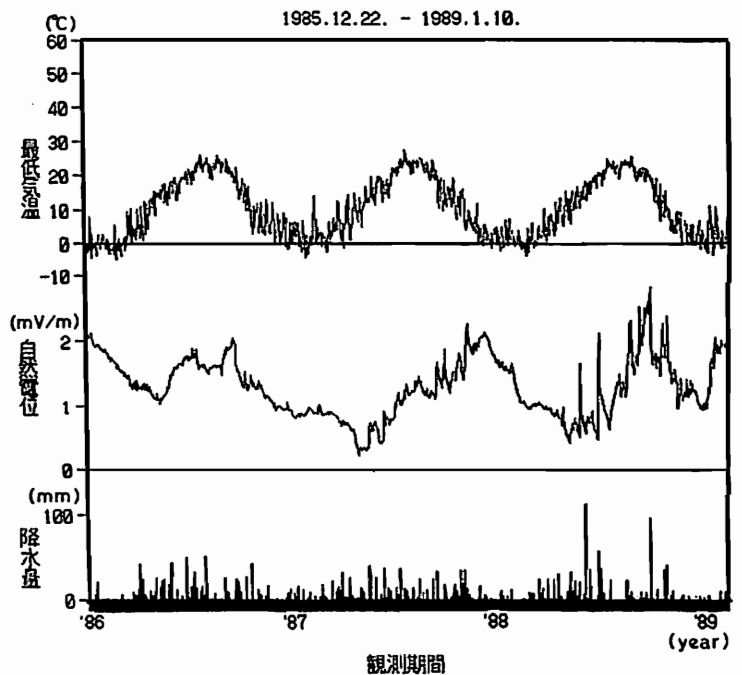
Niwadani High School

EW component of spontaneous potential (SP) is continuously observed at the area out-cropping marine clay of the Osaka group. This marine clay includes pyrrhotite, pyrite or other sulphide minerals. As oxidation-reduction phenomena are expected actively in these area, the variation of SP is higher than other areas. The variation of SP is noticed yearly periodic changing. That phase is lagging behind the minimum atmospheric temperature about 85 days. The author is thinking that no relations between the precipitation and the variation of SP exist on long periodic changing from out of phase.

1985年12月22日より、大阪層群の海成粘土層 Ma1・Ma2が露頭する観測値（大阪府堺市・泉北丘陵南部）で自然電位EW成分の連続観測を行っている。海成粘土層には磁硫鉄鉱 FoS や黄鉄鉱 FoS_2 などの硫化鉱物が比較的多く含まれていて、風化に伴う酸化還元現象による電気的性質の活性化が見込まれる。下図は自然電位の変化であり、気象観測点「堺」における最低気温及び降水量を併せて描いてある。

自然電位の変化には明らかに年変化が認められる。これは最低気温の年変化に比べて位相が約85日遅れている。自然電位観測点に分布する含水砂質粘土の熱伝導から考えると、外気温の年変化の影響はたかだか数mの深さまでであり、自然電位の位相はこの深さにおける理論的な地温変化の位相に一致している。また、大阪では降水量が夏季に多く、冬季に少ない。降水によって自然電位に与えられる影響の原因としては、降水に含まれる溶存酸素総量の変化による酸化還元電位の変化と流動電位

の変化が考えられる。いずれも降水量の変化とそれによる自然電位の変化成分は同期することが期待される。しかし、図からわかるように両者の位相がずれており、自然電位の長期的変化はあまり降水量に関係しないようである。



小嶋美都子
地磁気観測所

森 俊雄
地震観測所

高山寛美
気象研究所

ANALYSIS OF THE EARTH-POTENTIAL DATA WITH BAYTAP-G

on the role of the Z-component of the geomagnetic field as associated data

Mituko Ozima¹⁾, Toshio Mori²⁾, Hiromi Takayama³⁾

- 1) Kakioka Magnetic Observatory
- 2) Matsushiro Seismological Observatory
- 3) Meteorological Research Institute

The geoelectric observation which had been started in March, 1985 at Mito (Fig.1) has been almost terminated in August, 1989. With the use of BAYTAP-G, we have re-analyzed the hourly mean values of those earth-potential data throughout the interval of observation of about four and a half years. The hourly mean values of the three (X, Y, Z) components of the geomagnetic field at Kakioka were used as associated data for which induced electric field was calculated. We found that our previous report was incorrect and that the use of the Z-component as the third associated data does always improve the separation of the induced component as far as our data are concerned (Fig.2). If we use the geoelectric data obtained at BSOBS as the third associated data instead of Z-component, the separation of the induced component was further improved.

1985年3月から開始した水戸NTT通信施設を利用した長基線地電位観測(第1図)は、1989年7月にIS1-MTOが、8月にKSM-MTOが切断されたことによりほぼ終了した。この4年半に得られたデータをどうしてBAYTAP-Gを用いて解析しなおし、パラメータの選択も含めて再検討した。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、データ及び並行観測値には毎時平均値を使用した。

前回1988年内にZ成分の応答係数が極端に小さくなる期間があることを報告したが、これは間違いであったことが判明した。全期間を通して月毎に求めたZ成分の応答係数を第2図に示した。X, Y成分の他にZ成分を用いると、Z成分を用いない場合に比べて常にABIC値が小さくなる。また、Z成分の代わりにJMAによる房総沖海底地震常時観測システム(BSOBS)を利用した海底地電位を用いると、更にABIC値が小さくなることが分かった。

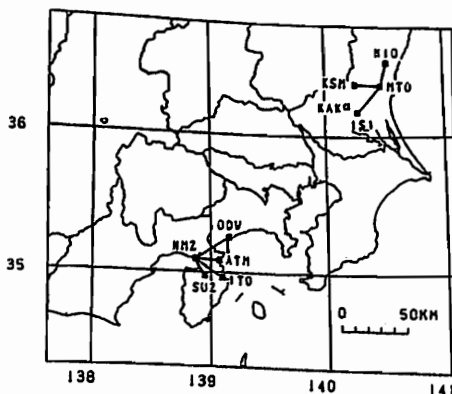


Fig.1
Observation networks for the geoelectric field with a long electrode span.

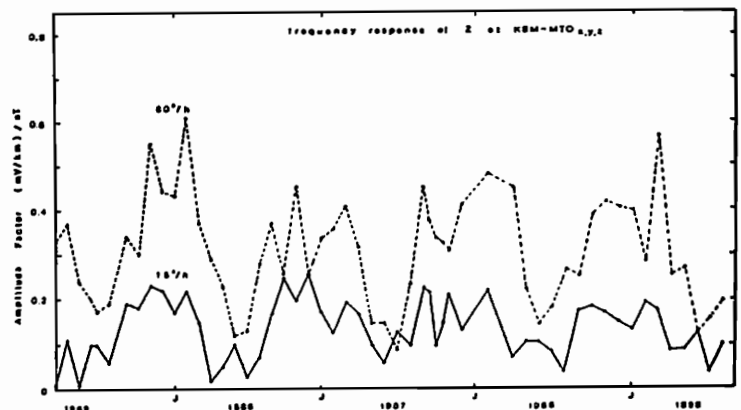


Fig.2 Frequency response coefficient of Z-component of the geomagnetic field.

Development of a new Self-contained Deep-Towed Proton Magnetometer System
and Preliminary Result of the Deep-Towed Observation of Magnetic Anomaly M9

KEIZO SAYANAGI, ATSUSHI OSHIDA, MASAO NAKANISHI, AND KENSAKU TAMAKI
Ocean Research Institute, University of Tokyo, Japan

We developed a deep-towed proton magnetometer system which uses a proton magnetometer with the internal digital memory. The purpose of this paper is to present the ORI-DTP I (Ocean Research Institute Deep Tow Proton-magnetometer I) which is the first system in our laboratory and to report the result of the survey over Anomaly M9 to the east of the Izu-Ogasawara trench. The system is quite simple in operation and low in the production cost. About 5700 magnetic data can be gathered at a shallower depth than 6500 m by using the system. Results of the survey show that magnetic field intensities in the deep sea water and at the sea surface have a 20 km wavelength and amplitudes of 380 nT and 170 nT respectively, with a substantial difference between them.

深海曳航式プロトン磁力計は、海洋性地殻の磁化構造を調べるための有力な武器の一つである。我々はデータ記録用メモリ内蔵のプロトン磁力計を利用して、オフライン方式の深海曳航式プロトン磁力計システムを開発した。ここでは本システムの第1号機であるORI-DTP I (Ocean Research Institute Deep Towed Proton-magnetometer I) システムの概要とこれを用いた伊豆・小笠原海溝の東に存在する地磁気縞状異常M9の観測結果を報告する。

本システムの大きな特徴は、(1)非常にシンプルなシステムである、(2)曳航索に鋼鉄製ワイヤを使用するという2点にある。これらにより従来のオンライン方式のものに比べて次のメリットを持つことができた。(1)によって操作が非常に簡単になりまた製作費が安価になった。(2)によって深度5000から6000mの深海曳航に必要な非常に長い曳航索(10000m以上)を確保することが容易になった。以下にシステムの概要を簡単に説明する。本システムは磁力計と深度計(センサを含む)を搭載した耐圧容器及びプロトンセンサから構成される。磁力計はジオメトリクス社製プロトン磁力計(モデルG856)である。深度計にはKYOWA製PAV-500K圧力センサが使われている。プロトンセンサは15mのアーマードケーブルで耐圧容器と接続されている。曳航方法は海底に接触させないということを除けばドレッジの場合とほとんど同じである。すなわち耐圧容器の先端に鋼鉄製ワイヤを接続して深海を曳航する。曳航体の位置はワイヤの先端から15mのところにつけたトランスポンダによってモニターする。曳航中測定された地磁気と曳航体深度のデータは耐圧容器の中の磁力計と深度計のそれぞれのメモリに記録される。磁力計のメモリ容量は約5700回、深度計の方は1600回の測定回数分である。このシステムの耐圧深度は

6000mである。

1989年6月25日、KH89-1次白鳳丸航海において本システムを使った初めての深海地磁気調査が行なわれた。測線は伊豆・小笠原海溝東側にある地磁気縞状異常M9(N33°43'、E143°01')にほぼ直交する方向(N35W)で、その長さは17マイルであった。調査海域の海底地形はほぼ平坦であり、水深は5190mから5420mであった。耐圧容器の最大深度は2820mであった。深海曳航式プロトン磁力計とそれと同時に海上を曳航したプロトン磁力計によって得られた地磁気の両側振幅(山と谷)はそれぞれ380nTと170nTであった(Fig. 1)。また波長は20kmであった。

以上に述べた通り我々の開発と調査は一応の成功を収めた。今後ソフトとハードの両面でこの研究をさらに発展させる予定である。具体的に言うと、ソフト面では得られたデータから古い海洋地殻の磁化の強さや磁化層の厚さについて考察する。またハード面では深海プロトンを(1)いかに深く曳航するか(2)いかに安定に曳航するか(3)いかに速く曳航するか(3)の三つの課題に取り組む。

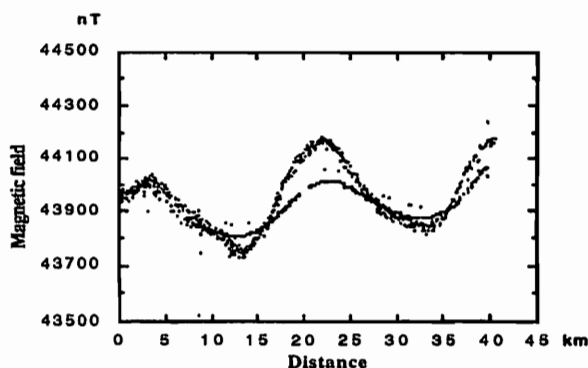


Fig. 1 Profiles of magnetic total field intensities obtained by the deep-towed and surface-towed proton magnetometers.

野木 義史 (気象研究所) 島 伸和 (神戸大自然科学) 伊勢崎 修弘 (神戸大理)
 船木 實 (極地研) 神沼 克伊 (極地研)

VECTOR ANOMALIES OF THE GEOMAGNETIC FIELD MEASURED BY STCM BETWEEN ANTARCTICA AND AFRICA

Yoshifumi NOGI¹⁾, Nobukazu SEAMA²⁾, Nobuhiro ISEZAKI³⁾, Minoro FUNAKI⁴⁾, Katsutada KAMINUMA⁵⁾
 1) Meteorological Research Institute
 2) Division of Environmental Science, Graduate School of Science and Technology, Kobe University
 3) Faculty of Science, Kobe University 4) National Institute of Polar Research

The three components of the geomagnetic field were obtained between Antarctica and Africa across the Enderby Basin and the Southwestern Indian Ridge during the 30th Japanese Antarctic Research Expedition. The directions of the geomagnetic anomaly lineations were determined by using the anomaly vectors of the geomagnetic field. Five regions were characterized by the wavelength of the geomagnetic anomaly and the directions of magnetic lineations, in addition to fracture zones. Our results suggest that it is possible to provide new constraints for the evolution of the Southwestern Indian Ridge.

南極とアフリカの間を横切っているSVIR(Southwestern Indian Ridge)には、多くのフラクチャー・ゾーンが存在し、またその周辺には多くの海台が存在している。このことは、この地域の発達史が複雑であった事を示している。特に、Conrad Riseの南側、Kerguelen Plateauの西側及び南極とにによって囲まれたEnderby Basinに関しては、地磁気縞模様線の走向やその年代同定はほとんどわかっていない。この地域を説明していく事は、 Gondwana大陸の復元やインド洋の形成に関して貴重な情報を与える。

第30次南極地域観測において、南極とケープタウン間2測線で船上地磁気3成分測定を行った。両測線ともSVIRとEnderby Basinを横切り、南側では地磁気縞模様線の走向とその年代がほとんどわかっていない地域を横切っている。船上地磁気3成分の解析は、Isezaki (1988)に従って行った。解析によって得られた地磁気の鉛直成分の異常をFigure 1に示す。もし磁化物体が2次元であるならば、その磁化物体の走向に平行な成分の異常が検出されないはずである。これを利用して磁化物体の走向を求めた(Fig.2)。Figure 2では測線上に示された磁化物体の走向を示す線が、長ければ長いほど2次元性が強いことを示している。

これらの結果を基に、この地域を5つの区域に分けた。
 ◎区域1…西側の測線60°S~46°S, 東側の測線55°S~46°S
 磁気異常の波長が短く、ほぼEWの安定した走向を持つ。そ

の走向は、今まで報告されている磁気異常縞模様線の走向とよく一致する。

◎区域2…東側の測線60°S~55°S

磁気異常の波長が長く、ほぼNNE-SSWの走向を持ち、多くのフラクチャー・ゾーンが存在する。その走向は、フラクチャー・ゾーンの延びている方向とほぼ一致する。

◎区域3…西側の測線60°S~63°S, 東側の測線60°S~63°S

磁気異常の波長が長く、NSまたはNNE-SSWの走向を持ち、フラクチャー・ゾーンが存在しない。その走向は、今までに報告されていない。

◎区域4…西側の測線63°S以南, 東側の測線63°S~64°S

磁気異常の波長が区域3より短く、WNW-ENEの走向を持つ。その走向は、Dronning Maud Land沖のM系列の磁気異常縞模様線の走向とよく一致する。

◎区域5…西側の測線及び東側の測線46°S以北

磁気異常の波長が長く、EW及びNSの走向が混在する。その走向は、Aghulas Basin magnetic bightとフラクチャー・ゾーンの両方の影響を受けていると考えられる。

この今回の観測で明らかになった5つの区域の特徴と現在までの知見から、この地域の海底拡大の方向等を議論する。特に区域3の走向は、この地域の発達史に新しい制約を与える可能性を示唆するものである。

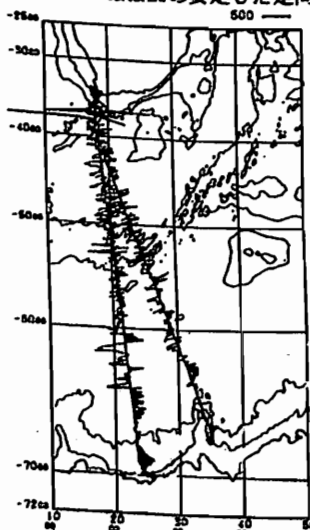


Fig. 1 Geomagnetic anomaly profiles of downward component along the ship tracks. Bathymetric features based on ETOP05 and WORLD. The contour interval is 2000m.

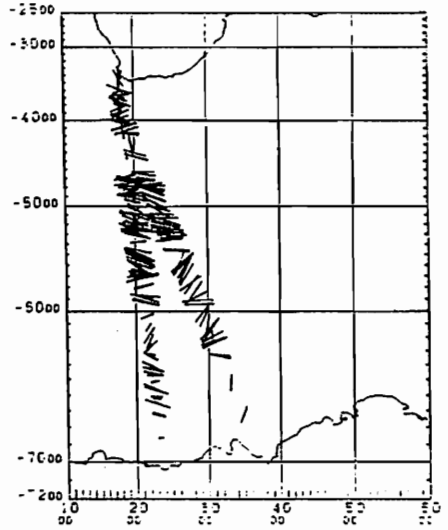


Fig. 2 Lination direction diagram along the ship tracks. Solid lines show the directions of magnetic lineations.

■ G 会場

G11-01～G32-15

日米共同ロケット実験による電場計測（速報）

早川基、河野祐一、松岡彩子、鶴田浩一郎
宇宙科学研究所

Electric Field Measurement at/around Auroral Arc by BB-12 Sounding Rocket

H. Hayakawa, Y.-I. Kohno, A. Matsuoka, and K. Tsuruda
The Institute of Space and Astronautical Science

To investigate the break up time auroral phenomena up to 1000 km, a sounding rocket will be launched from Poker Flat (Alaska) in February 1990 collaborating with U.S. group (UC Berkeley). For the comparison of the electric field obtained by the double probe method and by the ion boomerang method, this rocket carries the both type electric field detectors. The electric field detector using ion boomerang method (EFD-B) is essentially the same as that of S-520-12 which will be launched from Andoy (Norway) also in February 1990. The preliminary result obtained by the EFD-B will be reported.

真夜中のオーロラのブレイクアップに伴う諸現象の解明を主目的として日米共同ロケットが1990年2月にアラスカのポーカークラットより打ち上げられる予定である。このロケットは4段式のBB-12型ロケットを用いて約1000kmの高高度まで観測を行う予定であり、磁場計測器、粒子計測器、波動計測器、及び電場計測器が搭載されている。このロケットでは従来より用いられているダブルプローブ法による電場計測と近年我々が開発した荷電粒子を用いたブーメラン法による電場計測との比較を行うために米国カリフォルニア大学バークレー校のグループによる電場計測器と我々が開発した電場計測器(EFD-B)の2種類の電場計測器が搭載されている。本講演では我々が担当しているEFD-Bの機器構成及び観測結果の速報を行う予定である。

EFD-Bはリシウムイオンによるブーメラン法を用いており、イオン銃、検出器、及び処理回路とから構成されている。基本構成はノルウェーのアンドーヤから打ち上げられるS-520-12号機と同様に出来ているが、1000kmという高高度まで観測を行うため周辺のプラズマ密度の低い領域を通過することが予想される。その様な領域では、ロケットが自然に架められるプラズマ電流はあまり多くないためにイオンビーム電流が大きいとプラズマ電流の最大値を越えてしまう事がある。この様なことが起きるとロケットの周辺プラズマに対する電位は急激に変化し、イオンビームのエネルギーと同じ電位にまで上昇してしまうこともある。この様なことの無い様にビーム電流をイオン銃1つにつき100nAに抑えていることと、変調をかけたビームの波動観測に及ぼす影響を見るために、4秒毎にビームのオンオフを行っている点が異なる。また、スピン周波数は0.7Hzが予定されているので、データの取得頻度は約700ms間隔が期待される。(電場計測の時間・空間分解能等については河野その他の予稿を参照の事。)

ロケットを用いたディスクリットアークに伴う電場の計測はこれまでも数多くなされているが、いずれもダブルプローブ法を用いた観測であり、イオンビーム法を用いた観測はこれが最初である。ロケットに於けるダブルプローブ法による電場観測では、衛星に於けるそれと異なりプローブ間の距離が長く取れない(せいぜい3~5m)、ウェイクの影響を受け易いなどの欠点があり観測法として確立されていない。例えば、3mのプローブと5mのプローブで同時観測を行っても結果が一致しない等、これまであまり信頼のおける観測が成されていないのが現状である。イオンビーム法ではウェイクなどのロケット周辺の擾乱には殆ど影響されないので、信頼の於ける電場計測が行えるものと期待できる。また今回はダブルプローブ法による電場計測器も同時に搭載されているので得られたデータをイオンビーム法のデータで校正することによりディスクリットアークに伴う電場構造についての理解が一層深まることが期待できる。

極域電離圏における低エネルギー粒子の観測

<<ノルウェー・アンドーヤでのS-520-12号機ロケット実験速報>>

町田忍、平原聖文、斎藤義文、向井利典
(宇宙研) (京大理) (京大理) (宇宙研)Initial Results of Low Energy Plasma Instrument aboard S-520-12
Rocket Launched from Andoya, Norway

S. Machida(*), M. Hirahara(**), Y. Saito (**), T. Mukai(**)

(*) Institute of Space and Astronautical Science

(**) Faculty of Science, Kyoto University

A generic summary of recent S-520-12 rocket low energy plasma experiment is given. A quadrispherical electrostatic energy analyzer, magnetic energy analyzer and new type ion mass energy spectrometer were fabricated and boarded. The signals from these sensors were processed by common electronic unit and telenetered down to the ground station. The rocket was launched from Andoya Rocket Range into a typical morning-side pulsating aurora. A brief review of our preliminary results is also given.

本講演では本年2月下旬にノルウェー・アンドーヤ基地(磁気緯度 $67^{\circ}15'N$)で打ち上げられたS-520-12号機の粒子観測器の全体的な構成と得られた結果の簡単な紹介を行う。対象とするオーロラは朝方に出現するパルセーティンオーロラと称されるものである。我々は観測領域の特性を考えあわせて

- 1) $1/4$ 球型静電アナライザー (ESA)
- 2) 磁界型エネルギーアナライザー (MGA)
- 3) イオンエネルギー質量分析器 (IMS)

上記3種のセンサーを製作・搭載した。ESAおよびMGAは電子観測用で、前者は3次元速度分布関数、後者は4種の固定エネルギーチャンネルにおける電子フラックス変調を高時間分解能で測定するためのものである。IMSは高エネルギーおよび背景の熱的イオンの質量分析と精密な3次元速度分布の測定を行なう機器である。

ESA・MGAではチャンネルトロンを用いてカウントパルスを生じている。次段のチャージアンプ波形整形・ディスクリミネータを経たパルス列をカウントして電子フラックスを求める。IMSではイオンのカウントパルスがMCP上のどの位置に結像するか知る事によって質量分析するが、このため、アノードの3出力のパルス高を正確に測る必要がある。ディスクリミネータに続く演算部でフラッシュA/Dを用いた位置計算、則ち、質量分析が行われる。ESA・IMSの静電

アナライザー部には応答時間の短い高圧電源の出力を印加して測定粒子のエネルギーを時間的に掃引する。これらのタイミングおよび掃引データは8ビットCPUで管理されD/Aを介して高圧コントロールがなされる。テレメータデータの送出も一部はCPUで管理されている。また、チャンネルトロンやMCPにも一定の高電圧が印加されるが、これらの高圧電源がONとなって観測モードに入るのはロケット発射後およそ200秒である。

MGAセンサーを用いた降下電子のフラックス変調の観測からパルセーティングオーロラ脈動のフェーズや磁気圏中の電子散乱の起こる場所を知る事ができる。また、ESA、IMSによって、電子およびイオンの3次元分布関数を求めることが可能であるので、パルセーティングオーロラに伴った電流キャリアーの問題や高エネルギーイオン降下の問題、低高度電離圏におけるTAI発生の可能性等に関して研究を進める予定である。(これらの詳細な議論は本講演予稿集、Hirahara et al. および Saito et al. の論文を参照されたい)

電離圏高度におけるイオンのエネルギー及び組成観測

(ノルウェー・アンドーヤでのS-520-12号機ロケット実験速報)

平原 聖文、 向井 利典、 町田 忍、 斎藤 義文
(京大理) (宇宙研) (宇宙研) (京大理)

Observations of Ion Energy Spectra and Compositions in the Dawnside Auroras
with S-520-12 Rocket Launched from Andoya In Norway

HIRAHARA Masafumi, MUKAI Toshifumi, MACHIDA Shiobu, SAITO Yoshifumi
#1 #2 #2 #1

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

We plan to observe the ion energy spectra and compositions at ~300km-altitudes in the ionosphere with S-520-12 rocket launched from Andoya in Norway. Although there have been only a limited number of reports concerning the ion measurements in the dawnside diffuse (pulsating) auroras, the observations are important for understanding of particle precipitation mechanisms, the loss processes (e.g. charge exchange). We will describe the characteristics of the onboard Ion Energy-Mass Spectrometer (IEMS) and report on the preliminary results of this rocket observations.

宇宙科学研究所では、1990年2月下旬に、ノルウェーのアンドーヤ（磁気緯度66°07'N, 磁気経度254°55'E）において、S-520-12号機ロケット観測計画を進めてきた。本講演では、その中の低エネルギープラズマ観測、特に電離圏・磁気圏結合に関与するイオンの、エネルギー・質量分析用観測機器の特性と、その観測データの解析結果について報告する予定である。

これらの領域では、数100eVから数keVの降下イオンがしばしば観測されるが、これらはプラズマシート内でビッチ角散乱された磁気圏イオン、あるいは共役点から沿磁力線電場により上向きに加速された電離圏イオンが再度電離圏に降り込んで来たものと考えられている。「あけぼの」等、衛星高度では多数の観測事実があるが、ロケット高度でのイオンのエネルギー・組成の観測報告は少ないため、この粒子降り込み機構とその荷電交換反応等による損失過程に関する現象に重点を置きたい。

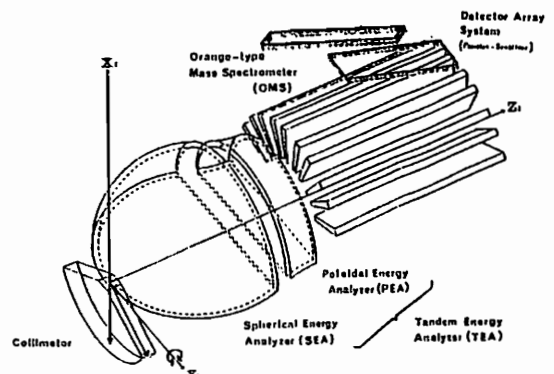
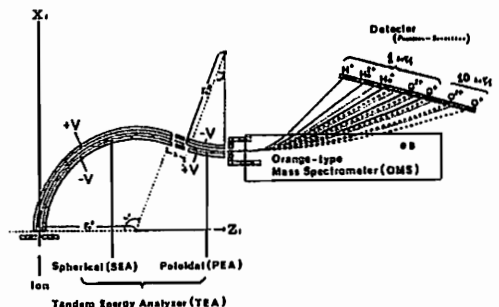
また、300km前後という低高度と、比較的静かなオーロラ現象を観測対象にしているという理由から、かなり難しいと思われるが、TAI現象測定を目的にした観測モードも組み入れている。TAIは高高度で見受けられるイオン・コンニクスの最有力候補である事から興味深い。

以上の比較的高エネルギーの粒子の他に、より低温のエネルギーイオン（数eV）を対象にしたエネルギー・質量分析も予定している。

以上の観測目的に見合うため、本イオン観測器では次の様な性能を実現させた。これは我々が将来の磁気圏探査のために開発してきた、イオンエネルギー・質量分析器（Ion Energy Mass Spectrometer: IEMS、右図参照）を今回のロケット実験の仕様と適合する様に、エネルギー範囲の変更、視野角数の限定等の修正がなされているが、高時間分解能、広い視野角を持つ点では、前回まで学会で報告してきた機器と本質的な差異は無い。

- ① 視野角は、
ロケット自転軸に対し、30°と90°の2方向。
- ② エネルギー範囲は、
3eV~7.5eV : S-Mode、
50eV~300eV : T-Mode、
1keV~16keV : P-Mode。

- ③ 質量範囲は、
4 AMU以上 (H e⁺~O₂⁺) : S-Mode, T-Mode、
1 AMU以上 (H⁺~O⁺) : P-Mode。
- ④ 時間分解能は、
約4秒 : S-Mode、
約2秒 : T-Mode, P-Mode。
- ⑤ 角度分解能は、約10°×10°。
- ⑥ エネルギー分解能は、
3eV~7.5eVを4段階に分割 : S-Mode、
約50eV : T-Mode、
測定エネルギーの約10% : P-Mode。



図・1

《ノルウェー・アンドーヤでの
S-520-12号機ロケット実験速報》

新藤義文(京大理) 町田忍(宇宙研) 平原聖文(京大理) 向井利典(宇宙研)

S-520-12 OBSERVATION OF
ELECTRON FLUXES IN A PULSATING AURORA

Y. SAITO(*) S. MACHIDA(**) M. HIRAHARA(*) T. MUKAI(**)

(*) Faculty of Science, Kyoto University

(**) Institute of Space and Astronautical Science

Two complementary instruments, a 90°-spherical electrostatic analyzer (ESA) and a magnetic analyzer (MGA) were carried by the rocket S-520-12 in order to study the source and mechanisms of electron precipitation producing pulsating auroras. We can obtain electron energy and pitch angle distributions with ESA in which energy is scanned from 10 eV to 16 keV in 32 steps. On the other hand, MGA measures precipitating electron fluxes at four fixed energy channels simultaneously and separately with 20 msec time resolution. In this paper we will report preliminary results obtained by these two instruments.

パルセーティングオーロラの発光が2秒～20秒の周期で強度の変化する電子フラックスによって引き起こされることは過去に行われたロケット実験や地上観測からよく知られている。今回のS-520-12号機北極ロケットの目的は、パルセーティングオーロラに関与する電子フラックスのエネルギー、ピッチ角分布及びこれらの時間変化ならびに空間構造を調べることにある。

このための観測器として、1/4球型静電分析器(ESA)(Fig. 1)と磁界型分析器(MGA)(Fig. 2)が搭載された。ESAは、スピン軸に対して30°、90°、150°の3つの視野方向を持っており、10 eV～16 keVのエネルギーの電子フラックスを測定することによって、電子の分布関数を求めることが出来る。しかし、ESAは測定電子フラックスのエネルギーを弁別するためにエネルギー掃引(32ステップ)を必要とし、時間分解能は640 msecとなる。一方、MGAはスピン軸方向の視野を持ち、磁石の間に電子を通すことによって1 keV～25 keVまで4つの異なるエネルギーの電子フラックスを同時測定する。MGAはエネルギー掃引を必要としないため、時間分解能は20 msecと高く、電子フラックスの細かい時間変動を測定することが出来る。

本講演では、これら2つの観測器の特性、及び得られたデータの速報を行う。

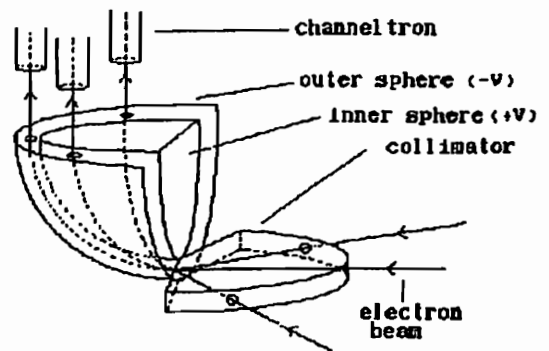


Fig. 1

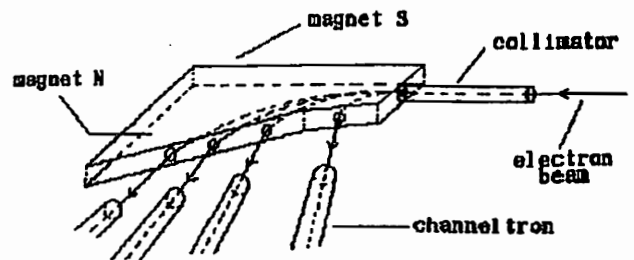


Fig. 2

高緯度午前領域における沿磁力線電流の南北半球非対称性

福西 浩 (東北大学理学部)

HEMISPHERICALLY ASYMMETRIC FIELD-ALIGNED CURRENT SYSTEMS IN THE HIGH-LATITUDE PRENOON REGIONS

H. Fukunishi

Upper Atmosphere and Space Research Laboratory, Tohoku University

The relationships between field-aligned currents and particle precipitation in the high-latitude prenoon region have been studied using DMSP F7 particle and magnetic field data obtained from 680 passes in the period of December 1-31, 1985. It has been found that in the northern hemisphere for $B_y > 0$, downward region 1 field-aligned currents flow along the field lines of the cusp region determined from the particle data, while traditional "cusp" field-aligned currents flow along the field lines which lie poleward of the cusp region. This current pattern reverses symmetrically in the southern prenoon region and also for $B_y < 0$. These results suggest that the main driving source of dayside FAC's are located on the dayside and nightside magnetopause.

Bythrow et al. (1988) は、DMSP F7 と HILAT により 1984年11月1日に観測された粒子・磁場データを用い、カusp領域の沿磁力線電流 (FAC) と降下粒子の関係を詳しく調べた。その結果、カusp降下粒子領域は、Region 1 FAC領域に対応すること、従来考えられていたCusp FACはPlasma Mantle に対応するとの考えを提案した。

しかし、彼らの結果は IMF が $B_y > 0$ (約 10 nT) であった 1984年11月1日に観測された3例にもとづいたものであり、これらの結果がどの程度一般性をもつかという検討はなされていない。そこで1985年12月1 - 31日の間にカusp領域を通過した680パスの DMSP F7 衛星で観測された粒子と磁場データを用い、FAC と降下粒子の関係を調べた。特に、南北両半球の連続軌道データを比較することにより、FAC の共役性を詳しく調べた。

その結果次のことが明らかとなった。

- 1) Preenoon 領域 (9-12 MLT) の FAC は IMF B_y コントロールを強く受けている。
- 2) $B_y > 0$ では北半球において、下向き Region 1 FAC がカusp型降下粒子領域に、上向き Cusp FAC がマントル型降下粒子領域に対応するが、南半球ではそれぞれの領域で電流の向きが逆転する (Fig. 1)。
- 3) $B_y < 0$ では南半球と北半球で、2)の関係が逆転する。

上記の結果は従来出されていた対流パターンの B_y 依存性では説明されず、昼側 Region 1, Cusp FAC の主要な駆動源が昼側および夜側の Magnetopause にあることを強く示唆する。

謝辞: DMSP磁場データを供給していただいたAFGLの F. J. Rich 氏と、DMSP 粒子データを供給していただいた国立極地研究所オーロラデータセンターに謝意を表します。

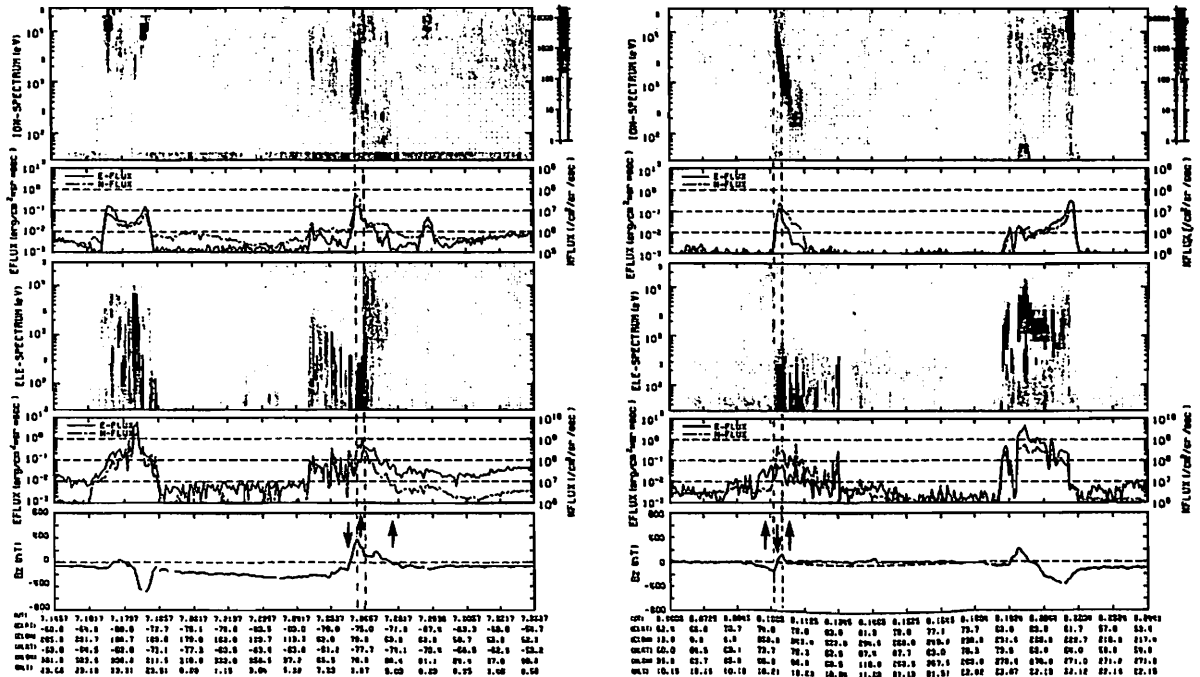


Fig. 1. Electron and ion precipitation regions and FAC's observed by DMSP-F7 on December 18, 1985.

DMS P 衛星粒子データから推定される オーロラアークのソース領域

塩川和夫、 福西浩
(東北大理)

Source Regions of Auroral Arcs Inferred from
the DMSP F6 and F7 Particle Data

K. Shiokawa, H. Fukunishi
Upper Atmosphere and Space Research Laboratory, Tohoku University

To investigate the source regions of discrete auroral arcs in the magnetosphere, we analyze particle and aurora image data obtained from the DMSP-F6 and -F7 satellites. The intensity of auroral emissions for 5577 Å, 6300 Å and N₂(1PG) are calculated from the observed accelerated downward electron fluxes to show that the fluxes of precipitating electrons are sufficient for the formation of auroral arcs. Then, the electron densities and thermal energies of these electron fluxes in the magnetospheric source regions are estimated by fitting the accelerated Maxwellian distribution function to the observed electron energy spectra. The global distributions of magnetospheric electron densities and thermal energies for magnetic quiet and active periods are obtained by selecting 514 and 551 electron precipitation events, respectively. Discussions about the magnetospheric source regions of auroral arcs are made based on these distribution maps.

オーロラアークの磁気圏側ソース領域の同定は、磁気圏-電離圏結合系を考える上で重要な問題であるが、朝側や昼側、極冠域のアークのソースに関してはまだよくわかっていないのが現状である。本研究では、DMSP-F6、-F7衛星で観測された加速された降下電子データから、5577 Å, 6300 Å, N₂(1PG) (可視域) の発光量をモデル計算することにより、アークを形成し得る電子の降り込みをピックアップした。さらにこの電子のエネルギースペクトルに accelerated Maxwell 分布を fit することにより、これらの降り込みの磁気圏側ソースの電子温度と密度を推定した。Figure 1 (a), (b) は、AE Index で見て数百 nT にのぼる active な期間と大部分が 50 nT 以下の quiet な期間において、DMSP 衛星で観測されたそれぞれ 551、514 データの加速された電子の降り込み (inverted-V の様な一連の降り込みを 1 データとしている) に対して、上の方法で推定した電子密度の polar plot である。更にこれと同様に電子温度の global な分布も得られた。これらの分布図の特徴は以下のようにまとめられる。

1、夜側の強いアークを光らせる降り込みは active な場合は真夜中から夕方側 (17 - 8 MLT) に広くひろがるが、quiet な場合は真夜中周辺 (21 - 24 MLT) にのみ観測される。磁気圏電子密度は 100 eV 以上の高い値を示すが、電

子密度は 0.3 cm⁻³ 以下と他の領域に比べて低い。これは強い沿磁力線加速による磁気圏プラズマの電離圏への loss のためと考えられる。Winningham et al. (JGR, 80, 3148, 1975) が指摘したように、夜側の PSBL がこの領域のソースと考えられる。

2、昼側のカスプ周辺では、とくに quiet な時にソースの電子密度が大きく (1.5 cm⁻³ 以上)、電子温度が低い (40 eV 以下) 降り込みが数多くみられる。これらの降り込みのうちカスプより低緯度側のは LLBL に、高緯度側のは plasma mantle にそのソースを持つと考えられる。この plasma mantle の降り込みは特に quiet な時には極冠域の中にまで及んでいる。

3、朝側及び quiet な時の夕方側では、ソースの電子温度の高いものと低いものが混在している。電子温度も同様にはらつくが、全体的に夜側の温度よりも低い。電子密度の高いものは、夜側の tail の LLBL や plasma mantle のプラズマであると推定される。一方電子密度の低いものは、PSBL のプラズマが tail flank の方向へ膨らんだものと考えられる。

謝辞: DMSP 粒子データを供給していただいた国立極地研究所オーロラデータセンターに厚く謝意を表します。

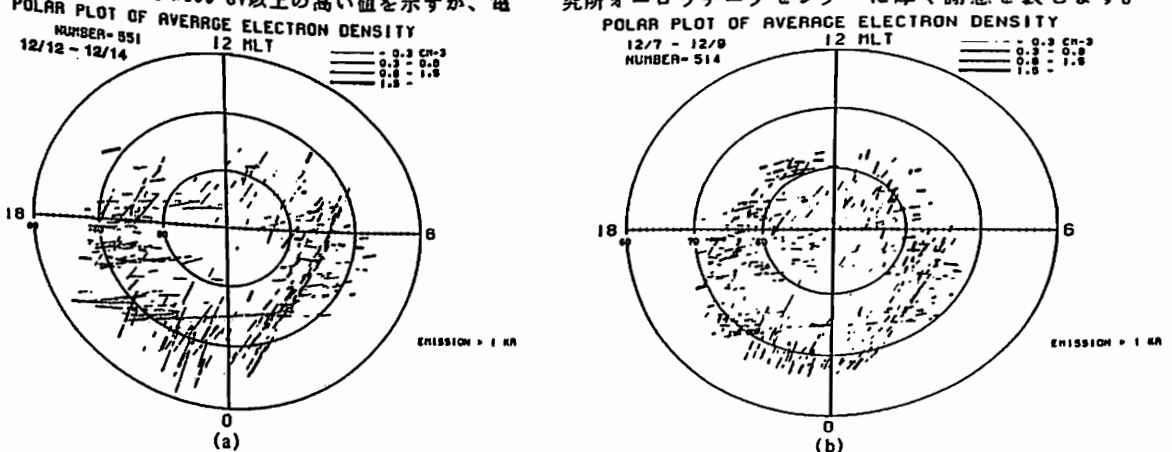


Figure 1 Polar plots of the electron densities of auroral arcs in the magnetospheric source regions for (a) active period (Dec. 12-14, 1985) and (b) quiet period (Dec. 7-9, 1985). These values are inferred by fitting the accelerated Maxwellian distribution functions to the downward electron energy spectra obtained by the DMSP-F6 and -F7 satellites.

PATTERNS OF ELECTRON AND ION PRECIPITATION IN THE NORTHERN
AND SOUTHERN POLAR CAPS FOR NORTHWARD IMF CONDITIONS

O. A. Troshichev and T. Obara
Institute of Space and Astronautical Science

The data from the particle detector on the DMSP F6 and F7 spacecrafts were used to study the patterns of electron and ion precipitations in both polar caps when the IMF was northward. Over 100 dawn-dusk passes in the pole region were examined for 15 days period from April to August 1985. The determination of the auroral oval boundaries was carried out first. The equatorial part of the oval is commonly characterized by the electron measurements as a region of continuous and hard electron precipitation with an average electron energy higher than 500 eV. In the poleward part of the oval the precipitated electrons with energies lower than 500 eV and of a burst type are usual. However the bursts of precipitation of hard electrons (with energies up to 10 keV) are often seen in the same region. The precipitation of hard electrons of similar energies occurs also in the polar cap causing the sun-aligned aurora arcs when the IMF is northward. Owing to this nature of the electron precipitation the identification of the oval poleward boundary proves to be very difficult when only the electron measurements are used. As a result a diverse points of view have been put forward on shape and size of polar cap for the northward IMF.

In this study we propose to take the poleward border of hard ion precipitation ($0.2 < E_i < 10$ keV) as an appropriate boundary of the auroral oval. The data of DMSP satellites show that the continuous fluxes of these ions with the ions number fluxes higher than $10^8(\text{cm}^2\text{ster}\cdot\text{sec})^{-1}$ are observed as a rule in the auroral oval. The sharp decrease of the ion precipitation occurs just on the poleward boundary of soft ($E_e < 500$ eV) electron precipitation when this boundary can be clearly seen. The increase of the ion precipitation occurs also above sun-aligned arcs in the polar cap, but its intensity here is much lesser than in the auroral oval. The ratio of electron energy flux to the ion energy flux is equal to 1 - 10 in the auroral oval and 20-100 for sun-aligned arcs. This feature of the ion precipitation gives a criterion for identification of the poleward boundary of auroral oval. Using this criterion several patterns of electron precipitation in the polar cap typical for the northward IMF can be noted. They are follows:

- symmetrical patterns where the electron precipitations in both, northern and southern, polar caps are localized along the oval morning and evening boundaries,
- symmetrical patterns where the electron precipitations in both caps spread from morning (or evening) side toward to pole,
- symmetrical patterns where spikes of electron precipitation fill both polar caps,
- asymmetrical patterns where electron precipitations occur on the opposite sides of the noon-midnight meridian in the northern and southern polar caps,
- asymmetrical patterns where the electron precipitation occurs only in one polar cap whereas the opposite cap remains almost quiet.

極冠域におけるオーロラ活動
—あけぼの恒星紫外オーロラ観測—

金田栄祐¹⁾、山本達人¹⁾、林幹治¹⁾、藤井良一²⁾、門倉隆³⁾、江尻全幹²⁾、巻田和男²⁾、小口高⁴⁾
¹⁾ 東大理、²⁾ 国立極地研、³⁾ 振産大工、⁴⁾ 石大空電研

ACTIVITIES OF POLAR CAP AURORAS OBSERVED BY AKEBONO

Kaneda, E.,¹⁾ T. Yamamoto¹⁾, K. Hayashi¹⁾, R. Fujii²⁾, A. Kadokura²⁾, M. Ejiri²⁾,
K. Makita³⁾, and T. Oguti⁴⁾

¹⁾ GRL, Univ. of Tokyo, ²⁾ Natl. Inst. Polar Res.,
³⁾ Faci. of Eng., Takushoku Univ., ⁴⁾ Res. Inst. Atmosph., Nagoya Univ.

From space imaging of aurora it has been reported that there are two kinds of the polar cap arcs; the one is the fairly stable long-lived arc, such as the sun-aligned arc observed by the ISIS-2 satellite and the trans-polar arc part in 'theta'-aurora configuration by the DE-1, the other is the changable arc observed by the VIKING. UV imaging by the AKEBONO has observed the different type of auroral features in polar cap, the diffuse aurora covering uniformly wide regions. Including trans-polar arc formation on the boundary of this diffuse aurora, processes of changes in polar cap aurora have been revealed by the imager on AKEBONO with high time-rate snap-shot, 8 second interval in the maximum rate.

Polar Capに於いて観測されるarcには、出現時間が短く、構造内部に変動が認められ、特に大規模とは云へない通常のタイプと、変動が少く、長時間に亘り安定して存在する。比較的稀に観測される大規模のものとか、IGYに於ける全天カメラによる観測以降知られて来て居る。

人工衛星によるオーロラの撮像観測が行われる様になり、Polar Capに於けるarcとして、ISIS-2による観測から'sun-aligned arc'の存在が発表された。このarcの特性によって地上観測によって知られたものと対応させると、後者に近い事になる。亦、DE-1によって報告された、特異な様相を示す'θ-aurora'のPolar Capに横断するarcも長時間に亘って安定的に存在する事が知られて居る。

'さよこ'による観測では、sun-aligned arcより遙かに高い頻度で、Polar Cap内に大規模なarcの存在が認められた。これ等のarcは比較的短時間内(10~20min)で有る変動を遂げる事が通例である事から、区別の為に'trans-polar arc'と総称された。唯、非常に稀に2~3軌道周回に亘って、安定的にovalの昼側と夜側に接続して居る例が観測されたが、θ-auroraと異なる点、朝側のovalの輝度レベルが全般的に低く'D-aurora'とも云うべき様相を呈して居る。

一方、DE-1による観測では、Polar Cap

内に延び出したarcが完全にθ-auroraの形成に至らず消滅する例も報告されて居る。亦、最近、VIKINGでの観測に於いてDE-1と同様な変化を示す場合を合の、著しい変化を遂げるpolar cap arcの例の報告がある。

'さよこ'、DE-1、VIKINGによる撮像観測では、対象光、感度、時間分解能等が夫々異なる為、一律に論ずるのは困難であるが、Polar Cap内に出現するarcとしては、θ-aurora(D-aurora)中のarcと、それ以外のtrans-polar arcとに大別出来ると考へられる。後者のtrans-polar arcに関するmorphologyは、時間分解能等に於いて高性能を有する'あけぼの'搭載の撮像装置による観測によって確立する必要がある。

最近、'あけぼの'による観測に於いて、Polar Capの汎領域にdiffuseなオーロラが略々一帯に拡がって居る例が認められた。この領域はnoon-midnight方向に沿う境界で区切られて居る。注目すべき事実は、極く短い時間内に、この境界付近に輝度の増加が起り、trans-polar arc様のオーロラの発達が観測される事である。

今回は、この新観測事実に関する発表を中心に行う。

極冠域アーク出現時の極冠域対流構造
- あげぼの観測 -

小原隆博, 向井利典, 早川基, 町田忍, 松岡彩子, 河野祐一,
鶴田浩一郎, 西田篤弘(宇宙科学研究所)
賀谷信幸(神戸大工学部), 岡田敏美(名大空電研究所)

Polar Cap Convection Related to the
Polar Cap Arcs

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

Electric field and auroral particles have been measured by the Akebono (EXOS-D) satellite in the polar cap region. A lot of precipitation spikes have been observed on its dawn side or its dusk side. A distinct electron precipitation region was seen at the edge, which separated a so-called "web" region and a "slot" region.

Simultaneous electric field observation showed that a simple pattern of the convection existed in the polar cap region; namely, an anti-sunward convection has been observed in the "web" region, while a sunward convection has been observed in "slot" region.

はじめに

極冠域に見られるオーロラとして最近 Hones et al. (1989) により "Horse-collar型 Aurora" が報告されている。それによれば、図 1 (a)~(c) に示すような比較的粒子のフラックスが多い "web" という領域と、殆ど空白の "slot" という領域があり、その境界に "bar" が輝いている。これらは図 1 (a) のように夕方面に現れたり (b) の様に朝側に現れたり、また (c) のように両方に現れたりする。

前面や側面から捕給されると思われる。粒子の分布関数から得られた温度も数 10eV と比較的低温、上記の考えを支持している。

あげぼの観測

「あげぼの」に搭載された電場計測器 (EFD) と粒子計測器 (LEP) のデータを基に、"Horse-collar aurora" の各領域での convection を調べた。図 2 (上) は、LEP から得られた E- γ グラムであるが、その中に、"web" "slot" "bar" に対応する領域が観測されている。衛星はこの時夕方から朝方に向かって飛翔しており、先の図 1 (a) に相当する例である。EFD から求められた電場の dawn-dusk 成分を図 2 (下) に示している。プラスは反太陽方向、マイナスは太陽方向の流れを示している。注目したい事は "web" の領域は反太陽方向の流れを、"slot" の領域は太陽方向の流れを示している事である。また "bar" の位置で反太陽方向の流れが更に強くなり、その後 "slot" の領域が現れる。

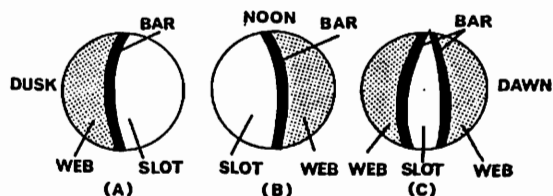


図 1

EXOS-D QL PLOT

PATH 891224-01-ER
DATE 1989.12.24

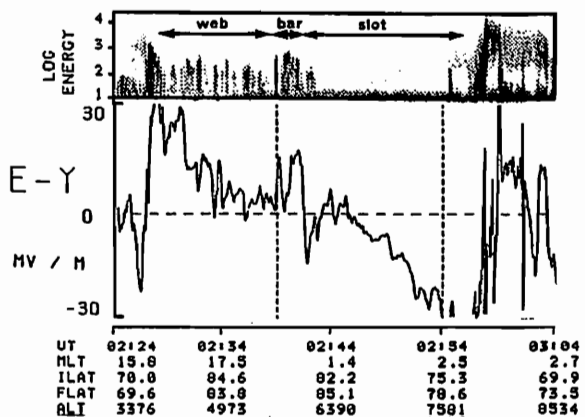


図 2

NOON

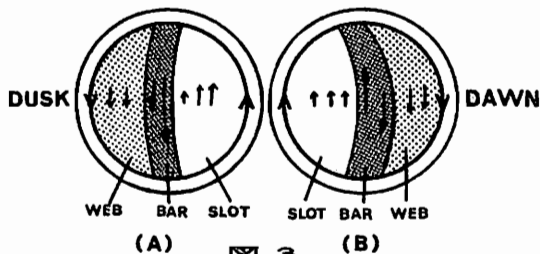


図 3

考察

観測事実を説明する convection のモデルとして、図 3 (a), (b) に示すようなモデルを考える。図には、流れのベクトルを示すと共に "web" "slot" "bar" の領域を示している。(b) のケースでは Velocity の reversal が "bar" に対応しているが、図 2 に示したような (a) のケースでは、"slot" との境界域で反太陽方向の流れが特に enhance することが重要である。いずれのケースとも、"bar" は $\text{div} \cdot \mathbf{E}$ が負になる領域に完全に対応する。"bar" や "web" に見られる粒子の起源については、磁気圏の

「あけぼの」で観測されたC u s pの緯度構造

向井利典、松岡彩子、早川 基、鶴田浩一郎、西田篤弘（宇宙研）
 賀谷信幸（神戸大工）、三宅 互（通総研）、岡田敏英（名大空電研）

Latitudinal Structure of the Dayside Cusp Observed from AKEBONO (EXOS-D)

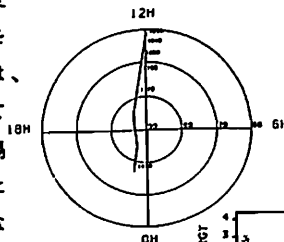
T. Mukai, A. Matsuoka, H. Hayakawa, K. Tsuruda, and A. Nishida (ISAS)
 N. Kaya (Kobe Univ.), W. Miyake (CRL), and T. Okada (RIA, Nagoya Univ.)

Detailed latitudinal structure of particles and fields in the dayside cusp is discussed, based on the LEP and EFD observations onboard the EXOS-D satellite. The particle signature in the cusp is characterized by precipitation of intense low-energy (~100 eV) electrons accompanied by keV-range ions which often show energy versus latitudinal dispersion, while the electric field exhibits a turbulent feature on the general trend of antisunward convection. It is notable that a few discrete patterns in the ion precipitation, one showing a typical energy dispersion and others showing non-dispersion, are often observed even in a noon-midnight pass. In such cases the fluxes of precipitating ions are generally higher in the low-latitude portion than at higher latitudes. These observed features cannot be interpreted in terms of a hitherto-believed simple mechanism for the magnetosheath plasma precipitation into the ionosphere through the polar cusp, and requires a new concept.

前回の学会に於て、「あけぼの」で観測されたC u s pの粒子構造、特に経度方向にはp a t c h yで不規則な変化を示している例について報告した。今回は、軌道条件として昼間から真夜中にかけてのパスを選び、緯度変化に着目して電場データと併せてその構造を調べた結果について報告する。右図はその典型的な例の一つである。カusp領域の判定は、~100 eVの電子の降り込みと典型的なエネルギー分散特性を示すイオン

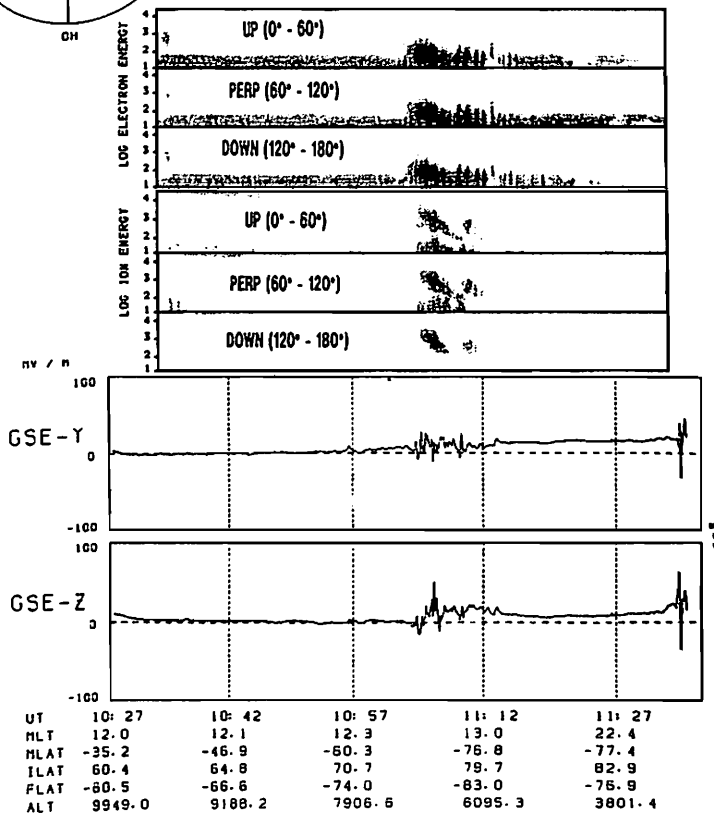
(0.1~1 keV)の降下現象から明らかである。また、低エネルギーイオンの上向きビームまたはコニックスも頻りに観測される(三宅、他)。一方、電場データの特徴は全体としての反太陽方向の対流パターン(Ey)0に乗って、カusp近傍で顕著な乱れが見られることである(松岡、他)。このように乱れた電場構造の中で、イオンのエネルギー分散が従来の電場ドリフト・モデルで説明できるかどうかは自明ではない。また、緯度方向の構造が二つ以上にはっきりと分かれていることが多い。従来の概念からすると低緯度側はL L B L、高緯度側がC u s pということになるが、エネルギー・スペクトルの形やフラックスの空間的变化はその描像に合わない。

以上のようにC u s pの構造を詳細に見てみると、今までの概念を再検討することが必要に思われる。



EXOS-D LEP & EFD
 CUSP CROSSING

** PATH 991801-04-PP
 ** DATE 1999.10.31



EXOS-Dで観測された CUSP領域の電場構造

松岡彩子、向井利典、早川基、鶴田浩一郎、河野祐一（宇宙科学研究所）、
岡田敏英（名大空電研）、賀谷信幸（神戸大工）、福西浩（東北大理）

Electric field structure in the cusp region observed from EXOS-D

A. Matsuoka¹, T. Mukai¹, H. Hayakawa¹, K. Tsuruda¹, Y. Kohno¹,
T. Okada², N. Kaya³, H. Fukunishi⁴

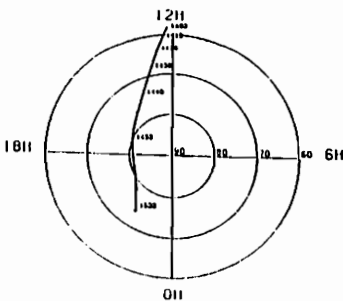
¹ISAS, ²RIA, Nagoya Univ. ³Kobe Univ. ⁴Tohoku Univ.

In the data of EPD (electric field detector) on board EXOS-D, oscillating electric field is usually observed in the cusp region. There are two possibilities to explain this phenomenon. One is MHD waves associated with the dayside reconnection. The other is the electrostatic turbulence locally generated by the charged particle precipitation in the cusp region.

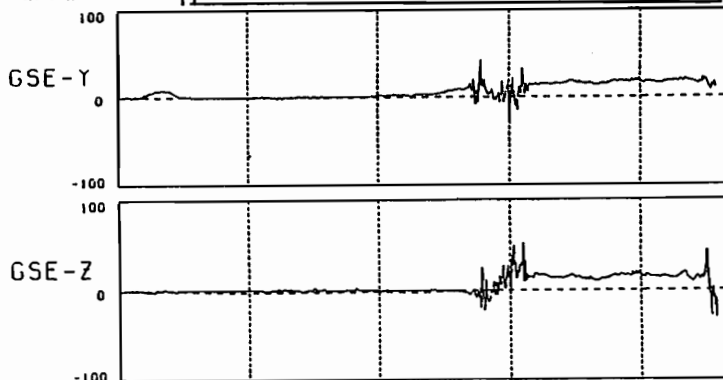
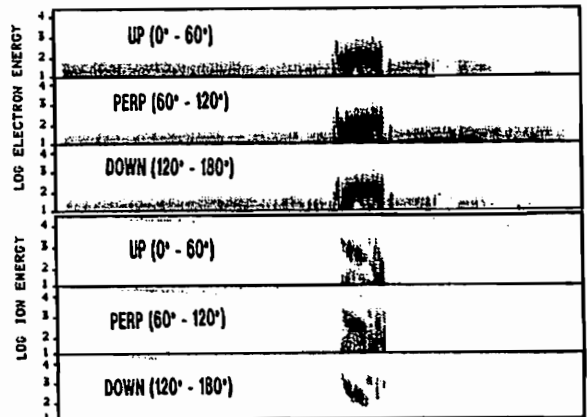
EXOS-Dに搭載された電場計測器（EPD）及び低エネルギー粒子観測器（LEP）によって取得されたデータを用い、cusp付近の電場と粒子構造に関して調べた。衛星がcuspを通過する際にはおおよそいつも、激しく変動する電場成分が見られた。その領域は約100 eVのelectron及び1 KeVのionが見える領域と一致した。電場がこの様な変動を見せる原因としては、reconnectionによって起きたMHD的な波の伝播、及び空間的に激しく変化するelectrostaticなpotential構造の二つが考えられる。

またdawn-to-dusk方向電場のDC成分に着目すると、polar cap内では一般に正であり、プラズマのconvectionがanti-sunwardであることを示している。pole側でcuspに接する領域では弱くなるものが多く、負になる例もあり、convectionがsunwardに転じていることさえある。

典型的な観測の一例を右図に示す。cusp付近の電場の性質を更に細かく解析し、粒子構造との関連を考察して報告する予定である。



* * PATH 091001-05-PP
DATE 1989.10.01



UT	13: 56	14: 11	14: 26	14: 41	14: 56
MLT	12.1	12.3	12.7	13.8	20.3
MLAT	-27.7	-39.6	-53.1	-69.5	-76.5
ILAT	57.3	60.9	66.1	74.2	79.7
FLAT	-59.4	-64.5	-71.0	-80.2	-77.9
ALT	9891.8	9076.1	7738.0	5870.8	3535.8

あけぼの衛星による沿磁力線電流の
キャリアーの同定

高橋幸弘¹、福西 浩¹、藤井良一²、向井利典³

1: 東北大学理学部 2: 国立極地研究所 3: 宇宙科学研究所

IDENTIFICATION OF THE CHARGE CARRIERS OF FIELD-ALIGNED CURRENTS BY THE AKEBONO SATELLITE

Y. Takahashi¹, H. Fukunishi¹, R. Fujii², T. Mukai³

1: Upper Atmosphere and Space Research Laboratory, Tohoku University

2: National Institute of Polar Research

3: Institute of Space and Astronautical Science

High time resolution data of magnetic fields and low energy particles obtained from by the MGF and LEP experiments on the Akebono satellite were analyzed for the identification of current carriers. The LEP measures electrons and ions in the energy ranges of 5 eV - 24 keV and 6 eV/q - 30 keV/q, respectively, over the whole pitch angle range at time intervals of 2 sec. From these data, pitch angle distributions are calculated as a function of energy. Then, downward and upward field-aligned currents were calculated by integrating the estimated distribution functions within selected energy ranges. The main charge carriers for Region 1, Region 2 and cusp field-aligned currents are discussed based on these data.

あけぼの (EXOS-D) 衛星に搭載された磁力計 (MGF) と低エネルギー粒子観測器 (LEP) の2種類の観測器のデータから、それぞれ独立に沿磁力線電流を求め、電流のキャリアーとなっている粒子の同定を行なった。

MGFのデータからは、無限の長さをもつシート状の電流を仮定することにより、電流密度を決めることができる。シートが経度方向に延びている場合を考えると、衛星の経度方向の移動距離を Δx 、その間の経度方向の磁場の変化量 Δb を用いて、電流密度 J は、

$$J = A \Delta b / \Delta x \quad A = \text{定数}$$

より求められる。

一方、LEPは電子に対し 5 eV ~ 24 keV、イオンに対し 6 eV/q ~ 30 keV/q のエネルギー範囲を対数的に 64 ステップで観測している。走引時間はビットレート・ハイのときに 2.0 秒で、電流密度の計算もこの時間を単位として行う。まず、64 のエネルギーステップで観測されたデータを 4 ステップづつにまとめて、16 段階に分ける。フラックス f (/s·cm²·sr·eV) は、カウント数 C (/s) とジオメトリカル・ファクター g (cm²·sr·eV/eV)、及び観測するエネルギー E (eV) を用いて、

$$f = C / (g \cdot E)$$

と表される。16 のエネルギーステップ各々について、ピッチ角 θ に対する $\log_{10} f$ の値をプロットし、4 次関数をフィットする。この関数を、そのエネルギーにおけるピッチ角分布として使う。 f は E 及び θ の関数であるが、これを次式に用いて全球にわたり積分する。

$$I_n = \int_0^\pi \int_{E_{\min}}^{E_{\max}} q \cdot f \cdot \cos \theta \cdot \sin \theta \cdot 2\pi \, d\theta \, dE$$

n = electron, ion

q = 符号を含む電荷量

この積分を電子・イオンそれぞれについて実行し、足し合わせると沿磁力線電流の密度が得られる。 E の積分範囲をいくつかに分けることにより、電流を担う粒子のエネルギー範囲を同定することが可能となる。

この方法を用い Region 1, Region 2, Cusp 沿磁力線電流を担う粒子の同定を行った。図 1 に示すように、高度 10000 km 付近の沿磁力線加速領域中ではしばしばディフューズな高エネルギー電子フラックスとディスクリートな低エネルギー電子フラックスが同時に観測されるが、この方法ではそれらの寄与を分離して評価することが可能となる。

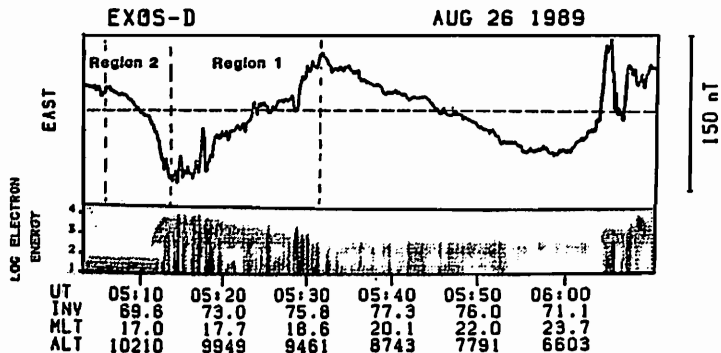


Fig. 1. Example of Region 1 and Region 2 field-aligned currents observed in the evening side by the Akebono satellite.

G12-02 あけぼの衛星による沿磁力線電流中の熱的電子エネルギー分布の観測

阿部琢美¹、小山孝一郎²、福西浩³、藤井良一⁴、奥澤隆志¹

¹電気通信大学 ²宇宙科学研究所 ³東北大学 ⁴極地研究所

VARIATIONS OF THERMAL ELECTRON ENERGY DISTRIBUTIONS
IN THE FIELD-ALIGNED CURRENT REGION

Takumi ABE¹, Koh-ichiro OYAMA², Hiroshi FUKUNISHI³,
Ryoichi FUJII⁴, and Takashi OKUZAWA¹

¹Denki-Tsushin Univ. ²ISAS ³Tohoku Univ. ⁴NIPR

The thermal electron detector onboard the Akebono satellite has observed characteristic features of thermal electron energy distributions in the field-aligned current region. Electron temperature in the upward current region is higher ($\Delta T_e = 1000 \sim 2000\text{K}$) than that in the ambient region, while the temperature in the downward current region slightly decreases ($\Delta T_e = -500 \sim -1500\text{K}$). These variations of the energy distribution seem to be more structured in latitudinal direction, and depending on the altitude.

オーロラ領域を流れる沿磁力線電流のうち上向き成分についてはキロボルト程度のエネルギーをもつ降下粒子が、下向き成分については電離層起源の低エネルギー電子がそれぞれをおもに担っているということが通説となっている。「あけぼの」衛星に搭載された測定器のうちTED (Thermal Electron Detector) は電離層および磁気圏下部での熱的電子のエネルギー分布を測定する機能をもち、特に沿磁力線電流領域での速度分布から下向き電流の担い手を検出することを目的のひとつとしている。およそ $10^{22}/\text{cm}^3$ 以上のプラズマ密度で測定が可能なTEDは衛星の軌道中、極域では高度約3000km以下、プラズマ圏では約8000km以下の広い範囲にわたってデータを取得し続けている。

下図は「あけぼの」搭載のTEDおよびMGF (フラックスゲート型磁力計) のデータであり、上部には磁場の東西成分を、下部にはエネルギー分布から求めた電子温度の値を示している。磁場の変化成分より衛星は夕方側のRegion2(20:31~20:34UT)、Region1(20:34~20:35UT)といった領域を通過していったことがわかる。この時間でのTEDのデータを衛星高度の変化に注意しながら見ると、まずRegion2で徐々に電子温度が減少し、その後やや上昇、Region1との境界域で再び下降した後、Region1内で2000K以上の急激な上昇に転ずるといった様相を呈している。この例のようにRegion1、Region2と対応して温度が変化している現象は現在まで解析されたデータの中に既に数例見つかっており、それらは上向き電流領域での温度の急激な増加、下向き電流領域での減少といった共通点をもっている。

このうち温度の増加については、過去にロケットや衛星などの観測によって降下粒子域と温度上昇域との関連性が見つけられ報告されているが、降下粒子のkineticな運動量と電子温度の変化量とのエネルギー収支の問題などは課題として残されている。これに対し下向き電流領域での温度の減少については報告がなく、これには温度変化量の絶対値が小さいことが起因しているかもしれない。しかしながらSchunk et al. (JGR, 1987)によれば、およそ 10^{25} A/m^2 以上の密度をもつ下向き電流が存在する時にはthermoelectricな熱輸送により上向きのエネルギー流が発生し、電子温度が減少することがシミュレーションにより証明されている。温度の変化量がgeophysicalな条件(太陽活動度、季節、高度な要素)に依存するため一概には言えないがTEDが温度の変化を観測したことは電離圏と磁気圏を結ぶ電流系を考えると重要である。

またRegion1、Region2で得られた電子温度、密度のデータは一樣ではなく、それぞれの領域がさらに細かい構造をもつことを示唆している。講演ではTEDのデータから推測される沿磁力線電流中の緯度方向、高度方向等の構造についても述べる。

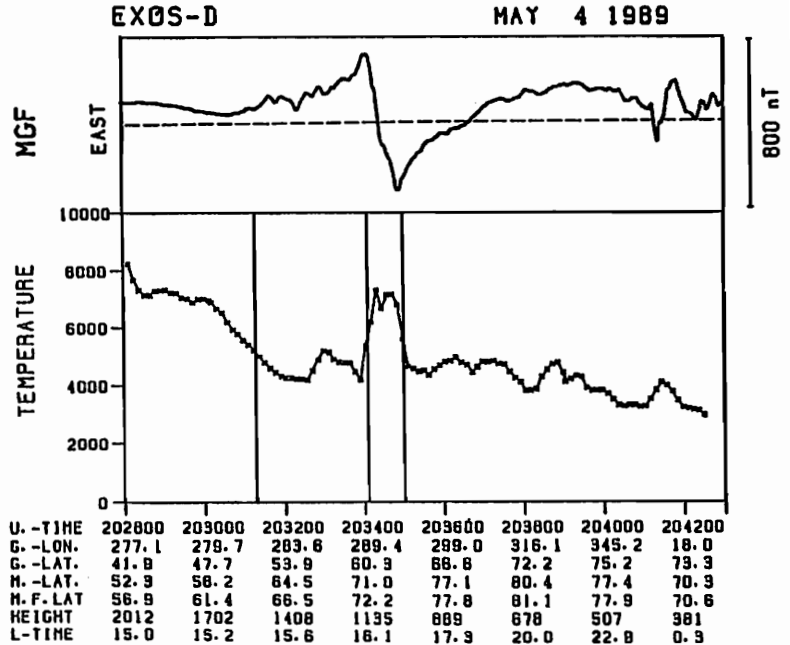


Fig. 1 Westward component of magnetic field and electron temperature obtained on May 4, 1989.

「あけぼの」によって観測された軽イオンの微量成分

渡辺成昭、佐川永一、巖本 巖、B. A. Whalen
 郵政省通信総合研究所、カナダ国立研究院ヘルツベルグ天体物理研究所

Minor Light Ions Measured by Akebono

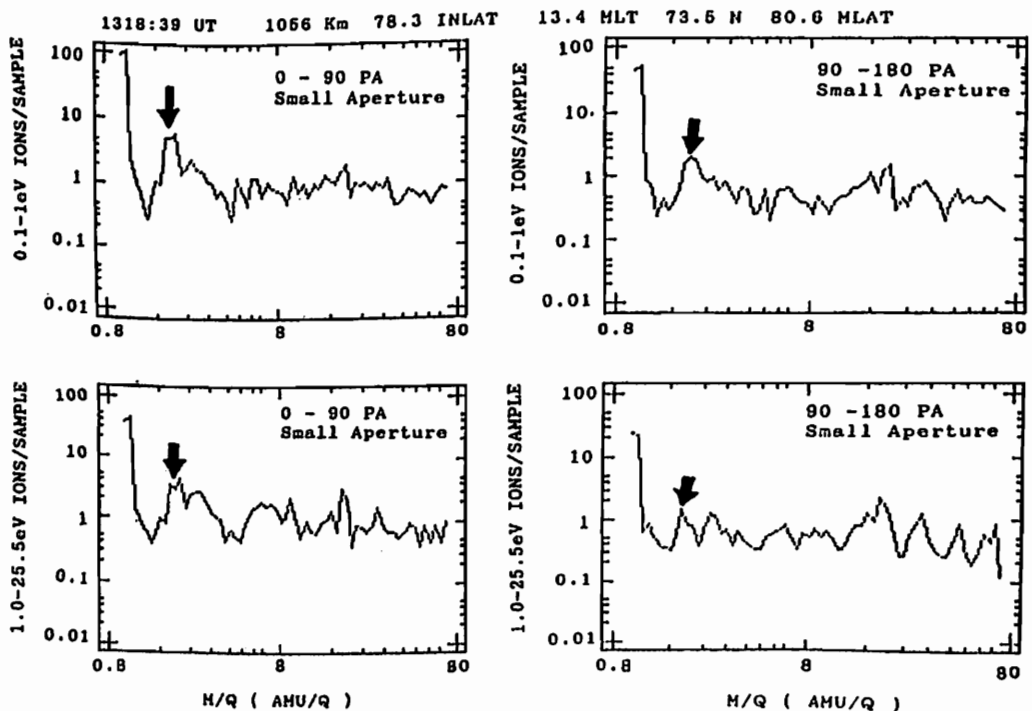
S.Watanabe, E.Sagawa, I.Iwamoto [Communications Research Laboratory]
 B.A.Whalen [Canada NRC Herzberg Institute of Astrophysics]

Abstract

Radio waves with right-hand polarization of extremely low frequency (ELF), emitted by lightning strokes, can penetrate the ionosphere into the lower level of the magnetosphere. The right-hand polarized waves change to left-hand polarized waves (ionocyclotron waves) at the crossover frequency in the multicomponent and inhomogeneous plasma. Upward and transequatorial (downward) deuteron whistlers caused by the minor ionic component of the ionospheric and magnetospheric thermal plasma, principally deuteron (density ratio of deuteron to proton perhaps $\sim 10^{-3}$) and a small amount of He^{++} , were found from ISIS VLF data. Usually we cannot observe the large flux of thermal $M/Q=2$ ions, however, the large flux of down going $M/Q=2$ ions, measured in the density ratio to H^+ as $\sim 10^{-1}$, appeared in the geomagnetic calm period at the low altitude ($\sim 1000 \text{ km}$) cusp region. In the morning side of the auroral region, a large flux of $M/Q=2$ ions was observed as principally thermal plasma without flow during a geomagnetic storm at relatively high altitude ($\sim 10000 \text{ km}$). These cases seem to be caused by He^{++} from the solar wind. In these case, then, the density of $M/Q=2$ ions which make up the deuteron whistler may also depend on He^{++} from the solar wind.

Following Figure shows down going $M/Q=2$ ions observed at polar cusp. Left and right pannels mean down and upgoing ions, respectively.

AUG 24, 1989 AKEBONO SMS



AKEBONO Observations of High Frequency Modulation in Electron and Ion Fluxes

E. Sagawa (CRL), T. Mukai (ISAS), N. Kaya (Kobe U.)

Instrumentation for measuring the high speed modulation of electron/ion flux is included as a part of the LEP experiment package on board the AKEBONO satellite. This experiment is intended to observe modulations of the ion/electron flux associated with the strong local wave-particle interactions expected to occur in the auroral acceleration region. This type of experiment has been conducted only once by the AMPTE UK satellite with little cases when it observed clear signature of the flux modulation. Since the start of the AKEBONO operation on Apr. 1989, so far, we have also not found a clear evidence of the modulation of the electron/ion flux associated with the plasma wave activities, although the instrumentation works fine.

1 はじめに

「あけぼの」衛星には低エネルギー粒子観測器(LEP)の一部として電子/イオンのフラックスの変動を広帯域(1 MHz~100 Hz)で測定することを目的とした装置(MOD)が組み込まれている。観測の目的はプラズマ波動もたらす強い電場が低エネルギー粒子に Gyro-Phase-Bunching を与えることを検証することにある。MODは比較的新しい試みで、これまでわれわれのを含めてロケット実験が2例、人工衛星での観測が一例(AMPTE UK)ある。

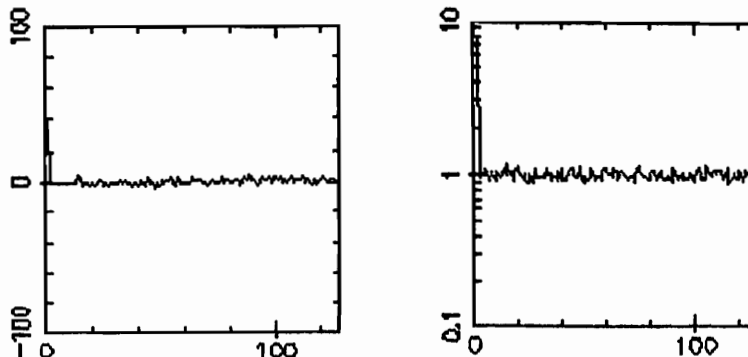
2 搭載機器

MODは低エネルギーの電子/イオンフラックスを観測するLEPの20のCEM(内電子用10、イオン用10)の中の一つからパルス信号を受け取り、その自己相関関数を機上処理によって得て地上に伝送する。機上処理は周波数帯によって二つの方法をとっている。高い周波数帯(<1 MHz)ではパルスの時間間隔の分布を求める方法(HPS)で128の遅れ時間をもつ自己相関関数を得ている。一方低周波帯では短時間(0.065 ms)のゲート時間を持つカウンターの出力から自己相関関数を計算(LAC)している。HPSとLACの積分時間はハイビットレート時にそれぞれ128と1024秒であるが、この間にLEPはエネルギー掃印を最短で32 msのステップでおこなっているので、各エネルギーステップ毎の自己相関関数をメモリーに記憶して積分している。

3 観測データ

MODの観測はLEPの高圧ONと同時に昨年4月に開始された。機器は順調に動作している。図はHPS(左図)とLAC(右図)で得られた自己相関関数の例を示す。観測は衛星のスピンのによってピッチ角の変化がないスピン軸方向を向いたCEMを入力として選んでいる。図の横軸は遅延時間を表し、HPSの場合は128 CHが0.128 ms、LACでは8.3 msに対応する。HPSの生データはカウントレートで決まる指数関数型の分布であるが、図は生データから自己相関関数に変換した結果である。パルス列から自己相関関数を求める場合の雑音分布はカウントレートで決まるポアソン分布になり、自己相関関数の上では $\tau = 0$ でのみのピークとなる。ここに挙げた例でも自己相関の形はポアソン分布となっており、粒子フラックスに検出可能な変動が現れていないことをしめしている。

これまでの主に南極上空で観測されたデータレコーダーのデータをQL的に概観した範囲では、明確な粒子フラックスの変動は検出されていない。講演では更に詳しい解析の結果と北極上空での観測結果について報告する予定である。



Autocorrelation function obtained with HPS (Left) and LAC (Right) instrument. Horizontal axes are the lag time, and full width (128 ch) corresponds to 0.128 and 8.3 ms for HPS and LAC, respectively. Note a single peak at $\tau = 0$.

「あけぼの」により観測された 低エネルギーUFI速度分布のパラメタ化

三宅 亙・向井利典・賀谷信幸・佐川永一
(通信総研・宇宙研・神戸大工・通信総研)

PARAMETERIZATION FOR VELOCITY DISTRIBUTION OF
UP-FLOWING IONS OBSERVED BY AKEBONO

W.MIYAKE, T.MUKAI, N.KAYA and E.SAGAWA
(CRL, ISAS, Kobe Univ., CRL)

LEP(Low Energy Particle) instrument on board AKEBONO satellite has often observed Up-Flowing Ions, such as conics and beams, in the polar magnetosphere. Occasionally, ion conics and beams quickly change into each other, and a kind of mixed velocity distributions are found. We parameterize the velocity distributions of these ions in order to make quantitative analysis of UFI events and to make clear the acceleration and/or heating mechanism.

「あけぼの」搭載のLEP(低エネルギー粒子計測器)では、低エネルギー($\sim 100\text{eV}$)のコニックスやビームなどのUFI現象が多く観測されている。それらのなかに、コニックスとビームが短い間に移りかわる例が見いだされている。この現象は、その移りかわりに対応して何が変化しているかを抽出することで、イオンの加速・加熱機構に対する手がかりがえられると思われ、現在、注目している。

一方、UFIは、コニックスとビームの両極にきれいに分けられるわけではなく、両者の中間的な速度分布も見られる。そこで、UFI速度分布の基本的パラメタとして、磁力線方向および異方性の発達している方向の温度、磁力線方向のドリフト速度、等の変動を定量的に解析し、イオンの加速・加熱過程に迫ろうとしている。図1には、UFIの温度異方性、分布のピークの磁力線方向の速度、および対応する時の降下電子のフラックスのピークエネルギーを示した。温度異方性が1.0に近い部分がほぼビームの時、異方性が発達した(小さい)時ほどコニックスに近い時である。磁力線方向のイオンのシフトが大きい時には、イオンはビームになっており、また降下電子のピークエネルギーが対応したセンスに変化している。これは、UFIの磁力線方向のシフトが沿磁力線電場による加速により生じており、衛星がその上にも下にも電場があるところに位置していて、その上下の電場が対応して消長していたことを示すものと思われる。

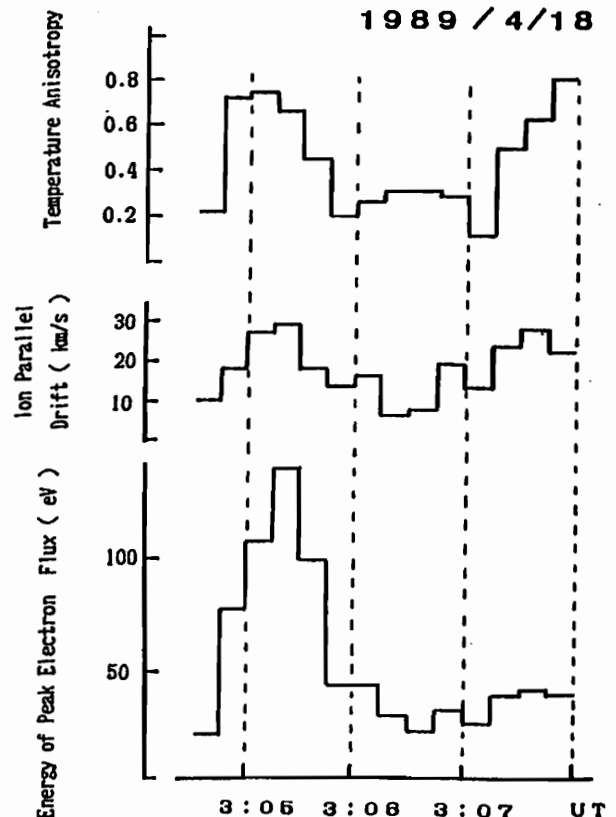


FIGURE 1

あけぼの衛星で観測されたイオン・コニックの特性

賀谷信幸、向井利典、LEP班
(神大工) (宇宙研)

CHARACTERISTICS OF ION CONICS OBSERVED BY AKEBONO SATELLITE

N. Kaya, T. Mukai and LEP team
(Kobe Univ.) (ISAS)

Ion conics were observed in a region from midnight to 3:00 MLT on July 24. The ion conics have very interesting characteristics, one of which is a mass dispersion: H^+ are detected in the region of the high latitude, He^+ in the middle, and O^+ in the low latitude, respectively. Furthermore, the peaks of the ion fluxes change pitch angle distributions from 90° to upward with decrease in latitude. We carried out the test particle simulation using a model of dipole magnetic field in order to investigate the dispersions of the mass and pitch angle.

「あけぼの」衛星に搭載された低エネルギー粒子観測器 (LEP) は、大変興味深いイオン・コニックを観測した。そのイオン・コニックは前回の学会でも報告したが、7月24日の真夜中に観測され質量分散を示した。すなわち、高緯度側に軽いプロトンが観測され、続いてヘリウム、最後に低緯度側に酸素が出現した。なお、衛星は高緯度側から低緯度側にオーロラ・オーバルを横切った。さらに観測データを詳細に調べると、ピッチ角分布も高緯度では、 90° 付近にピークがあり、低緯度側に移動するにしたがいピッチ角は磁力線沿いに変化している。この現象の解釈として2つの事が考えられる。一つはイオンの加速領域はイオン・コニックが観測された領域と一致するが、その高度は、低緯度に行くにしたがい低くなる事が考えられる。すなわち、高緯度側では高高度 (衛星に近い高度) で加速されたため、イオンの種類としてプロトンが多く、衛星高度で観測されたときは上昇高度が低いため、ピッチ角は余り変化しなかった。一方、低緯度側では、低高度で加速が発生したため、イオンとして酸素が多く、ピッチ角も衛星高度まで上昇する間に磁力線沿いにピッチ角が減少したと考えられる。もう一つの考え方は、加速が起きたのは大変狭い領域であり、dawn-dusk電場と到達時間差による分散だとするものである。すなわち、一本の磁力線に沿って広い高度で加速されたイオンは、 $E \times B$ ドリフトにより拡散したためと考えられる。そこで、ミラー磁場を仮定した地磁気中を運動する粒子の軌道を計算して、それぞれの可能性を検討した。計算結果の一つとして図1に分散に必要な電場を示す。観測結果に合致する電場は矢印で示す約 16 mV/m と算出された。詳細なテスト粒子シミュレーションの結果は講演で報告する。

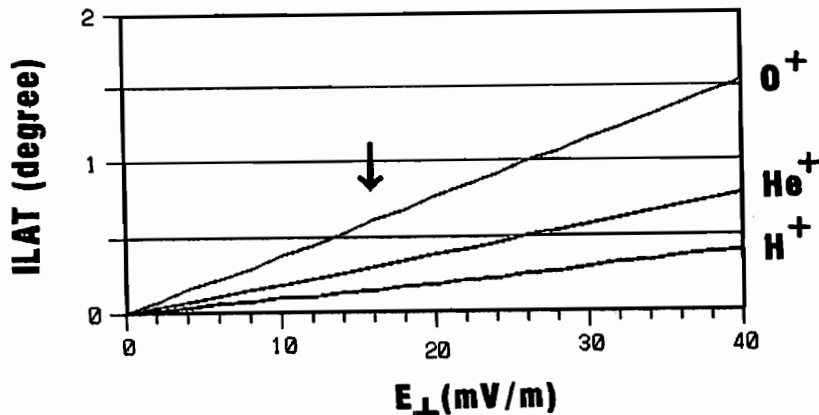


Fig. 1 Mass dispersion by time-of-arrival effect

”あけぼの”搭載電場計測器で観測されたパルス状電場

鶴田 浩一郎、早川 基、河野 祐一、松岡 彩子

宇宙科学研究所

岡田 敏美

名古屋大学空電研究所

Pulse-like distortion of the electric field observed on AKEBONO satellite

Koichiro Tsuruda, Hajime Hayakawa, Yuuichi Kohno, and Ayako Matsuoka

The Institute of Space and Astronautical Science

and

Toshimi Okada

Research Institute of Atmospherics, Nagoya University

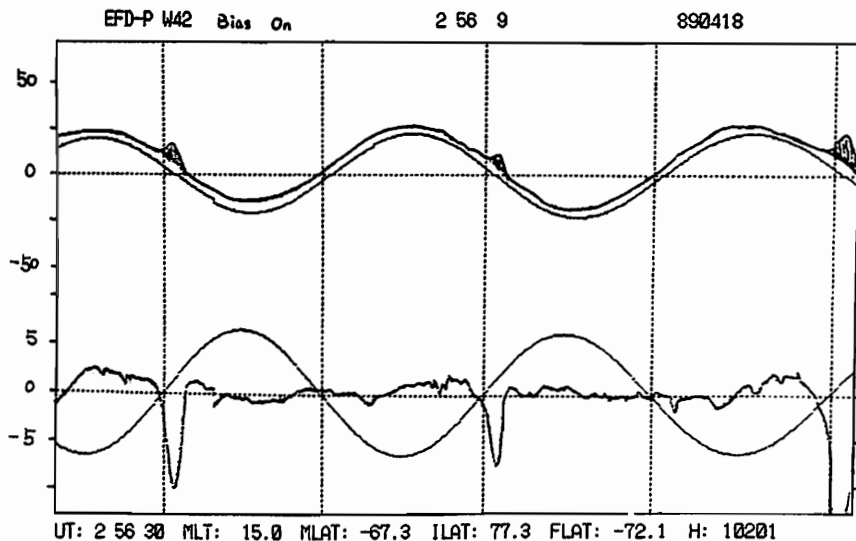
The double probe electric field data observed on the AKEBONO satellite sometimes show pulse-like distortion when the probe is nearly parallel to the ambient geomagnetic field. This distortion is interpreted in terms of the motion of photoelectron cloud around the probes. The observed distortion is consistent with the theoretical expectation at least qualitatively.

”あけぼの”衛星搭載のダブルプローブは、太陽指向衛星であることが幸いして良質の電場データを提供している。しかし、細かな点ではプローブ特有の厄介な問題も幾つかある。その一つに、サイン波状の電場データに重畳されて観測されるパルス状の変動がある（図参照）。この変動の特徴はプローブ系がほぼ磁力線と平行になったときに現われることである。図中縦の線は丁度プローブがこの条件を満たした時刻を示している。

沿磁力線電場が話題となっている昨今では、これに関連した現象を観測しているのではないかという期待をもたせるものであるが、普通の意味の沿磁力線電場であればサイン波として観測されるわけでこの様にパルス的に見えることはない。従って、何等かの計測上の問題に起因している

と考えることが妥当である。

この現象を理解する上で、プローブの周辺の光電子雲の動向が重要であろうと考え、解釈を試みてみた。光電子のラーマー半径が数メートルであることを考慮すると、プローブの電極部分が衛星本体から20メートル程離れているため、プローブと磁場のなす角度が20度以上ある時にはプローブ周辺の光電子雲が衛星本体へ移動することはない。しかし、この角度が小さくなると、プローブから衛星へ、或はその逆の光電子の移動が起こり偽の信号が発生することになる。衛星とプローブの間の電位差によって信号の出方が異なるが、実際の観測データを調べた結果、この解釈で統一的に理解できることが解ったので報告する。



Dispersion Relation of Electrostatic Noise Observed with ISEE-3 in the Deep Tail Boundary Layer

M. TSUTSUI¹, R. J. STRANGWAY², B. T. TSURUTANI³, J. L. PHILIPS⁴, E. W. GREENSTADT⁵,
M. ASHOUR-ABDALLA², H. MATSUMOTO¹

1. RADIO ATMOSPHERIC SCIENCE CENTER, KYOTO UNIVERSITY, UJI, KYOTO 611, JAPAN
2. INSTITUTE OF GEOPHYSICS AND PLANETARY PHYSICS, UNIVERSITY OF CALIFORNIA AT LOS ANGELES, LOS ANGELES, CALIFORNIA, U. S. A.
3. JET PROPULSION LABORATORY, CALIFORNIA INSTITUTE OF TECHNOLOGY, PASADENA, CALIFORNIA, U. S. A.
4. LOS ALAMOS NATIONAL LABORATORY, LOS ALAMOS, NEW MEXICO, U. S. A.
5. TRW SPACE AND TECHNOLOGY GROUP, REDONDO BEACH, CALIFORNIA, U. S. A.

The first measurement of wave-particle interactions in the deep geomagnetic tail has been conducted by ISEE-3 spacecraft¹). According to the paper, the most striking result is intense pure electrostatic signal with $f > \Omega_e$ (Ω_e is the electron cyclotron frequency) observed in a distant region over 180 earth radii where is characterized by the presence of low plasma flow speeds and bi-directional electron distribution. As for the electrostatic noise, Scarf et al.¹ expect two modes of wave: one is the $(n + 1/2)\Omega_e$ electron cyclotron harmonic modes, and another is Doppler shifted ion acoustic waves. So far, however, the mode of the wave has not been identified explicitly.

In this study, we have re-examined some characteristics of wave behavior using a different type of display format for sixteen channel electric field data. The new format (a dynamic spectra) clearly exhibits a series of banded spectra of the noise, although each noise is impulsive having a duration probably less than the maximum resolution (0.5 sec) of wave data sampling period. The dynamic spectra also shows that the frequency variation of the banded noise is unlikely correlated with the cyclotron frequency variation whereas it is well correlated with that of the plasma frequency. The present analysis has brought that the bandwidth of the noise spectra changes linearly with the peak frequency of the noise. Using the detailed wave characteristics and electron data in addition to a speculation of Doppler broadening of the generated noise, here we propose a method of estimating wavelength of the generated electrostatic noise.

The analysis has provided us a result that the wavelength of the electrostatic noise is about three times length of the Debye length of the flowing

plasma relative to ISEE-3. The resultant dispersion relation ($\omega - k$ diagram) of the wave is shown in Figure 1. In the figure the maximum and minimum ion acoustic speeds, 76 and 48 km/sec, which are obtained from the plasma temperature, are given by two slope lines, respectively. From the coincidence among their values and the derived plots in the figure, we can identify the mode of observed electrostatic noise as ion acoustic waves.

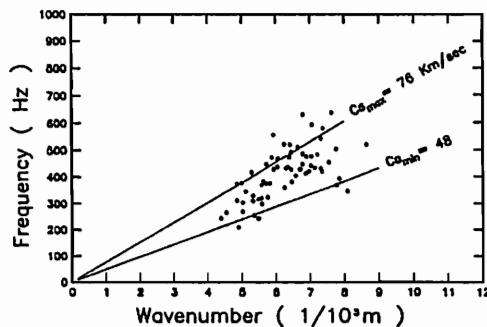


Figure 1: Derived $\omega - k$ diagram. Two slopes are the maximum and minimum ion acoustic speeds obtained from plasma parameter.

REFERENCES

- Scarf, F. L et al., ISEE-3 wave measurements in the distant geomagnetic tail and boundary layer, *Geophys. Res. Lett.*, 11, 335, 1984.

高電位テザー衛星の電流電圧特性の計算機実験

臼井 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 on the Current-Voltage Characteristics of a High Potential Tethered Satellite

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

By performing computer experiments using a 2 dimensional full electromagnetic particle code, we studied the current-voltage characteristics of the tethered satellite in the SETS experiment. We have one conductive body representing a high potential satellite due to the $V \times B$ effect in a simulation plane. It collects the surrounding electrons but accumulates no charges since they are assumed to be emitted as an electron beam from the orbiter located far from the satellite. We discuss whether the theory of Langmuir probe and the current-voltage characteristics for a single space vehicle can be applied to the nonlinear case such as the SETS in which the potential energy of the satellite is extremely high compared with the electron thermal energy.

我々は、SETS と呼ばれるシャトルを用いた大規模なテザー衛星実験¹⁾の計算機実験を自由境界 2次元電磁粒子コードを用いて行っている。今回は、SETS システムの一端である高電位テザー衛星の電気的特性、特に電流電圧特性についての解析結果を報告する。

前回までの講演では、SETS の全システムを取り入れた計算機実験についてその結果発表を行った²⁾。モデルとしては、 $V \times B$ 効果により周辺プラズマに対して各々高電位、低電位となるテザー衛星、シャトルを内部導体とし、更に、シャトルからは電子ビーム放出を取り入れた。上記のモデルを用いた計算機実験により、シャトルからの放出電子ビームの挙動、それによるプラズマ雲の形成とそこで局在 LHR 波動の励起など、電子放出テザー系と周辺プラズマとの電磁学的相互作用について基本的な事項が明らかになった。

今回は、SETS 実験における大きな課題の1つである高電位テザー衛星の電流電圧特性に着目した。シャトルから 20km の導電ワイヤーでつながれた衛星には $V \times B$ 起電力により最大 5kV の帯電が考えられ、その電位エネルギーは周辺プラズマの熱速度エネルギーに比べて非常に大きい。そのため、電流電圧特性についても非線形性が伴うと予想され、従来のラングミュアプローブ特性が適応で

きるかどうか疑問である。そこで、今回、高電位テザー衛星のみを含んだモデルを用い、その計算機実験を行った。従来の単一物体モデルでは、捕獲電子の電荷蓄積により物体は負電位に帯電するが、テザー衛星モデルでは、捕獲電子は電子ビームによって 20km 離れた位置に放出されるものとし、衛星における電荷蓄積、それによる負帯電は考慮しない。このモデルを用いて衛星の初期電位をパラメータとする計算機実験を行い、得られた電流電圧特性と従来の宇宙飛行体についての電流電圧特性理論^{3) 4)}とを比較し、検討を加える。またテザー衛星近傍のシース形成などプラズマ応答にも考察を加える予定である。

参考文献

- [1] P.M.Banks and P.Byers, 'SETS Development Phase Proposal'.
- [2] 臼井 他、第 82~85 回 SGEPPS、講演予稿集
- [3] Beard, D. B., and F. S. Johnson, Ionospheric Limitation on Attainable Satellite Potential, *J. Geophys. Res.*, 66, 4113, 1961.
- [4] Linson, L. M., Current-Voltage Characteristics of an Electron-Emitting Satellite in the Ionosphere, *J. Geophys. Res.*, 74, 2368, 1969.

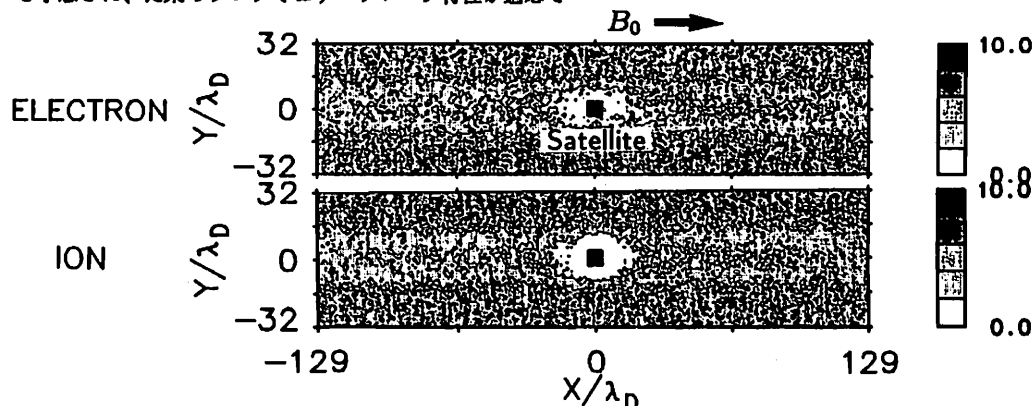


Fig.1: Contour maps of the number density for electron and ion. The low density region has a shape elongated along B_0 due to the electron collection by the high potential satellite. We need to adjust the electron flux injection at the open-boundaries in the x direction to be proportional to the amount of the electron collection by the body in the simulation.

磁気圏尾部における衛星と高速プラズマ流との相互作用の計算機実験

岡田 雅樹 松本 紘 大村 善治
 京都大学超高層電波研究センター

Computer Experiments on Interactions between Spacecraft and Fast Plasma Flow in Geomagnetic Tail Region

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

We have performed 2D computer experiments to analyze an interaction between a fast plasma flow and spacecraft in the geomagnetic tail region. We use the two-dimensional electromagnetic particle code (KEMPO2) with an internal boundary of the spacecraft moving in a high- β plasma permeated by the geomagnetic field. The plasma flow is given in the x direction. If the flow velocity V_d of the high- β plasma is larger than the ion thermal velocity V_i , the wake, a depleted density region, is formed behind the spacecraft. The ratio of electron temperature to ion temperature plays an important role on the particle dynamics in the wake region. We performed the computer experiments changing the parameter T_e/T_i . A high density region of ions bounded by a bow-like shock is formed behind the spacecraft. It is clearly different from the wake structure. Thus plasma waves play very important role on the shock and/or wake formation. We will present the effects of these shock waves and particle heating on the in-situ observation.

1992年に科学観測衛星 GEOTAIL の打ち上げを控え、我々は、磁気圏尾部におけるような非常に希薄で高温のプラズマと衛星との相互作用について計算機実験による解析を行ってきた [1]。このような、高温、希薄なプラズマ中での現象は流体としての取り扱いが出来ない。また、高速なプラズマ流と物体との相互作用に外部磁場を考慮したモデルを解析的に解くことは非常に困難であり、衛星による衝撃波の形成等についてはほとんど知られていないのが現状である。我々は、高温（電子 β 値 ~ 1 ）、希薄（デバイ長 $\lambda_D \gg$ 衛星の有効半径 R_0 ）なプラズマの高流速によって衛星周辺に発生するプラズマ擾乱に関する計算機実験を行ったので、その結果について報告する。

2次元のシミュレーション空間内部に衛星に相当する内部境界を置き、 x 軸方向にプラズマのフローを与え、というモデルを用いて解析を行なった。

プラズマの流速がイオンの熱速度よりも大きい場合 ($V_d \geq V_i$) には、一般に衛星の後方には密度の希薄な wake と呼ばれる領域が発生する。その wake の更に後方に生じる現象は、流速にはあまり依存せず、電子とイオンの熱速度の比 T_e/T_i によって大きく変化することが明かとなった。デバイ長および電子 β 値として磁気圏尾部のパラメータを用い、 $T_e/T_i = 1, 5$ の場合について計算機実験を行なった結果、得られたイオンの密度を Fig.1,2 に示す。 T_e/T_i が大きくなるに従い、衛星の後方に wake とは逆に密度の高い衝撃波に似た構造が形成されている。これは、衛星直後に生じた真空領域にイオンが飛び込み、チェレンコフ放射によってイオン音波を励起し、このイオン音波を仲介とした collisionfree shock であると説明できる。このほかに、プラズマ粒子の加熱が生じていることも確認されている。

Wake あるいは shock の形成には、このような粒子と相互作用をする波動の存在が重要であり、イオン音波以外にもこのような役割をはたす波動が存在することは十分に考えられる。例えば、衛星本体からの光電子放出により温度の異なる電子が存在するために存在する電子音波やアルヴェン波等が考えられる。これらの波動による影響についても計算機実験を行ない、実際の衛星観測に与える影響について報告する予定である。

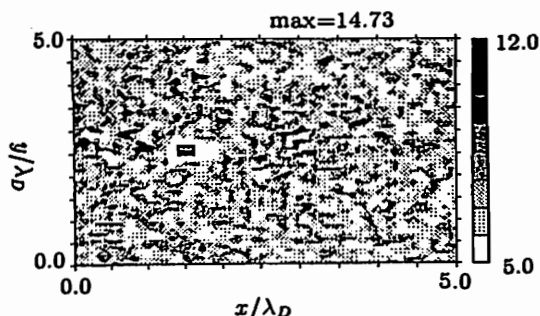


Fig. 1: Plasma ion density contour. ($T_e/T_i = 1$)

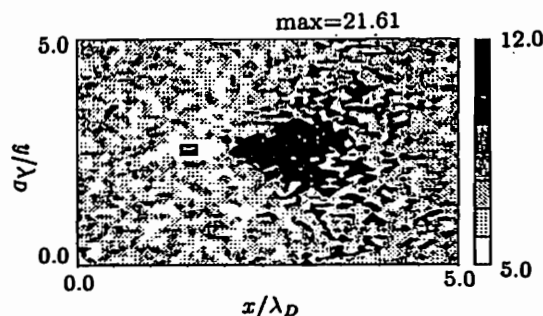


Fig. 2: Plasma ion density contour. ($T_e/T_i = 5$)

参考文献

- [1] 岡田他、第 83 ~ 86 回、SGEPSS、講演予稿集。
- [2] Al'pert, Waves and Satellites in the Near-Earth Plasma

八木谷聡* 長野勇* 大村善治** 松本祐**
 *金沢大工 **京大超高層

Energy transfer from Electromagnetic Waves to an Electrostatic Oscillation in a Nonuniform Plasma

Satoshi YAGITANI* Isamu NAGANO* Yoshiharu OMURA** Hiroshi MATSUMOTO**
 *Kanazawa University **Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University

The computer experiments by using a particle code (KEMPO) have revealed that in a nonuniform plasma electromagnetic waves parallel to the static magnetic field excite an electrostatic oscillation through a nonlinear process, where electrons accelerated by nonlinear Lorentz force excite plasma oscillation. If the frequency of the plasma oscillation resonates with the frequency of the nonlinear Lorentz force at a certain point in the nonuniform plasma, the amplitude of the oscillation grows and reaches a saturation at the point. We will discuss the growth and saturation of the electrostatic oscillation and subsequent heating of the electrons in the nonuniform plasma.

我々は、粒子コード (KEMPO) を用いた計算機実験により、不均質プラズマ中の波動伝搬の解析を行っている。これによると、例えば従来の波動伝搬の計算法である Full Wave 法などでは解くことが困難であった非線形現象あるいはプラズマ粒子の速度分布の効果などが波動伝搬に与える影響を定量的に評価することができる。前回の発表では、その非線形現象の一例として、不均質プラズマ中に電磁波モードが複数存在することにより発生する非線形ローレンツ力がある一点においてプラズマ振動とレゾナンスを起こし、大きな静電振動を発生させ、その結果その点の周囲でプラズマ粒子の密度が時間的に変動する様子について発表した。

一次元の粒子コードにおいてコールドな電子プラズマに直線的な電子密度勾配を作成し、外部磁場 (x 方向) と平行に電磁波が伝搬する場合を考える。このモデルにおいて、直線偏波でシミュレーションシステムの左から入射した電磁波がプラズマ中で外部磁場に対して右回りおよび左回り円偏波の R および L モードに分かれ、L モードはシステム中で反射され、R モードはそのままシステムの右側へ透過するような場合を想定する。このとき、L モードの反射点よりも右側では、R モードの伝搬モードと L モードのエバネセントモードにより発生する非線形ローレンツ力が、電磁波の周波数の 2 倍で x 方向に粒子を振動させる。その粒子振動が、適当なパラメータのもとでは、ある一点でプラズマ振動とレゾナンスを起こし、大きな静電振動を引き起こす。そのときのレゾナンスの条件を Fig.1 に ω - k ダイアグラムで示す。両モードのつくる平行四辺形の先端がプラズマ振動のラインと一致するような場所で、レゾナンスが起こる。

このとき、レゾナンス点においては時間的に x 方向の静電振動および粒子振動の振幅が大きくなっていく。その様子をシミュレーションシステムにおける x 方向の全エネルギー (x 方向の静電エネルギー + x 方向の粒子エネルギー) の時間変化として表わしたものが Fig.2 である。時間とともにエネルギーは増大していくが、ある時間に達すると飽和している。これは、レゾナンス点付近でポンドロモーティブ力が電子に働いて電子を電界の強い場所から外側へと押しやり、その結果電子密度が変化することによりプラズマ周波数も変化し、Fig.1 に示したレゾナンス条件が満たされなくなるからであると考えられる。

発表では、このような静電振動の飽和についてその値を定量的に評価し、それに引き続いて起こる粒子の加熱などの解析結果を報告する。また、実際に電離層あるいは磁気圏中において波動伝搬によるこのような意味のレゾナンスが起きる可能性についても議論する。

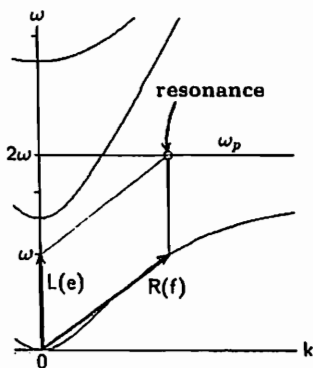


Fig.1 Resonance condition for electrostatic oscillation due to the nonlinear Lorentz force

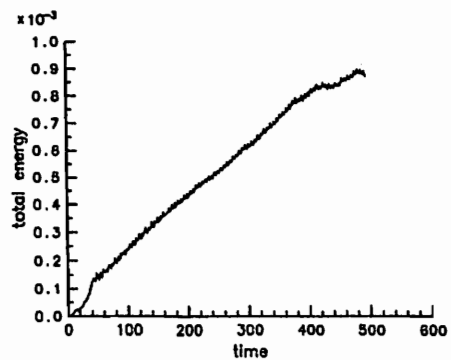


Fig.2 Time history of the total energy in the x-direction

古川 浩 松本 紘 大村 善治
 京都大学超高周波電波研究センター

Computer Experiment of Particle Beam Injection in Nonuniform Plasmas

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

We have studied the dynamics of particle beams injected into nonuniform plasmas by using a 2-D full electromagnetic particle code. In the present model the ambient plasma has linear density gradient along the external uniform field line. We inject an electron, ion (or neutral plasma) beam locally along the field line. The system is isolated along the magnetic field, and periodic across the field. We present the nonlinear dynamics of the beam in the nonuniform plasma as well as associated waves characteristics.

プラズマ中での電子ビーム、イオンビームの振舞い、及びビームと周辺プラズマ、波動との相互作用は、数多くの衛星実験、計算機実験の研究対象として取り扱われてきた。しかしこれらの多くは、周辺プラズマを均一と仮定、もしくは近似して行われたものである。実際、極域、電離圏、磁気圏プラズマ等、対象とする領域によっては、プラズマが空間的な不均一性を持ち、この不均一性が電磁力学過程において上昇イオン流 (UFI) や電磁波放射 (例えば ECHW や VLF、AKR 等) に影響を及ぼす場合がある。

本研究の目的は、2次元電磁粒子コードを用いて、不均一プラズマ中における局所的な電子ビーム、イオンビーム、さらには中性ビーム (電子とイオン) のダイナミクスを調べることである。これらの適用としては、極域において局所的に強い荷電粒子の降下が生じた場合等が考えられる。

計算機実験モデルを (Fig.1) に示す。このシステムにおいて外部磁場は x 方向とし、背景のプラズマには x 方向に線形な密度勾配を与え、(簡単のため) 外部磁場は一様とした。境界は、 y 方向については周期境界とし、 x 方向については物理領域の両側に減衰領域を設けて自由境界として取り扱っている。このシステムに、左側から電子ビーム、またはイオンビームを局所的に注入する。また、ビームはフラックス量一定のもとで、位相空間に於て滑らかな注入を行っている。

上記のモデルに於て、電子ビームとイオンビームを注入した各場合について

- 粒子の加速、波動励起等、密度勾配をもつ背景のプラズマとビームとの間に起こる相互作用
- ビーム粒子が、電子である場合とイオンである場合のビームの伝搬特性の違い

を均一媒質中の場合と比較しながら解析を行う。さらに、電子、イオンを含む中性のプラズマビームを注入する実験を行い、これについても検討を加える。

本研究は静電的結合だけを対象とした Winglee 等 [1],[2] の研究を静電的及び電磁的結合を考慮した場合に拡張しようとするものである。

参考文献

- [1] Winglee, R. M. et al., Particle acceleration and wave emissions associated with the formation of auroral carities and enhancements, *J. Geophys. Res.*, 93, 14567, 1988
- [2] Winglee, R. M., and P. L. Pritchett, The plasma environment during particle beam injection into space plasmas, *J. Geophys. Res.*, 92, 7689, 1987

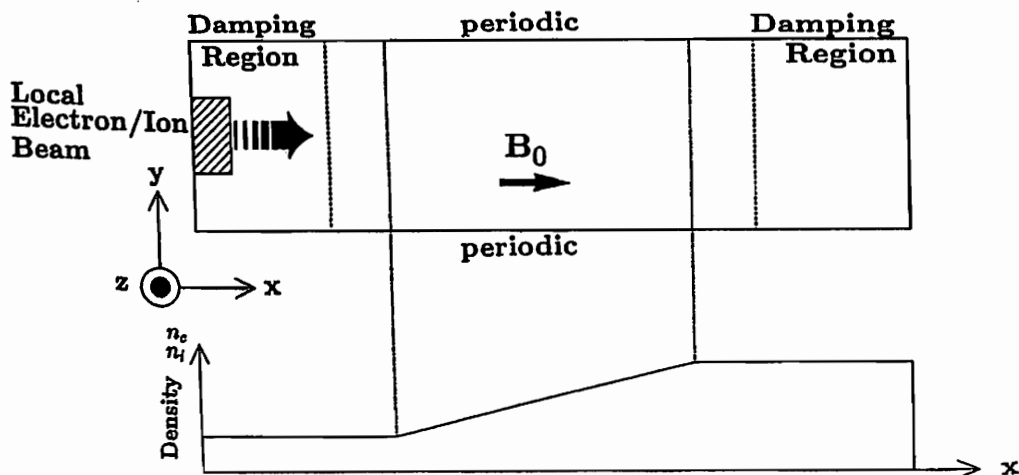


Fig. 1: The 2-D model of computer experiment.

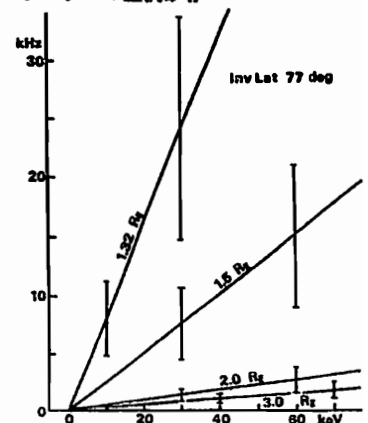
恩藤忠典 通信総合研究所

T. ONDOH Office for Space Science, Communications Research Laboratory
Tokyo, 184

南極昭和基地で受信したISIS衛星からのVLF電界データの347パスから求めた、広帯域オーロラヒスの発生分布図とAE-D衛星からの100eV-40keVの電子データの280パスから求めた広いエネルギー域のInverted-V降下電子の発生位置分布図とは、その低緯度境界及び地磁気地方時10-22時の午面について、ほぼ対称な分布であること、及び地磁気不変緯度で67-82度にわたる広い帯状分布である事等に関して両者はよく一致している。一方極光帯は帯状分布の緯度が約65-75度と狭く、又その対称子午面が12-00磁気地方時であり、上記2つの分布とは明らかに異なっている。即ちオーロラを電離層高度で起こす粒子とオーロラヒスを極域磁気圏で起こす降下粒子とは、そのエネルギー、降下域が一部分重複している所はあっても、全体としては異なるものであると思われる。

オーロラヒスは従来ランダウ共鳴 $\omega/k_{\parallel} = v$ によって発生されると考えられて来た。vは磁力線に平行な粒子ビームの速度である。ホイストラモード ($f_H, f_N \gg f, f_H \cos\theta \gg f$) のチェレンコフ放射は、上限周波数 $f \leq f_N^2 E / 250 f_H$ を持つ。Eは電子の平行エネルギーである。下図はDE-1とISISのデータから推定した電子密度分布と双極子磁場モデルを用いて、不変緯度70度と77度の磁力線に沿って各高度で計算した上限周波数である。実際の放射周波数は各高度の直線の下側の領域に存在する。高い周波数成分は低高度域の狭い領域で、低い周波数成分は高高度から低高度まで広い領域にわたって発生される可能性がある。Inverted-V電子のエネルギー域が40keV以下とすると、12kHz以上の成分は高度3200km以下で、2kHz以下の成分は6400km以下の広い領域で発生されることがわかる。又両磁力線上の3Reでは、1kHz以上の波についてホイストラモードの条件が成立しない。従って平均的に言って2Re以下の領域で、下向きに伝わる下限周波数1kHzを持つオーロラヒスが、降下電子によって発生されると思われる。Gurnett等(1983)は、DE-1で観測されたfunnel型オーロラヒスが上向きに伝わるヒスで、その発生下限高度が1.7-1.9Reであることを、レイトレーシングの計算から示しており、今回の推定と矛盾しない。ヒスの発生電力に関して、Maggs(1976,78)は、単一エネルギー電子ビームが、共鳴距離近くの角度で伝播するコヒーレントなVLFヒスの増幅機構を提案した。このモデルでは、 $f_H < f_N$ を満たす低高度域でしか強いオーロラヒスが発生できない。然し現実の極磁気圏ではオーロラプラズマ空洞が存在し、 $f_H > f_N$ となっており、Maggsの話と合わない。今後の問題である。

A polar map of the occurrence rates for broad-band auroral hiss is qualitatively similar to one of the occurrence locations of inverted-V electrons; especially for the low-latitude boundary and 10-22 hour geomagnetic local-time symmetric meridian. Generation model of the broad-band auroral hiss is discussed in terms of whistler-mode Cherenkov radiation from inverted-V electrons in polar magnetosphere.



Masashi HAYAKAWA

Research Institute of Atmospheric, Nagoya University,
Toyokawa, Aichi, 442, Japan

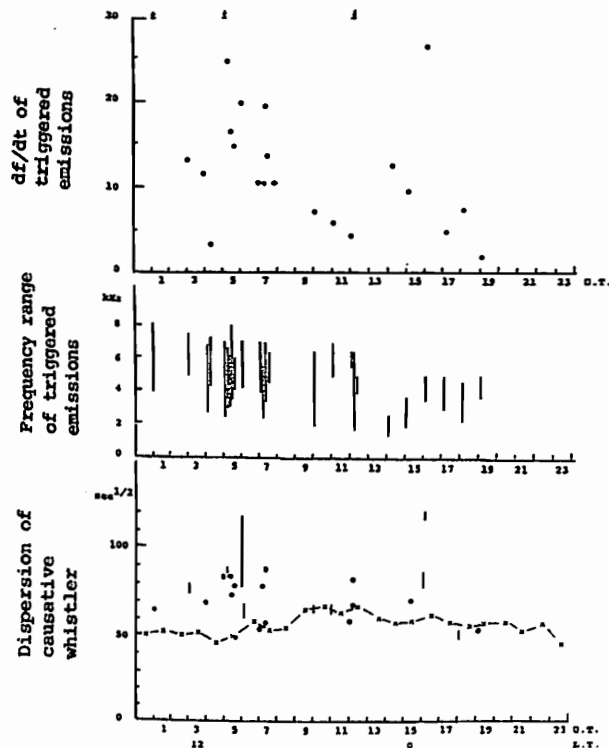
The gyroresonance interaction between whistler-mode waves and energetic electrons is an important process in the magnetosphere. Its consequences are the linear wave amplification and generation of new VLF emissions, and also the wave-induced pitch angle scattering of magnetospheric particles and the associated particle precipitation into the lower ionosphere.

Lightning-generated whistlers are recently found to induce the particle precipitation, but much remains to be learned about the contribution to the loss of radiation belt electrons of magnetospheric waves of different origins such as hiss, chorus, whistlers, VLF transmitter signals, power line harmonic radiations, etc. So, in order to investigate the role of lightning-generated whistlers in the magnetospheric wave-particle interaction process and in the removal of energetic electrons from the radiation belts, we have studied the general characteristics of VLF emissions which are triggered from lightning-generated whistlers as the wave consequence of strong nonlinear gyroresonance interaction. The presence of such whistler-triggered VLF emissions has long been known from the beginning of whistler studies, but no reports have been published on the statistical features of those whistler-triggered VLF emissions based on the ground-based VLF data.

The morphological characteristics of whistler-triggered VLF emissions including diurnal, seasonal variations, Kp dependence, latitudinal distribution and spectral shape, have been investigated based on the VLF data obtained at Moshiri (L=1.6) in Japan during a ten year span (1976-1985). The following results have emerged:

- (1) There does not seem to exist a clear tendency of whistler-triggered emissions to occur at a particular local time.
- (2) Equinoctial maximum in occurrence probability is recognized.
- (3) The occurrence probability seems to increase with Kp index.
- (4) The occurrence L shell is localized in two regions; one is L=2.1 to 3.4 (the electron slot region) and the other is just around L=1.6 (the inner radiation belt).
- (5) A whistler-triggered emission is characterized by a quasi-constant frequency initial component and a subsequent drastic frequency drift mainly with $df/dt=10-20$ kHz/s.

These characteristics are satisfactorily interpreted in terms of the GYRORESONANCE INTERACTION between LIGHTNING-GENERATED WHISTLERS and energetic electrons, with special reference to the previous results of lightning-induced particle precipitation.



VLF波伝搬に対するプラズマポーズの効果について

服部克巳、石川清彦、早川正十
名古屋大学空電研究所

On the effect of plasmapause for the propagation in the range of VLF waves

Katsuni HATTORI, Kiyohiko ISHIKAWA and Masashi HAYAKAWA
Research Institute of Atmospherics, Nagoya Univ., Toyokava

The region around plasmapause is known to be abundant in plasma waves. Actually, various waves in VLF/ELF range are observed and generated there. We have two purposes in this study. One is the contribution of the plasmapause for ray focussing in whistler-node waves for efficient wave-particle interactions, and the other is the accessibility of different waves to low-altitude satellites or onto the ground. The study is based on the ray-tracing computations.

磁気圏プラズマ中では様々な周波数において色々な性質のプラズマ波動が発生している。プラズマ密度が急激に変化するプラズマポーズ近傍では、各種のVLF波動が数多く発生している。例えば、プラズマ圏内ではプラズマ圏ELFヒス、VLFヒス、またプラズマポーズの主として外側では、VLFコーラスや $f - / 2$ (half-gyrofrequency) VLF放射をあげることができる。プラズマポーズはVLF波動の発生および伝搬に対して大きな影響を与えることが容易に想像される。そこで、本研究では各種VLF波動の発生および伝搬に対するプラズマポーズの寄与をray tracing computationを用いて考察する。

取り扱う周波数 Λ (normalized frequency f/f_c) は、0.0~1.0の範囲で波動の初期発射位置をプラズマポーズのinner edge及びouter edgeとした場合の振舞いを中心に調査している。また、波動の初期波面法線方向 θ_0 (initial wave normal direction) は、0度~ θ_{res} と変化させている。さらに、プラズマポーズの勾配の急な場合 (strong gradient) と緩い場合 (weak gradient) の2通りについて計算している。隣演時には、波の磁気圏内での伝搬、電離層衛星や地上への到達について述べる。

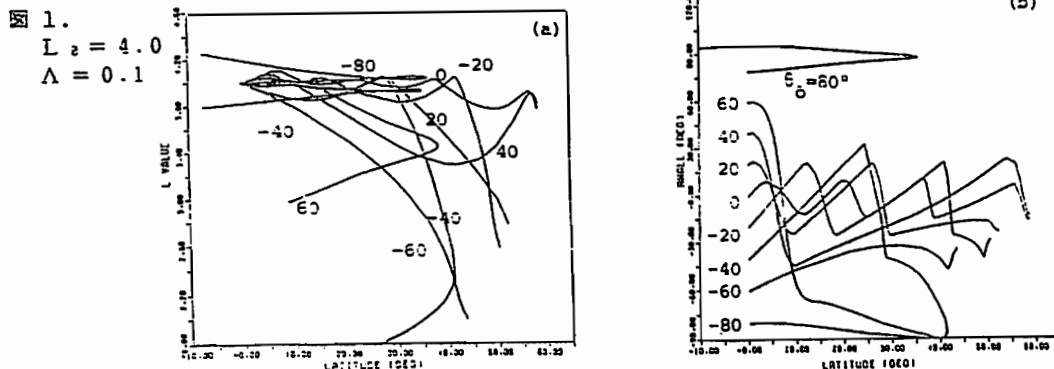


図 1. $L_{0.3} = 4.0 - 4.24$ (sharp gradient) のプラズマポーズのinner edgeにおいて放射された電波の伝搬で、初期放射角を 20° おきに変化させたものである。(a)はL値と磁気緯度との関係、(b)は波面法線方向の変化。

磁気共役点で観測された地上VLF送信局電波の電離層透過域推定

根本嘉彦¹、 島倉信¹、 早川正士²、 西野正徳²
¹千葉大工 ²名大空電研究所

On the estimation of the ionospheric exit-regions of magnetospheric VLF waves observed at geomagnetic conjugate point

Y.Nemoto¹, S.Shimakura¹, M.Hayakawa², M.Nishino²
¹ Dept. of Electrical Eng., Chiba Univ.
² Res. Inst. of Atmospherics, Nagoya Univ.

To study the propagation mechanism of VLF waves in magnetosphere, it is important to estimate the ionospheric exit-regions, especially at the geomagnetic conjugate point of VLF transmitter. By using of least squares method and maximum entropy method, the ionospheric exit-region of magnetospheric VLF waves radiated from Alpha system are estimated. And temporal changes of the scale and location of exit-regions are reported in detail.

磁気圏VLF波動は磁気圏の特定の磁力線に拾う電子密度の増加した領域、即ち、ダクトに捕捉され、伝搬する。地上VLF送信局の磁気共役点における磁気圏VLF波動の観測では、共役点間の位置及び偏波の特性を推定することができ、その結果、地上で観測された磁気圏VLF波動の偏波及び最大エンタロピー法による推定が可能である。しかしながら、地上で観測された磁気圏VLF波動の偏波及び最大エンタロピー法による推定には、偏波依存性が極めて強い波動分布関数を求めるために、最小2乗法を用いることが必要である。波源のエネルギー分布を正規分布と仮定する最も精度よく推定することができる。したがって、最小2乗法で推定することができる。また、最大エンタロピー法により、1986年8月29日、地上VLF送信局（アルファ局）の磁気共役点であるセナ（L=1.93）で観測された磁気圏VLF波動の電離層透過域を最小2乗法で推定した偏波を示した。ただし、エネルギー最大の50%の等高線を示している。(a)は最大磁気圏VLF波動が観測された時間帯16:40(JST)の透過域を示しており、入射角 $\theta \approx 45^\circ$ 、方位角 $\phi \approx 100^\circ$ 付近に電離層透過域が存在したと考えられる。また、(b)は01:00(JST)における透過域を示しており、入射角 $\theta \approx 30^\circ$ 、方位角 $\phi \approx -90^\circ$ 付近に電離層透過域が存在したと考えられる。送信局の磁気共役点における観測では、磁気圏伝搬のみが優勢だと考えられるため、透過域の移動はダクトの移動と考えられる。一方、透過域の平均的な大きさは、20:00~01:00(JST)においてほとんど変化せず、エネルギー密度50%の領域が約30~40(km)、エネルギー密度10%の領域は約100(km)程度と推定された。16:20~16:40(JST)の領域は約200(km)程度と推定されており、夜間に比べて非常に大きい。これは、電離層における散乱効果の原因であると考えられる。観測では、透過域の位置及び大きさ、偏波の時間変化について詳しく報告する。

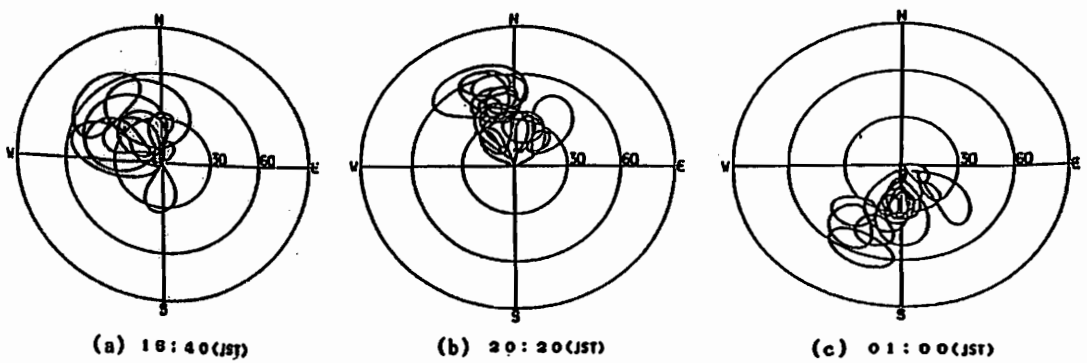


図1 最大エンタロピー法で推定された電離層透過域（エネルギー密度50%）

可視オーロラの共役性

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

CONJUGACY OF VISIBLE AURORA

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

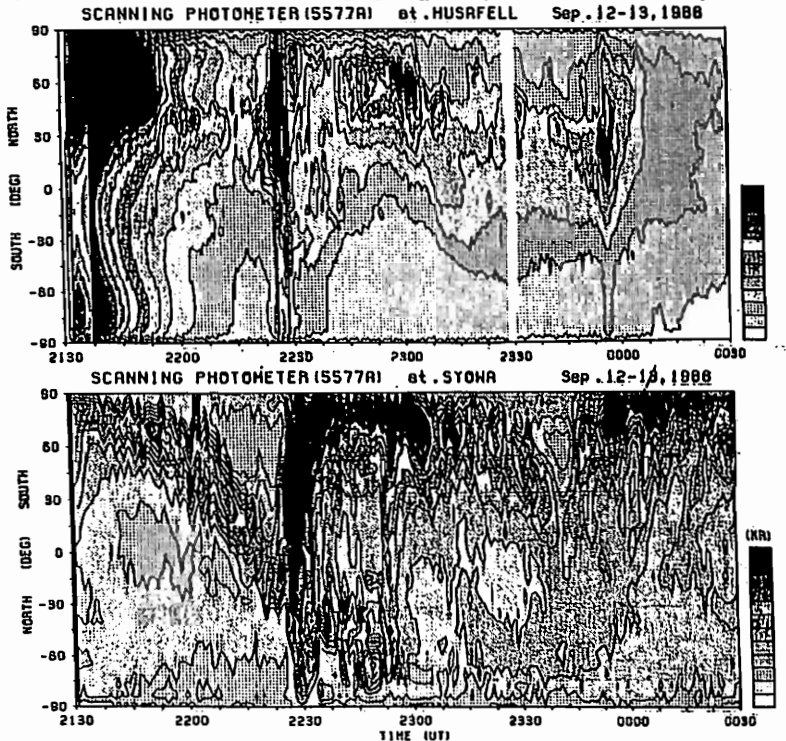
Simultaneous auroral observation were carried out at the Syowa-Husafell conjugate pair of stations(L=6.1) in the period of September, 1988. In this paper, we show some initial results on the geomagnetic conjugacy of visible auroras observed by 5577A scanning photometers, all-sky cameras and all-sky TV cameras in the selected event study of September 10-11 and 12-13, 1988.

共役点におけるオーロラの同時観測は、オーロラ粒子の加速機構を知る上で重要である。Sato and Saemundsson(1987)は 1984年9月に南極昭和基地とアイスランド Husafellで同時に観測した全天カメラと掃天フォトメータデータを用いて、オーロラの南北共役性、非共役性について報告している。

昭和基地とHusafellでのオーロラ同時観測は1984年以來毎年秋分期間を中心にあちぎしてきている。しかし、両観測点の天候の位相が合わず、良質のデータがなかなか得られなかった。1988年の9月10-11日及び9月12-13日は幸運にも、2夜の同時観測データを得られ、特に12-13日のイベントは興味深いものがあつた。

1984年のオーロラデータでは、昭和基地の共役点が、Husafellよりも高緯度側に位置していたと解釈できる結果であり、この結果は地球磁場のモデル計算による予測とほぼ一致していた。しかし1988年のデータでは観測されたアークの位置は、Husafellでは天頂近くにあり、昭和基地では南の地平線に近い。これはKp値や、日変化を考慮しても、地球磁場のモデル計算による予測とは一致せず、むしろ逆にHusafellの磁気緯度より昭和基地の共役点のほうが低緯度側に位置していることを示しているといえる。今学会ではこの掃天フォトメータと、VTR(全天カメラ)の解析により南北非共役性について報告する。

下図は12-13日のイベントの、掃天フォトメータによるデータから描いたものである。22時30分前後においてアークの位置の違いが、はっきりとわかる。



山岸久雄 田村幸一 菊池 崇 羽倉幸雄
 極地研 埼大(工) 通総研・平磯 埼大(工)

SPATIAL DISTRIBUTION OF COSMIC NOISE ABSORPTION WITHIN AURORAS

YAMAGISHI Hisao¹ TAMURA Kouichi² KIKUCHI Takashi³ HAKURA Yukio²

1;National Inst. Polar Res. 2:Saitama Univ. 3:Communication Res. Lab. Hiraiso

Spatial distribution of auroral intensity and auroral absorption was compared in various types of auroral display by using multi narrow beam riometer and optical instruments at Syowa Station, Antarctica. As an intensity ratio between the both phenomena is closely related to a characteristic energy of precipitating electrons, it can be used to diagnose auroral electron spectrum in different part of auroral structure. As an example, it was found from this comparison that the energy spectrum became harder in the central part of a westward travelling surge.

南極昭和基地の掃天型リオメータと掃天フォトメータ、全天TVカメラの同時観測データを用い、様々なタイプのオーロラ中でのオーロラ発光とオーロラ吸収強度空間分布の比較を行った。

前者は主として数keVの降下電子によりひきおこされ、一方後者は数10keV以上の降下電子によりひきおこされることから両者の強度比は降下電子エネルギースペクトルのe-folding energyに関係づけられる。そこでこの比の空間分布を求めることにより、オーロラ中での降下電子エネルギーの空間変化を知ることができる。

解析は(1)夕方側の静かなディスクリートオーロラ (2) Westward Travelling Surge (3) Poleward Expanding Aurora, (4) ブレイクアップ後の「ディフェース」オーロラ

について行った。図1に Westward Travelling Surge の解析例を示す。Surgeの出現以前から存在する、低緯度西方のびるマークは吸収を伴わず、Softなスペクトルと思われる。Surgeの中心部では発光も吸収もともに強いが、両者のピーク位置はずれを生成しており、Surgeの後面寄りでは両者の比(A/√I)が最大となり、スペクトルが最もhardとなっていることがわかる。

一般的に、activeなオーロラ領域が拡大してゆくfrontにおいて、オーロラ発光とオーロラ吸収は相似的空间分布を示すが、それ以外では、両者の分布は必ずしも一致しない。

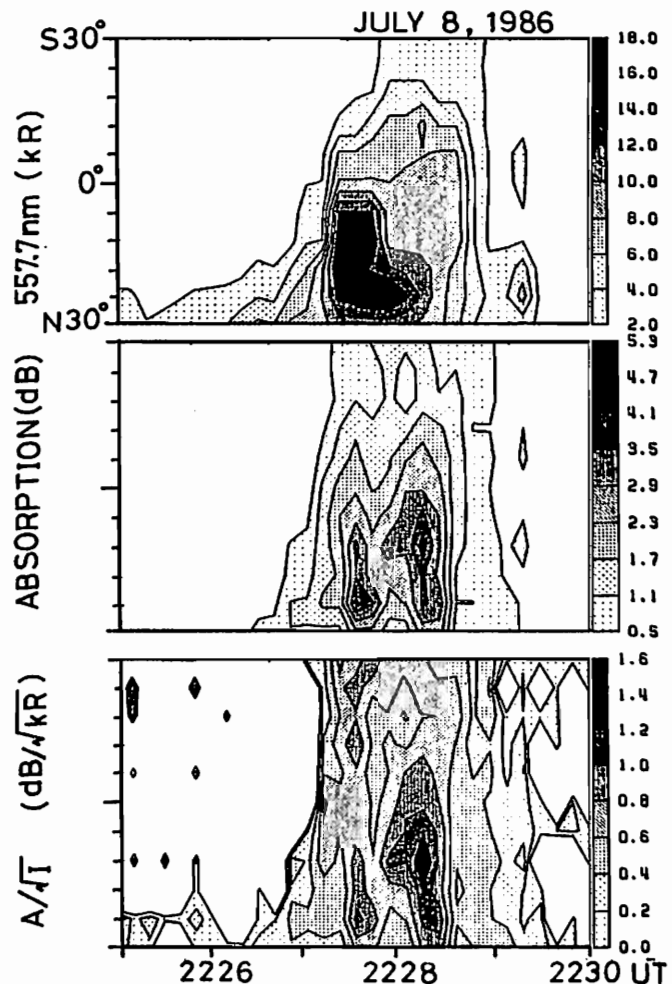


Fig.1 Meridian-time displays of auroral luminosity at 557.7 nm (top panel), Cosmic noise absorption (middle panel) and the ratio between them (bottom panel) at the time of a westward travelling surge.

前田佐和子・野村彰夫
(大阪短大) (信州大工)

A DYNAMICAL EFFECT OF AURORAL ACTIVITY ON THE MESOSPHERIC SODIUM LAYER (I)

S.Maeda · A.Nomura
(OSAKA COLLEGE) (SHINSHU UNIV.)

Disturbances of the mesospheric sodium layer during auroral activities have been observed at Syowa Station in 1985. A dynamical model of the high-latitude thermosphere is presented to interpret the effect of auroral activity on the sodium layer in terms of the vertical wind of the neutral gas excited by the Joule heating of the ionospheric currents.

1985年の南極昭和基地における中間圏ナトリウム層のライダー観測から、高度80-100kmのナトリウム層にオーロラ活動の影響と考えられる変動が見つかり、すでに他で報告されてきた⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾。

本講演では、今までに明らかにされた現象の特徴を説明しようとするモデルを提案する。ナトリウム原子密度の変動には、大きく分けて力学的過程と化学的過程が関与している。今回のモデルはオーロラ活動に伴う熱圏中性気体の風系の変化がナトリウム層に影響をもたらす可能性を追求するものである。

図1は観測例の一つである。地磁気水平成分の減少とCNA増大の開始に約30分遅れてナトリウム原子密度の高度分布に変化があらわれた。ピーク高度が90kmから下降しはじめ、85kmに達した。それと同時にピーク高度での原子密度が増加し、上方では減少している。気柱密度には大きな変化は見られない。この期間、地磁気共約点Husafellの上空を飛行していたDNSP衛星では、30KeV以上の高エネルギー電子の降下が観測されている(図2)。

全観測日数42夜中、オーロラ活動のあったのは18夜で、その内オーロラ活動の影響を受けたのは11夜であった。それらの結果から現象の特徴をまとめると次のようになる。

(1) 地磁気水平成分の500nT以上の減少とCNAの増加に強い相関をもつ。

(2) 高エネルギー(>30KeV)電子の降下が見られる。

(3) 朝側のdiffusiveなオーロラに伴って起こる。

(4) ナトリウム原子の気柱密度が変動の初期に減少する場合と減少しない場合がある。全般的には余り変化は見られない。

以上の結果を基にして立てたモデルは、次のとおりである。

(1) サブストーム時の電離層電流のジュール加熱で生ずる中性気体の垂直運動によって、ナトリウム層が圧縮されその垂直分布が変化する。

(2) 磁気圏対流電場の強度のピークが朝側では粒子降下領域より高緯度側にくる⁽⁴⁾。そのためジュール加熱の緯度分布が約70度付近を境にして両緯度側にピークを持つ。ピーク付近では加熱によって上昇風が吹くに対して、加熱率の極小域では下降風になる。

(3) 30KeV以上の降下電子のフラックスが増大し、高度100km以下の下部熱圏が電離されることで、低高度での垂直風が励起され直接ナトリウム層を圧縮する。

以上の仮説を検証するため、熱圏の2次元数値モデルを用いたシミュレーションを行い、中性風の風速分布を求めて、ナトリウム層の圧縮の可能性を調べる。

参考文献

- (1) Nomura et al., 1987, Geophys. Res. Lett., 14, 700.
(2) Nomura et al., 1989, Proc. of NIPR Sympo., Polar Meteorol. Glaciol., 2, 1.
(3) 野村他, 1989, 大気圏シンポジウム報告
(4) Kamide and Richmond, 1987, Geophys. Res. Lett., 14, 158.

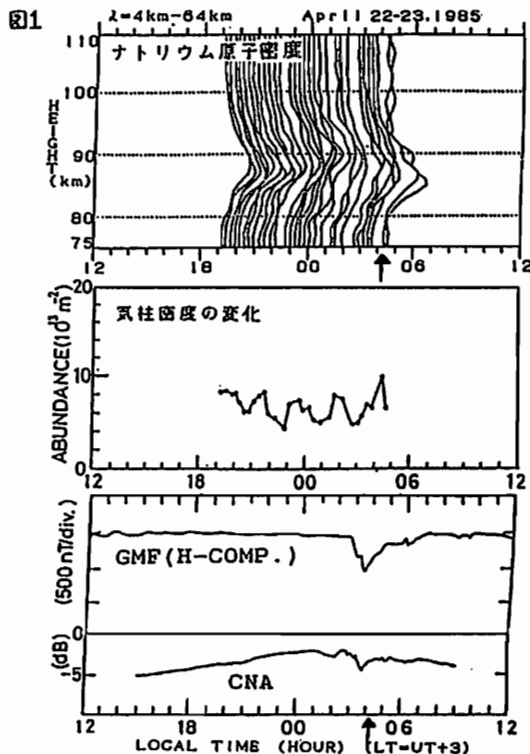
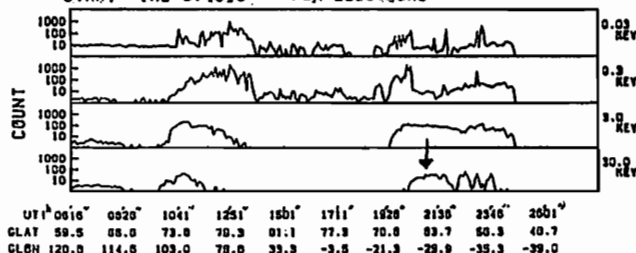


図2 1985 APR. 23 TD113 DMSP-SAT-CODE F7
START-TIME 010616 FOR ELECTRONS



巻田 和男, 山岸 久夫, C.-I.MENG, K.LASSEN, and E.F-CHRISTENSEN
 (拓殖大学), (極地研究所), (APL/JHU), (DMI)

Auroral phenomena in the polar cap (1)

kazuo MAKITA, Hisao YAMAGISHI, C.-I.MENG, K.LASSEN, and E.F-CHRISTENSEN
 (TAKUSHOKU Univ.) (NIPR) (APL/JHU) (DMI)

Characteristics of sun-aligned arcs and transpolar aurora were examined by using ground and satellite data. It is found two different sun-aligned arcs in the morning sector. One of them develops from the night side oval and observed during the recovery phase of substorm. This arc is very stable and its average electron energy is about 1keV. The source of this arc would be the plasma sheet region. Another kind of arc develops from the morning side and observed under the quiet period and/or northward IMF condition. The source of this arc would be the day side boundary layer electron.

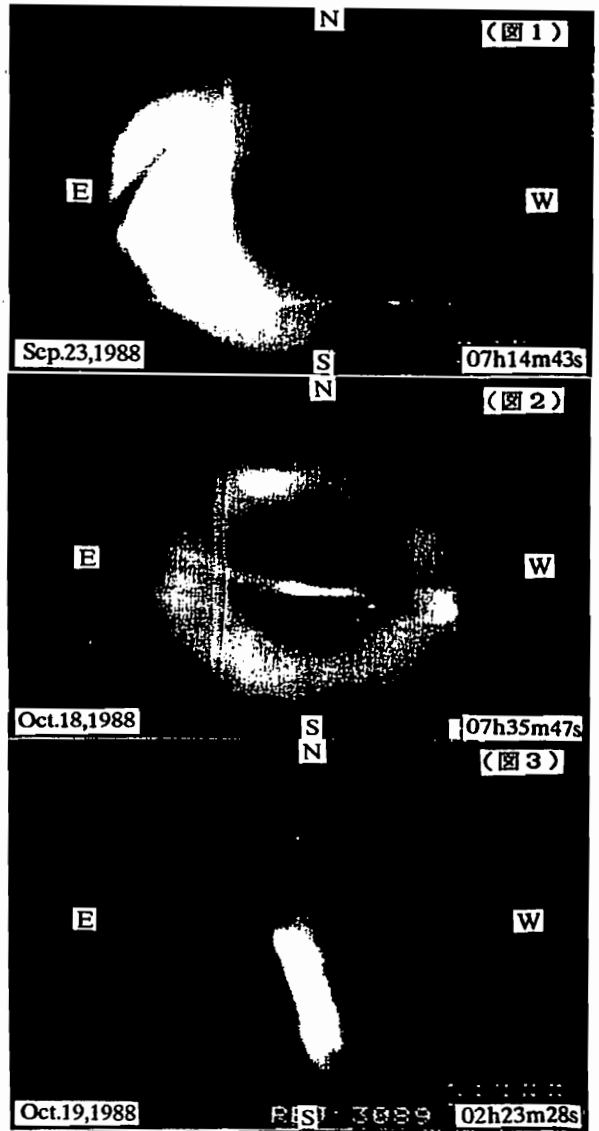
グリーンランドのゴットハブンにおいて観測されたオーロラ・データをもとに ポーラー・キャップ域に見られる特徴的なオーロラのうちで、朝方に見られる sun-aligned arc 及び 夜中付近に見られる theta aurora について、地磁気データ及び人工衛星のオーロラ画像・入射電子データと比較解析した結果を報告する。

(1) Sun-aligned arc には夜側の plasma sheet 起源と思われるタイプのものがある。このオーロラは substorm の recovery phase にオーバルが高緯度側へ縮退する際に出現し、安定した薄いアーク状を示す。関与する入射電子のエネルギーは 1 keV 前後である (図 1)。

(2) 昼側の boundary layer electron に起源をもつと思われる sun-aligned arc も見られる。このオーロラは地磁気活動の静かなときに見られ、IMF の北向き成分の増減と密接な関係にあると考えられる。関与する入射電子のエネルギーは 1 keV 以下であり、やや活動的なアークまたはコロナ状を示す (図 2)。

(3) 夜中付近に見られる theta aurora は大変明るくかつ活動的である。関与している入射電子のエネルギーは数 keV 程度であり、オーバル帯で見られる discrete arc と同じ起源であることを示唆している (図 3)。

これらのオーロラの出現や発達、惑星間磁場の変動や磁気圏の状況といかなる関係にあるのかを詳細に調べていくことが重要であろう。



Modification of the pulsating auroral activity associated with energetic electron injections

R. Nakamura¹, T. Yamamoto¹, S. Kokubun¹, T. Oguti², and D.N. Baker³¹G.R.L., Univ. of Tokyo. ²Univ. of Nagoya. ³GSFC, NASA.

Abstract

It has been suggested that pulsating and/or diffuse aurora is caused by an enhancement of the precipitating electron flux of a few to several tens of keV through the pitch angle scattering [Johnstone, 1983 and references therein]. On the other hand, Oguti [1981] found that the shape of the pulsating patches corresponds to the cold plasma irregularities in the equatorial source region, which moves predominantly due to $\vec{E} \times \vec{B}$ drift. These results lead to the idea that the energetic electron injection into inner magnetosphere would be closely related to the pulsating auroral activity. In this study, temporal and spatial relationships between the flux enhancements of the energetic electrons observed at synchronous orbit, and the pulsating auroral activities are compared, by analyzing the all-sky TV data of auroras and energetic electron flux data obtained at the satellites 1982-019 and 1984-129.

We compare 30 keV ~ 300 keV electron flux enhancements with the pulsating auroral activities observed at a local time later than the expansion region, but earlier than the satellite foot point. From the energy dispersion observed at the satellite, drift trajectory of the energetic electrons are calculated for the characteristic sequences of the flux events: the start time of the flux enhancement, the maximum time, and the recovery time. Pulsating auroral characteristics at the expected arrival times of the back-traced particles to the conjugate region of the auroral observatory is analyzed. These observations are related to the substorm activities inferred from geomagnetic disturbances and expansion auroral activities.

It is found that at the arrival times of the particles, pulsating auroral region extends southward and/or the intensity of the aurora changes. Further, temporal scale of the pulsating auroral activity is found to be about the time scale of the flux enhancement in the 30 keV ~ 65 keV observed at the dawn sector.

These results indicate that the observed energetic electrons could be injected from the expansion region and drifted eastward to encounter the satellite and that the passage of the injected electron blobs causes to modify the ambient pulsating auroral activity. The response of the pulsating aurora to the encounter of the energetic electrons are discussed in terms of modification of the precipitating flux level and that of the ambient electric field.

References

Johnstone A.D., The mechanism of pulsating aurora, *Ann. Geophys.*, 1, 397, 1983.

Oguti, T., TV observations of auroral arcs, in *A. G. U., Geophys. Monograph Ser.* 85, 31, 1981.

EISCAT Magnetometer Cross データを用いた
オーロラエレクトロジェット電流緯度構造の図式表現

荒木 徹 (京大理), K. Schlegel (Max-Planck Institute for Aeronomy)
H. Luhr (Technical University of Braunschweig)

GRAPHIC REPRESENTATION OF LATITUDINAL STRUCTURE OF AURORAL ELECTROJET
BY USING EISCAT MAGNETOMETER CROSS DATA

T. Araki (Kyoto Univ.), K. Schlegel (Max-Planck Inst. for Aeronomy)
H. Luhr (Technical University of Braunschweig)

Two properties of ground magnetic fields shown by Araki et al. (1989) that the night time level of a quiet day provides a reasonable base value of the ground magnetic field observed in the auroral zone and that the normalized Z-component of the magnetic field $R_z = B_z / \sqrt{B_x^2 + B_z^2}$ gives a good measure of latitudinal location of the auroral electrojet current are effectively used to represent graphically latitudinal structure of the auroral electrojet current. Examples of the graphic representation are given by using one day data from the EISCAT Magnetometer Cross for July 28-29, 1987, when both of the eastward and westward electrojets developed well in the afternoon and early morning, respectively.

Araki et al. (1989) は、EISCAT レーダーで測った電離層電流と EISCAT Magnetometer Cross ネットワークで観測した地上磁場の関係についての詳細な解析を行ったが、その過程で次の 2 点が明らかになった。(1) 磁気的静穏日の夜間レベルが合理的なベース値 (零ソース電流に対応する磁場レベル) を与える、(2) 磁場子午面成分でノーマライズした垂直成分、

$$R_z = (B_z - B_{z0}) / \sqrt{(B_x - B_{x0})^2 + (B_z - B_{z0})^2}$$

B_x, B_z : 北向き, 垂直磁場成分
 B_{x0}, B_{z0} : ベース値

は、東西方向電離層電流の緯度方向位置を推定するのに適当な量である。

子午線上に配置した複数の磁力計からのデータは、ベース値がうまく差し引けるならば電離層電流緯度分布についての情報を与え得るが、上記(1)はこのベース値の適切な取り方に根拠を与える。また、磁場垂直成分 B_z は地下電気伝導度異常の影響を受けるので精妙な解析には使われないのが普通であったが、(2)は、 B_z が外部起因磁場の研究にも場合によっては有効に使えることを示唆する。

そこで、下のように、 $\Delta B_x = B_x - B_{x0}$ と R_z を用いた東西方向電離層電流緯度構造の図式表現を考える。この例では、東向き、西向き両電流が共に良く発達した 1 日間の EISCAT Magnetometer Cross 子午線チェーン 5 観測所のデータ (図 1) を用いた。

- 図 2 縦軸: 緯度 (子午線チェーンの 5 観測所名を記入)、横軸: 時刻。各時刻、観測所 i の緯度において、 $|\Delta B_x(i)| - |\Delta B_x(\text{KAU})|$ を右向きに取り先端を結ぶ。 ΔB_x が正の場合 (東向きジェット) を実線、負の場合 (西向きジェット) を点線で表示する。一本の曲線上最も右へよっている観測所の緯度で電流が最大であると推定できる。また、曲線の勾配が急なほど電流が局在していることを示す。
- 図 3 縦軸、横軸: 図 2 と同じ。各時刻、観測所 i の緯度において、 $|R_z(i)| - |R_z(\text{KAU})|$ を右向きに取り先端を結ぶ。 $R_z(i) \cdot B_x(i)$ が正の場合 (電流の中心が観測所 i の北にある場合) を実線、負の場合 (南にある場合) を点線で表示する。実線から点線へ変わる緯度に電流の中心があり、一本の曲線上右へいくにつれて中心から遠くなると思われる。曲線の勾配は、図 2 と同様電流の局在度を表す。
- 図 4 縦軸: $B_x(i)$ 、横軸: $R_z(i)$ 。点 $[R_z(i), B_x(i)]$ を時刻順に結ぶ。 $R_z(i)$ から推定される電流の動きが南向きの場合を実線で、北向きの場合を点線で表す。一観測所からみた電流の位置の動きがわかる。

Araki, T., K. Schlegel and H. Luhr, Geomagnetic effects of the Hall and Pedersen current flowing in the auroral ionosphere, J. Geophys. Res., 94, 17185-17199, 1989.

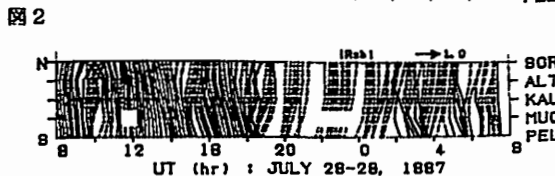
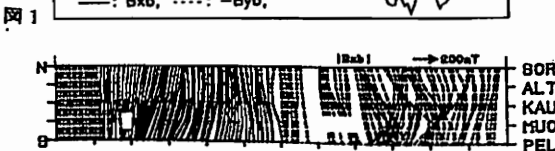
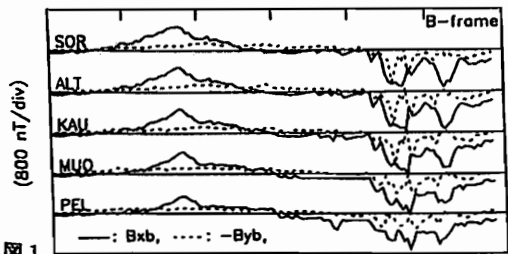


図 3

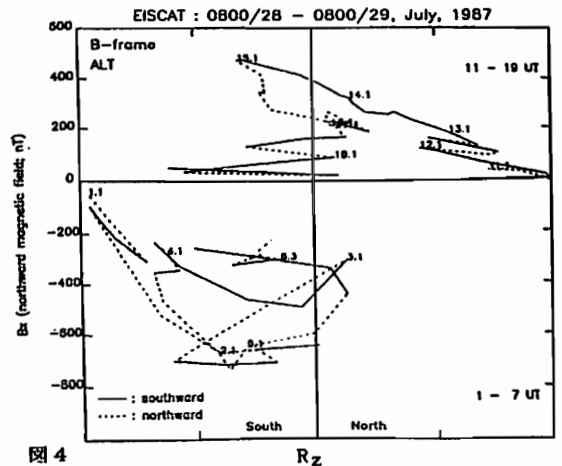


図 4

SCの時の極域電離層での電流渦
について

永野 宏 ・ 荒木 徹
(朝日大) (京大理)

CURRENT VORTICES IN THE POLAR IONOSPHERE
AT THE GEOMAGNETIC SUDDEN COMMENCEMENTS

Hiroshi NAGANO and Tohru ARAKI
(Asahi Univ.) (Fac. Science, Kyoto Univ.)

The magnetic variation of SC in high latitudes is mainly produced by polar-origin disturbance field DP, which consists of preliminary impulse DPpi and main impulse DPmi, and SC-associated pulsation Psc. Current-vortices for the DPpi and DPmi fields in the polar ionosphere are obtained from the North American IMS network 10 sec data.

地上高緯度のSCの磁場変化で主に効いているのは、極域に origin を持つ擾乱であるDP場とSCに伴って励起される pulsation による変化とであり、DP場は更に preliminary impulse であるDPpiと main impulse であるDPmiとに分けられる。DPpiの変化は、磁気圏の中に生じた dusk-to-dawn の電場が極域電離層に磁力線に沿って伝達され、その結果生じた2つの current-vortex が昼間側から夜側に移動することによって起こっていると考えられる。DPmiの磁場変化は、磁気圏尾部で増強した convection による dawn-to-dusk の電場が極域電離層に投影され、その結果生じた twin-vortices current (DPpi current とは逆向き) によって起こっていると考えられる。今回は、北米IMS networkの10秒値の地磁気データを用いて、DPpiとDPmiにたいする電流渦の変動を調べた。図1は、1979年6月6日のSCの磁場変動を示した Alaska Chain の地磁気座標でのX、Y成分であり、1927 UT (9 h MLT) に起こった午前側での典型的なSCである。図2は、このSCについて network 全体での電流ベクトルの30秒毎の時間変化を示したものである。最初にDPpiの電流渦が発達して夜側に移動して行き、その後にDPmiの電流渦が発達していく状態が分かる。このDPpiの電流渦の夜側への移動速度はこの図から推測すると約25 km/s である。Friss-Christensen et al. (1988, Geophys. Res. Lett.) や Glassmeier et al. (1989, J. Geophys. Res.) が磁気圏対流によ

る極域電離層での電流渦をもとめているが、その伝播速度はおおよそ4 km/sである。我々のもとめたSCのDPpiとDPmiにたいする電流渦は彼らのもとめた電流渦とは違うと考えられるので、これらの点についても考察する。

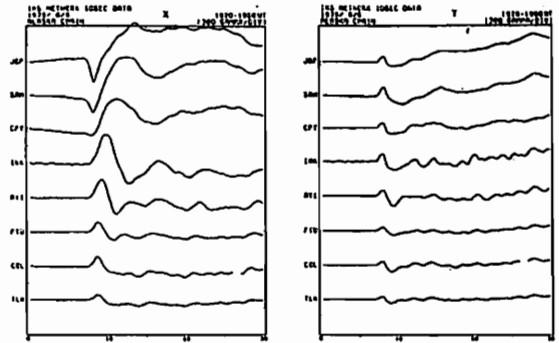


図1

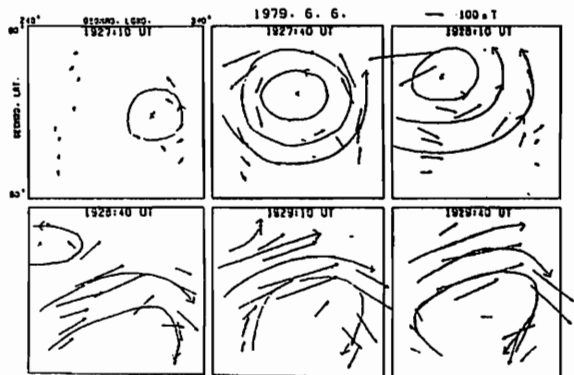


図2

LOW-LATITUDE AURORA DURING THE GREAT MAGNETIC STORM OF OCTOBER 1989

K. Yumoto¹, H. Miyaoka², Y. Tanaka¹, T. Hirasawa², and K. Takahashi³

1: The Research Institute of Atmospherics, Nagoya University, Toyokawa 442, Japan.

2: The National Polar Research Institute, Itabashi, Tokyo 173, Japan.

3: The Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory, Laurel, Maryland 20707, U.S.A.

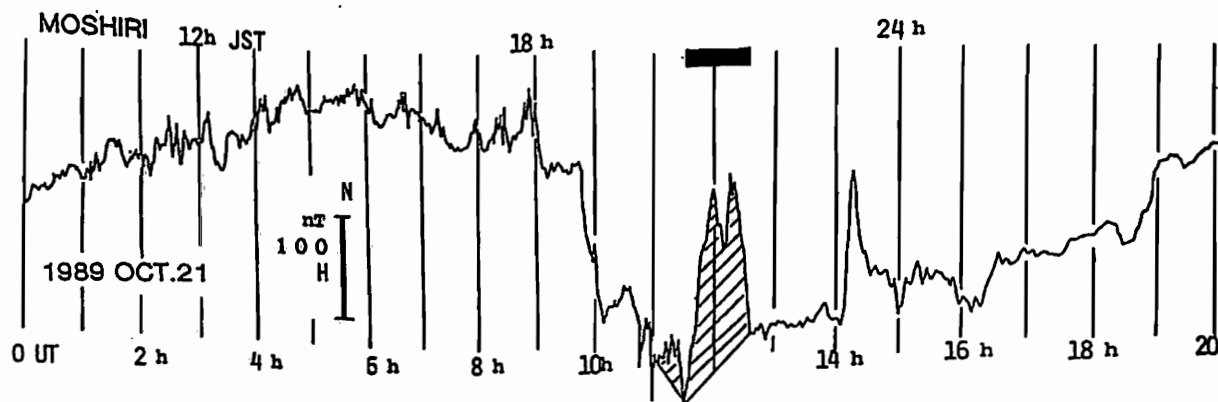
At about 1230 UT on October 19, 1989 a large solar flare began near the Sun's central meridian. The flare was reported to be the largest category of area and brightness, 4B. A Storm Sudden Commencement (ssc) occurred at ~ 0917 UT on October 20 earlier than forecast, indicating a much faster than usual enhanced solar wind stream. The solar wind velocity is estimated to be as great as 2,000 Km/sec. On 20th, from about 1700-1900 UT the geosynchronous satellites moved into the interplanetary space as the solar wind pressure compressed the magnetopause inside the geostationary orbits.

During the magnetic storm on October 20 magnetic positive bays with $\delta H \geq 130$ nT magnitude, which are the largest category at low latitudes ($L \leq 1.6$), were observed at ~ 1336 , ~ 1609 , and ~ 1844 UT at Moshiri Observatory ($\alpha = 44^{\circ}22'$, $\phi = 142^{\circ}16'$, $L = 1.56$), Nagoya University, in Japan. Unfortunately, it was cloudy in Hokkaido. Another ssc (or sudden impulse) appeared at ~ 0843 UT on October 21, and magnetic storm developed with a rapid intensification, reached a minimum (δH) of about -

300 nT at Moshiri during 11 hr on October 21. During the magnetic storm two positive bays with ≥ 150 nT magnitude occurred at ~ 1136 and ~ 1408 UT.

A homogeneous dark red aurora appeared in the north-eastern region at Moshiri at ~ 2010 J.S.T (~ 1110 UT). The sudden brightening occurred at 1136 UT, i.e., at the same time of onsets of magnetic positive bay and Pi 2 pulsation observed at Moshiri. The color became glowing red like a forest fire, while the several columns of ray structure were detected along the line of force during the brightening. The color of the ray structure with lifetime of a few 10 sec was rather white. The enhancements of 6300 Å and 5577 Å emission lines were also measured to concurrently appear at the onset time of the magnetic substorm by a scanning photometer. The brightest regions of 6300 and 5577 Å emissions were located around $\sim 15^{\circ}$ and $\sim 8^{\circ}$ in elevation.

These observations suggest that an electron acceleration process similar to that at high latitudes, occurs even in the deep magnetosphere ($L \leq 2$).



Magnetic variation at Moshiri ($L=1.56$) during the low-latitude aurora event of October 1989.

Akebono による HIPAS-VLF 共同実験 (第2報)

木村磐根¹ A.Wong² 岡田敏美³ 山本正幸¹ 石田 薫¹ 長野 勇⁴ 橋本弘藏⁵
¹京大工 ²UCLA ³名大空電研 ⁴金沢大工 ⁵東京電機大

HIPAS-VLF joint experiments by Akebono Satellite (2)

I. Kimura¹ A. Wong¹ T. Okada³ M. Yamamoto¹ K. Ishida¹ I. Nagano⁴ and K. Hashimoto⁵
¹Kyoto Univ. ²UCLA ³Nagoya Univ. ⁴Kanazawa Univ. and ⁵Tokyo Denki Univ.

After the first campaign of HIPAS/AKEBONO-VLF joint experiment, the second campaign was carried out in the period from November 26 to December 3, 1989. In this second campaign, the 2.5 kHz VLF signal associated with the HIPAS HF transmission modulated by this VLF frequency was detected by Akebono around 0551 UT on November 28. The E and B field strengths of the signal were $15 \mu\text{V/m}$ and 0.25 pT respectively. At the same time the signal was also observed on the ground with an intensity of 1.3 pT . k and Poynting vector were determined by the PFX subsystem of Akebono/VLF. It turns out that these vectors were both nearly along the geomagnetic field line and were pointing upwards.

HIPAS(北緯 64.85° , 西経 146.83°) 設備により、送信電力 1MW (実効放射電力約 70MW)、VLF 及び ELF 帯の周波数で振幅変調を行った 2.85MHz の電波を用いて電離層加熱実験を行い、加熱領域から放射される VLF 電波を地上及び AKEBONO 衛星で受信する実験を UCLA と共同で平成元年 8 月の第 1 回に引き続き 11 月 27 日から 12 月 3 日の間第 2 回目を行った。今回は 21LT 近辺の一日 1 パス計 7 パスで実験を行ったが、実際の Akebono で信号が受信されたのは 11 月 28 日の 1 回であった。受信された Akebono の軌道を HIPAS を中心とし、geographic north を上方にして描いたものを第 1 図に示す。HIPAS 上空での高度は約 2300km である。磁気子午面が約 30° 東に向いていることを考慮すると衛星の軌道はまさしく磁気子午面に沿っていたことになる。第 2 図には衛星で受信された 2.5kHz の信号のダイナミックスペクトルを示している。信号は 0551:30 UT を中心にして約 50s の間に間欠的に受信された。衛星上での信号の k ベクトル及びポインティングベクトル方向を PFX のデータから求めると地球磁場からのなす角は 15° 及び 5° 程度であり、ともに磁気子午面から約 45° 程度ずれていることがわかった。

一方地上観測では、11/28 ~ 11/30 には $1 \text{ pT} \sim 6 \text{ pT}$ の強い 2.5kHz の信号が受信された。11/28、11/29 日には 2.5kHz の矩形波で振幅変調した 2.85MHz の HIPAS 送信を、on 時には垂直ビームで、off 時には 8 本の送信アンテナのうち 4 本の位相を反転して垂直方向のビーム電力を 10dB 下げたモードで operate した。2.5kHz 成分の地上観測では当然 on 時の強度が off 時より強い筈であるが、第 3 図に示すように、11/29 (2s on、4s off として運用) には強度が逆転しているところがある。また 2.5kHz の 2 倍、3 倍の高調波が受信されており、2 倍の高調波の強度が理論的に予測されるより大きいことから電離層内の非線形効果によるものと思われる。

謝辞 本実験は宇宙研 AKEBONO tracking 担当者各位並びに衛星追跡局 Prince Albaert の協力に負うところが大きい。また大阪市大・南 繁行氏、京大工・佐藤 亨講師の協力を得た。また HIPAS 施設の operator の方々には大変お世話になった。併せてここに謝意を表す。本研究は科学研究費海外学術研究費 (No.01044070) によって行

たものである。

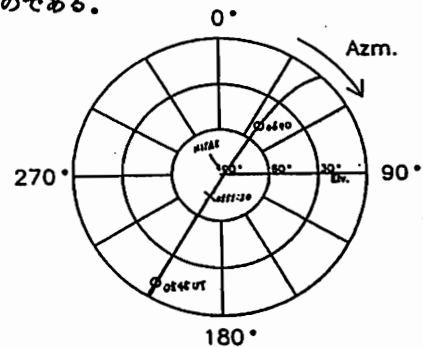


図 1 89-11-28 0545-0600 UT の Akebono の軌道

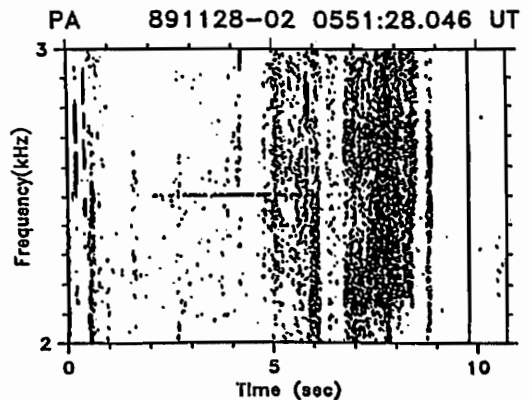


図 2 Akebono で観測された HIPAS による 2.5kHz signal

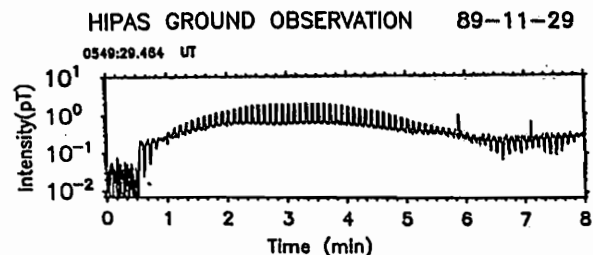


図 3 89-11-29 0550 UT 頃の 2.5kHz 信号地上強度

あけぼの衛星で観測されたオメガ信号の
伝搬ベクトル, ポインティングベクトルの推定

山本 正幸¹ 伊藤嘉彦¹ 木村 磐根¹ 長野 勇² あけぼの VLF 班
1. 京都大学工学部 2. 金沢大学工学部

Wave Normal and Poynting Vectors of Omega Signals Observed by AKEBONO Satellite
Masayuki YAMAMOTO¹ Yoshihiko ITO¹ Iwane KIMURA¹ Isamu NAGANO² Akebono VLF team
1. Kyoto Univ, 2. Kanazawa Univ.

Important characteristic quantities of VLF wave phenomena, i.e. k vectors and Poynting vectors, can be determined by two components of the E field and three components of the B field observed by Akebono satellite. In order to confirm our capability of determining these quantities, the observed data of Omega signals transmitted from Australia were used. It was found that Poynting vectors are always making an angle less than 20° with the geomagnetic field line.

科学衛星あけぼのに搭載された VLF 波動観測機器によって種々の VLF 波動現象が観測されている。VLF 波動の伝搬特性を解析する上で、伝搬ベクトル、ポインティングベクトルを求めることは重要である。我々の解析手法の妥当性を確認するために発生源の明らかなオメガ局の信号について伝搬ベクトル、ポインティングベクトルの推定を行った。この解析には VLF 観測装置の PFX 装置の電磁界 5 成分の時系列データを用いた。伝搬ベクトル k の方向は磁界 3 成分から外積法及び Means 法のそれぞれの方法で求め、電界 2 成分も用いることによって k の向き及び屈折率を求めた。

解析例として 1989 年 3 月 22 日に観測された信号の結果について述べる。オーストラリアのオメガ局の 10.2kHz の搬送波は、1989 年には 10 秒毎に 3.4~4.6 秒の 1.2 秒間に送信されている。Fig.1 に信号波形 B_z 、屈折率 n 、外積法及び Means 法で求めた伝搬ベクトル k 、ポインティングベクトル P と外部磁界とのなす角それぞれ θ, θ_P を示す。09:17:43.4~44.6UT に送信されたオメガ信号は、300ms の伝搬遅延で 43.7~44.9s に衛星で受信されている。この内 43.7~44.3s は装置内で飽和が発生している。44.4~44.9s の間はこれらの値は安定している。このときの伝搬ベクトル、ポインティングベクトルの絶対方向は各時間での時間変化が少なく安定している。 θ を外部磁界とのなす角、 φ は磁気子午面からの方位角とすると、 k は $\theta \approx 30^\circ, \varphi \approx 290^\circ$ で P は $\theta_P \approx 15^\circ, \varphi_P \approx 285^\circ$ となる。 k と P の方位角はほぼ一致し、 B_0 と同一面内にあるという物理的な事実と合致する。 P は地磁気 B_0 となす角が 20° 以下となり、磁力線に沿って伝搬することがわかる。その後の 1.3 秒間は弱い信号が受かっている。この時の k, P は直接波とは逆方向になっているので、反射波であると考えられる。上記の例のように本解析手法によって、オメガ信号の k 及び P の絶対方向が求められた。また外積法及び Means 法で求めた結果はよい一致を示している。これらは比

較的 S/N が良い場合であり、さらに広範囲のデータについての解析をするために、WDF を用いた 1, 2 方向モデルについての解析を現在進めている。

謝辞 あけぼの衛星運用を支える多くの方々に厚く感謝の意を表す。関連データを提供頂いた衛星搭載機器 MGF 及び PWS 班に感謝する。この研究は科学研究費 (No.63420016) の補助を受けて行われた。

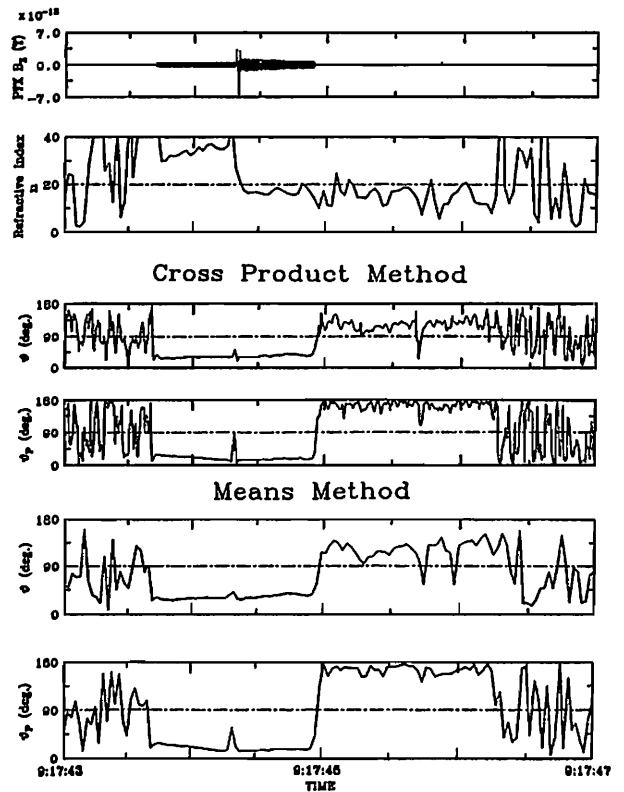


Fig.1 Received Omega signal and other quantities from 09:17:43UT to 17:47s March 22, 1989

EXOS-D衛星によるESCH波動の観測と プラズマ圏の加熱過程

大家 寛・小林 香・森岡 昭
(東北大理)

Heating Processes of the Plasmasphere Observed by ESCH wave
Detected by PWS onboard the EXOS-D Satellite

Hiroshi Oya, Kaori Kobayashi, and Akira Morioka
Geophysical Institute, Tohoku University

ABSTRACT

By PWS onboard the EXOS-D satellite ESCH wave emissions between $(n+1/2)f_c$ and $(n+1)f_c$ with broad band nature suggesting large enhancement of the temperature anisotropy ($T_{\perp} > 5T_{\parallel}$, where T_{\perp} and T_{\parallel} indicate the perpendicular and parallel temperature with respect to the magnetic field), have been observed through out the whole range of the plasmasphere. The enhancement of ESCH waves were observed in the recovery phase of large magnetic storms that occurred on March 13, 1989 and November 17, 1989. The phenomena is then understood as the processes of the heat conduction from the outside of the plasmasphere that takes place in the form of injection of free energy to enhance T_{\perp} , coinciding with recovery phase of the extremely large magnetic storm.

1. 序

1989年2月22日に準極軌道に入ったEXOS-D衛星は順調に観測を継続している。搭載されているPWSは自然プラズマ波動に対しては10kHzから5MHzにわたって、ダイナミックスペクトル、偏波、ポインティングベクトル計測を行い、多くの新しい成果を出しているが、その一つにプラズマ圏全体を満たしている $(n+1/2)f_c$ 波動の観測がある。今回その様相、源、及び磁気圏との関連を明らかにしたので、ここに報告する。

2. 現象

第1図に1989年3月13日巨大磁気嵐の回復期に発生したESCH波動現象の例を示す。図のダイナミックスペクトルは線状に出現するUHR放射と局所電子サイクロトロン周波数の間を満たしている縞状のスペクトルを示す放射が問題とする現象で、プラズマ波動が、 $(n+1/2)f_c < f < (n+1)f_c$ ($n=1\sim 3$)の間をほぼ完全に満たしている。同様の現象は1989年11月17日にも起こっている。この2例の現象の発生領域は高度1000km - 10,000kmにわたる衛星軌道に沿ってプラズマ圏全体に広がり、巨大な磁気嵐の回復期に発達している。

3. 物理

$T_{\perp}/T_{\parallel} > 5$ を超えるような激しい温度異方性(ただし T_{\perp} 、 T_{\parallel} はそれぞれ磁力線に直角及び平行方向の温度)の存在する時、ESCH波動不安定がその周波数 $(n+1/2)f_c$ 近傍から開始し、 $T_{\perp}/T_{\parallel} > 10$ に達する時、その周波数が $(n+1/2)f_c$ から $(n+1)f_c$ まで満たすことが判明している(Oya 1971)。自然プラズマでこのような大きな温度異方性が存在するか否か、以来大きく問題とされてきたが、この巨大磁気嵐時のESCH高調波の発生はプラズマ圏に $T_{\perp}/T_{\parallel} > 10$ を越す激しい自由エネルギーの流入があることを実証している。

4. 結論

巨大磁気嵐によってプラズマホーズに生じている強い環電流をもたらす粒子群のエネルギーは地磁気嵐の回復期には、プラズマ圏内部に深く侵入してくる。この侵入のメカニズムは今後の研究の対象であるが、少なくとも磁力線に直角方向の粒子のエネルギーを極度に増大させる効果で、DCかプラズマ波動性の強い電場の侵入が関わっていると予想される。

Reference

- Oya, H., Verification of theory on weak turbulence relating to the sequence of diffuse plasma resonance in space, *Phys. Fluids*, 14, 2487-2499, 1971.

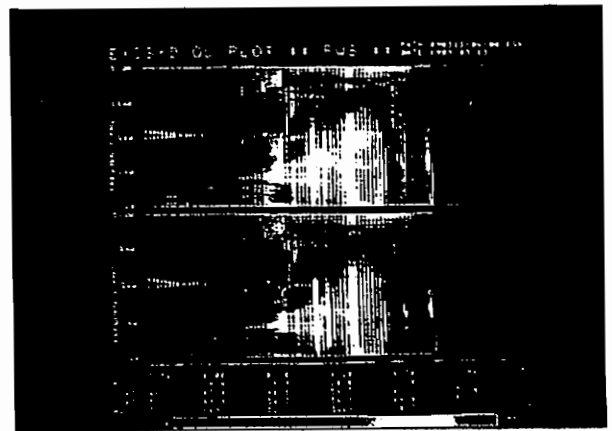


Fig. 1 観測されたESCH波動、スペクトルは $(n+1/2)f_c$ から $(n+1)f_c$ までをくまなく覆い、強い温度異方性 $T_{\perp}/T_{\parallel} > 10$ を示唆している。

EXOS-D PWSの観測結果

菊池雅行・大家寛・森岡昭・小林香・飯島雅英
(東北大理)

Whistler Mode Emission Symmetrically Excited
around The Magnetic Equator
Observation results - PWS onboard the EXOS-D

M. Kikuchi, H. Oya, A. Morioka, K. Kobayashi, M. Iizima
Geophysical Institute, Tohoku Univ.

Enhanced whistler mode waves with relatively narrow band nature have been found around the magnetic equator; the emission frequency changes depending on the observed magnetic latitude showing peak frequency near the range from $0.7f_c$ to f_c where f_c is the electron cyclotron frequency. The occurrence frequency decrease $0.05f_c$ at $\pm 50^\circ$ of magnetic latitude; these frequency changes are showing the Greek capital letter Λ centered around the magnetic equator. The origin of this phenomena is identified as being controlled by the angle between the direction of the antennas and the local magnetic field vector, because the attitude of the EXOS-D satellite is controlled always to make the satellite axis coinciding with the given direction (solar direction).

Sources of these whistler mode waves are associated with plasma wave enhancements at the magnetic equator though there may be sometimes mixed components from the polar region or from atmospheric origin at the earth's surface.

EXOS-Dに搭載されたPWSによって、その周波数特性に磁気緯度依存性のある特異なホイッスラーモード波が観測された。このホイッスラーモードの波は磁気赤道付近で周波数ピークを持ち、このエミッションは主として20KHzから140KHzの間で生じている。ダイナミックスペクトラム上では衛星の位置の変動に対応しギリシャ文字の Λ のような形をしていて、磁気赤道付近で周波数が最高となり $0.7f_c \sim 0.9f_c$ まで上がるが緯度 $\pm 50^\circ$ で $0.1f_c$ 以下に下がる。

特徴として挙げられることはそのスペクトラム上で強くなっている周波数が磁気緯度に対して極めてよい対称性をもつということ、多くの場合その出現の前後に弱いブロードバンドのヒスのようなエミッションを伴っている事などである。一方磁気緯度以外の代表的なパラメータに対する依存性(例えば高度、MLTなど)については今のところめだった相関は認められていない。

EXOS-Dのスピニング軸は常に太陽に向うように設計されており、このことにより電場のセンサーとなるアンテナは極軌道を回る間に地球の磁力線と様々な角度で交わる。それによりアンテナ面が磁力線となす角を伝播角として持つホイッスラー波に対して最も強い感度を得る事になる。したがってこのアンテナ面と磁力線のなす角が磁気赤道面ではほぼゼロになりかつその前後でほぼ対称な変化をすることを考えるとこのエミッションの周波数特性がかなり良い対称性を持つ事の説明となりうる。またそのときの磁気緯度に対するプラズマ密度に對称性がないことや(Fig.2)、高度に對しての周波数特性が(Fig.3)ほとんど相関がないにも関わらずつねにこのような対称性を示すことについての説明もなされる。このホイッスラーモード波の励起源は磁気赤道付近に高度によらず存在している可能性が示唆される。一部には極域あるいは地上の空電からの成分も関与していることが考えられる。

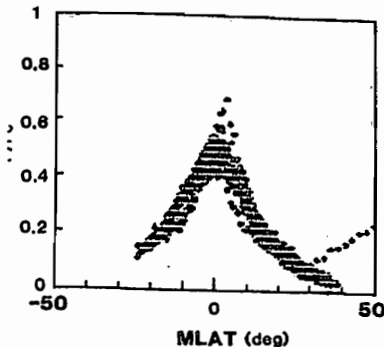


Fig. 1 磁気緯度に対する周波数特性
Fc:サイクロトロン周波数
F:エミッションの周波数
MLAT:磁気緯度

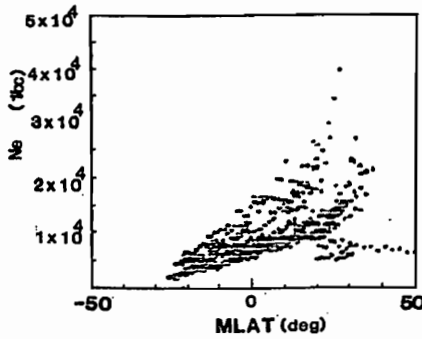


Fig. 2 エミッションの観測点の電子密度
Ne:電子密度
MLAT:磁気緯度

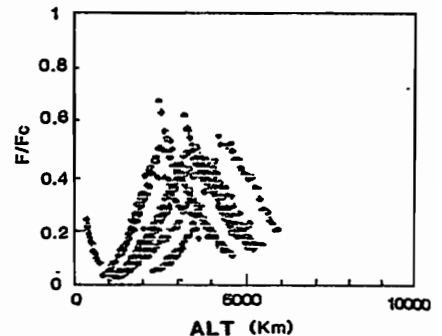


Fig. 3 高度に対する周波数特性の依存性
Fc:サイクロトロン周波数
F:エミッションの周波数
ALT:高度

AKR Source域で観測された
静電モードAKR

森岡 昭 大家 寛 小林 香
(東北大学・理学部)

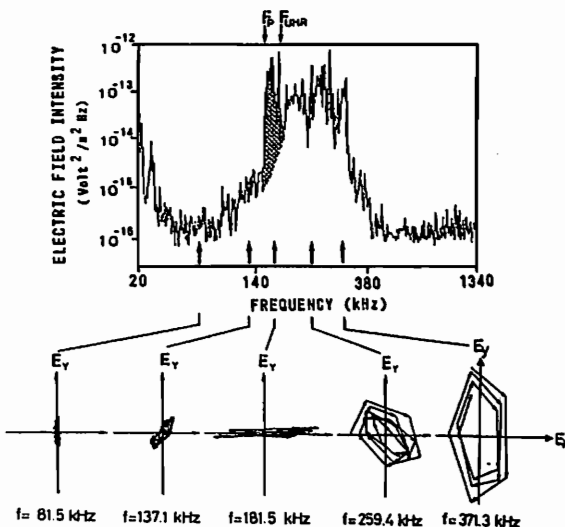
ELECTROSTATIC COMPONENT OF AKR IN THE SOURCE REGION

A.Morioka, H.Oya and K.Kobayashi
Faculty of Science, Tohoku University

In the source region of AKR, natural plasma wave observation by PWS (Plasma Waves and Sounder Experiment) onboard EXOS-D satellite identified the intence AKR emissions which show the electlostatic nature. This evidence supports that the AKR is originally generated in the form of the electrostatic mode.

”あけぼの”衛星に搭載されたPWS (Plasma Waves and Sounder Experiment) 装置によりオーロラキロメトリック放射電波の波形(振幅と位相)の計測が行われた。これによりオーロラキロメトリック放射のポインティングフラックスが求められ、伝播モードの同定およびオーロラキロメトリック放射の発生域における波動特性が明らかにされつつある。すなわち偏波観測及びポインティングフラックスの計測の結果から、中程度のオーロラキロメトリック放射はL-Oモードの伝播特性を持ち、強い強度の放射はR-Xモードの伝播特性を示すことが明らかにされた。また衛星がオーロラキロメトリック放射の発生域を通過中のデータから、オーロラキロメトリック放射のスペクトルの中には静電的プラズマ波動の成分が存在していることが示された。第1図に、Source域で観測されたAKRのスペクトルおよび電界の偏波を示す。AKRの低周波側のカットオフの近くに強いUHR波動成分が検出され、この波動成分の偏波は直線偏波を持つことが示される。

これ等の結果は、オーロラキロメトリック放射は、オーロラ粒子との逆ランダウ過程によって生じた静電的プラズマ波動をその源とし、この波動が電磁波への変換を受けて、自由空間波とし宇宙へ放射されるという過程を示唆するものである。



第1図 UHR波動成分を持つAKR
スペクトラムとその偏波特性

M. Iizima and H. Oya
Tohoku Univ.

1. Introduction

The mode conversion processes from electrostatic plasma waves to electromagnetic waves have been considered as one of the main processes to produce non-thermal electromagnetic waves in the space plasma after the initial proposal by Oya (1971, 74). UHR emissions which cover a frequency range from f_c to f_{UHR} for the case $f_p < f_c$, from f_p to f_{UHR} for the case $f_p > f_c$ are always detected by the PWS experiments on board the Akebono (EXOS-D) satellite. The direct evidences of the conversion processes from these UHR mode waves to electromagnetic waves have been primary reported by Oya et al. (1990) in the region of turbulent distribution of plasma in the plasmasphere as well as the plasmaspheric boundary and the topside polar ionosphere. In this paper, we make numerical studies on these mode conversion processes.

2. Observation results

Associated with the highly turbulent region of the density distribution, electromagnetic waves are efficiently radiated from the UHR turbulent regions in the plasmasphere. In Fig. 1 and 2, an example of a cross section of the dynamic spectrum and the plasma frequency deduced from the UHR frequency for this case are given. At the source, there exist very intense UHR mode waves with the intensity from 2×10^{-13} to 10^{-12} (V^2/m^2 Hz) which are corresponding to the saturation level of the NPW receiver. We can also identify the mode conversion points in this observation result. (indicated by arrows in Fig.1 and 2) where the wave frequency coincides with the local plasma frequency. The intensity of the propagating electromagnetic waves, after being converted into electromagnetic waves, are consistently interpreted when applying $1/r^2$ law for distance r from the conversion point (see broken line in Fig. 1.).

3. Conclusion

The spectra of plasma waves detected by NPW onboard EXOS-D satellite show clear evidences that UHR mode waves can be converted to L-O mode electromagnetic waves. From the UHR wave turbulence at the equatorial region of inner plasmasphere, electromagnetic waves can be efficiently generated through the adjacent density irregularities. The energy conversion rates are estimated to be in a range from 0.1 to 3 %. The source power of the radiated electromagnetic waves have intensities in a range from 10^{-18} to 10^{-17} W/m² Hz near the conversion point.

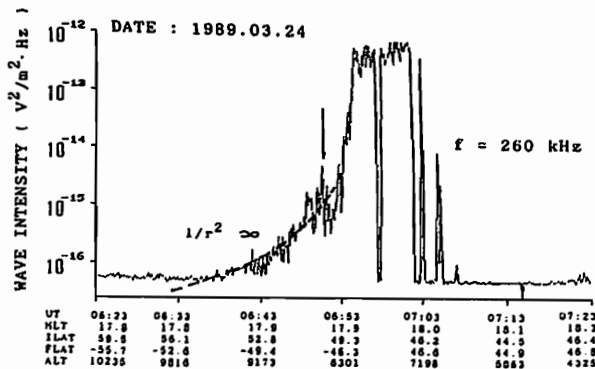


Fig. 1

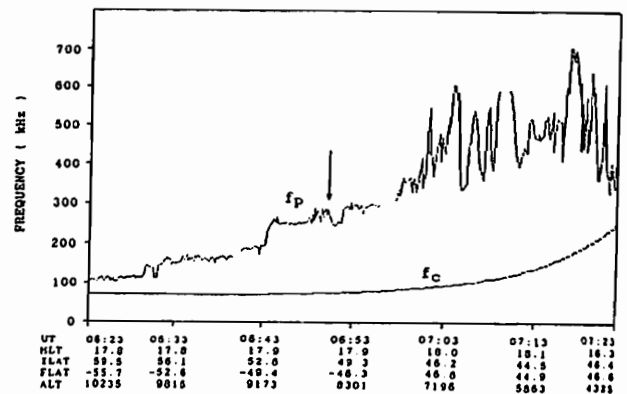


Fig. 2

Simulation of Competing Process of the UHR Mode and Whistler Mode Waves
and Comparison of the Results with the EXOS-D Satellite Data

Tomohiko Watanabe and Hiroshi Oya
 Geophysical Institute, Tohoku Univ.

Introduction

In auroral precipitation regions, the wave-particle interaction through the inverse Landau type resonance is considered to be important concerned with generations of plasma waves and particle accelerations. We have studied the beam instabilities of upper hybrid resonance (UHR) mode and whistler mode waves associated with electron beams by means of particle simulations. It has been found, using 1-1/2D electromagnetic particle code, that i) the dominant mode wave is the electrostatic whistler mode wave in the case of $\Omega > \omega_p$, but the UHR mode wave becomes significant in the case of $\Omega < \omega_p$, and that ii) the obliquely propagating UHR mode waves excited under the condition of $\Omega < \omega_p$ accelerate the ambient electrons in the direction of the wave normal vector.

The switching phenomena of the dominant wave from the whistler mode to the UHR mode emissions has been detected by the PWS observation onboard the EXOS-D satellite (see Figure 1). Analyses this phenomena, concerned with the above simulation results, have been made. We have performed the 2-1/2D electrostatic simulation to investigate the competition between the UHR mode waves with various wave normal angles in relatively dense plasma ($\omega_p = 2\Omega$).

Comparison with Observational Results

In Figure 1 the dynamic spectrum of the PWS system onboard EXOS-D satellite, observed from 06:48:07 to 07:22:07 UT on April 14, 1989 is shown. The spectra show that dominant wave is switched from the impulsive whistler mode waves to the UHR mode emissions at 07:02:23 UT. At the same time, the electron plasma frequency, measured by the electron cyclotron and UHR frequencies (f_c and f_{UHR}), rapidly increased from 135 to 225 kHz beyond the f_c frequency, as shown in Figure 2. This is consistent to the result i) of the previous simulation.

Two Dimensional Case

In the two dimensional simulation, we have used the finite wide beam model and the condition of inversion-symmetry boundary. In Figure 3, the electrostatic potentials are plotted with contour lines at $t = 100$ and $300 \omega_{pe}$. The wave normal vector of the excited UHR mode wave is in parallel to the external magnetic field in early times, but, after a time passage, the vector has the oblique angle ($\sim 20^\circ$) at $t = 300 \omega_{pe}$. This result indicates the possibility of the generation of the UHR mode wave with oblique wave normal angles due to beam instability in the case of $\Omega < \omega_p$.

Conclusion

The observed competing process of the UHR mode and whistler mode waves indicate the good agreement with the results of particle simulations. Using 2-1/2D electrostatic code, the growth of the UHR mode wave with the oblique wave normal angle has been confirmed. This result is expected to be observationally investigated as origin of the acceleration of the ambient electrons by these mode of emissions.

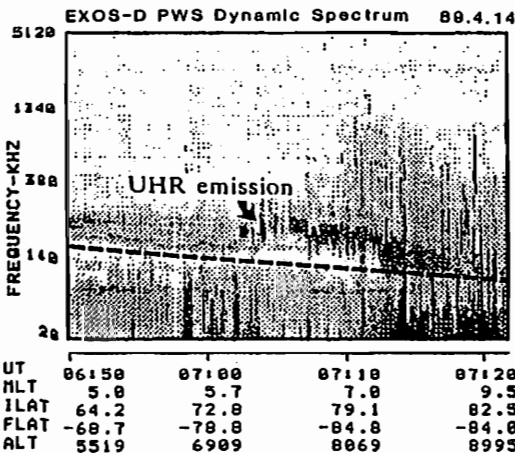


Figure 1

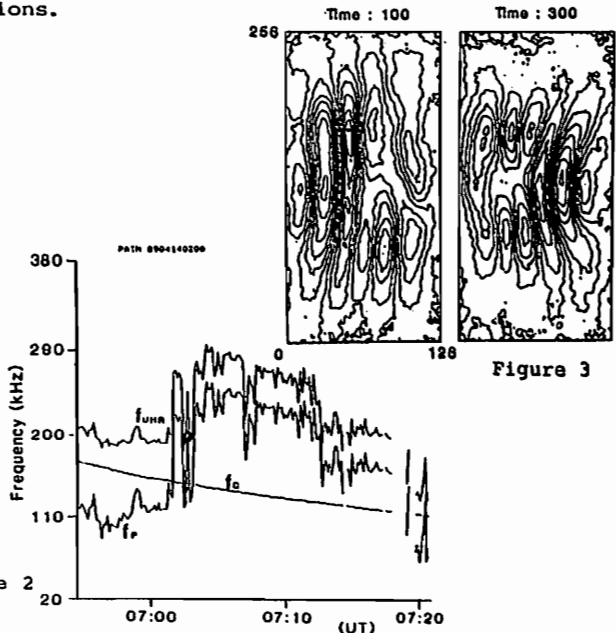


Figure 3

Figure 2

「あけぼの」衛星による
赤道域 E L F 波観測

図分 征、鷹見雅和、林 幹治（東大理）、福西 浩（東北大理）、木村磐根（京大工）

Observations of Equatorial ELF Waves with AKEBONO

S. Kokubun, M. Takami and K. Hayashi (Univ. Tokyo),

H. Fukunishi (Tohoku Univ.), I. Kimura (Kyoto Univ.)

Triaxial search coil measurements of ELF waves in the frequency range below 50 Hz have, for the first time, been made with the polar orbiting satellite, EXOS-D [AKEBONO], in the deep plasmasphere. A survey of realtime telemetry data received at Kogoshima Space Center for the period of March - October, 1989 reveals the existence of variety of plasma waves in the frequency range around ion gyrofrequencies near the equatorial region of the plasmasphere. It is confirmed that electromagnetic noises with a multiple band-structure, as similar to those reported previously, are present mostly above the local helium gyrofrequency, f_{He^+} , in the region of L values of 1.7 - 2.5. Multi-band ELF emissions are common in the daytime and are observed at 49 out of 393 orbits examined here. Another type of electromagnetic ELF waves with a broad-band spectrum are also observed in the frequency range above the helium gyrofrequency at 10 paths. For both waves spectra extend above the local proton gyrofrequency, but no absorption of waves is observed at the local proton gyrofrequency. Spectral cut-off for these two types of waves is clearly observed above the local helium gyrofrequency, $f = (1.3 - 1.5) * f_{\text{He}^+}$, in the electric field component. On the other hand, several spectral bands also appear between the helium and oxygen gyrofrequencies in magnetic field components of multi-band emissions. Magnetic field intensity is largest in the field-aligned component for these two types of waves. Polarization is almost linear in the plane perpendicular to the ambient magnetic field. In most cases the wave intensities are found to be largest around the magnetic equator. We also identified waves with the dominant electric field component in two distinct bands below and above the helium gyrofrequency in the evening sector during quiet times.

あけぼの衛星によって観測された 極域 VLF/ELF 波動の特性

澤田 晃, 谷島 周一, 笠原 禎也, 山本 正幸, 木村 磐根, 林 幹治
(京都大学工学部) (東京大学理学部)

Characteristics of VLF/ELF Waves in the Auroral Region Observed by AKEBONO Satellite

Akira SAWADA, Shuichi YAJIMA, Yoshiya KASAHARA, Masayuki YAMAMOTO, Iwane KIMURA
(Dept. of Electr. Eng. II, Kyoto Univ.)
and Kanji HAYASHI
(GRL, Univ. of Tokyo)

Broadband electromagnetic noise of low-frequency (< 100Hz) is frequently observed by VLF instruments on board AKEBONO satellite. It is mainly observed at low altitudes up to 3,000 km in a range of geomagnetic latitude from 60° to 80°. The electric (E) and magnetic field (B) intensities of the phenomena decrease with increasing frequency. The refractive index deduced from the ratio of B to E decreases with increasing frequency and with increasing altitude. These characteristics of the low-frequency noise are consistent with the results of DE-1 observation.

あけぼの衛星に搭載されている VLF 波動観測機器によって磁気圏内の、特に極域に存在する興味深い VLF/ELF 波動が観測されている¹⁾。

Fig. 1 は、1989 年 3 月 11 日における UT0603 時から UT0649 時までのプリンスアルバート局でトラックングを行なった際の MCA 観測装置 (電界 1 成分 16 チャンネル、磁界 1 成分 16 チャンネルの多周波受信機) の出力を濃淡表示したものであり、これは衛星が極域を通過する場合の MCA による典型的な観測例である。いくつかの興味深い現象が同時に観測されているが、UT0628 時以降の電磁界両成分に強く観測されている 100 Hz 以下での広帯域な低周波成分のノイズは、頻繁に観測されている。このような低周波ノイズは、1989 年の 3 月から 7 月までの観測において 35 例について確認されており、それらのほとんどが、高度 3,000 km 以下で、磁気緯度が 60° から 80° の範囲内に集中している。

VLF 波動観測機器の一つである ELF 観測装置 (80 Hz 以下の電界 1 成分、磁界 3 成分を測定) の観測データを用いてこの低周波波動をさらに詳しく解析を行なったところ、電界の E_z 成分及びサーチコイルで観測される磁界 3 成分のうち衛星のスピンの軸に平行な sB_z 成分に関して、両者の対応のよい結果が得られた。この 1 例を 1989 年 4 月 6 日の観測例について Fig. 2 に示す。これからわかるように、この波動の強度は、電磁界ともに周波数が高いほど、ほぼ単調に現象する特性となっている。また、両者の比から求まる屈折率 $n (= cB/E)$ に関して、ほぼ周波数に反比例するようなかたちで減少していることがわかった。また、異なる高度における観測を比較した場合には、高高度における場合程、屈折率が減少する傾向にある。

今回の観測と同様の極域における低周波電磁界ノイズに関する観測は、DE-1 でも行なわれており²⁾、アルファベータ波による解釈が試みられている。あけぼの衛星における観測結果は、DE-1 によるものと定性的によく一致している。今回の発表においては、VLF/ELF 波動に関して DE-1 による観測事実と定量的な対比を行なった結果についても報告する予定である。

参考文献

- 1) Kimura et al., *J. Geomag. Geoelectr.*, 1990 (to be published).
- 2) Gurnett et al., *J. Geophys. Res.*, 89, 8971, 1984.

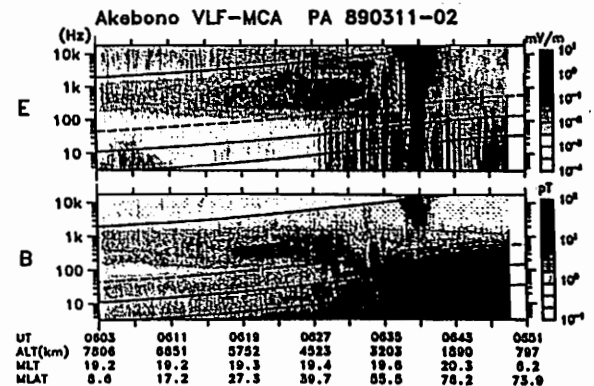


Fig. 1 $f-t$ diagram obtained by MCA.

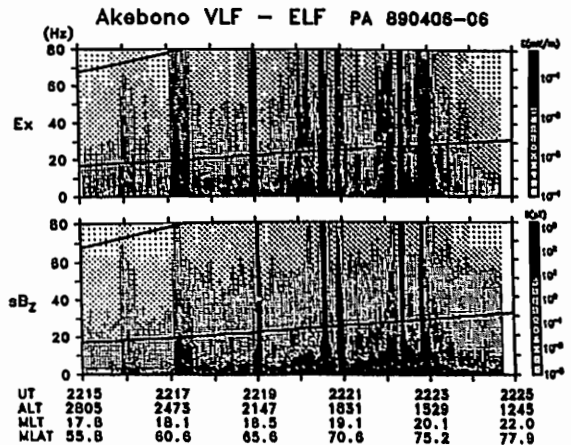


Fig. 2 Detailed $f-t$ diagram of low-frequency noise obtained by ELF.

SI-ASSOCIATED MAGNETOSPHERIC OSCILLATIONS
DURING THE GREAT MAGNETIC STORM OF FEBRUARY 1986

K. Takahashi¹, K. Yumoto², and T. Watanabe²

1: The Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory, Laurel, Maryland 20707, U.S.A.

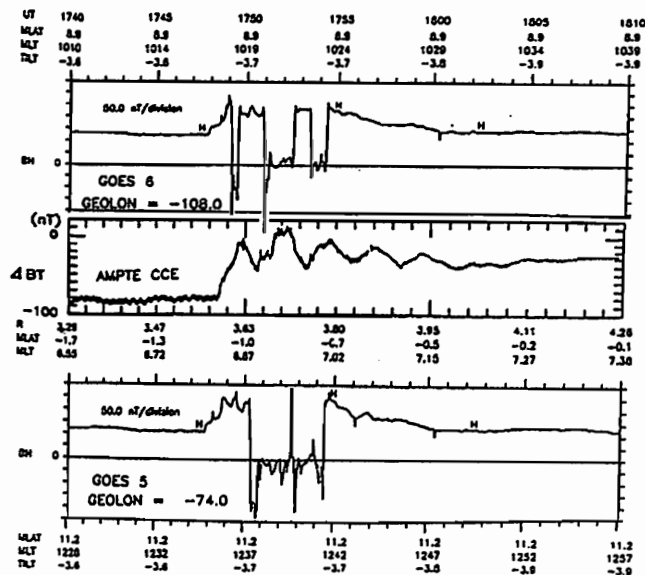
2: The Research Institute of Atmospherics, Nagoya University, Toyokawa, Aichi 442, Japan.

The largest geomagnetic storm in recent decades began with a sudden commencement at 13:12 UT on February 6, 1986, developed slowly over the next two days, and, with a rapid intensification late on February 8, reached a minimum D_{st} of -312 nT during the first hour of February 9. The magnetosphere was strongly compressed several times during the storm. These compressions excited ssc- and si-associated ULF oscillations in the magnetosphere. The Psi oscillation with 6.6 mHz, excited at 17:48 UT on February 9, 1986, predominantly appeared in the dawn sector.

Report here is a study of the transmission of geosynchronous magnetopause-crossing oscillations during the si disturbance on February 9, 1986. The study involves measurements of the fluctuations inside the magnetosphere on the AMPTE CCE spacecraft near the equator, at the geosynchronous satellites, and on the ground at world-widely separated stations of $\Phi = 21^{\circ}$ - 69° . From the latitudinal profile of magnetic variations on the ground, it is

found that the si-associated surface wave was excited in the dawn-side magnetospheric boundary around $L = 6$, and that characteristic wave and decay lengths were about $11 R_E$ and $4 R_E$, respectively. The magnetic energy of the oscillations at lower latitudes ($\Phi \sim 20^{\circ}$, $L = 1.1$) was about a few % of those at higher latitudes (69° , 7.8). This ratio is consistent with that expected for the transmission of surface wave at the magnetopause.

On the other hand, magnetic compressional oscillation with ~ 60 nT peak-to-peak amplitude observed at AMPTE CCE ($L = 3.6$) had nearly in-phase relation with three-time magnetopause crossings at the GOES 6 geosynchronous orbit. Wave forms of the compressional oscillation in space at ~ 8 h MLT were coherent with those of induction magnetograms at low latitudes at ~ 03 h and ~ 18 h MLT. These facts suggest a possibility that a magnetospheric cavity resonance was also stimulated by the disturbance of multiple magnetopause crossings at geosynchronous orbit.



Simultaneous magnetic field variations at GOES-6, at AMPTE/CCE, and GOES-5 during the si event at 17:48 UT on February 9, 1986. B_H of GOES-5 and -6 is a parallel component to the dipole axis. ΔB_T of AMPTE/CCE indicates a difference of the total field from the IGRF-80 model field.

サブストーム電流系の再検討

飯島 健 (東大理)

The main purpose of my present paper is to discuss the models of substorm-associated field-aligned current systems. I use various characteristics of field-aligned currents that have been determined by the magnetic field experiment with the AMPTE/CCE satellite.

人工衛星 AMPTE / CCE ($L \approx 4 - 9 R_E$) と GOES 5, 6 ($L \approx 6.6 R_E$) による磁場計測データの解析結果を用いて、サブストーム時の電流系モデルを再検討するのが目的である。

要目点

- ・ 磁気圏尾部における沿磁力線電流系 (FAC) は極磁気嵐の growth phase に始まり、expansion phase で急速に発達する。
- ・ Expansion phase 時の FAC の急速な発達開始は、統計的には、dipolarization (引き伸ばされた磁力線が双極子型に戻る) の開始に 20 - 30 分先行する。
- ・ Dipolarization 開始時には FAC 強度はほぼ最大に達している。
- ・ FAC が dipolarization 開始と同時に強化される例は極めて少ない。

モデル

- ・ 真夜中を中心にした西向き ring current/plasma sheet current の強化に伴って発生していると考えられるプラズマの圧力勾配、磁場強度勾配および磁力線の曲率変化が基本である。主なものは次の二種類である。
- ・ 磁力線曲率と ∇P_{\parallel} により強化された西向き赤道面電流が Region 2 型 FAC を形成する。
- ・ この強化された西向き赤道面電流域に規定される ∇P_{\perp} と ∇B 分布が Region 1 型および Region 2 型 FAC を生成し、これらは赤道面 radial current で閉じる。
- ・ 以上は、従来のモデル (西向き赤道面電流が崩れた部分に Region 1 型 FAC が形成される) とは本質的に異なる。

小規模プラズモイドによる 磁気圏境界面プラズマ輸送

小口 高
名大空電研

PLASMA TRANSFER ACROSS THE MAGNETOPAUSE
IN A FORM OF A SMALL-SCALE PLAMOID

T. Oguti

Res. Inst. of Atmospheric, Nagoya Univ.

Highly turbulent sheath plasmas suggest occurrences of small-scale plasmoids, some non-magnetized and some other with an O-type magnetic field, within the magnetosheath. These small-scale plasmoids easily penetrate the magnetopause into a certain depth inside the magnetosphere. These small-scale plasmoids could be a source of low-latitude boundary layer as well as field-aligned currents in the cusp region.

マグネトシース中の高時間分解能の磁場観測の示す所によれば、この領域の磁場の乱れは平均値の数倍に達している。この事実から見ても、大規模のいわゆるリコネクションは考えにくい。

一方、いわゆるFTE現象に関連して、部分的リコネクションというアイデアが考えられている。更に、これに統計的生起を考慮するモデルもある。いずれも、リコネクション概念に基礎をおくものである。

これに対して、まったく異なるプラズモイドインジェクション説が提起されている。これらのいずれが現実をよく表現しているのかたいへん興味ある所である。

本研究では、きわめてありそうな過程の一つとして、従来提唱されているプラズモイドインジェクションとは別の形のプラズモイドの進入過程を提案する。

著しく乱れたシースプラズマ中には、非磁化プラズモイドの存在の可能性もあり、また、O-typeの磁場を持つプラズモイドの存在の可能性もある。小さな非磁化プラズモイドが圧力平衡の成り立っている空間を自由に動くことが出来るのはよく知られた所であり、従って、小さな非磁化プラズモイドがあれば、特別のことを考えなくても、容易に磁気圏内のある深さまで進

入する。また、O-typeのプラズモイドは容易に磁気圏磁場と融合する可能性がある。磁場が融合した後は、取り込まれたプラズモイドは非磁化のそれと同じように振舞う筈である。

これらのプラズモイドの進入は、いずれもそれぞれの場合に適合する形で周辺の磁場とプラズマ分布の変動を起こし、最終的には、プラズマの非一様性に基づく分極電流を流しながら周辺のプラズマに融合して行くものと考えられる。境界層での電荷分離、およびこれに伴う反太陽向きのプラズマの流れは、この種のプラズモイド進入による可能性が大きいと考えられる。

プラズマ・シート境界面に沿うRegion 1電流の成因

西田 篤弘
宇宙科学研究所

GENERATION MECHANISM OF THE REGION 1 CURRENT ON THE PLASMA
SHEET BOUNDARY SURFACE

A. Nishida
Institute of Space and Astronautical Science

We discuss the origin of the night-time Region 1 current that flows on the surface of the plasma sheet. Since field-aligned currents are carried mostly by electrons, this Region 1 current is supposed to be connected to divergence of the electron drift current in the tail. Quantitatively, however, intensity of the electron drift current is orders of magnitude weaker than intensity of the Region 1 current. A possible way to solve this puzzle is to give up the underlying assumption of the steady state.

Region 1 の沿磁力線電流は、Polar cap を取り巻いて、朝側では下向き、夕側では上向きに流れている。Region 1電流は夜側にも存在し、プラズマ・シートの境界面にそって流れている(Ohtani et al., 1988)。プラズマ・シートを通る磁力線はOpen field linesではないから、太陽風の減速による駆動をこの夜側部分にまで適用することはできない。また、プラズマ・シートはLow latitude boundary layer とは別個の領域をなしており、その中の流れは、通常、反太陽向きではなく太陽向きであるから、太陽風からのviscous-like forceはこゝまでは及んでいないと思わなければならない。

夜側のRegion 1電流がつながる尾部電流は、プラズマ・シート中の圧力勾配/非等方性に伴うドリフトや、中性面に沿って加速されるイオンの流れなどにもとづいて作られている。夜側Region 1電流の駆動機構を理解するためには、これらの尾部電流のdivergenceがどのようにして発生するかを理解しなければならないが、その際に留意しなければならないのは、沿磁力線電流は主として電子によって運ばれるのに対して、尾部の電流は主としてイオンによって運ばれるということである。したがって、電流として一括するのではなく、イオンと電子の流れを別々に扱う必要がある。

Region 1の沿磁力線電流密度は、地球から15-20 Reのプラズマ・シート境界層において 10^{-9} A/m² のオーダーであり、 10^{-8} A/m² に達することもある(Ohtani et al., 1988; Frank et al., 1981)。Region 1電流の起源が約100Re 程度の遠隔域にあるとすると、ここでは磁場強度が約1/5 であるから、沿磁力線電流の密度は 10^{-9} ~ 10^{-10} A/m² である。これに対して、尾部内の電子の圧力ドリフトが運ぶ電流は、 10^{-11} A/m² 程度でしかない。電子の電場ドリフトによって運ばれる電流はこれよりも約1桁大きく、 10^{-10} A/m² 程度であるが、この電流は真夜中の子午面に対して対称なので、夜半の前と後とで方向の異なるRegion 1電流と結びつけるのは難しい。このように、プラズマ・シート境界面にそってRegion 1電流の起源はきわめて興味深い問題である。尾部構造が定常であるという仮定の妥当性の如何と関連させながら、講演でさらに論じたい。

長井嗣信 (気象研究所)

高橋主衛 (APL)

STRUCTURE OF FIELD-ALIGNED CURRENTS IN THE NEAR-EARTH MAGNETOTAIL - 2

Tsugunobu Nagai (Meteorological Research Institute)

Kazue Takahashi (The Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory)

As signatures of field-aligned currents for substorms, synchronous spacecraft (in the northern hemisphere) almost always observe negative perturbations in the azimuthal (D) component in the post-midnight sector. These D perturbations start at an onset of the expansion phase and they continue during the interval in which local dipolarization is in progress. These negative D perturbations can be produced by the single current sheet system (currents flowing earthward) above the spacecraft. They can also be produced by the double sheet current system sandwiching the spacecraft. A study using a single spacecraft cannot allow us to determine the structure of the current system unambiguously.

The Active Magnetospheric Particle

Tracer Explorers/Charge Composition Explorer (AMPTE/CCE) satellite has an orbit with an apogee of 8.8 Re with an inclination of 4.8. When GOES 5 and GOES 6 provide magnetic field observations at synchronous orbit, CCE can provide magnetic field and particle observations beyond synchronous orbit. CCE frequently approaches to the outer boundary of the plasma sheet in such cases.

Figure 1 presents statistical results for the D perturbations observed simultaneously by GOES and CCE. First, 42 events in which GOES 5 or GOES 6 observed negative D perturbations were selected. Then, initial changes in the D component at CCE were examined. In all cases both GOES and CCE were above the equatorial plane. CCE frequently observed positive D perturbations and then the D perturbations became negative. Figure 2 presents one representative case. The positive D variation was seen in low particle flux region (the plasma sheet boundary region) and the negative D variation in high particle flux region (the plasma sheet proper).

A positive D change at CCE might be only a recovery to the base line level. However, the D component at CCE becomes more than +15 nT near midnight for some cases. Such large D values cannot be thought to be the base line level. Furthermore, there are cases in which the D value near the tail lobe is lower than the D value inside the plasma sheet. Therefore, the positive D change cannot be attributed to the recovery to the base line level. The positive D change should be caused by currents flowing earthward below CCE, but above GOES. Figure 3 presents the most probable configuration of the major field-aligned currents in the post-midnight plasma sheet for the interval of the local dipolarization.

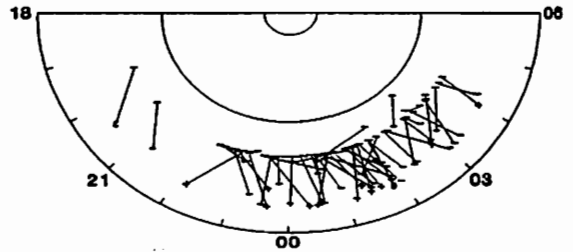


Figure 1

AMPTE CCE MAG SB DATA IN VDH COORDINATES 1986 DAY222

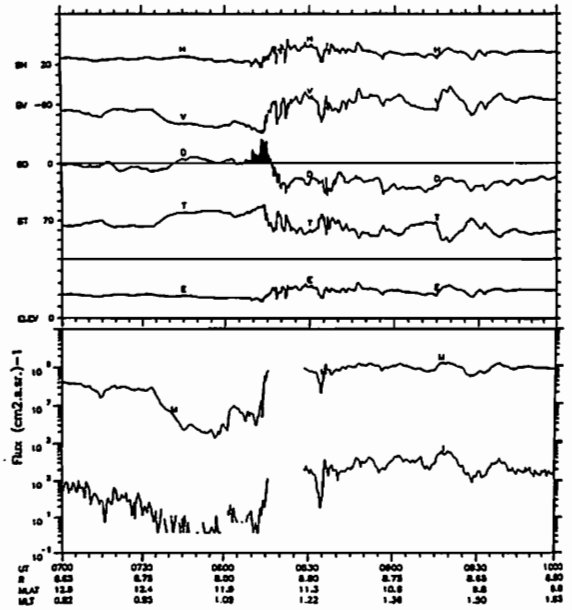


Figure 2

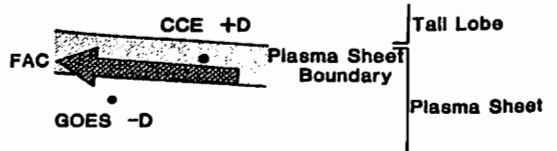


Figure 3

磁気圏尾部ローブ磁場への太陽風
及び惑星間空間磁場の影響

中井 仁 上出洋介 C. T. Russell
大阪府立豊島高校 京都産大理 カリフォルニア大

INFLUENCES OF SOLAR WIND PARAMETERS ON
THE TAIL-LOBE MAGNETIC FIELD

H. Nakai¹⁾, Y. Kamide²⁾, and C. T. Russell³⁾

¹⁾Teshima High School, ²⁾Kyoto Sangyou University, ³⁾Institute of Geophysics and Planetary Physics, University of California at Los Angeles

The size and magnetic field strength of the tail lobe at the downstream distance of 10 to 22.6 R_E are examined statistically by utilizing data from the magnetometer on board ISEE 1. In order to distinguish the tail lobe from the plasma sheet, we introduce a simple criterion that proton fluxes with 8-200 keV are less than 1×10³/cm²·str·sec.

The probability that the satellite encounters the lobe region is mapped on the Y'-DZ plane, where Y' is measured relative to the aberrated X axis, and DZ is the distance from the neutral sheet [Gosling et al., 1986]. Figure 1 indicates that the lobe region expands in association with

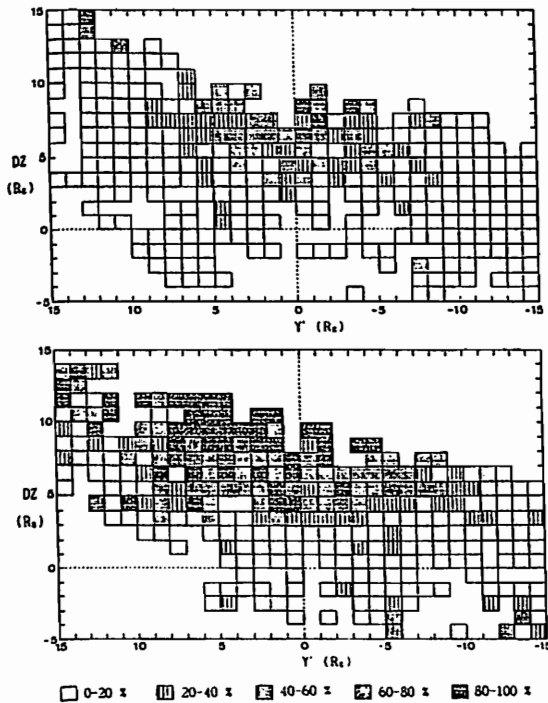


Fig. 1 (a) The probability that ISEE-1 is in the tail lobe with AL<50 nT. (b) Same as (a) but for -AL≥200 nT.

increasing auroral electrojet activity. The expansion is particularly evident at both flanks of the magnetotail, while the lobe region seems not to expand near the aberrated X axis.

We also examined how the lobe field strength, B_L, is controlled by the dynamic pressure, P_D, and static pressure, P_s, of the solar wind, and by the IMF dawn-dusk electric field, B_zV. The influence of the AL index is also examined. Searching through data for 1978 and 1979, 771 hourly records were found.

Using a power function of geocentric distance, R(R_E), the lobe field strength is represented as

$$B_L(nT) = (1.03 \pm 0.14) \times 10^3 R^{-1.20 \pm 0.05}$$

According to this, the lobe field strength is normalized at R=20 R_E, i.e., B_L^{*}=(R/20)^{-1.20} B_L.

It is shown that the lobe field strength depends principally on P_D, P_s, and B_zV. Figure 2 shows one example of the dependence: the dependence of the lobe field strength on P_D. Multiple regression analyses were carried out to estimate the relative importance of each parameter.

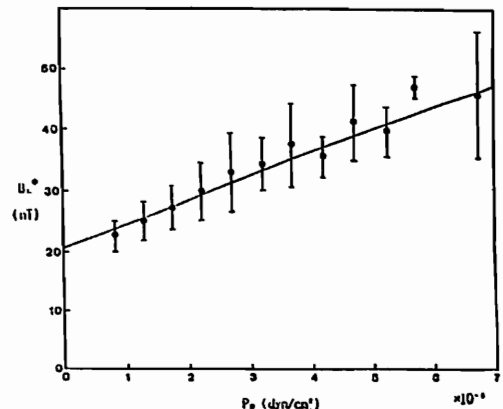


Fig.2 The dependence of the normalized lobe field strength on the solar wind dynamic pressure.

MAPPING ANALYSIS OF EARTH'S MAGNETOSPHERIC PHENOMENA
SIMULATED BY THE 3-DIMENSIONAL GLOBAL MHD MODEL

Tatsuki Ogino

Research Institute of Atmospherics, Nagoya University

We have developed a high-resolution three-dimensional global magnetohydrodynamic (MHD) simulation model of the interaction between the solar wind and the earth's magnetosphere. With the code, we solved the MHD and Maxwell's equations as an initial value problem by using a modified leap-frog scheme in order to study earth's magnetospheric phenomena in the boundary layers, plasma sheet and polar cap depending on the z -component of interplanetary magnetic field (IMF).

In Figures 1 and 2 are shown quasi-steady state magnetospheric configurations for the interaction of the solar wind with the earth's magnetosphere for southward IMF ($B_z = -5\text{nT}$) and northward IMF ($B_z = 5\text{nT}$), where the grid number of $(N_x, N_y, N_z) = (202, 82, 82)$ and the grid spacing of $(\Delta x, \Delta y, \Delta z) = (0.25R_e, 0.3R_e, 0.3R_e)$ were used. The parameters of upstream uniform solar wind were the number density of $5/\text{cc}$, velocity of 300km/s and temperature of $2 \times 10^5\text{K}$. The magnetic field and plasma flow are shown by curved arrows, on the other hand the plasma pressure and density by contours. Characteristic features of the earth's magnetosphere such as the bow shock, magnetopause, cusp and plasma sheet are clearly recognized in the figures and also a sunward magnetospheric convection around the earth are seen in the magnetotail near the equator. The position of the dayside magnetopause is determined by the solar wind dynamic pressure while the thickness of the boundary depends on the IMF B_z -component. The boundary thickness is greater for northward IMF than southward IMF although the magnetopause becomes irregular for southward IMF because of reconnection, as is seen on the vortex pattern of plasma flow near the flank magnetopause. Moreover, we have tried a mapping analysis of the local time and radial distance between the polar ionosphere and the equator along magnetic field lines, which clearly demonstrates the field distortion due to field aligned currents or magnetospheric convections.

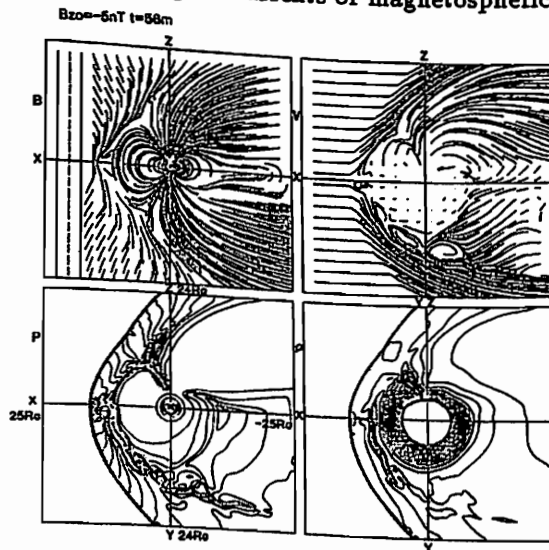


Fig. 1. Quasi-steady state magnetospheric configuration of the earth's magnetosphere for southward IMF ($B_z = -5\text{nT}$).

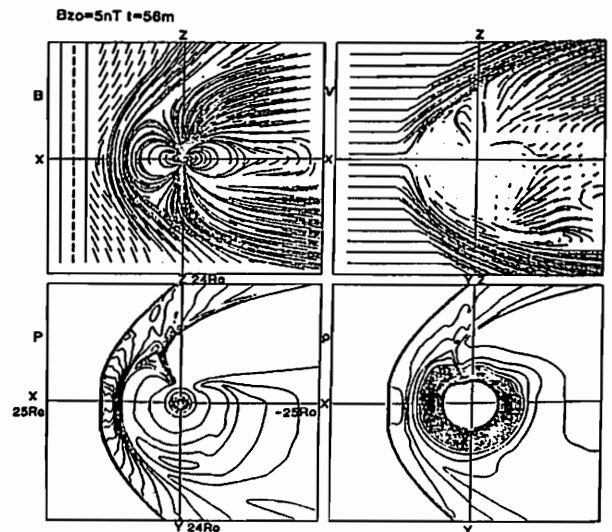


Fig. 2. Quasi-steady state magnetospheric configuration of the earth's magnetosphere for northward IMF ($B_z = 5\text{nT}$).

Akira Miura* and J. R. Kan**

* Geophysics Research Laboratory, University of Tokyo

** Geophysical Institute, University of Alaska

The Kelvin-Helmholtz (K-H) instability is important in understanding a variety of phenomena involving sheared plasma flow in space plasmas. The importance of the K-H instability in the viscous interaction at the magnetopause (Dungey, 1955) has recently been emphasized (Miura, 1987). The vortex pattern often seen in association with auroral arcs is a visual evidence of the K-H instability occurring in the space plasma.

An important characteristic of the terrestrial magnetosphere, wherein the K-H instability occurs, is that the magnetic field lines are bounded by the conducting ionosphere at each end. The purpose of this paper is to report results of a three-dimensional linear analysis of the MHD K-H instability in the magnetosphere-ionosphere coupling system including the "line-tying" effect of the conducting ionosphere. Here, the "line-tying" means that the magnetic field line is tied to the ionosphere. When the ionospheric conductivity is infinite, the ends of the field lines are frozen in the ionosphere. When the ionospheric conductivity is finite, the magnetic field lines can slip relative to the ionosphere.

A discontinuous velocity shear is assumed for an incompressible flow perpendicular to the magnetic field (Figure 1). When $k_y l V_1 / V_A < \pi/2$, where $2V_1$, V_A , $2l$, and k_y are, respectively, the velocity jump, the Alfvén speed, the field line length, and the wave number in the flow direction, only the fundamental mode is unstable and its growth rate is inversely proportional to the ionospheric Pedersen conductivity Σ_p as $\Sigma_p \rightarrow \infty$ (Figure 2). When $k_y l V_1 / V_A > \pi/2$, higher harmonic modes are also destabilized and the line-tying effect has a stabilizing influence on all unstable modes.

For the large conductivity limit, we found that the total pressure perturbation ($\delta p + \mu_0^{-1} B_0 \delta B_z$) vanishes. The MHD perturbation in this limit is, therefore, considered to be a slow mode in the infinite- β ($\beta \sim C_S^2 / V_A^2 \rightarrow \infty$, C_S being the sound speed) limit. The Alfvén wave component and hence the field-aligned current are not included in the present K-H instability, because we have assumed a velocity shear layer of zero thickness and hence only evanescent normal mode was to be retained in the solution. Since the field-aligned current is important as a carrier of the stress in the magnetosphere-ionosphere coupling system, we need to take into account the finite thickness of the velocity shear layer, which will allow the presence of the Alfvén component in future studies. Furthermore, the Hall current, which is neglected in the present simplified analysis, should be included in the ionospheric boundary condition.

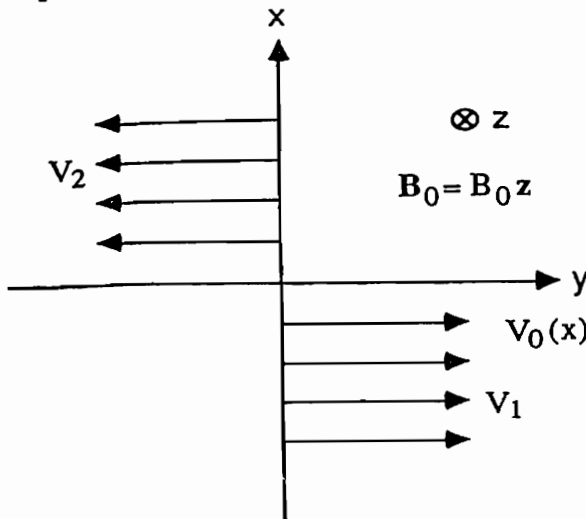


Fig. 1. A coordinate system and a flow configuration used in the present analysis.

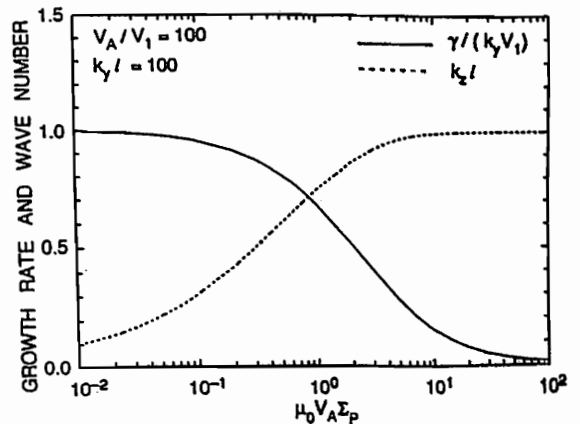


Fig. 2. Normalized growth rate $\gamma/(k_y V_1)$ (solid line) and normalized wave number $k_y l$ (dotted line) as a function of the normalized ionospheric Pedersen conductivity $\mu_0 V_A \Sigma_p$.

A PARTICLE SIMULATION OF AURORAL OMEGA BANDS AND TORCH-LIKE STRUCTURES

Takashi Yamamoto¹, K. Makita² and C.-I. Meng³

1: Geophys. Res. Lab., University of Tokyo, 2: Takushoku University
3: Applied Physics Laboratory, The Johns Hopkins University

The mechanism for omega bands and torch structures as observed on the poleward boundary of the diffuse aurora in the morning sector is clarified by a two dimensional particle simulation for the perpendicular motion of a magnetospheric plasma to the geomagnetic field. This type of diffuse aurora is caused by precipitation of energetic electrons with energies more than a few keV. In the simulation model, such auroral electrons are initially distributed over a longitudinally extending zone. A hot (less energetic) plasma covers the diffuse auroral zone. (The hot plasma zone may be identified with the central plasmasheet). The poleward (outward from the earth) boundary of the hot plasma zone is at a higher latitude than that of the diffuse auroral zone. 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 electrons. When the poleward boundary of the hot plasma is slightly disturbed by the Kelvin-Helmholtz instability, electric dipoles are growing on the boundary due to charge separation induced by magnetic drifts. As a result of spatial modulation of the energetic electrons by growing dipoles, omega bands or torch structures are created on the poleward boundary of the diffuse aurora. A

remarkable finding is the temporal evolution of omega bands into torches. The omega bands and torches produced in the simulation are quite similar in shape to those of DMSP auroral images. The magnetospheric (or ionospheric) potential distribution obtained in the simulation is consistent with observed distribution of ionospheric electric fields and field-aligned currents in events of torches/omega bands. Notably, a dipole of the magnetospheric potential is responsible for an east-west oriented pair of upward and downward field-aligned currents.

Fig.1 Current system associated with torches/omega bands.

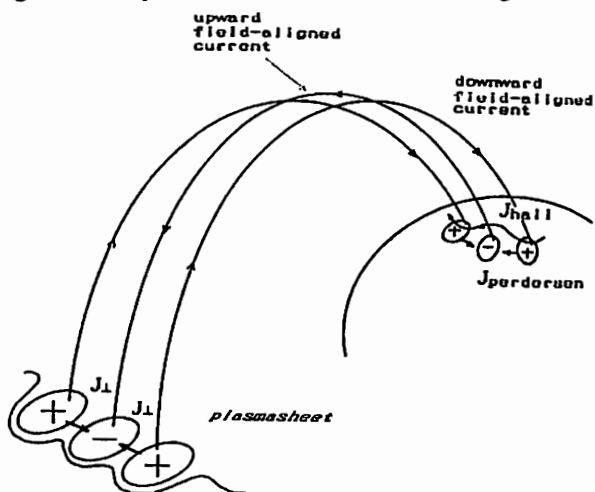
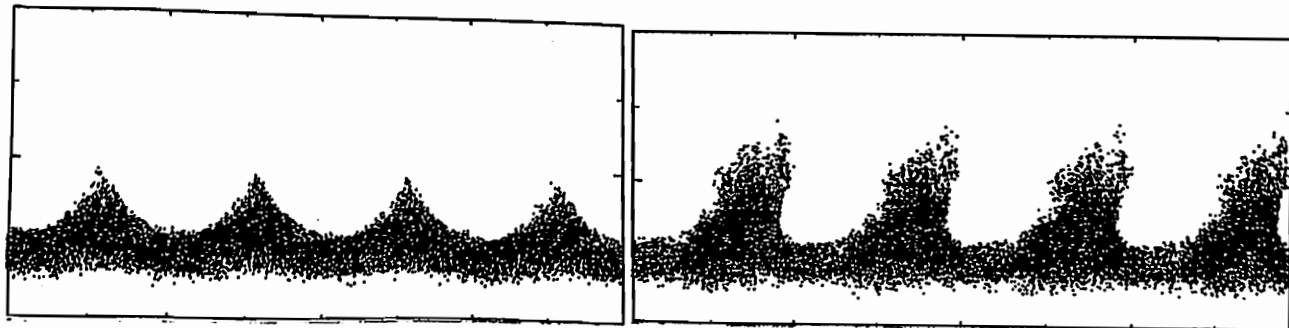


Fig.2 Numerically simulated omega bands (left) and torch structures (right). The abscissa is for the longitudinal distance ($0 < x < 1536$ km) on the ionosphere. The ordinate is latitudinal.



シース乱流と F T E : F T E は磁気圏に運動量を選び得るか？

Magnetosheath turbulence and flux transfer events:
An objection to the FTE momentum transport model

中村匡、大谷晋一（東大理）

Tadas K. Nakamura and Shin-ichi Ohtani
Geophysics Reserch Laboratory, Univ. of Tokyo

It has been shown that the magnetosheath turbulence prevents small-scale "frozen-in" momentum transport from the solar wind to the magnetosphere. An estimation based on satellite observations shows that perturbations, which can be mapped through the magnetosheath, must have a scale larger than the order of one earth radius. This result asserts that flux transfer events (FTEs) cannot carry momentum directly from the solar wind into the magnetosphere. We present an alternative vision for the small-scale momentum transport is presented, which is: 1) momentum is once deposited in the magnetosheath through the dynamical plasma interaction; 2) then the momentum is transported into the magnetosphere through frozen-in magnetic field lines.

Flux Transfer Events (FTE) はマグネトポーズで起きた小規模リコネクションの結果と考えられている。これまでの考えでは地球半径程度の太さのマグネティックフラックスが磁気圏から太陽風までつながっていて、それが太陽風の運動量を磁気圏に運ぶとされていた。しかしながら、マグネトポーズの外側のマグネトシースでは乱流磁場が観測されており、これが FTE の運動量輸送を妨げる可能性が考えられる。この乱流磁場はバックグラウンド磁場と同程度の大きさの、イオンのラーマー運動より変化の速い成分を持ちこれが運動量輸送の前提となる磁場凍結の条件を破るからである。磁場凍結による運動量輸送は物理的にはアルフベン波（シア・アルフベン波）による。シースの乱流磁場の中ではこのアルフベン波の存在・伝搬自体が怪しいが、ここではその存在・伝搬を仮定しても、なお地球半径程度のスケールの運動量輸送は不可能であることを簡単なオーダーエスティメーションによって示す。この結果は、太陽風の運動量が FTE の凍結磁場によって直接磁気圏に運ばれるという従来のイメージの修正を示唆する。我々の考えでは FTE のスケールの運動量はプラズマの流体的な相互作用（凍結磁場によらない、たとえば粘性相互作用など）により、太陽風からマグネトシースに運ばれシース内のフローをつくり、それが凍結磁場のメカニズムによって磁気圏に運ばれるものと思われる。

■ K 会場

K11-01~K32-15

中川朋子
(宇宙科学研究所)

OVERALL GEOMETRY OF THE PLANAR MAGNETIC STRUCTURES IN THE SOLAR WIND

Tomoko Nakagawa
Institute of Space and Astronautical Science

A planar magnetic structure is a distinctive solar wind phenomenon in which the magnetic field vectors are nearly parallel to a fixed plane for several hours. Three models of overall geometry of PMS are investigated; (a) magnetic tongues, (b) large-amplitude waves and (c) closed loops of field lines. The magnetic tongue model is rejected because continuous extension of tongues is expected to be associated with flux enhancements on the sun, which is not observed. The model of the large-amplitude wave is not supported since the Alfvénic correlation between solar wind velocity and magnetic field is found to be low in PMS events observed by Sakigake and ISEE-3. PMS events are sometimes observed recurrently at the same heliospheric longitude in successive rotations of the sun, while inclinations of the planes to which field vectors in PMS events are parallel are not conserved.

太陽風磁場の面状構造 (Planar magnetic structure; PMS) は、「さきがけ」によって 0.8-1.0AU で発見された磁場構造である。PMS 中の磁場は、方向・強度共非常に変化に富んでいながら、数時間にわたりある平面に平行となるという特徴を持つ。

この構造を説明する磁力線の形状として、次のようなモデルが考えられる：(a) 太陽のソースサーフェス以下で「閉じて」いた磁力線が惑星間空間に引き出された構造、(b) 太陽面から切り離されたループ状の磁場構造の集合、(c) 太陽向き・反太陽向きの磁力線が隣あった領域を伝搬する、大振幅の磁力線の波動。このうち、モデル(a)は惑星間空間に「開いた」磁力線を増やす機構であるが、PMS が回帰的に観測された後の太陽表面上には磁場のフラックス増を示すような現象は見られないことから棄却される。

本研究では、モデル(b),(c)の妥当性を調べるため、磁場変化と太陽風速度変化の関係を解析する。また、回帰的に観測されたPMSについて、磁場の揃う「平面」の向きが変化していることについても考察する。

1. 速度擾乱と磁場変化との関係

PMS が(b)のループ状の磁場構造の集合ならば、その速度擾乱と磁場変化との間には一義的な関係は無いと考えられるが、モデル(c)においては磁場変化 Δb と速度の擾乱 Δv には、 $\Delta v = \pm \Delta b / \sqrt{\mu \rho}$ (μ , ρ は透磁率、プラズマ密度)という関係が期待される。複号±は波数ベクトルとバックグラウンド磁場の向きによって決まる。「さきがけ」とISEE-3のデータを用いた相関解析の結果は、多くの場合 PMS 中の Δv と Δb には上記のような関係が無いことを示している。

2. PMSの回帰性と平面の方向

PMSのうちのいくつかは、太陽表面上の同一経度がめぐって来る度に「さきがけ」及びISEE-3によって回帰的に観測されたが、PMS中の磁場が平行になる平面の向きは必ずしも保存されていなかった。これがPMSの形成される前の状態の変化を示すのか、形成以後の変化を示すのかはまだ分かっていないが、PMS形成に関する重要な情報として期待できる。

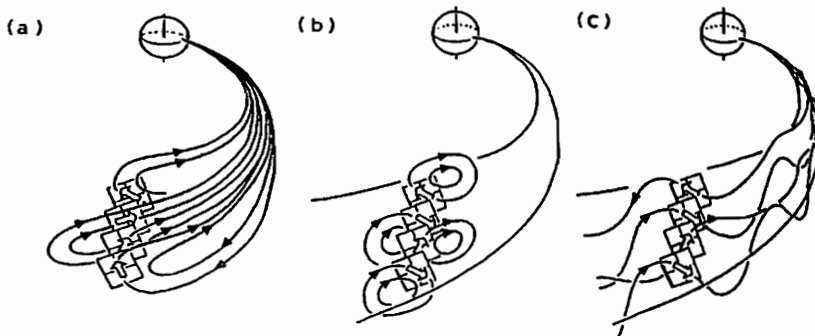


Fig.1. Models of overall geometry of PMS; (a) magnetic tongues, (b) closed loops of field lines and (c) large-amplitude waves.

太陽風速度とコロナ磁場の発散 II

袴田 和幸 (中部大工)

SOLAR WIND SPEED and DIVERGENCE of the CORONAL MAGNETIC FIELD: Update

Kazuyuki Hakamada (Chubu 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 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 procedures along the interplanetary magnetic field from the P-point assuming that the SWS is constant during a transit time from the sun to ≈ 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. Locations of source regions of the solar winds on the photosphere are thus estimated. Intensity ratios between radial components of the magnetic fields on the source surface and the ones on the photosphere on the same field lines are compared with the SWS as shown in Figure 1. Notice that the ratios are multiplied by 100 and classified into eight groups by the SWS with 50 km/s intervals in this figure. It is found that the ratio becomes larger from lower-speed group to higher-speed group. It means that the high speed wind blows out along magnetic field lines whose divergence is low 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) から、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その平均的な分布を求めた。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。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。これ等の係数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から推定した太陽風速度の値を惑星間磁場に沿ってソース面まで投影しこの期間のソース面上での平均的な太陽風速度分布を求めた。この分布図をコロナ中の磁力線に沿って太陽光球面まで投影し太陽光球面上の太陽風速度分布を推定した。

コロナ中のある磁力線で結ばれる光球面とソース面上の点の磁場の強度の比を計算し、対応する太陽風速度との関係を調べた。図1のように、この比の値を太陽風速度の値により 350 km/s から 50 km/s 毎に 8つのクラスに分け、

それ等の平均値と標準誤差を求めた。縦軸はソース面と光球面上の磁場の動径成分の比を 100 倍したものである。図の中の各点付けた縦棒は動径成分の標準誤差、また横棒は各クラスの 50 km/s の太陽風速度の幅を示している。また R は図中のデータの値をもとに計算した相関係数の値を示し、図中に引かれた実線は回帰直線を示している。図1から明らかなように、太陽風速度が増加するに伴い、比の値が増加している。これは、コロナ磁場の発散の度合いが大きい領域から低速の太陽風が吹き出し発散の度合いが小さい領域から高速の太陽風が吹き出ししていることを示している。従って、この図はコロナ磁場の発散と太陽風加速との間に何等かの関係がある可能性を示唆している。

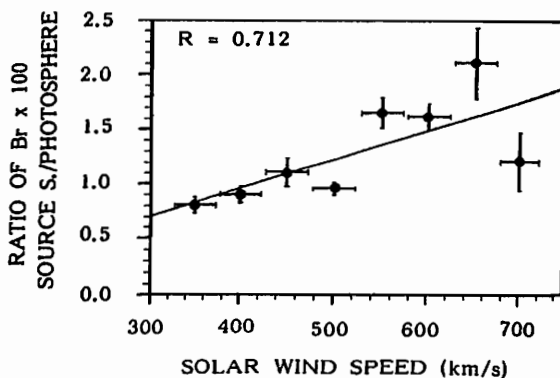


図 1

波辺 発
名大空電研

ON ERUPTING STREAMS

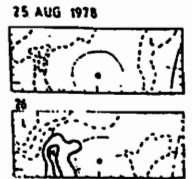
Takashi Watanabe
Res. Inst. Atmospherics, Nagoya Univ.

Hewish and Bravo (1986) proposed that, on the basis of their IPS observations, erupting streams from low- or mid-latitude coronal holes are principal sources of interplanetary disturbances and that flares and disappearing filaments may be related to erupting streams as peripheral events. However, their deductions are not always consistent with those from other data sets for several important events. Centroids of these erupting streams have been found to be biased eastward by considerable amounts, several tens of degrees. Such a biasing effect will make the solar-source identification difficult task.

Hewish and Bravo (1986)は、惑星間擾乱の原因として、コロナホールが時折放出する、高速の太陽風流 (erupting stream) を提案し、太陽フレアやフィラメント消滅は主要な要因ではあり得ないことを主張している。もしこれが本当であれば、惑星間衝撃波の研究や予報について、かなりの発想の転換を要求される。そこでここでは、彼らの論拠となった3つの代表的な "erupting stream" について他の観測データとの比較を行い、erupting stream 仮設の適用性を検証することとする。

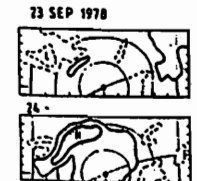
■1978年8月25-31日の Erupting Stream

Hewish et al. (1985) の発表した、シンチレーション強度の分布図であるg-map (右図) によると8月26日から29日にかけて太陽の東側の空に強いシンチレーションを示す領域が見られる(H)。そこで彼らは Sun-Earth Line の東側に中心を持つ擾乱を想定した。しかし Watanabe et al., (1986) による速度データの解析による惑星間擾乱の形状は図のように更に東に広がっている。この惑星間擾乱の起源は、8月23日に太陽面中央付近で発生した太陽フィラメント消滅であることが示唆される。



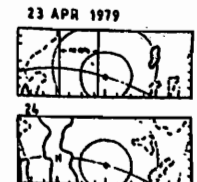
■1978年9月23日-28日の Erupting Stream

中央の例は、1978年9月25日07時18分 UT に発生した磁気嵐に対応するものである。この惑星間擾乱の場合も中心は、彼らによると Sun-Earth Line の東側にある。しかし、Sun-Earth Line の西側にある5つの人工天体の太陽風データによると、図に記入した略図のように、経度方向の拡がり180度もあるような高速の惑星間擾乱の存在が強く示唆され、この惑星間擾乱の起源は、1978年9月23日10時00分 UT に太陽の西半球 (N35W55) に発生した3 Bフレアであると思われる。



■1979年4月23-28日の Erupting Stream

この場合も先ず4月24日に太陽の東側に、g-value の高い領域が出現しており、略図のような erupting stream の存在が示されている。しかし、彼らの言う erupting stream の中心方向にあった Helios 1 においては、衝撃波は観測されていないのに比べ、erupting stream の西端の方向に当たる、Helios 2 と ISEE 3 に於ては強い衝撃波が観測されている。Watanabe and Schwenn (1989) の決定した惑星間擾乱の形状を同図に示す。この惑星間擾乱の起源としては、4月22日に太陽の中央子午線付近で発生した太陽フィラメントの消滅が考えられる。



"まとめ"

以上の3つの場合において、Hewish et al. の論拠となった g-map 上に現れた惑星間擾乱の位置は全体として東側に偏っている傾向が明らかに認められ、観測データの取り扱い方と解釈に何らかの問題点が存在することが伺える。従って、惑星間空間衝撃波の起源について、特に erupting stream なるものを導入する必然性は薄いと思われる。

参考文献

Hewish, A., and S. Bravo, Solar Phys., 106, 185, 1986.
Hewish, A., S. J. Tappin, and G. R. Gapper, Nature, 314, 137, 1985.
Watanabe, T., and R. Schwenn, Space Sci. Rev., 51, 147, 1989.
Watanabe, T., K. Kakinuma, and M. Kojima, Adv. Space Res., 6, No. 6, 331, 1986.

WHEN IS THE EARTH HEATED IN A CYCLE OF SUNSPOT ACTIVITY?

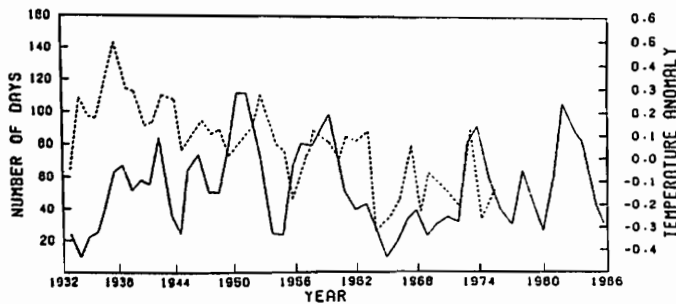
Masayoshi Kojima

The Research Institute of Atmospheric, Nagoya University

We studied yearly variation of temperature anomaly of the earth in relation to sunspot activity. 21 increases of the temperature are found during 100 years from 1880. 11 of them occurred at declining phase of the sunspot activity and 7 increases coincide with the sunspot maximum. Only 3 events are found at ascending phase. Therefore it seems that the earth is heated twice in one cycle of the sunspot activity. This is very similar to the yearly variation of geomagnetic activity which also increases at the sunspot maximum and the declining phase. We will discuss the temperature increase at the descending phase in relation to solar wind structure.

1880年より100年間の地球の気温年変化と太陽黒点活動の関係を調べてみた。この100年間に合計21の気温上昇ピークがあり、その内の11例は太陽活動の減少期に、7例が太陽活動極大期に当たる。残りの3例のみが活動上昇期に一致しており、気温は、11年毎に繰り返す太陽黒点活動周期の極大と減少期に増加するように見える。一方、R.J.Thompson (Solar Phys. Vol.117 p279 '88) は、Ap指数が25以上となる年間の日数と太陽黒点活動の関係を調べ、太陽活動極大期と減少期に地磁気活動が盛んとなることを示した。このThompsonの解析した地磁気活動の年変化に気温の年変化を重ね下図に示した。1932年から1978年までの期間、地磁気活動と気温変化とが良い相関を持つように見える。太陽活動極大期における気温上昇は、太陽常数の増大によると考えることができるが、黒点活動減少期における気温上昇の原因は別に考える必要がある。①減少期における黒点活動は、活動上昇期のような滑らかな変化を見せず、小さな増減を繰り返しながら極小期へと向かって減衰していく。この減少期の電磁波放射強度は、極大期のそれ程は大きくない。例えば、2800MHzの太陽電波強度の変化から推測すると、黒点活動減少期のEUV強度は、極大期程には強くないことが分かる。従って、黒点活動減少期の気温上昇を、太陽からの電磁波放射のみで説明することは無理である。②そこで、気温上昇に結び付く物理過程は解明されていないが、地磁気活動それ自体、又は、地磁気活動を引き起こす他の現象に、太陽活動減少期の気温上昇の主原因があると考えられる。地磁気活動に関連するものとしては、太陽フレアが上げられるが、黒点活動減少期のフレア発生数は極大期程には多くない(活動上昇期に比べれば多いが)。従って、太陽フレアだけでは、気温上昇の原因としては不十分である。他に、地磁気活動に関連するものに、回帰性の太陽風速度構造に原因するものがある。太陽活動減少期には、極域に現れた高速太陽風の領域が、太陽赤道を越えて大きく張り出し、回帰性の地磁気活動の原因となる。このような太陽風の構造は、太陽活動減少期に於いて特徴的で、長期間安定して継続するため、太陽活動減少期に増加する地磁気活動とそれに伴う気温増加の原因の一つと考えられる。

破線：気温
実線：Ap>25の年間日数



In recent years, many high-resolution schemes for hyperbolic equation systems are developed in the area of numerical hydrodynamics. These schemes are the generalization of upwind schemes such as Godunov, Van Leer, Osher and Roe schemes to the higher order of accuracy, and successfully applied to the compressional Euler equation. Many upwind schemes are based on the eigen value analysis of Riemann problem. More accurate schemes can be developed as higher order extensions of first order upwind schemes, adopting the concept of TVD. By using these kinds of schemes such as Lax-Wendroff TVD, MUSCL TVD and ENO schemes, sharp capturing of discontinuities is achieved without any oscillations.

For principle, above schemes can be also applicable to MHD equations, which are mathematically hyperbolic equations. It is the purpose of this paper to solve MHD equations for steady and non-steady solar wind problems, using high-resolution shock capturing schemes. For the simulation of solar wind problems, discontinuity capturing is essentially important because many kinds of shocks and discontinuities can propagate in non-steady solar wind. Another merit of high-resolution schemes when applied to solar wind problems is to avoid some difficulties come from the non-uniformity of the system. In many problems of geophysics and space physics, treating regions include strong inhomogeneities. The solar wind problem is an example of these situation, in which the wind structure must be calculated in the stratified solar atmosphere as 0-th order structure. As the result of numerical diffusion effects acting on this 0-th order structure, large numerical errors appear in the solution near the solar surface and sometimes these errors make it hard to continue stable computation. The reduction of numerical diffusions using high-resolution schemes is also effective to avoid above difficulties.

Basic equations for the present calculations are two-dimensional MHD equations written in a spherical coordinate system. Assuming that the solar atmosphere acts as a single fluid with no dissipation, they can be written as follows:

$$\frac{\partial b}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial \xi} (\xi r m) + \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \eta} (\eta \rho \sin \theta n) = 0, \quad \text{etc} \quad (1)$$

where the independent variables are time t , general coordinates ξ and η . The general coordinates $\xi(r)$ and $\eta(\theta)$ are introduced in order to gather mesh points near the solar surface. The time t and the radius r are normalized by $t_0 = r_0/v_0$ and r_0 , with r_0 solar radius, $v_0 = (RT_0)^{1/2}$, T_0 arbitrary normalization temperature and R gas constant. θ is the colatitude. Dependent variables are b , m , n , B_r , B_θ and T , where $b = \rho r^2 / \xi r \eta_\theta$, $m = bu$, $n = bv$, $B_r = r B_{r0} / \xi r \eta_\theta$, $B_\theta = r B_{\theta0} / \xi r \eta_\theta$ and T temperature, with ρ density, u radial velocity, v meridional velocity, B_{r0} radial component of magnetic field and $B_{\theta0}$ meridional component. ρ , u , v , B_{r0} , $B_{\theta0}$ and T are normalized by ρ_0 , v_0 , v_0 , B_0 , B_0 and T_0 respectively. In these equations constants are β , γ and k , with $\beta = \mu \rho_0 r T_0 / B_0^2 \xi r \eta_\theta$, μ magnetic permeability, γ the polytropic index, $k = t_0 M G / v_0 r_0^2$, M solar mass, G universal gravitational constant.

The numerical scheme used in the present calculations is the third order MUSCL type Roe scheme. The time integrations are calculated by using numerical fluxes as

$$U_{i,j}^{n+1} = U_{i,j}^n - \Delta t / \Delta \xi (F_{i+1/2,j}^n - F_{i-1/2,j}^n) - \Delta t / \Delta \eta (G_{i,j+1/2}^n - G_{i,j-1/2}^n) \quad (2)$$

where $U_{i,j}^n$ are dependent variables at mesh point i,j and at time step n . Neglecting suffix j , the numerical flux for ξ -direction is written as

$$F_{i+1/2} = 1/2 (F_R + F_L - R_{i+1/2} |\Lambda_{i+1/2}| R_{i+1/2}^{-1} (U_R - U_L)) \quad (3)$$

where function F is determined by equation (1) and dependent variables for suffixes R and L are calculated by MUSCL procedure using Van Leer's differentiable limiter. These procedures are similar for η -direction. Because the equation system is not written in a complete conservation form, some approximations are required for the calculation of numerical fluxes, namely dependent variables outside the differential operators are evaluated from those with suffix i for mesh point i and from those with suffix $i+1$ for mesh point $i+1$, in the calculation of F_R and F_L . Matrix R consists of eigen vectors of Jacobian matrix, and diagonal matrix Λ consists of eigen values of Jacobian matrix, which are written for ξ -direction as

$$\begin{aligned} \lambda_{r=0}, \quad \xi r m / b, \quad \xi r (m/b \pm C_r^{1/2}), \quad \xi r (m/b \pm C_a^{1/2}) \\ C_r, \quad C_a = 1/2 (C_0 + C_1 + C_2 \pm ((C_0 + C_1 + C_2)^2 - 4C_0 C_1)^{1/2}) \\ C_0 = \gamma T, \quad C_1 = B_r^2 / \beta b, \quad C_2 = B_\theta^2 / \beta b. \end{aligned} \quad (4)$$

For the evaluation of Jacobian matrix at $i+1/2$, some averaging procedure must be introduced to determine $U_{i+1/2}$ from U_R and U_L . It is desired that this procedure satisfies the Roe condition. However, these averaging procedure is not known for MHD equations. Thus similar form to the case of fluid dynamics is approximately used.

鷺見 治一
名古屋大学空電研究所

桜井 隆
国立天文台

A Simulation Study of the Solar Wind Including the Solar Rotation Effect

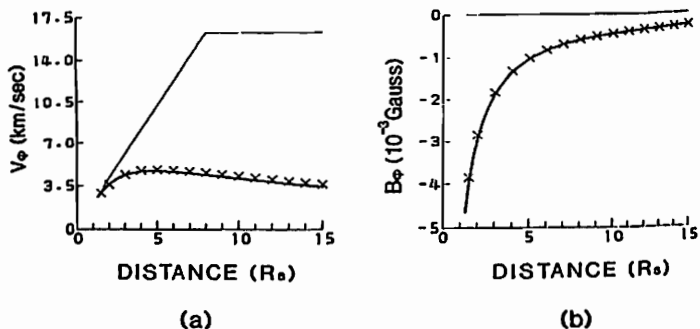
H Washimi (Research Institute of Atmospherics, Nagoya University, Honohara, Toyokawa 442)

T Sakurai (National Astronomical Observatory, Mitaka, Tokyo 181)

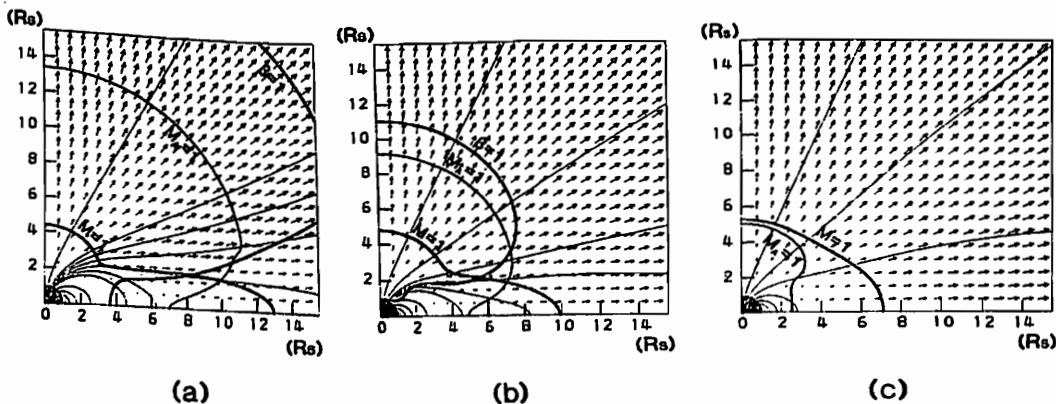
An axisymmetric solar wind structure including the solar rotation effect is studied by the method of MHD computer simulation. For the case of the radial magnetic field configuration, the simulation result is fairly well coincident with the steady-state solution. For the case of the dipole magnetic field configuration, the properties of the solution depend on the ratio of the gas pressure to the magnetic pressure (β -ratio) in the model. If the β -ratio is small, a clearly defined stagnation region appears in the wind, in which the flow speed is very small and the azimuthal magnetic field is very weak because of the corotation of the plasma. If the β -ratio is greater than 1, the stagnation region is not clearly defined in the solution.

太陽風の2次元軸対称MHDシミュレーション解析を行っている。第1図に放射状磁場配位の場合、解析結果が定常解と非常によく一致することが示される。双極子状磁場配位の場合は太陽風構造は β 比に大きく依存する。第2図(a)のように磁場強度が強い場合は閉じた領域と開いた領域が明確に区別されるが、(b),(c)のように磁場が弱くなるに従って、その区分はぼやけて来る。(a)の場合は開いた領域では螺旋状磁場構造形成されるが、閉じた領域では形成されない。従ってそれに伴うポロイダル電流は開いた領域と閉じた領域では向きが逆になることが示される。

LATITUDE : 0 degree



第1図 シミュレーション(太線)と定常解(×)との比較。細線は初期値。(a)は回転速度 (b)は回転方向の磁場の図。



第2図 太陽風磁場構造(細線)と太陽風速度(矢印)。マッハ数(M)、アルヴェーンマッハ数(MA)及び β の夫々が1となる線も示してある。太陽表面・極域での磁場強度が、夫々、(a) 3 Gauss、(b) 1 Gauss、(c) 0.25 Gauss

FLARE が1989年8月13/14日に起こした彗星の SUBSTORM 性 DE と地球の DE 性 SUBSTORM

斎藤尚生・小塚幸央・松岡均・大木俊夫
(東北大・理)

SUBSTORM-TYPE DE IN A COMETARY MAGNETOSPHERE AND DE-TYPE SUBSTORM IN THE EARTH'S MAGNETOSPHERE
GENERATED ON AUGUST 13/14, 1989 BY A SOLAR FLARE

T. Saito, Y. Kozuka, H. Matsuoka and T. Oki
Geophysical Institute, Tohoku Univ., Sendai 980

Three active comets appeared successively in 1989 and displayed outstanding disturbances of their plasma tails. A flare occurred on 12th of August and gave rise to a plasmod in the plasma tail of comet Brorsen-Metcalf. A series of photographs showed that the plasmod moved tailwards with the speed of about 220km/s. This phenomenon was considered to show a magnetic reconnection of the tail field lines like the geotail reconnection at the time of substorm. The phenomenon was followed by an outstanding substorm activity about half a day in the earth's magnetosphere. Hence, these phenomena were concluded to show a rare case that one solar flare gave rise to both substorm-type DE in a cometary magnetosphere and DE-type substorm in the earth's magnetosphere.

昨年後半から活動的な彗星が立て続けに現れ、HALLEY 彗星よりも激しい PLASMA TAIL の擾乱を頻繁に起こした。新しい手法による PLASMA TAIL 擾乱の観測および解析が本学会の目指す THEME の一部としても非常に重要な次の2点を含んでいることが着目されている。即ち、第一に太陽磁気圏の立体構造と DYNAMICS を知る上で彗星は極周回人工惑星にも比すべき役割を果たす。第二に、TAIL の DE (DISCONNECTION EVENT) を調べることにより、地球の SUBSTORM の機構を比較磁気圏学的に研究することができる。

本論文ではまず1989年8月12日に発生した太陽 FLARE が 8月13日 17時 UT に BRORSEN-METCALF 彗星磁気圏に DE を発生させた事実を示す。

図1は彗星の PLASMA TAIL で PLASMOID が加速されながら平均秒速約220 km の SPEED で飛び去っていく様子を示す。

次に約半日遅れて同じ FLARE が地球磁気圏に大規模な SUBSTORM を起こした事実を示

し、3次元的な解析結果を報告する。図2はその時の地球・彗星・太陽と FLARE の位置関係を示す。

結局これら一連の現象は、同一の FLARE が彗星磁気圏に SUBSTORM 性 DE を発生させ、地球磁気圏に DE 性 SUBSTORM を起こした稀な CASE であると結論された。

最後に本論文で使用した資料は、西尾公彦氏によって快く提供されたものであることを記し、ここに深く感謝する。

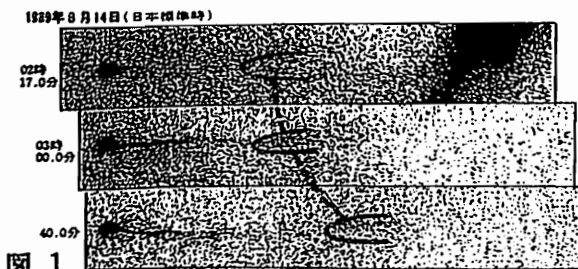


図 1

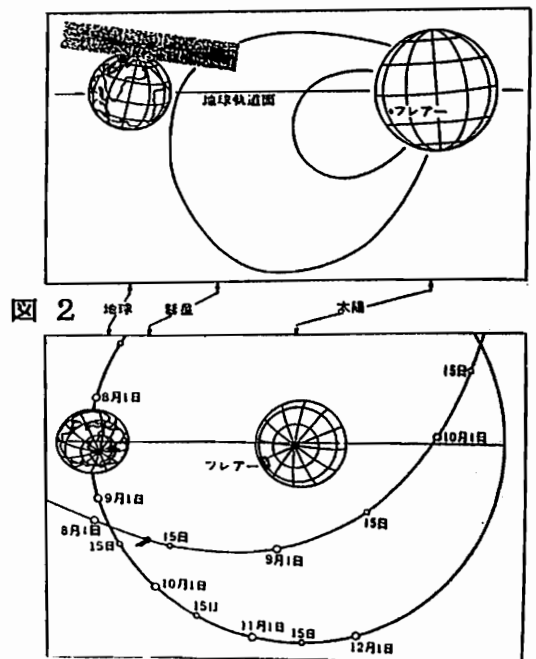


図 2

小塚幸央・斎藤尚生・大木俊夫
(東北大・理)

DISTURBANCES OF THREE COMETARY MAGNETOSPHERES AS EXPLAINED BY AN MHD SIMULATION

Y. Kozuka, T. Saito and T. Oki
Geophysical Institute, Tohoku Univ., Sendai 980

Outstanding disturbances of the plasma tails were observed in 1989 for the three comets; Brorsen-Metcalf, Okazaki-Levy-Rudenko and Aarseth-Brewington. Time variations of the tails were obtained from the photographs provided by many astronomers. An MHD simulation was carried out being based on a change of velocity and direction of the solar wind flow. The simulation agreed quite well with the observation. Solar flares were identified as the source of these disturbances.

目的

比較磁気圏学的に彗星 PLASMA TAIL の擾乱は太陽風擾乱を反映している点で地球磁気圏擾乱研究にきわめて有用である。本論文では昨年後半から立て続けに出現した3個の彗星の観測データからまず擾乱現象を解析する。次に TAIL 擾乱の SIMULATION を行いその結果を観測の解析結果と比較する。
資料

PLASMA TAIL を伸展擾乱させた BRORSEN-METCALF(B-M)彗星(8/9月)、OKAZAKI-LEVY-RUDENKO(O-L-R)彗星(11月)、及び AARSETH-BREWINGTON(A-B)彗星(12月)の観測資料が用いられた。擾乱の原因としては太陽 FLARE の資料が用いられた。

観測資料解析

3個の彗星の擾乱 CATALOGUE がまず作成され、次に資料がよく揃っている 8月13日(B-M彗星)、11月18日(O-L-R彗星)、12月10日(A-B彗星)の現象についてそれらの磁気圏 TAIL 変形の時間変化を追跡した。図1はその中の1例として A-B 彗星の TAIL 軸の屈曲及びその時間変化を示す。

計算機 SIMULATION

太陽風の中に MHD 的に FLOW の SPEED と方向が変わる不連続面を考え、彗星が相対的にそれを通過すると仮定して PLASMA TAIL 軸の変形を SIMULATE し、観測結果と比較した。結果の一部を図2に例示する。また、不連続面の原因として太陽 FLARE 資料と比較した。

結論

(1) SIMULATION の結果は観測資料の解析結果とよい一致を示した。

(2) 擾乱の原因として太陽 FLARE が同定され、FLARE による太陽風構造の不連続面を相対的に彗星が通過したと解釈された。

謝辞

FLARE DATA 及び彗星 DATA を快く提供して下さい下さった平磯宇宙環境センター及び西岡、大友、金野、津村、斎藤(正)、曾和のほか多数の方々に感謝する。

図1
OBSERVATION

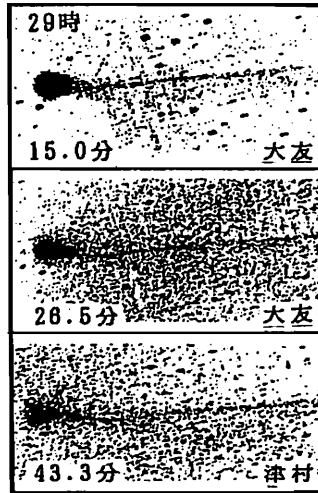
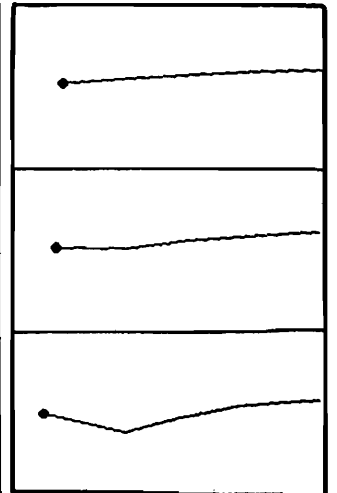


図2
SIMULATION



1989年12月10日 (世界時)
AARSETH-BREWINGTON 彗星

森 覚 安江 新一 鷺坂 修二 宗像 一起 一之瀬 匡興
(信州大 理) (信州大 教養)

Sidereal anisotropy of high energy ($10^{11} \sim 10^{12}$ eV) cosmic rays observed at deep underground

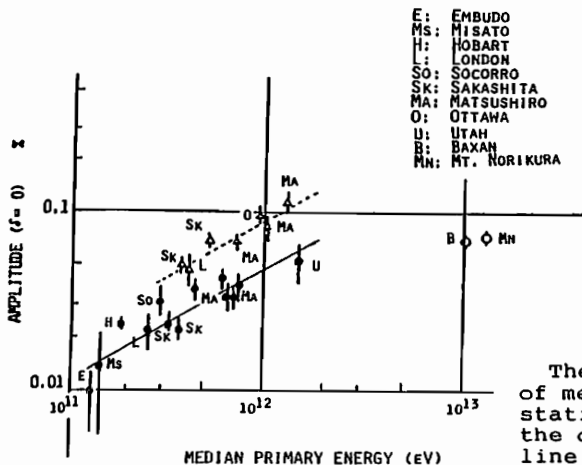
S. Mori, S. Yasue, S. Sagisaka, K. Munakata M. Ichinose
(Faculty of Science) (Faculty of Liberal Arts)
Shinshu University, Matsumoto 390, Japan

The observed results of sidereal anisotropies of high energy cosmic rays ($10^{11} \sim 10^{12}$ eV) are presented from the Matsushiro underground station (220 mwe depth). Based on ours and other observations, it is obtained that (1) the observed amplitudes in these energy regions shows significant energy dependence, while little differences in the observed phases and (2) the observed amplitudes are larger (about two times) for the telescopes pointing towards the equatorial plane than those for the vertical telescopes. This observed fact strongly suggests that the north-south asymmetric term may certainly exist in the anisotropy in space and is needed to be determined for its three-dimensional structure.

今回は信大松代地下宇宙線観測所 (220米水深相当の深さ) での観測 (1984-1989) を中心に、他の地下宇宙線観測データを参考にして、恒星時異方性の観測振幅のエネルギー依存とその方向依存について述べる。

図は横軸にエネルギー (median primary energy) を、縦軸に観測振幅を描いてある。用いた観測所名は図中に与えてある。黒丸及び実線は鉛直方向望遠鏡による振幅をうってある。白三角及び点線は赤道あるいは南方向望遠鏡による振幅がかかっている。図中明かなように、2本の線の間には有意な差が見られる。

この差は、空間の異方性に南北対称的な成分 (N-S symmetric term) と南北非対称的な成分 (N-S asymmetric term) により説明できる。この考えは今までも示され、試みられたものであるが、 $10^{11} \sim 10^{12}$ 電子ボルトの範囲でその定量的解析を試みる。この観測及び解析は恒星時異方性のモデルとも関わっており、特にその3次元構造を知るうえに重要なデータを与える。



Energy dependence of observed amplitudes

The observed amplitudes are plotted as functions of median primary energy from Matsushiro and various stations shown in the figure. The solid line gives the data from the vertical telescopes and the dotted line the data from the equatorially pointing telescopes. Significant difference can be clearly seen in two lines, suggesting the existence of the north-south asymmetric term in the anisotropy.

島田元之, 宗像一起, 森 寛
信州大・理

大山雄一 他 KAMIOKANDE group
KEK

SIDEREAL DAILY VARIATION OF HIGH ENERGY COSMIC RAY MUONS
($\sim 10^{13}$ eV) OBSERVED WITH KAMIOKANDE II DETECTOR

M. Shimada, K. Munakata, S. Mori
Fac. Sci. Shinshu Univ.

Y. Oyama and KAMIOKANDE group
KEK

We have analyzed the sidereal daily variation of high energy cosmic ray muons observed with KAMIOKANDE II detector. Each muon event is classified into 3 groups of East, Vertical and West according to its incident direction. For each group, the sidereal, solar and anti-sidereal variations are obtained for full two years from Jan. 1987 to Dec. 1988. The origin of these variations is examined on the basis of the directional observation method.

神岡鉱山地下 (2700 mwe) で観測されたミューオン・イベント数の時間変動を解析し、 $\sim 10^{13}$ eV 領域に於ける恒星時異方性を調べる。解析期間は1987年1月1日から1988年12月31日までの2年間で、全イベント数は約1500万イベントである (24時間の同時刻集計で1時間値につくポアソン誤差は $\sim 0.13\%$)。図1に1988年分 (約900万イベント) を、太陽時 (SO), 恒星時 (SI), 反恒星時 (AS) の各24時間で同時刻集計した結果を示す。集計はミューオンの入射方向に従って、東 (E), 天頂 (V), 西 (W) の3方向毎に行い、それらの和が (WT) に示してある。図の縦軸は1時間値の日平均に対する%で、各時間内での検出器の不感時間は補正されているが、更に検出器のトリガー・レベルの変動も補正する必要があると思われる。これらの補正を加えた後、解析結果に対して以下の検定を行う。まず、[1] 得られた異方性が、真に地球外の定常的流れに依るものならば、(E) の位相は (V) を挟んで (W) より前進していなければならない。[2] 恒星時異方性が太陽時異方性の年周変動に由来しているのではない限り、反恒星時異方性は小さいはずである。[3] 太陽活動の影響が充分小さく、異方性の振幅及び位相が正しく観測されているならば、地球の公転運動による異方性 (太陽時で6時, 振幅0.05%) が観測されるはずである。これらの条件がどの程度満足されているかについて議論し、恒星時異方性の他の観測結果とも比較して行く予定である。

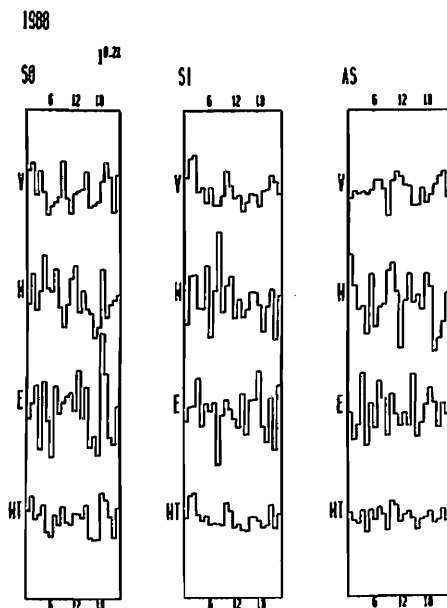


Fig 1. Solar (SO), sidereal (SI) and anti-sidereal (AS) variations derived from East (E), Vertical (V) and West (W) directional observations in 1988.

Cosmic-Ray Sidereal Daily Variation of Galactic Origin to Be Observed with Existing Underground Muon Telescopes

K. Fujimoto, I. Morishita* and K. Nagashima

Cosmic-Ray Research Laboratory, Faculty of Science,
Nagoya University, Nagoya 464, Japan

* Department of Physics, Asahi University,
Hozumi-cho, Motosu-gun 501-02, Japan

Modulation of galactic cosmic-ray anisotropy in the heliomagnetosphere has been theoretically studied by Nagashima et al., and sidereal daily variations of galactic origin observable at the Earth's orbit have been obtained. These variations, however, contain only the influence of the heliospheric modulation and does not contain the influences of cosmic-ray's geomagnetic deflection and nuclear interaction with the terrestrial material and also the geometrical configuration of muon telescope. In the present paper, we take into account these neglected influences and obtain the sidereal daily variations to be compared with those observed with specific telescopes at some specified underground stations.

K12-01 北海道夕張地域の空知層群、蝦夷層群の 古地磁気

小玉一人、飯田好彦、前田晴良
高知大理

PALaeOMAGNETISM OF THE CRETACEOUS SORACHI AND EZO GROUPS IN CENTRAL HOKKAIDO

Kodama, K. Y. Iida, and H. Maeda
Department of Geology, Kochi University

A magnetostratigraphic study was carried out on the upper part of Sorachi Group (Barremian-Aptian) and the lower Ezo Group (Cenomanian-Turonian) along Syuparo river in Yubari area in central Hokkaido, where 62 different stratigraphic levels were sampled in total. Preliminary results suggest that the silicious sediments of the Sorachi Group exhibit eastward deflection in declination, while, in contrast, the blackish mudstone of the Ezo Group show westward deflection over 40 degrees.

北海道大夕張地域シューバロ川沿いの下部白亜系空知層群上部 (Barremian~Aptian) から蝦夷層群下部 (Cenomanian~Turonian) に至る62サイト、及び達布、佐久地域の蝦夷層群上部 (Coniacian~Santonian) 50サイトでサンプリングを行った。試料採取は大きな層序間隙が生じないように、層厚数10m程度の間隔で行い、1サイトあたり3~5個のコアを採取した。今回はこれらのうち、主に大夕張地域の結果について報告する。

測定に際しては、まず各サイトから取り出したパイロットサンプルに対し、5mTから45mTの段階交流消磁及び150°Cから600°Cの段階熱消磁を施してサイト毎に有効な消磁法を検討した。その結果、空知層群の珪質堆積岩に対しては350°C以上の段階熱消磁、蝦夷層群の泥岩には15mTから40mTの段階交流消磁が有効なことが分かった。こうしてすべてのサンプルに4~7段階の交流ないし熱消磁を行い、全体の約3分の2の試料から安定な磁化成分を得た。これらに対しKirschvinkの方法により最適方位を求め、サイト毎の平均方向を決定した。NRM強度は、空知層群の珪質岩が $10^{-6} \sim 10^{-8} \text{ kA/m}$ ($= \text{emu/cc}$)、蝦夷層群の泥岩は $10^{-7} \sim 10^{-9} \text{ kA/m}$ である。また空知層群中の赤色頁岩などは複数の磁化成分をもつのにに対し、蝦夷層群の泥石はほとんどが単一成分をもつ。

蝦夷層群の磁化極性はすべてNormalで、地質年代の示すように白亜期の磁気静穏期に対応する。一方、空知層群中には逆帯磁の層準があり、M-sequenceの一部を表していると思われる。地層の傾動補正後の磁化方位は、空知層群のHigh blocking温度の成分が、ばらつきは大きいものの、30°~60°東偏、伏角は40°~60°である。これと対照的に、蝦夷層群は40°~70°西偏を示す。

竹内徹、茂木宏友、小沢智生、小玉一人*
 名大理、*高知大理

MID-TERTIARY ROTATION OF CENTRAL HOKKAIDO INFERRED FROM PALEOMAGNETIC STUDY

Takeuchi, T., H. Motegi, T. Ozawa, and K. Kodama*

Department of Earth Science, Nagoya Univ. * Department of Geology, Kochi Univ.

Paleomagnetic study was carried out on Mid-Tertiary deposits in Haboro, Yubari and Niikappu areas in central Hokkaido. Reliable directions identified with stepwise AF and/or Thermal demagnetizations suggest that the Mid-Tertiary basins had undertaken clockwise rotation prior to 15 Ma and, after that, undertook counter-clockwise rotation about 60 degrees.

中央北海道、石狩-手塩帯の第三紀層を対象に、下記の3地域において古地磁気の測定を行なった。

・羽幌地域 築別川上流域において中期始新世から後期中新世、羽幌、三毛別、築別、古丹別、チェボツナイ、遠別の各層より59サイト

・夕張地域 夕張川中流域において中期始新世から後期中新世、若鍋、幾春別、滝の上、川端、岩見沢の各層より49サイト

・新冠地域 新冠川、厚別川上流など中期中新世から後期中新世、フラヌイ、受乞元神部の各層より13サイト

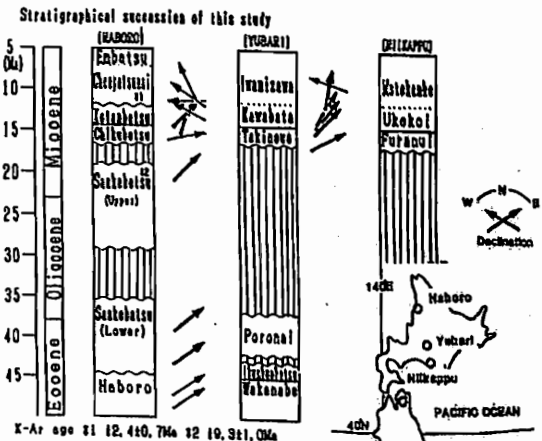
羽幌、三毛別、築別、チェボツナイ、若鍋、幾春別の各層は fine sandstone、滝の上、幌内、フラヌイの各層は massive siltstone、遠別、岩見沢、元神部各層は siliceous mudstone で特徴付けられる。古丹別、川端、受乞各層は層厚が数千mになる重力流堆積物とタービダイト層から成る層でその泥質の部分をサンプリングした。

各サイトごとのパイロットサンプルに対し、交流消磁と熱消磁を施して安定性を確かめた。その結果、双方で安定な磁化が得られたサイトに対しては交流消磁で消磁を行なったが、そのうち交流消磁で消磁仕切れないサンプルに対し、さらに熱消磁を行なった。夕張地域のサンプルは、磁化が弱

く ($< 4 \times 10^{-4} A/m$) また不安定なサンプルが多かったため、全サイトについて段階熱消磁 (100°C ~ 400°C) を注意深く行ない、安定な磁化成分を求めた。新冠のものは二次成分が大きく、一次磁化成分を求めることが出来なかった。この結果全110サイトの内、34サイトから信頼できる磁化方位を得ることが出来た。

この結果は以下の様にまとめられる。

- ① Middle Mioceneに羽幌、夕張地域とも40度以上の時計回りの回転運動を行なった。
- ② 羽幌地域ではMiddle Miocene以降に時計回りの回転運動を行なった。



三木雅子¹⁾, 乙藤洋一郎²⁾, 松田高明³⁾, Tunyow HUANG⁴⁾, Shuhjong TSAO⁴⁾, 古川雅英¹⁾
 1)神戸大自然科学 2)神戸大理 3)姫路工大 4)Central Geological Survey, R.O.C.

PALEOMAGNETIC AND GEOCHRONOLOGICAL STUDY ON MIOCENE ROCKS IN NORTHERN TAIWAN
 Masako MIKI¹⁾, Yo-ichiro OTOFUJI²⁾, Takaaki Mathuda³⁾,
 Tunyow HUANG⁴⁾, Shuhjong TSAO⁴⁾ and Masahide FURUKAWA¹⁾
 1)Grad.School Sci.& Technol., Kobe Univ. 2)Fac. Sci., Kobe Univ.
 3)Dept.Geol.,Himeji Institute Technol. 4)Central Geological Survey, R.O.C.

Volcanic rock samples were collected from northern Taiwan for paleomagnetic study and K-Ar dating. The mean paleomagnetic direction for seven Miocene volcanic sites was $D=5.9^\circ, I=43.8^\circ, \alpha_{95}=14.0^\circ$. The ages of these rocks were decided to be 7.91 ± 0.45 Ma and 10.1 ± 0.62 Ma. The paleomagnetic direction of $D=2.5^\circ, I=53.3^\circ$ and the age of 1.20 ± 0.07 Ma were obtained from an andesite site. These results indicate that the northern Taiwan has undergone no significant rotation nor translation since 10 Ma.

台湾北部の中新世の堆積岩層のあいだに火山岩が不規則に分布している。それらの火山岩の14地点から古地磁気測定及び年代測定のために凝灰岩及び玄武岩を採取した。台湾北東部の基隆(CHILUNG)近くに安山岩のドームがあり、鮮新世の年代を示している。この安山岩の1地点からも試料を採取した。

中新世の玄武岩の2地点からK-Ar年代を得た。それらは 7.91 ± 0.45 Ma及び 10.1 ± 0.62 Maであった。基隆の安山岩の年代は 1.20 ± 0.07 Maであった。

交流段階消磁及び熱段階消磁の結果7地点から安定な初生磁化の成分を得ることができた。どちらの方法の消磁においても残留磁化の方向は非常に安定していた。各試料の安定な成分は熱段階消磁を施すことによって得た。

中新世の安山岩の傾動補正後の古地磁気方向は、正帯磁が1地点逆帯磁が6地点で、平均方向は偏角 $=5.9^\circ$, 伏角 $=43.8^\circ$, $\alpha_{95}=14.0^\circ$ であった。傾動補正をすることによって磁化方向はよくまとまり、この方向が傾動前に獲得されたことがわかった。1.2Maの安山岩の磁化方向は偏角 $=2.5^\circ$, 伏角 $=53.3^\circ$ であった。

これらの古地磁気及び年代測定の結果は、台湾北部地域が10 Ma以降回転や大きな移動をしていないことを示している。

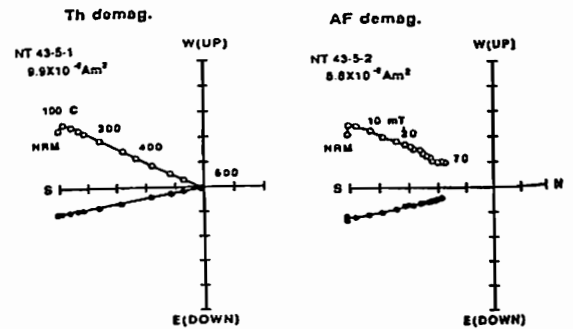


Fig.1. Orthogonal projection plots for progressive demagnetization experiments. Th demag.- thermal demagnetization, AF demag.- alternating field demagnetization, open (solid) symbols are on the vertical (horizontal) plane.

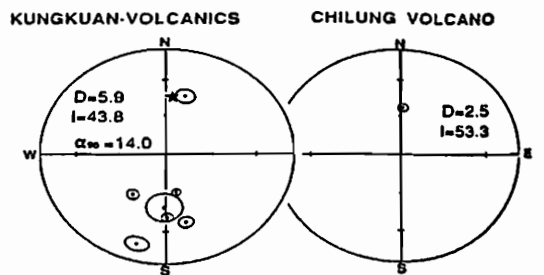


Fig.2. Paleomagnetic directions from northern Taiwan, with 95% confidence circles. Left, site mean directions from Miocene volcanics; star, mean direction for seven sites. Right, site mean direction for 1.2Ma andesite. open (solid) symbols are on the upper (lower) hemisphere.

鄭 重¹, 河野 長¹, 科 天²

1. 東京工業大学理学部

2. 中国科学院地球物理研究所

Paleomagnetic Study of Neogene Basalt from Inner Mongolia

Zhong ZHENG¹, Masaru KONO¹ and Tianyao HAO²

1. Department of Applied Physics, Tokyo Institute of Technology

2. Institute of Geophysics, Academia Sinica

Paleomagnetic investigation was carried out on Neogene basalts in Chifeng, Inner Mongolia and Zhangjiakou, Hebei Province, China. From a total of 62 sites, a reliable paleomagnetic pole was obtained at 85.2°N, 192.5°E with 95% confidence cone of $A_{95}=5.1^\circ$, which passes both the reversal and fold tests.

昨年夏の研究会では内モンゴル赤峰地域からの新第三紀玄武岩の古地磁気について一部の結果を報告したが、今回はその最終結果及び河北省張家口地域の同時代の玄武岩からの結果を併せて紹介する。

安定な北東アジア大陸から第三紀の極移動曲線が得られれば日本海の形成など、日本列島の発達史の解明に非常に役立つであろう。本研究はその一環である。

内モンゴルでは東西 700 km にわたって新第三紀の玄武岩が露出しており(果寧、張家口、赤峰)、普通平地からの比高が 50~400 m 程の玄武岩台地を作っている。残念ながら玄武岩の年代データは張家口地域にしかない。この地域では一つの掘削井戸からの約 20 個の試料についての測定から 4.3~25.3 Ma の K-Ar 年代が得られている(陳文奇ら, 1985)。古地磁気試料の採集は張家口と赤峰地域の 60 地点で行った。その内 49 地点(張家口の 9 地点、赤峰の 40 地点)からの試料は磁氣的に安定で、よい結果が得られた。

試料の測定は主に超伝導磁力計で行ったが、非常に強い残留磁化を持つ試料だけはスピナー磁力計で測定した。残留磁化は段階交流消磁又は熱消磁に対してほぼ単成分で原点に向かって減少していく。数カ所からの試料の残留磁化が二次成分を持っているが、それは落雷を起源とする残留磁化であることが判明した。

赤峰地域からの試料は古地磁気方向が正逆の帯磁を持ち、また褶曲テストに合格する。このことはこれらの古地磁気方向が初生磁化方向だと強く示唆している。赤峰地域と張家口地域からの古地磁気方向に Fisher 統計を適用すると、平均極は 83.4°N, 192.8°E ($A_{95}=6.2^\circ$) に位置する。趙西西の果寧、赤峰の十三地点の結果を加えても平均極は殆ど変わらず、85.2°N, 192.5°E ($A_{95}=5.1^\circ$) と

なる。これらの結果は永年変化の影響を十分平均しており、新第三紀の古地磁気極として信頼できるものである。

新第三紀の古地磁気極は地理北極の極と有意には違わない。しかし個々のサイトからの VGP をプロットすると (Fig. 1)、対称ではなく一方に延びた分布をしていることが分かる。考えられる理由は新第三紀には磁場の極 (magnetic pole) が Fisher 分布から外れていたか、或いは測定された残留磁化の方向が新第三紀における磁場のごく一部分の方向である可能性がある。

これらの試料の年代が更に詳しく分かれば、新第三紀の極移動曲線の完成に役立つであろう。もっと詳しい試料の年代が得られれば、これらの結果を再び検討する必要があると考えている。

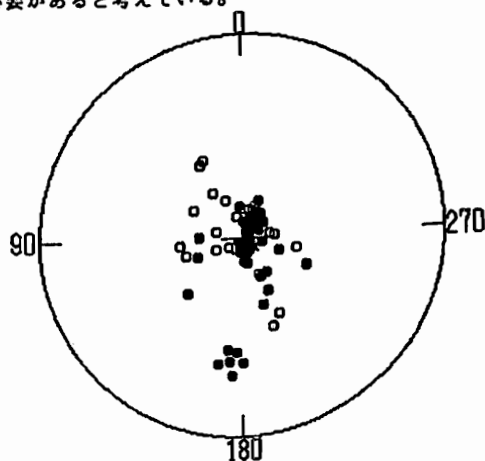


Fig. 1 Equal area projection of VGPs from a total of 62 sites in Jiening, zhangjiakou and Chifeng. Solid (open) circles indicate the VGPs on the upper (lower) hemisphere.

K12-05 プリッツ湾およびケルゲルン海台における ODP 119次航海の成果

酒井英男 BARBARA Keating ODP LEG119 Shipboard party
(富山大・理学部) (Hawaii Univ.)

PALEOMAGNETIC STUDY OF ODP LEG 119 - PRYDZ BAY AND KERGUCELLEN PLATEAU -

HIDEO Sakai BARBARA Keating ODP LEG119 Shipboard party
(Toyama Univ.) (Hawaii Univ.)

During ODP Leg119 we drilled at 6 sites on the Kerguelen Plateau in the southern Indian ocean and at 5 sites on the Prydz Bay near Antarctica. The paleomagnetic results obtained are as follows; the detailed magnetostratigraphy during the last 5 Ma at Hole 745B which includes the Cobb Mt. event (1.1Ma) and the ever unidentified normal zone in the Gilbert reversed epoch, the intensive susceptibility and the magnetic soft feature observed in the sediments around K-T boundary of Hole 738C, the paleomagnetism of the Paleozoic non-marine red sediments drilled at Prydz Bay, the magnetostratigraphy of Hole 742A which suggests the existence of the ice-sheet at Oligocene (Eocene) age on the eastern Antarctica.

ODP第119次航海は、南インド洋のケルゲルン海台の北部2地点、南部4地点および南極海プリッツ湾での5地点の合計11地点で掘削を行った。航海の主な目的は、1.図1の様に南緯49°-67°における緯度トランスекトから古海洋の変遷を辿る、2.東南極の大陸棚に位置するプリッツ湾の堆積物から東南極における氷床の開始と変動を探る、3.地上最大の海台であるケルゲルン海台のテクトニクスを調べることにあった。ケルゲルン海台

海台北部のSite737および南部のSites 744-748で、古地磁気層序がたてられた。海台の南東縁のHole745B(水深約4100m)の珪藻堆積物からは、Cobb Mt. eventを含むなど5mまでの良好な古地磁気層序が得られた。またGilbert reversed epoch中に5つのnormal zoneが確認でき、従来、報告されていないnormal zoneの存在が示唆された。堆積物(構成鉱物、微化石、帯磁率)から氷期一週氷期に伴う周期変動の解析も行われている。

海台南部のSite738では、浅海で噴出したと考えられる白亜紀(>90mY)の基盤玄武岩類が水深2742mから掘削され、上位の堆積物からケルゲルン海台の沈降に伴う古環境の変動が調べられた。Hole 738Cの厚さ15cmの縞状粘土岩中に白亜紀-第三紀境界(K-T boundary)が確認され、境界層でのイリジウム含有量の極大も認められた。この領域で得られた帯磁率の極大、低い抗磁力成分の存在はK-T boundaryにおける堆積層の特徴かも知れない(Worm & Banerjee, 1987)。

プリッツ湾

プリッツ湾は、東南極の氷河の5分の1を流出するラングムール氷河の開口部にあたり、その堆積物は東南極における氷床の歴史を探るのに最適である。このプリッツ湾の南極大陸から10-170kmまでの大陸棚上の5地点で掘削が行われた。大陸側のHole 740Aでは、音響基盤上の最も古い層準として、非海成の赤色堆積物が得られた。生層序による年

代推定は難しいが、B.R.Turner(ニューカースル大学)等によれば、インド大陸東部のMahanadi grabenの三疊紀Mahadera Formationに相当する可能性が高い。古地磁気で得られた浅い伏角は、南極大陸から得られたジュラ紀頃のものと同和的である。

大陸棚のSites739,742,743では氷河性堆積物が掘削された。Hole 742Aの下位144mの堆積層は、生層序・磁気層序の対比からanomalies15-18(37.24-42.73Myr)の年代と推定された。これはODP Leg113-CIROISにより従来、西南極から報告されていたより約6Myr早い年代に、巨大な氷床が既に東南極プリッツ湾に存在していたことを示唆し、12海で見つかっていた漸新世の氷河は局地的ではなく、南極横断山脈を越えた大規模なものであったことを裏付ける。プリッツ湾での掘削から、氷床は第四紀までの殆どの期間に大陸棚に接していたこと、第四紀の極大期には、現在の氷床から170km離れた大陸棚の縁(Site 743)まで、氷床が張り出していたことも明らかになった。



図1 Leg 119における掘削地点

兵藤博信, D.J. Dunlop*

岡山理科大学蒜山研究所, トロント大学物理学科*

A Palomagnetic Contact Test of a Grenville Diabase Dike and Gneissic Country Rock:
The Effect of Magnetic Anisotropy and an Anomalous VGP in the Early Cambrian
Hironobu Hyodo and D.J. Dunlop*Hiruzen Research Institute, Okayama University of Science,
Geophysical Laboratory, University of Toronto*

A paleomagnetic contact test was carried out on a Cambrian dike (570 ± 3 Ma) in the Grenville Province, Ontario, Canada. The gneissic country rock developed strong magnetic anisotropy due to its fabric anisotropy, and the direction of the baked totally reset magnetization recorded in this country rock is significantly deflected ($\sim 30^\circ$) from the TRM direction in the chilled margin of the dike. The calculated VGP (153° W, 41° N) does not agree with previously reported Cambrian VGP's. Indirect evidence supports structural stability after the emplacement of the dike. Therefore, the presence of the anomalous VGP suggests that the dike may have acquired its magnetization during large-scale geomagnetic field excursion.

カナダオンタリオ州のグレンビル造山帯の中を走る岩脈 (diabase dike, 570 ± 3 Ma) の古地磁気学的コンタクトテストを報告する。母岩のトーナル岩的片麻岩は構造的異方性から生じた磁気異方性があり、岩脈近傍のキューリー温度以上に熱せられた領域 (baked zone) における熱残留磁化は、もとの岩脈の磁化の方向から極度に ($\sim 30^\circ$) ずれて記録されている。IRM ellipsoid を用いた実験によれば、異方性の影響を補正する度合は帯磁率 ellipsoid を用いたものと比べて方向は同じであるが、その値は70%以上も大きい。実際、IRM ellipsoid を用いて補正した母岩の磁化の方向は、急冷された岩脈の縁 (chilled margin) のサンプルから得られた磁化の方向と良い一致を示す。これらの結果と岩脈と母岩の磁化の合成ベクトルの存在 (hybrid zone)、母岩のみの磁化の存在 (host zone) より、岩脈の磁化は貫入時に獲得された結論できる。

母岩の磁気の担い手である鉱物は二つの相があり、一方は多磁区的 (multidomain) チタン磁鉄鉱、もう一方は、単磁区的 (single domain) 性質を持つイルメナイト-ヘマタイト層状構造である。異方性の度合

は多磁区的チタン磁鉄鉱の存在と強い相関があり、またチタン磁鉄鉱はその大きさ (~ 1 mm長) のためほとんどの粒子がlineationの方向に向かってならんでいる。この事実は母岩の磁気異方性が形状異方性により強く支配されていることを示唆する。

岩脈の磁化の方向から求めたVGPの方向 (153° W, 41° N) は以前に報告されている北アメリカのカンブリア紀の岩石 (主に赤色砂岩) のVGPと全く一致しない。一方、他のグレンビル岩脈から得られたVGPのなかには赤色砂岩のVGPと一致するものもあり、またカンブリア紀の火山性岩石のVGPも一致するものが多い。

岩脈自身は北へ垂直より約 20° 傾いているが、母岩の片麻岩のVGPや岩脈の周りの黒雲母の $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代の非対称的分布などの間接的証拠より地塊の構造地質学的安定性は貫入時より保たれていると考えられる。したがってこの岩脈のVGPと既存のカンブリア紀のVGPとの不一致は、岩脈の磁化が地球磁場が大きな変化 (field excursion) を起こしている時期に獲得されたのではないかということを示唆する。

K12-07 母岩の磁化の及ぼす貫入岩の熱的影響について

西谷 忠師 · 佐々木 聡

秋田大鉱山

THERMAL EFFECTS OF INTRUSIVE ROCKS ON THE REMANENT MAGNETIZATION IN HOST ROCKS

Tadashi NISHITANI and So SASAKI

Institute of Mining Geology, Mining College, Akita University

Thermal effects on the remanent magnetization have been examined. The changes of magnetic properties of a host rock as a function of distance from the contact area between a host rock and an intrusive rock. Samples were collected at Hokake-jima in Oga Peninsula, in Akita prefecture. The host rock is a dacite in Daijima formation in early Miocene. The intrusive rock is a dolerite with 50 cm width. NRM, thermal and alternating field demagnetization, susceptibility and thermomagnetic analysis were performed. Experiments indicates that thermal effects on remanent magnetizations in the ambient host rock are about 20 cm provided that the intrusive rock is 50 cm width.

貫入岩が母岩の磁化に及ぼす熱的影響を調べた。調査を行った場所は男鹿半島南岸に位置する帆掛島である。母岩は中新世初期、台島層最下部の石英安山岩で、貫入岩は粗粒玄武岩である。貫入の規模は幅50cm程度とあまり大きくない。母岩との接触部分からの距離を変えてサンプリングを行った。各試料に対してNRM強度、方向、熱消磁、交流消磁、帯磁率、飽和磁化、キュリー点の測定を行った。

熱消磁による実験では、磁化方向は、母岩と貫入岩の接触部から20cm以内で方向に変化が見られ、5cm以内の試料では、貫入岩による熱の影響を受けていることが分った。接触部に近づくにつれて熱消磁に対する安定性が高くなっていることが認められた。

交流消磁では、熱消磁同様消磁するにつれて母岩方向へ磁化方向が変化した。安定性については特徴が認められなかった。

キュリー点は接触部付近で若干高くなる傾向があった (Fig.1)。帯磁率は接触部付近に近づくにつれて下がる傾向を示した (Fig.2)。実験室内で母岩を加熱して帯磁率を測定して、値が低下することを確かめた。幅50cm程度の貫入岩に対して、古地磁気学的に正確な解析を行うためには少なくとも20cm以上接触部から離れた試料を採集しなければ貫入岩による熱の影響を避けることは出来ないことがわかった。

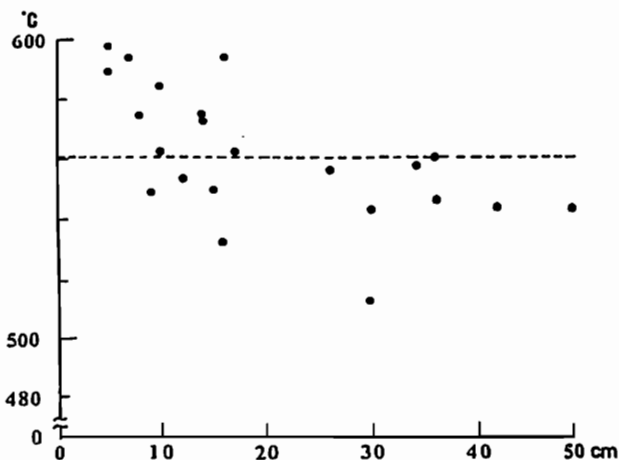


Fig.1 Curie points as a function of a distance from contact zone.

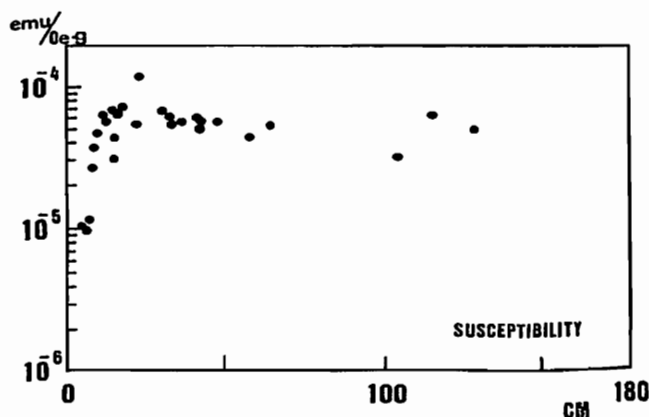


Fig.2 Relationship between susceptibility and a distance from contact zone.

本蔵義守・松島政貴 (東工大理)

**Spatial Dependence of the Declination and Inclination
Inferred from a Model of Geomagnetic Secular Variation**

Y. Honkura and M. Matsushima

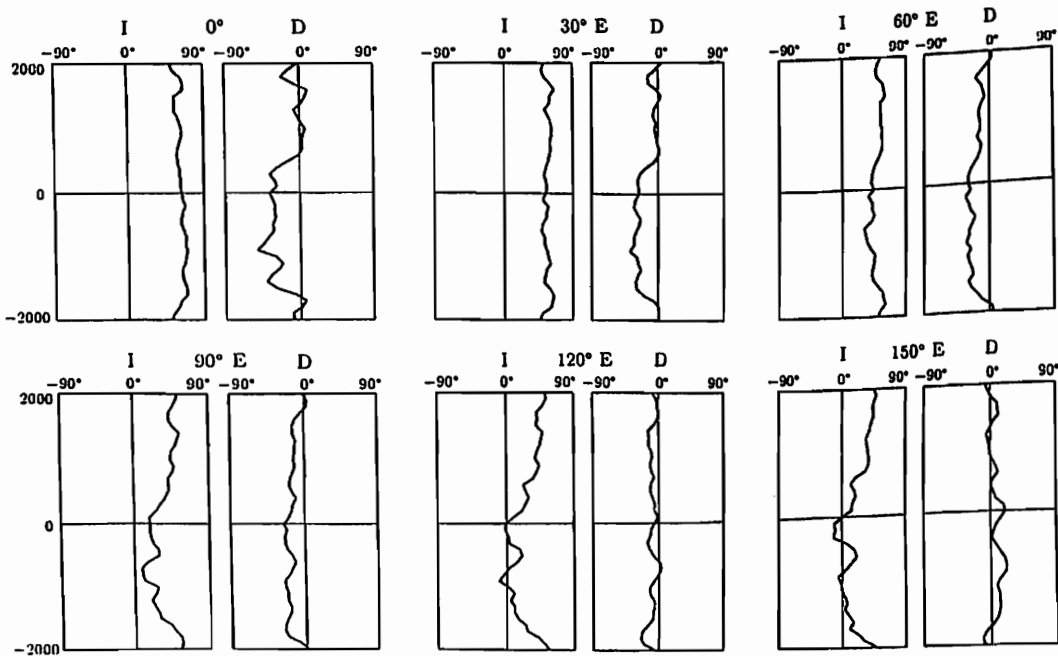
Department of Applied Physics, Tokyo Institute of Technology

We have shown that the non-zonal magnetic fields can be well represented by standing and westward drifting fields with their amplitudes fluctuating with a typical time scale of some hundred years. Secular variation data for the zonal magnetic fields are not sufficient to derive such a fluctuating property, but we attempted to estimate fluctuations even with a data set covering only two hundred years or so. Then we can estimate the declination and inclination at various locations on the Earth's surface.

Fig. 1 shows secular variation curves for the declination and inclination at 0° E, 30° E, 60° E, 90° E, 120° E, and 150° E along 35° N. Contrary to our expectation, characteristic secular variations are lost if locations are separated by 60° in longitude. In our model the drifting fields are as large as the standing fields, but because of incoherent fluctuations such a drifting nature seems to be obscured. This result implies that sedimentary records should be carefully treated when drifting properties are to be estimated.

It is also interesting to note that the inclination sometimes becomes nearly 0° even at 35° N. Such an anomalous behavior is not seen globally but can be found only at a certain longitude range in the case shown in Fig. 1. This seems to indicate an excursion-like behavior which can be found only at a specific location. Obviously such an excursion-like event is not a real excursion but an apparent one due to incoherent fluctuations of various modes of spherical harmonics.

For more detailed discussion, we must apply a deconvolution technique. Then it would be relevant to sedimentary magnetism. As a final comment we point out that the model has been used only to demonstrate a possible example of spatial dependence of secular variations of the declination and inclination with the implication that global secular variation data are required to derive a reliable field model.



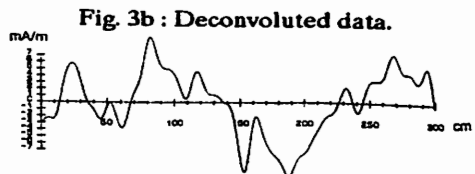
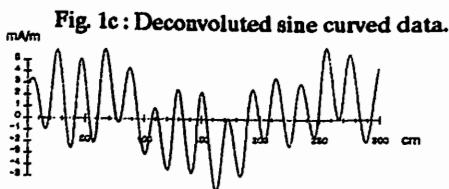
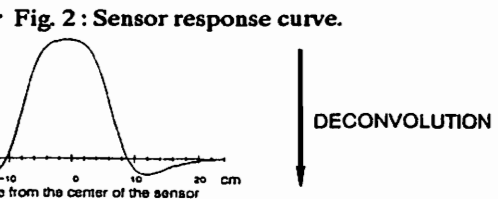
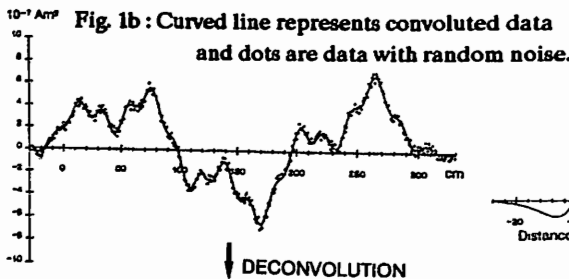
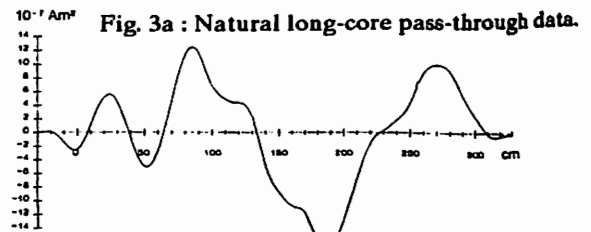
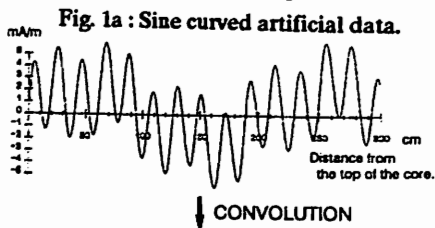
ANALYSIS OF LONG-CORE PASS-THROUGH REMANENT MAGNETIZATION
BY ABIC METHOD

H.Oda*, H.Shibuya**

*Department of Geology and Mineralogy, Faculty of Science, Kyoto University

**Department of Earth Sciences, CIAS, University of Osaka Prefecture

The magnetization data measured by long-core pass-through magnetometer represents the convolution of the magnetizations within a certain range on both sides of each data point and, therefore is not necessarily the same as the remanent magnetization at the very data point. In order to obtain the real remanent magnetization, we have to deconvolute back the measured data. This process is usually carried out by dividing operation in the frequency space. Unfortunately, dividing operation, hence deconvolution process, strongly exaggerates the noise contained at the frequency of small denominator, so it is quite difficult to eliminate the disturbance in measurements. Commonly low-pass filtering is used for eliminating the disturbance (Dodson et al., 1974). But this method has a subjectivity in the selection of the cut-off frequency and filter shape. In order to avoid this uncertainty, we developed an objective method of the deconvolution by matrix calculation with noise filtering using Bayesian statistics. The objectivity of the noise filter is obtained introducing "Akaike's Bayesian Information Criterion" (ABIC) proposed by Akaike (1980). We assumed that the magnetization changes rather continuously. In the Bayesian statistics the smoothness of the data is represented by a parameter (ν). ABIC values are calculated to evaluate the likelihood for several ν values and the ν minimizing the ABIC should be selected for the best estimation of the magnetization. The major advantage of this method is the objectivity of the procedure, namely we will get the data set of maximum likelihood under only one assumption of their smoothness. The data analysis was performed on both the artificial and actual data. The best fitted data pattern was obtained under minimum ABIC value for the artificial sine curved data with random noise. The natural long-core pass-through remanent magnetization data by the cryogenic magnetometer was also made deconvolution and yielded stable noise elimination.



森永速男¹、糸田千鶴¹、村田史之¹、山口覚²、伊勢崎修弘³、後藤博彌⁴、安川克己³¹神戸大自然科学、²帝国女子短大、³神戸大理、⁴神戸大教養PALEOMAGNETISM OF A LAKE-BOTTOM SEDIMENT CORE FROM CH'I-LIN-TS'O
IN CENTRAL TIBET PLATEAUH. MORINAGA¹, C. ITOTA¹, F. MURATA¹, S. YAMAGUCHI², N. ISEZAKI³, H. GOTO⁴, K. YASKAWA³¹The Graduate School of Science and Technology, Kobe university, ²Teikoku Women's Junior college,³Faculty of Science, Kobe University, ⁴College of Liberal Arts and Sciences, Kobe University

With an aim to obtain useful information of paleo-environmental change in Tibet Plateau, three lake-bottom sediment cores were collected from Ch'i-Lin-Ts'o Lake, central Tibet using a pneumatical piston corer. Paleomagnetic results from one of them, whose length was about 3 m, suggested that the sediment is not so magnetically stable, but keeps some significant magnetic signal. Characteristic directions of each specimen were decided from the significant magnetic signal. A variation curve of the paleomagnetic direction was obtained using moving averages of the characteristic directions.

チベット高原における過去数万年の環境変化の研究のために、高原中央部、北緯31° 34' ~ 31° 57'、東経88° 33' ~ 89° 21' に位置する色林錯(Ch'i-Lin-Ts'o)という湖で湖底堆積物コアを採取した。色林錯は海拔約4500mの高さにあり、その湖水面積は1640km²、実測による最大深度は33mで高原で二番目に大きな塩湖である。周囲には丈の低い草の生えた平地と所々に高さ数十mの、先カンブリア紀の石灰岩の小山が分布している。

最長4mまでのコアが採取可能な自己浮上型空気圧入式採泥器を用いて、直径7.5cmの3本の湖底堆積物コアを採取した。湖底表面から約3m下の付近に数mmの小礫を含む含水率の低い緻密な層があり、そこで採泥器の下降が遅られたため、それ以深の位置の堆積物を採取できなかった。ここでは特に、採取された3本のコアのうちの1本(CH8803)で行われた磁化測定の結果を報告する。

コア中央部から連続的に2.2×2.2×2.2cm³のポリカーボネイト製の容器を用いて試料を採取した。段階交流消磁の結果により、この湖の堆積物の残留磁化が弱く(10⁻⁵~10⁻⁷Am²/Kg)、さほど安定でないが、何らかの古地磁気情報の記録となっていることが示された。

15mTまでの低い消磁レベルでは、残留磁化強度の減衰は一様で方向変化もほとんどない。この安定な成分を各試料の持つ古地磁気学的に意味のある方向と考えて良さそうである。しかし、15mTより高い消磁レベルでは強度はほとんど減衰しなくなり、方向のばらつきが大きくなるため、残留磁化そのものはさほど安定とは言えない。

残留磁化強度の弱い部分の隣接する試料間で、偏角値が場合によって30°~40°程度も異なっているが、消磁レベルを上げてその傾向は変わらず、各試料の残留磁化はそれぞれ安定である。残留磁化の強い部分の隣接する試料間で、偏角値は大きくても10°程度の幅で徐々に変化しており、意味のある変化をしているらしい。以上のことは、NRM強度の深さ方向の変化がARMやSIRMの強度のそれと対応することから、この湖の堆積物の古地磁気情報の記録精

度が含有する磁性粒子量に依存していることを示している。

わずかなVRM成分が除去できる8mTから安定な成分が確実に認められる12mTまでの交流消磁後の測定による各試料の方向値を単位ベクトル平均したものを各試料の記録した特徴的方向として採用した(Fig.1)。また、残留磁化強度の弱い試料ほど古地磁気情報の記録精度が悪いこと、またそれによる誤差がランダムであることを仮定して各試料の特徴的方向を7点の移動平均した後の曲線もFig.1に同時に示してある。なお、偏角は相対値である。この曲線は試料の磁気的安定性やこれを求めた過程を考えると、精度の高いものとは言えないが、チベット高原中央部における古地磁気方位の永年変化をある程度反映したものと考えられる。

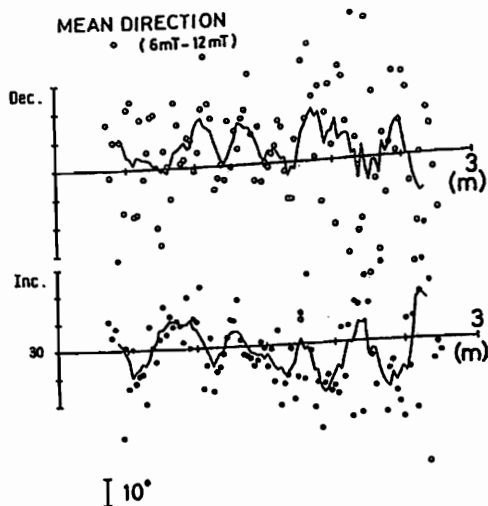


Figure 1 Relative declination and inclination as a function of depth. Mean directions are unit vectorial averages for AP data ranged from 8 mT to 12 mT. Open (closed) circles represent relative declination (inclination) values. Solid lines show seven-point moving averages.

深海底堆積物の磁性鉱物の粒径： (2) 帯磁率周波数依存性

山崎 俊嗣 (地調)

Magnetic Grain Size of Deep-sea Sediments： (2) Frequency Dependence of Susceptibility

Toshitsugu YAMAZAKI (Geol. Surv. Japan)

Changes of the amount of super-paramagnetic grains in sediments can be estimated from frequency dependence of magnetic susceptibility. A study on a pelagic-clay core showed that the frequency dependence is inversely proportional to the logarithm of the mean magnetic-grain diameter determined by the suspension method of Yoshida and Katsura. The frequency dependence of pelagic-clay cores has decreased since at least 3.5Ma, which implies an increase of magnetic grain size since that time. The Origin of pelagic clay is known to be eolian dust. The increase in eolian grain size caused by the late Pliocene global climatic change (intensified atmospheric circulation) can explain the increase of magnetic grain size and unstable-to-stable transition of the remanence of pelagic clay.

遠洋性粘土 (pelagic clay) の磁化は、late Pliocene (3 Ma 前後) を境に、不安定な磁化 (VRM 卓越) から安定な磁化へと変化する。この VRM の獲得を支配しているのは磁性鉱物の粒径であることを Yoshida & Katsura のサスペンション法を用いた磁性鉱物の粒径測定結果から結論し、すでに報告した。今回は、粒径推定の方法として、帯磁率の周波数依存性を用い、サスペンション法による結果との比較する。そして pelagic clay の磁性鉱物の粒径変化の原因について考察する。

帯磁率は、inducing field の周波数に依存する。通常用いられる 1 kHz 前後の周波数では 1 ms 程度の緩和時間を持つ粒子が周波数依存性の原因となるので、これから超常磁性 (SP) 粒子の相対的な量を知ることができる。測定には Bartington MS2 帯磁率計を用い、0.47 kHz (χ_L) と 4.7 kHz (χ_H) の 2 周波数で測定した。

まず、サスペンション法によって粒径測定が行われた pelagic clay コア (南太平洋ベンリン海盆) について、帯磁率周波数依存性を測定し結果を比較した (なお、このコアでは平均粒径と VRM 獲得係数が対数反比例の関係にある)。平均粒径の対数に反比例して周波数依存性が増加している (第 1 図)。これは、平均粒径の減少と共に SP 粒子の割合が増加し、周波数依存性および VRM 獲得係数が増加したものと解釈できる。そして、周波数依存性から pelagic clay の磁性鉱物の粒径変化が推定可能であることがわかる。第 2 図は、古地磁気層序により年代の明らかな pelagic clay コア 2 本を用いて、帯磁率周波数依存性の年代による変化を示したものである。少なくとも 3.5 Ma より現在に向かって磁性鉱物の粒径が増大していると推定できる。

Pelagic clay の起源は、大気中を運搬される eolian 粒子である。また、Late Pliocene は、北極氷床の拡大に伴うグローバルな気候変化 (寒冷化、乾燥化) の起きた時代として知られ、大気循

環の強化により eolian 粒子の粒径の増大が起きたことが知られている。この気候変化は Pelagic clay の磁性鉱物の粒径の増大と、それに伴う不安定磁化から安定な磁化への変化を説明できる。

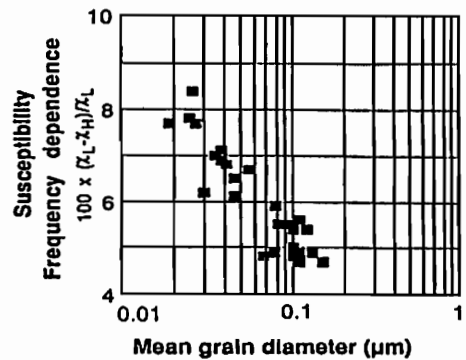


Fig.1 Relation between the frequency dependence of magnetic susceptibility and the mean diameter of magnetic grains determined by the suspension method of Yoshida and Katsura.

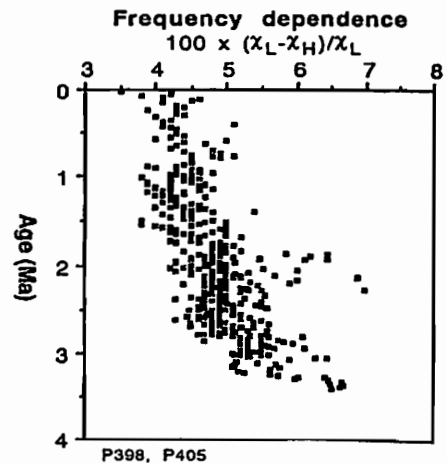


Fig.2 Variation of the frequency dependence of susceptibility with age of pelagic clay.

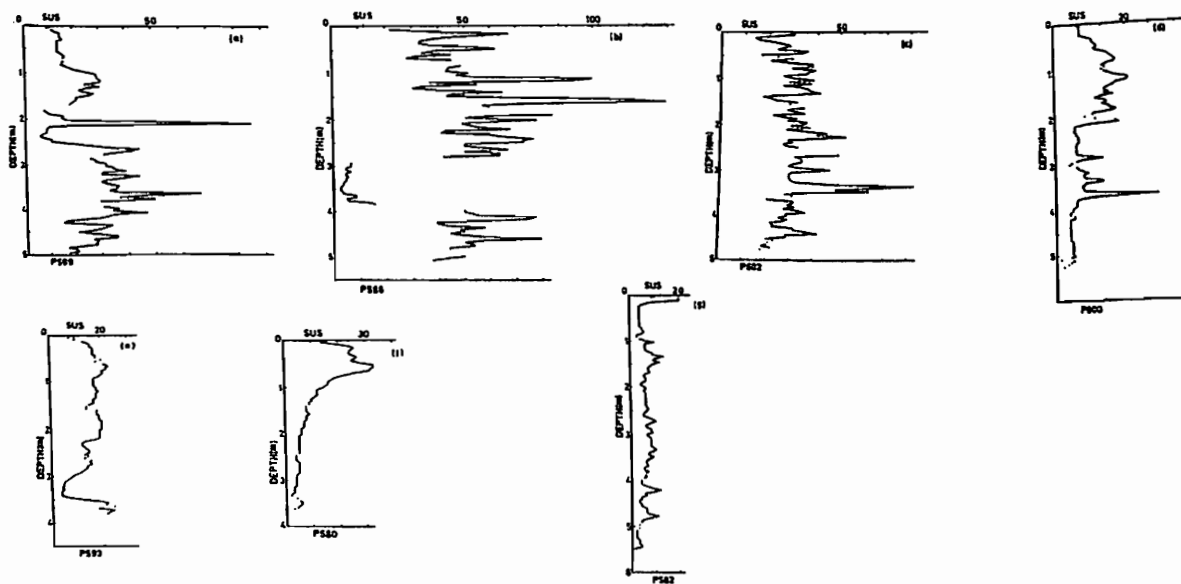
木川 栄一 上嶋正人 山崎俊嗣
 (地質調査所海洋地質部)

MAGNETIC SUSCEPTIBILITY OF SEDIMENT CORES RECOVERED FROM THE EAST MARGIN OF THE JAPAN SEA

Eiichi Kikawa, Masato Joshima, Toshistugu Yamazaki
 (Geological Survey of Japan)

Magnetic susceptibility measurements were made on sediment cores recovered from the east margin of the Japan Sea. Results of the measurements are classified into seven types (a to g types) on the basis of the depth versus susceptibility plots. Fig. 1 shows typical examples of each type. a to c types in Fig. 1 are characterized by their relatively high and dramatic changes of susceptibility values with depth. To be contrary to this, d to g types show relatively low and less changes. We think this is probably because of the difference of the sediment materials. It should be noted that cores showing a to c types are from the area deeper than 2000 meters and those of d to g types are from the area shallower than 2000 meters. This may indicate that 2000 meters depth is a kind of key depth determining the deposited materials in the study area.

GE83-2,4航海において採取された堆積物試料の磁気的性質を調べるために、大口径コアに対して帯磁率測定が行なわれた。測定は英国Bartington社製の帯磁率計を用い、コアスキャンニング用のセンサーにアクリル製のチューブに入ったままの大口径コアを直接通して行なった。測定した結果は詳しく検討することにより、図1(a)-(g)にあるような7種類に分けることができた。(a)から(c)はいずれも帯磁率の起伏が非常に大きいという点で似ているが、細かなパターンが微妙に異なる。それぞれのタイプ毎では、帯磁率の変化のピークとピークなどの対比が可能である。(d)から(g)についても帯磁率の起伏が小さく絶対値も小さいという違いはあるが同様なことがいえる。もっと大雑把に(a)から(c)と(d)から(g)をひとまとめの大きく二つに分けたとすると、前者は水深二千メートル以深に、後者は2000メートル以浅に地域に対応する。この二つのグループでは帯磁率の絶対値も前に述べたように違うのだが、このことの原因としては、堆積物そのものが違うために、含まれる磁性鉱物の量も違っているためであろうと考えられる。



K12-13 浅間山、伊豆大島の最近の噴出物より求めた古地球磁場強度

内村 英雄 田中秀文 河野 長
東工大理

Paleointensities determined from recent ejecta of Asama and Izu-Oshima volcanoes.

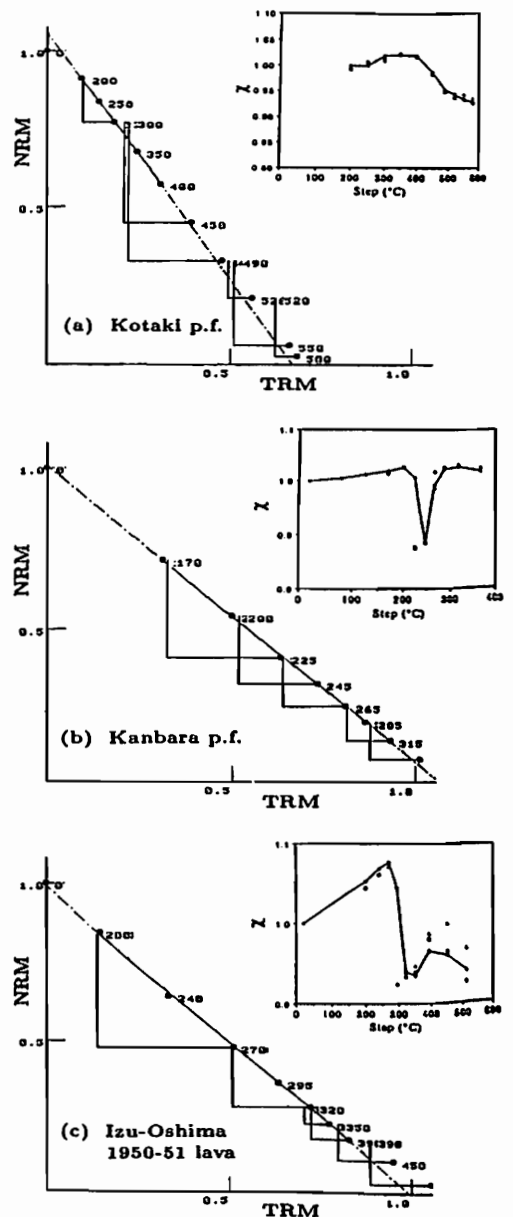
Hideo UCHIMURA Hidefumi TANAKA Masaru KONO
Department of Applied Physics, Tokyo Institute of Technology

Paleointensity determination by the Coe's version of the Thelliers' method was carried out on two pyroclastic flows of Asama volcano (Kambara p.f., 1783 AD; Kotaki p.f., ~2200 yr BP) and two recent lava flows of Izu-Oshima volcano (1950-51; 1986). Consistent values were obtained from Kambara p.f. and Oshima 1950-51 lava, while the others' were rather scattered. It was observed from some results that monitoring the initial susceptibility does not always detect an alteration due to heating.

地球磁場の成因を考える上で、古地球磁場強度の研究は重要な位置を占める。火山岩等から古地球磁場強度を推定する場合、最も有力な方法が Thelliers 法であり、過去においても広く成功をおさめてきた。しかしながら、近年 Thelliers 法の信頼性が問題となっている (Walton, 1988)。その解決の糸口を探るため、最近の火山噴出物について Thelliers 法 (Coe's version) を用い強度を求めることを試みた。尚、加熱は全て窒素ガス雰囲気中で行った。用いた試料は、伊豆大島の 1950-51 年溶岩 (玄武岩)、1986 年溶岩 (玄武岩)、浅間山の鎌原火砕流 (1783 AD)、小滝火砕流 (~2200 yr BP; ^{14}C 年代) 中の本質岩塊 (共に安山岩) である。

Zijderveld 図上での NRM の直線性、PTRM テストの結果、NRM-TRM の直線性、初期帯磁率の変化を規準として、NRM/TRM 比を決定した。結果の一部を下に示す (Arai diagram)。初期帯磁率の変化も共に示した。(a) では、加熱に伴う PTRM 獲得能力の増加がゆるやかに起こるため、ほぼキュリー一点まで直線に見えることが興味深い。初期帯磁率の変化も PTRM 獲得能力の変化と調和的である。しかし、(b)、(c) では帯磁率の変化が PTRM テストの不合格と対応しておらず、加熱に伴う変質は必ずしも初期帯磁率でモニターできるわけではないことを示しているように思われる。伊豆大島 1986 年溶岩の結果は図示していないが、これも良好な結果が得られた。ただし、小滝火砕流 ($90.3 \pm 5.2 \mu\text{T}$; $N=5$)、大島 1986 年溶岩 ($52.7 \pm 2.3 \mu\text{T}$; $N=4$) では、得られる NRM/TRM 比にかなりのばらつきがあり、更なる検討を要する。また、鎌原火砕流からは $46.1 \pm 0.8 \mu\text{T}$ ($N=5$) という値が得られ、Sakai and Hirooka (1986) の同年代の結果と調和的である。しかし、鎌原火砕流の前日に噴出した吾妻火砕流については既に Thelliers 法により強度が求められている (Kono, 1969; $52.2-53.5 \mu\text{T}$; $N=2$) が、こちらとはやや異なる結果となった。大島 1950-51 年溶岩からは、期待値 (Kono, 1978) とよく一致する結果 ($48.6 \pm 0.8 \mu\text{T}$; $N=4$) が得られた。

Fig. : Results of Thelliers' experiment (Arai diagram), and the change of initial susceptibility (normalized by initial measurement).



K12-14 火砕流本質岩塊から求めたテリエ法による1万年から4万年前の古地球磁場強度

橋 常実, 大塚 彰久, 田中 秀文, 河野 長
東工大理

Paleointensities during 10,000 ~ 40,000 yBP determined by the Thellier's method from essential blocks in pyroclastic flows

Tsunemi TACHIBANA, Akihisa OHTSUKA, Hidefumi TANAKA, and Masaru KONO
Dept. of Applied Physics, Tokyo Institute of Technology

Four paleointensities were determined from pyroclastic flows of Eniwa-dake and Kuttara Volcanoes in Hokkaido, and Daisen Volcanoes in Tottori. The ^{14}C ages and paleointensities determined for these flows are: Eniwa-dake, 13,100~15,000yBP, $34.8\mu\text{T}$; Eniwa-dake, 30,400~31,900yBP, $47.4\mu\text{T}$; Kuttara Volcanoes, $\approx 42,000\text{yBP}$, $89.0\mu\text{T}$; Daisen Volcanoes, 20,000~21,000yBP, $17.6\mu\text{T}$. These results include both high and low paleointensities, and is in conflict with the conclusion of McElhinny and Senanayake(1982) that paleointensity was relatively small for the period before 10,000 yBP.

地球磁場の本質的なふるまいを理解するためには、長期に渡る地球磁場のデータを得ることが必要である。そのためには、最近 150 年程度の直接観測によるデータではまったく不足で、古地磁気学による間接測定の結果が重要となる。しかし、地磁気の方向変化がかなり古い時代まで詳しく調べられているのに対して、地磁気の強度変化は、1 万年前よりも古い時代のデータが非常に少ない。そこで、北海道の恵庭岳・倶多楽湖周辺と鳥取の大山付近の 1 万年から 4 万年前 (^{14}C 法により決定されている) の火山噴出物を採取し、テリエ法を用いて古地球磁場強度を求めた。

試料の選択については、NRM 方向の揃っているサイトが、火砕流形成時の温度が十分高く本質岩塊に熱残留磁化が保持されているものとみなして、磁場強度測定用のサイトとして選んだ。このサイトの中から平均の方向に近い方向を持つコア 5 個を取り出して、テリエ法によって磁場強度を求めた。テリエ法の実験を行なうに当たっては、適宜 PTRM テストを行なって岩石試料の磁気鉱物に化学変化が起こっていないかをチェックした。PTRM テストに合格したコアについて、Zijderveld diagram や帯磁率の変化などを参考にし、粘性残留磁化 (VRM) と思われる二次磁化成分を含むステップや、加熱による鉱物の化学変化に起因する化学残留磁化 (CRM) の影響を

受けているステップを除いて、Arai diagram の傾きを計算して磁場強度を求めた。(図 1、図 2 参照)

この実験で、4 個の信頼できる古地球磁場強度のデータが得られた。この結果を McElhinny and Senanayake (1982) によってまとめられた磁場強度変化のに付け加えると図 3 のようになる。図 3 によると、長期的には磁場強度は、9 千年前にあるといわれている極大値 (Tanaka, 1989) から 2 万年前までは減少しているらしい。しかし、それ以前には磁場強度が大きい時代もあったことを新しいデータが示している。McElhinny and Senanayake (1982) は 1 万年より古い時代は、磁場強度は一様に小さかったと主張しているが、図 5 によると極大値が存在した可能性があると考えられる。

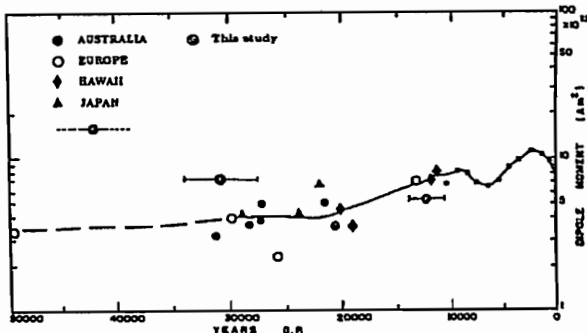


Fig. 3 The result of dipole moment obtained from paleointensity data for the last 50,000 years.

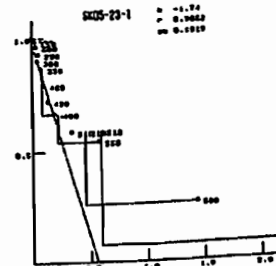


Fig. 1 An example of Arai diagram for a specimen from Kuttara Volcanoes

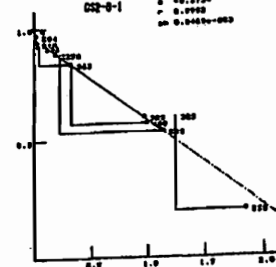


Fig. 2 An example of Arai diagram for a specimen from Daisen Volcanoes

大振幅電磁波放射に対する宇宙プラズマの非線形応答の 計算機実験

矢代 裕之 松本 紘 大村 善治
京都大学超高層電波研究センター

Computer experiments on the nonlinear response of space plasma
to an intense EM wave

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

In order to predict possible ionospheric plasma response to the future SPS microwave energy beam, we have studied nonlinear interactions between intense EM waves and a magnetized plasma by computer experiments. We use an open boundary model. A steady HF current source is applied at the edge of the model to transmit an intense EM wave. We will present three main results: (1) Nonlinear ES plasma wave excitation, (2) Plasma heating due to ES wave damping, and (3) Subharmonic resonance excited by extremely large amplitude EM wave.

近未来に達成されるべき新しいエネルギー入手方法であるSPS(太陽発電衛星)を想定し、電離層プラズマ中に大振幅マイクロ波を放射して、そのときに引き起こされる非線形現象を観測することを目的に1983年、MINIXロケット実験が行われた。この結果マイクロ波放射時には、特に電子サイクロトロン波の1/2の奇数倍周波数や電子プラズマ波が強く励起されることがわかった。

そこで我々はこれら静電波の発生の機構や、大振幅マイクロ波が起因するその他の諸現象を解明するため、我がグループの電磁粒子コード(KEMPO)を用いて計算機実験を行ってきた。今回用いた計算機実験のモデルは空間依存性を認めた自由境界モデルを使用した。SPSやMINIXロケット実験により近い状況を設定するため、ある地点において電流を連続励振することによって電磁波を放射し続けてその後の諸現象を観測した¹⁾。今回発表するのは1次元モデルの垂直伝搬及び平行伝搬の解析結果である。

実際に計算機実験を行った結果、従来の周期境界モデルを用いた計算機実験²⁾と同様、非線形波動-波動相互作用(三波共鳴)により垂直伝搬モデルからは静電電子サイクロトロン波、平行伝搬モデルからは電子プラズマ波(Fig.1)が励起されるのを確認した。またこれら静電波はその成長の過程でプラズマを加熱し、やがて減衰していくことが示された。これは静電波の位相速度が遅く、粒子に直接エネルギーを与えて加熱し、その結果三波の共鳴関係が崩れて静電波が減衰したものと考えられる。またその空間構造も明らかになった。すなわち静電波発生の場所やプラズマ加熱の起こる場所は電流励振付近であることが確かめられた。これは従来とは異なり、自由境界モデルを用いて境界値問題を扱ったことにより明らかになったことである。

また非常に強い電磁波(外部磁場程度の磁界を持つ電磁波)を放射した場合、その観測に対しておよそ3倍の波長を持つ低周波の発振が観測された(Fig.2)。これは分周共振(subharmonic resonance)と呼ばれる非線形現象ではないかと思われる。この波動の発生機構などについても当日議論する予定である。

参考文献

- [1] 矢代 裕之 京都大学特別研究報告書
- [2] 橋野 他、第84~87回SGEPPS、講演予稿集

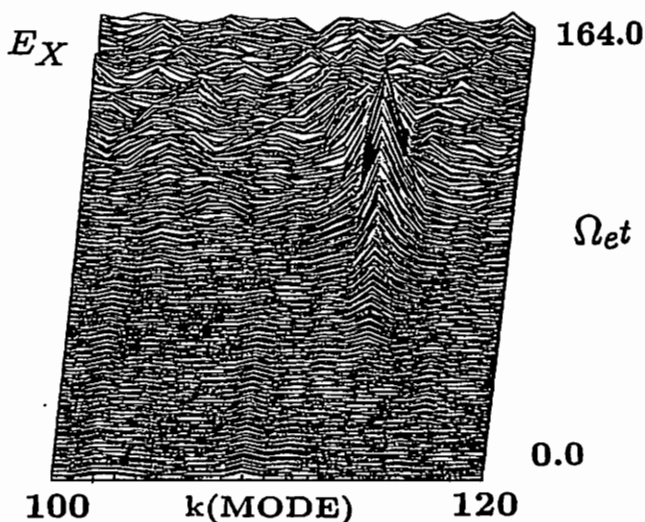


Fig. 1: K-spectra time evolution of electron plasma wave generated by three wave mode coupling.

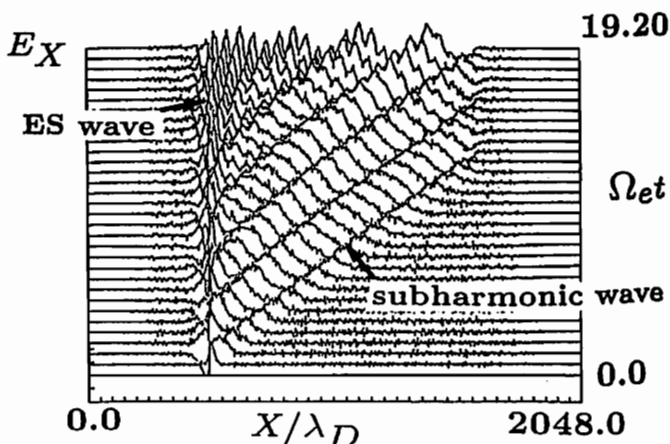


Fig. 2: Time evolution of 1/3 subharmonic wave.

改良型 LTS コードを用いた計算機実験による VLF トリガード・エミッションの研究

中山 稔啓 大村 善治 松本 紘
京都大学超高層電波研究センター

A study of VLF triggered emission with the revised LTS code

Toshihiro NAKAYANA Yoshiharu OMURA Hiroshi MATSUMOTO
Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University

We have studied VLF triggered emissions with the LTS(Long Time Scale) Code. In this code, the VLF whistler mode wave, treated as a monochromatic wave, propagates parallel to the geomagnetic field line and interacts with counterstreaming resonant electrons. We have made a number of revision to the LTS code. We investigate the mechanism of VLF triggered emission which show a gradual frequency change. We present the results of the computer simulations which show several features of VLF triggered emission.

VLF トリガード・エミッションは、その発見以来非常に長い間研究されているにも関わらず、いまだにその発生機構のメカニズムは、定量的に説明されていない。その説明を困難にしている一つの大きな要素は、波と相互作用を起こす粒子(おもに電子)の運動方程式が非線形であると言うことである。このため、京都大学超高層電波研究センターでは、早くから計算機実験と言う手法によりその理論的解明を目指してきた。その中で、LTS コードは数々の成果を納めてきた [1] が、VLF トリガード・エミッションの大きな特徴である大幅な周波数変化を説明する理論を支えるための計算機実験の結果が得られているとは言い難い。そこで、従来の LTS コードの問題点を明らかにして、大幅な周波数変化を得ることを可能とするように改良を施した。

その問題点の一つは、波の位相を決定する際に波の連続性を仮定していたことにある。そのため、局所的な周波数の大幅な変化が抑えられていたが、今回は、その仮定を外し局所的に波の周波数変化を決定できるようにした。

二番目に、粒子の速度分布の広がり非常に小さかったことにある。そこで今回、計算機の能力が上がったことにより、実際の宇宙空間の速度分布に近づけて計算機実験を行った。

三番目に、このコードでは VLF 波を単色波として扱っているので、共鳴粒子から波に移ったエネルギーが拡散することなくそのまま波に残ってしまう。この結果、波のエネルギーが大きくなりすぎて、粒子の分布関数を大きく崩してしまう。

これらの問題点に対して改良を施した後、エミッションとパルス長との依存性、及び、振幅強度との依存性など、VLF トリガード・エミッションの諸特性を説明する計算機実験の結果を示し、その考察を発表する。

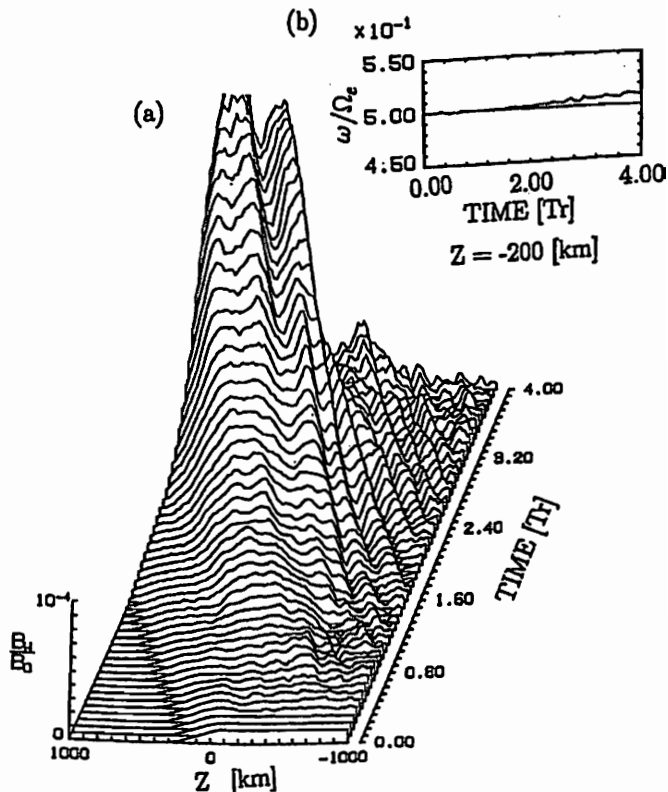


Fig. 1: (a) Time evolution of a whistler mode wave amplitude B_w . (b) Sweeping of the whistler wave frequency near the equatorial plane.

参考文献

- [1] 大村 善治, Ph.D thesis, Kyoto University.1985

大村 善治 松本 紘
京都大学超高層電波研究センター

Electromagnetic Particle Simulations in a Nonuniform Magnetic Field

Yoshiharu Omura Hiroshi MATSUMOTO
Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University

We present a simulation technique to apply the one-dimensional electromagnetic particle code (KEMPO1) to the study of wave-particle interactions in a nonuniform magnetic field. The KEMPO1 is readily modified to incorporate the effect of the nonuniform magnetic field. As an application of the code, we can study whistler mode wave-particle interaction associated with the VLF triggered emissions where particle diffusion by electrostatic waves and effects of the nonuniform magnetic field are important.

1次元の電磁粒子コードでは、一般的には非一様磁場モデルを扱うことは出来ない。これは、 $\text{div} B = 0$ により、1次元 (x 方向)であるかぎり磁場は $B_x = \text{const.}$ となるからである。しかし、極域の粒子加速や、VLFトリガードエミッションの周波数変動ように磁場の非一様性が本質的な役割を果たしている物理現象は少なくない。そこで、1次元の電磁粒子コードに非一様磁場の効果を取り入れる方法について論じる。

円筒座標系を想定し、磁場は軸対象であると仮定する。垂直方向の磁場 B_{\perp} は以下の様に、ラーマー半径すなわち粒子の垂直速度 v_{\perp} に比例する形に表される。

$$B_{\perp} = -\frac{v_{\perp}}{2\Omega_c} \frac{\partial B_x}{\partial x} \quad (1)$$

従って、基本的には、この垂直磁場 B_{\perp} および平行磁場 B_x の和を粒子に作用する磁場として運動方程式を解けばよいのである。

このコードのテストランの一例としてミラー磁場のもとに、電子ビームと背景イオンを初期値として与えて実行した場合の粒子の位相ダイアグラムと電荷密度、静電場、静電ポテンシャルの図を示す。このテストランでは、長時間にわたってシステムの全エネルギーが保存されていることが確認出来た。

このコードを用いることにより、ミラー磁場中におけるホイッスラーモード波動粒子相互作用の計算機実験を行うことが出来る。ホイッスラーモード波動粒子相互作用の計算機実験としてはLTSコードを用いて行われてきているが、LTSコードでは静電波の影響が無視されておりまた単色波しか扱えない等の制約があるため、本コードによる取扱いが重要になる。LTSコードと異なり、本格的な計算機実験を行うには膨大な計算時間とメモリーを必要とするが、最近の計算機能力の進歩に期待したい。

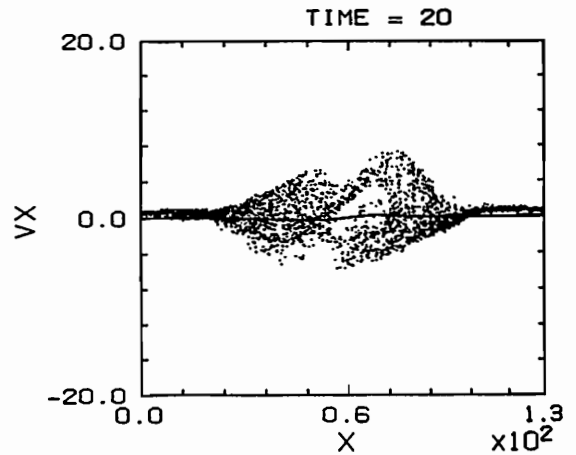


Fig. 1: The phase diagram in the $x - v_x$ space for a simulation in a nonuniform magnetic field of the mirror configuration.

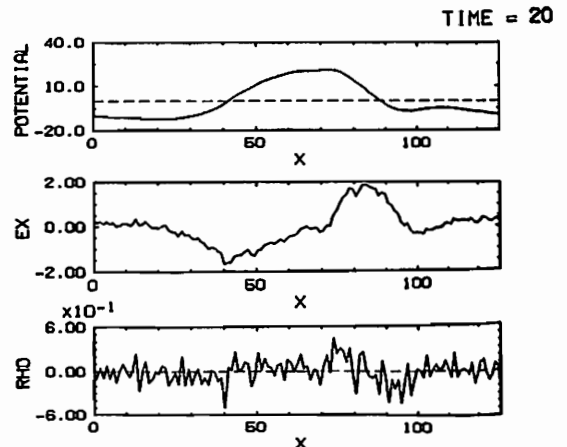


Fig. 2: The spatial profile of the charge density, electric field and potential corresponding to the phase diagram in Fig. 1.

STUDY OF
NONLINEAR WAVE-WAVE-PARTICLE INTERACTIONS
INDUCED BY INTENSE ELECTROMAGNETIC WAVE
IN SPACE PLASMA

Hiroshi MATSUMOTO

Yoshitaka HASHINO

Yoshiharu OMURA

Hisashi HIRATA

Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University

In the data of our previous rocket active experiment MINIX, we found that a strong microwave beam ($E \approx 200V/m$) excites both electron cyclotron harmonic waves (ECHW) and Langmuir waves (LW) via nonlinear wave-wave interactions. An interesting apparent contradiction with the conventional theory features was revealed in the experimental results. One is that the intensity of the ECHW was higher than that of the LW. This contradicts with the theoretical prediction that the growth rate of the nonlinear excitation of the LW is much higher than that of the ECHW in the ionosphere. The other is that spectra of LW are not "line spectra", but "broad spectra". If the excitation of these waves is attributed to the nonlinear parametric instability of the monochromatic microwave, then the simple theory of three wave coupling predicts the resultant spectra of the excited waves have a form of line spectra. In the present study, we give a physical interpretation of the experimental facts with the aid of the computer experiments using our KEMPO code.

1983年、宇宙プラズマと大電力マイクロ波との非線形波動-波動-粒子相互作用の研究のためにロケット実験MINIXが行われた。その結果、大電力マイクロ波が電離層プラズマ中では電子サイクロトロン高調波とラングミュア波を励起することが明らかにされた (Fig.1)。Fig.1に示される波動スペクトルから、以下に挙げる2つの注目すべき結果が得られた。

- (1) 非線形波動-波動相互作用理論ではラングミュア波の方が電子サイクロトロン高調波よりも高い初期成長率を持つ事が示される。しかし、励起された波動の電界強度は電子サイクロトロン高調波の方がラングミュア波よりも高い。
- (2) 同理論では励起される電子サイクロトロン高調波やラングミュア波は狭い幅のスペクトルを持つ筈であるが、観測されたラングミュア波は広い幅のスペクトルを持っていた。

これらのロケット実験の結果を解明するために、一次元電磁粒子コードを用いた計算機実験をこれまでに行い、波動方程式からモード結合方程式を導き理論的評価を加えた。

計算機実験の結果を Fig.2 に示す。ECHW および LW の初期成長率は理論値と一致し、LW の成長率は ECHW より大きい。また ECHW の飽和レベルは LW の飽和振幅より大きい。この結果はロケット実験の結果 (1) と一致した。LW が低いレベルで飽和する原因は非線形的に励起されるラングミュア波がプラズマを加熱し、それが翻って LW の分散関係を大きく変化させ、元々の非線形三波相互作用の共鳴条件を破り、高い成長率を持って励起されても短時間で入力マイクロ波からのエネルギーの流入が止まることが明らかにされた。さらに、波動の分散の変化に伴って、共鳴条件を満たす励起波の周波数が、高い方にシフトするためにプラズマ周波数よりも高い、しかも広い幅を持ったスペクトルを持つことがわかり、ロケット実験の結果 (2) が解釈できた。

ラングミュア波に対し、電子サイクロトロン高調波は、プラズマ加熱による分散の変化が小さいために、逆に成長率は低いにもかかわらず高い電界強度まで成長し、波動スペクトルも比較的狭いものとなる。同時に、電子サイクロトロン高調波に伴って成長する後進波の電磁波も強く励起されるので、その電磁波が次の入力波となって次々に異なる波数を持つ波動を励起するという逆カスケード現象も見られ、ロケット実験では得られない物理過程の詳細も明らかにされた。

当日は理論式を用いての定量解析も加えて議論する。今回の一連の計算機実験と関係する理論解析により、MINIXロケット実験で得られた結果がほぼ説明され宇宙太陽発電所のマイクロ波エネルギービームが与える電離層プラズマへの影響の研究がかなり定量的に進んだ。

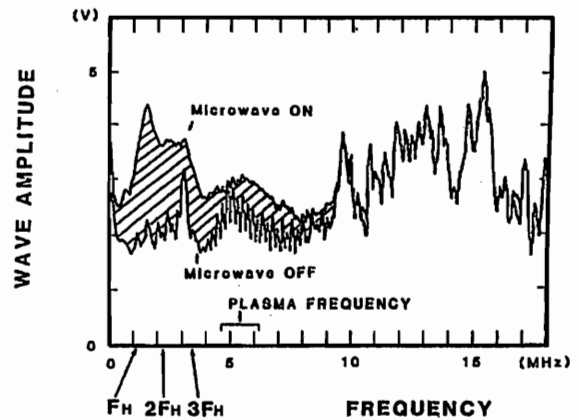


Fig. 1: Spectrum of excited plasma waves observed in active experiment MINIX

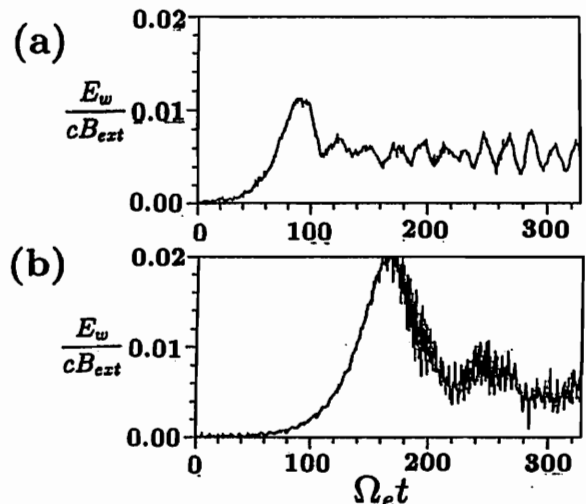


Fig. 2: Time evolution of excited plasma waves in computer experiments; (a) Langmuir Wave, (b) Electron cyclotron harmonic wave

参考文献

- [1] 平田 他、第 84 回 SGEPPS、講演予稿集。
- [2] 橋野 他、第 84 回 ~ 第 86 回 SGEPPS、講演予稿集。

イオンビームによる波動不安定性の非線形発展

小嶋 浩嗣¹ 松本 紘¹ 大村 善治¹ B. T. Tsurutani²

1. 京都大学 超高層電波研究センター

2. カリフォルニア工科大学 ジェット推進研究所

Nonlinear Evolution of Wave Instabilities caused by Ion Beams

Hirotsugu Kojima¹ Hiroshi Matsumoto¹ Yoshiharu Omura¹ B. T. Tsurutani²

1. Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University

2. Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology

Several 1D computer experiments are performed using the electromagnetic hybrid code. We focus on the nonlinear evolution of wave instabilities caused by ion beams in the oblique wave propagation. Ion beams with super Alfvén velocities can excite the magnetosonic waves. Since the magnetosonic waves are compressional, these excited waves begin to be steepened. We show that the excited waves get to be steepened and that whistler wave packets are generated at the edge of the steepened waves. These wave packets have the purely circular polarization. These results of our computer experiments agree well with those of observations in the foreshock of the earth and near the comet Giacobini-Zinner. In this presentation, we survey the parametric dependence of the nonlinear evolution of wave instabilities and try to explain the formation mechanism of the steepened waves associated with whistler wave packets.

イオンビームによる波動不安定性は、太陽風中での He⁺ のピックアップ過程の問題や地球ショック前面でのイオンの反射の問題など様々な領域で問題となるものである。最近では、彗星イオンと太陽風との相互作用の問題が各国の彗星探査をきっかけに盛んに行なわれた。これらの探査の中でも特に、米国の衛星 ICE は地球ショック前面でも観測されたものとまったく同様な高周波の波束をともなった鋸歯状波を観測し、注目された¹⁾。

我々のグループではこれまで彗星イオンビームによる波動不安定性について計算機実験を用い解析を行なってきた²⁾。そして、最も優勢になる波は斜め伝搬であることを明らかにした。斜め伝搬波は圧縮性の波であり鋸歯状波に発展しやすい。初期に波を人工的に与える方法を用いた計算機実験ではこの事実は既に確認されており、観測結果の説明が試みられている^{3), 4)}。

そこで、今回我々はビーム不安定性からスタートさせる 1次元の計算機実験を斜め伝搬波に焦点をあてて行なった。その結果、Fig. 1 に示すような、高周波波束を持った鋸歯状波が形成されることがわかった。しかも、背景プラズマの密度の関係から鋸歯状波は圧縮性であるが、高周波波束は非圧縮性であり、また、偏波に関しても、鋸歯状波が直線偏波、高周波波束がきれいな右回り円偏波をしていることがわかった。

これらの結果は、先に述べた観測結果とよく一致しており、そのパラメータ依存性や物理機構を解明することは、イオンビームによる波動不安定性の本質的な理解につながり、彗星に限らず様々な領域での物理現象に適用できることになる。

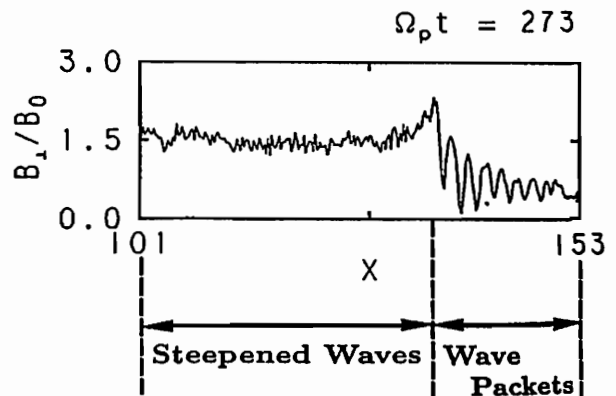


Fig. 1: Snapshot of the wave form of B_{\perp} .

参考文献

- [1] Tsurutani, B. T. and E. J. Smith, *Geophys. Res. Lett.*, **13**, 263, 1986.
- [2] 小嶋 他、第 81~第 85 回 SGEPPS、講演予稿集。
- [3] Hada, T. et al., *J. Geophys. Res.*, **92**, 7723, 1987.
- [4] Omid, N., and D. Winske, *Geophys. Res. Lett.*, **15**, 1303, 1988.

プラズマ・カオスの計算機実験 (II)

臼井 義比古 松本 紘 大村 善治
 京都大学超高層電波研究センター

Computer experiments of plasma chaos (II)

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

Chaos is believed to exist widely in nature. We are interested in the chaotic behavior in space plasmas. We intend to study chaotic solutions to the set of Maxwell equations with the aid of computer experiments. First, we checked chaotic behavior in a Pierce diode with several parameters. Pierce diode has a highly conductive wall in its both sides, which makes it possible to lead to one of the well-known examples of plasma chaos under some limited condition. [Godfrey,1987] We have conducted an electrostatic fluid simulation, and obtained similar chaotic solutions as Godfrey's. However the chaotic behavior we thus have obtained is not exactly the same as Godfrey's. The difference between Godfrey's and ours may owes to the difference of the difference scheme of method of the simulation and/or initial conditions that are used. We will show the chaotic properties of the Pierce diode with various parameters by several different difference schemes. Furthermore we attempt to study theoretical analysis.

自然のなかにはカオス現象が数多く存在しているが我々が研究の対象としている宇宙プラズマにも多くのカオス現象が存在しているのではないだろうか。

そこで我々はまずカオスについての基本的な理解を深めるためにピアスダイオードを一つのモデルに取り計算機実験を行なった。ピアスダイオードとは2枚の電極の間にプラズマを閉じ込めたブレンダイオードで、両端の電極の電位差が0、磁場はなく、この領域に常に一定の速度で電子が飛び込むというものである。[1]の研究によればこの領域内を通過する電子ビームは $L\omega_p/V_0$ (L :領域の長さ、 ω_p :電子プラズマ周波数、 V_0 :電子ビーム速度)が一定値を越えると不安定性をひき起こす。更に、このパラメーター $L\omega_p/V_0$ が或一定値を越えると単純な不安定性ではなく、非周期的かつ不規則的なプラズマ振動(カオス)が見られる事がある。我々も独自に1次元静電流体方程式を解き様々なパラメーター $L\omega_p/V_0$ に対して数値計算を行いカオス現象の存在を確認することができた。しかし得られたカオス解は[1]の結果と完全には一致しなかった。検討の結果この違いは、カオスが差分方法、初期値等に微妙に依存する為と考えられる。我々は様々な差分法、初期値に対して数値計算を行い結果を比較検討しそのメカニズムの解明を試みる。今後は磁場の効果を考慮にいたした場合の電子ビーム、イオンビームが関係する現象への適用の基礎研究とする。

参考文献

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

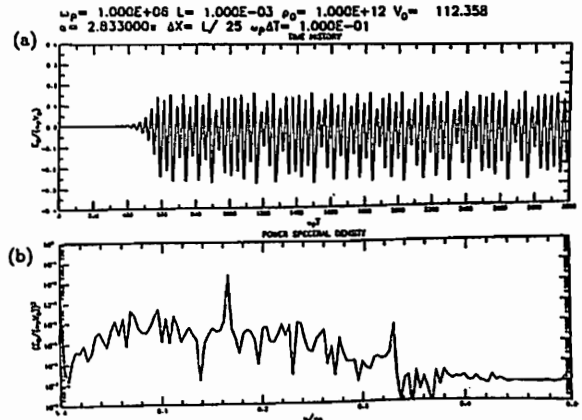


Fig. 1: Time history of strange attractor in a Pierce diode(a), and its power spectrum(b).

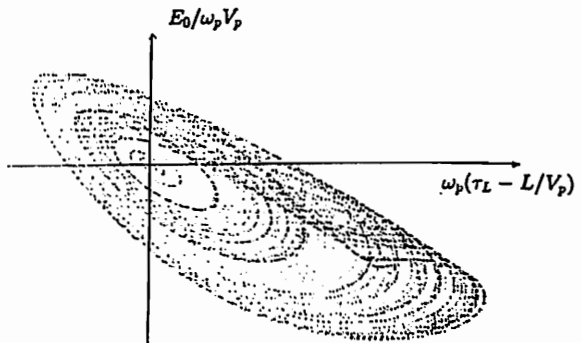


Fig. 2: Chaos attractor in a Pierce diode.(Numerical solution) E_0 : electric field at upstream electrode ; τ_L : time needed for electron to travel from the upstream electrode to position L (downstream electrode).

宇宙空間における磁気流体波のパラメトリック不安定性

羽田 亨・E. Mjølhus
(九州大学) (トロムソ大学)

PARAMETRIC INSTABILITIES OF HYDROMAGNETIC WAVES IN SPACE PLASMAS

by

T. Hada (Kyushu Univ.) and E. Mjølhus (Univ. of Trømsø)

Due to their large amplitude, hydromagnetic waves in space are subject to several different nonlinear instabilities, including the modulational instability in which the wave coupling occurs within the same mode. We report here an analysis that removes an assumption of 1-spatial dimension, i.e., all the waves propagate parallel to the field, which has always been used in the past. Equations considered are shown below. Our result predicts an unstable coupling between parallel and oblique waves, and "diffusion" of wave power in the wave vector space.

宇宙空間プラズマ中に存在する磁気流体波に關しては、その生成機構、伝播過程などについて観測・理論面から多くの研究が成された。中でも我々に特に興味があるのは、波動が有限域中（卓際にはかたはりの大域中）であることに由来する様々な非線形過程である。

今回の論文では、磁気流体波が同じモード間で波動-波動相互作用を行ない発展して行く自己変調不安定性について報告する。この不安定性は、アルファウエーブに對しては1970年代からその存在が知られていたが(1)、現在までのところ、全ての磁気流体波がDC磁場と平行方向に伝播する1次元問題として扱われてきた。しかし実際には3次元の宇宙空間に於ては、波動の発展も3次元的であると予想される。

この考えに基づき、筆者達は磁気流体波の3次元発展を記述する方程式

$$\frac{\partial \vec{q}}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} [(19^2 + 2A)\vec{q}] - \vec{\nabla}_{\perp} (19^2 + 2A) + \hat{e}_x \times \frac{\partial}{\partial x_2} \vec{q} = \vec{0} \quad (*)$$

$$\frac{\partial A}{\partial x} + \vec{\nabla}_{\perp} \cdot \vec{q} = 0$$

の解析を行なった(2)。ここには \vec{q} は波動の磁場ベクトル(横波の部分)、 A は波動の磁場の縦波成分、 \hat{e}_x は進行方向である x 軸に平行な単位ベクトル、 $\vec{\nabla}_{\perp}$ は y, z 方向成分の微分作用素である。(*)ではバー α 値算のプラズマ量が現れたいは \vec{q} は規格化を行なった。解析の結果、○自己変調不安定性により波動が3次元的に発展して行く、つまり波動間相互作用により斜め伝播の波が生成される、○平行伝播では安定なプラズマ条件で、斜め方向には不安定となり得る、ことが結論された。波動方程式(*)のコンピュータ・シミュレーションも現在進行中であり、論文ではその結果も報告する予定である。

磁気流体波に關するもう一つの重要な波動間相互作用である筋境不安定性に於ても、発展の3次元性が指摘された(3)。宇宙空間プラズマ中の磁気流体波は、当初平行伝播を成すことも、筋境の経過と共に波数空間内で"拡散"し、broadなスペクトルを作り出すことが予想される。

Ref: 1. Rogister, A., Phys. Fluids, 14, 2733, 1971.
Mjølhus, E., Report #48, Dept. Applied Math, Univ of Bergen, 1974.
2. Mjølhus, E., and T. Hada, submitted to J. Plasma Phys, 1989.
3. Hada, T., and M. Longtin, submitted to Phys. Fluids, 1989.

K31-08 磁気音波とイオンとのサブハーモニクス共鳴

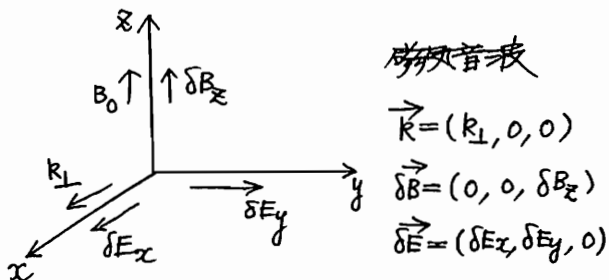
南部 充彦, 羽田 亨, 寺沢 敏夫
(九大教養) (京大理)

CONDITION OF CYCLOTRON SUBHARMONIC RESONANCE BETWEEN IONS
AND MAGNETOSONIC WAVES

Mitsuhiro Nambu, Tohru Hada, Toshio Terasawa
(Kyushu University) (Kyoto University)

We obtain a condition of cyclotron subharmonic resonance between ions and magnetosonic waves propagating perpendicular to the background magnetic field, B_0 . This resonant interaction occurs from the resonance between the ions cyclotron motion and the magnetic field modulation due to the magnetosonic wave field. The condition is $n\omega = m\Omega$, here ω , Ω are the magnetosonic wave frequency, ion cyclotron frequency and n, m are integers.

一様磁場中の粒子と波の共鳴は磁力線方向の電場とのランダウ共鳴 ($\omega = k_{\parallel} v_{\parallel}$) と垂直方向の電場とのサイクロトロン共鳴 ($\omega - k_{\perp} v_{\perp} = m\Omega$, Ω はサイクロトロン周波数) であると考えられて来た。しかるに最近サブハーモニクス共鳴 ($\omega = \Omega/m$) の重要性が示された [1, 2]。ここでは、外磁場に垂直に伝播する磁気音波とイオンの共鳴相互作用の条件を調べる。



磁気音波
 $\vec{k} = (k_{\perp}, 0, 0)$
 $\vec{\delta B} = (0, 0, \delta B_z)$
 $\vec{\delta E} = (\delta E_x, \delta E_y, 0)$

イオンの運動方程式は

$$m\dot{\vec{v}} = q(\delta\vec{E} + \frac{1}{c}\vec{v} \times \vec{B}_0 + \frac{1}{c}\vec{v} \times \delta\vec{B}) \dots (1)$$

に従う。(1)式の形式解は

$$\dot{w} = e^{-ik} \int_0^t e^{ik} \sum_{i=1,2} \alpha_i \cos(\omega t - k_{\perp} x - \beta_i) dt + (v_{0x} + i v_{0y}) e^{-ik} \dots (2)$$

と表す。文献(1)とは異なり、粒子のFLR効果を取り入れてある。(w ≡ v_x + i v_y)

運動方程式の解(2式)を解析するイオンと磁気音波の共鳴相互作用の条件は $n\omega = m\Omega$ (n, m は整数) ... (3) 与えられる事が判る。

ここで n は外磁場 (B_0) の磁気音波 (δB_z) による変調との粒子のサイクロトロン運動の共鳴を表現し、 m はイオンのFLR効果に帰因している。 $m=1$ の場合は文献(1)により予言され、スペースプラズマでの重要性並びに数値計算による検証が文献(2)、それに対するコメント(3)並びに返答(4)が行われている。文献(2)では $n=5$ から $m=2$, $n=7$, $m=2$ の共鳴が示されており、これがFLR効果か、カオスなのかは将来の問題である。

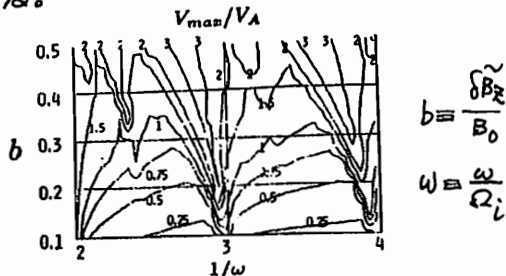


Fig. 2. Maximum velocities acquired by ions during the interval $t < 2000$ for the waves of (ω, b) in the range of $2 < 1/\omega < 4$ and $0.1 < b < 0.5$.

- 1) Smirnov and F. Kamenetskii, JETP 26, 627 (1968)
- 1) T. Terasawa and M. Nambu, GRL 16, 357 (1989)
- 3) Lanzerotti and Hasegawa, GRL (1990)
- 4) Terasawa and Nambu, GRL (1990)

昭和基地近傍の多点観測による極域ULF波動の相関解析

加藤賢一¹ 利根川豊¹ 佐藤夏雄² 坂嶋介³ 内田邦夫²
¹東海大学工学部 ²極地研究所 ³九州大学理学部

COHERENCY ANALYSIS OF ULF WAVES OBSERVED AT MULTIPLE STATIONS
 IN THE VICINITY OF SYOWA

K.Kato¹, Y.Tonegawa¹, N.Sato², O.Saka³, and K.Uchida²

¹Tokai Univ. ²NIPR ³Kyusyu Univ.

In order to examine propagation characteristics of ULF waves in the auroral regions, cross spectral analyses is done for geomagnetic data observed at three stations in Antarctica and a conjugate station in Iceland. The stations in Antarctica are Syowa and two unmanned stations which were installed near Syowa in 1988, one on the inland ice field at 100 km south of Syowa, and the other on the coast at 50 km west of Syowa. The coherency, phase and polarization characteristics among the stations are reported.

1988年10月に、昭和基地近傍で地磁気三成分の無人観測が行なわれた。無人観測点は、昭和基地の南50 kmのスカルスネスと昭和基地の南西約100 kmのH-100の2点である。

今回は、これら南極側3点とその共役点であるアイスランドのフッサフェルの計4点で同時観測された地磁気変動の相関解析と偏波解析を行なった。

主な結果は以下の通りである。

1 各観測間での相関

- 1) 昭和と昭和から50 km離れたスカルスネス間では、時間にかかわらず10 mHz以下では1.0に近い。
- 2) それに対して、昭和と昭和から100 km離れたH-100間では、スペクトルピーク付近でのみCOHERENCYは1.0に近い。
- 3) 昭和とフッサヘル共役点間では、ピーク以外でのCOHERENCYはさらに悪くなる。

2 各観測点間での偏波

- 1) ELLIPTICITYでは、昭和、スカルスネス、H-100の観測点では共に、午前では左回りの波、午後側では右回りの波であり、そして各観測点とも午前と午後では逆転する。
- 2) ORIENTATIONでは、スカルスネス、H-100は午前と午後では逆転するが、昭和に関しては午前と午後では逆転せず、他の2点とは逆になる。
- 3) 昭和とスカルスネスは50 km程しか離れていないが、昭和ではcoast-line-effectの様な、地下構造による影響が局所的にあると考えられる。

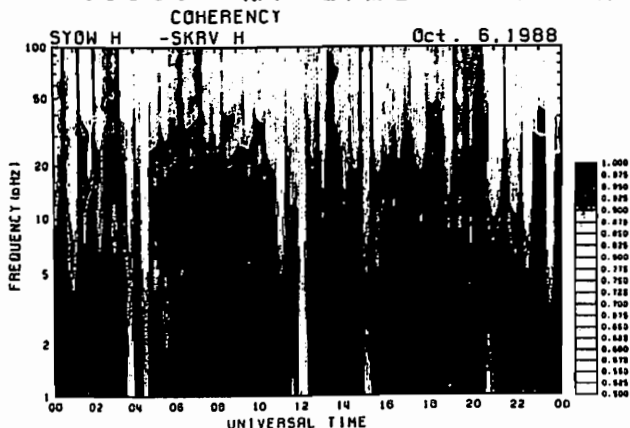


図1. 昭和-スカルスネス間のダイナミックヒーレンス表を例

Simultaneous multi-point ULF observation at the low-latitude stations (Preliminary results)

T.Uwai, F.Fukui, K.Yamaguchi, S.Tsunomura and M.Kuwashima

Kakioka Magnetic Observatory, Kakioka IBARAKI 315-01, Japan

Wave characteristics of ULF phenomena have been studied for more than one hundred years under the name of magnetic pulsations. Especially, the ULF study has been progressed extensively due to improvement both in observational techniques and in theoretical works since IMS period(1976-1979) and succeeding years. However, there are still unresolved problems in the generation mechanism of ULF. Especially, the clarification of the low-latitude ULF wave characteristics is insufficient comparing with that at the higher latitude one, in the auroral region, for example. Kuwashima et al.(1979) suggested the existence of the ULF demarcation line in the area between $L=1.5$ and $L=1.2$ based on the observational results at Memambetsu(MMB) and at Chichijima(CBI) as shown in the figure. The figure shows the diurnal variation of the Pc3 polarization ellips. At MMB, the polarization is left-handed in the morning, while it is right-handed in the afternoon. However, the diurnal variation at CBI is different from that at MMB, suggesting the existence of the demarcation line between the two stations. Recently, Yumoto et al.(1987) proposed a model for the existence of ULF demarcation line in the area of geomagnetic latitude of 22° , which is between MMB($\sim 35^\circ$) and CBI($\sim 18^\circ$). The study by Kuwashima et al.(1979) was carried out based on the analog recording system. Therefore, much time and much manpower were needed to obtain the results shown in the figure.

Recently, we have developed the new-type ULF observing system which makes digital recording at every second in the resolution of 0.01nT. Using those systems, simultaneous ULF observation at MMB and CBI have been carried out since August, 1989. The purpose of the present paper is to present the preliminary results of that observation.

Kuwashima et al.(1979):Memoirs of the Kakioka Mag. Obs., Vol.18, No.1, 1-28.

Yumoto et al.(1987):Memoirs of National Inst. Polar Res. , Vol.47, 139-147.

Fig.1 Geomagnetic location of the low-latitude station

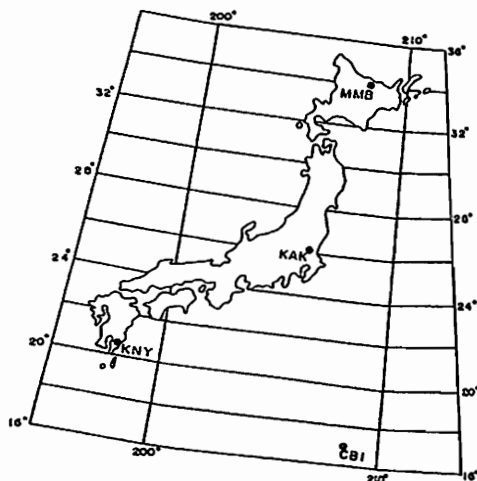
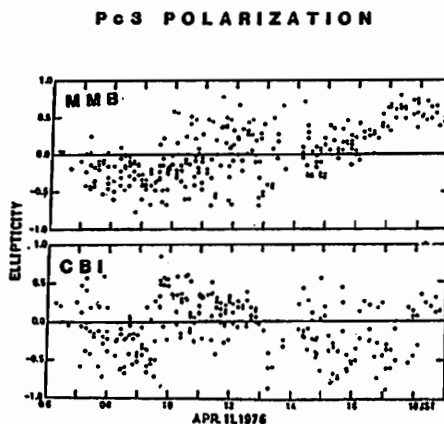


Fig.2 Diurnal variation of Pc3 polarization ellips at MMB and CBI



K31-11

**MAGNETIC PULSATION, Pi 2
OBSERVED ON THE GROUND AND IN THE MAGNETOSPHERE**

**Tohru Sakurai
Dept. Engineering, Tokai University**

We have studied magnetic pulsation, Pi 2 simultaneously observed on the ground and at the satellites in the magnetosphere near $L = \sim 6$. They show an important property of an inconsistent character as described below. At the ground the pulsations are observed with an almost similar waveform having nearly identical period over the widely distributed stations both in latitudes and in longitudes. While, in the magnetosphere they appear as a rather irregular waveform and a very localized character in longitudes near $L = \sim 6$.

We would like to discuss how this apparently longitudinally localized pulsations near $L = \sim 6$ give rise to Pi 2 pulsations with almost identical period on the ground stations in both night and day hemispheres, based on a Pi 2 equivalent ionospheric current.

糸長 雅弘

九州大学中央計数施設

MAXIMUM LIKELIHOOD PARAMETER ESTIMATION
OF EQUATORIAL $Pi2$ PULSATIONS

Masahiro ITONAGA

Computation Center, Kyushu Univ.

Assuming that the observed data of equatorial $Pi2$ magnetic pulsations consist of some wave elements or exponentially damped sinusoids in white Gaussian noise, the exact maximum likelihood estimate of parameters (frequency, damping rate, amplitude, and initial phase) was calculated. The estimate implies that the equatorial $Pi2$ pulsations include worldwide eigenoscillations.

九大グループは、独自に設けた低緯度・赤道域観測網のデータにより、赤道帯ULF波動の性格が高緯度のものと全く異なっていると主張し、特に東西伝播の波数はほぼ0であると結論している。しかし、この結論は各観測地点間の相互相関に基づいており、波動を構成する個々の波素の特性パラメータ（周波数、減衰定数、振幅、初期位相）を決定して得られたものではない。そこで、本研究ではデータは複数の波素で構成されているものとして、それらの特性パラメータを最尤法を用いて推定する。

SN比がある閾値以上であれば、最尤法による推定誤差の分散はCramer-Raoの下界に一致する。しかし、尤度関数は特性パラメータの非線形関数であり、尤度関数を最大にするパラメータを決めるための計算量はかなり大きくなる。さらに、尤度関数は複数の極大点をもつため、局所的な極大値ではなく全域的な最大値に迅速に到達するには、初期値の選び方に格段の工夫が必要となる。ここでは、初期値を求めるのにPHDの改良版を用いた。また、波素の数 M はAIC及びMDLを用いて決定した。

PHD: Pisarenko Harmonic Decomposition

AIC: Akaike Information Criterion

MDL: Minimum Description Length

図1はコロールとワンカヨーのH成分の生のデータの例であり、▲印の部分に $Pi2$ が見られる。これを通過帯域40 - 100秒のフィルタに通したものが図2に示されている。

図2のデータは68個の3秒サンプリング値からなっており、これに最尤法を適用すると、コロールでは $M=7$ 、ワンカヨーでは $M=4$ になった。このとき、卓越した波素の周波数は、コロールでは0.0115Hzと0.0158Hzであり、ワンカヨーでは0.0113Hzと0.0159Hzであった。そこで、この $Pi2$ 現象は、少なくとも2つの周波数成分については、両観測地点に跨がって励起された固有振動であると結論できる。

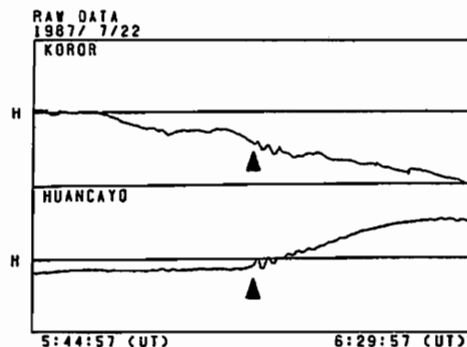


Fig. 1

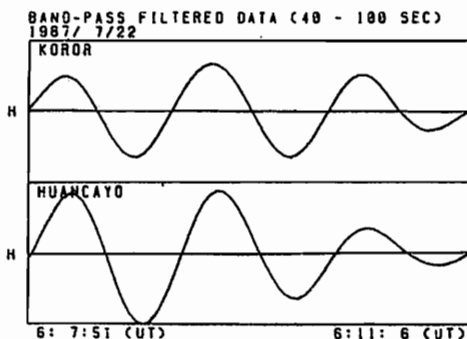


Fig. 2

磁気嵐主相に発生するPc2帯地磁気脈動のスペクトル解析

樋口喜啓 堀川章人 柳 修三
山形大学工学部電気工学科

SPECTRAL ANALYSIS OF Pc 2 OSCILLATIONS OCCURRING DURING A MAIN PHASE OF GEOMAGNETIC STORM

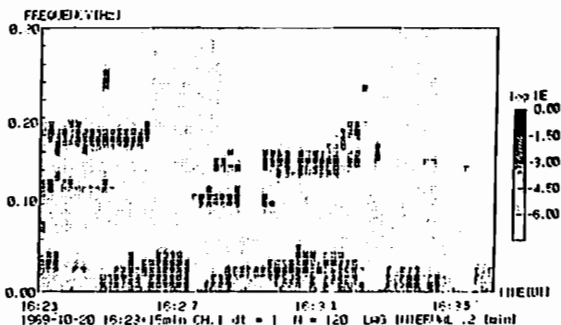
Y. HIGUCHI, A. HORIKAWA, and S. YANAGI
Dept. of Elect. Eng., Yamagata Univ., Yonezawa, Yamagata-ken, 992

Geomagnetic micropulsations in the Pc 2 frequency band were observed at Yonezawa, Yamagata-ken, on Oct. 20 and 21, 1989 during a main phase of geomagnetic storm. As an example, a dynamic power spectral analysis for the interval 1623-1638UT, Oct. 20, was carried out by the maximum entropy and FFT methods. It is suggested that the possible causes of Pc 2 oscillations are ; (1) energetic O⁺ cyclotron resonant amplification (2) bounce resonance of westward drifting ring current protons (3) ionospheric transmission resonance due to a steep upward gradient of Alfvén velocity.

1. はじめに 周波数が5 Hz以下の周期的な地球磁界の変動は、地磁気脈動現象と総称され、その発生や伝搬機構について多くの研究が蓄積されてきている。その結果電離層のなかを流れる電流によって生ずる磁界の変動や、磁気圏で発生する電磁流体力が地磁気脈動の原因であることが知られている。しかし、現在までのところ、他の地磁気脈動現象に比較して、Pc2帯の脈動に関しては、明確な発生原因やその伝搬機構についての研究は数少ないように思われる。筆者らは、誘導形磁力計を用いて磁気嵐主相に発生したPc2帯の地磁気脈動の観測と、最大エントロピー法(MEM)によるスペクトル解析を試みたので、その結果の一部を報告する。

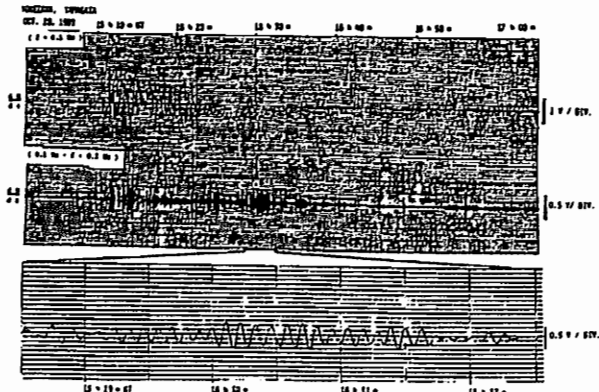
2. Pc2帯振動の観測結果 第1図は米沢において実測されたPc2帯の地磁気脈動の観測例を示す。サブストームの発生と同時に、P11-2が観測され、その後、約

16時30分UTにPc2帯の地磁気脈動が観測された。



3. スペクトル解析 時系列データのスペクトル推定法としては、FFT法、MEMAR法、存否法などが知られている。MEMは予測誤差フィルターの打ち切り項数の決定法に検討すべきところもあるが、限られたデータ数から精度のよいスペクトル推定が可能であることより、MEMを使用した。サンプリング・タイム1秒、15分間データ数900、時間間隔を0.2分ずつずらして、動的パワースペクトルを作製した。

4. 結論と検討 Pc2帯振動の発生原因としては、磁気嵐主相における環電流(Energetic O⁺)によるサイクロトロン不安定性西向きドリフト・プロトンによるBounce Resonance、Alfvén波極大層と基準層との共鳴振動などが考えられる。



プラズマポーズ付近の電離層で観測される
大振幅Pc1波動

家森俊彦(京大理) 杉浦正久(東海大学開発技術研)
J. A. Slavin, L. H. Brace(NASA/GSFC)

LARGE AMPLITUDE PC1 PULSATIONS OBSERVED IN THE IONOSPHERE NEAR THE PLASMAPAUSE

T. Iyemori(Kyoto Univ.), M. Sugiura(Tokai Univ.)
J. A. Slavin, L. H. Brace (NASA/GSFC)

Large amplitude Pc1 pulsations were detected in the magnetic field data obtained by the Dynamics Explorer-2 satellite in the ionosphere. One or more wave packets appear normally near the plasmopause as determined from the observed electron temperature profile. Some of them accompany a small-scale field-aligned current pair, the direction of which changes systematically. The geomagnetic condition and the position of occurrence relative to the plasmopause and the large-scale field-aligned currents are discussed. Characteristics of the waves such as the amplitude variation and polarization will be presented and compared with those of the similar events previously found in the Magsat data.

磁気圏で発生したPc1波動の地上までの伝播を調べる上で、電離層高度での波動の検出は重要な情報を与えられ、と考えられる。電離層高度での明かなPc1波動の例として、Iyemori and Hayashi(JGR, 1989)は、MAGSAT衛星による磁場観測データ中に大振幅のPc1波動を検出し、地上の観測と比較した。このとき検出された波動と類似の変動がダイナミクスエクスプローラ2号(DE-2)の磁場観測データにも数例検出された。DE-2の場合は、磁場観測だけではなく、プラズマや電場の測定も同時に行っているため、波の出現位置、性質についてMAGSATデータの場合に比べより詳しく調べることができる。図は、今回検出されたPc1波動の1例であるが、電子温度の変化から推定されるプラズマポーズの位置とほぼ同じ緯度に見出していることが分かる。またそれらのうちのいくつかの例では、各波束が一組の小規模沿磁力線電流をとともっており、電流の向きには、一定の規則性がある。プラズマポーズおよび大規模沿磁力線電流との位置関係、ストームおよびサブストームとの関係、時間・空間スケール、小規模沿磁力線電流との関係、振幅・偏波特性等について調べた結果、およびMAGSATにより観測されたPc1波動の特性と比較した結果を報告する。

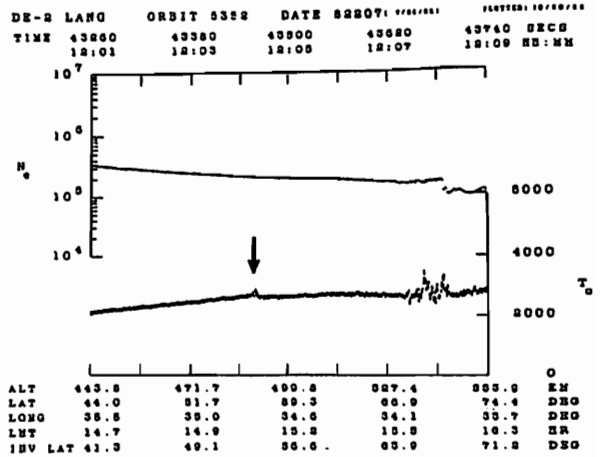
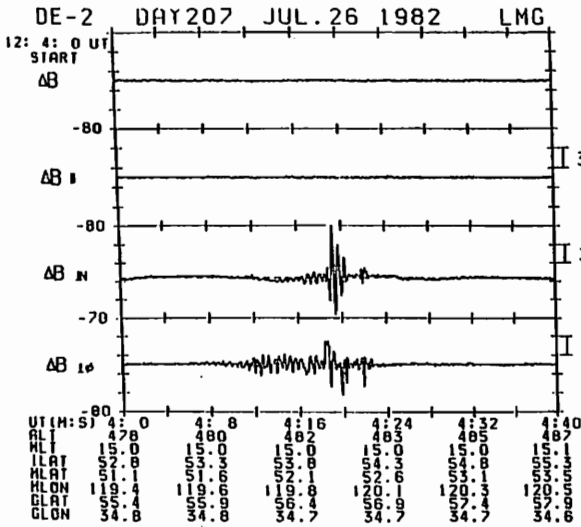


Fig.1 (a) An example of the Pc1 events observed by the DE-2 near the plasmopause. High-pass filtered data are shown in the local magnetic coordinate system.

Fig. 1 (b) Electron density and temperature profile observed by Langmuir probe on DE-2. The small bump in temperature correspond to the position of the Pc1 wave in the magnetic field data shown in Fig.1(a).

アイスランドと南極で同時観測された Pc1帯地磁気脈動の偏波の統計的性質

Statistical properties of polarization of Pc1 geomagnetic pulsations simultaneously observed in Iceland and Antarctica.

島倉信¹、小林俊之¹、佐藤夏雄²、早川正士³
¹千葉大学工学部 ²国立極地研究所 ³名古屋大学空電研究所

Properties of polarization of Pc1 geomagnetic pulsations observed at five stations in Iceland and Antarctica, from Jan. to Dec., 1985, are reported. Occurrence probability of polarizations which are same between two stations, depends on their latitudes than longitudes.

1985年1月～12月の1年間 Iceland 3点 (Isafjörður (IS), Tjörnes (TJ), Husefell (HS)), 南極昭和 (SY) 及びみずほ (MZ) 基地 (図1) で観測された, Pc1帯 (0.2～1.2Hz) 地磁気脈動のスペクトル及び偏波 (=D成分/H成分) の周波数-時間特性を調査した。

観測されたPc1のタイプは様々であるが, 大半はHMコーラスと呼ばれるものである。図2は, 2観測点における同一偏波の同時発生確率を磁気緯度間で比較したものがある。Icelandにおいて, 磁気緯度の近いIS-TJ間では偏波に74%の共通性がみられるが, 離れたIS-HS間では69%と低くなっている。HSを基準にした場合も, 同様の性質が現れている。また, 両半球間で比較した場合, MZを基準にすると, IS, TJ, HSの順番に磁気緯度が離れるにしたがって, 偏波の共役性が薄れている。同様の性質がSYとIceland3点を比較した場合にも現れている。したがって, 地上で観測される偏波の共通性及び共役性に, 磁気緯度効果が認められる。これより, Pc1脈動は経度方向に広がった発生領域をもつことが考えられる。

図3は, Pc1の偏波角の周波数-時間特性から, 周波数については0.2Hz, 時間については1時間の分解能で, 各観測点における左廻り偏波及び右廻り偏波の発生頻度を3段階で表したものである。それぞれの偏波のピークの位置 (+印) に注目すると, Iceland3点とSYで左廻りが14時以前に, 右廻りが14時以降に現れているが, MZではその逆になっている。また, 周波数帯では, 左廻りのピークが北半球で0.4Hz以上に現れているのに対し, 南半球では0.4Hz以下にあり, 右廻りのピークは北半球でTJを除く2地点で0.4Hz以下に現れているのに対し, 南半球では0.4Hz以上にある。このように, 観測点によって様子が若干異なる。さらに詳細なPc1脈動の発生伝搬機構を検討するためには, 偏波角だけでなく偏波比やパワースペクトルも合わせて考察する必要がある。



図1

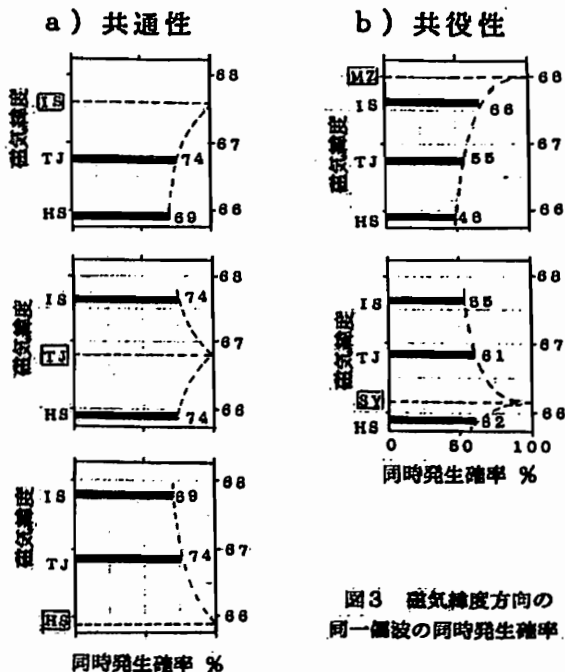


図3 磁気緯度方向の同一偏波の同時発生確率

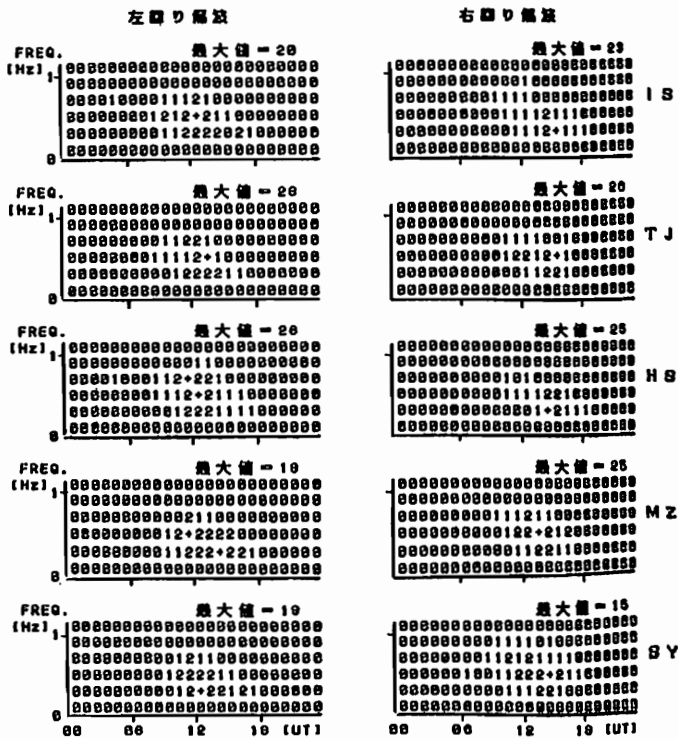


図2 左廻り、右廻り偏波の発生頻度の時間-周波数特性 (+印...最大値)

IPDPの偏波の微細構造および発生機構

小林俊之¹ 島倉 信¹ 早川 正士² 佐藤 夏雄³

1 千葉大学工学部, 2 名古屋大学空電研究所, 3 国立極地研究所

Fine structure of polarization and generation mechanism of IPDP

T. KOBAYASHI¹, S. SHIMAKURA¹, M. HAYAKAWA² and N. SATO³

1. Electrical Eng., Chiba Univ., 2. Res. Inst. Atmos., Nagoya Univ., 3. Nat'l Inst. Polar Res.

Generation mechanism of IPDP is discussed on the basis of the fine structure of IPDP polarization of IPDP, the shape of plasmasphere (plasma-tail) and the trajectory of high energy protons. Rapid change of polarization with increase of central frequency of IPDP implies that its generation region varies with time, and that clouds of protons are continuously injected into plasmasphere. And it is very interesting that there is plasma-tail where IPDP's are excited.

磁気サブストームに伴いプラズマシートから高速荷電粒子が内部磁気圏へインジェクトされ、その後電子は東廻りに、プロトンは西廻りにドリフトする。この際朝方でのVLF放射では周波数上昇(ドリフト)が観測される(Hayakawa et al., 1986)。他方、夕方側にはプロトンに関係すると思われるIPDPが観測される。しかし、夕方側に出現するIPDPの発生機構に関しては、(1)真夜中にインジェクトされたプロトンの西廻りドリフトにおける速度分散によるもの(Fukunishi, 1969), (2) $E_0 \times B_0$ ドリフトでプロトンが侵入してくる際の不安定性領域の空間的変化によるもの(Gendrin, 1967), (3)両者を加味した考え(Horita, et al., 1978)が提案されている。

本研究では、IPDPの発生機構を考察する目的で、アイスランドの3観測地点(Isafjörður, Tjörnes, Husafell)、南極昭和およびみずほ基地でのIPDPのパワー・スペクトルだけでなく、偏波特性(水平磁場2成分の偏波比および偏波角)を詳細に調査する。IPDPの偏波の調査は初めての試みであるが、偏波にはスペクトルからは明らかにされない微細な構造がある。図1は、1985年2月25日、Husafellおよび昭和基地で観測された0~2.5 Hz帯のdynamic spectra および AE-index である。16~17時にかけてAE-index は上昇し、IPDPが観測されている。

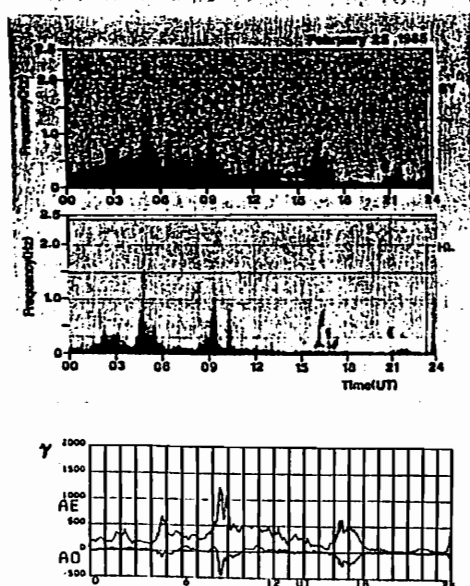
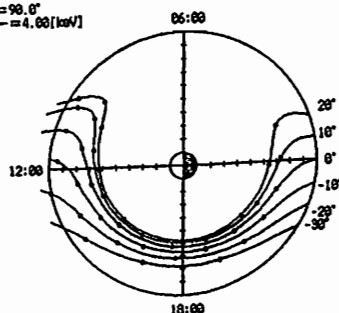


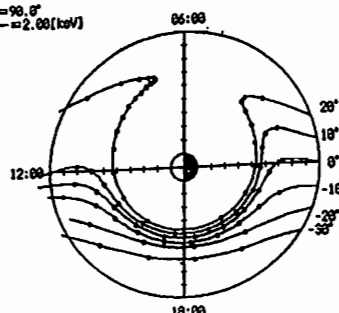
図1 Pcl脈動の時間・周波数特性およびAEインデックス

アイスランド3点および昭和基地で観測されたIPDPの偏波角の周波数・時間特性を調査したところ、10分間で0.2~0.4 Hz程度の速い周波数上昇をもった脈動が次々に現われ、しかもL-modeからR-modeへ急激に変化する微細な構造をもっている。この例では瑞穂基地での強度が弱いことから、L₁~6付近にあった発生領域が次々に低緯度側に移っていったものと考えられる。図2は、1985年2月25日、1500~1800UTのプラズマ圏の形状およびプロトンの軌道を示したものである。IPDPの偏波構造、プラズマ圏形状から判断して、プラズマテールがIPDPの発生に極めて重要な役割を持っていることが予想される。

初期ビッチ角=90.0°
初期エネルギー=4.00 [keV]



初期ビッチ角=90.0°
初期エネルギー=2.00 [keV]



1985 02 25
16:00-18:00 [UT]

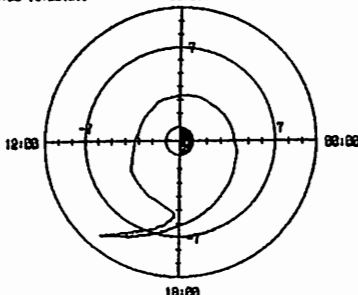
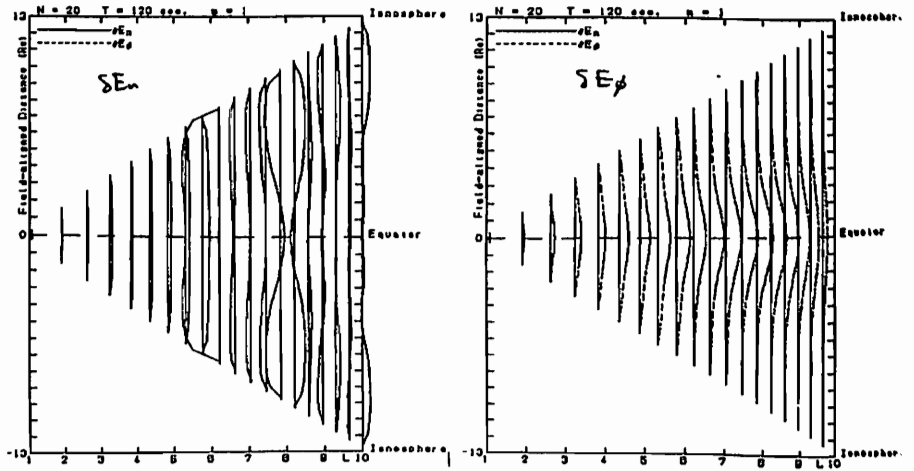
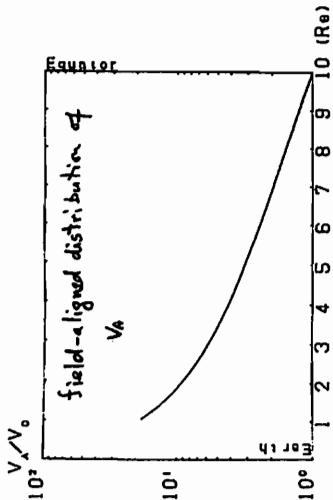
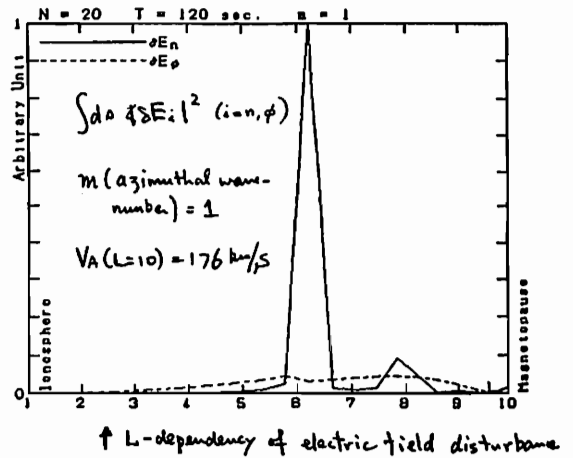
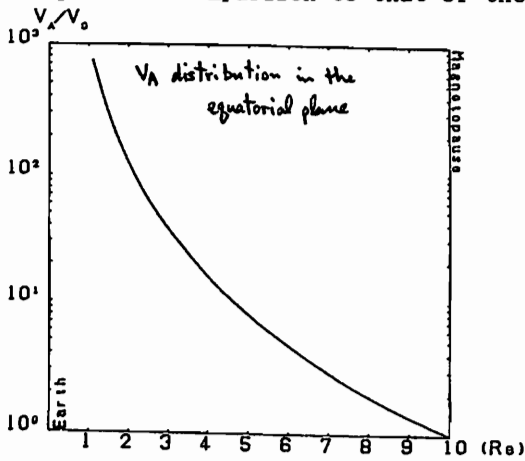


図2 プロトンの軌道およびプラズマ圏形状

EIGENMODE ANALYSIS OF COUPLED HYDROMAGNETIC OSCILLATIONS
IN THE DIPOLE MAGNETOSPHERE

S. FUJITA (Kakioka Magnetic Observatory) and V. L. PATEL (Naval Research Laboratory, Washington, DC 20375)

We performed 2-dimensional eigenmode analysis of the coupled hydromagnetic oscillations in the dipole magnetosphere. The finite element method was utilized in numerical calculation of the coupled oscillation equations. The ionosphere is assumed a perfect conductor and the magnetopause located at $L=10$ is a barrier of electric field of the fast magnetosonic wave. The distribution of the Alfvén speed is a realistic one. Preliminary results show that discrete spectrum of the localized (Alfvén) mode generated by the coupling to the global (fast magnetosonic) mode. The eigenperiod of the coupled oscillation becomes smaller when m (the azimuthal wavenumber) becomes larger. Field-aligned distribution of the Alfvén eigenmode is wide-spread in comparison to that of the fast magnetosonic one.



EFFECTS OF IONOSPHERIC NON-UNIFORMITIES ON THE EQUATORIAL PULSATIONS

O. SAKA

DEPARTMENT OF PHYSICS, KYUSHU UNIVERSITY

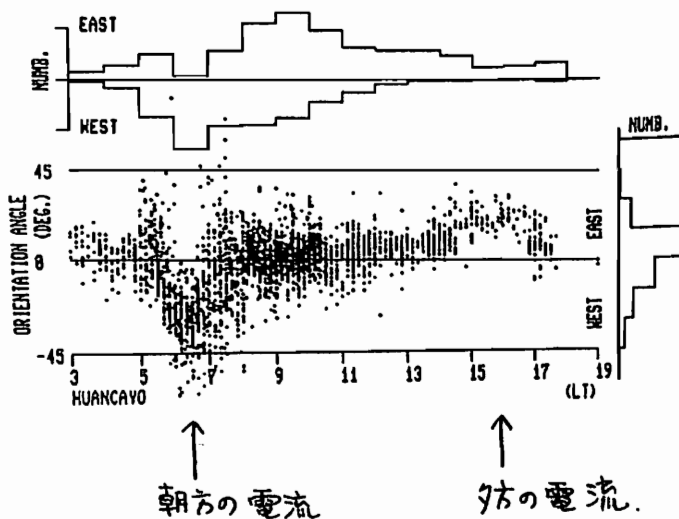
Equatorial Pc pulsations, having periods from 30 to 100 sec and amplitude up to 1 nT, were studied by making use of the fluxgate magnetometer data obtained at Huancayo, Peru during the period from Dec. 5, 1985 to Jan. 5 1986. Diurnal change of polarization parameters in the horizontal plane were investigated. It is suggested that the trans-equatorial ionospheric currents flows to neutralize a spatial charging associated with ionospheric nonuniform conductivity at local sunrise and sunset. Those local currents produce the D component on the ground and make the observed diurnal change of the polarization parameters.

ワンカヨー観測所 (DIP角 = 0) におけるデータより、日の出、日没に伴う電離層非一様性が磁気圏脈動に与える影響をしらべた。

解析の結果、脈動の発生に伴い、磁気赤道を越えて流れる南北の電離層電流が励起されることが示唆された。電流の方向は、日の出側と日没側で逆転している。これは、脈動に伴う電場 (主に東西) が赤道の北と南で反転していることに起因するのであろう。電流の緯度方向の広がり、日の出側と日没側で差がある。日の出側で約40度の広がりを持つと考えられる。日没側での幅はまだ明確ではないが、それよりも狭い。

講演では、観測とそれに基づく電流モデルを示す。

偏波角の日変化



MUレーダーによる下部電離圏電子密度の観測

佐藤 亨* 木村磐根* 張訓戒** 阮雪琴** 深尾昌一郎*** 加藤 進***
 * 京都大学工学部 ** 中国科学院武漢物理研究所 *** 京都大学超高層電波研究センター

Measurements of Electron Density
 of the Lower Ionosphere by the MU Radar

Toru Sato*, Iwane Kimura*, Zhang Xunjie**, Ruan Xueqin**, Shoichiro Fukao***, and Susumu Kato***
 * Faculty of Engineering, Kyoto University, ** Wuhan Institute of Physics, Academia Sinica,
 *** Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University

We present the first results of the electron densities of the ionospheric E-region of 90 to 160 km height measured by the MU radar. We have compared variations of electron density at different heights for a normal day on September 22, 1987 and the partial eclipse day on September 23, 1987. For the latter, the electron densities in the whole E-region began to decrease around 1030 JST. The duration was about 3 hours, and the decrease of electron density was about 20% relative to the normal day.

これまで京都大学MUレーダーは、下層・中層大気と電離圏F領域の観測に用いられてきた。電離圏E領域では流星エコーの混入が激しく、沿磁力線擾乱による強い干渉性エコーの観測のみが行われている。今回我々は高度90~160kmの下部電離圏電子密度プロファイルの観測を試みた。その最初の結果について報告する。

流星エコーの除去については、すでに実時間データ処理用のアルゴリズムが開発され、流星エコーが主に低仰角アンテナサイドローブより混入するF領域の観測には実用されているが、主ローブや近軸サイドローブでも流星エコーが観測されるE領域には不十分であった。今回の解析は自動処理後のデータを解析者が個別に見て不要エコーの有無を判断し、良質なデータのみを残す、という多分に主観的な方法によっている。従ってその精度や信頼性を定量的に評価することは困難であるが、以下に示すように物理的に意味のある結果が得られており、解析の信頼性は高いと考えている。

図1に得られた電子密度プロファイルの一例を示す。観測は1989年1月9-10日に行われた。図は12LT前後1時間のデータを2日分平均したものである。電子密度は倍

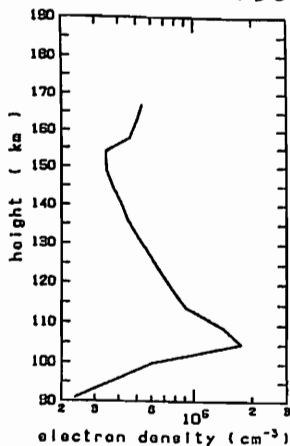


図1: Example of the electron density profile at 12LT. Data is averaged for 11:30-12:30 LT of January 9 and 10, 1989.

乗観測所のアイオノゾンデにより測定された f_oE により較正されている。高度分解能は9.6kmであり、E層の構造が明確に見られる。

図2は1987年9月23日の部分日食時(b)と、その前日(a)の電子密度の時間・高度変化を比較したものである。日食は10:30に始まり、約3時間持続した。日食中の最大掩蔽率は30%である。図より、下部電離圏の電子密度が太陽放射の減少にそのまま追従して変化している様子がわかる。また電子密度の減少率は高度にほとんど依存せず20%程度であった。

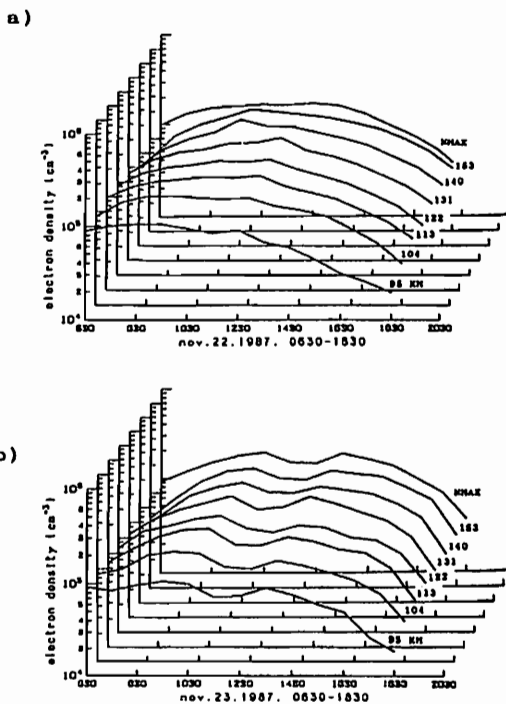


図2: Time-height variation of the electron density on a) a normal day of September 22, 1987, and b) partial eclipse day of September 23, 1987.

山本 衛¹、中原 智勇¹、深尾 昌一郎¹、小川 忠彦²、津田 敏隆¹、加藤 進¹
(¹京大超高層、²通総研)

Mid-Latitude E-Region Field-Aligned Irregularities Observed with the MU Radar

Mamoru Yamamoto¹, Toshihaya Nakahara¹, Shoichiro Fukao¹, Tadahiko Ogawa², Toshitaka Tsuda¹, and Susumu Kato¹
(¹RASC, Kyoto Univ., ²Communications Res. Lab.)

Intense E region field-aligned irregularities are observed with the MU radar (34.9°N, 136.1°E) at Shigaraki, Japan on 24-25 June 1989. Field-aligned echoes appeared in 2130-2330 LT and 0400-1100 LT, which correspond to the time after the sunset and sunrise in the E region, respectively. The "night-type" echoes appear, mainly above 100 km, intermittently with periods of 5-10 min, while the "morning-type" echoes appear continuously with a slightly downward phase propagation in 90-100 km. By measuring the time-delay of echo power enhancements observed in the different beams, the apparent westward phase velocity was estimated to be approximately 120 ms⁻¹

電離圏のプラズマ不安定現象は、従来、主に磁気赤道及びオーロラ帯の現象として観測・研究が行われてきた。しかしながら、Fukao *et al.* (*Geophys. Res. Lett.*, 15, 768-771, 1988) が MU レーダーによる F 領域の沿磁力線イレギュラリティの観測によって示したように、中緯度においても活発な不安定現象が存在している。中緯度電離圏 E 領域の不安定現象については、小型の VHF レーダーを用いた観測結果がいくつか発表されているが、レンジ分解能が 3-15 km と悪いために現象の微細構造を明らかにすることは出来なかった。今回我々は、MU レーダーを用いて E 領域の沿磁力線イレギュラリティを 4 ないし 5 方向同時に、しかも 150-600 m という高いレンジ分解能で観測した。

図 1 に 1989 年 6 月 24 日 20 時から 25 日 12 時までに北方向 (天頂角 51 度) ビームで観測されたエコーパワーの時間・高度分布を示す。この期間の観測パラメータは、観測レンジ 120-196 km、レンジ分解能 600 m、時間分解能 20 s であった。また、ビーム方向は高度 100 km 付近で磁力線と直交する方向が 5 つ選ばれており、それぞれの方角と天頂角は (-9°, 51°)、(-4°, 51°)、(0°, 51°)、(5°, 52°)、(10°, 52°) である。強いエコーが 2130 ~ 2330 LT のレンジ 150 km (高度 96 km) 以上と、0400 ~ 1100 LT のレンジ 135-165 km (高度 86-104 km) に現われているが、二つの時間帯はこの日のレンジ 160 km の地点における日没 (2012 LT) と日出 (0344 LT) のすぐあとに対応していることがわかる。ここでは二つの時間帯に現われるエコーをそれぞれ「夜型」と「朝型」と呼ぶ。夜型エコーは主に 100 km 以上の高度に現れ、出現高度範囲が約 30 km と広く、しかも時間的には間欠的に現われる特徴を持つが、これに対して、朝型エコーは 90 ~ 100 km を中心とする高度 10 ~ 15 km の範囲に出現し、時間的には連続的であるなど異なった性質を示す。さらに、夜型エコーの示すドップラー速度が朝型エコーに比べて大きな変動を示すことがわかっている。図 2 に各ビームで得られた夜型エコー強度の時間・高度分布を示す。エコー領域が時間とともに一定の速度で上から下に伝搬する様子が見られるが、これは夜型エコーに顕著に見られる性質である。また各ビームの 2125 ~ 2150 LT の高度 110 km 付近に最も強いエコー領域があるが、SN 比が 25 dB 以上になる部分が、形はビーム間でかなり変化しているものの、全てのビームで約 7 分間隔で 3 個観測されている。しかもこれらの領域は東側から西側のビームに向かって出現時刻が遅れており、東西に最も離れたビーム間における出現時刻の差が約 5 分であることから、エコー領域の東西方向の見かけの移動速度が西向きに約 120 km であることがわかる。また、各ビームで得られるドップラー速度の差から東西方向成分を推定することも可能である。購置では、これらの解析結果の他に 1989 年 6 月の観測期間中の日変化や、他の季節の観測結果について発表する予定である。

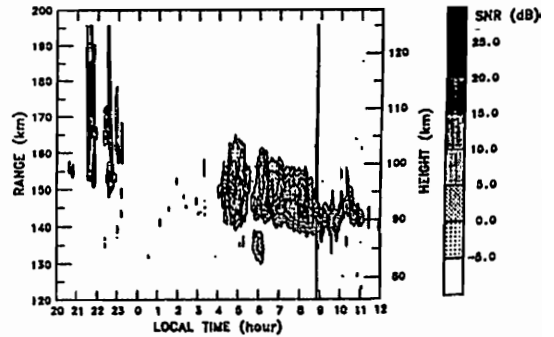


図 1. Time-height section of signal-to-noise ratio (SNR) observed during 2000 LT on 24 June 1989 and 1200 LT on 25 June 1989.

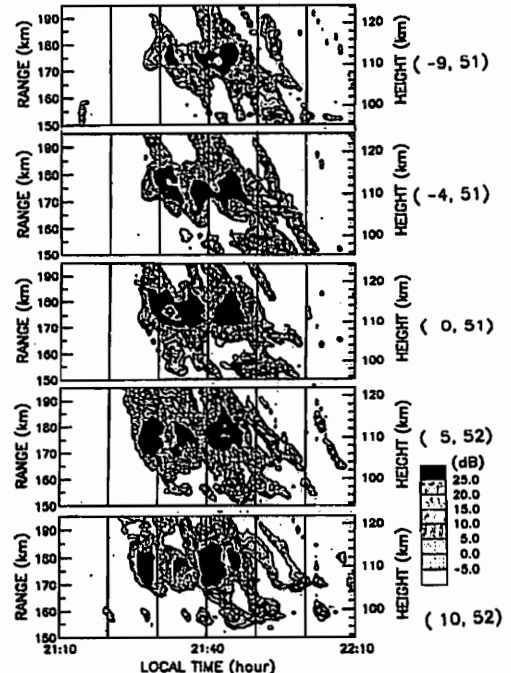


図 2. Time-height sections of signal-to-noise ratio (SNR) observed in the five different beam directions.

MEASUREMENTS OF WINDS, VERTICAL VELOCITIES,
AND FLOW GRADIENTS
IN THE HIGH-LATITUDE THERMOSPHERE BETWEEN 90 AND 160 KM

M.F.Larsen^{1,2}, I.S.Mikkelsen³ and S.Fukao¹

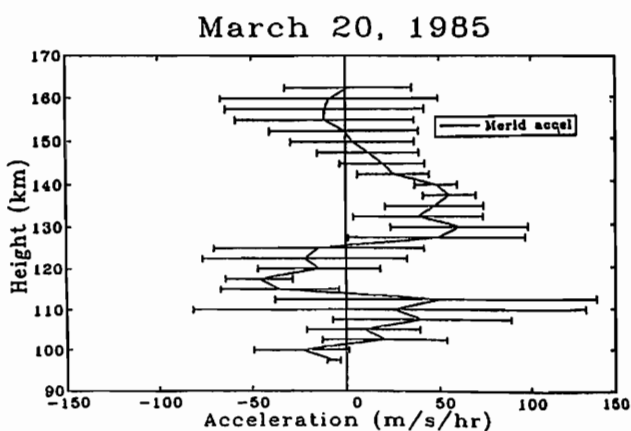
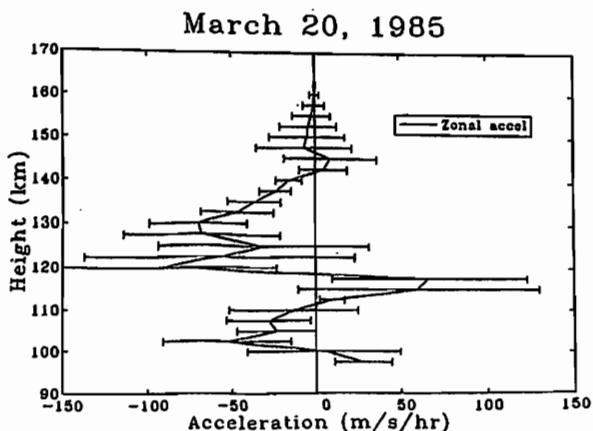
1. Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University
2. Dept. of Physics & Astronomy, Clemson University, U.S.A.
3. Geophysical Division, Meteorological Institute, Copenhagen, Denmark

Chemical release wind measurements made near the polar cap/auroral zone boundary have been used to measure the height profiles of the vorticity and the divergence in the E region. The vertical velocity and the vertical momentum flux profiles were calculated from those quantities in turn. The results show that the neutral flow is characterized by strong vertical coupling. Also, the divergence and vorticity values are 5–10 times larger than predicted by tidal models, indicating that the observed winds are likely pseudo-tides generated by the diurnal and semidiurnal periodicities in the high-latitude forcing.

Chemical release experiments were carried out in Greenland during 1985 and 1987 as part of NASA's COPE I and II (Cooperative Observations of Polar Electrodynamics) campaigns. TMA (trimethyl aluminate) was used as a tracer of the neutral winds between approximately 90 km and 160 km. The geomagnetic conditions were quiet with K_p between 1+ and 3+. Three trails were released at the vertices of a triangle with sides of 150–250 km so that the divergence and vorticity in the flow could be measured, in addition to the wind profiles. The divergence was integrated over height to produce a profile of the vertical velocity which was combined with the profile of the horizontal winds to give the vertical momentum flux.

The wind speeds were found to be comparable, although 50% larger, than the magnitudes predicted by Forbes' tidal model, but the vorticity and divergence values were 5–10 times larger than would be expected for the (2,2) or (2,4) tidal modes. The implication is that the horizontal scale associated with the waves is of the order of 1000 km, i.e., comparable to the scale size of the forcing in the auroral oval.

The profile of the vertical momentum flux was used to calculate the acceleration of the mean flow as shown in the figures. The calculated values are at least $40 \text{ m s}^{-1}\text{hr}^{-1}$ which corresponds to an acceleration of approximately 50% of the magnitude of the flow over a 1 hr period. The conclusion is that there is a strong vertical coupling between the layers in the high-latitude E region and that the plasma forcing either strongly affects or actually generates the vertical structure, even during quiet geomagnetic conditions.

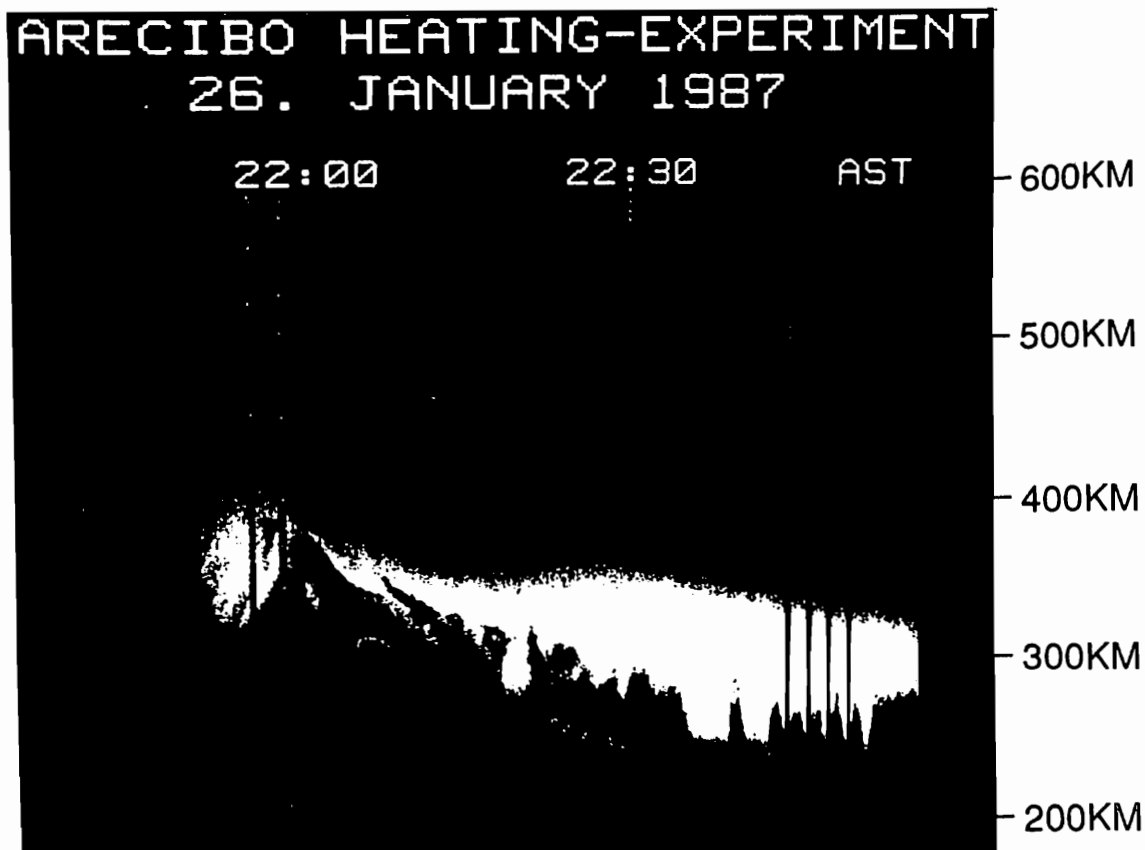


K32-10

IMAGES OF A HIGHLY STRUCTURED IONOSPHERE DURING HF-MODIFICATION

A. Frey (National Institute of Polar Research, Itabashi-ku, Tokyo 173)
P.A. Bernhardt (Plasma Physics Division, NRL, Washington DC, U.S.A.)
L.M. Duncan (Clemson University, Clemson, South Carolina, U.S.A.)

High-resolution images of backscattered power were obtained with the 430 MHz-Incoherent-Scatter-Radar at the Arecibo Observatory during modification of the ionosphere by intense HF radiowaves transmitted from the ground. The power received by the diagnostic 430 MHz-radar is proportional to the electron density but inversely proportional to electron temperature increases. The two effects can be distinguished on the basis of their time-scales with electron temperature increases responding within seconds of the HF-heater turn-on but density depletions lasting on the order of tens of minutes after the HF-heater power is turned off. The images are of a previously unseen quality revealing structures with scales ranging from 100 km (large density holes) down to 0.35m (parametrically excited ion acoustic waves) simultaneously. Images showing a complexity of phenomena such as stratification, bifurcation, streaks, filamentation, heat diffusion, flow reversal and density steps (as commonly observed in Laser-Plasma-Interactions) will be presented.



tweaksによる中低緯度帯下部電離層擾乱観測

森泉美穂子* 島倉信* 早川正士**

*千葉大工 **名大空電研

On the observation of the ionospheric disturbances in low- and mid-latitudes by using of tweaks

Mihoko Morizumi* Shin Shimakura* Masashi Hayakawa**

*Dept. of Electrical Eng., Chiba Univ.

**Res. Inst. of Atmospherics, Nagoya Univ.

Low- and mid-latitudes are important region to study the atmospheric circulation of the earth. It is impossible to observe the ionospheric of large scale disturbances in low- and mid-latitudes, which is modulated by planetary waves or internal gravity waves.

tweaks を用いて空電発生地点及び伝ぱん路の平均的下部電離層高度を精度良く求めることが可能である。その原理は、観測された tweaks とのビート周波数を '0' とするような擬似空電のパラメータ t_0 (空電発生時刻), d (伝ぱん距離) 及び f_0 (1次モード遮断周波数) を推定することである。これまでの解析結果から、ビート周波数の平均二乗平方誤差は、 $\leq 20 \text{ Hz}$ であり、伝ぱん距離及び電離層高度の測定誤差は、それぞれ $\leq 40 \text{ km}$, $\leq 70 \text{ m}$ である (Figs.1,2)。この方法は間接的に遮断周波数を求めるため遮断周波数近傍の減衰が大きい昼間の空電に対しても有効である。

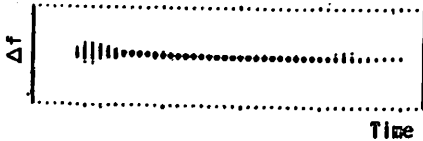


Fig.1 周波数変換された空電のダイナミックスペクトル

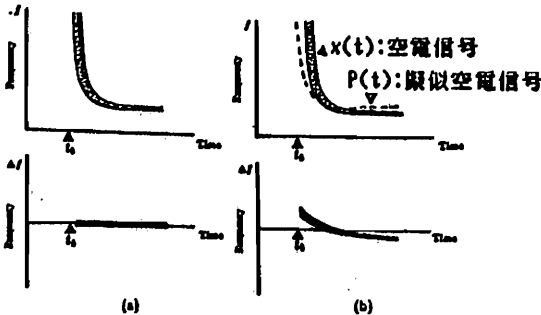


Fig.2 観測された空電と擬似空電の関係
観測された空電の中心周波数と擬似空電が一致するような ($\Delta f = 0$) 空電のパラメータを推定する。

$$P(t) = \cos(2\pi f_0 \sqrt{(t-t_0)^2 - (d/c)^2})$$

$$x(t) = \sum_k a_k(t) \cos(\phi_k(t))$$

ただし、 $\phi_k(t) = 2\pi f_0 \sqrt{(t-t_{0k})^2 - (d/c)^2}$,

c は光速である。また、電離層高度 h は遮断周波数 f_0 を用いて、 $h = c / (2f_0)$

特に日本 (アジアの中緯度地域) で観測される tweaks の源の多くは、北緯 20 度~南緯 20 度 (東南アジア~オーストラリア) 付近にあり、雷発生日数の多い地域である (Fig.3)。これらの空電は低~中緯度帯を伝ぱんするので中低緯度帯の広域的な電離層擾乱の観測に有効である。また、電離層下部は、気象学的には内部重力波やブラネターー波の力学的エネルギーの上方輸送が止まる高度と一致している。上述の測定方を用いて長期にわたる観測を行うことによって広域的な下部電離層の擾乱と気象現象との関係がより詳しく議論できることを期待している。

現在、上記の方法により中国 Zhanjiang (20°3'N, 110°3'E), Wuchang (30°5'N, 114°8'E) で観測された tweaks の解析を行っている。両地点はほぼ同じ経度にあるため、低緯度帯のみを伝ぱんした空電と中低緯度にわたって伝ぱんした空電との基本的な違いを考察するのに適している。当日は、これらの解析結果を基に tweaks による中低緯度電離層擾乱観測の可能性を検討する。

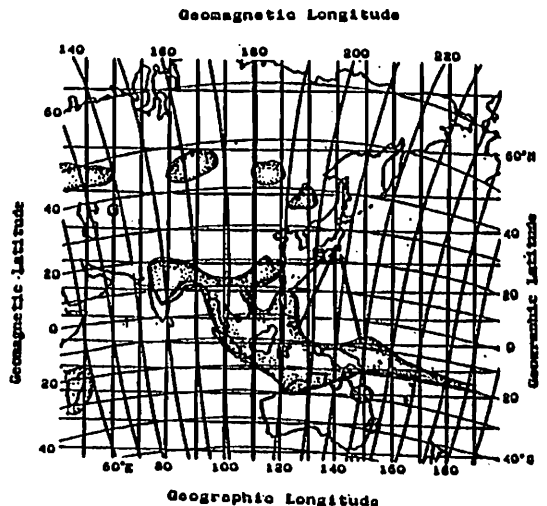


Fig.3 年間雷発生日数 20 日以上地域と日本で観測され得る主な空電伝ぱん路

石橋 弘光・丸山 隆・岡本 智・土屋 茂
(通信総研稚内)

Spaced receiver observation of ionospheric scintillations using ETS-II beacon transmissions(136MHz)

Hiromitsu Ishibashi, Takashi Maruyama, Satoshi Okamoto and Shigeru Tsuchiya
(CRL/Wakkanai Radio Wave Observatory)

Ionospheric Scintillations using ETS-II beacon (136MHz) have been observed at two points, which are 164m apart along the north-south baseline in Wakkanai Radio Wave Obs. Signal strength is recorded on an analog magnetic tape and converted to 12 bit digital form with subsequent off-line processing for further investigation of the spatial and time-dependent structure of the ionospheric irregularities.

(1) はじめに

我々は、様々な電離圏擾乱のモニターとしてETS-II beacon (136MHz) によるシンチレーション観測を続けているが、昨年8月よりアンテナを一基増やして、二点観測を開始した。また、記録・解析システムには新たにVTR用テープを用いたアナログデータレコーダ、16bit personal computerを導入し、個々のイベント毎にデジタルデータの収集を行っている。これによって、種々の時系列解析による電離圏擾乱の時間的・空間的構造の推定が可能になった。

(2) 受信システム

図1に観測システムのブロック図を示す。直交する八木アンテナで受信されたETS-II beacon波は位相合成器で合成されて検波した後、信号強度は磁気テープの二つのトラック (Track #2, #3) に記録される。またこれと同時にTime code generatorから出力されるタイムコードをマーカとして別のトラック (Track #1) に記録している。Recorderは、市販のVTR用160分テープを用いた場合、FWD (Track #1, 2, 3), REV (Track #4, 5, 6) の自動切り換えで最長17時間まで連続記録できる。

(3) 解析システム

従来、強度変動の記録はチャート記録紙のみで、データ解析にはかなり制約があった。そこで、今回新たにPC-9801VFを導入し、オフラインでRecorderから再生したアナログ信号にA/D変換を施し、12bitにdigitizeされたデジタルデータの収集を行っている。A/D変換には、VTRテープ上に記録されたタイムコードを利用して、VTRテープの時系に同期して行う方式を採用している。タイムコードはTime code translatorでデコードされ、通算日・時・分・秒計パラレル30bitの時刻信号、およびTTLレベルの $1 \cdot 10 \cdot 100$ ppsのパルスがA/D変換用の制御信号としてPC9801VFに出力される。このうち、時刻信号はテープの頭出しに、 $1 \cdot 10 \cdot 100$ ppsパルスはA/D変換のためのトリガ信号・外部サンプリングクロックとして使う。A/D変換されたデータは直接RAMボードに転送されるようにプログラムを組んでおり、本システムの構成では2ch, 100Hzでサンプリングした場合、約20分までの連続データ取り込みが可能である。

今までに、1989年10月21日のオーロラ発生時のシンチレーション・イベントや多数の準周期性シンチレーション・イベントが観測されている。講演では、これらデータの初期解析結果についても述べる。

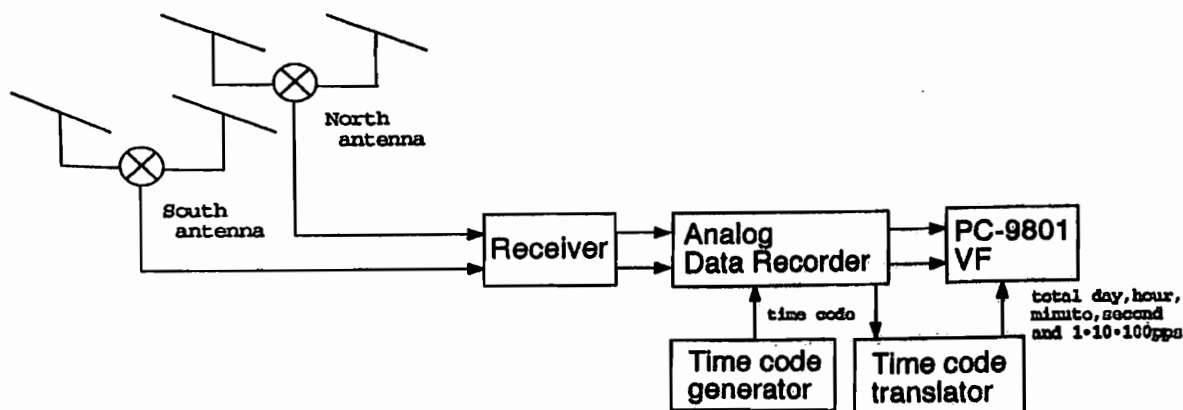


Fig. 1 Block diagram of the system

Fresnel Diffraction by an Ionospheric Lens

TAKASHI MARUYAMA

Wakkanai Radio Wave Obs., Communications Research Lab.

A variation in field intensity of radio waves transmitted from artificial satellites sometimes exhibits a regular periodic pattern, which is called quasi-periodic (QP) scintillations to be distinguished from random scintillations. It is generally believed that the generation of QP scintillations is due to Fresnel diffraction by an obstacle on the radio wave propagation path. The author (SGEPPS meeting, 1988) proposed a horizontal disc shaped obstacle model to explain observed characteristics of QP scintillations. In that model, it is essential that the dimension of the obstacle is finite horizontally as well as vertically in the E_s layer. However, it has not been quite clear that two-dimensional obstacles produce sufficient amplitudes of field intensity variations. In this paper, we calculate diffraction patterns assuming a disc shaped obstacle.

The irregularity acting as a concave radio lens is assumed to be a thin disc at height h . The satellite is located at a constant elevation angle α . In-phase and quadrature amplitude components A' and A'' at the receiver are calculated by the following equations.

$$A' = 1 - 2 \int_0^l \sin(P_0 + \phi/2) \sin(\phi/2) dS / l\lambda$$

$$A'' = 2 \int_0^l \cos(P_0 + \phi/2) \sin(\phi/2) dS / l\lambda$$

$$P_0 = -\frac{\pi}{l\lambda} [(X - \xi \cos\theta \cos\alpha)^2 + (Y - \xi \sin\theta)^2] + \frac{\pi}{2}$$

where the integrals are taken over the lens; $l = h / \sin\alpha$; ϕ gives a phase advance introduced by the lens in a reference plane at the distance l ; λ is the wave length; ξ and θ are the coordinates fixed to the lens in the horizontal plane; and X and Y are taken southward and eastward, respectively, in the plane at the receiver perpendicular to the propagation path.

The vertical distribution of the electron density for the lens is assumed to be a gaussian shape centered at the E_s -layer height. Variation in the horizontal plane is given as

$$N = N_0 \exp\left(-\frac{\xi^2}{r^2}\right)$$

where r is a function of θ , which determines the disc shape as follows,

$$r = a + b \cos\theta \quad (a > b > 0)$$

Thus the phase advance for a radio wave of frequency f (Hz) due to the disc lens with maximum concentration N_0 (cm^{-3}) and half thickness d_0 (cm) is given by

$$\phi = 0.405 \times 10^8 \frac{N_0}{f^2} \sqrt{\pi k} \frac{d_0}{\sin\alpha} \exp\left(-\frac{\xi^2}{r^2}\right)$$

where k is the wave number.

Numerical calculations are carried out with geometrical parameters pertinent to the beacon experiment at Wakkanai. A typical example of observed amplitude variation is shown in Fig. 1, in which we note a quite asymmetric pattern. Fig. 2 is a result of the calculation with parameters adjusted to reproduce the observation. The abscissa for the model calculation is scaled to the observation. The horizontal drift velocity is estimated to be $\sim 40\text{m/s}$ from the scaling of the abscissa, which is consistent with observations by spaced receiver experiments.

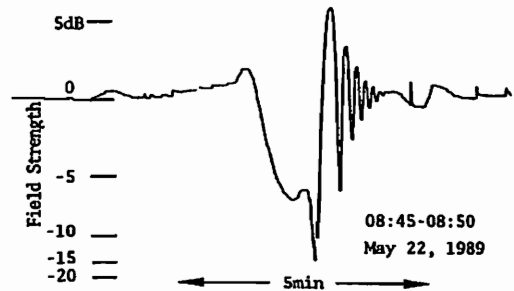


Fig. 1

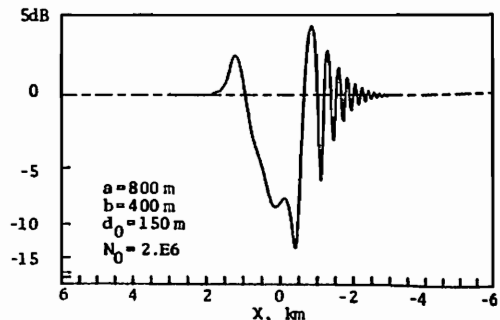


Fig. 2

GPS衛星を利用したの
多地点電離層全電子数観測

近藤 哲朗、今江 理人、雨谷 純、金子 明弘
(通信総研鹿島)

MULTI-POINT OBSERVATIONS OF IONOSPHERIC TOTAL ELECTRON CONTENT USING GPS SATELLITES

Tetsuro KONDO, Michito IMAE, Jun AMAGAI, and Akihiro KANEKO
(Kashima Space Research Center, Communications Research Laboratory)

Measurements of the ionospheric total electron content (TEC) were carried out at Kashima (36.0N, 140.7E) and CHICHIJIMA (27.1N, 142.2) simultaneously from Nov. 25 to Dec. 9, 1989 by using radio signals radiated from the GPS satellites. Multi directional observations of slant TECs enable us to depict a distribution of vertical TEC around the station under the simple ionosphere model. By combining the data observed at two stations, it is possible to infer a vertical TEC distribution of much wider area. Some examples of obtained distributions are demonstrated here.

1. はじめに

通信総合研究所で開発されたGPS衛星利用全電子数測定装置(GTR-2) [1]を鹿島(36.0N, 140.7E)と父島(27.1N, 142.2E)で同時に運用する機会を得た。2ヶ所で取得したデータを用いて天頂方向に換算した全電子数(VTEC)の水平分布を求めたので報告する。

現在、利用可能なGPS衛星の数は10であり、観測時間帯にもよるが1地点から3~5衛星が同時に見える。したがって、簡単な電離層モデルを仮定すると複数の方向の視線方向全電子数(STEC)データからVTECの水平分布が推定できる。さらに多地点で観測することにより、より広範囲でのVTEC分布の推定が可能となる。

2. 観測データ

1989年11月25日から12月8日にかけて父島鹿島で4分毎に各衛星毎のSTECが観測された。図1に電離層の平均高度を300kmとしてVTECに換算したデータ例を示す。なおSTECの測定精度は $2 \times 10^{16} \text{ m}^{-2}$ である。測定データに衛星間のパラッキが見られるがVTECの場所(緯度、経度)による違いが反映されていると思われる。

3. VTEC分布推定

ある時刻tにおけるVTECの水平分布推定は次のような手順で実施した。(1)時刻tにおけるVTECを衛星毎に内挿して求める。(2)時刻tに父島および鹿島からGPS衛星を見た上ときの電離層(300km高度)通過点の地上の投影点を求める。計算はGPS衛星の最新軌道要素を用いる。(3)各点でのVTECを矛盾しないようにコネクタを引く。今回(3)については前回の講演会で紹介した球面近似法 [2]を用いたが、電離層モデルへのフィードバックも含めて、他の方法についても試行中である。

4. おわりに

GPS衛星を用いての電離層観測の利点は複数の方向の電離層をほぼ同時に観測できることである。したがって1地点の観測でも比較的広範囲の電離層のモニターが可能となるが、観測点を増やすことによりさらに広範囲の電離層モニターが可能となる。

最後に今回の実験にあたり父島において施設を利用させていただいた建設省国土院測地部およびGTR-2のプロトタイプを提供していただいた日本通信機(株)の関係者の皆様に感謝します。

参考文献

- [1]. 三木他, "スペクトル逆拡散を利用した電離層伝播遅延時間測定法", 021202, 昭和63年。
- [2]. 近藤他, 第86回 SGPSS, 講演会予稿集。

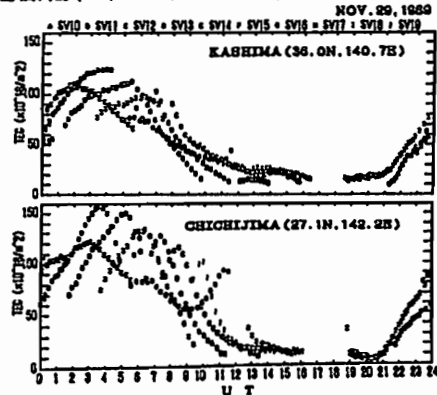


Fig.1. Examples of vertical TEC observed at Kashima (upper panel) and CHICHIJIMA (lower panel) on Nov.29, 1989.

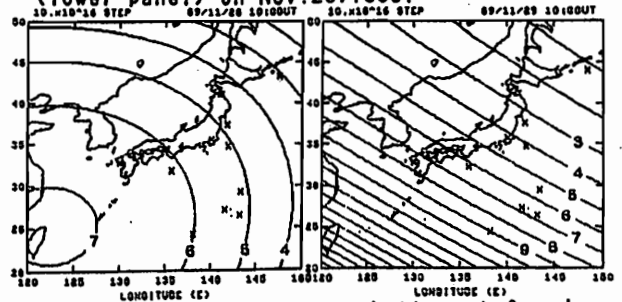


Fig.2. Vertical TEC distributions inferred by means of a spherical approximation for 10hUT from the data observed on Nov.28 and Nov.29, 1989. Calculated subionospheric points of each satellite are displayed by "x".

渡辺 勇 三
(宇宙研)

Electron Density Irregularities in the Rocket-wake
Yuzo Watanabe
(I S A S)

Abstract : Electron density irregularities in the scale size of 3 m to 300 m were observed by a fix biased Langmuir probe on board the S-310-16 rocket. The rocket was launched at 22:40:00 on February 1, 1986 from Kagoshima Space Center in Japan. Frequency-analyses of the irregularities have been carried out. The frequency from 5 Hz to 500 Hz of the irregularities corresponds to wave length from 300 m to 3 m because the rocket speed is 1.5 km/sec. It is found from the spectral index of the frequency spectrum that the generation mechanism of the irregularities is explained by the neutral turbulence theory. When the irregularities have been frequency-analyzed, enhancements have appeared at the frequency region over 200 Hz in the frequency spectrum. These increases are explained to be due to the irregularities which may be generated at the edge of the rocket-wake. It is pointed out in this proceeding that the gradient drift irregularities may be clarified by analyzing the irregularities over 200 Hz. The gradient drift irregularities may be generated when the electric field component is, in the same direction, parallel to the steep electron density gradient at the edge of the rocket-wake.

昭和81年2月1日22時40分00秒に之内浦から打ち上げられた観測ロケットS-310-16号機に搭載された+5Vバイアスのラングミュアプローブ(長さ1m、直径10mm)によって電子密度高度分布と波長が3mから300mの電子密度ゆらぎが高精度で測定された。

電子密度ゆらぎの特性を調べるためにロケット上昇時の高度74km~83kmで観測された電子密度ゆらぎの周波数解析が行なわれ、スペクトル指数が求められた。

① スペクトル指数は 0.9~1.8 で、

② 大きさ ($\Delta N_e/N_e$) は 1~15 %で、

③ ゆらぎは高度88kmで最大であった。

この結果、高度74km~83kmで観測された電子密度ゆらぎは中性大気擾乱によって生成したことが分かった。

また、周波数解析の結果、150Hz以上に現れたノイズ状の増加現象から飛翔体のウェイクの端領域で発生しているらしい電子密度ゆらぎが見い出された。

① 200Hz付近にあるノイズのピークのレベルと周波数が周期的に変化することからロケットのスピンの関連を持っている。

② 電子密度高度勾配のあるE層より低高度の低電子密度領域から出現しており、ウェイクの電子密度勾配に関係がある。

③ 高次高調波の位置のピークから多重構造の電子密度ゆらぎが想像される。

④ 降下時にはノイズの帯域が広くなり、プローブがウェイクの中に来た場合にも、広帯域になって現われることから、ロケットウェイクと深い関係を持っている。

⑤ 10mから3mの波長域(150~500Hz)のスペクトル指数は 2.5~2.8 で、上昇時の70kmの高度領域でも、下降時のウェイク中でも同じであったことからロケットウェイクの端の密度勾配領域で発生する電子密度ゆらぎと解釈される。

今回は、この150Hz以上のピーク状の増加現象に注目して、以下のような解析を行なうことによって、ロケットウェイクの端領域で発生する電子密度ゆらぎの特性を考察することを試みる。

① スピン周期の単位でデータを区切り、さらにそれを幾等分かして解析することによってピーク状ノイズのスピンの角特性を明らかにする。

② ①の結果をロケットウェイクの観測データと照らし合わせてウェイクの端領域との位置関係を調べる。

③ プローブがロケットウェイクの中に入った場合に現われる広帯域ノイズのスピンの角特性とウェイクの位置関係を調べて電子密度ゆらぎの特性を調べる。

④ ウェイク端領域で生じる200Hz帯の電子密度ゆらぎ特性をロケット実験で調べる。

■ ポスターセッション (4月7日)

09 : 00 ~ 10 : 30 P21-01 ~ 19

10 : 30 ~ 12 : 00 P21-20 ~ 38

門倉真二
地磁気観測所

Data Analysis Method for Multi-station Observation of Geomagnetic Secular Variation

Shinji Kadokura
(Kakioka Magnetic Observatory)

In order to investigate changes associated with seismic activities, the Geomagnetic Research Group have been observing geomagnetic total force at 27 stations since 1977. These data should be separated into global (or wide-areal) variations and local ones, which is useful for the investigation. To separate these variations, the author extended the principal component analysis. Although there is some mathematical ambiguity, good results were obtained.

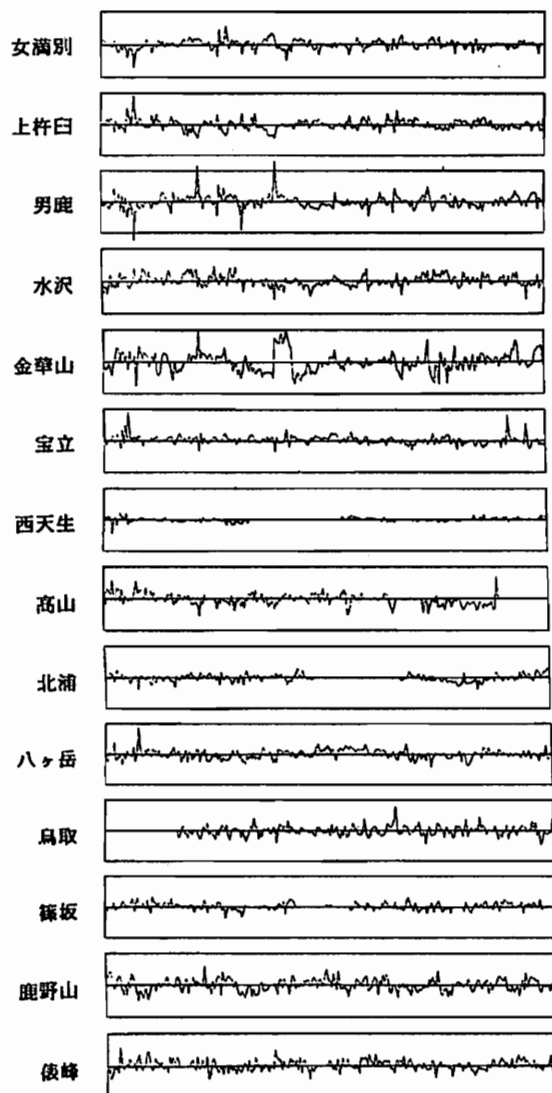
地磁気などの観測データは、グローバルな変化とともに局所的な変化を含んでいる。多点観測が行われた場合、前者は多くの観測点に現われるのに対し、後者は1つ或は少数の観測点にのみ現われる。このことを利用すれば各地点のデータの適当な線形結合により2者をお互いに分離することが可能である。

現在、地震予知地磁気グループで行われている永年変化観測のデータ解析では、局所変化のみを抽出することが重要である。現在は、柿岡の値を基準にした差、あるいはその重み差を各地点の局所変化の近似に用いている。これは、主成分解析法を用いることで近似は改善されると期待できる。しかしながら、現実のデータでは、柿岡などの一部の観測点を除き欠測が避けられないので、従来の主成分解析法を適用することはできない。

著者は、データの重みを導入し、拡張された主成分解析法を開発した。数学的な厳密さについては未だ若干の検討を要するが、実際の欠測を含むデータで使用したところ、十分実用になることがわかった。

右の図は解析結果の一例である。用いたのは、1989年1~9月、全国27地点の全磁力の夜間のデータである。処理は

- ① 日毎に平均し、柿岡の値を差し引く(柿岡はそのまま)、
- ② 各測点で時間の一次関数で現わされる変化を除去、
- ③ ②の結果を、拡張された主成分解析法にかける、
- ④ 第6主成分までを全球(広域)的变化とみなし、除去したものをプロット(紙面の都合で14地点のみ掲載した)というものである。従来のプロット(②迄の処理)に比べ縦軸を大幅に拡大できるようになっている。(2mT/dV)



P21-02 ON THE GEOMAGNETIC SECULAR VARIATIONS BEFORE AND AFTER THE GEOMAGNETIC SUDDEN IMPULSE IN 1969

Y. Sano

Dept. of Geophysics, Faculty of Science, Kyoto Univ.

The geomagnetic secular variations, whose characteristic time scales are of the order of one decade, are discussed in connection with the geomagnetic secular acceleration impulse (often termed "geomagnetic jerk"), which took place in 1969. The annual mean data from fifty observatories which cover at least the epoch 1950-1980 were selected and analysed. From the annual mean data we find, in agreement with the previous works (e.g. Ducruix et al. 1980; Malin and Hodder 1982; LeMouél et al. 1982), that the jerk was observed worldwide and that the component in which the variations related to the jerk was most clearly seen critically depends on the location of the observatory; for example, it was most relevant in the east-west component in Japan while at Guam it was observed mainly in the north-south component. Moreover, the jerk was conceived also in Australia, Antarctica, and South America though with smaller intensity. Nevanlinna(1984) suggested that the jerk was a phenomenon related to some changes in the large Siberian Z-anomaly, by studying the secular variations observed in Europe and Asia during 1955-1975. We examine whether the same source would be inferred from the changes observed at the stations not included in the Nevanlinna's work. In addition, we examine whether these variations can be explained by the changes in the main dipole itself or whether it is of external origin e.g. whether it is due to the changes in the ring current or in the IMF By-component.

References:

- Ducruix, J., Courtillot, V., LeMouél, J.L., *Geophys. J.R.Astron. Soc.*, 61, 73-94, 1980.
 Malin, S.R.C., Hodder, B.M., *Nature*, 296, 726-728, 1982.
 LeMouél, J.L., Ducruix, V., Chau, H., *Phys. Earth Planet. Inter.*, 28, 337-350, 1982.
 Nevanlinna, H., *J. Geophys.*, 55, 37-40, 1984.

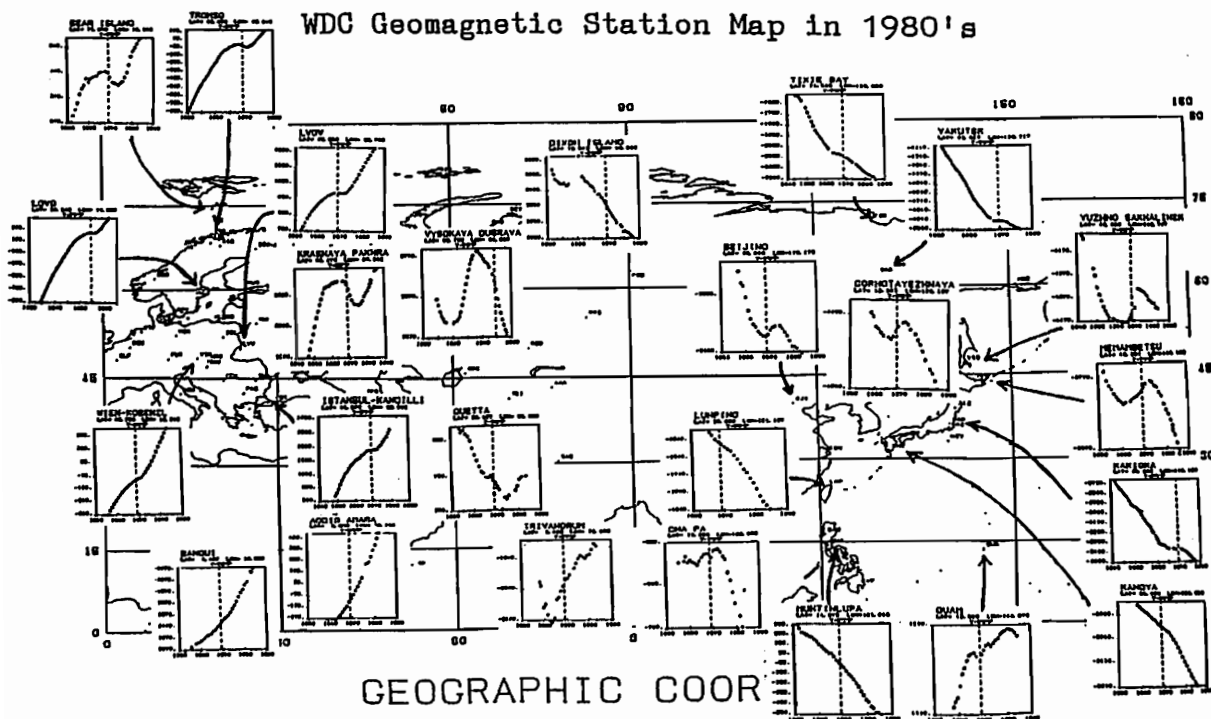


Figure Secular variation (east-west component) around 1969.

Magnetic Property of Plio/Pleistocene Sediments from the Boso Peninsula (2)

Masayuki TORII, Hirokuni ODA
Dept. Geol., Kyoto Univ.

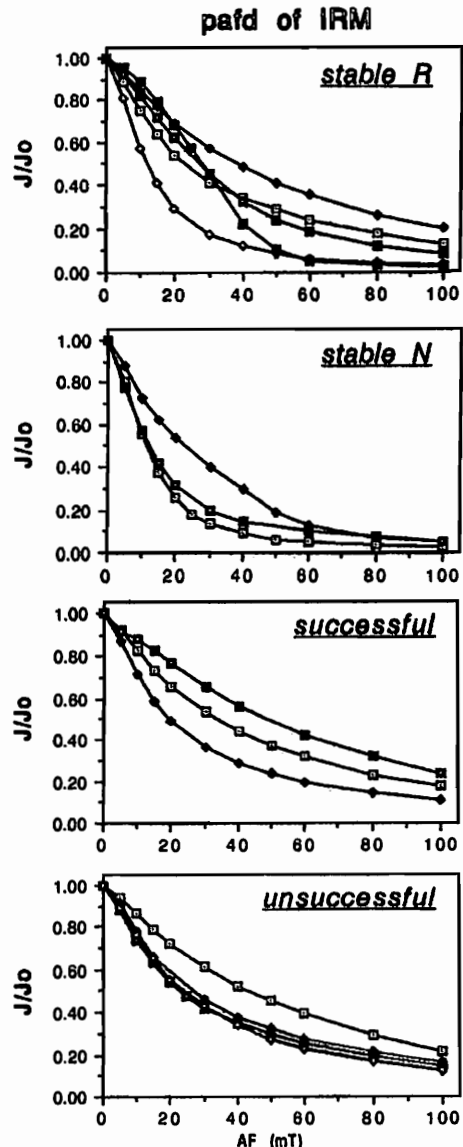
and James E.T. CHANNELL
Dept. Geol., Univ. Florida

Rock magnetic properties of the Plio/Pleistocene marine sediments from the Boso peninsula were examined to study possible short geomagnetic reversals in the Matuyama Chron. Samples are classified to the following three categories from the view point of their response to the thermal demagnetization: (1) stable with essentially single component, (2) normal component can be erased by the demagnetization above 200°C, (3) thermal demagnetization is not effective to reveal stable component. Alternating field demagnetization of IRM indicates some differences among those three categories. Unsuccessful samples show the presence of relatively higher coercive part than stable samples.

地球磁場の変動を、連続的に過去にさかのぼって観測するには、堆積岩から自然残留磁気を測定するのが優れた方法である。解像度と信頼度の高い測定をするためには、堆積速度が速く、構成粒子が十分に細かいという、互いに矛盾する条件を満たす堆積岩を見つけないならならぬ。このように、房総半島に分布している新第三紀の地層は、他に得がたい研究対象である。

私達は、新妻(1976)によって報告されたマツヤマ逆磁極期の中の短い正帯磁ゾーンの前後の地球磁場の変動を詳しく調べるために、おもに養老溪谷で採集した堆積物の残留磁気を測定して、逆磁極期の中の短い正帯磁垂線の存在を主張するには、一般に現在の地球磁場による2次磁化を確実に消したと信憑できなければ不安である。そのため、交流消磁や熱消磁実験を厳密に行うことはもちろん、採用した消磁方法の妥当性を保障するためのさまざまな岩石磁気学的な検討が必要となる。

これまでの熱消磁実験の結果では(交流消磁は多くの場合有効でなかった)、見かけ上1種類の磁化成分しかない安定な試料、200°C以上の消磁で逆帯磁であることが明らかとなる試料、熱消磁が安定な磁化成分を区別するのに有効でない試料の3種類に区分できる。それぞれの試料群について、VRM、ARM、IRMの獲得実験と消磁実験、残留抗力測定、熱磁気測定、高温帯磁率測定などを行い結果を比較している。これまでの測定例では、3種類の試料群の間で差が有りそうな特性としては、IRMの交流消磁曲線である(図)。この事実は、ARMの消磁曲線にほとんど差がないことと合わせて考えると、2次磁化成分(熱消磁が有効でない?)を担っているのは、硬い等温残留磁気を獲得できる磁性鉱物ではないかと思われる。



A PALEOMAGNETIC STUDY OF PINGVINANE AND LUNCKERYGGEN REGIONS IN THE SØR RONDANE MOUNTAINS, EAST ANTARCTICA

M. Funaki and K. Tokieda
National Institute of Polar Research Shimane University

A total of 1316 paleomagnetic samples were collected from Pingvinane and Lunckeryggen regions in the SøR Rondane Mts. by the Japanese Antarctic Research Expedition. The samples of granite and syenite from these regions have been studied. The results indicated that the Pingvinane granite and Lunckeryggen syenite from site 3 showed VGP positions which are essentially consistent with the results of Zijderveld (1968). However, the VGP positions of Lunckeryggen syenite of site 4 and granite of site 2 were located at completely different positions from above those positions, but the VGP position of the Lunckeryggen granite is consistent with that of Triassic to Jurassic Period of East Antarctica. These experimental results may suggest that the regions magnetized around late Ordovician and then remagnetized partially at Mesozoic period, although some discrepancy is remained with geochronology.

1 はじめに

第30次南極観測隊(夏隊)で行った古地磁気学用試料採集とその結果の一部を紹介する。調査は SøR Rondane Mts. の西半分(Gjelbreen - Nils Larsen fjelletの間)の主要な岩体を対象に行った。採集された岩石は、gneiss 類 granite, pegmatite, dolerite, Syenite, diorite, tonalite 等である。試料は、37地域からコア試料 809個、ハンドサンプル 507個を採集した。現在これらの試料の切断を終え、磁氣的性質を測定中である。今回はPingvinane地域のgraniteとLunckeryggenのgraniteとSyeniteについて、その測定結果を報告する。

2 Pingvinane の granite

Pingvinane に分布する granite の8地点から得られた試料のうち、西端の露岩(site 4)から得られた60個の試料のNRMは比較的強く(10^{-8} Am²/kg)、スピナー磁力計で容易に測定できた。しかし他の地点の試料のNRMは、 10^{-8} Am²/kg以下と極めて弱く、また交流消磁に対しても不安定であった。site 4の試料のNRMは交流消磁に対し比較的安定で、10 mT で消磁した場合、適正な磁化方位を得ることができた。NRMの平均的な方位は伏角(I)=68.3° 偏角(D)=315.3° $\alpha_{95}=4.1^\circ$ である。

3 Lunckeryggen の Syenite

Lunckeryggen の2地域(site 3, 4)の Syenite は共に極めて強いNRM (10^{-5} Am²/kg)を持つ。交流消磁に対する挙動は、複雑で同一地域の試料であるにもかかわらず、安定なもの不安定なものが混在する。一般に大きなVRMが付加されており、試料によってはVRMを完全に消磁する(25mT以上)前に、安定性が破壊されてしまうものもあると考えられる。これらの試料中の磁性鉱物は、顕微鏡観察とCurie 点から、高温酸化を受けた magnetite であると判断される。

Site 3, 4試料のNRMの方向は交流消磁する前バラバラであるが、消磁することにより下向きで高伏角の磁化成分が卓越する。しかし Site 4においては、35mTの消磁でもバラツクものも見られ、この傾向は消磁強度を大きくしても変わらなかった。比較的NRM方向のまとまる試料の平均値は、Site 3の場合I=74.0°, D=327.3°, $\alpha_{95}=7.0^\circ$ Site 4ではI=79.8°, D=201.3°, $\alpha_{95}=9.3^\circ$ であった。

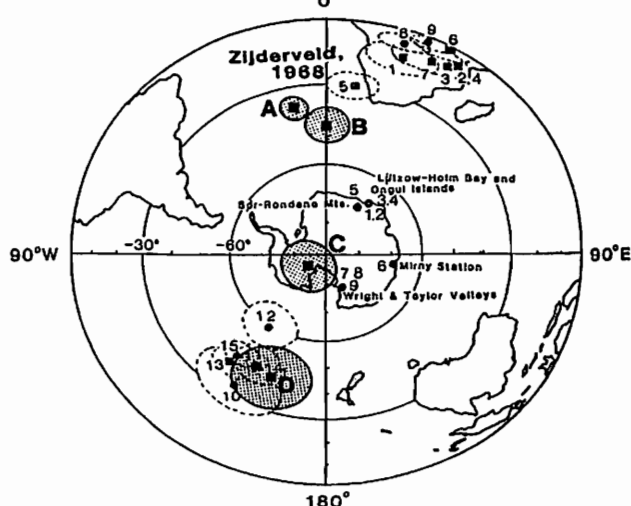
Lunckeryggen site 2の granite は magnetiteを磁性鉱物として含み、一般に大きなVRM成分を持つ。消磁前のNRMの方向はばらばらついているが、40mTの交流消磁である程度まとまる。しかし Syenite と比べるとまとまりが悪い。比較的まとまる試料の平均値はI=39.8°, D=178.9°, $\alpha_{95}=12.1^\circ$ であった。

4. 考察

Lunckeryggen の graniteのRb/St年代は 400-520ma (高橋他, 1989)、またこの地域の変成を受けた dolerite のAr⁴⁰/Ar³⁹年代は 440-450ma (瀬上他, 1987)である。PingvinaneのgraniteとSyenite Site 3のVGPの位置 (Fig. 1)は、東南極の古生代初期(Cambro-Ordovician Period)のVGPの位置より高緯度で西方に位置している。またこれらのVGPはZijderveld (1968)がこの地域から求めた値のすぐ近傍に位置し、彼の結果とも矛盾しない。年代を考慮に入ると SøR Rondane Mts. から今回求められたVGPは、ゴンドワナの見かけの極移動曲線上に位置し、矛盾しない。しかしLunckeryggen site 4の SyeniteとSite 2の graniteのVGPの位置は説明できない。ただしLunckeryggenのgraniteの示すVGPの位置は東南極の三疊紀からジュラ紀のものとも一致する。一つの可能性として、古生代末から中生代にかけてこれらのgraniteやsyeniteが再磁化したとすれば、今回得られた結果を統一的に理解できる。

Fig. 1. VGP positions obtained from Pingvinane granite, Lunckeryggen syenite and granite and some previous results of East Antarctica.

- A: Pingvinane granite of site 4
B: Lunckeryggen syenite of site 4
C: Lunckeryggen syenite of site 3
D: Lunckeryggen granite of site 2
1-9: Cambrian-Ordovician VGPs from East Antarctica
10-15: Jurassic VGPs from East Antarctica



Ion Inertia Effect on Kelvin-Helmholtz Instability. Part 2.

M. Fujimoto, A. Nishida (ISAS) and T. Terasawa (Kyoto Univ.)

The Kelvin-Helmholtz instability has been considered to occur at various locations in space where velocity shear layers are present, and has been studied extensively in the MHD or electrostatic limit. However, in a case where the width of the shear layer is comparable to the ion inertia length, the ion inertia effect cannot be neglected and we should use the two-fluid plasma equations. In the previous paper, we have studied this effect in parallel cases with uniform background plasmas, namely,

$$\mathbf{B}_0 = B_0 \mathbf{e}_x, \quad \rho = \rho_0$$

$$\mathbf{V}_0(y) = \frac{V_0}{2} \tanh(y/a) \mathbf{e}_x$$

with eigenfunctions of the forms $\sim f(y)e^{(ikx - i\omega t)}$. Since the previous study has been restricted to subsonic shear layers ($V_0 < 2C_s$), we will extend the parameter range of study to supersonic cases in the present paper. Study in the non-uniform background plasma,

$$\mathbf{B}_0 = B_0(y) \mathbf{e}_x, \quad \rho = \rho(y)$$

will also be given.

MHDシミュレーションによる
位相混合アルフェン波の崩壊過程

梅木秀雄 寺沢敏夫
京都大理

DECAY PROCESS OF PHASE-MIXED ALFVEN WAVES
BY MEANS OF A MHD SIMULATION

H.Umeki and T.Terasawa
Department of Geophysics, Kyoto University, Kyoto 606, Japan

It has been well known that a finite-amplitude coherent Alfvén wave is unstable against decay into a backward-going Alfvén wave and a forward-going sound wave. However, under the restrictive assumption that the parent wave is a coherent and monochromatic Alfvén wave, it seems almost impossible to understand the decay process of Alfvén waves observed in the solar wind, since such waves are essentially incoherent and have a broad-band power spectrum. We have started a simulation study of the decay process of incoherent phase-mixed Alfvén waves by using a MHD code of higher order accuracy. Quantitative discussion on the nonlinear behavior of the system, such as evolution of the wave spectrum and the heating rate of the background plasma, will be presented.

太陽風の付加的な加速・加熱機構において、アルフェン波は重要なエネルギー源として注目されており、太陽近傍プラズマの物理量を考慮に入れると、太陽面外向き伝播のアルフェン波が、その崩壊不安定性に基づく物理過程によって、波のエネルギーを太陽風の運動・熱エネルギーに変換している可能性がある。崩壊不安定性とは、有限振幅のアルフェン波が周辺プラズマの密度及び磁場擾乱とカップリングして主にイオン波と向き伝播のアルフェン波に崩壊することであるが、単色の円偏波アルフェン波のそれが理論的にも数値実験的にも十分研究されているのに対して、位相混合したアルフェン波の場合は（より実際の太陽風中

での状況に近いといえるが）不安定性の発展を明確に記述するには至っていない。我々は、MHDシミュレーションの技法を用いて、イオン音波の発展も含めた位相混合アルフェン波の崩壊不安定性を調べている。散乱アルフェン波及びイオン音波の波数空間に於ける時間発展から、アルフェン波崩壊過程の、親波のスペクトル型への依存性を定量的に導くことができる。また、イオン音波の発展の様子から周辺プラズマの加熱率を求め、実際の太陽風プラズマ中のアルフェン波の崩壊過程、具体的には太陽風の加速・加熱におけるアルフェン波の寄与をより実際に近い形で定量的に評価することも可能である。

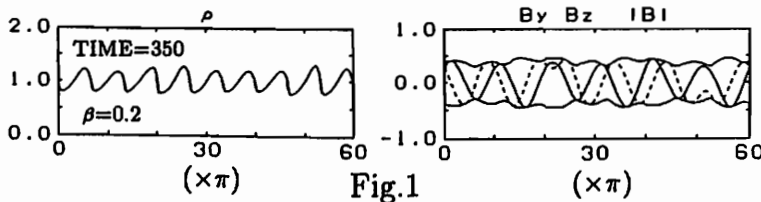


Fig.1

A test run for a R_+ - and L_+ - mode mixture

Fig.1. Snapshots of the density and wave magnetic field (solid line, B_y , dashed line, B_z and the wave envelop)

Fig.2. The power spectra in k space for density and magnetic fields for positive helicity (i.e. R_+ or L_-)

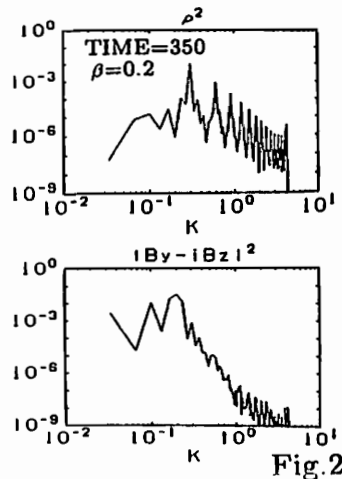


Fig.2

Ion Reflection and Dissipation at Quasi-Parallel Collisionless Shocks

T. Terasawa¹ and M. Scholer²¹Faculty of Science, Kyoto Univ., ²Max-Planck Institut für extraterrestrische Physik

Abstract. Large scale one-dimensional hybrid simulations with resistive electrons have been performed of a quasi-parallel ($\Theta_{Bn} = 20^\circ$) high Mach number collisionless shock. It is found that backstreaming reflected ions, i.e., upstream ions with velocities exceeding the shock ram velocity, originate from the outer part ($v \gtrsim 1.7v_{th}$) of the velocity space of the incident distribution. The backstreaming ions produce very low-frequency magnetosonic waves which propagate upstream with about $1.3V_A$ (Alfvén speed). As the wave crests convect toward the shock, they steepen up and the shock reforms itself. During shock reformation a large part of the incident ions are reflected. This, in turn, slows the incident ions down. The slowed down incident particle distribution and the reflected particle distribution merge and constitute the new thermalized downstream distribution. In the interval of a relatively stationary shock low-frequency whistler waves stand at the shock front. During these time intervals the whistler waves are probably responsible for dissipation by nonadiabatic compression of the incident ions. The whistler waves are destroyed by the incoming large amplitude wave crest and reemerge at the new shock front. The reappearance is probably due to the nonlinear steepening process at the upstream side of the incoming wave crest.

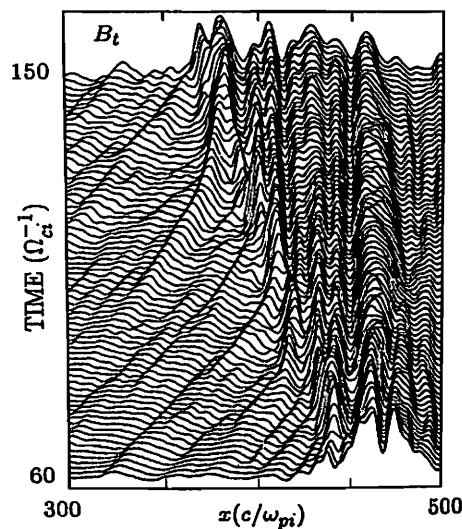


Figure Caption: Stacked profiles of the magnetic field perpendicular to the shock normal, ($B_t = (B_y^2 + B_z^2)^{1/2}$) showing the evolution between 60 and $150\Omega_{ci}^{-1}$. Shown is only part of the simulation system ($300 - 500c/\omega_{pi}$); a reflecting wall is located at the left hand side, $x = 500c/\omega_{pi}$.

宮岡 宏, 湯元清文, 田中義人, 平澤威男
(極地研) (名大空電研) (極地研)

ANALYSIS OF LOW LATITUDE AURORA EVENT OBSERVED ON OCT. 21, 1989

H. Miyaoka, K. Yumoto, Y. Tanaka, T. Hirasawa
(NIPR) (RIA/Nagoya Univ.) (NIPR)

We succeeded to make optical observation of the low latitude aurora event which appeared during a major magnetic storm on Oct. 21, 1989 at Moshiri Observatory, Hokkaido. The most prominent feature of this event was that 6300A emission has been dominant with the apparent peak intensity over 15kR, while the intensities of the other wavelengths stayed almost background level except the 5577A enhancement corresponding to the discrete auroras within the 6300A red aurora. In this paper, we investigate an origin of this low latitude aurora phenomena, comparing with SAR arcs in the low / mid latitude regions.

1. 序

1989年10月21日および11月17日の両日、北海道の北方に国内では1960年11月以来、約30年ぶりにオーロラが出現した。我々は名大空電研付属母子里観測所(北緯44°磁気緯度34°)において10月21日のオーロラ出現約1時間前より光学観測を開始し、貴重な低緯度オーロラの観測に成功した。ここでは、我々の観測データの解析結果をもとに他の関連データも含め、このオーロラ現象の起源について、特にSARアークとの関連を中心に検討した結果を報告する。

2. 観測

光学観測として4278A, 5577A, 6300A, および6683Aの4波長を同時測光する掃天型フォトメータ(60秒/SCAN)による分光観測を行い、フラックスゲート磁力計による地磁気3成分の変動と併せて記録した。図1は掃天型フォトメータの観測結果で、磁気子午面に沿ったオーロラ発光中心領域の光度変化を示す。オーロラは2035(JST)過ぎより急激にbreakupしたが、4波長のうち6300Aが圧倒的に強く、2042~2105(JST)の間、測定レンジ(8.8kR)を越えてしまっている。一方、5577Aはほとんど定常レベルのままであったがbreakup直後、赤い(6300A)diffuseオーロラ中に白いdiscrete状のオーロラ(光柱のように見える)が数本現われた瞬間に、最大約4kRのenhancementを記録した。なお、4278Aおよび6683Aは夜光レベルのままオーロラbreakup後もほとんど変化は認められなかった。

3. 検討

今回のオーロラ現象の成因を考える上で、特に下記の観測事実が重要である。

- (1) 6300Aの発光強度が圧倒的に強い。
(推定ピーク値15kR以上)
- (2) discreteアーク(5577A発光)の存在。
- (3) オーロラ発光のlife timeは約1時間でサブストームとの関連が強い。母子里の磁力計で観測された $\Delta H = 200$ nTのpositive bayにオーロラ出現時間が一致する。
- (4) 発光領域の経度方向移動(westward: 目視確認)。

また、6300Aの発光中心は仰角約10°の方向にあり、発光高度を400kmと仮定するとオーロラは磁気緯度45~47°付近にあったものと推定される。

こうした中低緯度で観測されるオーロラ現象の一つとして「SAR(Stable Auroral Red)アーク」がある。Rees and Roble(1975)によるSARアークの定義と比較すると、今回の現象は、6300Aの発光がdominantであるという共通点はあるも

の、むしろ現象論的に多くの点で様相を異にしている。まずSARアークでは6300Aの発光強度は最大でも6kR程度、通常は数100Rのレベルであること、発光の継続時間は平均10時間程度で領域も経度的にglobalであること(storm-related)、SARアークは構造的にほぼ一様であり特に速い動きを伴うことはない。仮に今回観測されたオーロラ現象が大磁気嵐に伴って「特にenhanceした」SARアークとしても、明らかに降下電子によるdiscreteアークの生成をSARアークの範疇で捉えることは難しい。むしろ過去に何度か観測された、大磁気嵐の最発達期に短時間(≦1時間)極めて強い6300Aの発光として出現する「低緯度オーロラ」(Tinsley et al, 1986)として解釈するのが妥当である。これは単に低緯度に下がってきた通常の極域オーロラ(5577A, 4278A等を主体とする)の低緯度端を見ているのではなく、さらにその低緯度側に独立して出現する6300A主体のオーロラ現象である。その励起ソースとしては、Ring Current起源の降下イオン及び中性原子、あるいは低エネルギー電子(~eV)の降下が可能性としてあるが、今回の場合4278Aなどの励起がほとんどないことから、後者の可能性が強い。ただし、discreteオーロラ出現時はそれに重畳して高エネルギー電子(~keV)の流入が間欠的であったものと思われる。講演では、以上のscenarioに沿ってより詳細に議論する。

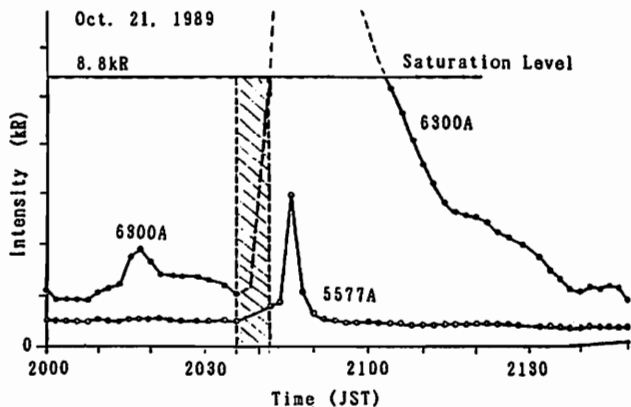


図1. 掃天型フォトメータによるオーロラ発光中心領域の光度時間変化

参考文献

- Rees and Roble(1975): Rev. Geophys. Space Phys., **13**, 201
Tinsley et al(1986): J. Geophys. Res., **91**, 11257

直接発生説によるAuroral Kilometric Radiation における不均質プラズマ媒質の効果

小林 香・大冢 寛・森岡 昭
(東北大理)

The effect of non-uniform media on direct generation theory
of Auroral Kilometric Radiations

Kaori Kobayashi, Hiroshi Oya, Akira Morioka
Geophysical Institute, Tohoku University

ABSTRACT

In the direct generation theory, AKR is considered to be generated directly in the form of electromagnetic waves through the processes of the relativistic cyclotron resonance in the acceleration region of the auroral particles. Though the effect of the plasma inhomogeneity is thought very significant for the direct theory, that is basically assuming very long wave-length in the source, no consideration has been made in the original direct theory. We have studied the effects of the plasma inhomogeneity at the source based on the observation of the EXOS-D (Akebono) satellite. The results show that the inhomogeneity is very unfavorable to the direct theory; the results then suggest that the short wave-length generation is important to the source region.

1. 序

AKRの発生機構としてcyclotron型共鳴により電磁波が励起されるとする直接発生説と、Landau型共鳴により励起された静電的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に大別される。後者はその発生域に存在すると考えられるプラズマ媒質の不均質を積極的に活用しているが、前者において不均質の与える影響はあまり考えられてはいない。本論では不均質媒質の場合、直接発生説への効果をEXOS-D衛星の観測事実を基に検討した。

2. モデル及び理論

EXOS-D (あけぼの) 衛星に搭載されたPWS装置により、様々な電磁波動が広帯域に渡り高時間分解能で観測されていて、AKR発生域での観測データの中のUHR周波数とcyclotron周波数より、plasma周波数をも得ることができる。その例をFig.1に示す。

本研究では、得られた密度構造を用いて、Wu and Leeの相対論的cyclotron共鳴条件の維持できる領域さらに波動の成長率の計算を行った。ここではゆっくりと変化する媒質を扱う為に特にWKB近似を用いて彼等の理論の適用範囲を拡張した。

3. 検討

実際の観測データによる密度構造を用いた計算では、inverted-Vに対応する100km程度のcavity構造を与えた場合に、共鳴条件が消失する直前に成長率がわずかに正になる領域が現れる以外は、成長率はほぼ負またはゼロとなっていて、直接発生説が現実のプラズマでは不利であることが示された。

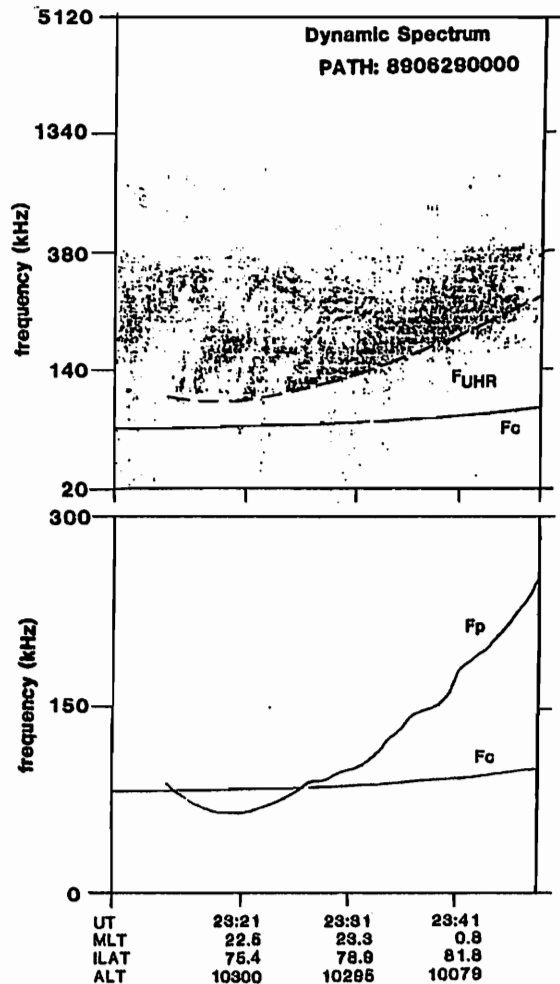


Fig.1 (a) dynamic spectrum by PWS
(b) plasma frequency profile

P21-10

多点観測オーロラ画像データ処理システムの構築

西谷 望・小口 高・渡辺 亮・荻野 樹・岩田 晃・倉橋 克典・太田 幸一・高柳 利男
(名古屋大学空電研究所)

Digital Processing System of Multi-station Auroral Image Data

N. Nishitani, T. Oguti, T. Watanabe, T. Ogino, A. Iwata, K. Kurahashi,
K. Ohta, T. Takayanagi

Research Institute of Atmospherics, Nagoya University

Coordinated data analysis of multi-station auroral image data is important for the study of the dynamics of the magnetosphere. A digital processing system of image data is demonstrated. This system can convert the multi-station 2-dimensional image data into the global picture. Some results obtained by using this system are shown.

オーロラ画像データは二次元の情報を含んでいるために、磁気圏のダイナミクスを探るためにきわめて重要である。特に、地上多点観測データは時間空間分解能が高く、電離層と静止軌道衛星等との共役関係など、磁力線のマッピングを行う上で最も有効な研究手段である。

名古屋大学空電研究所において画像データ処理システムを構築中であるので、その現状について報告する。図1の様にビデオテープに保管されたデータはデジタル化され、Ethernetを通じてグラフィックスコンピュータTITANに送られる。グラフィックスコンピュータにおいて、座標変換、ゲイン補正などを行った後、地図上に各観測点で得られた画像を投影することが出来る。また、生成した画像は、ビデオシステ

ムでコマ撮りすることも可能であり、広範囲にわたるオーロラの発達の様子をアニメーション形式でみることもできる。更に、Ethernetを経由して汎用コンピュータACOS-930に画像データを送ることにより、二次元の高速フーリエ変換などにより高速、大容量のデータ処理が可能となる。

図2はシステムを使用して作成したオーロラの分布図である。このデータと地上の磁場データ、及び静止軌道の磁場データ等を組み合わせて、発表者が前回の学会までに行ってきたオーロラに伴う電流系、地上と静止軌道の磁力線の共役関係等を詳しく調べることが容易となる。具休例としては緯度的、緯度の構造に極めて局在化していることが見いだされた。その詳しい結果についても報告する予定である。

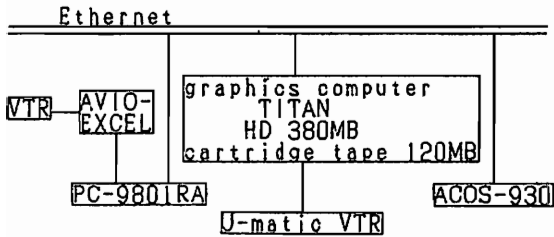


Fig.1 Block diagram of the processing system.



Fig.2 An example of the picture obtained by using the system.

P21-11 オーロラと磁場変動の広域多点観測、 1989-1990、速報

林幹治¹、山本達人¹、園分征¹、田中義人²、湯元清文²、西野正徳²、小口高²、
巻田和男³、斎藤尚生⁴、渡辺富也⁵、D.McEwen⁶、R.Horita⁷、A.Brekke⁸、A.Egeland⁹

1: 東大理、2: 名大空電研、3: 拓大工、4: 東北大理、
5: U.B.C.、6: U.SKT、7: U.Vic、8: U.Tromso、9: U.Oslo

Global network campaign was carried out to observe global dynamic aspects of auroras and magnetic field variations. All-sky TV cameras were operated at 13 locations and fluxgate and induction magnetometers at 11 and at 24 sites, respectively. A wide longitudinal coverage in the station distribution of this campaign was effective for coordination with "AKEBONO" observations.

オーロラあるいは磁場変動の地上多点観測は、磁気圏物理の巨視的ダイナミックスの精密化を目標として計画されたものである。それは、電離圏が電気的には磁気圏に対して2次元終端回路網であり、降下粒子の形でその実態を映し出すスクリーンであるという事実にもとづいた一種のリモートセンシングと云える。

今回の計画は「あけぼの」との呼称観測を主な目的とし、オーロラ観測についての経度的広がりや連続性に特徴がある。観測期間は1989年12月末より1990年2月初旬（一部2月末まで）である。

全天TVカメラによる観測は13ヶ所で行われた【アラスカ(1)、カナダ(8)、グリーンランド(1)、アイスランド(1)、スピッツベルゲン(1)、ノルウェー(1)（※は協同観測を含む）】。この広域配置は「あけぼの」衛星との同時対応の確率を大きくするとともに、地上観測の弱点である天候による制約を緩和することを考慮し計画された。

磁場観測については、昨年度および本年度、夏期に半恒久的設置箇所を増強し、フラックスゲート及び誘導磁力計の観測点はそれぞれ8地点、20地点となった。その数は冬期の臨時設置点を含めるとそれぞれ11、24地点である。機器設置設営は年末・年始の時期ではあったが、予想以上に順調に進んだ。1月6日前後にはほぼ全観測点で観測態勢に入ることができた。1月28日現在、地磁気活動は太陽活動度最盛期としては驚くほど静かであるが（カナダ地域）、暗天頻度は従来の場合よりは良好で、複数地点同時データが取得されつつある。

この期間には、アメリカの研究グループの極冠域観測も実施されたので、CANOPUS等他の研究グループの観測結果もまじえて速報する。

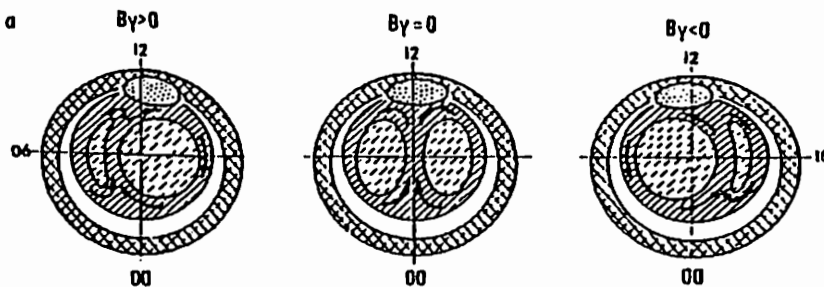
SIMULTANEOUS OBSERVATION OF POLAR CAP ARCS BY THE VOSTOK STATION AND THE DMSP SATELLITE

M.G.Gusev (Inst. Space Phys. Aeron.), O. A. Troshichev, and T. Obaya (宇宙研)

In order to investigate the particles which produce the polar cap aurora observed at the Vostok station in Antarctica (Mlong=55, Mlat=-83,5°) we have surveyed the particle data obtained by the DMSP satellite in a period from April to August 1985. Due to the satellite orbit the local time range in which the data were available was the morning sector.

For all events when the sun-aligned arcs were observed at the Vostok station on the simultaneous measurements on almost the same field line by DMSP showed increased fluxes of the precipitated electrons with energy $E_e > 200$ eV. As a rule the sun-aligned arcs were not observed at Vostok if the electron number fluxes were below some threshold level equal to $J_e = 10^9$ (cm².ster.sec)⁻¹. The location of the electron precipitations more intense than this often coincided with the regions where the sun-aligned arcs were observed some minutes before or later by the all-sky camera. In other cases the enhanced electron precipitations were recorded by satellite along the extension of sun-aligned arc recorded at Vostok.

In two events the satellite crossed the arc system which consisted of the sun-aligned arc and circle along the latitude according to the Vostok data. Analysis of the DMSP electron and ion precipitation data has shown that in both events the latitude-oriented arcs were located inside the polar cap but not in the auroral oval. This result confirms the idea put forward by Troshichev et al.(1988) that the distribution of the polar cap arcs displays theta structure even if the auroral oval arcs are excluded from the picture and therefore a theta structure is a specified form of the distribution of polar arcs unrelated to auroras in the auroral oval.



INTERPOSITION OF THE AURORAL OVAL, DAYTIME CUSP AND θ -AURORA REGION FOR DIFFERENT ORIENTATIONS OF THE IMF B_y -COMPONENT AND $B_z > 0$.

P21-13

朝側極域のオーロラの電場構造について < S-520-12号機ロケット観測(速報) >

河野 祐一、早川 基、鶴田 浩一郎、松岡 彩子
(宇宙科学研究所)
中村 正人 (マックス・プランク研究所)

Preliminary result of the electric field in the dawnside aurora
measured by S-520-12 rocket launched from Andoya, Norway

Yuh-Ichi Kohno, Hajime Hayakawa, Koh-Ichiro Tsuruda, Ayako Matsuoka
(The Institute of Space and Astronautical Science)
Masato Nakamura (Max Planck Institute)

The preliminary observation by EFD (Electric Field Detector) onboard S-520-12 rocket is reported on dawnside aurora, especially pulsating aurora. The instrument is based on Boomerang technique developed by our group. The purpose of this experiment is to study a global convection electric field which may act as driving force of auroral patch motion, and to understand fine structure in/around the patches.

朝側極域、特に脈動型オーロラを観測対象とするS-520-12号機は1990年2月にノルウェーのアンドーヤから打上げ予定であり、我々のグループが電場観測を担当している。本講演では、電場計測器のシステム及び観測結果の報告を行う予定である。

計測器は荷電粒子をトレーサーとして電場を測定するブーメラン法に基づいており、イオン銃、ディテクター及びエレクトロニクス部から構成されている(Tsuruda et.al., Nakamura et.al.)。トレーサーとして300 eVリチウムイオンを用いており、電場計測の時間及び空間分解能はそれぞれ10 msec、250 m程度であり誤差はせいぜい2 mV/mとなる。データ取得頻度は1スピン当たり2回である為に約500 msecとなる。

脈動型オーロラについての、粒子或は波動に関する研究は過去にも多く行われてきた。電場に関する報告はあまり多くないが、パッチの運動を決定すると考えられる大規模な電場構造に関する研究(Nakamura and Oguti, Scoufield et.al., Wescott et.al.)、及び電離層電流と沿磁力線電流とを関係づけられると思われるパッチ境界部の微細電場構造(Oguti & Hayashi)に関する研究とに大別されよう。ここに挙げた論文では、データは地上からの間接的な計測によるものであり、今回の様な飛翔体での直接観測により脈動型オーロラの理解が一層深まるものと思われる。

参考文献

- | | |
|---------------------------|------------------------------|
| Nakamura, R and T. Oguti | J.G.R. vol.92 (1987) |
| Scoufield, M.W.J. et. al. | J.G.R. vol.88 (1983) |
| Wescott, E.M. et. al. | J.G.R. vol.81 (1976) |
| Oguti, T & K. Hayashi | J.G.R. vol.89 (1984) |
| Tsuruda, K et. al. | Adv. Space Res. vol.8 (1988) |
| Nakamura, M et. al. | ISAS Res. Note No.367(1988) |

Satoru Tsunomura (Kakioka Magnetic Observatory)
 Natsuo Sato (National Institute of Polar Research)

Geomagnetic variations with external origin are affected by the ionospheric effects. By the Pedersen conductance, geomagnetic variations of external origin are attenuated due to the shielding effect, meanwhile the Hall conductance makes geomagnetic variations which are observed on the ground.

The effect of ionospheric shielding for the amplitudes of pc5 geomagnetic pulsations observed at Syowa and Iceland conjugate stations are reported by Saito et al.(1989). They showed that the amplitudes of pc5, which are observed simultaneously at both hemispheres, are larger at winter hemisphere than at summer one and larger at dark hemisphere than at sunlit one. On the basis of the investigations through the phase relation analysis of pi2 pulsations observed at conjugate stations in sub-auroral region, Green and Hamilton (1981) showed that the asymmetric ionospheric condition makes the larger scattering in the phase relations than the symmetric one. They mentioned that this feature is due to the shielding effect.

On the other hand, the amplitude ratios of SSC's and SI's observed at Syowa and reykjavik show a slight maximum in summer and minimum in winter (Tsunomura, 1989). Figure 1 and 2 show two examples of geomagnetic records at Syowa, husafell, Isafjorder and Tjornes on very quiet geomagnetic conditions. The former corresponds to the summer in the northern hemisphere and the latter the winter. The amplitude of Sq at Syowa are clearly smaller (larger) in the northern summer (winter) than those at Iceland.

As shown above, the ionospheric effect on geomagnetic variations in high latitude conjugate stations have different aspects. Theoretical treatment to distinguish these two effects of the ionosphere must be made in the near future. In this paper, the seasonal variations of SSC's and SI's will be checked using high time resolution geomagnetic records including low latitude data at Kakioka.

References

- Green and Hamilton, JATP, 43, 1133, 1981.
- Saito et al., JGR, 94, 6945, 1989.
- Tsunomura, Mem.Kak.Mag.Obs., 23, 7, 1989.

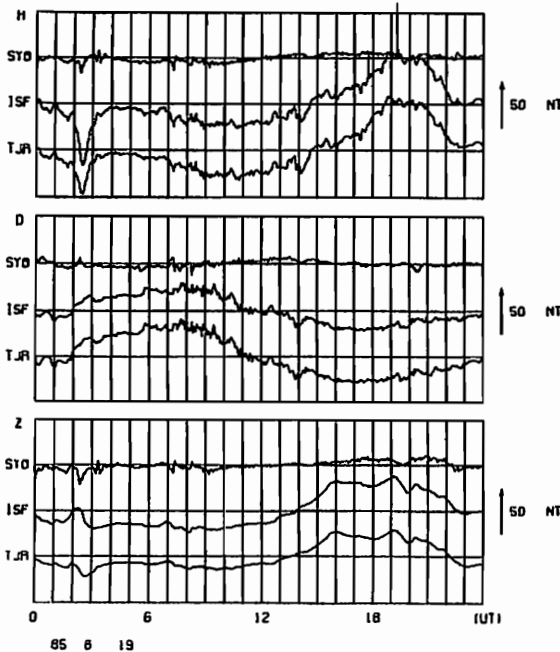


Figure 1 Geomagnetic records at Syowa and Iceland stations on geomagnetically quiet days in summer for the northern hemisphere.

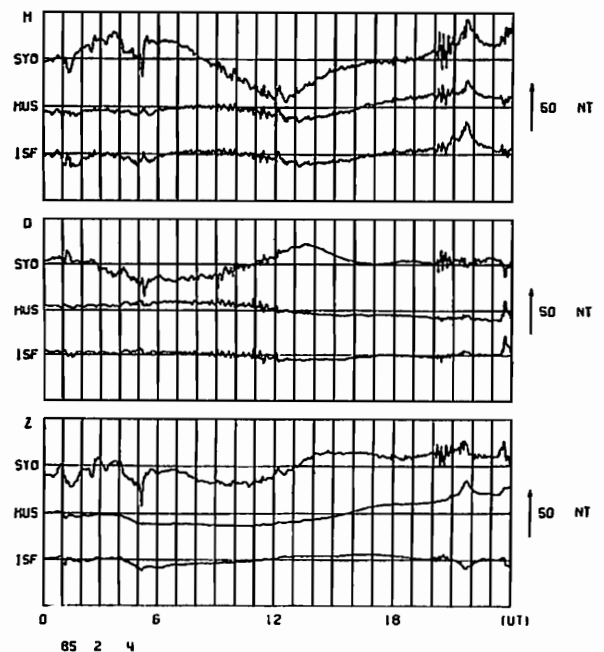


Figure 2 Same as Figure 1 in winter.

磁気嵐回復時の環状電流のシミュレーション

高橋俊・家森俊彦・竹田雅彦
京大

Simulation of a storm recovery phase ring current
S. Takahashi, T. Iyemori, and M. Takeda
Faculty of Science, Kyoto University

We simulate a ring current of a storm recovery phase by a monochromatic model (energy = 10keV and pitch angle = 90°). We use dipole magnetic field, Volland-Stern type dawn-dusk electric field, and corotating electric field. We assume that recovery of a storm is represented by the decrease of the dawn-dusk electric field (cross-tail potential drop from 100kV to 10kV). We obtain the trap process of particles accompanied with the decrease of dawn-dusk electric field and the time variation of the current in the recovery phase. This resembles with some actual Dst variations.

磁気嵐回復時におけるcross-tail電場の減少による荷電粒子の捕獲過程及びそれによる電流を単色モデル(粒子のエネルギーもピッチ角も1種類)によって定量的に評価する。

まず、「静穏時10kVであるDawn-Duskの電位差が、2時間で100kVに上昇、12時間にわたって100kVにあって、その後12時間で10kVに降下」というモデル磁気嵐を設定する。そして、以下の仮定を行なう。

1. 双極子磁場、Volland-Stern型の電場と共回転電場を用いる。
2. 磁気圏尾部から注入される粒子の数は注入地点での $E \times B$ ドリフトに比例する。(Lee et al. 1983)
3. 注入される粒子はプロトンのみで、エネルギーは10keV(注入地点で)、ピッチ角は90°である。
4. ドリフト速度評価のとき、 dE/dt は無視する。
5. 電荷交換などによる消滅過程を無視する。

2分毎に50個の重み付き粒子を夜側13Reから、0400LTから2000LTの範囲で注入する。まず、18時間にわたって10kVの電位差の状態で、粒子の注入を続け、モデル磁気圏を平衡状態にする。その後、モデル磁気嵐の電位差を与える。

Fig.1は、モデル磁気嵐の粒子分布のスナップショットの幾つかである。ここでは、視覚化のため注入粒子数を5個に限定し、なおかつ電位差による注入量の変化を図面に反映するために電位差に反比例した時間間隔で粒子を注入している。小さな点と大きな点は、捕獲されていない粒子と捕獲された粒子を表している。磁気嵐回復時すなわち電圧降下時に粒子が捕獲されていく過程が明瞭に示されている。特に捕獲領域近傍に粒子軌道が集中するために、捕獲効率が高められていることが容易に推測できる。

Fig.2は電流の $-\phi$ 成分の時間変化である。電流はモデル磁気圏全域で r^{-2} の重み付きで和をとったものである。すなわち、これは地球の中心での磁場変化に相当する。実線が全電流、細かい鎖線は捕獲されていない粒子による電流(注入され、流出する粒子)、粗い鎖線は捕獲された粒子による電流である。電圧上昇による注入粒子の増大及びドリフト速度の増大により電流が増大し、その後、電圧降下により電流は減少する。しかし、捕獲粒子による電流、すなわち閉じた環状電流が残るために、もとの静穏時のレベルにはもどらない。実際の磁気圏では、ここでは無視した電荷交換による消滅があるために、次第に捕獲粒子が減少し、電流はもとのレベルにもどると考えられる。これは、磁気嵐回復時のDst変化が2段階(初期の急速な変化と緩やかな変化)で

起こることに対応していると考えられる。

【Reference】

Lee, L.C., G. Corrick, and S.-I. Akasofu, Planet. Space Sci., 31 (1983), 901-911.

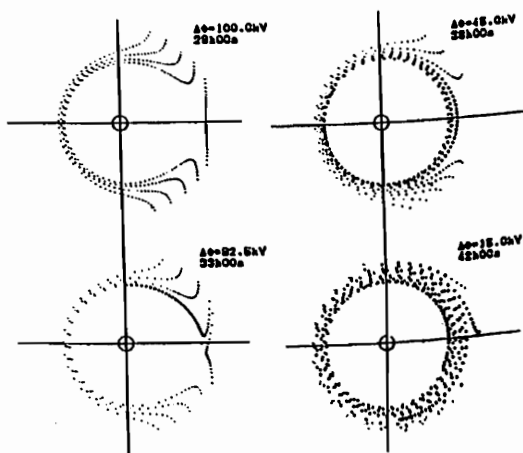


Fig.1 Snap shots of particle (proton, 10keV, 90°) distributions in the model storm. Large and small points represent trapped and untrapped particles.

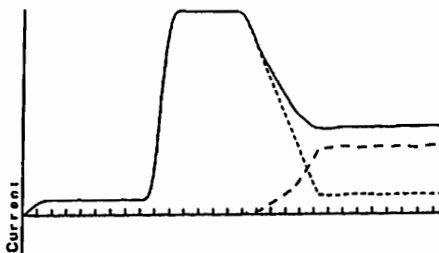


Fig.2 Spatial integration of the current of ϕ component, which shows the variation of the magnetic field at the center of the earth. Short dashed, long dashed, and solid lines represent the currents by untrapped, trapped, and all particles.

低緯度地帯降下粒子（電子、陽子）の赤道ピッチ角分布 - 「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

Equatorial Pitch Angle Distributions of Precipitated Electrons and Protons Observed by OHZORA Satellite at Low Latitude Zones

K. Nagata, T. Kohno*, H. Murakami**, A. Nakamoto**,
N. Hasebe^a, J. Kikuchi^a, and T. Doke^a

Faculty of Engineering, Tamagawa University
*The Institute of Physical and Chemical Research
**Department of Physics, Rikkyo University

^aFaculty of General Education, Ehime University

^aScience 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°. Equatorial pitch angle distributions are calculated. These calculated equatorial pitch angle distributions shows the precipitated particles are in the region the drift loss cone.

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)の赤道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つの観測結果はピッチ角~90°に粒子の分布の最大値がある。

衛星高度でのピッチ角分布をもとに降下粒子の赤道上空におけるピッチ角分布を計算で求めた結果をFig.1に示す。L=1.67, L=1.75, L=1.72 およびL=1.73で90°のピッチ角をもつ粒子は赤道上空において、28.4°, 26.3°, 28.8° および27.6°のピッチ角をもつことを示している。

「大空」衛星で観測された粒子降下のなかでL=1.7-1.8の間で観測された例について、横軸に観測地点の経度を、縦軸に赤道ピッチ角をとったものをFig.2に示す。Fig.2で領域Iは捕捉粒子, IIはdrift loss cone, IIIはloss coneである[Vampola and Kuck, 83(1978)2543]。黒い四角が計算で求めた赤道でのピッチ角である。白い四角は、Fig.1に示す(b)L=1.75, (c)L=1.72, (d)L=1.73の場合である。この図から、drift loss coneにある粒子が降下して来たことがわかる。

「大空」衛星が観測した194の観測例の赤道ピッチ角の計算結果より、降下粒子が全てdrift loss coneにある粒子であることがわかったので、これについても発表する。

Fig.1 Calculated equatorial pitch angle distributions of precipitated electrons (○) and protons (●) at low latitude zone. Error bars show the statistical counting errors.

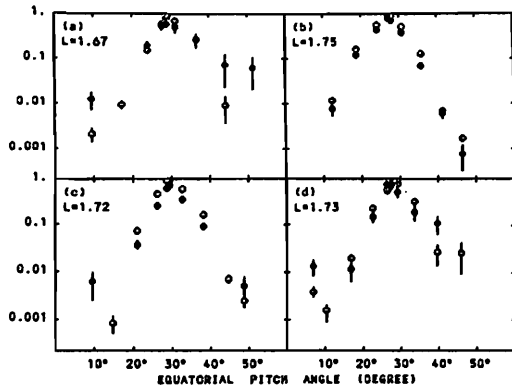
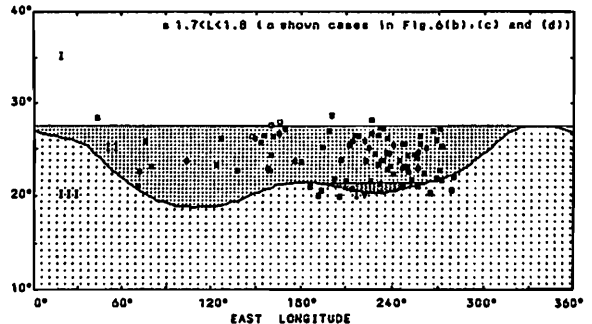


Fig.2. Calculated equatorial pitch angles versus geographical east longitude. Region I is the trapping region, region II is the drift loss cone, and region III is the bounce loss cone.



LF 電波共役点観測から 推定される磁気嵐に伴う低緯度
磁気圏への高エネルギー電子及び磁気圏電場の侵入

田中 義人, 西野 正徳

名古屋大学空電研究所

MAGNETIC STORM-RELATED ENERGETIC ELECTRONS AND MAGNETOSPHERIC
ELECTRIC FIELDS PENETRATING INTO THE LOW-LATITUDE MAGNETOSPHERE.

Y. TANAKA and M. NISHINO

Research Institute of Atmospherics, Nagoya University

Energetic electrons measured by NOAA-6 satellite are compared with LF whistler-mode signals transmitted from a Decca station (Biei, $L=1.54$, $f_c=85.725$ kHz), Japan and measured in magnetic conjugate area, Australia. The simultaneous satellite measurement of energetic electrons indicated the considerable enhancement of energetic electron fluxes more than 30 keV in the low L shell region below 2 at the maximum depression phase of Dst, and the subsequent abundant fluxes of trapped electrons more than 30 keV on one day and occasionally two days after the maximum phase. Associated with magnetic disturbances, the LF whistler-mode signals were intensified. However, the intensity increase of the signals was not so large at the maximum phase, which may be attributable to an ineffective wave growth caused by a rather isotropic pitch angle distribution of energetic electrons. The intensity increase was the largest on one day after the maximum phase, due to the wave growth caused by cyclotron resonance interactions with trapped electrons. Also, associated with magnetic disturbances, the frequency of enhanced LF whistler-mode signals shifted, which is caused by the drift of whistler ducts due to the magnetospheric electric fields penetrating into the low-latitude magnetosphere. Therefore, the penetration of storm-related energetic electrons and magnetospheric electric fields into the low L shell region below 2 may be deduced from ground-based conjugate measurements of resonant waves.

極冠域ニューオルソンで観測されたCNA現象

西野正徳¹, 田中義人¹, 小口 高¹, 松浦延夫¹, 中西康浩¹, A.Egeland²

1. 名古屋大学空電研究所 2. オスロ大学

CNA Phenomena observed at Ny-Alesund(L=16.5) in the Polar Cap Region

M. Nishino¹, Y. Tanaka¹, T. Oguti¹, N. Matsuura¹, Y. Nakanishi¹ and A. Egeland²

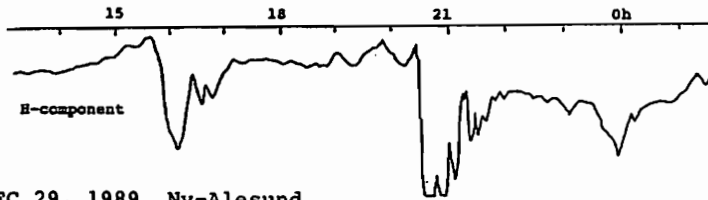
1. Research Inst. Atmos., Nagoya Univ. 2. University of Oslo

CNA(Cosmic Noise Absorption) observations by means of a multi-beam RIOMETER started from September, 1989 at Ny-Alesund(geomagnetic latitude, 75.44°N) in the polar cap region. A sharp variation of CNA was observed at 20:45 UT, December 29, 1989 associated with auroral breakup of the magnetic substorm. The CNA region displayed by 2-D image depicted the movement of fast speed(~1 km/s) from auroral ionosphere to the polar cap one.

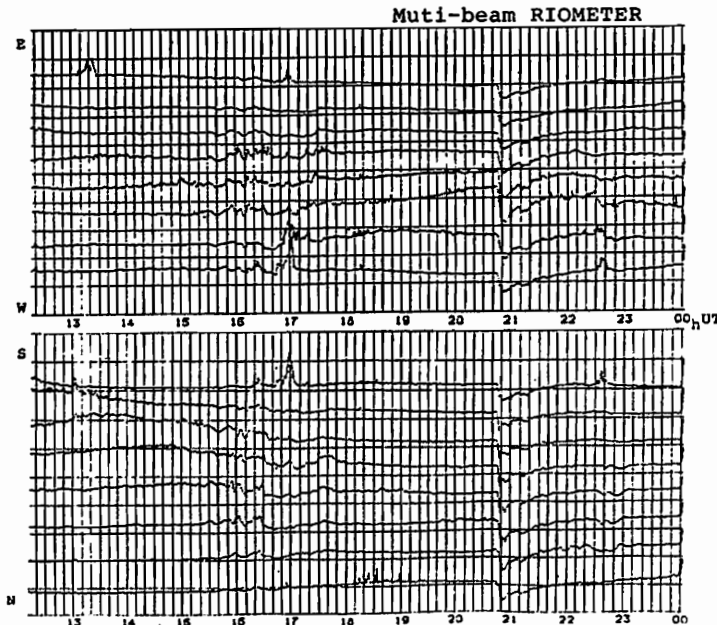
我々は、1989年9月、極冠域ニューオルソン基地(磁気緯度 75.44度)にオスロ大学の協力を得てマルチビームリオメータを設置し、観測を開始した。アンテナ系は極地研が1988年9月にグリーンランド、ゴッドハウに設置したものと同一である。南北、東西の2系統16チャンネルの電離層吸収(CNA)データは8秒毎パーソナルコンピュータのフロッピーディスクに収録され、2週間分のデータ(3.5

インチフロッピーディスク2枚)が郵送される。

下図は12月29日、夕方から夜間に発生したサブストームにともなわれたブレークアップ時の16チャンネルマルチビームによって得られたCNA波形を示す。20時45分(UT)から始まった急峻なCNAは南北方向に時間的づれが見られ、CNA領域が低緯度のオーロラ地帯から極冠域まで移動したことを示す。



DEC 29, 1989 Ny-Alesund



オーロラ活動による中間圏ナトリウム原子層の擾乱

野村彰夫 齊藤保典 鹿野哲生

信州大学工学部

AURORAL INDUCED DISTURBANCES OF THE MESOSPHERIC SODIUM LAYER

Akio NOMURA, Yasunori SAITO and Tetsuo KANO

Faculty of Engineering, Shinshu University

Lidar measurements of the mesospheric sodium layer were made on 42 nights (383 hours) during the period from March to October, 1985 at Syowa Station, Antarctica. In this presentation, it is shown that the Antarctic mesospheric sodium layer has been frequently disturbed by auroral activities and that events of disturbance have been enhanced in the early morning. We discuss features of this disturbance compared with other data on auroral activities and suggest its mechanism.

1985年に南極の昭和基地において中間圏ナトリウム原子層のライダー観測を4月から10月にかけて42夜(383時間)実施した。その中で、オーロラ活動下での観測が18夜行われ、その内11夜の観測結果にオーロラ活動によるナトリウム層の擾乱が見られた。その一例として4月8-9日の夜間に観測された擾乱の様子をFig.1に示す。同図には、地磁気の変動とCNAの変化も比較のため示してある。このような擾乱の夜間変化を調べた結果をFig.2に示す。全データ(42夜)による変化(細線)は、21時(LT)に弱いピークと5時に強いピークを示している。更に、オーロラ活動下に観測した18夜のデータについて整理した結果を同図に太線で示してある。この結果から、朝方の活発な擾乱は、オーロラの出現している夜間のみ起こっていることが明らかである。地磁気の変化も朝方に活発であることから、この朝方の擾乱はオーロラによって誘導されたものと言える。オーロラによるナトリウム層の擾乱についての特長をまとめると次のようになる。

- (1) CNAの変化が伴っている。
- (2) パルセーティングオーロラ下において起こる。
- (3) 擾乱のピークは地磁気の変動のピークから40分程遅れる。
- (4) 擾乱時における人工衛星(DMSP、NOAA-8)のデータは30 keV以上の電子の降込みを観測している。

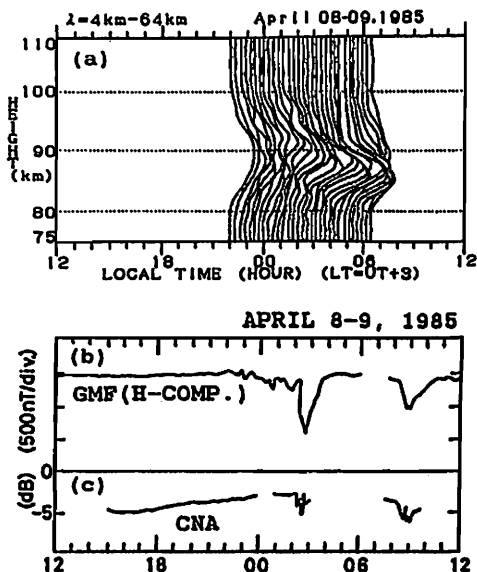


Fig.1, Nocturnal variations of (a) sodium density profiles, (b) geomagnetic field and (c) CNA.

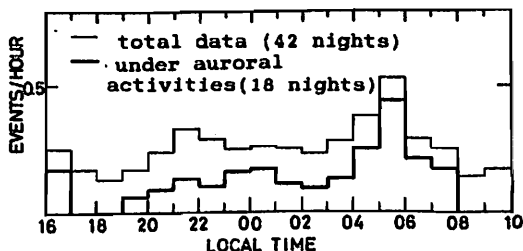


Fig.2, Nocturnal variations of disturbance events.

MUレーダーで観測された中緯度電離圏擾乱の特性

高見 友幸¹ 深尾 昌一郎¹ 加藤 進¹ 津田 敏隆¹ 佐藤 亨² 山本 衛¹ 中村 卓司¹
¹ 京都大学超高層電波研究センター ² 京都大学工学部

Ionospheric Disturbances at Mid-latitudes
 Observed with the MU Radar

T.TAKAMI¹, S.FUKAO¹, S.KATO¹, T.TSUDA¹, T.SATO², M.YAMAMOTO¹, and T.NAKAMURA¹
¹Radio Atmospheric Science Center, Kyoto Univ. ²Dept. of Electr. Eng. II, Kyoto Univ.

Incoherent scatter observations of the F-region electron density with the MU radar have been made routinely since September 1986 at monthly intervals. Data gathered over this 3-year period has been analyzed to yield quantities related to the horizontal propagation characteristics of the ionospheric F-region disturbances. The disturbances are caused by substorm-generated electric fields or atmospheric waves usually propagating toward the equator. We can clearly distinguish between these two types of disturbances by measurements in multiple directions with the MU radar.

時間スケールが30分～数時間の中緯度電離圏F領域擾乱について次のふたつの要因が考えられる。i) 極域電離圏から伝搬してくる中性大気波動と ii) サブストームに伴って中緯度電離圏に発生する電場である。

MUレーダー多点同時観測(多ビーム観測)によれば擾乱が上記i)とii)のどちらの要因によるかを明確に区別することが可能である。i)の場合では観測された電子密度プロファイルの変動が各ビーム間で系統だったビーム間差を持つ。この種の擾乱はサブストーム発生の数時間後に伝来電離圏を極域から赤道に向かう例として数多く観測されている。ii)の場合では有意なビーム間差を認定できない(変動が全ビームでほぼ同時に起こる)。これは擾乱が大きな空間スケールでほぼ一瞬に生起していることを示しており、電場の侵入によるものとみなすことができる。ビーム間差を持たない擾乱では、ほとんどの場合において擾乱開始時刻がサブストームの発生にほぼ一致している。この擾乱が観測にかからない大きな伝搬速度(～1500m/s)を持つ可能性は小さいと思われる。

擾乱の特性を統計的に調べる目的で、MUレーダー電離圏標準観測をデータ解析の対象とした。電離圏標準観測は1986年9月以来ほぼ毎月定期的に行われており、東西南北4ビームを用いてパワープロファイル観測(観測時間15分、サブパルス幅=64μsec 7bit barker code)、ダブルパルス観測(観測時間45分、サブパルス幅=256μsec)の相互切り換えによる48時間連続観測が1回の観測となっている。パワープロファイル観測は高度分解能が良いかわりにSN比が悪く、ビーム間差を求めることに使用できない。ダブルパルス観測のデータはこれまでイオンドリフト速度(時間分解能45分)の導出にのみ用いられていたが、電子密度プロファイル(時間分解能3分)の推定にも十分な精度を持つことが既に確認されている。本報告では1987年のダブルパルス観測データ(合計512時間)を使用し、個々の擾乱に対してi)の要因においては擾乱の周期と伝搬速度、ii)の要因においては擾乱の規模を定量化し、伝来電離圏F領域擾乱の特性について統計的な結果を示す予定である。

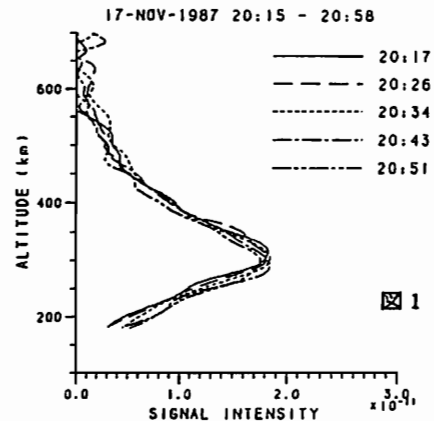


図1は1987年11月17日20時～21時のダブルパルス観測から得られた電子密度高度プロファイルの時間変動を示す。F層は時間とともに下降している。

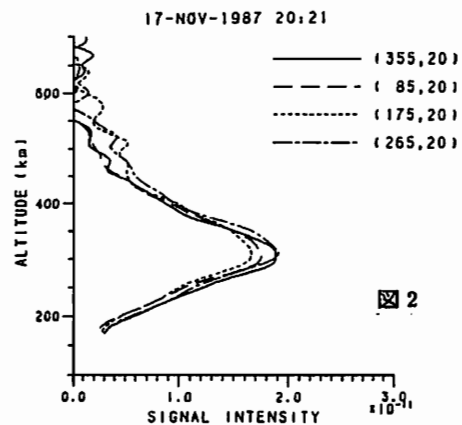


図2は図1の観測から得られた同時刻の各ビームの電子密度高度プロファイルである。F層下部を見れば下降の開始は北ビームが早く、次いで東西ビーム、南ビームが最も遅いことになる。擾乱の伝搬方向はほぼ北から南である。

MUレーダーによる電離圏F領域イオン温度の観測

山本 泰史¹ 深尾 昌一郎¹ 高見 友幸¹ 加藤 進¹ 津田 敏隆¹ 佐藤 亨² 山本 衛¹ 中村 卓司¹
¹ 京都大学超高層電波研究センター ² 京都大学工学部

MU Radar Observations of Ion Temperatures in the Ionospheric F Region

Y.YAMAMOTO¹, S.FUKAO¹, T.TAKAMI¹, S.KATO¹, T.TSUDA¹,
 T.SATO², M.YAMAMOTO¹, and T.NAKAMURA¹

¹Radio Atmospheric Science Center, Kyoto Univ.

²Dept. of Electr. Eng. II, Kyoto Univ.

Incoherent scatter observations of the F-region electron density with the MU radar have been made routinely since September 1986 at monthly intervals. Data gathered over this 3-year period has been analyzed to yield ion temperatures in the ionospheric F-region.

MUレーダー電離圏標準観測ではF領域電子・イオン温度の推定に4パルス法が用いられている。温度の推定にはこの他に、

- ダブルパルス観測による推定 (電子密度、イオンドリフト速度の推定も同時に行うことができる¹⁾。)
 - 電子密度高度プロファイルからの推定
- が考えられる。今回、上記の3通りの推定法から導出された温度の比較を行い、相互の信頼性を確認したので報告する。

比較観測は1990年1月21日22時~22日1時に行われ、4パルス観測 (観測時間~20分、サブパルス幅=128μsec、ラグ=256,512,768,1024,1280,1536μsec) とダブルパルス観測 (観測時間~20分、サブパルス幅=256μsec、ラグ=512,1024,1536μsec) が交互に3回繰り返された。散乱エコーのACFデータと理論値をフィッティングさせることでイオン温度 T_1 (ダブルパルス観測モードによる)、イオン温度 T_m (4パルス観測モードによる) の20分値を推定した。また、ダブルパルス観測 (ラグ=512μsec) の0ラグより得られたF領域上部の電子密度プロファイルと式(1)で示される理論プロファイルをフィッティングさせることで (図1) イオン温度 T_0 の6分値を推定した。

$$\text{電子密度 } N_e \propto e^{-mgz/2kT_0} \quad (1)$$

ここで k はボルツマン定数、 m は酸素イオン質量、 g は重力加速度、 z は高度であり、式(1)はプラズマの拡散平衡を仮定して導かれている。

図2に3通りの推定法より得られたイオン温度を示す。SN比に基づいた推定誤差は±75Kの範囲内にあり、良い一致を示していると言えよう。また、プラズマ拡散平衡に基づいた温度値 T_0 がフィッティング状況も良好であり、信頼に足る結果を得たことは注目すべきである。(さらに他日の比較観測によっても T_0 と T_1 の一致が確認されている。) T_0 の推定にはMUレーダー電離圏標準観測におけるダブルパルス観測のデータを用いることができる。従って、これまでに蓄積された標準観測データ (1986年9月~) をもとにして夜間イオン温度の平均日変化、季節変化、年変化を見ることが可能となる。講演ではこの解析結果も合わせて報告する予定である。

<参考文献>

1) 高見 他、第86回地球電磁気・地球惑星圏学会予稿集、1989。

21-JAN-1990 22:51
 (AZ=355°, ZE=20°)

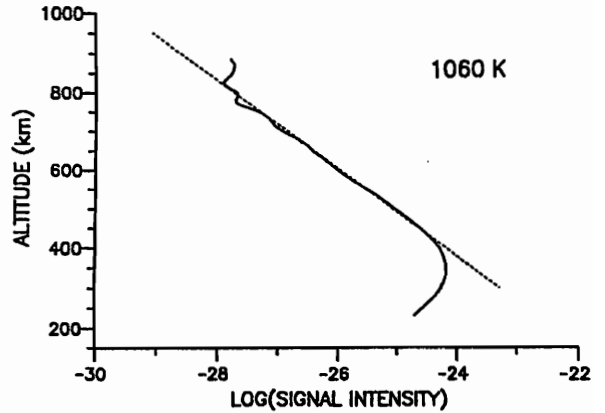


図1: 破線は式(1)の理論プロファイル ($T_0=1060K$)、実線はダブルパルス観測より得られた0ラグの強度プロファイルを示す。横軸はlogスケールである。

21-22 JAN 1990

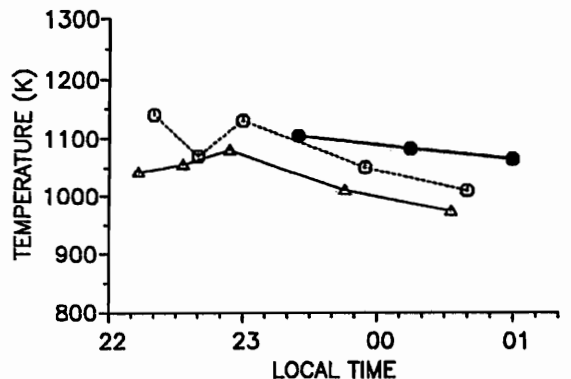


図2: ●は4パルス観測によるイオン温度 T_m 、◻はダブルパルス観測によるイオン温度 T_1 、Δは電子密度プロファイルから導かれたイオン温度 T_0 である。

大規模電離圏擾乱に伴って稚内で観測されたJJY電界強度の異常変動

岡本 智 丸山 隆

(通信総研稚内)

An Anomalistic Variation in JJY Standard Wave Field Strength at Wakkanai During Severe Ionospheric Disturbance

Satoshi OKAMOTO and Takashi MARUYAMA

(CRL / Wakkanai Radio Wave Obs.)

HF standard Waves transmitted from Nazaki have been recorded at Wakkanai. During a severe scintillation event on Nov. 30, 1988, anomalously intense HF signal is observed at 8MHz, which is much higher than the maximum usable frequency (MUF) of the channel. The time of the anomalous propagation exactly coincides that of severe scintillations at 136MHz transmitted from the ETS-2 satellite. The ionograms at Akita and Wakkanai also exhibit oblique backscatter echoes due to irregularities. Such irregularities may correspond to the anomalous propagation of the HF signal.

1988年11月30日の大規模電離圏擾乱に際し、稚内で観測しているJJY(8MHz)に特異な電界強度変動が観測された。JJY送信局(茨城県 名崎)と稚内の中間点に近い秋田の電離層データを中心に解析を行った結果、この電界強度変動に中間点付近の電離圏不規則構造が関係しているらしいことが分かった。

電界強度の変動 図1下段に11月30日に稚内で観測されたJJY-8MHzの電界強度の変化を示してある。細い実線で代表的な日変化を示した、通常この季節での8MHzの伝搬は昼は高い数値を示し、日没後に急激に低下するのが特徴的である。ところが11月30日の場合には、日没後に急激に低下した後20時に27~47dBと再び上昇している。図1上段の実線は秋田の電離層観測から求めたMUF1000である。20時~23時10分まではMUFは7MHz以下と低く、8MHzでは正規伝搬が生じないことが分かる。また、23時10分~00時20分の強度上昇はF層正規伝搬によると考えられる。さらにEs伝搬の可能性も否定されるので20時~23時10分までの伝搬は通常考えられるモードではない。

中間点付近の電離圏不規則構造 同じ時間帯に稚内・秋田の電離層観測に斜め方向からのエコーが観測されている。図2に斜めエコーの見かけの高さを表してある。通常のエコーより遠距離に観測され、稚内と秋田では見かけ上移動方向が逆になっている。このことから、斜めエコーの原因は稚内と秋田の中間にあったことが分かる。同じ時間帯に稚内で受信しているETS-2電波にシフトが観測にされている。赤道地域では、

このようなF領域の不規則構造がVHF電波の前方散乱を引き起し赤道横断伝搬の原因となることが言われている。さらに詳しい解析が必要であるが、極めて強い不規則構造の場合、中緯度においても同様な散乱伝搬が成り立つものと思われる。

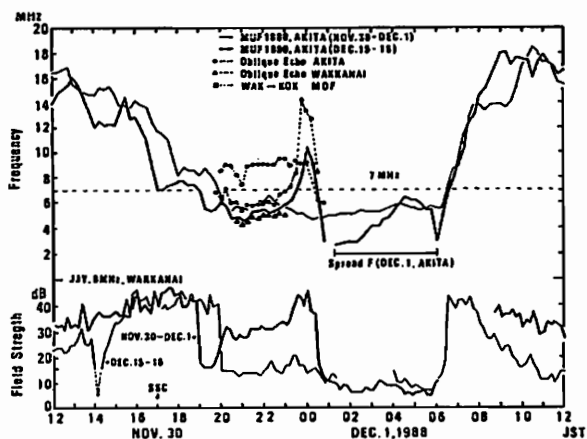


図1 稚内で観測されたJJY-8MHzの電界強度と秋田のMUF1000及び、稚内・秋田の斜めエコーの最高周波数、稚内-国分寺間斜め電離層観測の最高観測周波数

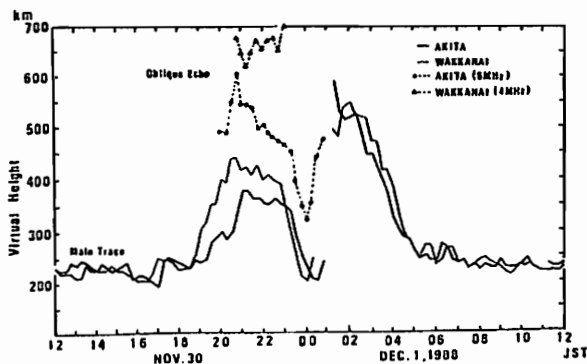


図2 稚内及び秋田のh'F及び斜めエコーの見かけ高度の変動

1989年8月のWAGS観測期間中に
日本国内で観測された移動性電離圏じょう乱

猪木誠二、菊池 崇、岡本 智、田中正利、鎌田満博、永山幹敏、満留博人、野崎憲明
(通信総研平磯、 稚内、 秋田、 国分寺、 山川、 沖縄)

PROPAGATING IONOSPHERIC WAVES OBSERVED
THROUGHOUT JAPAN DURING THE WAGS AUGUST
1989 CAMPAIGN

S. IGI, T. KIKUCHI, S. OKAMOTO, M. TANAKA, M. KAMATA, M. NAGAYAMA, H. MITSUDOME, and K. NOZAKI
(Communications Research Laboratory)

In the Worldwide Atmospheric Gravity Waves Study (WAGS) campaign of August 26-30, 1989, the propagation of ionospheric waves are studied with ionograms of 5-min interval in Japan. Recognizable wave structures propagating from north to south are observed on an automatic plot-out of virtual height's variation with time on low sounding frequency for 5 Japanese stations. Also, wave structures showing downward propagation are identified on continuous plots of the virtual heights $h'f$ corresponding to odd sounding frequencies at each station.

1989年 8月26日から 8月30日にかけてWAGS (世界大気重力波研究) 特別観測が行われ、我が国でも国内5観測所において5分間隔のイオゾンデデータを取得したので、それを解析した結果を報告する。

まず、大気重力波研究のために、イオノグラム自動処理システムによって取得されるようになったデジタルイオノグラムから、二種類の見掛けの高さを示す図を開発した。一つは稚内から沖縄までの空間的な波動の伝搬を示すもので、第1図に29日から30日にかけての電離圏エコーが得られた見掛けの高さの連続記録を、3MHzについて5観測所分を示す。

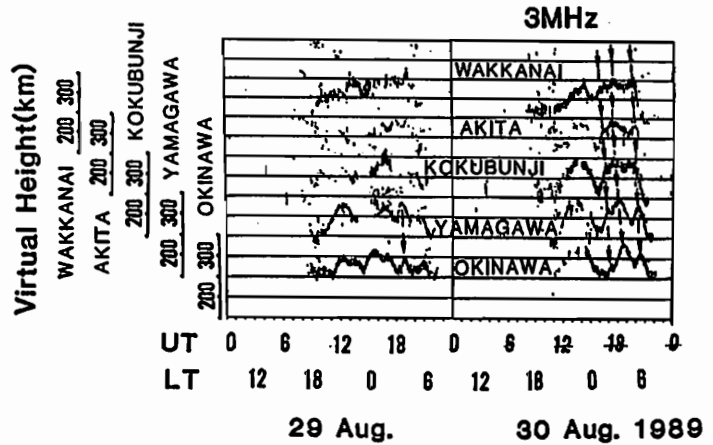


Fig.1 Plots of the virtual height $h'3$ corresponding to a sounding frequency of 3MHz for five stations in Japan.

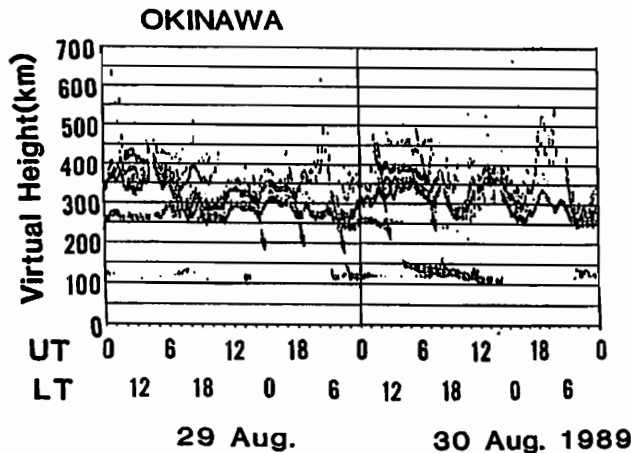


Fig.2 Continuous plots of the virtual heights $h'f$ corresponding to odd sounding frequencies f_o3MHz obtained at Okinawa.

両日とも未明、北から南へ伝搬する波動が認められる。一般的に、これらの波動の源はオーロラ帯にあると言われている。

開発した二つ目の図は、同一観測所における高さ方向の波動の伝搬を示すもので、奇数周波数の観測電波によって電離層によって反射される見掛けの高さを、時間順にプロットした。第2図に沖縄で29日から30日についての例を示す。この図からもF層中を縦方向に伝搬する波動を認めることができる。100km付近に観測されているエコーはEs層またはE層であるが、波動との関連が認められるEs層も存在するように見える。このTIDとEs層との関連についてはBowman(1986)らによっても指摘されている。

赤道エレクトロジェットと中緯度Sqの関係

井上 博史, 北村 泰一
(九州大学 理学部)

Equatorial Electrojet and Sq in Middle latitude

H. Inoue and T. Kitamura

Department of Physics, Kyushu University.

Equatorial Electrojet and Sq in Middle latitude
The correlation between the equatorial electrojet and middle latitude is examined. The less relation is shown between the intensity of Sq at Kakioka and that of H component at Koror.

『赤道エレクトロジェットはなにによって
駆動されているか』

という問題は、古くて新しい問題である。Sqによるものだ、とするSq派、それを否定する非Sq派にわかれて議論は賑やかである。

われわれはこの数年、主として赤道域に高感度フラックスゲート磁力計を設置し、地球磁場観測つづけている。そこで、まず、赤道エレクトロジェットが中緯度Sqとどのような関係にあるかを調べてみた。赤道エレクトロジェットの変化の中に、中緯度Sqによって駆動されている部分があるに違いないが、問題は、その割合である。

Sq派は、中緯度のSq電場が赤道エレクトロジェットの駆動であると主張するが、そうであれば、Sqの強さとエレクトロジェットは高い相関があると思われる。

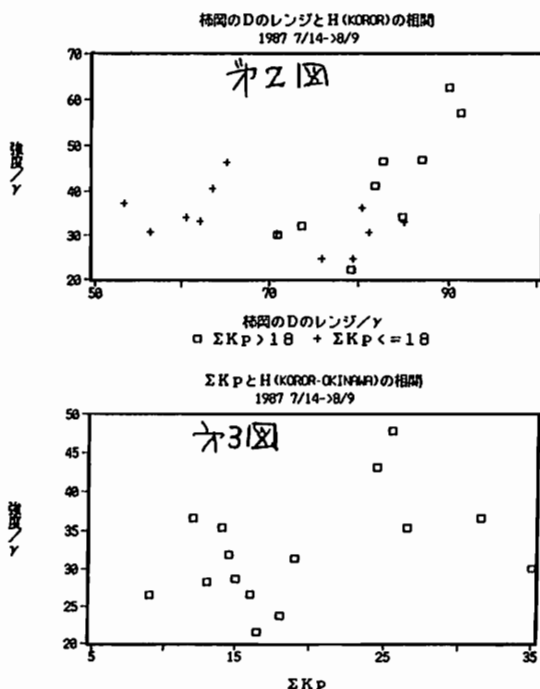
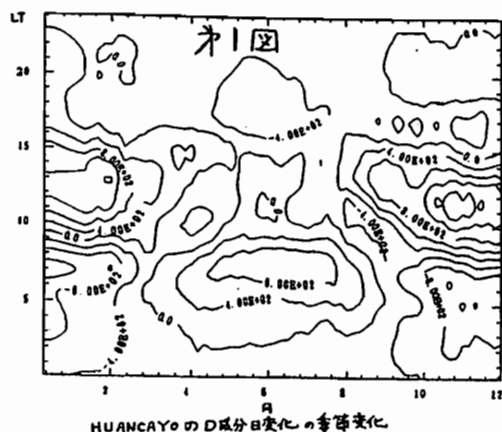
ワンカヨーの磁場変化(1986年)の東西成分の位相は日々変化するが、それを1年を通してみた統計的な変化が第1図で示されている。これによれば、夏には東西成分の位相が進み、冬には遅れることが明かである。これから、中緯度Sqが赤道域にまで確かに侵入していることがわかる。

次に1987年夏季のコロール、グアム、沖縄、柿岡のデータを用いて、エレクトロジェットとSqの関係を調べた。中緯度Sqの強度を表すパラメータとして、柿岡のD成分の日変化量を、一方、赤道エレクトロジェットの強度を表すパラメータとしてコロールのH成分の

日変化量を用い、その相関をもとめた(第2図)。意外と相関は弱い。つまり、Sq以外の要素が赤道エレクトロジェットにかなり入っていることを伺わせる。

次に、赤道エレクトロジェットから中緯度Sqの影響を除くために、コロールの水平成分から沖縄のそれを引いたもの(Sq以外の原因によるエレクトロジェットの強度)とKpとの関係を調べてみた(第3図)。あまりよくない。静穏日(擾乱日)にも赤道エレクトロジェットが強くなったり弱くなったりするからである。

結果は、統計的なコロールのD成分は、中緯度のそれと強い相関を示しているにもかかわらず(第1図)、中緯度Sqとエレクトロジェットの間には正の相関があるものの、両者の関係を強く支持するような結果は得られず、また、Sqの影響を除いたエレクトロジェットの強度とKpの関係もそれほど明瞭であるわけでもなかった。



S. Saroso¹, M. Sugiura², T. Iyemori³, T. Araki¹ and T. Kamei³

¹Department of Geophysics, Faculty of Science, Kyoto University.

²Institute of Research and Development, Tokai University.

³Data Analysis Center for Geomagnetism and Space Magnetism, Faculty of Science, Kyoto University.

The AE index is frequently used in studies of the aurora and other magnetospheric disturbance phenomena. This index reflects the intensity of the ionospheric current associated with auroral activity. When the interplanetary magnetic field turns northward, the auroral oval contracts and new electric currents appear in the polar cap ionosphere. The ionospheric current in the auroral zone at its averaged position and consequently the AE index decreases in spite of the existence of current over the polar cap. In order to monitor the intensity of the ionospheric current during northward IMF it is desirable to derive the AE index using magnetic data obtained in the polar cap. Ideally, in deriving the polar cap AE index it is desirable to use as many observatories as possible and the distribution of the observatories should be as uniform as possible longitudinally. However, since there are only a limited number of polar cap magnetic observatories and since the northern polar cap is mostly occupied by the Arctic Ocean, practical compromises are unavoidable.

We use 4 observatories in the southern hemisphere as is illustrated in the figure 1. To derive disturbance fields a base value of each station for each month is first calculated using a moving average method, and this base value is subtracted from hourly data from the station in that month. Then the largest and smallest values are selected from the four stations in the way as the AU and AL indices are derived, respectively. The difference between these values gives the polar cap AE index. Two of the stations (Scott Base and Dumont Durville) give the X,Y and Z components rather than H, D and Z. To make these data more compatible with the other stations we calculated H from the X and Y components. For the other two stations (Vostok and Mirny), we used the original H-component data. The results of the variation of the disturbance fields based on H component from four stations for the year 1966 shows a clear diurnal variation and seasonal variation as is illustrated in the figure 2. According to the direction of the main fields vectors of the four stations, we derived the polar cap AE index based on the H and D component for the year 1966. Discussions will be presented on the results obtained.

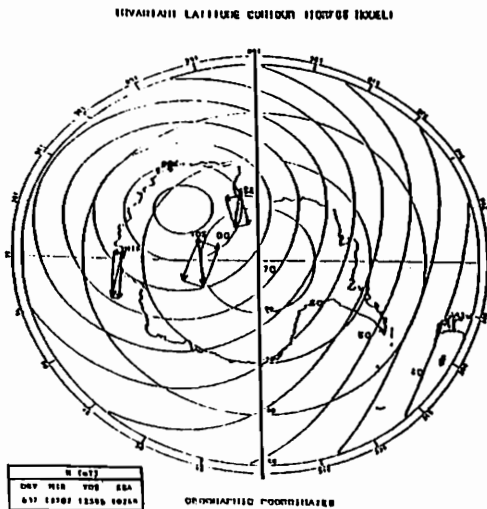


Figure 1

Figure 2

‘あけぼの’の従量によって観測された
ストーム時の紫外オーロラ諸相

山平達人¹⁾、金田栄祐²⁾、林幹治¹⁾、藤井良一²⁾、門倉昭²⁾、江尻全幹²⁾、巻田和男²⁾、小口高⁴⁾
¹⁾東大理、²⁾国立極地研究所、³⁾拓殖大工、⁴⁾名大空電研

FEATURES OF STORM-TIME UV AURORA OBSERVED BY AKEBONO

Yamamoto, T¹⁾., E. Kaneda¹⁾, K. Hayashi¹⁾, R. Fujii²⁾, A. Kadokura²⁾, M. Ejiri²⁾,
K. Makita³⁾, and T. Oguti⁴⁾

¹⁾ GRL, Univ. of Tokyo, ²⁾ Natl. Inst. Polar Res.,

³⁾ Facul. of Eng., Takushoku Univ., ⁴⁾ Res. Inst. Atmosph., Nagoya Univ.

By virtue of high solar activity approaching its maximum in this cycle, the auroral imager on the AKEBONO (EXOS-D) satellite has been favoring with opportunities of observing auroral displays under earth storm conditions. The storm-time global aurora morphology based upon space imaging is still requiring observational facts for its establishment. We present typical features of storm-time auroras observed by UV-imager on the AKEBONO in various stages of storms, including those on the beginning of substorm expansion phase.

現在、太陽活動度は、観測史上での最高のレベルを更新しつつ、その極大に向かって上昇中である。この為、‘あけぼの’ (EXOS-D) によるオーロラの撮像観測が開始された1989年4月以降、3月の大ストーム時の観測を逃したものの、高い頻度で発生するstormによって、可成りの数のstorm-time auroraを観測する機会を得た。従来、単一の従量によるstorm-time auroraの観測例の報告が比較的乏しいのは、太陽活動度、観測データ受信率、観測データ時間分解能、オーロラ全容把握等の全ての条件に恵まれたケースが少なすぎる事による部分が多い。

‘あけぼの’によるstorm-time auroraの観測かその機会に恵まれて居るのは、単にstormの発生回数が多い事によるのみでは無く、北半球3受信局、南極1受信局による観測データ高受信体制に負う点が多い。この体制によって、個々のストーム内での各phaseでのオーロラの様相を逐時的に観測する事が可能になった。

storm-time auroraが注目されるのは、オーロラのグローバルな様相を支配する物理機構の解明に必要とされる、大規模な構造変化が凝縮した時系列内で観測される事実、即ち、一定の意味で、純粋な条件下で観測される事による。この一つの例として、aurora ovalでのオーロラ活動度が、真夜中付近を境として夕方側が朝方側

より高くなって居る非対称性を示す事が時折認められるが、この様相asymmetric ovalの発生がストームの際に認められる事実が挙げられる。

今回は、1989年10月及び11月に北海道に於いて低緯度オーロラが観測されたストームを含めてstorm-time auroraに於けるasymmetric ovalの出現、substorm expansion onset等の様相に於ける発表を行う。

「あけぼの」搭載磁力計(MGF)による磁気オフセットの決定とセンサーマストの傾き(I)

遠山 文雄・利根川 豊・島海恭一・石川喜一・福西 浩・藤井 良一・国分 征・MGF班
(東海大工) (東北大理) (極地研) (東大理)

INDUCED MAGNETIC OFFSET FIELD AND SENSOR FLAME ATTITUDE OBTAINED FROM AKEBONO (EXOS-D) MAGNETOMETER DATA

F.Tohyama, Y.Tonegawa, K.Toriumi, Y.Ishikawa (Tokai Univ.)
H.Fukunishi (Tohoku Univ.), R.Fujii (NIPR), S.Kokubun (Univ. Tokyo), MGF W.G.

The triaxial sensor of high sensitive fluxgate magnetometer (MGF) on board the EXOS-D (AKEBONO) satellite is mounted on a 5-m extension mast. From magnetometer data, the induced magnetic offset field were calculated by using the method of least squares for total geomagnetic field intensity. The orientations of sensor axes in the satellite coordinate system were determined and the discrepancy between sensor axes and vehicle spin axis was measured.

科学衛星「あけぼの」(EXOS-D)に搭載されている磁場計測(MGF)を目的とした高感度フラックスゲート磁力計は衛星本体から約5mの伸展マストの先端に取付けられ、沿磁力線電流の検出などの観測を行っている。〔(1) (2) など〕この磁力計の感度は遠地点付近で(±1024nTフルスケール)0.031nT/LSB、近地点付近で(±65536nTフルスケール)2nT/LSBである。高精度の磁場変動検出のためにはセンサ各軸の感度と磁気オフセットの較正や三軸直交性の検定が解析精度を左右する要素となるが、マスト伸展後のセンサ座標系の回転やマストの振動、衛星からの正確な磁気オフセット量については打ち上げ前の地上試験では測定不可能であった。そのため適正なオフセットが差し引ければ、三成分による全磁力の大きさがスピンや姿勢変化によらずほぼ理論値に等しいと仮定し、最小二乗法によって適正なオフセット量と感度を算出した。図1は全磁力の観測値、理論値(IGRF)および解析値を比較した一例(22, Mar., 1989)で、全磁力約6900~6400nTに対してスピンによる全磁力の変動が75nT程度あったものが最小二乗法による補正で

8nT程度になった。また、直流的磁気バイアスは各成分15~35nT程度あり、交流的オフセットである感度の変動は地上試験時に比べ0.06~0.12%見られた。図2は衛星機軸方向のMGF-Z軸成分の出力拡大図で、スピン軸とセンサ軸のずれによる変動がこの例(7, Jul., 1989)では40nT程度あり、これは約0.5°の角度に相当する。また、サンプリングは32Hzであるので細かな変動が乗っている。ここではMGFデータを用いて衛星からの磁気オフセットがどの程度生じていてどこまで補正できるか、また伸展マスト先端のセンサ軸方向がどの程度ねじれや曲げがあるのかについて解析した結果を報告する。

参考文献

- (1) 「あけぼの」搭載磁力計で観測された3月13日大磁気嵐中の沿磁力線電流分布, 藤井良一 他 (第86回地球電磁気・地球惑星圏学会, 1989)
- (2) あけぼの(EXOS-D)衛星で観測された沿磁力線電流の微細構造, 福西浩 他 (第86回地球電磁気・地球惑星圏学会, 1989)

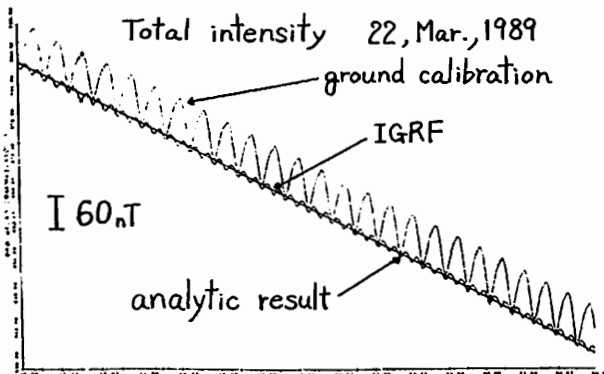


図1 全磁力の観測値、理論値と解析値の比較例

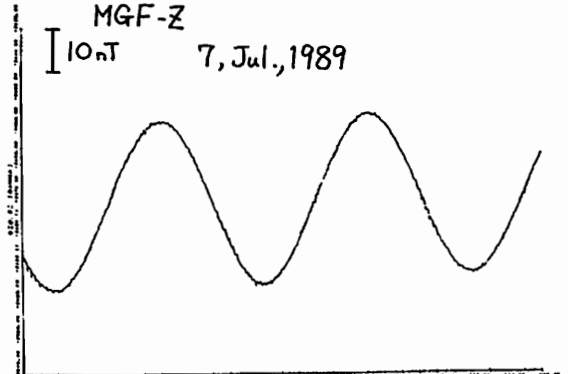


図2 衛星機軸成分(Z)の出力例

あけぼの衛星で観測された Whistler の諸特性

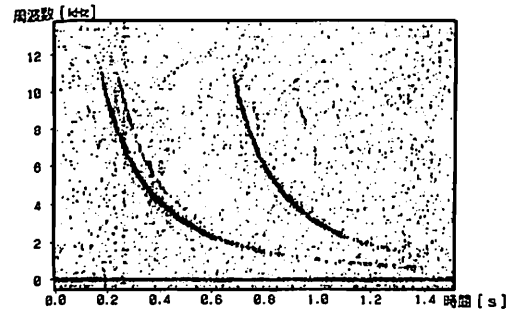
長野 勇、軒内 栄一 (金沢大工)、山本 正幸、木村 磐根 (京大工)、
岡田 敏美 (富山県立大)、橋本 弘蔵 (東京電機大)、あけぼの VLF 班

Whistlers observed by Akebono satellite

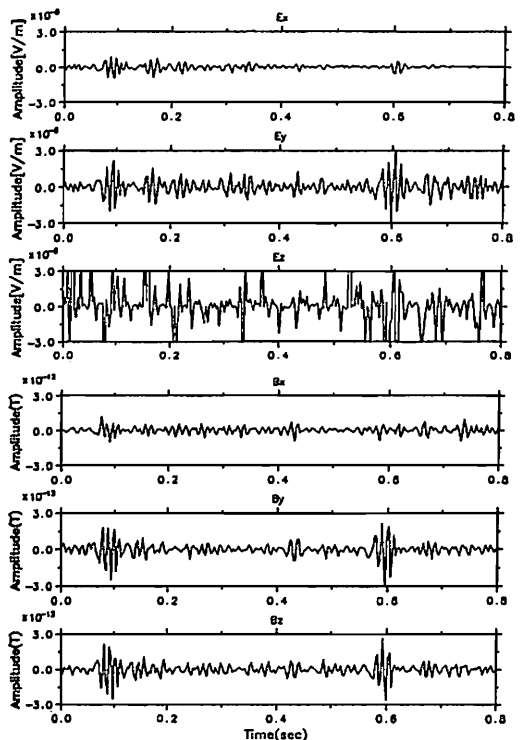
I.Nagano[†], E.Kennai[†], M.Yamamoto^{††}, I.Kimura^{††}, T.Okada^{†††} and K.Hashimoto^{††††}
[†]Kanazawa Univ. ^{††}Kyoto Univ. ^{†††}Toyama Prefecture Univ. ^{††††}Tokyo Denki Univ.

Many whistlers have been observed when the Akebono satellite was in the plasmasphere, for while both k and Poynting vectors of whistlers have been successfully estimated at a frequency of 2kHz using the PCM data measured by the VLF, PFX subsystem. From the dynamic spectra of the whistlers observed by wide band (WB) receiver, the frequency dependence of there signal intensity has also been investigated. It turns out that the whistler intensity has a characteristic of -2.7dB/kHz independent of there dispersion.

我々は、あけぼの衛星で観測されたホイストラについて、VLF の PFX 受信機と WBA 受信機によって得られたデータの解析を行なっている。PFX により VLF 波の k 及びポインティングベクトルを計算できるが、ホイストラのような時間的に周波数変化が急峻な波動では、受信周波数が高い場合 (4k~10kHz) は 1 本のホイストラに対するサンプルデータが少ないことなどにより、よい結果が得られていなかった。このため、PFX の受信周波数を低くして、ホイストラの 2kHz 成分の観測データを用いて計算したところ、k ベクトル、ポインティングベクトルが共に地球磁場に沿う結果を得た。また、WBA で観測された多数のホイストラのダイナミックスペクトルから、ホイストラの強度周波数特性を解析した。ホイストラを分散値によって区別し、絶対強度を計算したところ、分散値の異なるホイストラでも同じ減衰率 (-2.7dB/kHz) を示す興味深い結果が得られた。今回の発表ではこのようなあけぼのによるホイストラの諸特性について報告する。図には、1989 年 3 月 25 日 7 時 50 分 11 秒 (UT)、高度 5800km、磁気緯度 12.5°、MT=18:00 で観測されたホイストラのスペクトラム及び、PFX で観測されたそのホイストラの 2kHz での E、B の 5 成分と計算された E_z 成分も示す。



AKEBONO VLF-PFX Date: 19890325 Time: 07:50:12.500 Time span 0.80 sec



3月25日に観測されたホイストラ

T. W. Koleszar, 渡辺富也 (UBC 理); 小口高 (名大空電研); 国分征, 林寿治 (東大 GRL); 北村泰一, 坂翁介 (九大 理); 窪島田浩一郎, 町田忠 (宇宙研); R. E. Horita (U. Vic 理)

LONGITUDINAL DEVELOPMENT OF IPDP

Pulsating Aurora Campaign Group: T.W. Koleszar, T. Watanabe and others

Geophys. & Astr., (IBC

Analysis was made of the data of three IPDP events acquired at an E-W chain of three stations in Western Canada Feb. 1980. The station chain is at a geomagnetic latitude of about 60 deg. N, and spans a range of 35 deg. in geomagnetic longitude. Spectral analysis of the data was performed for every 5 min. interval. The peak frequencies of all stations change with time at a comparable rate. Thus, the dynamic spectra from different sites look similar to one another. However, at a given instant of time, the peak frequency at a western station tends to be lower than that at an eastern station.

IPDP のスペクトルが経度によって如何に変化するかに、この事例によって調べた結果を報告する。この IPDP は 1980 年 2 月 14 日, 15 日, 24 日 カナダ西部に於て観測されたものである。経度変化は、磁気緯度約 60°N にあつて、東西に並んで二つの地盤, Gimli (GM) と Park Site (PS) のデータを比較可能な状態とされた。2 月 14 日の例については、上記二つの他に Prince George (PG) のデータも得られた。これを加味して見る。PG は地盤の二と大略同じ磁気緯度にある。GM の磁気経度は 326.8°E であり、PS は西に 14.6°, PG は PS の東に 19.8°西にある。

これは、西側のスペクトルは東側のそれよりもある時間差を以て follow して居ることを意味する。2 月 14 日の例では PS と GM の時間差は約 5 分、2 月 24 日の例では、PG と GM 及び PS との時間差は 5~10 分である。

これらの所見を解釋するためのモデルを提出する予定である。

スペクトルの比較から得られた主な結果は次の通りである。

- (1) 各地盤での dynamic spectrum は、大凡の形では似た形だが、後述の通り可成りの違いが見られる。
- (2) 同一時間区間でのスペクトルの卓越周期は、東の地盤では、西側のそれよりも高い傾向にある。
- (3) 卓越周期の時間変化率、即ち dynamic spectrum の勾配は、即ち短時間 (5~15 分) 区間での勾配は各地盤で可成りの違いをみることが、現象の全時間区間での平均勾配を見れば、大略同じ値のものがある。これは、各地盤でのスペクトルは地盤を問わずとも大略似た形を呈していることを意味する。更に上記 (2) の結果を考慮可

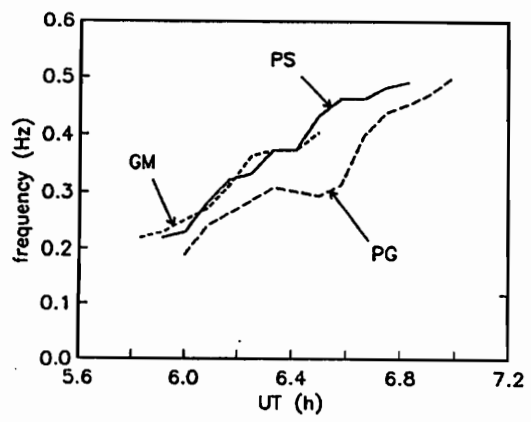


FIGURE 1
Frequency evolution for all three stations observing the Feb. 24 IPDP. PG, in the west, has the lowest frequencies. Note also that there are significant local variations in slope between the stations.

衛星観測データの総合的解析へのアプローチ

— おおぞら衛星 P P S / N E I 観測 —

高橋忠利 大家寛 森岡昭

(東北大学・理)

AN APPROACH FOR THE COORDINATED SATELLITE DATA ANALYSIS
-OBSERVATION OF THE PPS/NEI ON BOARD OHZORA SATELLITE-

Tadatoshi TAKAHASHI, Hiroshi OYA, and Akira MORIOKA
(TOHOKU UNIV.)

In order to make the best of the massive satellite data in systematic analysis, various comparative studies and coordinated investigations, it is very useful to establish a system for the data accessibility and evaluation. With the scope of the establishment of a such system, some trials for i) summarization of the observational achievements, ii) methods of data access for comparative studies, iii) statistical evaluation of the data distribution in time space, are made on the observational results by the PPS/NEI on board Ohzora satellite.

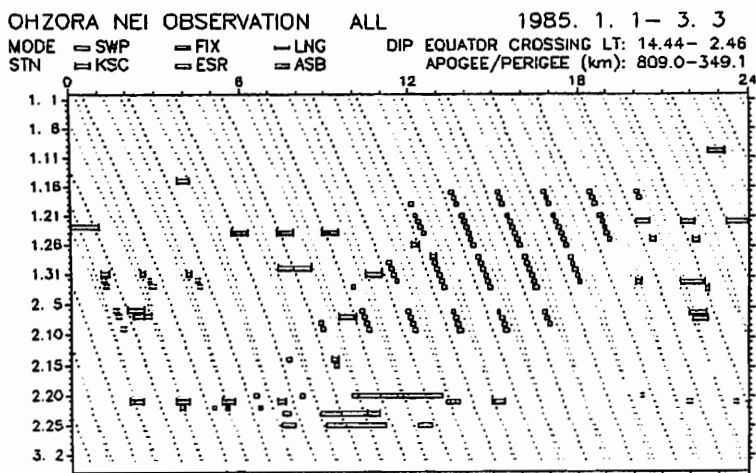
おおぞら衛星 (1984.2-1988.12) 搭載の P P S / N E I 機器により、極域を含む電離圏のプラズマ及びプラズマ波動の観測が行われてきた。これまで個々のイベントの解析、部分的な統計等の研究によりいくつかの興味ある結果を得てきたが、膨大な観測結果の総合的解析や、地上・衛星からの他の観測結果との系統的な比較研究など、今後に残された課題も多い。

おおぞら衛星観測データは宇宙科学研究所のデータベース、シリウスに格納されている。おおぞら衛星は非常に多くの計測モードを駆使して観測を行っており、これらのデータをベースに衛星データの総合的解析を進めて行くうえで、(1)観測状況のサマリー、(2)観測領域の時空分布、(3)他の観測との対比の為のデータ検索の方法、等を常に参照できる形で用意しておくことが必要である。これらは搭載機器に

固有の部分もあるが共通する面が多く相互に利用できる形態であることが望ましい。

こうした概念は本来、衛星の源データとしてのシリウスに対応する形で、いわば Research Oriented Data Base として構築されるべきものと考えられるが、現時点では衛星データの総合的解析へのアプローチとしての、或は研究者間で、ネットワークなどを通してデータの相互比較や交換を容易にするための、2次的データ、ファイル、ソフト群となっている。

図に、NEI観測のサマリーファイルから作成した観測概況を示す。図は1985年1-2月の観測であるが、これにより各ステーションでのデータ取得状況、及び軌道条件に付いてその緯度、高度、Local Timeを視覚的に把握出来る、こうした図表を総覧することにより、解析や比較の対象とすべきデータを選り出して行くことが出来る。



DE-1 によるハバロフスク局 15 kHz 波の観測

恩藤忠典、中村義勝、渡辺成昭 (通研研)、T. F. Bell (スタンフォード大)、
V. Chmyrev (IZMIRAN, トロイック)

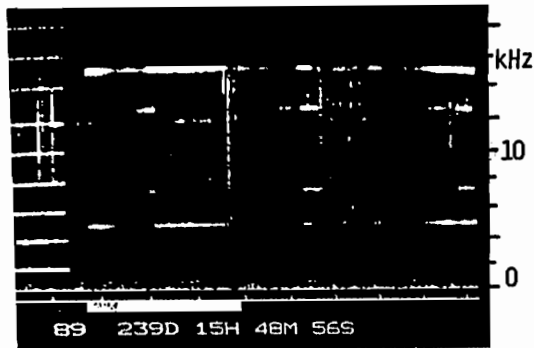
Observation of 15 kHz Waves Transmitted from Khabarovsk by DE-1

T. Ondoh¹, Y. Nakamura¹, S. Watanabe¹, T. F. Bell² and V. Chmyrev³

1: Communications Res. Lab., Tokyo, 2: Stanford Univ., 3: IZMIRAN Troitsk

Whistler mode signals of 15 kHz transmitted from Khabarovsk (Geogra. lat. 48°30'N, long. 134°51'E) were received by DE-1 at Kashima, Japan. Figure below shows 15 kHz signals received by DE-1 from 1548:45 UT to 1548:56 UT on August 27, 1989. At this time, DE-1 was at altitude of about 20000 km over the southern hemisphere. The 15 kHz signals were transmitted for 1535 UT to 1635 UT from Khabarovsk. Plasma wave data from DE-1 were received from 1543 UT to 1613 UT on August 27 at Kashima, Japan. Ray-tracing result of 15 kHz nonducted whistler-mode waves computed in a magnetospheric plasma model is compared with the observed result of 15 kHz signals by DE-1.

1989年8月7日から8月29日までの間の奇数日にソ連ハバロフスク局 (地理緯度48°30'N, 経度134°51'E) から15kHz波を上方へ発射して、そのホイアラモード伝搬波をDE-1で受信する実験を行った。下図は1989年8月27日15時48分45秒から56秒UTの間にDE-1によって受信された15kHz信号である。この時DE-1は、南半球の上空約2万kmにあった。ハバロフスクからは8月27日1535-1635UTの間15kHz波が送信された。又鹿島ではDE-1のプラズマ波データを、8月27日の143-1613UTの間受信した。この受信結果を磁気圏プラズマのモデル分布を用いたホイアラモードのノンダクト伝搬波のレイトレーシングの計算結果と比較検討する。



August 27, 1989

強度分布解析とゴニオメータ法から推定された透過領域の比較

池田 慎¹、 鶴田浩一朗²、 町田 忍²
 1: 武蔵大、 2: 宇宙研

COMPARISON OF WAVE EXIT AREAS INFERED FROM INTENSITY DISTRIBUTION ANALYSIS AND GONIOMETRIC DIRECTION FINDING

Makoto IKEDA¹, Koichiro TSURUDA², Shinobu MACHIDA²
 1: Musashi University
 2: Institute of Space and Astronautical Science

The wave exit area infered from the intensity distribution of VLF wave observed on the ground is compared with the wave arrival direction determined by the goniometer method in order to examine the reliability of the intensity distribution analysis for Siple signals. Roughly, these results seem to be consistent with each other. However, when we triangulate the locations of the wave exit points by means of the arrival direction of the VLF wave, it is known that they are widely scattered on the ground.

これまで、私達は地上で観測されたサイブル信号などのVLF電波の強度分布を使って、そのVLF電波が電離圏を透過する領域を推定してきた。しかし、その結果の信頼性はまだ検討されていなかった。それを確かめる一つの方法は、ゴニオメータ法を使った三角測量で得られた透過領域の位置と、強度の多点観測から得られた透過領域の位置を比較する事である。

その比較の結果が、Fig.1、Fig.2に示されている。いずれの図も、A、B、C、D、E、F、Gは観測点の位置を表している。観測点を囲っている楕円は、測定されたVLF電波の水平磁場成分から作られた偏波楕円である。ゴニオメータ法では、これらの楕円の短軸方向が到来方向を表している。一方、強度分布から得られた透過領域は、Fig.1の場合は、観測点Gの南東方向へ50Km程度のところにある。ただし、1区画の一辺の長さは50Kmであり、上方が地磁気のほぼ北であり、右方が地磁気のほぼ東である。Fig.2の場合も同様であり、強度分布から得られた透過領域はGの東方約400~500Kmの所にある。おおまかに見て、ゴニオメータ法で得られた到来方向と強度分布から得られた透過領域の位置は矛盾していないように見える。

次に、Fig.2の場合に対して三角測量を行った。Fig.3参照。それぞれの観測点からの到来方向の交点が透過点に対応しており、小さな四角で表されている。それらは、かなりばらつくようである。

Comparison between gonio and intensity method

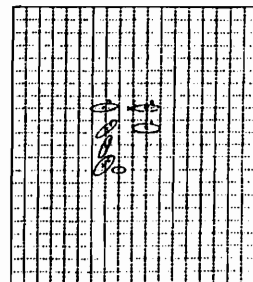


Fig. 1

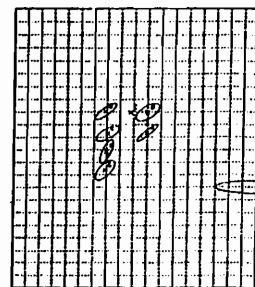


Fig. 2

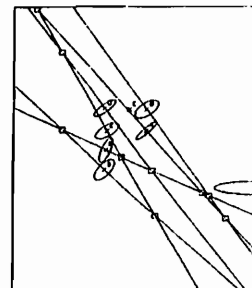


Fig. 3
 Triangulation by goniometer

地上局 VLF 波の電離層中の強度マッピング

北岸陽一* 八木谷 聡* 長野 勇* 満保正喜* 木村磐根**

*金沢大工 **京大工

Mapping of intensity in the ionosphere for signals excited by a ground based VLF transmitter

Youichi KITAGISHI*, Satoshi YAGITANI*, Isamu NAGANO*, Masayoshi MAMBO*, Iwane KIMURA**

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

The ground based VLF waves are often measured in the ionosphere and magnetosphere by using sounding rockets and scientific satellites.

It is required to be able to theoretically estimate the wave intensity in the ionosphere. We have successfully developed a computer-code by which the altitude profile of the wave intensities in the ionosphere can be calculated under the assumptions that the transmitting antenna is a dipole located at a height of h above the ground and that the ionosphere is horizontally stratified. We could confirm the validity of the calculated results by looking at the Omega signal intensity actually observed by a rocket. We will demonstrate a calculated contour mapping of the wave intensity excited by Omega station at Tsushima.

地上にあるオメガ局などの VLF 局から放射されている VLF 波がロケットや衛星によって観測されている。そこで地上の VLF アンテナから放射された電波の、不均質な電離層中の強度分布を大地の効果を含めて理論的に計算することが要求される。本研究では電離層を水平層状媒質のコールドプラズマと仮定し、筆者らの一部が以前開発した multi-layer 法による full wave 計算法 [2] に文献 [1] の手法を適用し、この様な場合の計算ソフトの開発を行った。

上述の手法で、対馬オメガ局から放射された電波の電離層下端及び高度 100km における水平電磁界強度分布をオメガ局を中心に半径 1000km にわたってマッピングした結果を Fig.2,3 に示す。電離層モデルは、文部省鹿児島宇宙観測所により打上げられたロケット S-310-18 号機により測定及び推定されたもの [3] を用いた。ただし、周波数を 10.2kHz、放射電力を 10KW とし、磁界強度の単位は $0\text{dB}=1\mu\text{V}/\text{m}$ として表わしている。

一方、ロケット S-310-18 号機によって観測された [3] オメガ電波 (10.2kHz) の磁界強度 (Δ) と、ロケット軌道にそって計算した結果 (\times および実線) とを図 4 に示す。両者は非常によく一致している。

しかし、この計算方法には、電離層のモデルが水平方向に均一である事や、完全な平面層状を仮定しているため近距離にしか適用できず、また、計算に時間がかかる事や、大地上の計算ができないという問題がある。

謝辞 この計算法に関して、名大空電研早川正士氏から有益な助言を頂いた、ここにお礼を申し上げます。

参考文献

- [1] D.Nunn: "Transmission of ELF pulses to the GEOS satellite", Technical report, 1975
- [2] I.Nagano et al.: "Numerical Calculation of Electromagnetic Waves in an Anisotropic Multilayered Medium", Radio Sci., 10, 6, 611-617, 1975
- [3] 長野 他: "S-310-18 号機による中波強度の高度分布から D 層電子密度分布の推定", 宇宙研報告, 23, 222-232, 1988



Fig.1 Calculation model

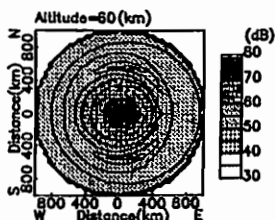


Fig.2 Field intensity below the ionosphere of Omega signals from Tsushima

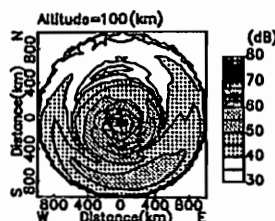


Fig.3 Field intensity above the ionosphere of Omega signals from Tsushima

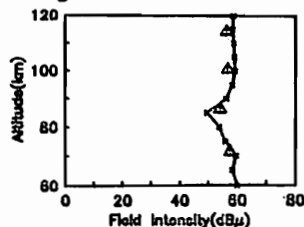


Fig.4 Field intensity along the Rocket's orbit and measurement

菅平における電力線誘導放射磁界観測

富澤 一郎
(電通大菅平宇宙電波観測所)

Induction and Radiation Magnetic Field of Power Lines Observed at Sugadaira

Ichiro TOMIZAWA

Sugadaira Space Radiowave Observatory, Univ. of Electro-Communications

It has been requested to observe induction and radiation magnetic field at 50/60Hz over Japan Islands. However, this kind of observation is difficult because high interference field is induced by power systems close to the observation point. High dynamic range amplifiers, sharp rejection filters, and stable sharp band-pass filters are used to satisfy the requirement. The newly developed receiving equipment can detect weak 50Hz magnetic field even close to the 60Hz power system. As a result, the magnetic field strength at 50Hz varies from -120 to -95dB, and increases from 8 to 18h JST. These characteristics are compatible with the result of the satellite observation.

はじめに 筆者は、科学衛星「おおぞら」や大気球を用いて、日本列島付近の50/60Hzの電力線放射磁界強度およびその水平分布を観測してきた[1,2]。科学衛星観測の結果、(1)磁界強度は0dB=1A/mとして、-135から-125dBの範囲にあり、(2)水平分布は地上の電力線分布との対応があるが、(3)その分布は地上に比べて1000km以上南方に広がっていることが明らかになった。一方、大気球観測の結果、(4)日本列島の電力線放射機構は電流ループ型であり、(5)その電流ループの方向性が日本列島周辺の磁界分布を非等方的としており、さらに、(6)電力線放射自体の時間変化が予想されることも明らかになった。また、前回の学会で報告したようにfull-wave計算から推定した電離層の透過減衰量が10dB程度であることから、電離層に入射する磁界強度が-125から-115dBであり、さらに夜間磁界に比べて10dB以上増加し、観測結果が説明できないことがわかった[3]。このようにした飛翔体観測結果を、裏付けるためには日本列島上に置ける定常的観測が必要になってきた。従来、飛翔体観測に使用してきた観測装置では、地上観測点に近い強い磁界誘導磁界中で微弱な遠方からの到来磁界を観測するには不向きであるため、大規模な観測機器の改良を加える必要があった。今回は60Hz使用地域内にある菅平において50Hzの到来磁界を観測する。強度差が80dBにも達するような状況下で、50Hzという近接周波数を十分なS/Nで観測するために、受信機の入力からフィルタ部までのダイナミックレンジを140dB取れるようにし、また、60Hz成分を十分除去できる狭帯域フィルタを使用する方法を取った。また、電流ループ方向についての情報を得るため、磁界ベクトル方向を直交ループアンテナ間の強度を比較から求めることができるように、受信機を複数用意した。このほか、50Hz電力システム全体の周波数安定度を測るため、位相同期ループを利用した周波数計を組み込んで

ある。これらの観測データは、マイクロコンピュータに記録され、定期的に収集される。
観測結果 改良を加えた観測装置を用いて、1989年8月より強度観測を開始した。この観測から、50Hzの磁界強度は、-120から-95dBと25dBの幅を変化し、また、08-18HJSTに高くなり、昼夜の差が20dBに達することもあることがわかった。ただし、12月についてはこの強度変化がほとんどなく、季節的な要因によるものと考えられる。日中に磁界強度が20dB増加する場合があることから、衛星観測で日中に電力線放射検出確率が高くなる離層まで裏付けられる。また、地上観測とfull-wave計算から推定した電離層下部に入射する磁界強度の値と、おおぞら一致する。一方、磁界ベクトル方向の観測から、北から東回りに60または240度方向にあり、長期的に安定であることから、50Hz電流ループ方向がこれと直交方向と考えられ、したがって、50Hzの放射指向性が南北方向となっているので、衛星観測で南方方向の広がりは説明できる。
現在ところ、50Hzの電力線誘導放射磁界観測は、菅平1地点のみのため局所的な効果の可能性もあるため、今後観測点を増やす必要がある。また、地上観測が今後の飛翔体観測と補完的な役割を果たすことも明らかになった。

参考文献 [1] I. Tomizawa and T. Yoshino; "Power Line Radiation Observed by the Satellite OHZORA", J. Geomag. Geoelectr., vol. 37, pp. 309-327, 1985
[2] 富澤一郎・芳野起夫・山川智; "日本近傍の電力線誘導放射電磁界の観測 - B1-31の結果 -", 宇宙科学研究所報告, 8, 101-110 (1983)
[3] 富澤一郎・田頭秀樹; "full-wave法から求めた電力線放射波の電離層伝達特性", 第86回地球磁気・地球惑星圏学会講演予稿集, P. P-53 (1989. 10)

小林 敬生 大家 寛
(通総研沖縄) (東北大理)

A Method of Data Analysis for Low S/N Case Due to Interference of Strong Coherent Noise

T. Kobayashi (CRL Okinawa) H. Oya (Tohoku Univ.)

A data analysis method to extract signals from data with interference of strong coherent noise is developed based on the probability theory. By applying the method one can deduce the signal even the S/N value of data is -10dB.

昨年、春の学会で、我々は「さきがけ」PWP の観測データの中の干渉ノイズの影響を受けたデータの解析手法について報告した(小林 他 1989)が、今回、その手法を更に一般化させ、数学的記述と値の評価方法とを確立したので報告する。

観測データのパワー e^2 は

$$e^2 = n^2 + S^2 + 2\sqrt{n^2 S^2} \cos \theta$$

と記述される。

ここで、 n^2 はノイズ N のパワー、 S^2 は観測対象となる波動のパワー、 θ は両者の位相差である。今、N がコヒーレントなノイズであり、S は、そのパワーが正規分布 $N(\mu, \sigma^2)$ に従うランダム波 (μ は S^2 の平均値、 σ^2 は標準偏差)、そして、 θ が一様分布をするものと仮定すると、 e^2 の確率密度関数 $f_e(e^2)$ が

$$f_e(e^2) = \int \frac{f_s(s^2) f_n(a)}{\sqrt{n^2 s^2}} ds^2 \quad \dots (*)$$

と求まる。

ここで、 $f_s(s^2)$ は S^2 の確率密度関数で

$$f_s(s^2) = N(\mu, \sigma^2)$$

また $f_n(a)$ は、

$$a = \cos \theta = \frac{e^2 - n^2 - S^2}{2\sqrt{n^2 S^2}}$$

の確率密度関数で、

$$f_n(a) = \frac{1}{\pi \sqrt{1-a^2}}$$

である。(*) の積分範囲は、

$$-1 \leq a \leq 1$$

となる S^2 の範囲である。

(*) の有効性を確かめるために、干渉ノイズを受けた「さきがけ」の観測データの度数分布と、(*) から求まる e^2 の確率分布曲線を比較したものが図 1 である。図中

丸印が観測データの度数分布を示すが、理論曲線とよく一致しており (*) の正しいことを示している。

ところで (*) の右辺の被積分関数

$$g(s^2) = -\frac{f_s(s^2) f_n(a)}{\sqrt{n^2 s^2}}$$

は、ある e^2 に対する S^2 の条件付き確率を表す S^2 の確率密度関数である。つまり、 $g(s^2)$ から、ある観測値 e^2 に対する S^2 の値の実現確率を見積ることができるのである。これは、観測データにコヒーレントなノイズが混入しても、元の S^2 を見積ることができることを意味している。

図 1 のデータに対して実際に S^2 を見積った例が図 2 である。

これから明らかのように、本手法は、コヒーレントなノイズが混入したデータから、シグナルを復元するのに有効な手段である。

講演では、本手法を用いた解析例を示すと共に、本手法の有効限界についても述べる。

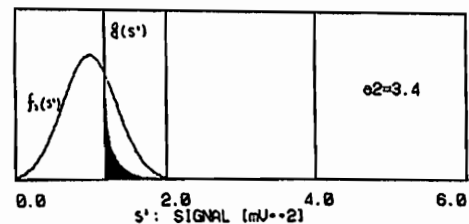
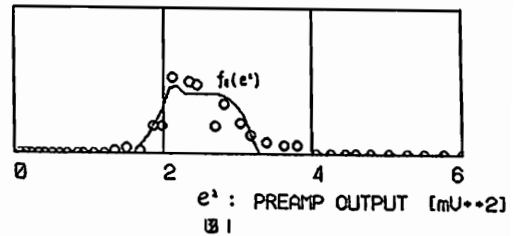


図 2 S^2 の存在確率 (黒く塗った部分の面積)

マイクロ波帯周波数による
惑星間空間シンチレーションの観測

森 弘隆、田中高史、近藤哲朗、徳丸宗利、高羽 浩、小山泰弘
通信総合研究所

OBSERVATIONS OF INTERPLANETARY SCINTILLATIONS
AT MICROWAVE FREQUENCIES

H. Mori, T. Tanaka, T. Kondo, M. Tokumaru, H. TAKABA, and Y. Koyama
Communications Research Laboratory

IPS observations at microwave frequencies were made by using a radio telescope(34m in diameter) at Kashima Space Telecommunications Center. The observed radio stars were quasars 3C273 and 3C279 at 2.2 GHz and 8.2 GHz, and a water vapour maser IRC20431 at 22.2 GHz. Scintillation indices calculated from the obtained data show appreciable enhancement of the solar wind irregularities around the distance of 20Rs (solar radius) from the sun where additional acceleration of the solar wind velocity is supposed to occur.

太陽風は主に太陽から10~30Rs(太陽半径)の領域で再加速されると考えられているが、加速のメカニズムについては未だ十分には解明されていない。電波星からのマイクロ波帯電波による惑星間シンチレーション(IPS)観測は、この領域の太陽風に関する情報をもたらすものと期待される。

我々は、通信総合研究所鹿島宇宙通信センターに新設された直径34mの電波望遠鏡を用いて、去年の9月20日~10月17日にクエーサ3C273、3C279からの2.2、8.2GHz電波、及び12月21日~12月26日にH₂OメーザIRC20431からの22.2GHz電波のIPS観測を行い、太陽から2.5~40Rsの範囲にわたる良好なデータの取得に成功した。

観測は、アンテナのビームを電波星に向けるモード(ONビーム)と、電波星から角度30°程度ずらすモード(OFFビーム)を5~10分ずつ交互に切り替える方法で行った。図.1は、ONビームとOFFビームの観測データを基に計算により求めたシンチレーション指数mと観測周波数f(MHz)との積を、太陽中心からの距離R/Rsに対してプロットしたものである。図中の破線で示した指数関数 $R^{-1.6}$ は、これまでのVHF帯電波による太陽から更に遠い領域でのIPS観測の結果得られた経験式である。我々の今回の結果もほぼこの破線に沿っているが、20Rs付近では、これより系統的に高めにずれている。この領域における太陽風擾乱の増

大は、太陽風加速機構を考える上で興味深い。現在、これらの擾乱の特性を明らかにするために、スペクトル分析を進めているところである。

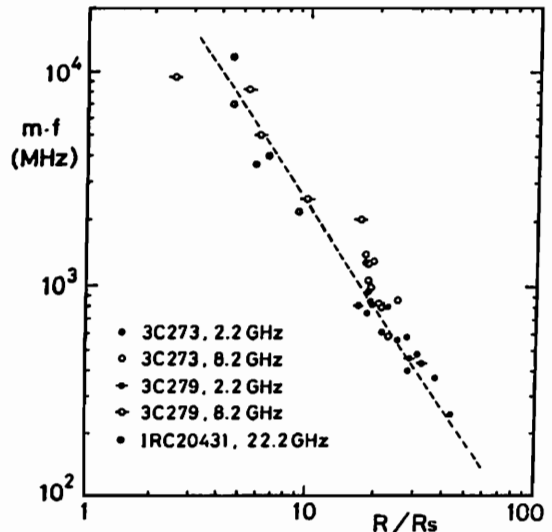


Fig.1. The radial dependence of the parameter $m \cdot f$ where m is the scintillation index and f is the radiofrequency. The dashed line is for the power law $m(R) = CR^{-1.6}$.

古川 欣司, 大家 寛, 森岡 昭 (東北大理)

Identification of Weak Components of Jovian Decametric Radiation Events by Interferometer Data Based on MEM Spectral Analyses

Kinji Furukawa, Hiroshi Oya and Akira Morioka
Geophysical Institute, Tohoku Univ.

Identification of weak components of Jovian Decametric Radiation events have been made by 3-base line interferometer. Spectral analyses of interferometer fringe data using MEM provide the peak frequency of fringe rate even from noisy states of interferometer data. By comparison with expected peak frequency, the fringe rate can be identified as coming from Jupiter; especially the method is effective to identify weak components of non-Io-related Jovian Decametric Radiation.

1. 序

木星電波の放射するデカメータ波帯電波は、木星磁気圏の様相を探るための重要な情報を含んでいる。特に非イオ関連の木星電波は、太陽風と木星外部磁気圏との相互作用を理解する上で重要な手がかりとなる。しかしこの非イオ関連電波はイオ関連電波と比較すると、強度が弱く観測されにくい。この微弱な電波に対しMEMを用いて干渉計の周波数解析を行い、それが木星から放射されたものであることを同定する手法を開発した。

2. 解析結果

長基線干渉計網の3基線の干渉フリッジ波形に対しMaximum Entropy Methodを用いた周波数解析をおこない、そのピーク周波数と電波源が木星にあるとして計算した周波数とを比較することによりその電波が木星から到来したものであるか否かの判定を行なう。図1は1989年12月7日 Non-Io-A 電波源に対して取得されたデータの干渉波形と、その時に期待される理論波形、及びそれらのスペクトルを示す。この例では強度も比較的に強くデータから理論波形を容易に類推できる。また図2は1990年1月5日 Non-Io-A 電波源に対して取得されたデータで、強度が弱くデータから理論波形を類推することは難しい例である。しかし、スペクトルのピークは予想値と一致し、この電波が木星起源であることを示す。

3. まとめ

この手法を用いることにより従来の解析では雑音に埋もれていた微弱な木星電波の同定が可能になり、非イオ関連電波の解析を実施することが可能になった。

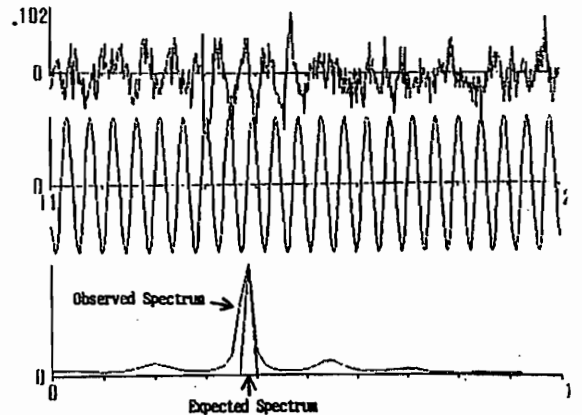


図1 上より観測された干渉波形、理論波形、及びスペクトラム

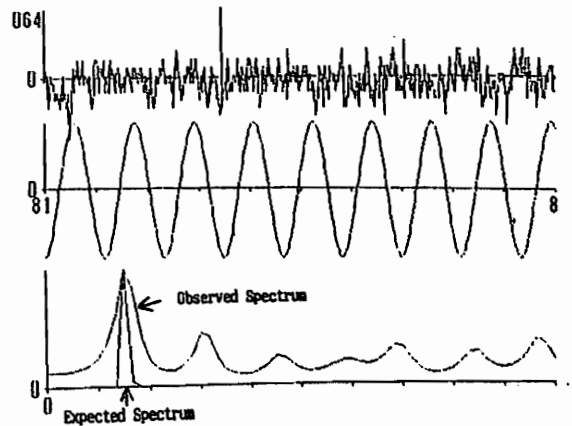


図2 図1と同様、電波強度の弱い例

加算型干渉計を応用したデカメートルパルサーの
SOURCE位置同定法の開発

片瀬 拓弥、大家 寛、飯島 雅英、森岡 昭
(東北大理)

Development of the Method for Identifying of the Direction of
Decametric Pulsating Source by Applying Interferometer

Katase, T., H.Oya, M.Iizima, and A.Morioka
Geophysical Institute, Tohoku University

ABSTRACT

To identify the source position of the decametric pulsar with the period of 421.602±0.01msec, interferometer method is applied by introducing the "Fringe stopping" technique. In this method the interferometer system developed for Jovian decametric radiation is utilized, obtained data are sent through the telemeter system to control station at Sendai and digitized through the A/D converter. The box-car method is carried out for the same phase difference condition, i.e., under the "Fringe stopping" condition.

1.序

1984年に発見され(Oya et al 1988)、現在究明中であるデカメートル波帯の 421.602msec の pulsar は銀河雑音レベルに対し、そのパワーが約6%という非常に低い S/N比の信号で box-car method によって pulse shape を再現している。しかし、その source 位置は、ダイポールアンテナによる受信のため、銀河中心から ±7° という ambiguity を残している。そこで、新たに、加算型干渉計を応用した "Fringe stopping" method を開発し、従来の box-car method と結合する事により、正確な source 位置の同定を可能にした。

2.手法 (Fringe stopping method)

加算型干渉計では、A局、B局の電圧振幅をそれぞれ A(t)、B(t)とすると

$$D(\phi) = A(t)\cos(\omega t + \phi) + B(t)\cos(\omega t)$$

$$= 2A(t)\cos(\phi/2)\cos(\omega t + \phi/2) \quad (A(t)=B(t))$$

となり、検波出力により、Fringe(干渉)パターンである 2A(t)cos(φ/2) が得られる。ここで天球上の1点を tracking する時の位相差 φ(t)を追跡し、解析過程で φ(t)=0 とする手法によって D(φ)=2A(t)とし長時間にわたる box-car method が適用され、1局での出力に対し 2倍の振幅になって結果が得られると伴に φ の値を変化させる事により天球上を sweep する事が可能になる。

3.観測結果

観測は、1988年7月に開始し、現在解析が進行中である。今回の例では加算回数が、ダイポール観測の解析データよりも少ないが(ダイポール観測の最大50時間に対して、1時間)、pulse shape に見られる main-dip と sub-dip の傾向が現れている。また、φの変化に伴う振幅の変化も認められ、今後、加算回数増加に伴い本格的な結果が期待される。

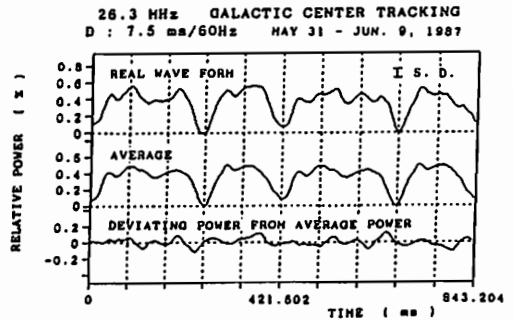


fig.1 従来の dipole antenna による
加算結果 (約4時間)

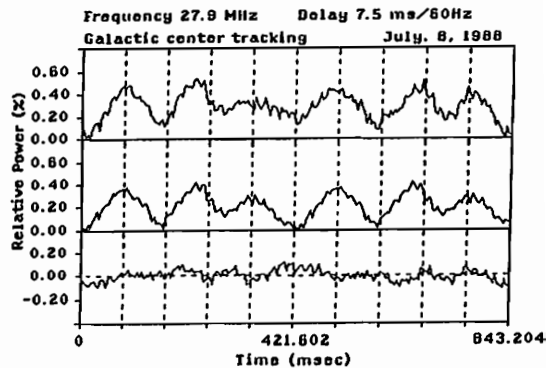


fig.2 干渉計による約1時間の加算
結果の例