



地球惑星科学関連学会1992年合同大会

第91回

地球電磁気・地球惑星圏学会講演会

---

91th SGEPSS Spring Meeting

講演予稿集 *Abstracts*

とき 1992年4月7日(火)~10日(金)

ところ 京都大学教養部

*April 7~10, 1992*

*College of Liberal Arts and Sciences*

*Kyoto University*

地球電磁気・地球惑星圏学会 (SGEPSS)

**Society of Geomagnetism and Earth, Planetary and Space Sciences**

# SGEPSS第91回総会・講演会スケジュール

	会場	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
4月7日(火)	A		地球内部電磁気学 A11-01~10				古地磁気・岩石磁気 A12-01~15					
	G		太陽圏 G11-01~10				大気圏力学 G12-01~11			大気圏放射 G12-12~16		
	J		ULF波動 J11-01~08			オーロラ・ダイナミクス① J12-01~06		オーロラ・ダイナミクス② J12-07~13				
4月8日(水)	G		大気圏化学 G21-01~08									
	J		磁気圏・電磁圏結合 J21-01~11			磁気圏プラズマ波動(1) J22-01~08		磁気圏プラズマ波動(2) J22-09~17				
4月9日(木)	H	惑星電磁圏 H31-01~06	ポスターセッション P1~P4会場						特別講演会			総会
	J	磁気圏プラズマ 波動(3) J31-01~05										
4月10日(金)	H		磁気圏構造(1) H41-01~08			磁気圏構造(2) H42-01~09			磁気圏構造(3) H42-10~16			
	J		電離圏(1) J41-01~08			電離圏(2) H42-01~07						

 本  
報

## 地球内部電磁気学

A11-01~10, P34~35

座長	西谷忠師	(秋田大鉦山)
	藤 浩明	(東大海洋研)



Effects on the Geomagnetic field variation on the Ground  
of the Electric Currents in the Oceans by the Geomagnetic Sq field

Masahiko Takeda  
Faculty of Science, Kyoto University

Effects of the currents induced in the oceans on the geomagnetic field variations on the ground are simulated for the Sq field. Simulation results show that the currents give much effect on the variations at the island observatories in the Pacific Ocean. For example, at Honolulu the amplitudes of H, D and Z components are enhanced by about 10%, 20% and 20%, respectively, and the phase of Z component are delayed by 2 hours. At Guam same phase delay is expected although the change of the amplitudes are smaller. On the other hand there are no significant changes are expected at Kakioka nor Kanoya in Japan.

これまでのシミュレーションによって、地磁気 Sq 場は、かなりの強さの誘導電流が海洋中を流れることを示した。例えば、Sq 地球内部電流の強度は、Sq 地球外部電流渦が太平洋上にあるときには、海洋の存在によって約 50% 増大することが求められている。今回は、この地磁気 Sq 場が誘導する海洋中の電流が地上の磁場変化へ及ぼす影響を調べた。

シミュレーションの方法は、地球外部の inducing 成分としては、1980年3月1日-20日の UT1 時間毎に求められた Sq 解析の結果の地球外部項をフーリエ解析して得られる時間変化成分を用い、海陸分布は薄層球殻上の 1°×1°メッシュ上の海洋の深さに応じた電気伝導度分布として与えた。マントルはモデルは、500km 以深にある 0.1S/m の電気伝導度の一様球体と

した。

例として、シミュレーションによって求められた Guam・Honolulu・Kakioka・Kanoya での地上の 3 成分の磁場変化を Fig. 1 に示す。観測された地球外部磁場 (Inducing Field) とマントル内に誘導された電流による地球内部磁場の和 (破線) とさらに海洋中に誘導された電流による磁場を加えたもの (実線) を示してある。これによると、海の存在によって Honolulu では、Z 成分に 2 時間もの位相変化と、約 20% の振幅減少が生じる他、H・D 成分の振幅はそれぞれ約 10%・20% 増加し、Guam でも振幅の変化は小さいものの Z 成分の位相には Honolulu と同様の変化が生じる一方、Kakioka や Kanoya では、目立った差は生じないことがわかる。

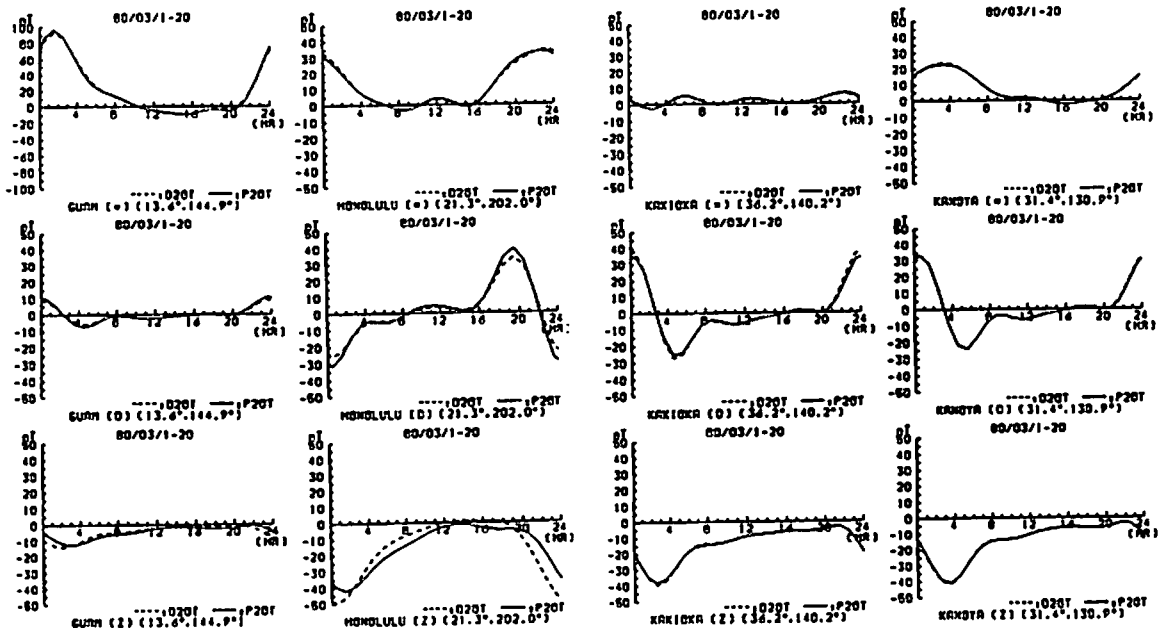


Fig. 1 Simulated Geomagnetic Sq field for the cases with (solid lines) and without (dashed lines) the oceans.



伊豆・小笠原弧周辺の地磁気変換関数の分布  
藤 浩明 (東大海洋研)

Distribution of Geomagnetic Transfer Functions around the Izu-Bonin Arc  
H. Toh (ORI)

It has been pointed out that local nonstationarity and/or isolated outliers severely affect estimated electromagnetic response functions (e.g., geomagnetic transfer functions and magnetotelluric parameters) in the course of ordinary section-averaging analyses (Chave et al., 1987). In this context, the isolated outliers and local nonstationarity are understood as point defects and a departure from a stationary background of short duration, respectively. Both imply deviation from assumed Gaussian distribution and auto- and cross-power spectra obtained by a usual stacking method neglecting the deviation are biased, which gives out misleading results in calculation of electromagnetic response functions.

In this work, robust estimation of short-period (15min-120min) geomagnetic transfer functions around the Izu-Bonin arc has been conducted. The robust procedure used here is followed after Chave et al. (1987) and briefly described as follows: initial location and scale estimates of data (raw FFT components) are calculated on an unweighted  $L_1$  norm basis (i.e., calculate sample median as a location estimate rather than average and interquantile distance for a scale estimate instead of variance). Initial residuals are defined and scaled using these initial location and scale estimates. Then, solve a linear regression problem by a nonlinear weighted least squares method through iteration. The scale estimate and residuals for the linear regression scheme are updated by replacing them by those from previous iteration. A weight function of double exponential form  $\exp(-\beta|x-\beta|)$  is introduced in order to downweight outliers in the iteration.

Another major phenomenon which deviates from the assumption of a stationary stochastic process is the completely deterministic tidal variation. In order to improve the band-limited feature of electromagnetic fields at the seafloor, electromagnetic sounding using  $M_2$  tide at sites on oceanic basin have been also conducted. Separation of the tidal constituent is made by BAYTAP-G and the electromagnetic field associated with  $M_2$  tide is obtained as a line spectrum. In this case, motional induction by tidal ocean currents is considered to be a source as has been suggested by Chave (1983).

These results are summarized in contour maps of complex A and B values for the high frequencies. Comparison of the high frequency results with those from an ordinary method and the feature of the tidal electromagnetic field of  $M_2$  tide will be further discussed.

On the network MT observation, using self-made electrodes and NTT telephone lines,  
in the southern part of Ibaraki (Preliminary Report)

°Makoto Uyeshima<sup>1)</sup>, Kentaro Omura<sup>1)</sup>, Yukio Fujinawa<sup>1)</sup> and Takeo Ichikita<sup>2)</sup>

1) National Research Institute for Disaster Prevention and Earth Sciences 2) Kobe University

As was already reported, Network-MT method possesses many strong points in determining deep crustal electrical conductivity structure. And in the central and eastern part of Hokkaido, the usefulness of the method is proved. In order to realize the observation with arbitrary distributed baselines in Network-MT method, we established a new version of Network-MT observation and tested in the southern part of Ibaraki Prefecture.

In the method, self-made electrodes and telephone lines are used. The electrodes, instead of telephones, are connected to telephone lines (fig.1). Then electrical potential differences between any places can be monitored, as long as directly connected metallic telephone lines are available.

Since December 1991, we have tested the method (Fig. 2). Self-made Pb-PbCl<sub>2</sub> electrodes are used. Records are stored digitally every 10 seconds or 1 minutes. Since it is quite important to determine phase shift between electric and magnetic variations, clock synchronized to the  $\omega$ -station's clock pulse is equipped. Although the test site is located at such non-remote region as around Tsuchiura city, we can obtain the good geoelectrical record coherent to the geomagnetic record at JMA's Kakioka geomagnetic observatory (Fig. 3). We will extend the research region as shown in Fig. 1 and will construct the underground electrical conductivity structure to the depth of some 100 kilometers.

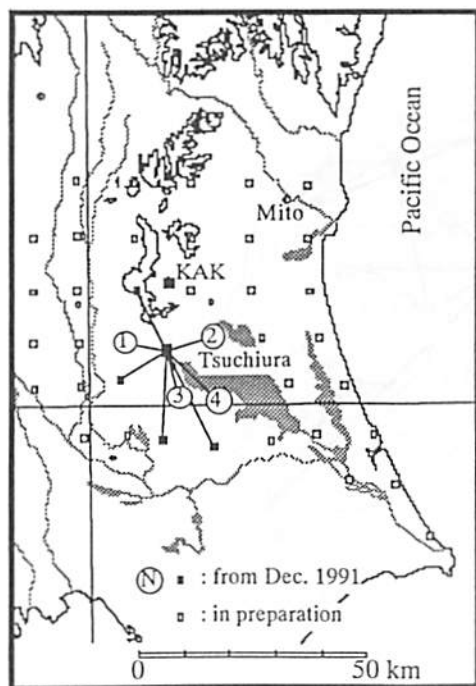


Fig. 2 Observation Network (electrodes are/will be located at squares or circles with number).

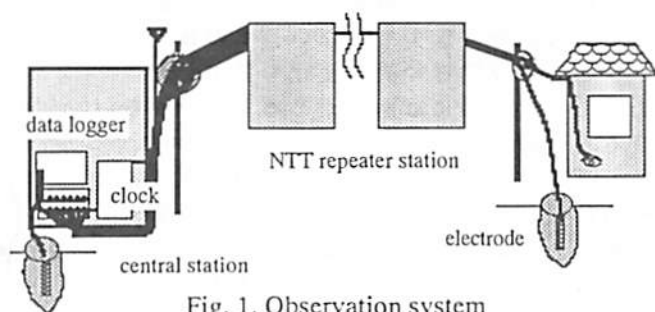


Fig. 1. Observation system



Fig.3. Example of obtained data. Upper four channels are geoelectric records. The numbers of the channels correspond to the numbers shown in Fig. 2. Lower three channels are geomagnetic records obtained at Kakioka.

●川瀬 隆治 歌田 久司 行武 毅  
 東京大学地震研究所

Local anomalous change of the electrical potential difference observed in Izu-Oshima Islands

Takaharu KAWASE, Hisashi UTADA, Takesi YUKUTAKE.  
 Earthquake Research Institute, Univ of Tokyo

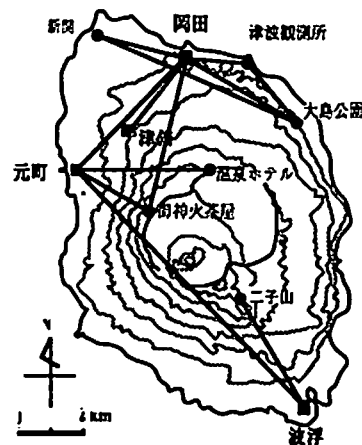
The observation of geoelectrical potential change in Izu-Oshima Island using NTT facilities started in 1987. In the observed data, anomalous potential changes were sometimes observed and it became clear that a kind of these changes tended to appear frequently especially in a few tens of days before the earthquake swarm off the east coast of the Izu peninsula. We expanded the observation network in Izu-Oshima Island as shown in the figure below. Removing the induction component by natural electromagnetic field variation by the Stochastic Differential method. We have examine extremely local feature of the anomalous potential change.

伊豆大島における地電位差連続観測は、1987年よりNTT通信用アースを用いて元町-岡田、津倍-岡田、波浮-元町の3測線で始められた。ここに得られた。検討の結果、矩形の異常変化は比較的大規模な伊豆半島東方沖群発地震の発生する前の十数日以内に頻発する傾向にあることがわかった。そこでこの変化について詳しく調べるために、柿岡での地磁気水平2成分を参照観測値とした確率差分法による地磁気の誘導成分の除去を行ない、その残差データから再び同様の異常変化を抽出した。ただし、データにはあらかじめ10分から360分のバンドパスフィルターをかけ、その周期帯の成分のみを解析の対象とした。その結果、生のデータから抽出した異常変化のうちいくつかは地磁気の誘導成分であることが明らかになったが、大方の傾向は、生のデータから抽出した場合の結果と大きくは変わらなかった。

そこでこうした変化の空間的分布を調べるために、1990年8月に第1図に示すような伊豆大島での地電位差観測網の拡充を行なった。図中の黒の四角が従来から観測に用いているNTT交換局アースを、黒丸が拡充された観測点を示す。各観測点では鉛-塩化鉛電極を接地し、これを専用回線に接続して電位差を測定している。

伊豆半島東方沖群発地震との関係が問題

になった異常変化は、岡田のNTT交換局アースを共通極にもつ測線に見られたので、岡田NTT交換局アースの周辺に短基線のスパンを展開した。これらの測線で観測された地電位差データからは、NTT通信用アースによる長基線のデータに適用した確率差分法と同様の方法を用い、地磁気の誘導成分の除去を行なった。その結果得られた残差データから、問題となった異常変化の空間分布を調べ、考察した。



第1図 伊豆大島における地電位差観測網



地質調査所 中塚 正・森尻 理恵・牧野 雅彦  
 中日本航空機 宮坂 聡

Aeromagnetic Survey around Unzen-dake Volcano in August, 1991

Geological Survey of Japan T.Nakatsuka, R.Morijiri, M.Makino  
 Nakanihon Air Service Co.Ltd. S.Miyasaka

1991年8月に、雲仙岳を中心とする東西約25km、南北約15kmの範囲の空中磁気データが中日本航空機の手によって取得された。主測線は東西方向で、普賢岳上空を除き約500mの測線間隔で、高度7,500フィートの全磁力測定が行われた。交差測線は南北方向で5本である。このデータによる雲仙岳の磁氣的構造の議論は、別の講演(共通セッション)で述べることにし、ここでは、本データの処理・解析上の問題点の検討結果について述べる。

このデータの処理にあたり、当初は日変化補正のための定点観測データが入手できていなかったため、その補正を行わず、従来より地質調査所でデータ処理に活用している交点コントロールの手法を適用した。この手法で復元した日変化パターンは、ASOでの実測(田中良和氏による)と非常によい対応を示しており(Fig.1)、この手法の妥当性が示された。今回の場合には、①位置計測に使用したGPSの精度が高いことに加えて、②多くの交点群がありかつ1測線が長時間にわたらないこと、③飛行高度における磁気異常分布が比較的なめらかなこと等の諸条件が整っていたことが指摘されるが、とくに位置計測精度の高さが最も重要であると考えられる。

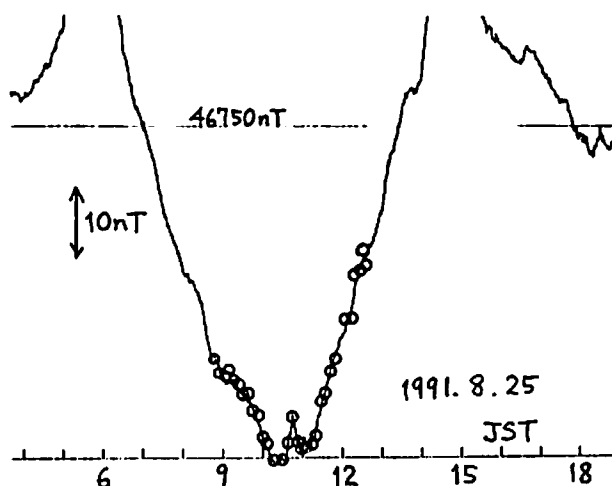


Fig.1 ASOでの全磁力変化と交点コントロールから推定された日変化パターン(○印)

処理の結果得られた磁気異常分布と、既存の新エネルギー総合開発機構(NEDO)による調査データとの比較からは、大局的な磁気異常分布には変化が見られないものの、既存データの測線間隔の粗さに起因する磁気異常間隔の相違が見られ、今回の取得データが当該地域の磁氣的構造を議論する上で有意義であることが示された。

得られた磁気異常分布は、地形の凹凸との明瞭な相関を示し、地形効果の除去を試みた。その手法は、Blakely and Grauch(1983)と同じであるが、地形モデルとして、国土地理院によるKS-110地形メッシュデータ(いわゆる250mメッシュデータ)および海上保安庁水路部の海底地形図を読みとったデータを使用している(東半部の陸域については、国土地理院により25mメッシュデータが作成されているが、今回の結果では未使用である)。この解析からは、地形(表層付近)の平均的な磁化強度が得られ、その値は2.9 A/mとなった。これと地形モデルより、一樣磁化の場合の地形効果が計算される。

しかし、この地形効果をグリッド化された磁気異常分布から単純に差し引いて作成される残差異常分布図には、測線配置の不均一に起因する見かけ上の特異な異常パターンを生じた。これは、空中探査の性格上、測線上では十分な精度を有しつつも測線と測線との間のコンター線の引き方に任意性の生じること、すなわち、異方性をも有する空間的エリアシング効果によってもたらされたものである。(その影響は、グリッド化のソフトウェアによっては緩和される場合があるかもしれないが、エリアシングを本質的に逃れることはできない。)

従って、地形効果の除去にあたっては、地形モデルから期待される磁気異常を、測線上で評価し、測線データに対して残差計算を行って、再グリッド化による残差磁気異常図を作成した。

得られた磁気異常分布図については、共通セッションの予稿集(雲仙火山:中塚・森尻・牧野)を参照されたい。

°D. S. ウィダルト・川東慶子・桂郁雄・西村進(京大・理)、茂木透・江原幸雄(九大・工)、  
下泉政志(北九州職訓短大)、西田潤一(大谷大・文)、楠建一郎・鈴木浩一・藤光康宏・東貞成(電力中研)、  
城森明(日本地殻調査)、又吉盛次(吉沢技研)

## Geothermal significance of electromagnetic soundings in the vicinity of Waita volcano - Hohi region, central Kyushu

°Djedi S. WIDARTO<sup>1</sup>, Keiko KAWAHIGASHI<sup>1</sup>, Ikuo KATSURA<sup>1</sup>, Susumu NISHIMURA<sup>1</sup>  
Tohru MOGI<sup>2</sup>, Sachio EHARA<sup>2</sup>, Masashi SHIMOIZUMI<sup>3</sup>, Jun'ichi NISHIDA<sup>4</sup>,  
Ken'ichiro KUSUNOKI<sup>5</sup>, Kouichi SUZUKI<sup>5</sup>, Yasuhiro FUJIMITSU<sup>5</sup>, Sadanari HIGASHI<sup>5</sup>,  
Akira JOMORI<sup>6</sup>, Seiji MATAYOSHI<sup>7</sup>

<sup>1</sup>Dept. Geol. Mineral., Kyoto Univ.;<sup>2</sup>Dept. Mining, Kyushu Univ.;<sup>3</sup>Kita-Kyushu Poly. Coll.;

<sup>4</sup>Fac. Litt., Ohtani Univ.;<sup>5</sup>Central Res. Inst. Electr. Power Indus.;

<sup>6</sup>Japan Crust Research Co.;<sup>7</sup>Yoshizawa Eng. Res. Meas. Co.

Electromagnetic soundings that composed of the Tensor Controlled-Source Magnetotelluric (CSMT) and Time-Domain Electromagnetic (TDEM), using grounded electric bipole sources, were carried out in the vicinity of Waita volcano, the north-western part of the Hohi geothermal region in Central Kyushu to reveal the electrical resistivity distribution and its significance to the geothermal structure in this area. The sounding points, both of the Tensor CSMT and TDEM, were completed at the same 54 sites and most of them concentrated at the Takenoyu-Hagenoyu geothermal field, western foot of Waita volcano, that shows intensive geothermal, mainly fumarolic, activity. The Tensor CSMT soundings reveal a highly anomalous geothermal structure involving a conductive zone at shallow depths that range in tens meter beneath the Takenoyu-Hagenoyu geothermal area. Resistivity distributions in this conductive zone are less than 10  $\Omega\text{m}$  and at some sites near to 1  $\Omega\text{m}$ . This conductive zone is assumed to be closely related with high underground temperature (thermal water) zone at shallow depth. The conductive zone is also found at the deeper part beneath Waita volcano, at the depth of about 500 m below ground surface. The Tensor CSMT soundings completed in this area show that the subsurface distribution of the resistivity structures was mainly well defined and fitted to the geothermal structure which was assumed to be composed of the subsurface zone, the shallow thermal water zone, and the deep heat-source.

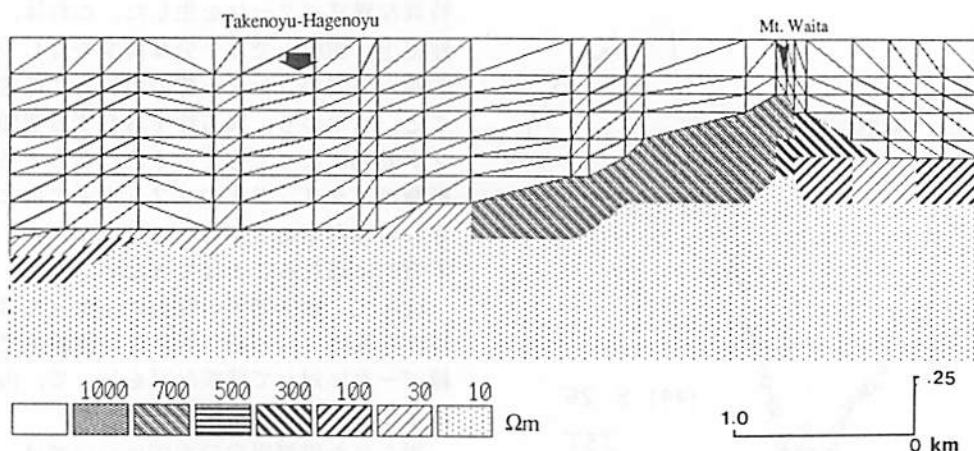


Fig. 1 Two-dimensional resistivity model of NNW-ESE section across Takenoyu-Hagenoyu area and Waita volcano

## Resistivity structure in Akinomiya area, Akita Prefecture

Tadashi Nishitani and Isao Takashima\*

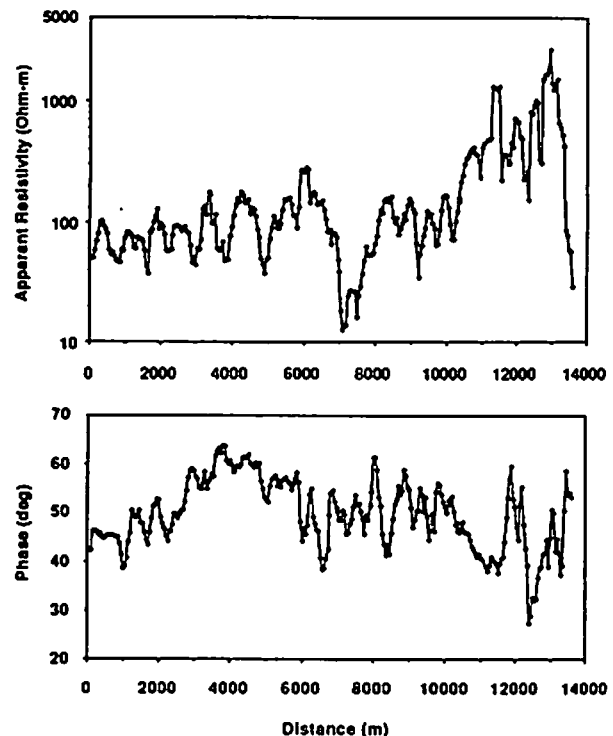
Institute of Applied Earth Sciences, Mining College, Akita University  
 \*Research Institute of Natural resources, Mining College, Akita University

VLF, PLMT and ELF survey has been performed in Akinomiya area, which is known as geothermal region. About 14 km in Kawarage line was extensively surveyed. The measurement interval was selected to 50 m for VLF, 100 m for PLMT and about 1 km for ELF. After analyzing, the low resistivity layer exist around 6000 m to 8000 m. The depth to the geothermal layer is deeper at the position of 6000 m compared to that of around 7500 m.

秋田県秋の宮地域は地熱地帯として知られている。この地域の地下比抵抗構造を明らかにするために VLF, PLMT, ELF 探査を行った。VLF 探査の測線間隔は 50 m, PLMT 探査は 100 m, ELF 探査は約 1 km とした。

測線は小杉山部落から泥湯に至る道路沿いである。右図に測定例を示す。この図は VLF 測定の結果で、上図は見掛けの比抵抗、下の図は位相を示す。横軸は距離を示しており、0 m は測線の西、小杉山部落の位置、13500 m は川原毛地獄付近である。

全体的な傾向として小杉山部落より川原毛地獄の方が比抵抗が高くなる傾向が見られる。特徴的なことは 7000 ~ 8000 m 付近で比抵抗が数十  $\Omega$  m と小さな値を示すことである。この付近は地温分布の高い地域と一致する。位相の変化は 3000 m 付近から 6000 m 付近にかけて 45 度以上になっている。従って、表層よりも下部層の方が比抵抗が低いことがわかる。50 Hz の PLMT 探査では低比抵抗部が 6000 m 付近に存在する。150, 250 Hz の周波数成分ではこの低比抵抗部は距離の大きくなる側（西側）に移動する傾向が見られる。VLF の結果と総合して考察すると、6000 m 付近では低比抵抗部即ち地熱の影響を受けた温度の高い部分が深くに存在し、7000 ~ 8000 m 付近では、この高温部が地表に近くなっていることがわかる。





†I. TOMIZAWA<sup>1</sup>, M. HAYAKAWA<sup>1</sup>, T. YOSHINO<sup>1</sup>, K. OHTA<sup>2</sup>, T. OKADA<sup>3</sup> and H. SAKAI<sup>4</sup>  
1. Univ. of Electro-Communications 2. Chubu Univ. 3. Toyama Pref. Coll. 4. Toyama Univ.

Observation of electromagnetic variation at ELF and VLF ranges were conducted at the shot point in Oyama-cho, Toyama on October 17, 1991. The observation is aimed to examine the correlation between the rock fracture and the seismogenic electromagnetic phenomena. Two sets of ELF sensors including orthogonal loop antennas and orthogonal grounding antennas were used to detect horizontal magnetic field and horizontal electric field, respectively. One set of the sensors was placed at the horizontal distance of 29m from the shot point and the other was at 97m. Additionally VLF orthogonal loop antennas were set up at 130m. These signals were recorded on six DAT recorders simultaneously.

The mass weight of the dynamite was 450kg and it was placed in the 75m-depth bore-hole at the shot point. Just on the explosion time of 01h22m0.480sJST, all of the electric field sensors recorded fast fluctuations as shown in Fig.1. However, these fluctuations cannot be detected by the magnetic sensors even at 29m point. The time difference between two separate points are within the resolution of the sampling time of 200 micro-second, and the fluctuations are similar in shape but the amplitudes at 97m are smaller than those at 29m. Accompanying the fast fluctuations, slowly varying fluctuation is also observed both at 29m and at 97m points. The effect of the seismic wave appeared at 34msec for the 29m point and 58msec for the 97m point both on the electric and on the magnetic sensors. Using these time delays and the geometrical parameters of sensors, the propagation speed of the seismic wave is 2020m/s. It is not so fast to generate the fluctuations observed just on the explosion time. It can be concluded that the fast fluctuation are not produced by the seismic wave but by the electric potential variation. Therefore the source of the fast fluctuations and the accompanying slowly variations seem to be generated by the fluctuation of the electric potential. Amplitude ratio of the orthogonal components of the fluctuations just after the explosion are 0.25, and this value is the same at two points. Amplitude ratios of two remote sensors is 0.29 both for the radial and the azimuthal components. To explain the electric field variation, a buried vertical electric dipole can be placed at the explosion depth for this kind of the electric field variations, and it can be deduced that the depth of the dipole is 68m. However the dipole moment cannot be obtained now because the ground conductivity around the shot point has not been fixed.

The electric potential variation coincident with the explosion have been observed by Yamada and Murakami (1982), and Yamada (1990) using long span grounding antennas. Therefore the fast electric field variation seems to be the common phenomenon to the rock fracture.

References

- [1] I. Yamada and H. Murakami (1982): 碎石爆破に伴う地電位の変化, 地震, 35, 393-400
- [2] I. Yamada (1990): 岩石の破壊に伴う電磁気的現象の発生機構, CA研究会 (1990), 39-48

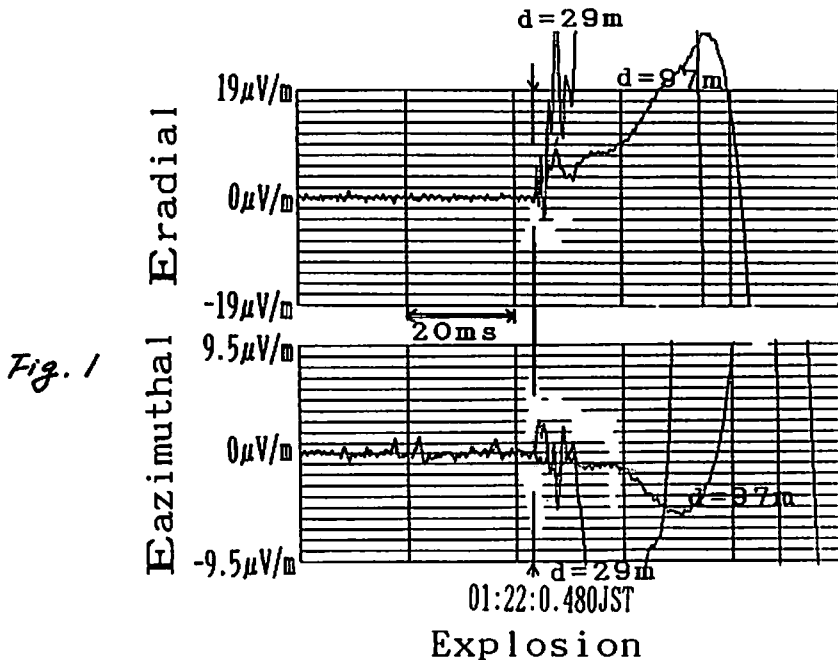


Fig. 1

# CSMT法送信電流が形成する電位差の測定 ——琵琶湖北西部での例——

領木邦浩 (大阪職訓短大)

Measurement of A.C. voltage with the source current of the CSMT method in the coastal region of Lake Biwa.

Kunihio Ryoki (Osaka Polytechnic Col.)

At the measurement of A.C. voltage with source current of the CSMT method using Schlunberger's electrode array, the frequency effect is observed conspicuously. The result of the calculation approximate to the skin effect is compared with the conductivity structure using ULF-NT method. Therefore, it is quite possible that this measurement is used for the electromagnetic exploration.

1991年11月5～12日に琵琶湖北西部において地球電磁気共同観測が実施され、VLF・ELF・ULF-NT法、CSMT法等による電気伝導度構造の解析が進められている。(地殻比抵抗研究グループ(1992))。このうち、CSMT法はNS～NNE-SSW走向を持つ花折断層を挟んで東西二ヶ所(武曾・能家)を電流源として行われた。その電極間隔は武曾が1675m、能家が2000mであった。東側の武曾では比較的薄い第四紀層下に花崗岩質基盤の分布が見込まれ、西側の能家では中・古生層が分布しているため、両者の電気伝導度の分布・構造に相違があらうと期待される。今回、ここでのCSMT法実施時に、交流を流す際の電流電極間における表皮効果の性質を調べるため、Schlunberger型電極配置によってCSMT法送信電流  $I$  が形成する電位差  $V$  の測定を行った。電位電極間隔はいずれも20mであった。

図1は直流電気探査法で定義される式

$$\rho_s = 2\pi k \frac{V}{I}$$

に従って算出した見掛比抵抗  $\rho_s$  の周波数  $f$  に対する変化を示したものである。ただし、 $k$  は電極の配置による係数である。これを見ると、いずれの測定点でも10Hz以下の周波数では直流法として取り扱え、それ以上では周波数効果が顕著に現れていることがわかる。

半無限媒質に垂直入射する電磁波や無限長円筒状導体に流れる交流電流の表皮効果は、簡単な電磁気学の問題として取り扱われる。その電界の大きさは境界面からの深さに対して指数関

数的に減衰する。また、電気伝導度・周波数の平方根に対して指数関数的に減衰する。有限長の電極間の電界分布は半無限媒質であっても容易には求められない。しかし、Schlunberger型電極配置においては電位電極間隔が電流電極間隔に比べて小さいので電位電極付近では前述の表皮効果に近似できると仮定すると、見掛比抵抗  $\rho_s$  は周波数  $f$  に比例すると考えられる。また、一般にSchlunberger電気探査法においては、その探査深度が電流電極間の距離  $\overline{AB}$  の1/2程度であると言われている。これらから、横軸を  $\delta_{DC}/(\overline{AB}/2)$ 、縦軸を  $\rho_s/\rho_{DC}/f$  として図1のデータを書き改めると図2となる。ここでは、 $f=1\text{Hz}$  における見掛比抵抗を直流による見掛比抵抗  $\rho_{DC}$  と考え、その表皮深度を  $\delta_{DC}$  としている。ただし、 $\mu$  を媒質の透磁率とすると、

$$\delta_{DC} = \sqrt{\rho/\pi\mu f}$$

である。

図2によれば、いずれの観測点でも表層部に低比抵抗層が存在することがわかる。また、武曾では  $\overline{AB}/2$  より浅いところに高比抵抗層の存在が示唆される。これらの傾向は、霧畑他(1991)によるULF-NT法での結果と合致する。以上より、交流を流す電流電極間にも周波数効果が存在し、これを利用しての地下探査が可能であることが認められた。

(謝辞) 地殻比抵抗研究グループ及び1991年度地球電磁気共同観測関係者の皆様には測定の機会を与えて頂きました。記して感謝の意を表します。

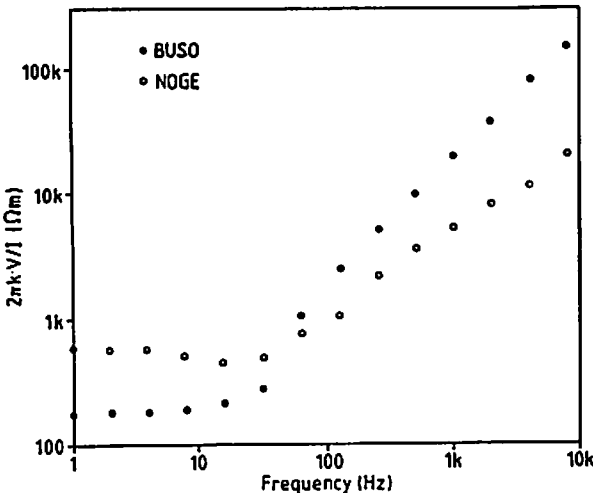


図1 観測された電位差から計算される見掛比抵抗。

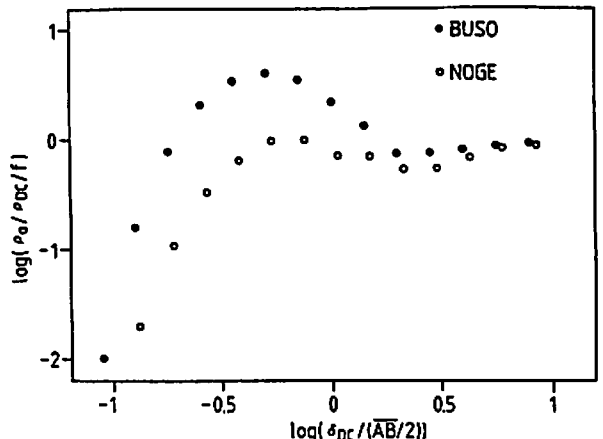


図2 直流法の見掛比抵抗で標準化した見掛比抵抗・周波数比。直流法の見掛比抵抗値における表皮深度を電流電極間隔の1/2で除した探査深度の目安を横軸に取っている。

多種類のMT法を用いた  
花折断層周辺の電磁気共同観測 (序報)

A11-10

地殻比抵抗研究グループ  
山口 覚 (神戸大学教養部) 溝畑 茂治 (神戸大学理学部)

Preliminary report on a study of resistivity structure revealed by various MT methods  
around the Hanaori fault, north-western part of the Shiga prefecture

Research Group for Resistivity Structure, Japan  
Satoru Yamaguchi (College of Liberal Arts, Kobe Univ.)  
Shigeji Mizohata (Faculty of Science, Kobe Univ.)

The resistivity structure around the Hanaori fault was investigated by various MT methods: CSMT, TDEM, ULF-MT, ELF-MT and VLF-MT methods. Hanaori fault is one of the largest active faults in the Kinki district, and this fault is the clear boundary of the distribution of hypocenters: the upper bound of the hypocentral region is about 5 km-depth on the west side of the fault and about 10 km-depth on the east. Our purpose of this study is to know the difference of the electrical conductivity structure between the both sides of the fault. We outline the investigation and show the preliminary results of the conductivity structure around the fault revealed by the CSMT, ELF-MT and ULF-MT methods.

地殻比抵抗研究グループは、地震予知研究の一環として活断層の電磁氣的構造や地殻の電気伝導度の分布を調べてきた。第6次地震予知計画では、1990年に富士川断層で、1991年秋に琵琶湖北西部・花折断層周辺で共同観測を行った。本講演では琵琶湖北西部の共同観測の概要およびELF-, ULF-MT及びCSMT法による断層周辺の電気伝導度構造の推定結果について報告する。

花折断層は琵琶湖西岸に沿って北北東～南南西にのびる第1級の活断層である。この付近の微小地震の震源分布は、琵琶湖の下で地震が発生する上限下限とも深くなることが知られている。例えば上限の深さ見ると花折断層の西側では約5km、東側では約10kmである。またその境界は花折断層と一致し、階段状に変化していることが報告されている。(黒磯・岡野, 1990)

共同観測の目的、場所、項目などは以下の通り。

目的:

微小地震発生深度が明瞭に異なる断層両側域で、電磁氣的構造がどの様に異なるかを明らかにすることを目的としている。

場所:

琵琶湖北部、西部一帯にわたる予備調査の結果、人工的擾乱の少ない滋賀県朽木村および高島町一帯で実施した。

参加者:

16機関43名が参加して実施した。

観測項目:

(1)CSMT(Controlled Source Magneto-Terullic)法による電気伝導度構造調査

断層の東西2地点で電流電極間隔約1kmの人工信号源を設置し、その電極から地中に流す電流の周波数を1Hz～8192Hzまで変化させた。その信号を西側では12ヶ所、東側では9ヶ所で受信し、MT法によって電気伝導度構造を求めた。

(2)TDEM(Time Domain Electro-Magnetic)法による電気伝導度構造調査

(1)と同じ人工信号源を用い、地中に流す電流を急激に遮断した際に地中に誘導される電流がつくる2次磁場の時間変化を測定し、電気伝導度構造を求めた。

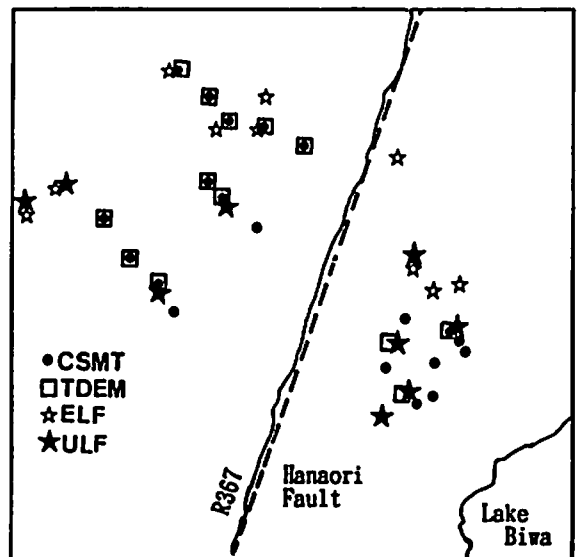
(3)ELF-MT, ULF-MT法

ELF帯(周波数数10Hz周辺)、ULF帯(周期1秒～100秒付近)の自然電磁場変動を信号源として、MT法によって電気伝導度構造を求めた。

(4)VLF-MT法

潜水艦などの通信用に利用されるVLF電波を利用して比較的表層部の電気伝導度分布を調査した。

解析結果については、CSMT法、ELF-, ULF-MT法の3手法の観測結果を基にした、花折断層付近の電気伝導度構造について報告する。





# A11-P34 人工地震に伴う地球電磁気変化 ～ 富山県大山町における観測例～

小林 剛<sup>(1)</sup>, 酒井英男<sup>(1)</sup>, 岡田敏美<sup>(2)</sup>, 和田安男<sup>(3)</sup>, 渡辺邦彦<sup>(4)</sup>  
 (1)富山大・理 (2)富山県立大 (3)京大防災研・上宝 (4)京大防災研・宇治

Electromagnetic variations associated with explosion seismic experiment at the Ooyama town in Toyama Prefecture

T. Kobayashi<sup>(1)</sup>, H. Sakai<sup>(1)</sup>, T. Okada<sup>(2)</sup>, Y. Wada<sup>(3)</sup>, K. Watanabe<sup>(4)</sup>  
 (1)Toyama Univ.(2)Toyama Prefecture Univ.  
 (3)DPRI of Kyoto Univ.,Kamitakara.(4)DPRI of Kyoto Univ.,Uji

At the explosion seismic experiment at Ooyama Town on Oct.17, 1991, observation study of electromagnetic properties were made. Measured materials were magnetic total force, electric self-potential, electromagnetic radiation (VLF) and acoustic emission. We could not observe the significant change in magnetic total force and electromagnetic radiation (VLF) at the explosion. Up to 100 mV change in self-potential was observed at the point few tens meters apart from the explosion point before the arrival of seismic wave.

岩石の破碎や応力変化に伴う電磁気現象の調査として、岩石破碎の室内実験や、人工地震を利用した電磁気観測が行われ、顕著な電磁気現象の変化が数例報告されている ( HASBROUCK, ALLEN,1988 MIZUTANI et al.,1976 山田ほか,1983、中山ほか,1988 )。現象の発生メカニズムや伝播の解明の為に更に観測例が必要と考えられる。今回、富山県大山町で行われた人工地震 (代表: 東大吉井教授) を利用して総合的な電磁気観測を行った。

大山町 (S-3 地点) の発破は、1991年10月17日1時22分に、薬量450Kgを使用して行われた。我々は、発破前後の時間帯で地磁気全磁力、地電位、電磁波 (VLF帯)、A.E (アコスティック・エミッション) の観測を行った。また、爆破孔周辺の電磁気探査を発破前と後で行い、電磁気物性の変化を検討した。

観測点は爆破点 (熊野川ダム横) の周辺と、南西に約1.5Km離れた地点および北西に約5Km離れた地点 (共に牛首断層近傍) の3箇所 に設けた。図1に、爆破点周辺での観測点配置を示す。

今までに得られた結果

- ・ 爆破口周辺での観測から、爆破に伴う地電位変化と弾性波との走時差を調べた結果、弾性波が電極付近を通過する前に地電位の短周期変化が検出された。
- ・ 爆破口周辺の比抵抗、全磁力分布は発破前後でかなり様相が変化した。
- ・ 爆破点近傍のVLF帯域アンテナで、東西、南北の水平2成分を観測したが、爆破に伴う電磁波放射は認められなかった。

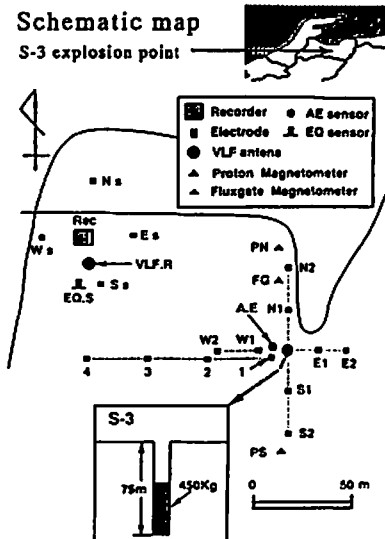


図1 電磁気観測センサー配置図



# 古地磁気・岩石磁気

A12-01~15, P36~41

座長

渋谷秀敏 (大阪府大総合)

中西正男 (東大海洋研)

大竹 秀明 (東工大)

## Paleomagnetic study of Pleistocene volcanic rocks from Zao mountains

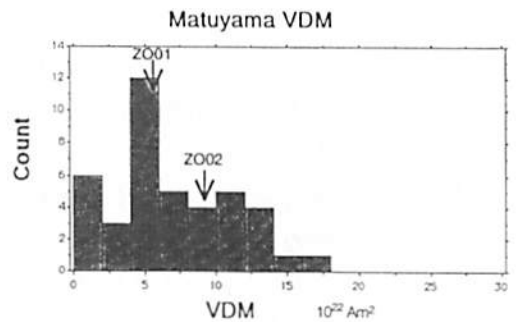
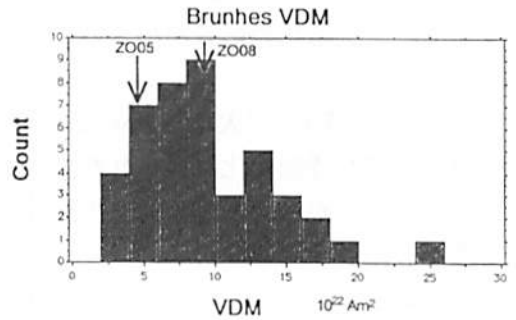
Hideaki Otake (Tokyo Institute of Technology)

Paleomagnetic study was made on volcanic rocks of Pleistocene age collected at 16 sites in the Zao Volcano Group. All the rocks collected have radiometric ages determined by K-Ar method which span a period between 0.07Ma and about 1Ma. After appropriate demagnetization, 16 paleodirection were obtained. Paleointensity experiment by the Thellier's method was also applied to nine rocks, and four reliable paleointensities were obtained.

蔵王火山群の 16 サイトから採取した第四紀に噴出した火山岩について古地磁気学的研究を行った。これらの試料の年代は K-Ar 法を用いて測定されており、7 万年前から約 100 万年前の値が得られている。これらのサンプルに対して交流消磁あるいは熱消磁を行うことによって、それぞれのサイトから古地磁気方向を得た。そのうち 11 サイトがブリュンヌ期、4 サイトが松山期の磁場を記録していて、1 つのサイトがハラミロサブクロンの古地磁気方向を記録していると思われる。

またテリエ法の実験を行い、4 つの信頼できる古地球磁場強度を得た。そのうち 2 つの値がブリュンヌ期のもので、残りの 2 つの値が松山期のものであった。また得られた古地球磁場強度の値から VDM の値を計算し、既に得られている VDM の値と比較した。通常の消磁法により得られた古地磁気方向とテリエ法の消磁ステップから得られた方向の比較を行った。その結果、後者は実験が高温まで成功しているものを除いては、実験室磁場の影響を受けて、Zijderveld Diagram 上で直線にならないことが多かった。

岩石磁気に関連して、Viscosity Index の測定と帯磁率の温度変化を測定した。その結果、大きな Viscosity Index を持つ試料は熱消磁やテリエ法に対して不安定であることがわかった。また段階的に温度を上げ下げしながら帯磁率の測定を行うことによって、磁性鉱物の化学変化がどの温度で発生するかを知ることができると思われる。



ブリュンヌ期と松山期の VDM のヒストグラム

## 別府湾の堆積物から得た地磁気永年変化 (II)

°大野正夫 (東大震研) 浜野洋三 (東大理)

Paleomagnetic secular variation recorded in the sediment  
from Beppu Bay (II)

M.OHNO and Y.HAMANO (University of Tokyo)

From the paleomagnetic study of the unconsolidated sediment of cores from Beppu Bay, we reconstructed the secular variation curves of the geomagnetic field for the past 10000 years (Fig. 1). The characteristic variations in the inclination and the declination curves, whose amplitude and wavelength vary with time, were newly understood.

著者らは、今までに、別府湾海底の未固結堆積物の古地磁気について研究してきた。その特徴をまとめると、

(1) 段階交流消磁実験の結果、残留磁化が安定で、二次磁化の影響が小さいことが解かった。

(2) 平均堆積速度が大きい(2mm/year)ので、地磁気の詳細な時間変化が得られた。さらにコアが長いことから約一万年前まで遡ることができた。

(3) 多数(8本)のコアの測定を行ない、その結果をたし合わせ平均したことにより、精度の良いデータが得られた。

等であった。さらに、我々はこの結果と最近二千年間の西日本の考古地磁気の研究によって得られている地磁気永年変化との比較から、残留磁化の獲得過程に起因する振幅の減衰の補正などを行なった。

今回、我々は、 $^{14}\text{C}$ 測定による堆積物の年代測定の結果(中村俊夫、岡村真 私信)及び、得られた地磁気永年変化と考古地磁気との比較から、より正確な年代を求めた。そしてその結果得られた過去一万年間の偏角、伏角の変化曲線(図1)の特徴について考察を行なった。

別府湾の堆積物から得た最近一万年の地磁

気永年変化の特徴の一つとして、偏角の変化の振幅が6千年前から4千年前までの間小さく、その前後の期間は振幅が大きいことがあげられる。また伏角の変化においても、5千年まえから3千年前までの間は振幅がとくに小さい。似たような傾向は、例えばイギリスの地磁気永年変化曲線にも認められる。

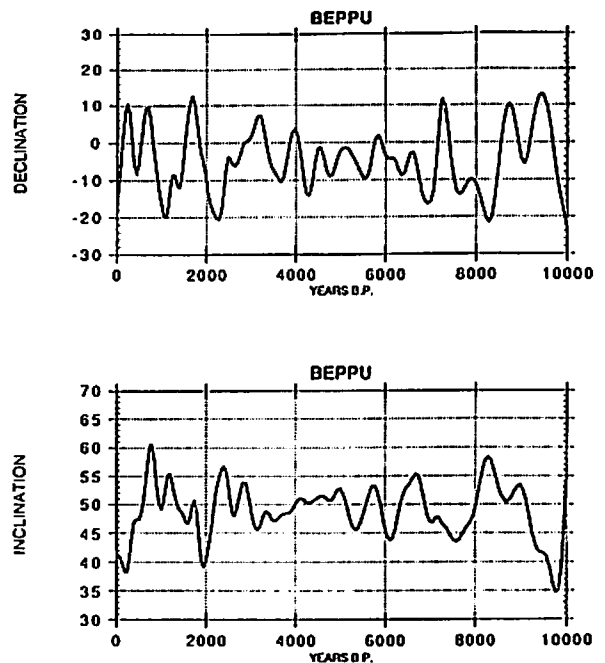


Fig. 1 Secular variation curve in the declination (upper figure) and the inclination (lower figure) in Beppu Bay in southwest Japan.

°本藏義守・飯島友邦・松島政貴 (東工大理)

Some Characteristics During Magnetic Field Reversals  
in a Three-Dimensional MHD Dynamo Model

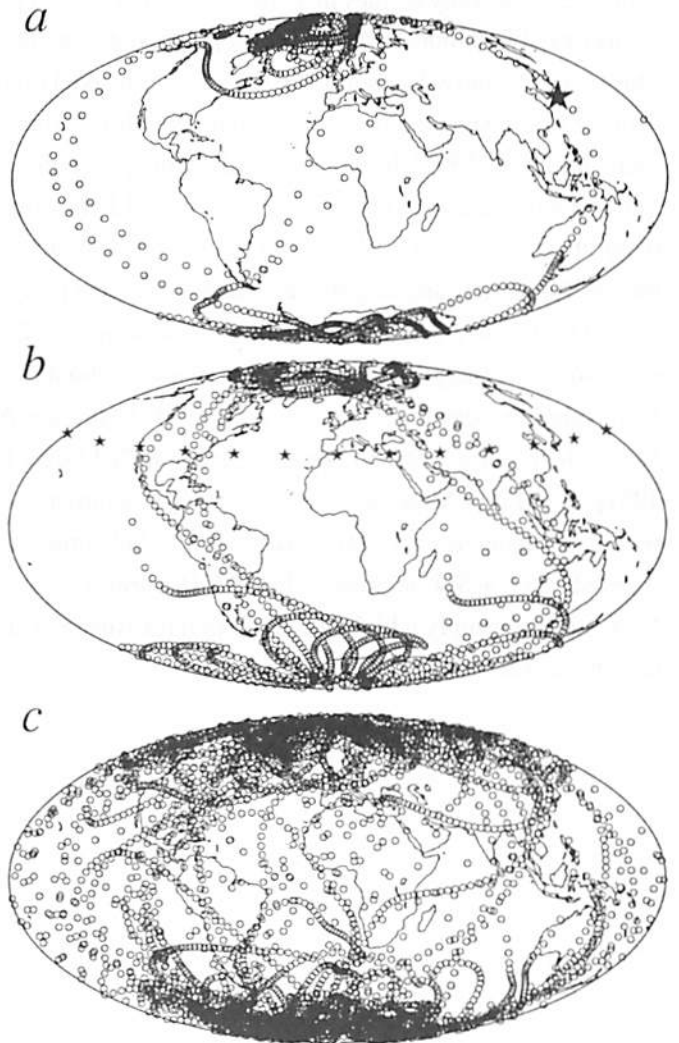
°Yoshimori HONKURA, Tomokuni IJIMA and Masaki MATSUSHIMA

*Department of Applied Physics, Tokyo Institute of Technology*

Here we report on the results of our simulations of an MHD dynamo process in a rotating spherical shell and demonstrate that polarity reversals do occur spontaneously in a homogeneous MHD dynamo. We also examine magnetic field behavior during polarity reversals, particularly in terms of the virtual geomagnetic pole (VGP) path, since the geometry of VGP path during geomagnetic reversals has recently attracted much attention in paleomagnetism. One severe defect in the claim that there exists a preferential VGP path is the insufficient number of sampling of the paleofield and a resulting possible bias. In order to examine such a possibility, we determined a series of VGP positions for different locations along the latitude of  $35^{\circ}$  N.

Figure 1a shows one example. There exists a near-sided VGP path which is similar to the observation at the Boso Peninsula, Japan, during the Matuyama-Brunhes transition. Occasionally an excursion-like VGP path swings toward the equator or even beyond the equator and soon returns near the pole.

An apparent preferential path can be found for some transitions (Fig. 1b), but as the number of sampling increases, such a preferential path disappears (Fig. 1c). This implies that arguments about the existence of a preferential VGP path should be made carefully, although the correlation with the inhomogeneity of the lower mantle structure would suggest the existence of a preferential VGP path which may not otherwise be confirmed from insufficient paleomagnetic evidence.





## Paleomagnetic Results from Miocene Volcanic Rocks of the Northland Peninsula, New Zealand, and Comparison with Australian APW path

° Akira Hayashida<sup>1</sup>, Koji Kawaguchi<sup>1</sup> and Hidetoshi Shibuya<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Laboratory of Earth Sciences, Doshisha University, Kyoto*

<sup>2</sup> *Department of Earth Sciences, CIAS, University of Osaka Prefecture, Sakai*

Neogene volcanic rocks of arc-type widely occur in the northern part of the North Island of New Zealand. We made paleomagnetic study of Early Miocene volcanic rocks distributed in two volcanic belts on both sides of the Northland Peninsula. Samples were collected at about 50 sites, of which ages are mostly confined between 15 and 27 Ma.

Magnetic measurements were made on DIGICO and Schonstedt spinner magnetometers. About half of the sites had NRM intensity above 0.1 A/m. Stepwise AF demagnetization showed that a characteristic component generally resides in a coercivity range from 5 to 40 mT, or more. Preliminary data from 20 sites comprises of both normal and reversed polarity, giving the mean direction:  $D_m = 22^\circ$ ,  $I_m = -67^\circ$  ( $\alpha_{95} = 8^\circ$ ). This is significantly different from the geocentric axial dipole field direction ( $D = 0^\circ$ ,  $I = -55^\circ$ ), and steeper than the paleomagnetic direction of younger volcanic rocks (0 - 10 Ma) of the same area. Recently, *Haston and Luyendyk* [1991] found a secondary magnetization in Permian and Jurassic rocks of the Waipapa Terrane along the east coast of the Northland Peninsula. The mean in-situ direction of the secondary overprint ( $D = 14.1^\circ$ ,  $I = -70.2^\circ$ ,  $\alpha_{95} = 11.2^\circ$ ) is consistent with our data, suggesting that remagnetization of the pre-Tertiary terrane occurred in associate with the Early Miocene arc volcanism.

The Tertiary paleomagnetic directions from New Zealand can be directly compared with Australian data, since spreading in the Tasman Sea ceased at about 59 Ma. The Early Miocene pole from the Northland Peninsula lies near the Cenozoic portion of Australian APW path along the 120°E meridian (Southern Hemisphere pole), which is mainly based on CRM data from laterites and weathered profiles [*Embleton*, 1981]. The Early Miocene Northland pole is inconsistent with age assignment of the APW path calibrated with dated igneous rocks [*Musgrave*, 1989], but similar to a pole from sedimentary rocks dated at 26 Ma (Latitude = 68.4°S, Longitude = 118.7°E [*Idnurm*, 1986]). The relatively low latitude positions of the Early Miocene poles imply a high rate of motion for Australia and New Zealand relative to the geomagnetic pole during the Neogene.

金松敏也 (北大理)

## Paleomagnetic study of Paleogene deposits, Eastern Hokkaido, north Japan.

Toshiya KANAMATSU

Department of Geology and Mineralogy, Faculty of Science, Hokkaido University

The late Cretaceous- Paleogene rocks of Shiranuka hill - Hidaka mountain range ( $42^{\circ} 20' - 43^{\circ} 20' N, 143^{\circ} 15' - 144^{\circ} 00' E$ ), Eastern Hokkaido reveals eastward deviation in paleomagnetic declinations against the declination inferred from the Nemuro Group in the Nemuro Peninsula ( $43^{\circ} 00' - 43^{\circ} 30' E, 14^{\circ} 35' - 144^{\circ} 00' N$ ). In the Shiranuka area, the declination of middle - late Eocene rocks represents eastward ( $Inc=51^{\circ}, Dec=70^{\circ}, \alpha 95=11^{\circ}$ ). On the contrary, the declination of early Oligocene rocks represents northward ( $Inc=65^{\circ}, Dec=1^{\circ}, \alpha 95=17^{\circ}$ ). This suggests the timing of the clock-wise rotational movement was late Eocene.

## 1. 北海道東部の古地磁気方位

北海道東部白糠丘陵地域から45サイトの初性磁化と考えられる磁化方位を認定した。中期始新世～後期始新世の古地磁気方位は  $Dec/Inc=70^{\circ}/51^{\circ}, \alpha 95=11^{\circ}, K=5$  と東偏を示し、対して後期漸新世の古地磁気方位は  $Dec/Inc=1^{\circ}/65^{\circ}, \alpha 95=17^{\circ}, K=17$  と北向きである。このことは白糠丘陵地域が後期始新世～前期漸新世付近で回転したことを示している。北海道東部、白糠丘陵-日高山脈間に分布する、常呂帯、幽仙峡層（後期白亜紀）の古地磁気方位や、予察的に検討を行った日高帯、中の川層群上豊似層（後期白亜紀）の古地磁気方位は、それぞれ  $Dec/Inc=136^{\circ}/43^{\circ}, \alpha 95=14^{\circ}, K=9$ ,  $Dec/Inc=168^{\circ}/31^{\circ}, \alpha 95=29^{\circ}, K=8$  と偏角の方向に違いはありながらも、系統的に時計回転を示し、白糠丘陵で起こった回転運動が、白糠丘陵-日高山脈間に分布する中生界（根室帯の一部、常呂帯、日高帯の一部）を屈曲させたことを示唆している。

## 2. 堆積岩の岩石磁気学的特徴

初生磁化の吟味は、一般的に、磁化方位によって行われている (Reversal test, fold test など)。しかし、これらのテストは全体の方角を統計的にみて判断するものであり、サイト毎に初生的か、2次的かを検討することはできない。本研究において検討したサンプルはすべて堆積岩で、初生的な岩石の磁化獲得機構はPDRMに依っていると予想される。PDRMと他の磁気獲得機構を岩石磁気学的に判別できないか試験的に Fuller *et al.* (1986) の

IRMsとNRMの磁化強度の比を応用して検討した。その結果、今回検討した堆積岩のサンプルは、含まれる磁性鉱物、保持力、NRMの磁化強度に違いがありながらも、IRMsとNRMの磁化強度の比が  $10^{-2} - 10^{-3}$  というフィールドに集中し、対比のために示した第四期の火山岩類などとフィールド分けされる傾向にある (Fig.)。これについての実験的検証は行っていないが、堆積岩中に含まれる各々の磁性粒子の磁化ベクトルは、IRMsとNRMの磁化強度の比が  $10^{-2} - 10^{-3}$  程度にバラついていることを示していると考えられる。

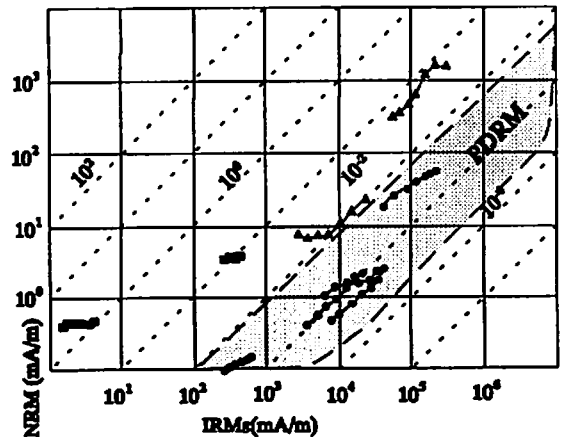


Fig. . NRM : IRMs plots.

● : sedimentary rock. ▲ : volcanic rock  
■ : hornfels

Zhong ZHENG<sup>\*</sup> and Masaru KONO

Department of Applied Physics, Tokyo Institute of Technology

Paleomagnetic study was carried out on sedimentary rocks from Shanxi Province and Heilongjiang Province, and on volcanic rocks from Chifeng, Inner Mongolia and Zhangjiakou, Hebei Province, China. Except the sites from Heilongjiang, the remaining sites are located in the stable part of the North China Block (NCB). After detailed demagnetization experiments and the IRM acquisition/demagnetization experiments, reliable paleomagnetic directions were obtained for the ages of the Neogene, Late Cretaceous, Middle Jurassic, Middle Triassic, Early Triassic and Late Permian from the stable central part of NCB, as well as some Phanerozoic directions from the northeasternmost China belonging to the western Pacific accretion zone. These data define the apparent polar wander path for the NCB since Late Permian. Comparisons with reliable paleomagnetic poles obtained in South China and the Eurasian reference apparent polar wander path indicate a successive collision and rotation process. In terms of relative motion, two distinct stages were shown by the data: during Triassic, the relative northward movement was dominant, while during Jurassic the mode changed to horizontal rotation. A reasonable model can be imagined as follows. Since the beginning of Triassic, the NCB and the SCB began to converge in a way of northward translation, the SCB moving faster than and overtaking the NCB. By the end of Triassic the two blocks were already at similar paleolatitude and perhaps have collided partly. During the Jurassic, the relative rotation was dominant which ended in Late Jurassic. The two blocks were firmly connected since then. The change in the mode of relative motion in Early Jurassic may suggest a change in the region of the regional stress field, most probable caused by the collision between the SCB and Indochina block. On the other hand, the suturing between the Chinese blocks and Siberia seems to have occurred in a later age, and they were finally connected by Early Cretaceous. The paleomagnetic results from Nadanhada in Northeastern China suggests that after the complete consolidation of the whole Eastern Asia, accretionary process was ongoing along the continental margin of the northeastern Asia.

# PALEOMAGNETIC AND $Ar^{40}/Ar^{39}$ DATING STUDIES OF THE MAWSON CHARNOCKITE AND SOME ROCKS FROM CHRISTENSEN COAST

Minoru FUNAKI<sup>1</sup>, Kazuo SAITO<sup>2</sup>

1: National Institute of Polar Research, 9-10 Kaga 1-chome, Itabashi-ku, Tokyo

2: Yamagata University, Faculty of Sciences, Yamagata 990

Rock samples of gneiss, charnockite, pegmatite and dolerite dike were collected from Mawson Station, Scullin Monolith, Larsemann Hills and Vestfold Hills in the Christensen Coast. Characteristics of natural remanent magnetization (NRM) and magnetic properties of the samples were measured. The mean NRM directions of the stable NRM components are listed in Table 1. An age of the representative Mawson charnockite was determined by  $Ar^{40}/Ar^{39}$  and K/Ar methods.

The samples of Mawson charnockite from Mawson Station and Mt. Burnett have stable NRM component against AF demagnetization. The best precision of NRM distribution was obtained by thermal demagnetization at 480° C and the mean direction is decided as in Table 1. Magnetite and pyrrhotite are estimated for magnetic carrier of the charnockite. However, the gneiss rocks from the Rumdoodle Peak and Painted Hill have only unstable NRMs. A radiometric age of the Mawson charnockite was determined by  $Ar^{40}/Ar^{39}$  to be 445±27Ma (isochron age) which is younger than K/Ar age (475±15Ma).

The NRM of granitic gneiss from Scullin Monolith was relatively stable against AF demagnetization up to 20 mT. The best clustering was observed by thermal demagnetization at 380° C ( $\alpha_{95}=20.8^\circ$ ), although number of samples is only 5. Significant NRM directions were not obtained from the biotite gneiss rocks.

The NRM directions of biotite gneiss from the Larsemann Hills clustered after thermal demagnetization at 330° C or 280° C, as shown in Table 1, but those of several samples dispersed from the clusters. However, We have not obtained any significant NRMs from the rocks of Vestfold Hills in present.

Thermal demagnetization proved more effective than AF demagnetization during analyses of NRM's which are considered associated with pyrrhotite. The VGP positions obtained from the stable NRM components in these area may be located roughly along the APWP of Antarctica from late Proterozoic to Silurian Periods.

The declinations of NRM between Syowa Station and Mirny Station are parallel each other taking into consideration of their confidence. It may suggest that Lambert graben opened without relative rotation between Wilkes Land and Queen Maud Land.

Table 1. Paleomagnetic results obtained from this study.

SITE	MAWSON ST.	SCULLIN M.	LARSEMANN HILLS	
	Charnockite	Granitic gn.	Biotite gn.	Pyroxene gn.
Dcmag	450° C	380° C	380° C	330° C
N	88	5	23	13
I	44.3	49.5	62.9	46.8
D	315.0	273.4	295.5	199.0
K	44	15	16	8
$\alpha_{95}$	2.3	20.8	7.8	15.2
LAT	9.3S	26.5S	32.8S	45.6S
LON	22.9E	7.4W	27.8E	76.8W

中井 睦美 (東京家政大学附属女子高校)

Paleomagnetism of gneissic rocks in the Skarvsnes region, Lützow-Holm Bay, East Antarctica.

Mutsumi NAKAI (Girls' senior high school attached to Tokyo Kasei University)

Paleomagnetic results of gneissic rocks from Skarvsnes are almost unstable. But, some specimens have very stable NRM against thermal demagnetization and AF demagnetization and another have almost the same directions as foliations of gneissic structure. The results show that it is necessary to discuss paleomagnetism of gneissic rocks under observation of gneissic structure.

東南極のリュッツホルム湾東部のスカルプスネスは、昭和基地の南方 (南緯69.5° 東経39.5°) にあたる地域である。この地域には、リュッツホルム岩体に属する片麻岩類が分布しており、放射性同位体年代は1900Ma, 1100Ma (SHIRAHATA, 1983), 1131Ma (柴田ほか, 1985), 1110Ma, 745Ma, 458Ma (MAEGOYA et al., 1968), 510Ma, NICOLAYSEN et al., 1961), 363Ma (KANEOKA et al., 1968)等の値が出ている。

12siteから採取したこれらの片麻岩類の定方位試料のNRMを測定し、さらに交流消磁、熱消磁を行い、その後の測定値について検討した。測定には、国立極地研究所の超伝導磁力計等を使わせていただいた。

変成岩類はその磁化方位が原岩の磁化方位か、変成時の磁化方位か、その後の磁化方位か判定がつきにくいという難点がある。しかも、年代測定のデータからいっても、この岩体は何度かの変成作用を受けているらしい。また、片麻岩類は、実際に磁化方位が集中しないのが実状である。

今回の結果では、garnet-biotite gneiss類を筆頭に、きわめて磁化強度が小さかった ( $10^{-6} \sim 10^{-7}$  emu/g)。しかし、中には片麻岩類としては比較的強い磁化強度のものもある ( $10^{-4} \sim 10^{-5}$  emu/g)。磁化強度の強い岩石については、熱消磁の結果安定した磁化を持っていることがわかったが、磁化が安定しているといっても、磁化方位がよく集中しているとは限らない。

そこで、同じsampling siteから得た試料について、岩相等を比較して検討してみると、同じ地域の試料でも片麻岩構造の発達状態の有無や、変成鉱物の違いなどによ

って、磁化方位も若干違う傾向があることがわかった。さらに、片麻岩構造の明確な試料を選んで、その方向と磁化方位の方向を比較してみると、明らかに磁化方位が片麻岩のfoliationの影響を受けていると思われるものがあつた。その試料の中には、消磁前に比べて、消磁後の磁化方位がfoliationの方向に変化するものもあつた。はたして、これらが、変成時に得た磁化か、変成後磁化したときにfoliationの方向に磁化したかは不明であるが、おそらく岩石が生成されてから後の何回かの磁化する機会に片麻岩構造の発達したgneissの場合は、そのfoliationの方向に何らかの影響を受けていることが多いと言えそうである。

一方、片麻岩構造が未発達な部分、ないしは多少発達していても磁化には影響していないと思われる試料もあるので、片麻岩類の古地磁気は非常に扱いにくいものではあるが、ひとつひとつの試料の岩相やfoliationをチェックすることによって、古地磁気として使える試料と使えない試料を分けられるのではないかと考えられる。

三浦保範・加藤敏郎・今井正史 (山口大・理)

**CHARACTERIZATION OF SHOCKED QUARTZ GRAINS FROM IMPACT CRATERS AND K/T BOUNDARY**  
**Y. MIURA, T. KATO and M. IMAI (Fac. of Sci., Yamaguchi University, Yamaguchi 753)**

The previous experimental data of shocked quartz grains from impact craters and Cretaceous-Tertiary (K/T) boundary are collected as the 'mean' optical refractive index (cf. Bohor et al., 1987) and X-ray crystal cell data of 'powdered' sample or large thin plate crystal. The purpose of the study is mainly characterization of shocked quartz formed by impact processes (cf. Miura, 1991a; Miura et al., 1992).

**1. Refractive index data**

The values of 'low' refractive index have been obtained in the present American nonmarine (CCN) K/T boundary and terrestrial impact crater samples reported by Miura (1991a). However, Miura (1991a, 1991b) reported that shocked quartz reveals 'high' density obtained by automated single crystal four-circle X-ray diffractometer. The discrepancy between optical refractive index and X-ray density with high-precision lies in the fact that 'optical bulk data' are produced from 'two phases' of shocked quartz crystal and glass veins. Thus 'crystal part' of shocked quartz shows 'high' X-ray density, whereas mean bulk refractive index of shocked quartz reveals including various sizes of amorphous silica still 'low' mixing value with crystal and glass.

**2. Density of shocked quartz**

The previous and present density data of shocked quartz are summarized as follows:

- 1) 'Measured' density of shocked quartz shows 'low' mixing value of shocked crystal with glass. This is mainly because bulk measured density of shocked quartz (i.e. both SQ and SG parts) can be obtained from  $(2.671 \times SQ(\%) + 2.260 \times SG(\%))/100$ .
- 2) Powder silica data by X-ray diffractometer show 'low' density with mixing values. The precise analyses of X-ray powder line-profile indicate that (a) each X-ray peak reduces the intensity by 'ca. 20%' due to its diaplectic glassy feature, (b) each main peak divides many 'low-' and 'high-' density peaks, and (c) all X-ray peaks reduce the intensity in unshocked optical planes of  $(20\bar{2}1)$  and  $(21\bar{3}1)$ .
- 3) Experimental error of density-deviation  $\rho/\rho_0$  is  $\pm 0.11\%$  at 15 times the measurements of standard rock crystal. Thus the maximum values of +0.7% in the Barringer crater and +0.8% in the CCN K/T shocked quartz which the density-deviation exceeds 0.1%, has significant meanings.

**3. Atomic structure of shocked quartz**

X-ray structure analyses of shocked quartz grains have been carried out on the terrestrial impact craters and CCN K/T boundary samples, summarized as follows:

- 1) Weakly shocked quartz ( $\rho/\rho_0=+0.2\%$ ) shows largely-deviated O - O atomic distance of -0.87% (compared with that of standard rock crystal) and weakly-deviated Si - O atomic distance of -0.31%.
- 2) Strongly shocked quartz ( $\rho/\rho_0=+0.7\%$ ) reveals both largely-deviated O - O and Si - O atomic distances of -0.61% and -0.62%, respectively.
- 3) Main cause of 'high' density of shocked quartz is considered to be shrinkage of atomic structure of Si - O tetrahedra.

**Acknowledgements**

The research is supported by the G.A. for Sci. Res. of the Monbusho, 1990-1992.

**Main references:**

- Bohor B. F. et al. (1987): Science, 224, 867-869.  
 Miura Y. (1991a): Shock Waves (Springer-Verlag), 1, 35-41.  
 Miura Y. (1991b): LPSC XXII (NASA, LPI), 905-908.  
 Miura Y. et al. (1992): Proc. Shock Wave, Japan (Tokyo), 255-266.



## Multicomponent magnetization and effect of low-temperature demagnetization

Hironobu Hyodo, Hiruzen Research Institute, Okayama University of Science

The Nipissing diabase from the Southern Province, Ontario, Canada has recorded three components in its magnetization, and it appears to carry four components in some cases (Fig. 1). The carrier of these components is magnetite, and the temperature range of the B components is limited between 500 and 550 °C. Overlapping of spectra between different components may create a false component in the orthogonal vector diagram of the thermal or AF demagnetization. Using low-temperature demagnetization, we tried to separate these components. The B component was significantly moved by the treatment, and it is confirmed that the B component is not a resultant vector of A and G components. A laboratory induced multicomponent TRM (thermoremanent magnetization, 1hr. heating) does not have overlapping spectrum.

カナダ、オンタリオ州のグレンビルフロントに近いサザンプロビンスのニピシン輝緑岩に記録された古地磁気成分は三成分以上のベクトルから成り、場合によっては四成分であると考えられる(図1)。しかしこれらの四成分を狭い温度範囲に記録する担い手は磁鉄鉱であり、熱消磁あるいは交流消磁のベクトル投影図から求められる成分は異なる成分同志のオーバーラップにより必ずしも真の古地磁気の方角を表しているとは限らない。

無磁場下で試料を磁氣的等方点

(液体窒素温度)以下に下げる低温消磁は単磁区粒子に対して弱く、多磁区粒子に対して強く作用することが知られている。これを利用して、多成分ベクトルの分離を試みた。その結果、中間温度成分であるB成分は低温消磁によりかなり移動し、しかもA成分とG成分の合成ベクトルではないことが確認された。これは、非常に限られた温度範囲でも多成分ベクトルを合成することは可能であることを示す。また実験的にも三成分ベクトルを合成し1時間の磁場中の加熱では、オーバーラップはほとんどないことが確認された。

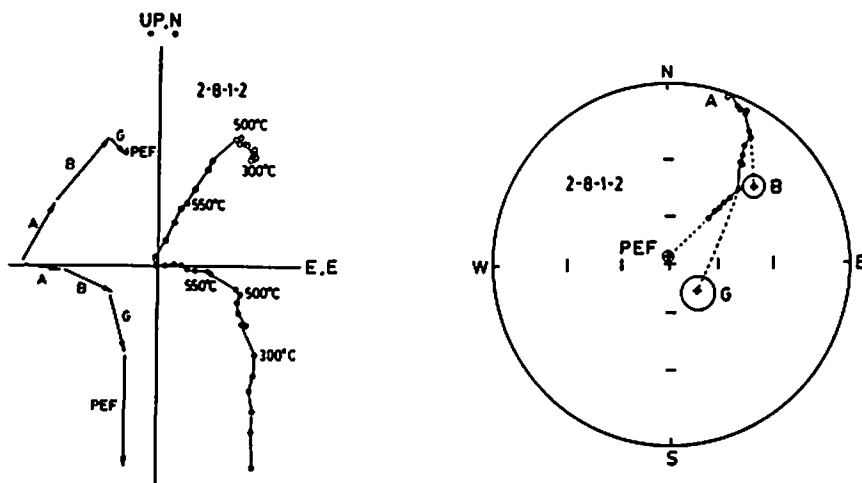


Figure 1

## **Magnetic properties and metastability of greigite–smythite mineralization in brown–coal basins of the Krušné Hory Mts., Bohemia**

Miroslav Krs

Geophysika S.C., Geologická 2, 152 00 Prague 5–Barrandov, Czechoslovakia

Greigite–smythite from brown–coal basins of the Krušné hory Mts., Bohemia, Czechoslovakia is investigated by magnetic and petrochemical methods. The greigite–smythite mineralization is confined to sedimentary rocks that contain a fossil microorganic substance. These rocks are characterized by lower values of specific volume density and they occur in such thicknesses that the mass deficit is markedly manifest also in gravity maps, especially of a detail scale (e.g. 1:25000)

Fine–dispersed forms of greigite mineralization occur in layers 100 and more m thick, anomalous contents are confined to stratiform layers 20 to 30m thick. Maximum greigite accumulations attain as much as 10 mass %, in partial laminae of thickness of several mm only.

Under laboratory thermal tests, pronounced instability of greigite and greigite–smythite mineralizations manifested itself in the magnetic parameters, conditioned by mineralogical metastability. Thermal treatment under air conditions provide the following: at 300°C pyrite and marcasite originate to the detriment of greigite, and the structure of smythite becomes stronger. The most conspicuous changes were observed at 320 and particularly at 340°C, conditioned by the disintegration of greigite and smythite structures. The new formed hexagonal pyrrhotite next to pyrite and marcasite is preserved up to the temperature of 360°C. Above 400°C all sulphides begin decomposing and structures of  $\gamma$ –,  $\eta$  and  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> appear. At the temperature of 700°C the end product was haematite.

Under laboratory thermal demagnetization, in the temperature interval of 340–360°C, the origin of self–reversed magnetization was observed in the samples that in the natural state contained greigite–smythite mineralization. Laboratory tests suggest the origin of self–reversal in relation with the formation of pyrrhotite.

Self-reversal of TRM in pyroclastics  
from the 1991 eruption of Mt. Pinatubo, Philippine

Mituko Ozima (Kakioka Magnetic Observatory)  
Nobuo Hamada (Meteorological Research Institute)  
Minoru Funaki (National Institute for Polar Research)  
Shigeo Aramaki (Hokkaido University)  
Toshitsugu Fujii (EQRI, Univ. of Tokyo)

In 1951, Nagata et al. discovered a self-reversal phenomenon of a thermo-remanent magnetization (TRM) in Haruna dacite pumice; when the pumice was cooled from above the Curie point in the magnetic field, the pumice acquired a remanent magnetization in the opposite direction of the applied field. Recently, Heller et al. (1986) reported self-reversal of TRM in dacite-andecite pumice from Nevado del Ruiz. We found that a dacite pumice from the newly erupted Mt. Pinatubo has the similar self-reversal characteristics as the Haruna pumice. Fig. 1 shows the intensity change of NRM during the AC-demagnetization, Fig. 2 and 3 those during the thermal-demagnetization for NRM and artificial TRM which was produced in  $H_{ex} = 0.5$  oe in air in a laboratory, respectively. These indicate that the sample has two magnetic components of NRM whose directions are antiparallel to each other, and of which the major component is comparatively stable against AC-field and temperature. As the demagnetizing curve for TRM is very close to that for NRM, we conclude that the NRM of this sample is of a TRM origin.

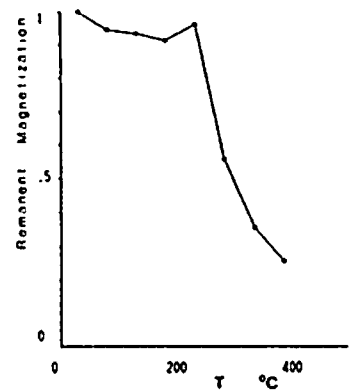
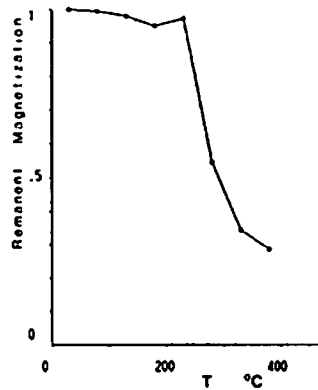
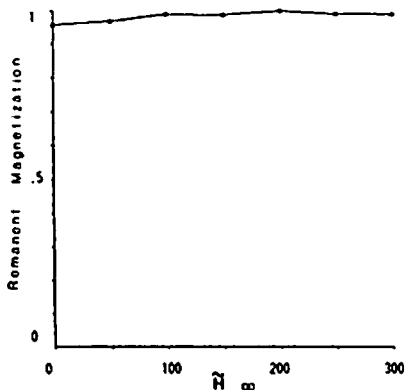


Fig.1 A-C demagnetiza- Fig.2 Thermal demagne-  
tion of NRM tization of NRM

Fig.3 Thermal demagne-  
tization of TRM

## ODP Leg139 Juan de Fuca海嶺 Middle Valley の火成岩の磁氣的性質

・福間浩司・小田啓邦（京大理） U. Korner (Univ. Munchen) ODP Leg139乗船研究者一同

Magnetic properties of igneous rocks from Middle Valley of the Juan de Fuca Ridge, ODP Leg139.

K. Fukuma, H. Oda (Kyoto Univ.) U. Korner (Univ. Munchen) ODP Leg139 shipboard scientific party

ODP Leg139 focused on Middle Valley, a sediment-filled active rift valley of the northern Juan de Fuca Ridge. The drilling in the hydrothermal reservoir zone could penetrate the underlying hard rock composed of altered diabase sills. Nearly pure magnetite is a prominent magnetic mineral in the sills. Compared to typical young oceanic basalt, the intensity of natural remanent magnetization is extremely weak because of the low concentration of magnetite. These results can explain the absence of expected positive magnetic anomaly over Middle Valley.

堆積物に覆われた海洋底拡大軸における熱水循環系の過程を明らかにするために、ODP Leg139では、Juan de Fuca海嶺北部の Middle Valleyの掘削が行なわれた。堆積層は、断熱的・非透水的な覆いとして働き、熱水循環を海洋地殻中に封じ込めて、海洋地殻の浅所の温度を上昇させている。

Juan de Fuca海嶺付近での地磁気縞模様から見て、Middle ValleyはBrunhes正磁極期のほぼ中心に位置する。しかし、Middle Valley上では正の地磁気異常は観測されず、局地的に負の地磁気異常を示す。火成岩の岩石磁気学的性質から、この原因を明らかにすることが今回の私たちの目的である。

基盤もしくはシルに到達する掘削が、Middle Valleyの熱水循環系の次の4つの異なる環境について1地点ずつ行なわれた：熱水循環の吸い込み口 (site855)、過去の湧き出し口である塊状硫化鉄床 (site856)、熱水の reservoir (site857)と現在の湧き出し口 (site858)である。

熱磁気分析の結果より、site855,856の変質の程度が低い玄武岩質の溶岩流およびdiabaseに含まれる磁性鉱物は、Ti-rich titanomagnetite もしくは titanomaghemiteである。また、その飽和磁化、自然残留磁化はともに大きく、典型的な若い海洋地殻のそれにほぼ等しい。

一方、site857,858の変質した溶岩流およびdiabase sillの熱磁気分析の結果は、ほぼ純粋なmagnetiteが含まれることを示す。site857, 858の試料の飽和磁

化は極めて低く、典型的な海洋地殻の約1/100にすぎない。帯磁率についても、ほぼ同じ比が成立する。この比率は、岩石中に含まれる磁性鉱物の量比を反映している。自然残留磁化の強度(10-100mA/m)についての比率も同様に1/100にすぎないことは、典型的な海洋地殻に比べて磁性鉱物が極くわずしか含まれていないことによる。

Middle Valley上に期待される正の磁気異常が観測されない理由として、高温のために火成岩が残留磁化を持たない可能性が挙げられる。温度勾配から sill の in situでの温度は約300°Cであると推定されている。この温度は、sill中に含まれる磁性鉱物であるmagnetiteのキュリー点(575°C)よりかなり低い。従って、この可能性は考え難い。

代って、sillの自然残留磁化が通常の海洋地殻に比べて極めて低いことが、期待される正の磁気異常が観測されない理由を説明することができる。そのプロセスは次のように考えられる：Middle Valley下では、堆積層はマグマを溶岩ではなくsillの形成に導き、断熱的・非透水的な覆いとして、熱水循環を封じ込める働きをした。熱水による変質は、sill中のFe-Ti Oxidesの溶脱を著しくすすめた。その結果、自然残留磁化は典型的な海洋地殻の約1/100にまで減少し、期待される正の地磁気異常を示すことができなくなった。

深海曳航式プロトン磁力計を用いた  
日本海盆東部における深海地磁気調査

○ 佐柳敬造・玉木賢策・押田淳・中西正男・渡辺正晴・小林和男  
東大海洋研

Deep-Towed Observation by a Deep-Towed Proton Magnetometer  
in the Eastern Half of the Japan Basin

Keizo Sayanagi, Kensaku Tamaki, Atsushi Oshida, Masao Nakanishi, Masaharu Watanabe, and Kazuo Kobayashi  
Ocean Research Institute, University of Tokyo, Japan

1991年9月18日-19日、KT91-14次淡青丸航海において深海曳航式プロトン磁力計による日本海盆東部の深海地磁気調査が行なわれた。この調査ではKH86-2次白鳳丸航海とKT87-6次淡青丸航海の結果から地磁気縞状異常6Cと推定された磁気異常(玉木・小林, 1988)<sup>1</sup>をターゲットにした。ここではその調査の方法と結果について報告する。

使用した磁力計は東大海洋研で開発した深海曳航式プロトン磁力計(ORI-DTP I)と海上曳航式プロトン磁力計である。深海プロトン磁力計は曳航索に鋼鉄製ワイヤを使用するオフライン方式で、深度6,000 mまで測定可能である。システムの詳細は1989年のCA研究会<sup>2</sup>と1990年春の本学会<sup>3</sup>で報告している。このシステムは低温下での電池(アルカリ乾電池)の性能の低下により最大10時間の連続測定しかできなかった。そこで本航海に先立ち電池をニカド電池に変えた。この改良により最低24時間の連続使用ができるようになった。

地磁気測定は41° 0.0' N・137° 15.0' Eから41° 23.5' N・136° 50.9' Eまで、地磁気縞状異常に直交する方向(N38° E)の測線に沿って行なわれた。測線距離は29.7海里(55 km)である。海底地形は平坦であり、測線に沿った水深は3,439-3,547 m(平均3,505 m)であった。深海プロトン磁力計と海上プロトン磁力計を曳航し地磁気と同時に測定を行なった。測定間隔は深海プロトン磁力計が1分、海上プロトン磁力計が30秒である。深海プロトン磁力計は曳航索4,500 m、船速2ノットで曳航した。磁力計の最大深度は2,379 mで、地磁気縞状異常6C上を2,300から2,000 mの深度で曳航することができた(Fig. 1)。

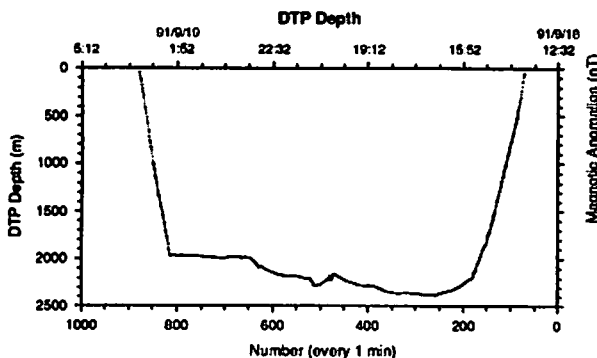


Fig. 1 Depths of the deep-towed proton magnetometer

得られた地磁気全磁力値は測線の南から北に向かって増加し、海面下3,500 mでは49,760 nTから50,200 nT海上では49,790 nTから50,150 nTであった。Figure 2にIGRF85を使って求めた両深度における磁気異常プロファイルを示す。Number 200から800の間に正と負の異常が見られる。磁気異常の振幅は海面下3,500 mでは240 nT海上では125 nTである。深海での磁気異常プロファイルでは正の異常の中に3つのピークがはっきりと確認されるが、海上のプロファイルではこれらのピークの内の2つがろうじて検出できる程度である。

今回の深海地磁気調査の結果は日本海盆東部の詳細な磁気構造を解明する際の重要な情報源となるであろう。玉木・小林(1988)<sup>1</sup>はFig. 2の正の異常は地磁気縞状異常6Cであると考えている。もしそれが正しければ深海プロトン磁力計は6Cの3つの異常を捕えたことになる。一測線だけでは確定できないがFig. 2のプロファイルは玉木・小林(1988)の考えを支持するものである。

[1] 玉木賢策・小林和男、地磁気異常からみた日本海、海洋科学、Vol. 20、705-710、1988

[2] 佐柳敬造・玉木賢策、深海曳航式プロトン磁力計(ORI/DTP I)の開発、CA研究会論文集、163-176、1989

[3] 佐柳敬造・押田淳・中西正男・玉木賢策、深海曳航式プロトン磁力計の開発と地磁気縞状異常M9の地磁気調査、D21-04、第87回地球電磁気・地球惑星圏学会、1990

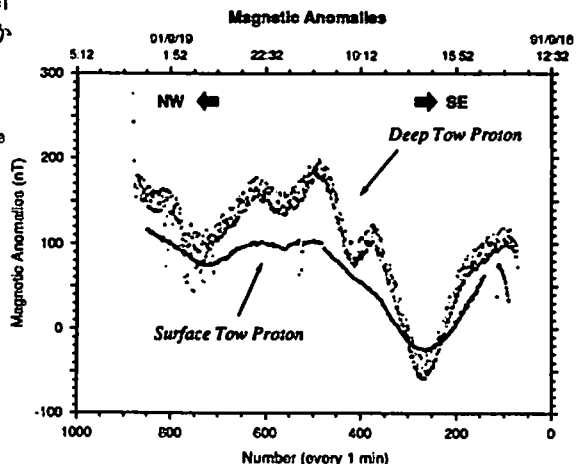


Fig. 2 Profiles of magnetic anomalies obtained by the deep-towed and surface-towed proton magnetometers

Age Identification of Magnetic Anomaly Lineations in the Japan Basin

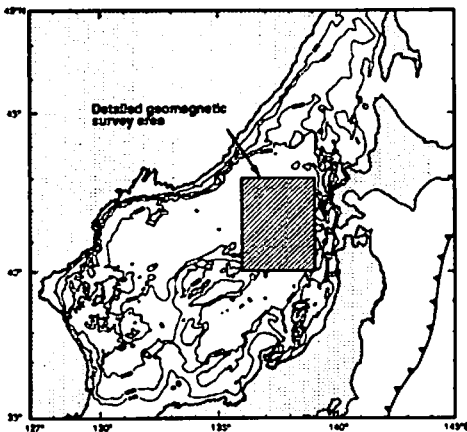
K. Tamaki, K. Sayanagi, M. Nakanishi, A. Oshida, and K. Kobayashi (Ocean Res. Inst., Univ. Tokyo)

我々は、1986年より、1991年まで、海洋研白鳳丸、淡青丸による計5回の航海により日本海盆東部の磁気異常精査を行ってきた(図1)。この一連の観測は縞状磁気異常の年代同定により日本海盆の海洋性地殻の形成時期を求めることを目的として行なわれているものである。このため、本精査域は日本海の中で最も明瞭な磁気縞状異常が存在する地域に設定されている。5回の航海により系統的に4海里間隔ではられた観測測線により、縞状磁気異常の全体像がほぼ明らかになってきた(図2)。しかし、磁気異常の振幅が200nT未満と低いこと、リフトプロバゲーションによる疑似断層、剪断帯により縞状磁気異常が寸断されていること、捉えることのできる磁気反転イベントの数が少ないこと、などの理由によりより確定的な年代同定はかなり困難な状態にある。我々は、このような状況を打開するため、1991年の航海より深海曳航式プロトン磁力計による観測を開始した。この結果、海面曳航による磁気異常観測では検知不能であった、より細かい磁気反転イベントを検出することに成功した。検出できる磁気反転イベントが増えれば、それだけ確実に年代同定の可能性は高まる。1991年の航海で得られた深海プロトン磁力計によるデータは先に我々が報告した仮同定の結果(玉木他、1986)と極めて調和的なものであった。現在のところ、本精査域内の縞状磁気異常は玉木・小林(1988)の同定と基本的に変わず、Anomaly 8(28Ma)からAnomaly 6(20Ma)までが存在する

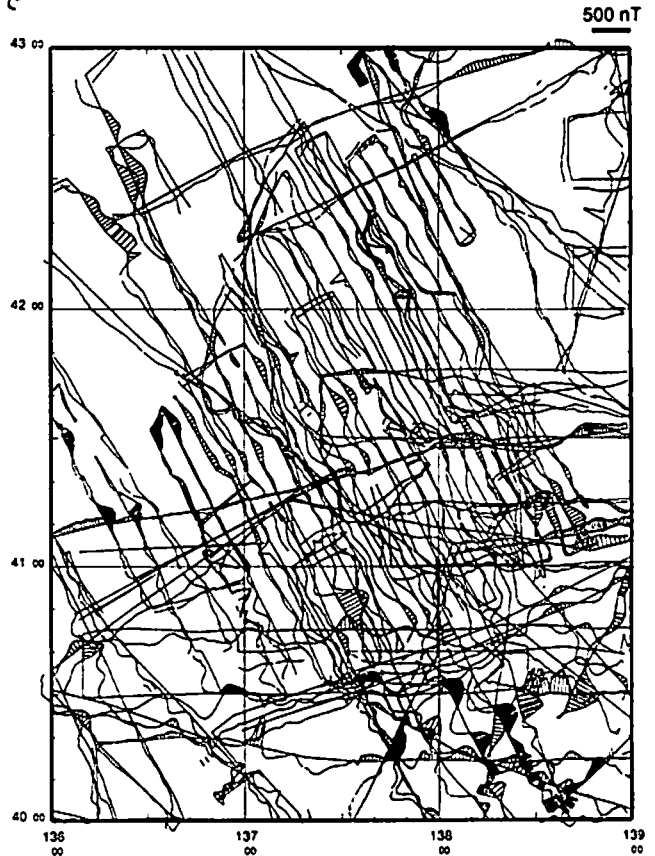
ものと推定している。今までに本海域内で深海曳航式プロトン磁力計により得られた有効な磁気異常データは、1測線においてのみであるが、1992年9月に再度淡青丸により、より確かな年代同定を目的に本精査域内の2、3箇所の地点で深海曳航式プロトン磁力計による観測を実施する予定である。1992年9月の航海では、海面曳航による磁気異常観測測線もさらに追加し、本精査域内の磁気異常マッピングを完成させたいと考えている。本報告では前回の報告(玉木他、1986)以後の観測の進展をまとめ、年代同定に焦点を絞った日本海盆磁気異常の解析結果を報告する。

玉木賢策、中西正男、小林和男、伊勢崎修弘、佐柳敬造(1986)：白鳳丸KH86-2航海における日本海盆地磁気精査結果、第80回電磁気学会講演要旨、p.153。  
玉木賢策、小林和男(1988)：磁気異常からみた日本海、海洋科学、v.20、p.705-710。

INDEX MAP



(図1) 磁気異常精査海域



(図2) 日本海盆東部磁気異常



吉田充夫・井上俊和・山崎正道 (ジオサイエンス株式会社 本社資源・環境地質部)

表記地区で実施された100m深ボーリングコアの古地磁気測定と石灰質ナノ化石分析を行った。その結果、深度24m以深において逆帯磁の卓越を見だし、薄い4層準に正帯磁が認められた。

80m以深より産出した石灰質ナノ化石の年代はCN-13bを示し、正帯磁層準の層厚を考慮すれば、この一部はCobb Mountain Eventに対比される可能性がある。

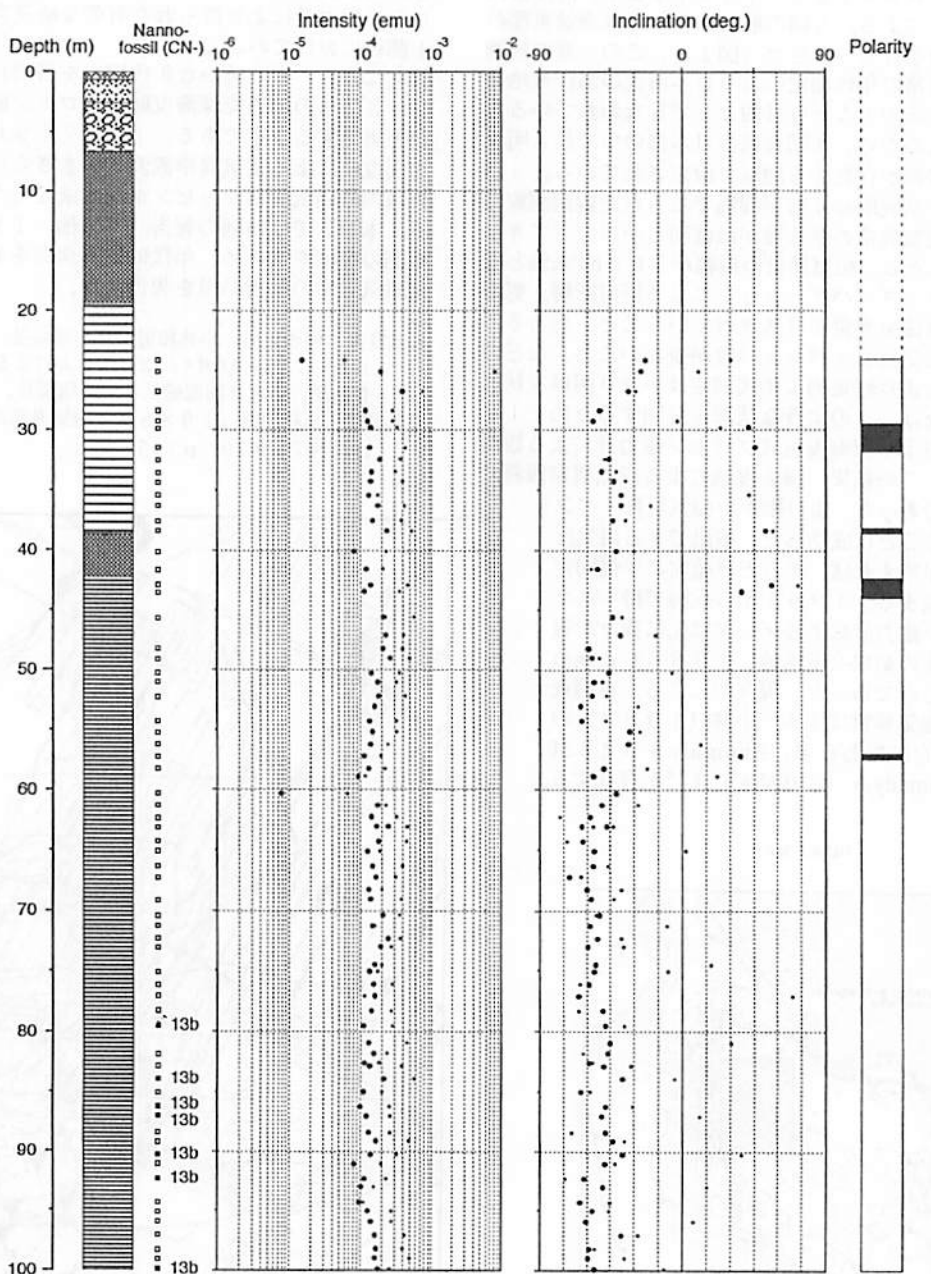


Diagram of inclination and intensity change of remanent magnetization vector

PLIOCENE-PLEISTOCENE PALEOSECLAR VARIATION  
IN NEW ZEALAND

A12-P37

Tsunemi Tachibana<sup>1)</sup>, Hidefumi Tanaka<sup>1)</sup>, Masaru Kono<sup>1)</sup>, Bruce F. Houghton<sup>2)</sup>  
and Gillian M. Turner<sup>3)</sup>

( 橋 常 実 , 田 中 秀 文 , 河 野 長 , ブ ル ス ホ ー ト ン , ジ リ ア ン タ ー ナ ー )

1) Dept. Applied Physics, Tokyo Institute of Technology. ( 東 工 大 ・ 理 )

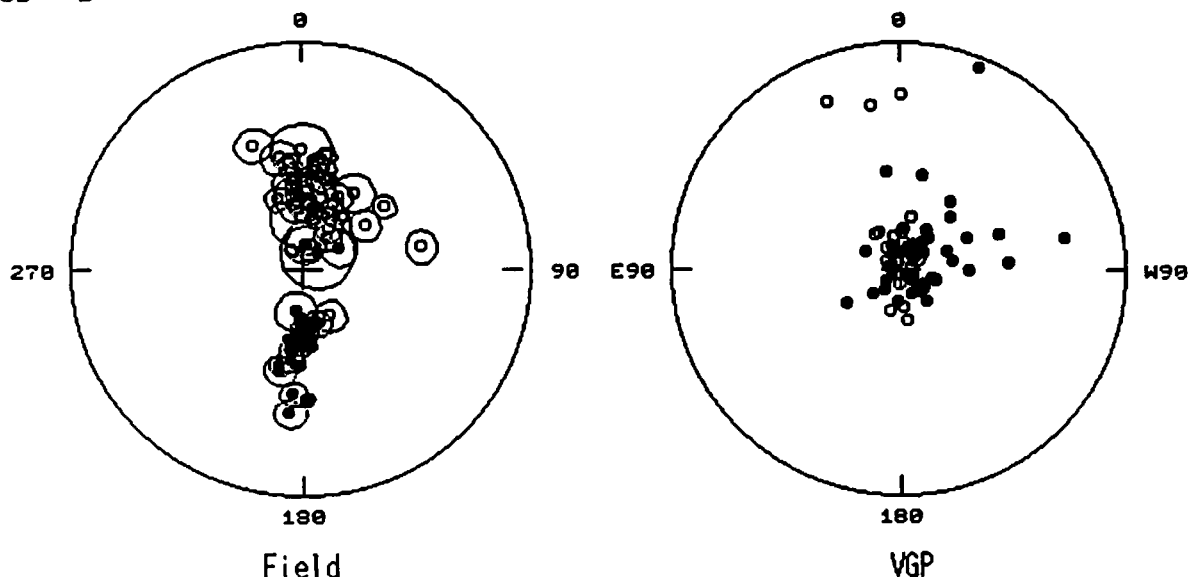
2) DSIR, Geology and Geophysics, Rotorua, New Zealand. ( D S I R , ニ ュ ー ジ ー ラ ン ド )

2) RSES, Victoria University of Wellington, New Zealand. ( ヴ ィ ク ト リ ア 大 , ニ ュ ー ジ ー ラ ン ド )

Paleosecular variation in New Zealand for the time range of 0.05-2.5 Ma were examined on the paleomagnetic results obtained from 59 volcanic rocks of the North Island of New Zealand. Most of the results are from ignimbrites and lava domes of the Taupo Volcanic Zone (51 sites) and some are from volcanic fields south of Auckland (8 sites).

VGP positions, inverted by 180° for reversed ones, scatter around a mean (83.3°N, 319.8°E) giving an angular standard deviation (ASD) of 31°. To eliminate VGP positions which are related to the geomagnetic transition, the statistics by McFadden (1982) was applied. If the statistics was applied repeatedly by eliminating the farthest point at each stage, we obtained a cutoff VGP latitude of 52.3°. For the marginal VGPs of 40-50° latitude, however, we finally eliminated only those which have an age evidence for a known transition. ASD of 16.3° was concluded from 51 VGPs.

Azimuth distribution of the obtained VGPs for the Brunhes chron shows some elongation along 0°E-180°E direction. We interpret the non-uniform distribution of VGPs in terms of the statistical model by Tsunakawa (1988), in which a normal distribution was supposed for  $g_1^0$ ,  $g_1^1$ , and  $h_1^1$  which simulate variations of dipole moment as well as its wobble, and elongation of VGP positions was introduced by adding  $h_2^1$  which changes linearly with  $g_1^0$ . We will try to revise this model by introducing three parameters of  $g_2^0$ ,  $g_2^1$ ,  $h_2^1$ .



Field directions and VGP positions in New Zealand for 0.05-2.5 Ma (equal area projection).

## Lower Ordovician paleomagnetic pole from southern part of the Korean Peninsula

Youn Soo LEE, Masayuki TORII, Susumu NISHIMURA (Dept. Geol. Mineral., Kyoto Univ., Japan);  
Kyung Duck MIN (Dept. Geol., Yonsei Univ., Korea)

Lowermost Ordovician paleomagnetic pole (60.1°S, 169.0°E) was first obtained from the Ogchon non-metamorphic zone, located between the Kyonggi and the Youngnam Precambrian blocks, southern part of the Korean Peninsula. Samples were collected at seven sites from the Tremadocian Dongjom quartzite in the Ogchon non-metamorphic zone.

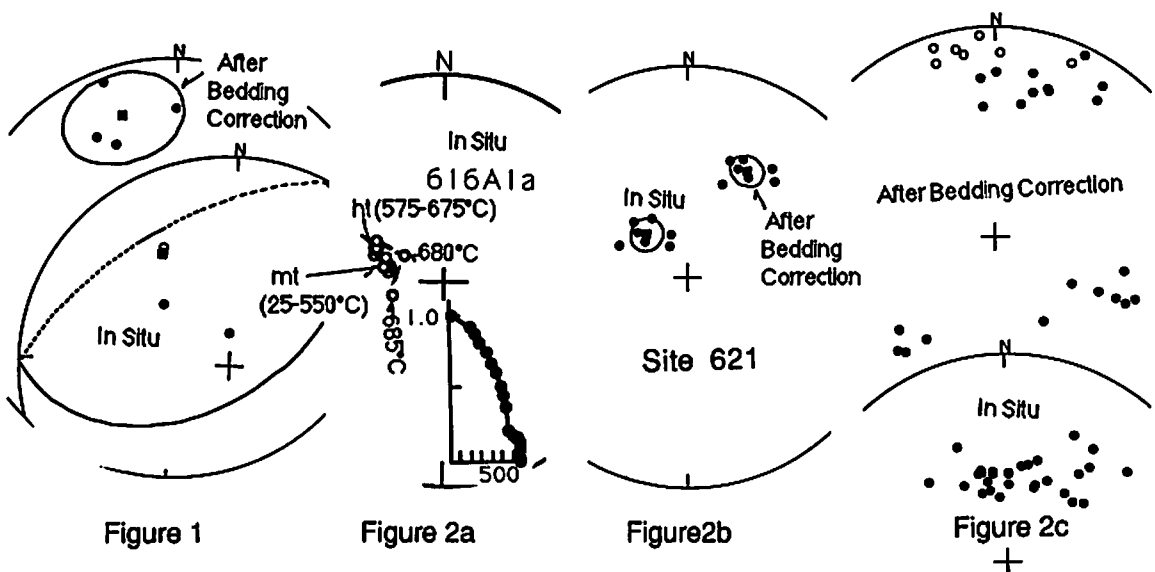
The primary magnetic components were obtained from four sites. These stable directions ( $D_m = -19.4^\circ$ ,  $I_m = 24.1^\circ$ ), carried by very high blocking temperature hematite (>679 °C), successfully pass the reversal test (two normal and six reversed), the fold test ( $\kappa_2/\kappa_1 = 7.1$ ), pass McElhinny's criterion at 95 % confidence level (Figure 1), and the paleopole reliability test (Van der Voo's quality index ;  $Q = 5$ ).

The remagnetized components can be divided into three groups (A, B, and C) on the basis of their characteristic direction and magnetic mineral corresponding each component.

The component A is characterized by the stable reversed direction and the correlative magnetite and hematite (Figure 2a). These minerals may be acquired by the thermal or chemical process.

The component B has the characteristics which direction in situ is distinguishable to the present field direction, and after tilt correction, it is quite different from the primary direction (Figure 2b). Its magnetic carrier is characterized by a single component hematite in the site, which may be obtained by pre-tectonic CRM in the Ogchon zone.

The component C, carried by hematite, magnetite, or pyrrhotite, is widely found at the whole sites. It shows syn- or post-tectonic remagnetization by the strongly negative fold test and by the distribution between the Mesozoic to the present field directions (Figure 2c).



° 森永速男<sup>1</sup>、河村宜紀<sup>2</sup>、米沢隆文<sup>2</sup>、足立泰久<sup>3</sup>、安川克己<sup>2</sup>

1 姫路工大理、2 神戸大理、3 神戸大自然科学

CHARACTERISTIC FEATURES OF REMANENT MAGNETIZATIONS ACQUIRED IN CASE OF CRYSTALLIZATION

H. MORINAGA<sup>1</sup>, Y. KAWAMURA<sup>2</sup>, T. YONEZAWA<sup>2</sup>, Y. ADACHI<sup>3</sup>, AND K. YASKAWA<sup>2</sup>

1 Fac. of Sci., Himeji Inst. of Tech., 2 Fac. of Sci., Kobe Univ.,

3 The Grad. School of Sci & Tech.

Stalagmite, which is a secondary deposit of limestones, acquires remanent magnetization along with crystallization. The following two factors may explain instability of the remanent magnetization and discordant correspondence between their records, which are observed in some stalagmites: (1) difference of magnetic grain size trapped in crystals and (2) difference of crystal size. Only in regard to a factor (1), crystallized samples containing larger grains seem to acquire more unstable remanent magnetization.

石灰洞窟内の二次生成物である石筍を用いて、古地磁気永年変化(PSV)を明らかにする研究が行われている。未固結堆積物や考古遺物を用いて得られたPSVと矛盾しないいくつかの結果の報告がすでにある。しかし、それらの結果や別に調べられた石筍からの結果は必ずしも常に調和的であるとは限らない。同じ洞窟で採取し、同じ期間の記録を持つと考えられる石筍間でも、それらの磁気的性質(段階交流消磁に対する安定性など)が大きく異なっている。このことは各試料の特徴的な方向を決定する際の障害になっている。また、いくつかの石筍で得られた方向値の分散程度(隣接する試料の方向値の差)や変動幅(結果全体を見たときの変動範囲)が異なるということが認められる。このため、石筍の結果間の対応を見つめるとかそれらの結果を統合する際の大きな問題となっている。このことは、堆積物の古地磁気学にも言えることではあるが、石筍の古地磁気学によって真のPSV(過去の地磁気方向の絶対値変化)を明らかにする際の障害となる。これらの原因を究明することは石筍の古地磁気学の可能性を拡大することにもなり、また堆積残留磁化の獲得過程に関する情報を提供する可能性がある。

上述のような磁気的性質の差や得られる記録間の矛盾点は、以下の原因によって起こると考えられる。

(1) 炭酸カルシウム結晶間に取り込まれる磁性粒子の種類や大きさ

(2) 磁性粒子を取り込む炭酸カルシウム結晶の大きさ

ここでは、まず(1)の要因について調べた結果を

報告する。

結晶を作る物質として、短時間で結晶化する物質であるチオ硫酸ナトリウムを用いた。これは約50°Cで溶解する単斜晶系柱状結晶である。混入する磁性粒子またはそれを含む土壌として以下の5種類を用いた。磁気遮へい用の $\mu$ メタル中にヘルムホルツ・コイルを置いて直流磁場を発生させた。溶解状態のチオ硫酸ナトリウムに磁性粒子等を混入して小さな立方体容器に入れ、地球磁場程度の大きさ(0.05mT)の磁場中で結晶化させた。

(a) 砂場で集めた、いわゆる砂鉄(サイズ; 100~300 $\mu$ m)

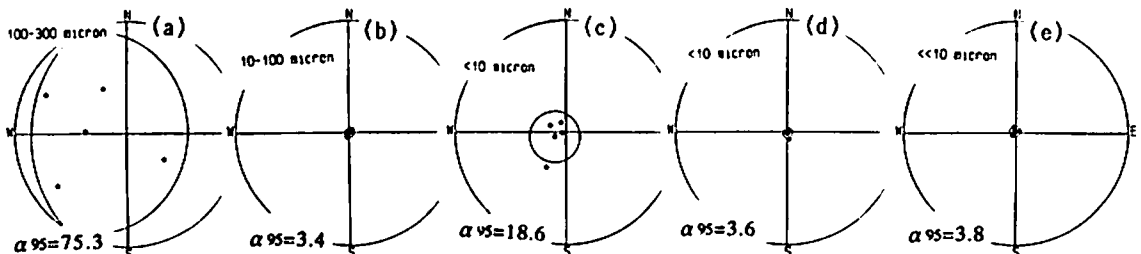
(b) こうもり穴(鍾乳洞)内の堆積土壌(サイズ; 10~100 $\mu$ m)

(c) マグネタイト(市販の一級試薬)(サイズ; <10 $\mu$ m)

(d) ヘマタイト(市販の一級試薬)(サイズ; <10 $\mu$ m)

(e) (c)をメノウの乳鉢でさらにすりつぶしたもの(サイズ; <<10 $\mu$ m)

作用磁場の方向は鉛直下向きになるように考えたが、コイル軸の傾きなどで、必ずしも正確ではない。そのため、磁場中での試料の置き方を90°づつ4方向に変えて磁化を獲得させた。各混入試料につき4つの残留磁化方向とその平均値が下図に示してある。粒子サイズの小さいものほど正確に磁場を記録することが大筋では分かるが、(c)の試料のように例外のものもある。また、洞窟内の土壌はサイズがマグネタイト等より大きく、多様であるのも関わらず、集中度がよい。この他、磁化獲得過程をモニターした結果などを報告する。



Hard secondary magnetization of Miocene marine sediments from the Joban area, northeast Japan

°Daisuke MIKI and Masayuki TORII

Dept. Geol. Mineral., Kyoto Univ.

A paleomagnetic and rock magnetic study was carried out on the Miocene sediments which are distributed in the Joban area. The conventional demagnetizing methods, PAFD and PThD, were not effective for these samples, except some tuffaceous sediments. Although we applied PAFD after heating samples up to 200°C, we could not determine any stable direction for the most of samples. Most part of the primary remanence probably replaced by secondary one. The results of the IRM acquisition and the thermal demagnetization of composite IRM suggest that the dominant carriers of remanent magnetization are possibly magnetite and iron sulfides such as pyrrhotite. In some case, presence of hematite was also suggested. It may be said that stable secondary remanence is carried by pyrrhotite. Thermal instability of pyrrhotite may be responsible to the unsuccessful PThD experiments.

常磐地域に分布する中新世の海成堆積物から試料を採取し古地磁気学的・岩石磁気学的研究を行った。常磐地域の中新統は、下位から湯長谷層群、白土層群、高久層群、多賀層群に区分されており、見かけ上東への単斜構造をとる。これらの地層は主に砂岩、泥岩、凝灰岩、凝灰質砂岩等から構成され、珪藻化石、有孔虫化石等の生物起源物質に富む。古地磁気試料はこれらの地層から27地点で総計130個採取した。

これらの試料に対して自然残留磁化（NRM）の段階的交流消磁および段階熱消磁を行った。試料加熱時の化学変化を監視するため、段階熱消磁の各消磁段階での初期帯磁率の測定および初期帯磁率の700°Cまでの連続測定を行った。また、残留磁化を担う磁性鉱物の種類を推定する目的で、等温残留磁化（IRM）の獲得実験およびcomposite IRMの段階熱消磁実験を行った。

NRMの段階消磁実験の結果から試料を2つのグループに分類することができた。最初のグループに属する試料のNRMは、消磁前で $10^4$  A/m程度の強度を持ち、10~20mT以上の交流消磁に対して不安定な挙動を示す。また、これらの試料のNRMは、200°Cまでの熱消磁で急激に減衰する。さらに350°C程度以上の消磁段階では、試料は実験室内の磁場起源と思われる著しい粘性残留磁化（VRM）を獲得し、NRM測定は極めて困難になる。初期帯磁率の測定結果は、加熱により多量の磁性鉱物が生成されていることを示唆する。これらの試料について、200°Cで熱消磁した後に段階的交流消磁を試みたが、初生的な磁化成分を特定することはできなかった。別のグループに属する試料では、消磁前のNRM強度は $10^3$  A/m程

度で、NRMは熱消磁および交流消磁の両方に対して安定な一成分の磁化から成ることがわかった。しかしその方向は現在の地球磁場とはほぼ同じで、有効な褶曲テストもできないため、この磁化が初生的なものであるかどうかは判断できない。これらの2つのグループの差異は、試料の岩相の違いによく対応している。前者に属する試料は砂岩または泥岩で、後者は凝灰岩または凝灰質砂岩である。また、IRM獲得実験およびcomposite IRMの段階熱消磁実験に対しては2つのグループ間で顕著な違いが認められなかった。これらのことからみて、加熱中に生成される磁性鉱物は試料中に既存の磁性鉱物の化学変化によるものよりも粘土鉱物などの非磁性鉱物から新たに生成されたものが卓越していると考えられる。

IRM獲得実験では、0.5Tかそれ以上の磁場によってもIRMは飽和に到らなかった。composite IRMの段階熱消磁実験では、中程度の保磁力（0.1~0.4T）および高い保磁力（1.0T以上）をもつ成分が相対的に極めて大きく、特に高保磁力成分に約300°Cでのunblockingが顕著に認められた。また、ほとんどの試料で、高保磁力、中保磁力、低保磁力（0.1T以下）の各成分とも最終的には約550°Cでunblockingがみられた。これらの特徴は残留磁化の主要な担い手が磁硫鉄鉱などの鉄硫化物および磁鉄鉱であることを示唆する。一部の試料で高保磁力成分の最終的なunblocking温度が600°Cを越え、このことは、これらの試料には赤鉄鉱も含まれていることを示す。

以上のことから、ほとんどの試料で初生的なNRMはその大部分が失われ、現在は磁硫鉄鉱等に担われる二次磁化が卓越していると考えられる。

GH91航海(山形・秋田沖)における船上地磁気3成分測定

森尻理恵・山崎俊嗣(地質調査所)

A result of GH91 cruise three component geomagnetic survey off Yamagata and Akita area

Rie MORIJIRI and Toshitsugu YAMAZAKI  
(Geological Survey of Japan)

A shipboard three component geomagnetic survey was made off Yamagata and Akita area in June and July, 1991. Most of data profiles have a few hundreds nT of difference between total force by Shipboard Three Component Magnetometer and Proton Precession magnetometer. Though STCM data quality mainly depends on gyrocompass, these large difference are not made by only heading data errors on each survey line.

中まき年1990年1991年GH91並のりさわ  
を大開試1991沖定が測線船求めあはにの原船加速じ  
戸ても用1991沖定が測線船求めあはにの原船加速じ  
はよで実か秋田測定(す気回結の比較約わ普通に誤な(Hdg)が方しっ全な  
神計に所々崎ほ・磁分の示磁2のた比較約わ普通に誤な(Hdg)が方しっ全な  
計に所々崎ほ・磁分の示磁2のた比較約わ普通に誤な(Hdg)が方しっ全な  
力一調査(山崎)の3成分に久は分めた比較約わ普通に誤な(Hdg)が方しっ全な  
成分一調査(山崎)の3成分に久は分めた比較約わ普通に誤な(Hdg)が方しっ全な  
分一調査(山崎)の3成分に久は分めた比較約わ普通に誤な(Hdg)が方しっ全な  
成グ丸にき7月にお地磁気「航」の先磁気全スカイ響水はTPの時変水成分はビッそ誤ア  
上すき嶺れ年にお地磁気「航」の先磁気全スカイ響水はTPの時変水成分はビッそ誤ア  
船とて白わ昨海した置導めにて口測イは影この3TFある果も力次様角よ  
心れに行航行れ位誘たらせバ因用度こる図とら位たて磁いもがよ

図1: プロトン磁力計による全磁  
力異図100nTコ●は「8」の字  
例示した

図2: 3成分値から計算される全  
磁TFとプロトンの比較横軸は  
磁盛り30分

図3: ジャイロ計算のされよ  
成分値から磁力計のされよ  
差プロトンの計算のされよ

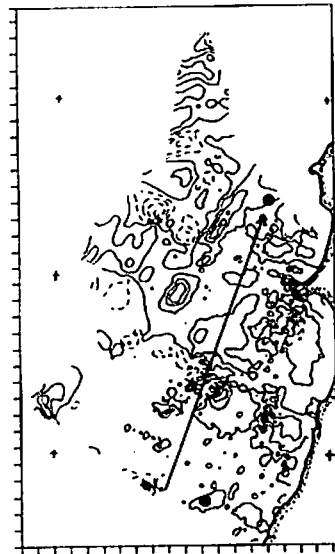


図 1

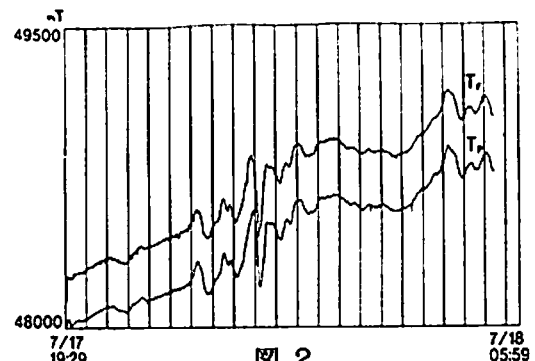


図 2

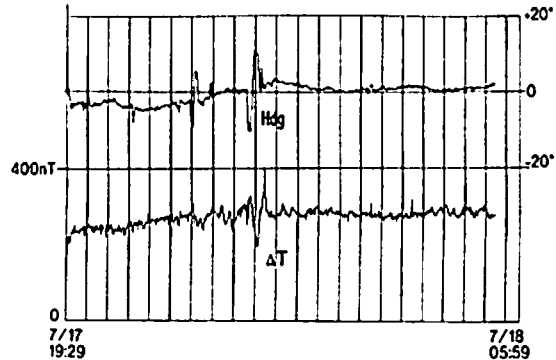


図 3



## 太陽圈

G11-01~10, P42~45

座長	鷺見治一	(名大STE研)
	南 繁行	(大阪市大工)

Each component of split-band Type II solar radio bursts is sometimes observed with similar spectral features (intensity variation). To explain this similar variation of wave intensity in the two components, it is essential that these components are generated in a same place near the shock wave. We propose here the wave generation mechanism by nonlinear wave-particle interaction as a new interpretation for the split-band Type II bursts.

### 1. 序

Type II 太陽電波バーストは、基本波と2倍の高調波を持ち、ゆっくりとした負の周波数ドリフトを示す電波バーストで、衝撃波が発生源であると言われている。この Type II バーストの中には、基本波および2倍の高調波のそれぞれのバーストが、さらに2つのバンドに分離された構造を示すものがあり、Split-Band Type II Bursts と呼ばれている。この Split-Band Bursts の発生機構に対し、いくつかの理論が提唱されているが、そのいずれも観測データを完全には説明できていない。今回は我々の観測により得られた Split-Band Type II Bursts のデータを示し、その発生機構について報告する。

### 2. 観測例

1 図に我々の観測データの1例を示すが、明確なバンドの分離が見られる(A, Bで示す)。A, B各バンドの周波数比は、AがBの約1.3倍であり、明かに基本波と2倍の高調波の関係ではない。この例で特徴

的なのは、A, B各バンドの強度変動が良い時間的対応を示している事である。

### 3. 考察

Split-Band Type II Bursts の説明として現時点で最も信頼性のある理論は、McLellan (1967) と Smerd et al. (1974) の理論である。これらはいずれもA, Bのバーストの発生領域が別の場所であることが前提となっており、強度変動がAとBのバーストで同期している事実の説明は困難である。つまり、同一場所で異なった周波数(A, B)の電磁波を発生させる必要がある。

ここではその一つの可能性として、非線形波動粒子相互作用による Split-Band の生成メカニズムを提案する。つまり、

$$\omega_2 - \omega_1 = (k_2 - k_1) V$$

$$\omega_2: A, \quad \omega_1: B$$

を満たす電子ビームが衝撃波の周辺の領域で作られ、プラズマ周波数以外にもう一つの波を同一場所で励起する。この結果、同時性の良い強度変動の説明が可能となる。

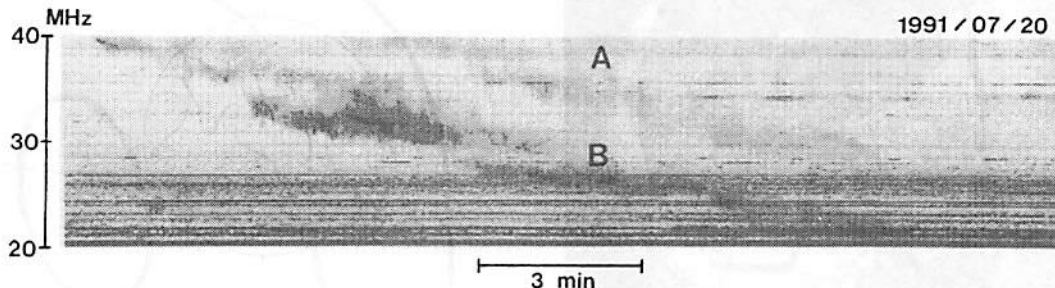


Fig. 1 An example of split-band type II bursts.

○ 斎藤尚生<sup>1</sup>・常田佐久<sup>2</sup>・高橋忠利<sup>1</sup>・小塚幸央<sup>1</sup><sup>1</sup> 東北大・理      <sup>2</sup> 東大・理ROTATIONAL REVERSING MODEL ON THE CORONAL SHEET  
AS PROVED BY THE YoKo DATAT. Saito<sup>1,2</sup>, S. Tsuneda<sup>3</sup>, T. Takahashi<sup>2</sup>, and Y. Kozuka<sup>1</sup><sup>1</sup>Geophysical Institute, Tohoku University, Aoba-ku, Sendai 980<sup>2</sup>Onagawa Magnetic Observatory, Tohoku University, Aoba-ku, Sendai 980<sup>3</sup>Institute of Astronomy, The University of Tokyo, Mitaka, Tokyo 181

**Abstract** The authors proposed the rotational reversing model that the outer corona distributes along the main magnetic neutral sheet that makes a rotational reversing during sunspot maximum phase. It is revealed that the soft X-ray image obtained from Yoko is quite well explained by our model. Figure 1 indicates that all the coronal arcades coincide with the photospheric neutral line, while the main neutral line on the source surface is nearly vertical and dipolar as shown in Figure 2.

**1. 緒言** 筆者等は外部 corona 面に関する回転反転 model を提唱した。それは次の3項目からなる。

(1)  $r \geq 2R_s$  の空間で, corona はほぼ磁気中性面に沿って分布する。

(2) この面は太陽周期の phase に無関係に, 常に基本的に1枚の曲面を形成している。

(3) この曲面は, 太陽活動極大期に, 黄道面内の回転軸まわりに回転しながら反転する。

Solar-A (ようこう) が打ち上がり, 非常に高画質の太陽 corona 軟X線画像が取得された。本講演は, このようこう資料が, corona 面回転反転 model で極めてよく説明できることを示す。

**2. DATA** ようこう軟X線画像, 太陽光球面および流源面磁場 data などが用いられた。

**3. 解析** ようこうの画像に光球面( $r=1R_s$ )の中性線を重ねて図1に示す。また, 流源面中性線を重ねて図2に示す。

**4. 結論** 図1において画像に見られる arcade 構造が, 細部に至るまで中性線をまたいで一致していることがわかる。また光球面中性線は複雑であるが, 日心距離が増すにつれて急速に単純化されて, 流源面ではほとんど dipoler になっている様子も回転反転 model と一致する。また, やや右傾した流源面主中性面の他に右やや下方にある小円は island 型従中性面である。8月に新しく生じたもので, 1970年6月に現れてすぐ消えた island と同じく, model にとっては本質的なものではない。

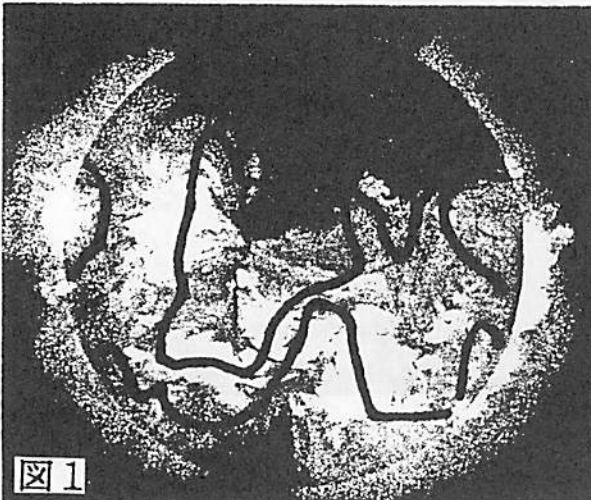


図1

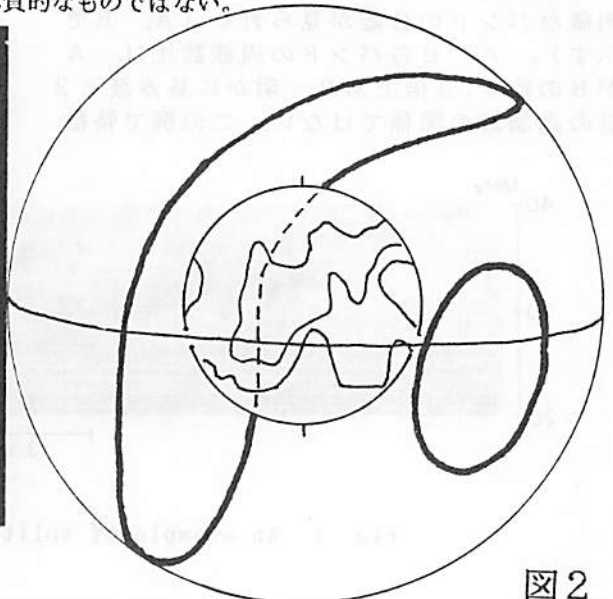


図2

・藤原 朋子  
(愛知教育大)

鷲見 治一  
(名古屋大学太陽地球環境研究所)

An MHD Analysis of the Fine-Structure and the Slow-Speed Flow in the Interplanetary Plasma

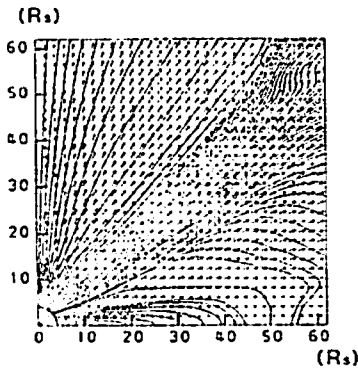
・Tomoko Fujiwara (Aichi Univ. of Education)  
Haruichi Washimi (Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya Univ.)

Fine-structure, slow-speed flow, and anti-correlation between gas and magnetic pressures of the solar wind plasma are discussed by means of MHD simulation in the axisymmetric system.

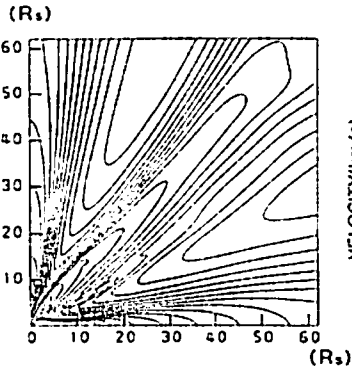
Heliosの観測(〜0.3AU)で太陽風の速度が緯度方向に30km/秒/deg以上の急激な空間変化があることが見出され(Schwenn et al., JGR 83,1011,1978),広大な惑星間空間中にプラズマの微細構造が存在することが明かになった。又、Thieme達は太陽風プラズマの速度・温度・密度が正の相関、ガス圧・磁場圧が反相関を示すことをHeliosデータの解析(Annales Geophys. 8,713,1990)により明かにした。又、速度がパーカー解として得られる値よりも遅いことが時折観測されていることも説明がついていない。本研究はこれら微細構造、低速風、速度・温度・密度相関、及びガス圧・磁場圧反相関をMHDのスキームで統一的に理解しようとするものである。

軸対称系のMHDシミュレーションを行なった。磁場は太陽表面でダイポール磁場とし、極で2 Gaussとした。まず、太陽コロナ基底部で局地的(緯度10度, 幅0.2rad)に1カ所に温度2倍の高温領域を与えた。高温領域のプラズマの速度は大きく、又スケール長が長いので周辺とのガス圧の比が太陽からの距離Rとともに増大する。このため、高温領域からのガスの流れはRとともに緯度方向に単調に広がる。そのため速度の微細構造はR=0.3AUでは顕緒には見られない。しかし、磁場はプラズマの反磁性的性質により高温領域から押し出された形となり、ガス圧・磁場圧反相関が確認された。又、速度・温度・密度の相関も確認された。

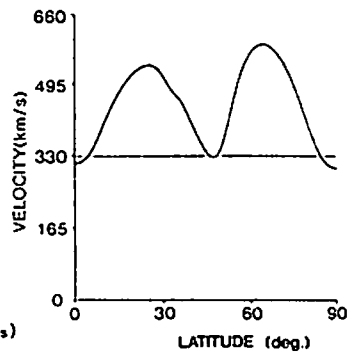
次に2カ所(60度及び80度、幅0.1rad)に高温領域を仮定した場合を解析した。第1図は磁力線(実線)及び速度(矢印)、第2図は等速度線、第3図は56太陽半径での速度の緯度変化を示している。第2及び3図から明かなように高温領域からの太陽風速度は大きく、一方2カ所の高温領域の間の領域及び極域では周辺からの圧縮を受け拡がり幾何学的に小さくなるため低速となることが確認された。しかしながらその値は予想値よりも大きい。それは高温領域からの圧縮による幾何学的拡がり予想に反して小さくならないことによる。それは第1図からも明かなように低速領域に磁場が掃きよせられて磁場圧が高くなり周辺からのガス圧とバランスすることによる。従って、太陽風磁場が弱ければもっと低速の太陽風が得られる。これについても確認出来た。又、高速・低速プラズマの境界では緯度方向に微細構造が生成されることを確認出来た。計算機はADENART-256及び核融合研V P-200を使用した。



第1図



第2図



第3図

# G11-04 太陽圏外圏構造の研究 (I)

## 太陽自転効果を考慮に入れた 2次元解析

°鷲見 治一、野沢 恵 (名大 S T E 研)

### A Study of Outer Heliosphere Structure (I)

#### Two Dimensional Analysis Including the Solar Rotation Effect

°Haruichi Washimi, Satoshi Nozawa (Solar-Terrestrial Environment Lab. of Nagoya Univ.)

An axisymmetric structure of the outer heliosphere is studied using the MHD computer simulation method. The solar rotation effect which results in the formation of the toroidal magnetic field, is taken into account in our system. It is shown that a magnetic neutral sheet is formed along the heliopause. The equatorial poloidal current which flows out of the sun along the equatorial neutral sheet in the solar wind plasma, flows beyond the terminal shock and is blown downward under the effect of the surrounding downward interstellar gas flow. In the heliosheath (between the terminal shock and the heliopause), this downward poloidal current is found to return step-by-step towards the sun crossing through the terminal shock at high latitudes in both upper and lower hemispheres. It is also found that the toroidal magnetic field increases in the heliosheath, and a self-pinch effect due to the magnetic pressure force begins to work there. By this effect, the outer heliosphere is found to expand in the axial direction while the terminal shock is contracted. Due to the self-pinch effect, a collimated channel of the subsonic outward plasma flow, in which the kinetic pressure is relatively high, while the magnetic intensity is low, is formed along the rotation axis in the heliosheath.

# G11-05 太陽圏外圏構造の研究 (II)

## 3次元解析

°野沢 恵、鷲見治一（名大S T E研）

## A Study of Outer Heliosphere Structure (II)

### Three-Dimensional Analysis

°Satoshi Nozawa, Haruichi Washimi (Solar-Terrestrial Environment Lab. of Nagoya Univ.)

A preliminary result of the three-dimensional MHD analysis of the interaction between the the solar wind plasma and the interstellar gas by including the solar rotation effect is discussed.

太陽風プラズマと星間ガスとの相互作用による3次元太陽圏外圏構造とそのダイナミックスを研究するため3-D MHD シミュレーション解析を始めている。

惑星間空間グローの観測により星間ガスは太陽自転軸に対し垂直に近い向きに流れていることが明らかになっている。また、太陽磁場は11年ごとに反転するが、銀河磁場とどのようにつながり、反転に際して星間磁場といかにつながりかえが起こるのかは興味ある問題である。そして、太陽フレア等の太陽大気中の大規模擾乱が広大な惑星間空間中をどのように伝搬し、太陽圏と星間空間との境界でどういった効果を起こすかもたいへん興味深い。これらのことは宇宙線モジュレーションの観測にも反映されているはずである。

これらの問題を研究し、バイオニア10/11号、ボイジャ1/2号の観測や宇宙線等との観測と比較検討するためには3次元解析が不可欠である。我々は太陽自転効果を考慮に入れた2次元解析を進めてきたが、その経験を生かして3次元解析を行いつつあり、今回はその初歩的結果について報告する。

# G11-06 太陽近傍における太陽磁気圏構造の室内実験

南 繁行 大阪市大工学部

Laboratory Structure of the Near-Sun Heliosphere

S. Minami (Dept. Electrical Engineering, Osaka City University)

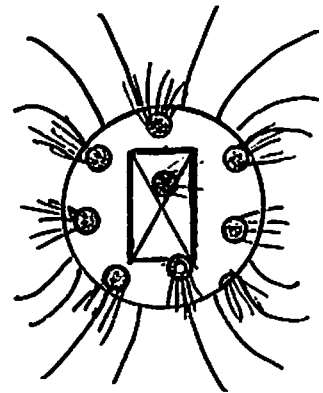
Structure of the near-sun heliosphere is investigated in a laboratory. The main objects are to understand (1) the three dimensional structure of the neutral sheet, latitude dependence on the solar wind velocity, and a contribution of the solar dipole to the structure of the outer heliosphere.

これまで室内実験をとおして太陽磁気圏の構造について調べてきた [南, 1991 a, b]. Local Interstellar Medium の磁場の性質によって, 磁気圏がクチバシ状をしていることを示した. 今回磁場が重要なはたらきをする太陽近傍の構造をしらべるために新しいプラズマエミッタを製作した (第1図). 球表面からは20個のプラズマ加速器が超音速プラズマ流をほぼ一様に発射できる. その内部には5 kGのダイポール磁場を発生できるコイルが巻かれてある. 第2図にプラズマを発射したときの様子を写真で示した. 第1表に実験パラメータをしめす. この研究の目的は次のとおりである.

- (1) 太陽近傍における中性面の構造と磁場, 電流の3次元構造の実験的解明.
- (2) プラズマ流 (太陽風) の速度の3次元分布
- (3) ヘリオポーズ構造に対する太陽磁気ダイポールのはたらき (リコネクションが起きるか?)

第1表 太陽近傍のパラメータ

	Space	Lab.
速度	10 km/s	50 km/s
密度	$10^8 \text{ cm}^{-3}$	$10^{13} \text{ cm}^{-3}$
磁場	1 G	5 kG
温度	100 eV	1 eV
$\beta_0$	$3 \times 10^{-3}$	$3 \times 10^{-3}$



第1図



第2図

## 文献

- 南, 太陽磁気圏の非対称構造とその形成過程の再現, 太陽系シンポジウム, 1991a.
- 南, 太陽磁気圏外縁の構造—室内実験, 90回SGEPSS予稿, B32-15, 1991b



**G11-07**

**JAPAN-AUSTRALIA OBSERVATION OF THE NORTH-SOUTH  
SIDEREAL ASYMMETRY AT  $\sim 10^{12}$  eV**

° S.Mori, S.Yasue, K.Munakata, K.Chino, M.Furuhata, Y.Shiozaki, Y.Yokota,  
S.Akahane, Z.Fujii<sup>1)</sup>, I.Morishita<sup>2)</sup>,

and

J.E.Humble<sup>3)</sup>, A.G.Fenton<sup>3)</sup>, K.B.Fenton<sup>3)</sup>, M.L.Duldig<sup>4)</sup>

Department of Physics, Faculty of Science, Shinshu Univ.

<sup>1)</sup> Cosmic-Ray Section, Solar-Terrestrial Environment Laboratory

<sup>2)</sup> Department of Information Management, Asahi University

<sup>3)</sup> Physics Department, University of Tasmania

<sup>4)</sup> Australian Antarctic Division

The Japanese underground muon observatory(  $\sim 220$ m.w.e.) at Matsushiro has been continuously monitoring intensity variations in the high energy (  $\sim 10^{12}$  eV) cosmic ray flux since 1984. The amplitudes of the sidereal diurnal variations observed by the south-pointing telescopes S, S2, and S3 are three to several times larger than those of the vertical- and north-pointing telescopes, indicating the existence of a significant north-south asymmetry in space. A similar result had previously been observed, with higher statistical precision, by the shallower ( 80m.w.e. ) underground muon telescopes at Sakashita( Ueno et al., 1985 ).

To obtain further information on the north-south asymmetry, we started the bi-hemisphere observation of underground muon flux in late 1991. A multi-directional muon telescope had been installed at a depth of  $\sim 154$ m.w.e. underground(Liapootah) in the Central Highlands of Tasmania, Australia. The telescope has been working and accumulating data since early December, 1991. The average counting rate is  $\sim 2.5 \times 10^4$  for the vertical component telescope.

In this report, the 3 months data observed at Liapootah(southern hemisphere) will be analyzed and compared with data observed at Matsushiro(northern hemisphere) in the same period. Also the daily variations observed in both of northern and southern hemispheres will be discussed.

Ueno et al., Proc. 19th ICRC(La Jolla),5 ,35(1985).



G11-08

**JAPAN-AUSTRALIA OBSERVATION OF THE NORTH-SOUTH  
ASYMMETRY IN SURFACE MUON INTENSITY VARIATION**

S.Mori, S.Yasue,<sup>o</sup>K.Munakata, K.Chino, M.Furuhata, Y.Shiozaki, Y.Yokota,  
S.Akahane, Z.Fujii<sup>1)</sup>, H.Ueno<sup>1)</sup>, I.Morishita<sup>2)</sup>,

and

J.E.Humble<sup>3)</sup>, A.G.Fenton<sup>3)</sup>, K.B.Fenton<sup>3)</sup>, M.L.Duldig<sup>4)</sup>

Department of Physics, Faculty of Science, Shinshu Univ.

<sup>1)</sup> Cosmic-Ray Section, Solar-Terrestrial Environment Laboratory

<sup>2)</sup> Department of Information Management, Asahi University

<sup>3)</sup> Physics Department, University of Tasmania

<sup>4)</sup> Australian Antarctic Division

The multi-directional muon telescope(  $6 \times 6 = 36\text{m}^2$  ) at Nagoya has revealed the north-south asymmetric features in cosmic ray muon intensity variation(e.g. Fujimoto et al., 1979). To obtain further information on the north-south asymmetry, we started the bi-hemisphere observation of surface muon flux in late 1991. A multi-directional surface muon telescope had been installed in the campus of University of Tasmania, Hobart, Australia. The telescope consists of two layers of plastic scintillators separated by 1.73m as Nagoya. Each layer is composed of a  $3 \times 3$  array of  $1\text{m}^2$  units (  $1\text{m} \times 1\text{m} \times 0.05\text{m}$  area viewed by a 5 inch photomultiplier tube ) giving a total detection area of  $9\text{m}^2$ . The counting rate of each of 17 directional component telescopes are continuously recorded. The average counting rate is  $\sim 9 \times 10^5$  per hour for the vertical component telescope.

In this report, the 3 months data observed at Hobart(southern hemisphere) will be analyzed and compared with data observed at Nagoya(northern hemisphere) in the same period. Also the daily variations observed in both of northern and southern hemispheres will be discussed.

Fujimoto et al., Proc. 16th ICRC(Kyoto),4 ,156(1979).

○山内 洋平<sup>1</sup> 三澤 浩昭<sup>1</sup> 小島 正宜<sup>1</sup>Wm. A. Colse<sup>2</sup> Ruth Esser<sup>3</sup> Unni - Pia Løvhaug<sup>4</sup> Jussi Markkanen<sup>5</sup>

1. 名大STE研 2. UCSD 3. Cambridge Univ. 4. EISCAT 5. Geophysical Obs.

## IPS observations of the solar wind with in the acceleration region

○Y. Yamauchi<sup>1</sup> H. Misawa<sup>1</sup> M. Kojima<sup>1</sup>Wm. A. Colse<sup>2</sup> Ruth Esser<sup>3</sup> Unni - Pia Løvhaug<sup>4</sup> Jussi Markkanen<sup>5</sup>

1. STE Lab. 2. UCSD 3. Cambridge Univ. 4. EISCAT 5. Geophysical Obs.

Study on the acceleration mechanism of the solar wind is one of the important subjects in the current solar wind physics. It is necessary to make it clear how the velocity of the solar wind changes with distance especially at distances within 0.3 AU where in situ measurements are impossible. The IPS is the most powerful method to observe these regions, but observations should be made at several different frequencies. We analyzed the data obtained at 327 MHz by STE Lab. and those at 933 MHz by a UCSD group with the EISCAT antennas. Using these data, the dependence of the velocity can be studied as near as 0.1 AU to the Sun. We report the results of the analysis and our observation plan.

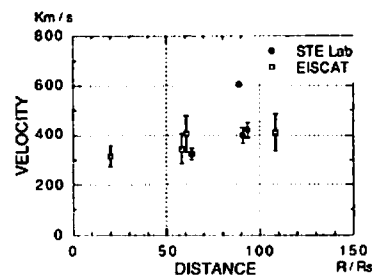
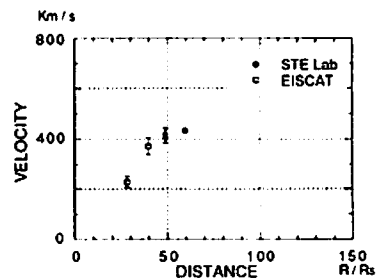
太陽風が超音速になるまでに、どのように加速されるかを解明することは、太陽風研究の中で最も重要な課題の1つである。そのためには、Stream Lineにそって太陽風がいかに加速されているかを明確にする必要がある。しかし、太陽近傍では衛星による直接観測は不可能であるから、現在のところはIPS観測が有力な手段である。太陽近傍を含む広範な距離における太陽風の速度変化を捕らえるためには、多周波でIPS観測を行う必要があり、複数の機関の国際協力を計画している。

STE 研では327 MHz でのIPS観測により0.1 AU 以遠の太陽風を観測している。一方、Coles et al. (UCSD)が行っている EISCAT のアンテナを用いた933 MHz の IPS 観測は、0.1 AU 以内の太陽風の速度も測れる。そこで、この2つの観測で得られた90～91年のデータを用いて、Stream Line に沿って太陽風がどのように変化するかを調べた。

1. EISCAT とSTE 研とのそれぞれの観測結果から、同じ領域から吹き出ている太陽風の速度データを見ると、同じ距離のところではほぼ一致しており、互いの観測の信頼性が確認できた。
2. 以下のようないろいろな加速のパターンが見る。
  - 1) 0.1 AU 以遠においても加速が継続しているもの (上図)
  - 2) 0.1 AU 以内で加速が終了し、速度が一定のもの (下図)

3. 90～91年は太陽活動の極小期にあたるため緯度によらず、太陽風の速度も、0.3 AU 以遠では 400 Km/s 前後の値を示している。

これから太陽活動は極大期に向うので、太陽の極域から高速太陽風が吹き始める。このような共同観測をこれからも行っていき、高速風を含め Stream Line に沿う太陽風の特徴を明らかにして行たい。



G11-10

Application of the Inverse Scattering Transforms  
to the solar wind plasma wave data

R. L. Hamilton<sup>1</sup>, T. Hada<sup>1</sup>, and C. F. Kennel<sup>2</sup>

1. College of General Education, Kyushu University

2. Department of Physics, U.C.L.A.

Large amplitude Alfvén waves have been observed in the solar wind, near planetary and interplanetary shocks, and near comets. The observed Alfvén waves show a variety of waveforms, from almost monochromatic circularly polarized waves, to steepened, compressional waves, whose complex envelopes suggest that nonlinear wave evolution is in progress.

We consider possibilities of applying the Inverse Scattering Transforms (IST) to analyze Alfvén waves in space. The IST is a sort of nonlinear Fourier transform, which is valid for a certain class of nonlinear equations, including the derivative nonlinear Schrödinger equation (DNLS), an evolution equation for quasi-parallel Alfvén waves. By applying the IST to the solar wind data that include intervals of Alfvén waves, we obtain the "scattering data", from which we may discuss past history of the waves and statistical properties of Alfvén wave packets.

# 1991年9月28日、「ようこう」 SXTで観測された太陽フィラメント 消滅に伴う惑星間空間衝撃波

\*渡辺 堯、小島正宜、大山政光(名大S T E研)、小川原嘉明(宇宙研)、常田佐久(東大理天文センター)、L. Acrtton (Locheed Palo Alto Res. Lab.), K. L. Harvey (Solar Phys. Res. Co.), J. A. Joselyn (NOAA)、 「ようこう」観測グループ

Interplanetary Disturbance in Association with Disappearance of a Chain of Solar Filaments Observed on 28 September 1991 by YOHKOH (Solar-A) SXT

\*T. Watanabe, M. Kojima, and M. Ohyama (STELANB, Nagoya Univ.)  
Y. Ogawara (ISAS), S. Tsuneta (Univ. of Tokyo), L. Acton (Locheed Palo Alto Res. Lab.), K. L. Harvey (Solar Phys. Res. Co.), J. A. Joselyn (NOAA), and Observational Group of YOHKO

An interplanetary consequence of disappearance of a chain of solar dark filaments which took place on 28 September 1991 is discussed basing on solar soft X-ray image data obtained with YOHKOH SXT and solar wind data from IPS measurements. A transient coronal hole was formed during the course of disappearance. The average speed of the relevant shock wave, which caused an SI at 1815 UT on 1 October 1991, is 530 km/s. IPS observations show that the shock wave had an anisotropic propagation properties.

1991年9月28日、太陽面の中央、赤道付近から $N40^\circ$ 近くまで連なっていた一連のフィラメントが消滅した。「ようこう(Solar-A)」に搭載されているSXT(軟X線望遠鏡)によって得られたコロナ画像によると、フィラメントがコロナ中を上昇するにつれて、明るい構造として観測されている(下図)。それに伴って、フィラメントの西側に近接した領域にあった細長い coronal hole の面積が、急速に拡大して行くのが見られた。この面積の変化率は、通常の coronal hole の面積の変化率の10倍以上であった。この coronal hole は、10月1日の Kitt Peakにおける He 10830 Å 画像では消滅している。

このフィラメント消滅によって発生した衝撃波によると思われる地磁気のSIがGOES-6によって、10月1日 1815UTに観測された。この衝撃波の太陽-地球間における平均速度は約 530 km/sec となり、フィラメント消滅に伴う衝撃波における衝撃波速度としては typical な値となっている。地球の西側の領域のIPS観測で観測された太陽風速度は 400 km/sec 以下であり、地球近傍における衝撃波速度は 500 km/sec 程度であることが推測される。このことは、この種の衝撃波の場合に良く見られるように、衝撃波の減速率が小さいことを意味している。また、北側高緯度帯では 800 km/sec を超す太陽風速度が得られており、衝撃波の伝播が一様でないことを示している。



フィラメント消滅発生前の軟X線太陽画像  
(0920 UT, 28 September 1991)



フィラメント消滅発生中の軟X線太陽画像  
(1416 UT, 28 September 1991)

小塚幸央、斎藤尚生、竹内 仁、岡村定矩  
 東北大・理 東大・理

Relation between Large-scale disturbances of Cometary Magnetosphere  
 and the solar wind

\*Y. Kozuka<sup>1</sup>, T. Saito<sup>1</sup>, H. Takeuchi<sup>1</sup>, S. Okamura<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Geophysical Institute, Tohoku University, Sendai 980

<sup>2</sup>Department of Astronomy, The University of Tokyo, Tokyo 113

Five bright comets, which appeared successively from 1989 to 1990, were observed with two new techniques; the mosaic CCD method and the multi-shot photography. In the present study, a large-scale interaction between the cometary magnetosphere and the solar wind is investigated on the basis of the disturbance events of the five comets. A variation of structures in the tail is analyzed on the basis of the observed data together with the data on various solar phenomena. From the analysis, we obtain a property of a propagation of the flare shock front, and propose a new model on a plasma flow in the tail.

序 彗星磁気圏の擾乱現象の研究は、太陽風や太陽磁気圏の3次元構造を知る上で、また、比較磁気圏学の観点から重要である。1989年後半から1990年にかけて、5個の明るい彗星が出現した。本研究は、我々が提唱したmosaic CCD法と連続速写法という2つの新たな彗星磁気圏の観測方法によって得られたdataをもとに、彗星磁気圏のdynamicsを調べることが目的とする。

**DATA** 東大木曾観測所において我々はmosaic CCD法によりAustin彗星の観測を行った。その観測data(図1)が解析に用いられた。また、連続速写法により撮影された5個の彗星の観測資料が用いられた(表1)。

**解析** 彗星テイル内の構造の運動と大規模なテイルの変形の様子が、連続速写写真から求められ、太陽風構造の推定が行われた。また、彗星磁気圏の擾乱に対

応する太陽風および太陽面の現象が調べられた。

**結論** (1) CCD観測およびtail内構造の運動の解析結果から、彗星磁気圏内に見られる小規模構造の運動の特徴が明らかにされ、彗星におけるplasma flowの新しい概念が示された。

(2) 1個のflareが彗星磁気圏と地球磁気圏の両方に擾乱を起こしたcaseが見出された。両者の擾乱発生時刻から、flareによるshockの平均速度が求められ、flareの伝搬に関する特性が得られた。

(3) 大規模擾乱を引き起こした太陽風の構造が推定され、いくつかの異なる太陽面現象との比較から、その起源が推定された。

**謝辞** 我々の研究室に彗星の貴重な写真を送って頂いた沼澤茂美、西岡公彦、斎藤正司、大友清康、津村光則の諸氏に対し深く感謝致します。

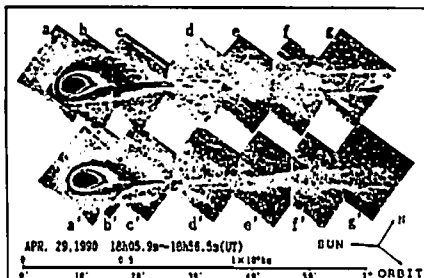


Figure 1

Table 1

comet	観測日	撮影者	撮影枚数
Brorsen-Metcalf	Aug. 13, 1989	西岡	8
Okazaki-Levy-Rudenko	Nov. 16, 1989	斎藤(正)	6
Aarseth-Brewington	Dec. 10, 1989	大友、津村	3
Austin	Apr. 29, 1990	小塚他 (CCD観測)	14
	Apr. 29, 1990	沼澤	5
Levy	Aug. 27, 1990	沼澤	6

J. Arons<sup>a),b)</sup>, M. Hoshino<sup>c)</sup>, Y. Gallant<sup>b)</sup>, A. B. Langdon<sup>a)</sup>, and C. E. Max<sup>a)</sup>

a) IGPP, Lawrence Livermore National Laboratory

b) Department of Astronomy, University of California at Berkeley

c) Institute of Physical and Chemical Research, RIKEN

We study the theoretical properties of relativistic, quasi-perpendicular magnetosonic collisionless shock waves in electron-positron-heavy ion plasmas of relevance to astrophysical sources of synchrotron radiation. The parameter regime of the relativistic shock discussed here is different from that studied in the space plasma, though it is becoming clear that the fundamental problems of the space plasma and the astrophysical plasma physics are closely interrelated.

We use both one dimensional electromagnetic particle-in-cell simulations and quasi-linear theory to examine the spatial and kinetic structure of the relativistic nonlinear shock waves. We describe a new process of shock acceleration of nonthermal positrons. The main dissipation mechanism here is the synchrotron maser instabilities of reflected heavy ions from the shock front. The gyrating reflected ions dissipate their energy in the form of collectively emitted, left handed, large amplitude magnetosonic waves which are resonantly absorbed by the positrons immediately behind the ion reflection region. The absorption gives rise to a high energy downstream positrons with a power law spectrum,  $N(E)dE \propto E^{-2}$ , when the upstream flow energy of the heavy ions exceeds that of the pair plasmas. We also discuss how the shock jump conditions are modified by the presence of large amplitude wave fluctuations, and introduce modified magnetohydrodynamic shock jump conditions to take into account the energy and momentum content of the large amplitude waves.

Data Analysis of the IPS Observations  
 -Determination of the Solar Wind Velocity from the Fresnel Ripple Frequencies-

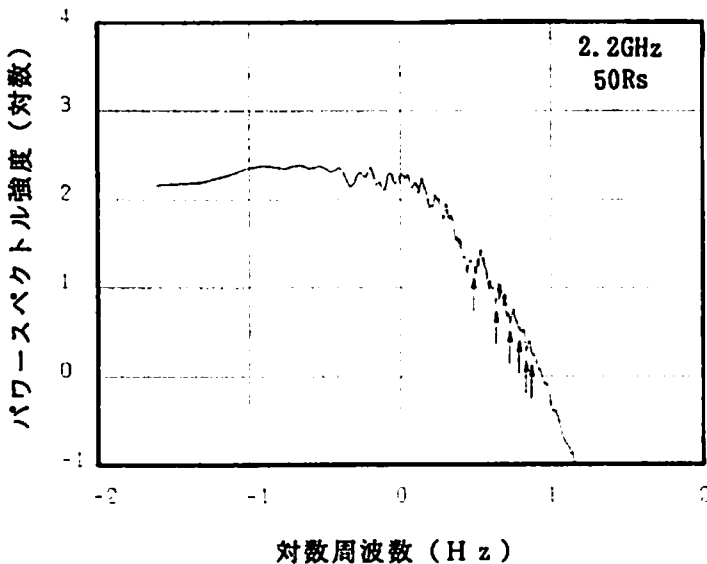
H. Mori, T. Tanaka, T. Kondou, M. Tokumaru, H. Takaba, and Y. Koyama

Communications Research Laboratory

It is theoretically anticipated that the power spectrum of the IPS signal has periodic intensity modulations in the frequency domain (the Fresnel ripples). The solar wind velocity is expected to be obtained with good accuracy from the ripple frequencies. We have examined the IPS data observed at microwave frequencies and obtained the characteristics of the Fresnel ripples on the power spectra.

I P S 観測波形のパワースペクトルには、周期的な強度変化パターン（フレネルリップル）が生じることが、理論的に予想される。このリップルの周波数は太陽風速度に依存しているので、観測データのスペクトル中にリップルが検出されれば、高い精度で風速を決定することができる。我々の約一ヶ月間にわたるマイクロ波帯電波による I P S 観測により得られたデータをス

ペクトル解析した結果、明瞭なリップルパターンを示すものが全データの 10% 程度存在し、観測領域が太陽に近づく程出現頻度が低下する傾向が得られた。パワースペクトルにリップルパターンが現われない原因としては、①観測領域の太陽風速度が単一ではなく幅を持っている場合、②太陽風プラズマが磁力線沿いに引き延ばされた不規則構造をしている場合、が考えられる。



I P S 信号のパワースペクトル例

図中の矢印はフレネルリップルの位置を示す

## 大気圏力学 G12-01~11

座長	前川泰之	(大阪電通大)
	中村卓司	(京大超高層)

## 大気圏放射 G12-12~16, P46

座長	柴崎和夫	(国学院大)
	杉山卓也	(京大理)

## 大気圏化学 G21-01~08, P47~51

座長	杉山卓也	(京大理)
	北 和之	(東大理)



○長澤 親生、阿保 真(東京都立大学・工学部)

## Lidar observations of metallic species in the upper atmosphere (1)

Chikao NAGASAWA and Makoto ABO (Tokyo Metropolitan Univ.)

Lidar observations of mesospheric sodium atoms have been performed at Tokyo Metropolitan University since July 1991. The characteristic phenomena of observed sodium layers are reported. Lidar measurements of mesospheric iron atoms and calcium ions are also tried and reported their primitive results.

中間圏圏界面付近に成層している金属原子及びイオンのライダーによる観測は、その生成論とともに観測手段に乏しいこの領域の大気状態を推測するためのトレーサとしての役割も期待され、ライダー技術の開発に付随して発展してきた。都立大学(36°N, 139°E)においても1991年7月からライダーによるナトリウム層の夜間観測を行っており、現在(1992年1月)まで約20夜の観測を試みた。今回は観測結果の初期的な解析により得られた2、3の結果と、並行して開発を進めているFe及びCaイオンライダーについて報告する。

(1)Na層の夜間変動の概観 ほぼ日没から日出までの夜間連続観測の例を図1に示す。観測は高度90kmにおいてSN比が約10となる5000レーザーshotsをもって1プロファイルとするために、10分毎の観測が繰り返されている。図1は高さ方向に4kmのローパスフィルタをかけ、コラム量で規格化している。この図からNa層が安定する深夜から約5時間にわたる下方向の一定の動きが認められる。この動く速度は約0.2m/sである。

(2)スポラディックNa層 スポラディックNa層(Nas)とは、通常のNa層に重畳する形で幅約3kmの急激な増加層を呼ぶ。一般に鋭い増加層は、流星飛跡がライダーに捕らえられた場合に見られるが、Nasはそれより幾分幅が広く、寿命が数時間と長い。この現象は低緯度地方や極域付近ではたびたび観測されているが、中緯度では出現頻度は極めて少ないと言われている<sup>1)</sup>。我々が観測したNasの例を図2に示す。

参考文献 (1) T. J. Beatty, R. L. Collins and C. S. Gardner (1989), Geophys. Res. Lett., 16, 1019-1022.

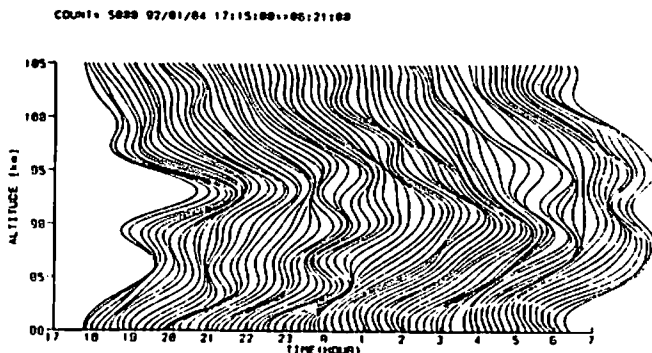


図1 中間圏ナトリウム層の観測例

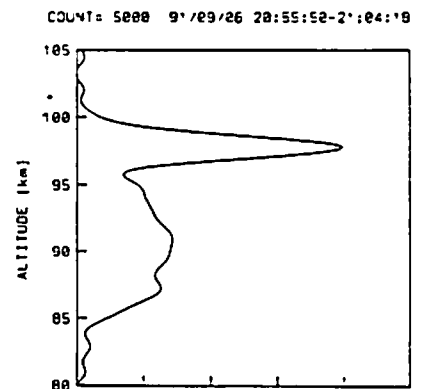


図2 Nasの観測例

○ 堤 雅基、中村 卓司、津田 敏隆、加藤 通、深尾 昌一郎  
(京大超高層)

Meteor trail observations with the MU radar (3)

Masaki Tsutsumi, Takuji Nakamura, Toshitaka Tsuda, Susumu Kato, and Shoichiro Fukao  
(RASC, Kyoto Univ.)

The ambipolar diffusion coefficient is estimated from the decay constant of meteor echo power. The meteor observation with the MU radar have revealed that there are various periods of fluctuations in the ambipolar diffusion coefficient, which showed good correlation with the fluctuation of the wind velocity especially for the short period oscillations. This implies that the temperature and density fluctuations due to wind motions affect the ambipolar diffusion coefficient.

MU レーダーを用いた流星観測によると、拡散係数には周期 3~4 時間程度の変動から 2 日以上周期をもつ変動まで様々な周期の変動が存在する事がわかっている。今回は特に短周期の変動成分について風の場との関係を探る。

拡散係数の比較的短周期の変動としては 6~8 時間程度の周期のものが観測期間によらずよく観測されている。図 1 は 1991 年 5 月 19~21 日の観測で得られた拡散係数及び風の場 (東西成分と南北成分) から周期 4~12 時間の変動成分を取り出したものである。拡散係数については周期 8 時間程度の鉛直波長の長い変動が卓越しており、風の場でも特に東西成分において同じような構造を持つ重力波と思われる波動が観測されている。さらに図 1 から流星エコーの多く得られる高度 91km の時系列を代表として取り出してみると (図 2) 風の場との相関が良いことがわかる。

以上のことから拡散係数の変動は重力波の鉛直成分による場の変動を反映しているのではないかと考え次の試算を行った。拡散係数は大気温度と密度の関数 ( $D \propto \sqrt{T}/\rho$ ) で、その変動成分はブジネスク近似のもとでは、

$$\frac{\delta D}{D} = \frac{\delta T}{2T} - \frac{\delta \rho}{\rho} = \frac{3\delta T}{2T}$$

となり温度変動と結びついている。さらに温位保存則 ( $\delta T/T = N^2 W/g\omega$ )、重力波の分散関係式 ( $W = U\omega/N$ ) から

$$\frac{\delta D}{D} = \frac{3NU}{2g}$$

を得る。(但し、 $T$ : 大気温度、 $\rho$ : 大気密度、 $N \approx \frac{2\pi}{300} \text{sec}^{-1}$ : プラントバイサラ振動数、 $W$ : 鉛直風の振幅、 $U$ : 水平風の進行方向成分の振幅、 $g$ : 重力加速度、 $\omega$ : 振動数)

ここで図 2 から水平風の振幅を 25m とすると

$$\delta D/D \approx 0.08$$

を得る。これは拡散係数の変動が 10% 強であることとほぼよい一致を示し拡散係数の観測により大気温度変動の観測が可能であることを示唆している。

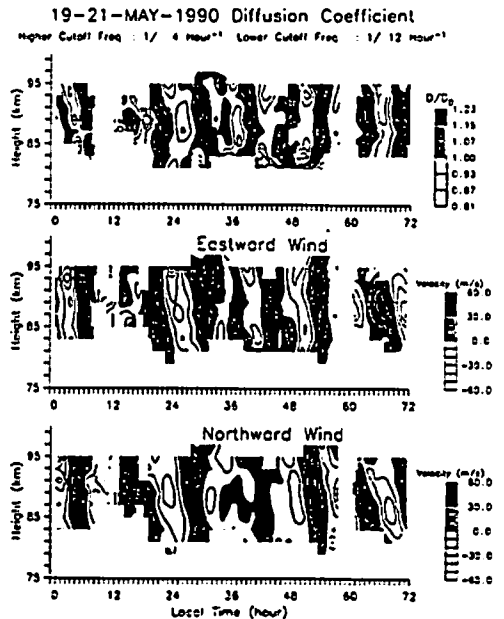


Fig.1 The variation of the ambipolar diffusion coefficient and wind velocity with periods of 4-12 hr.

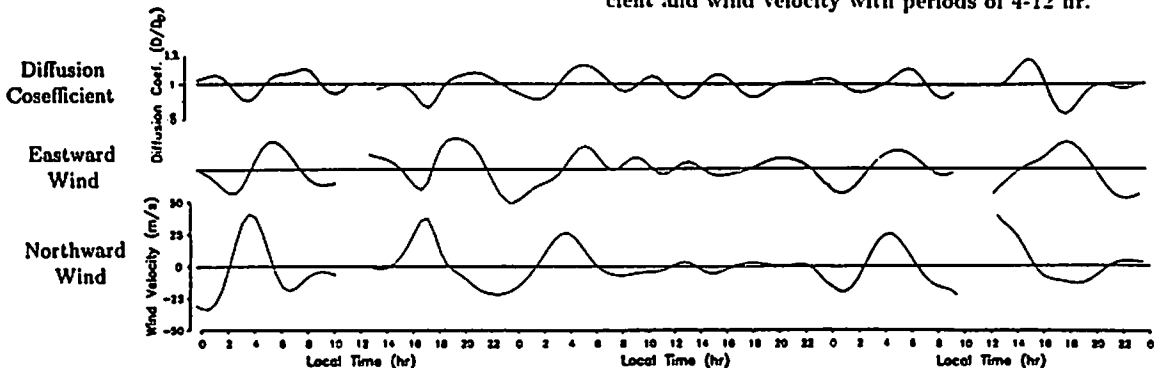


Fig.2 The variation of the ambipolar diffusion coefficient and wind velocity with periods of 4-12 hr at the altitude of 91 km.

# G12-03 中間圏重力波の水平伝搬方向のレーダー観測

中村 卓司<sup>1</sup>、津田 敏隆<sup>1</sup>、村山 泰啓<sup>1</sup>、加藤 進<sup>1</sup>、深尾昌一郎<sup>1</sup>、R. A. Vincent<sup>2</sup>  
 (<sup>1</sup>京大超高層、<sup>2</sup>アデレード大(オーストラリア))

## Radar Observations of the Horizontal Propagation Direction of Mesospheric Gravity Waves

Takuji Nakamura<sup>1</sup>, Toshitaka Tsuda<sup>1</sup>, Yasuhiro Murayama<sup>1</sup>, Susumu Kato<sup>1</sup>,  
 Shoichiro Fukao<sup>1</sup>, and R. A. Vincent<sup>2</sup>  
 (<sup>1</sup>RASC, Kyoto Univ., <sup>2</sup>Univ. of Adelaide, Australia)

We carried out comparative observations of the mesospheric gravity waves between the MU radar (35°N) and Adelaide MF radar (35°S) in June 1987 and January/February 1991. The propagation directions of gravity waves were determined by the hodograph analysis of vertical profiles of the wind velocities, by momentum flux observed with multiple beam Doppler, and by Stokes parameter analysis of wind fluctuations. These results (Figure. 1) suggest that the propagation directions are aligned to the zonal directions at Shigaraki (35°N) and to the meridional directions at Adelaide (35°S). The results of Saskatoon MF radar [Ebel et al., 1987, JATP; Manson and Meek, 1988, JAS] showed that meridional propagations are dominant at Saskatoon (52°N). These observations suggest that these preferential directions of the horizontal propagation of mesospheric gravity waves are caused by the topographic effect such as the distribution of the continents.

前回の学会では、MU レーダー観測による中間圏重力波の強度と Saskatoon(52°N) (カナダ) の MF(Medium Frequency) レーダー、および Adelaide(35°S) (オーストラリア) の MF レーダーの観測との比較を行い、短周期重力波は南北半球の緯度 35°ではほぼ重力波強度 (風速の variance) が同じで、北半球では緯度 52°で 35°より、1/3 ほど小さいという結果が得られた。今回は、アデレード、信楽での重力波の伝搬方向をいろいろなアプローチで比較検討した結果を報告する。解析は、MU レーダーにおいては、風速の鉛直プロファイル中の卓越重力波のホドグラフ解析、多ビームのドップラーによる運動量フラックス解析、アデレードのレーダーに関しては、同様にホドグラフ解析、そして風速時系列の Stokes パラメータ解析をおこなった。図 1 は、それらの伝搬方向のまとめであり、アデレードのデータにはこれまで論文発表された結果についても併せて表記してある。これによると、いずれの地点でも夏季より冬季の方が伝搬方向がばらついているほか、夏冬合わせた伝搬方向が、MU レーダーでは東西方向に、アデレードの MF レーダーでは南北方向に偏っていることがわかる。このことは、もっと単純に  $(\overline{u^2})$ ,  $(\overline{v^2})$  の大きさを比較することも確認できる。Ebel et al.[1987, JATP], Manson and Meek [1988, JAS] によれば、北緯 52°のサスカトゥーンでも南北の伝搬が卓越することが報告されており、これらの伝搬方向の差異は南北半球の差というよりも、大陸分布などの地形の影響ではないかと思われる。仮に地形の影響が中間圏重力波の強度にも影響するとすれば、重力波強度の経度方向の分布が大きいことになるが、さらなるレーダー協同観測でその解答が得られるであろう。

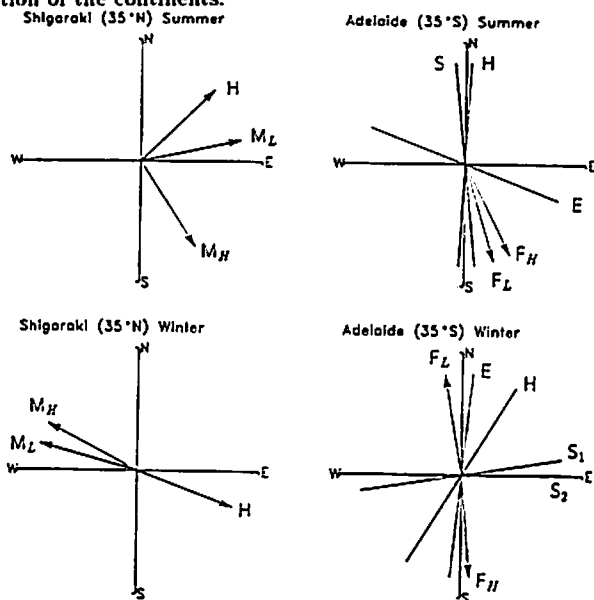


図 1. The summary of the propagation direction observed in June 1987 and January/February 1991 with the MU radar and Adelaide MF radar, together with the results of Fritts and Vincent [1987] of the Adelaide MF radar, and Eckermann and Vincent [1989] of the falling sphere.

H: Hodograph analysis (at 70–75km and 80–88km in Shigaraki and Adelaide, respectively)  
 M<sub>L</sub>, M<sub>H</sub>: momentum flux with periods of 8 h – 30 min and 30 min – 5 min at 68–80 km,  
 S, S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>: Stokes parameter analysis at 70–80 km (1: June 5–14, 1987, 2: June 22–30, 1987),  
 F<sub>L</sub>, F<sub>H</sub>: 24–8h and 8–1h component by Fritts and Vincent [1987] at 85 km  
 E: falling sphere by Eckermann and Vincent [1989] at 30–60 km.

村山泰啓<sup>1</sup>、津田敏隆<sup>1</sup>、小山孝一郎<sup>2</sup>、神沢博<sup>3</sup>、山中大学<sup>1</sup>、中村卓司<sup>1</sup>、深尾昌一郎<sup>1</sup>、加藤進<sup>1</sup>  
1. 京大・超高層 2. 宇宙研 3. 極地研

### Height variation of gravity wave energy in the middle atmosphere observed with rocketsondes and the MU radar during DYANA campaign

Y. Murayama<sup>1</sup>, T. Tsuda<sup>1</sup>, K.-I. Oyama<sup>2</sup>, H. Kanzawa<sup>3</sup>, M. D. Yamanaka<sup>1</sup>,  
T. Nakamura<sup>1</sup>, S. Fukao<sup>1</sup> and S. Kato<sup>1</sup>

1. RASC, Kyoto University 2. ISAS 3. NIPR

During DYANA campaign, wind profiles were obtained with rockets launched at Uchinoura and the MU radar at Shigaraki. It was clarified that we can rely on the background wind of the sphere data up to about 80 km height, while fluctuations up to about 60 km altitudes with a height resolution of about 3 km, by using comparisons between the rocket and MU radar data and spectral analysis. Using this dataset, we obtained vertical profiles of horizontal kinetic energy per unit mass in the middle atmosphere, mean profiles of which suggest that gravity waves grow rapidly in the lower mesosphere and saturate in the upper mesosphere.

全球的な中層大気観測計画である DYANA キャンペーンが 1990 年 1-3 月に行われた。キャンペーンの一環として 1 月 17 日から 2 月 26 日の間に内之浦の KSC で行われた 8 回のロケット観測、および信楽の MU レーダーによる地上観測から、中層大気重力波のエネルギーの高度変化を調べた。

1990 年 2 月 17、24、26 日に行われた落下球観測では最高高度約 110 km までのデータが得られたが、ロケット観測による風速の誤差は高高度ほど大きくなるため、まず解析に使用可能なデータの最高高度を調べた。各落下球観測と、同日の MU レーダーによる水平風速のプロファイルの比較から、両者の値が高度 80 km 以下でよく一致することがわかった。高度 80 km 付近では落下球は鉛直スケールが約 20 km 以下の風速変動には追従しないと考えられることから [Schmidlin, 1986]、落下球観測による高度 80 km 以下での背景風はほぼ正しく得られたものと考えられる。一方、重力波の解析には高度分解能のよいデータが必要であるので、風速の鉛直波数スペクトルと重力波の飽和スペクトルモデル [Smith et al., 1987] との比較から、データゾンデを含めたロケットデータの風速変動分が高度 60 km 以下では高度分解能約 3 km 以上で得られていることを明らかにした。

このような検証の後、DYANA 期間におけるロケット・MU レーダー観測データから、風速変動分の分散  $\overline{u'^2 + v'^2}$  (単位質量あたりの水平運動エネルギー) を求めた。図 1 は鉛直波長 4-6 km の変動分から求めた  $\overline{u'^2 + v'^2}$  の高度プロファイルである。この平均プロファイルを見ると、 $\overline{u'^2 + v'^2}$  は高度 20 km 付近では約  $1-2 \text{ m}^2\text{s}^{-2}$  であるが、高度 60-90 km では約  $20 \text{ m}^2\text{s}^{-2}$  であり、重力波の振幅が成層圏から下部中間圏付近までは増大していることがわかる。上部中間圏

では  $\overline{u'^2 + v'^2}$  がほぼ一定となるのは重力波が飽和していることを示すものと考えられるが、高度 50 km 付近からエネルギーが急激に増大していることから、重力波は下部中間圏で指数関数的に成長し、上部中間圏で飽和に達するのではないかと考えられる。

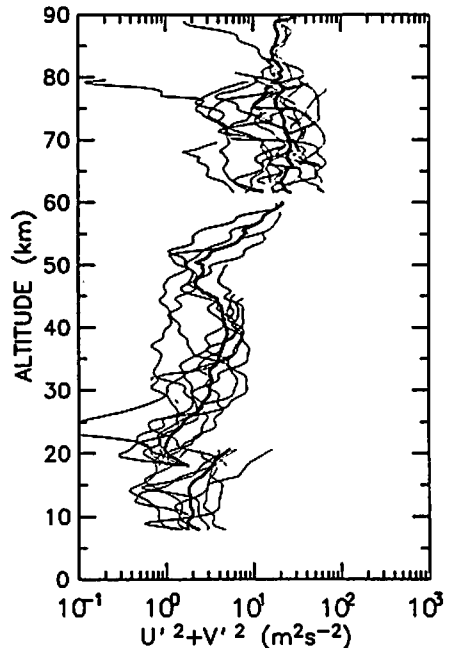


Fig. 1: Vertical profiles of horizontal kinetic energy per unit mass,  $\overline{u'^2 + v'^2}$ , with the vertical wavelengths from 4 to 6 km observed with the rockets and the MU radar during the DYANA period. A thin line in the height region of 18-60 km represents each rocket sounding, while ones at the altitudes of 5-22 and 60-90 km indicate profiles averaged for  $\sim 2$  hr observed with the MU radar, thick lines denoting the mean profiles.

## Characteristics of Gravity Waves in the Equatorial Region Revealed with Radiosonde Observations in Indonesia

津田 敏隆、村山 泰啓、藤田 篤志、ハルソノ、加藤 進  
T. Tsuda<sup>(1)</sup>, Y. Murayama<sup>(1)</sup>, A. Fujita<sup>(1)</sup>, H. Wiryosumarto<sup>(2)</sup> and S. Kato<sup>(1)</sup>

(1) 京都大学超高層電波研究センター

*Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University, Uji, Kyoto 611, JAPAN*

(2) *Indonesian National Institute of Aeronautics and Space (LAPAN)*

*Jl. Pemuda Persil No.1, Jakarta Timur 13220, INDONESIA*

Radiosonde experiments were conducted as a collaborative project between Japan and Indonesia at the Watukosek stratospheric balloon launching station of LAPAN (7.57°S, 112.68°E, 50 m from the sea level), being located about 50 km south of Surabaya, in East Jawa, Indonesia. For 25 days from 27 February to 22 March 1990, in total, 100 radiosondes were launched every 5-7 hours (four times a day) in order to study the behavior of the equatorial middle atmosphere dynamics including the gravity wave characteristics.

Gravity waves were extracted by applying a high-pass filter on the time series with a cut-off of 4 days, since the inertial period at Watukosek is 91.1 hours (3.8 days). In the troposphere, the amplitudes of wind velocity fluctuations were up to 5 m/s, then increased to about 10 m/s in the stratosphere, which were 2-3 times larger than the values detected at the middle latitudes, for example, at the MU radar site (34°51'N, 136°0'E).

In both the wind velocity and temperature profiles, dominant components of gravity waves were recognized, having the vertical wavelengths of 2-3 km. Such components were further extracted by using a band-pass filter applied for each profile, then their vertical and horizontal propagation characteristics were analyzed by means of the hodograph method.

In the lower troposphere, there was no preferential horizontal propagation directions for the dominant gravity waves, but they rather uniformly distributed. While, above about 15 km, the majority of the dominant gravity waves clearly had the eastward component of the horizontal phase velocity, indicating that the rest of the gravity waves, having the westward phase velocity aligned to the wind direction of QBO, were dissipated at the critical level encountered in the course of the upward propagation.

Concerning the vertical propagation, below about 13 km both upward and downward propagation were equally detected, while most of the waves in the stratosphere showed upward energy propagation, suggesting that the gravity waves were generated in the troposphere, and propagated into the stratosphere.

The intrinsic periods of the dominant gravity waves ranged from 35 to 50 hours, and the horizontal wavelengths from 1,000 to 2,500 km. Note that the typical horizontal scale of these gravity waves is similar to that of the cloud clusters in the equatorial region.

The wind velocity variance of the gravity waves was largely enhanced in the first 2/3 of the campaign period, while it was relatively small near the end of the period, which showed a fairly good correlation with the time variation of the cumulonimbus activity, being inferred by the satellite observation of the cloud amount as well as the profiles of humidity measured with the radiosondes.

A Model of Localized Saturated Internal Gravity Waves

T. Shimomai, M. D. Yamanaka and S. Fukao (RASC, Kyoto Univ.)

A linearized, quasi-one-dimensionalized governing equation for two-dimensional, non-inertial, quasi-hydrostatic, Boussinesq internal gravity waves is solved by using an orthonormal 'wavelet' expansion developed recently by Yamada and Ohkitani (1991). Each expanding component expresses a vertically localized wave defined by two integer parameters corresponding to vertical wavenumber and altitude. The expansion coefficient is related to the wavenumber parameter through the conventional saturation condition. Superpositions of several components taken arbitrarily can simulate observed features of internal gravity waves, such as a  $-3$  power law of the vertical wavenumber spectrum.

これまでの中層大気内部重力波の観測結果に関する理論的解釈は、ほとんどが Fourier 展開 (変換) による時間・空間的に無限に連なった単色波の概念を用いて試みられてきた。しかし、単色波を分離してフィッティングすることは限られた期間、領域でしか成功せず、また各高度で卓越するモードの鉛直波長、振幅は一つの単色波について予想されるものと明らかに異なった高度変化をしている。むしろ、各高度、場所、時間ごとに局在した別々の波が分布しているという描像が妥当ではないかと考えられる (Yamanaka, 1991)。

そこでここでは最近 Yamada and Ohkitani (1991) が見出した正規直交ウェーブレット展開を用いて、簡単な内部重力波の支配方程式の厳密解を構築し直し、これを用いてモデル計算を行なった。このモデルでは、水平風速の鉛直変化成分が次のように表される。

$$\tilde{u}(z) = \sum_{\nu} \sum_{\mu} U_{\nu,\mu} \psi_{\nu,\mu},$$

$$\psi_{\nu,\mu} = 2^{\nu/2} \psi(2^{\nu} m_0(z - z_0) - \mu)$$

$\psi(\zeta)$  は図 1 に示すような関数形を持ち、 $\psi_{\nu,\mu}$  は高度  $z \approx z_0 + 2^{-\nu} \mu / m_0$  の近傍に局在する鉛直波数  $m \approx$

$(4\pi/3)2^{-\nu} m_0$ 、帯域幅  $\Delta m \approx m$  の波を表す。また  $\sum_{\nu} \psi_{\nu,\mu}$  は波数  $m$  の Fourier 成分に近い連続波となる。

中層大気全体を考え、 $z_0 = 50\text{km}$ 、 $m_0 = 3/2000\text{m}^{-1}$  とすると、 $\psi_{\nu,\mu}$  は鉛直波数  $2^{-\nu}\text{km}$  の局在重力波となる。試みに、飽和条件から展開係数を  $U_{\nu,\mu} \approx N/m$  として  $U_{\nu,\mu} \psi_{\nu,\mu}$  の任意の重ね合わせを行なう ( $N \approx 2 \times 10^{-2}\text{s}^{-1}$  は Väisälä-Brunt 周波数)。例えば図 2(a) のようなプロファイルが得られ、Fourier スペクトル解析を行なうと図 2(b) のように実際の観測結果と近い  $m^{-3}$  則が得られる。これまでの半経験的モデル (例えば Smith et al., 1987) では、スペクトルの絶対値 (連続単色波の飽和振幅  $N^2/2m^3$  からずれて  $N^2/6m^3$  に近い) については水平構造等に関する経験的仮定が必要であったが、ここでは関数  $\psi(\zeta)$  の性質から純理論的に決定できる。

従って、このモデルは現実の中層大気内部重力波の分布状態をよく表現できるものと考えられる。今後、コリオリ力の効果や平均流シアーの効果を取り入れ、また温度変動についても計算を行ない、より現実的なモデルに改良していく計画である。

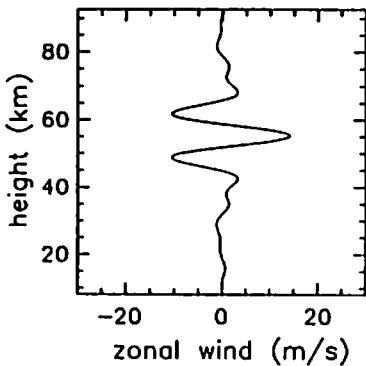


図 1  $U_{-4,0} \psi_{-4,0}$  のプロファイル、他の  $\psi_{\nu,\mu}$  もこれと相似。

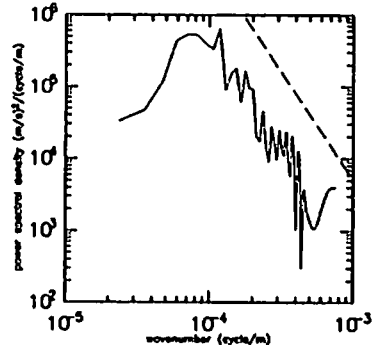
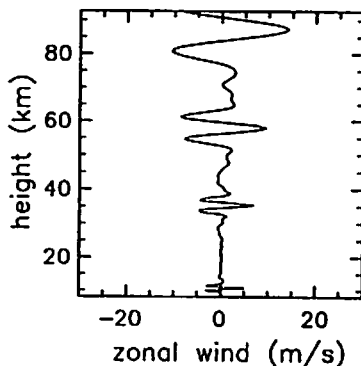


図 2  $(\nu, \mu) = (-4, 3), (-3, 1), (-2, -6), (-1, -30)$  を重ね合わせた (a) プロファイルと (b) Fourier スペクトル。

## Seasonal and Interannual Variabilities of Vertical Eddy Diffusivity in the Middle Atmosphere Based on the MU Radar Observations

S. Kurosaki, M. D. Yamanaka, S. Fukao, H. Hashiguchi, T. Tsuda and S. Kato (RASC, Kyoto Univ.)

The vertical eddy diffusivity in the troposphere, lower stratosphere and mesosphere has been observed by the MU radar every month during 1986-90. Annual maxima appear in winter in the lower stratosphere and in summer in the mesosphere. Semiannual variations, reaching approximately an order of magnitude, are detected in the mesosphere. Interannual variabilities smaller than the seasonal variabilities are also analyzed. These observational results are interpreted in view of gravity-wave breaking.

MU レーダー観測から推定した中層大気鉛直渦拡散係数  $K$  の時間的・空間的変動度については、1986-88年の3年間のデータについては既に発表した(阿尾他, 1989 秋, 1990 春の本学会; Fukao et al., 1992, *JGR*)。ここではさらに 1989-90 年分を加えて計 5 年間の観測データとして再解析し、主として  $K$  の季節変動と経年変動の様相を明らかにする。推定法はエコーパワのスペクトル幅から求めるもので以前と同様であるが、スペクトル強度から求めた結果(橋口他, 1991 秋の本学会)等とも比較し、さらに技術的問題点や理論的に曖昧な点についても指摘する。

図 1 は上部対流圏～下部成層圏について、5 年間の毎月 100 時間観測 (GRATMAC) の各高度における中央値を示したものである。以前に報告したように、下部成層圏では化学モデルに近い値が得られ、この方法で観測できる  $10^0 - 10^2$  m のスケールの乱渦による拡散が、この高度領域での物質輸送に主要な役割を果たしていることを示唆する。また冬季に最大、夏季に最小となる年周期の変動傾向が年によらず見られるが、これは 100 時間より短いスケールをもつ内部重力波の位相構造に伴う変動度よりもむしろ小さいものである。年々の違いつまり経年変動は、さらに小さいものである。

中間圏では夏季に最大、冬季に次の極大、春秋に最小となり、つまり半年周期の変動傾向が年周期よりも卓越している。この傾向はこの高度領域の内部重力波の活動度と矛盾していない。ここで求めた値は下部成層圏よりも大きく、上向き増大傾向が確認できるが、中央値は化学モデルの値よりも小さめである。この差異については、 $10^2$  m よりも大きなスケールの乱渦の寄与が無視できないことを示唆しているとも、また出現頻度は小さくとも強い乱流が物質拡散には主要な役割を果たしているとも考えられる。

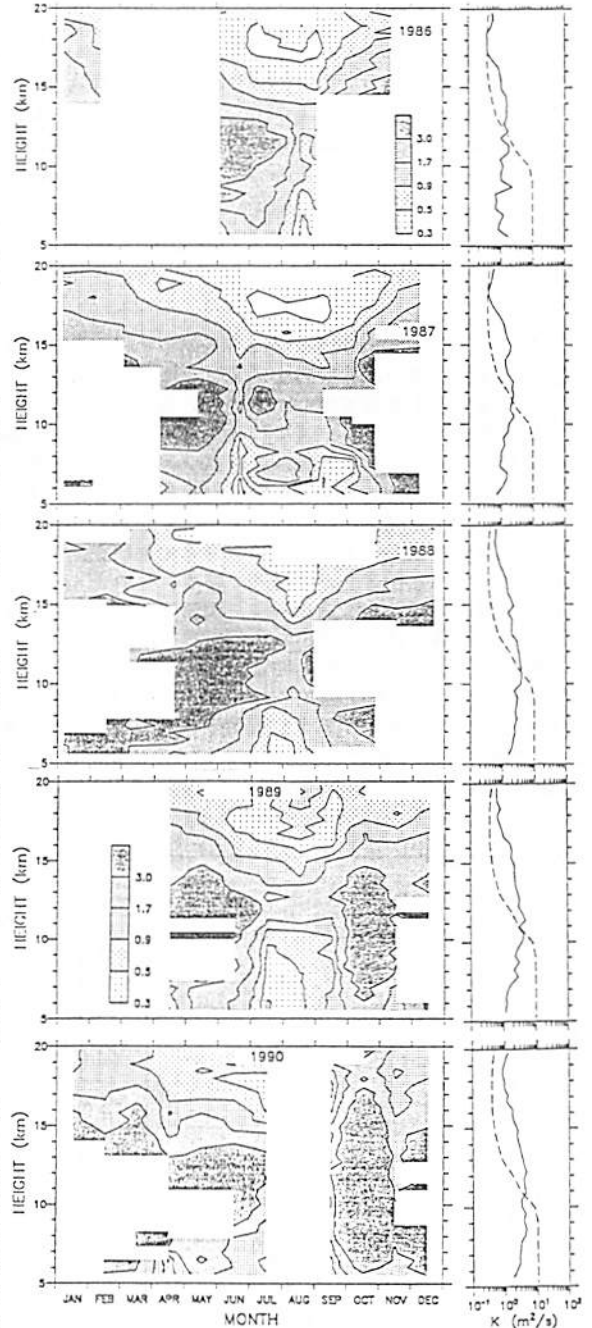


図 1 1986-90 年の鉛直渦拡散係数の高度・季節変化とその中央値の鉛直プロファイル (破線は Massie and Hunten, 1981 の化学モデル)。

°西山和博<sup>1</sup>、深尾昌一郎<sup>1</sup>、山本衛<sup>1</sup>、R.D.Palmer<sup>2</sup>、  
 山中大学<sup>1</sup>、津田敏隆<sup>1</sup>、加藤進<sup>1</sup>  
 (1. 京大超高層 2. クレムソン大)

### A Study of Atmospheric Turbulence Layers with the MU Radar Interferometry Observations

°K.Nishiyama<sup>1</sup>, S. Fukao<sup>1</sup>, M. Yamamoto<sup>1</sup>, R.D.Palmer<sup>2</sup>,  
 M.D.Yamanaka<sup>1</sup>, T. Tsuda<sup>1</sup>, S. Kato<sup>1</sup>

(1. RASC, Kyoto Univ. 2. Dept. of Physics and Astronomy, Clemson Univ.)

The tilt of refractivity surfaces can produce the error in vertical velocity measurement with Doppler method. Assuming the intense specular reflection from the turbulence layer, the echoes are mainly received from the direction perpendicular to the surfaces, and then the radial velocity contains the projection of the horizontal velocity. We have conducted a radar interferometry observation on January 7, 1991 to study the relation between wind velocity and the tilt of refractivity surfaces. As a result, we could explain that the discrepancy of Doppler vertical velocity from the true vertical velocity below 8 km height was due to the surface tilt. We also found wave structure whose vertical wavelength was about 1km both in the wind velocity and in the surface tilt.

MU レーダーの標準観測であるドップラー法で鉛直流を測定する場合、強い鏡面反射を示す乱流層が水平でなければエコーは天頂より数度傾いた方向から返ってくる。このため観測されるドップラー速度には水平風がもれ込み、真の鉛直流を知ることができない。過去の MU レーダー観測から、60m/s を超えるジェット気流が存在するとき、そのピーク高度で鉛直流の方向が逆転する現象が報告されているが、乱流層の傾きによる測定誤差を考えれば鉛直流が実際に逆転しているかどうかは疑問である。このような理由から、乱流層の傾きと風速を同時に観測できる干渉計法を用いて、乱流層の傾きと風速の関係を調べた。

観測は1991年1月7日12時から8日15時にかけて行われ、比較のため干渉計観測3時間、ドップラー観測10分を繰り返した。図1は水平風の27時間平均プロファイルである。この期間の水平風は高さ方向にだだらかに変化し、ピーク高度ははっきりしていない。図2に、実線で干渉計法、点線でドップラー法による鉛直流をそれぞれ示す。干渉計法に

よる鉛直流は高度方向にほぼ一定で上向きに約0.3m/s、これに対しドップラー法の鉛直流は高度9から13km以外では干渉計に一致していない。過去に報告されている例に比べてはっきりとした鉛直流の逆転は起こっていないが、高度8kmを境に大きさが急激に変化している。干渉計法が真の鉛直流を見積もっていると仮定し、ビームの傾きを考慮したときに鉛直ビームで測定されるドップラー風速を推定して図2に破線で示す。これをドップラー法のプロファイルと比べると高い高度で差が大きくなるものの、9km以下の大きな鉛直流の変化が乱流層の傾きでほぼ説明されることがわかる。このことから鉛直流の逆転現象は、鉛直流ではなく乱流層が持つ一定の傾きを観測していた可能性が高い。

また、水平風と面の傾きの両方に鉛直波長1km程度の変動が顕著にみられ、それぞれについてホドグラフ解析を行ったところ、両者の長軸の方向および偏平率はかなり一致した。

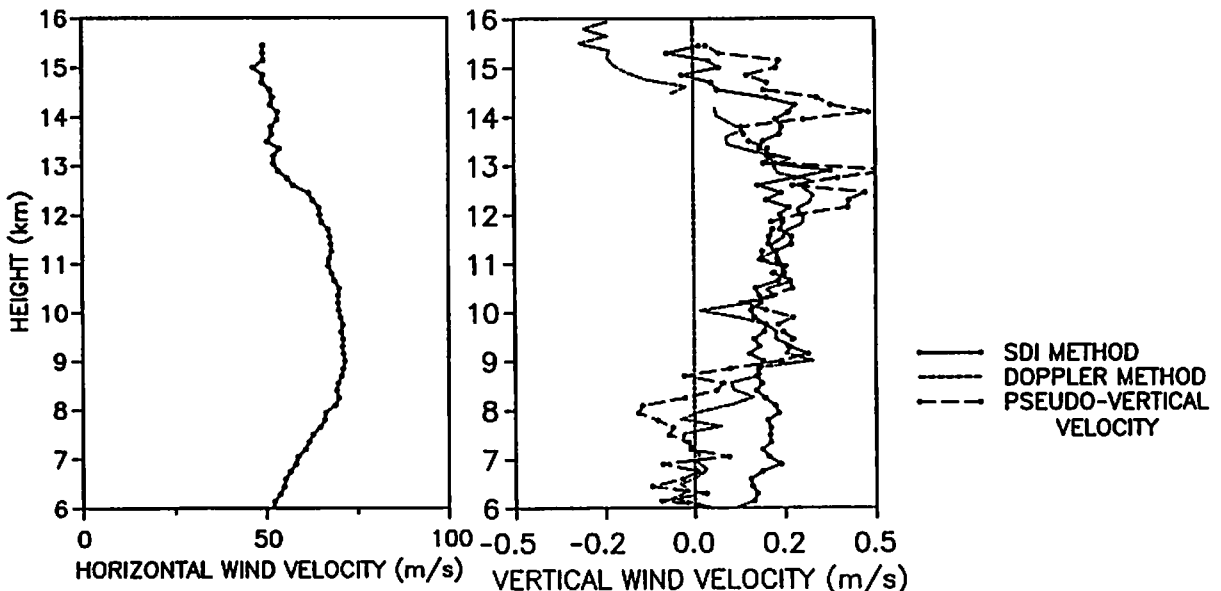


図1. 水平風の27時間平均プロファイル

図2. 干渉計法とドップラー法による鉛直流の比較



前川泰之<sup>1</sup>、深尾昌一郎<sup>2</sup>、山本衛<sup>2</sup>、山中大学<sup>2</sup>、津田敏隆<sup>2</sup>、加藤進<sup>2</sup> R.F.Woodman<sup>3</sup>  
1:大阪電通大 2:京大超高層 3:ヒカマルカ観測所

Upper Stratospheric Turbulent Scattering Intensity observed by the Jicamarca VHF Radar

Y.Maekawa<sup>1</sup>, S.Fukao<sup>2</sup>, M.Yamamoto<sup>2</sup>, M.D.Yamanaka<sup>2</sup>, T.Tsuda<sup>2</sup>, S.Kato<sup>2</sup>, and R.F.Woodman<sup>3</sup>  
1:Osaka Electro-Commun.Univ. 2:RASC Kyoto University 3:Jicamarca Radio Observatory

It has been shown that reliable atmospheric echoes can be detected in the so-called "gap region" (30-60 km height) by the present capability of the Jicamarca VHF radar equipped with high-altitude and time resolution. The existence of "real" atmospheric echoes other than clutter echoes is, for the first time, proved by monitoring the received cross-polarized (x-pol) array signals simultaneously. This method to discriminate the clutter component has thus increased reliability of the present observations in the unknown height range. However, detailed scattering mechanism in the upper stratosphere is still poorly understood. In this study, the distribution of the echo intensities in time and height is investigated in relation to gravity wave activity.

Figure 1 depicts a contour plot of the echo intensities observed on September 28, 1990. The echo intensity is represented by the signal-to-noise ratio, and the contour lines are drawn for the intensities with signal detectability more than 3 dB. It is found that the echo in the "gap region" appears sporadically in time, and thin and discrete in height. The asterisks in the diagram, on the other hand, indicate the height around which large fluctuations of vertical wind velocity are found in the height profiles obtained every 15 min. These marks agree well with the enhancement of the echo intensities in the "gap region". Above 35 km, the echo intensity is thus enhanced at intervals of 30-60 min, whereas thin stable scattering layers exist below this height.

The layered structure may be primarily ascribed to vertical shear of horizontal wind velocities formed by long-period, internal inertial-gravity waves, as was proved in the lower stratosphere. As shown in Fig.1, however, this mechanism is no longer clear above 35 km. Instead, the gravity waves with comparatively short time scale of one hour or so are more likely source of the turbulent scattering. Note that the echo intensities are closely related to the large vertical wave amplitudes as indicated by the asterisks. Hence, the turbulent scatterings seem to be concerned with the amplitude saturation and the resulting wave break rather than with the shear instability in the upper stratosphere.

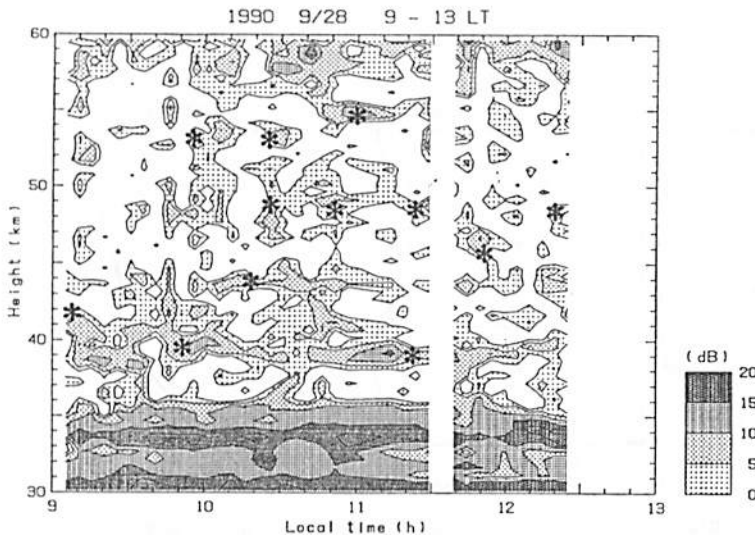


Fig.1 Time-height section of echo intensities. Asterisks indicate the enhancement of vertical wind fluctuations in the height profiles obtained every 15 min.

°橋口 浩之<sup>1</sup>、山本 衛<sup>1</sup>、深尾 昌一郎<sup>1</sup>、津田 敏隆<sup>1</sup>、山中 大学<sup>1</sup>、  
中村 卓司<sup>1</sup>、佐藤 亨<sup>2</sup>、加藤 進<sup>1</sup>、牧平 経市<sup>3</sup>、浜本 亨助<sup>3</sup>  
1. 京大超高層 2. 京大工学部 3. 三菱電機

## Development of the Boundary Layer Radar (II)

°H. Hashiguchi<sup>1</sup>, M. Yamamoto<sup>1</sup>, S. Fukao<sup>1</sup>, T. Tsuda<sup>1</sup>, M. D. Yamanaka<sup>1</sup>,  
T. Nakamura<sup>1</sup>, T. Sato<sup>2</sup>, S. Kato<sup>1</sup>, T. Makihira<sup>3</sup>, K. Hamatsu<sup>3</sup>

(1. RASC, Kyoto Univ. 2. Dept. of Electr. Eng., Kyoto Univ. 3. Mitsubishi Electric Co.)

We have been developing a boundary layer radar (BLR) to observe height profiles of three-dimensional wind velocities in the lower troposphere including the boundary layer. We have conducted the first simultaneous observations between the BLR and the MU radar in Jan 6, 1992. The BLR could observe height profiles of wind velocity up to the altitude of about 5 km because of the echo enhancement due to the precipitation. Because the system delay of the BLR is still uncertain, there are some discrepancy in the altitude between each other. However, the horizontal wind velocity observed with the BLR showed an almost identical profile compared with the one observed with the MU radar.

はじめに 京都大学超高層電波研究センターでは、小型可搬式の大気境界層観測レーダー (BLR) を開発している。昨年春の学会では開発の途中報告を行ったが、同12月にハード・ソフトウェア共に完成し、その後信楽 MU 観測所において試験観測をしながら調整を行っている。

開発の目的 超高層電波研究センターでは MU レーダーを用いた観測を行い数々の成果を収めてきた。しかし、MU レーダーに限らず VHF 帯の大型レーダーではシステム上の制限から高度 2km 以下を観測できない。そこで我々は、大気境界層 (地上~高度 1.5km) を含む下部対流圏における大気運動を連続観測可能な小型のレーダーを開発した。同種のレーダーは最初に 900MHz 帯のものがアメリカで開発されたが、国内の周波数割当ての関係から本レーダーでは 1357.5MHz を使用している。この周波数は我々とは独立に開発を行っている通信総合研究所のレーダーと同一である。BLR の主要諸元を表 1 に示す。昨年春の学会で報告したように、MU レーダー観測データから推定される本レーダーの最高観測高度は年平均で約 3km である。

観測例 図 1 の実線は 1992 年 1 月 6 日に BLR によって観測された風速の高度プロファイル、破線は同一時間の MU レーダーによるプロファイルを表す。今回の観測時

間中は降雨が伴っており、エコーには全高度に渡って下向きの速度が見られるため、取得されたデータは全て雨滴散乱エコーであると考えられる。雨滴からのエコー強度は大気乱流エコーに比べてはるかに強いため、MU レーダー観測データから推定された高度を超えて高度 5km までのプロファイルが得られた。過去の MU レーダー観測から、雨滴エコーは水平風速成分に関しては大気エコーと同様に扱えるため、MU レーダーとの比較は水平風速で行った。図 1 において、BLR のシステム遅延時間の見積もりにまだ曖昧さが残るため 200m 程度の高度のずれは生じているが、水平風速のプロファイルは両者で非常に良く一致しており、BLR システムが順調に動作していることが示唆される。

表 1. 主要諸元

送受信周波数	1357.5 MHz	
送信電力	1 kW	ピーク
送受信ビーム幅	7.6°	
空中線利得	25 dB	
送信パルス幅	0.67, 1.0, 2.0 $\mu$ s	切替
IPP	50, 100, 1000 $\mu$ s	切替
距離分解能	100 m	最小

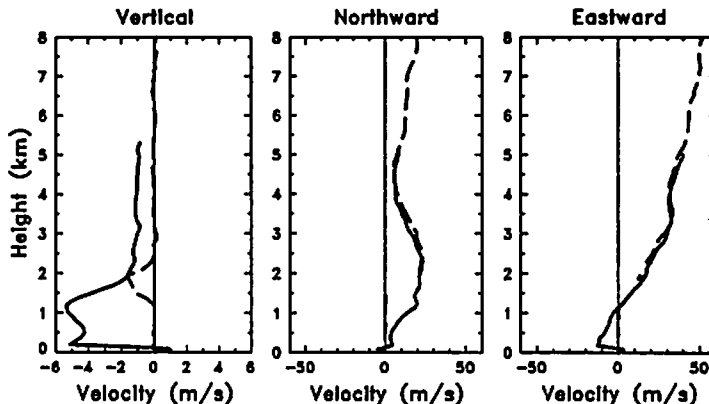


図 1. BLR(実線) および MU レーダー(破線) で観測された風速の高度プロファイル (約 1 分毎に得られたデータを 30 分程度平均した)。

山中 大学 (京大・超高層)

An Estimation of Gravity-Wave Momentum and Energy Fluxes  
from the Middle Atmosphere to the Upper Atmosphere: Part II

M. D. Yamanaka (RASC, Kyoto Univ.)

The vertical fluxes of momentum and energy associated with the middle atmospheric internal gravity waves are calculated by using a simple semi-empirical model of quasi-monochromatic parameters. In this model gravity waves observed predominantly at different altitudes are considered to saturate and break in each observational altitude. The typical values of these fluxes at 100 km altitude are estimated as  $4 \times 10^{-5}$  Pa and  $4 \times 10^{-3}$  W/m<sup>2</sup>. Variabilities around these values due to observed and expected changes of the wave and field parameters are also discussed.

今回は、中層大気中の各高度  $z$  で卓越して観測される重力波の鉛直波数  $m$  と周波数  $\omega$  を

$$m \approx (2\pi/1.5 \text{ km}) \exp(-z/34 \text{ km}), \quad \omega \approx f/0.3 \quad (1)$$

( $f \approx 1 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$  は Coriolis 係数) で近似し、このような波に伴う運動量束  $M$  およびエネルギー束  $E$  を

$$M \equiv \overline{\rho u' w'} \approx \text{sgn} \left( \frac{\partial \bar{u}}{\partial z} \right) \frac{\bar{\rho} N \hat{\omega}}{2m^2} \approx \text{sgn} \left( \frac{\partial \bar{u}}{\partial z} \right) \cdot (0.25 \text{ Pa}) \cdot \exp \left( -\frac{z}{12 \text{ km}} \right), \quad (2)$$

$$E \equiv \overline{\rho \phi' w'} \approx \frac{\bar{\rho} N^2 \hat{\omega}}{2m^3} \approx (1.2 \text{ W/m}^2) \cdot \exp \left( -\frac{z}{18 \text{ km}} \right) \quad (3)$$

( $u'$ ,  $w'$ ,  $\phi'$  は水平風・鉛直流・ジオポテンシャル変動,  $\bar{\rho}$  はスケールハイト  $H \approx 7 \text{ km}$  をもつ標準大気密度,  $\bar{u}$  は平均東西風速,  $N \approx 2 \times 10^{-2} \text{ s}^{-1}$  は Väisälä-Brunt 周波数) と表わして、超高層大気の運動量・エネルギー源として無視し得ないことを示した<sup>1</sup>。今回は、中層大気における  $m$  や  $\omega$  の変動と、超高層大気における  $H$  や  $N$  の変動との関係について考察する。

内部重力波の  $\omega$  の帯域は  $f < \omega < N$  で規定されており、実際さまざまのモードが観測されている。Boussinesq 近似をはずした分散関係式では  $m \rightarrow (m^2 + 1/4H^2)$  となることからその最小値は  $1/2H$ 、また最大値は概念的には慣性小領域乱流の最大スケール ( $10^2 - 10^3 \text{ m}$ ) の逆数まで変化し得る。しかし観測によれば現実の変動幅は  $\Delta m \approx m$  の程度であるので、ここでは (1) からのずれは  $\pm 5$  割と考えることにする。これらをもとに  $m$  と  $E$  の変動度を推定してみると、 $M$  は (2) で与えられる値の 8% ないし 130 倍、また  $E$  については (3) から 4% あるいは 200 倍まで変化し得ることになる。以前に報告した鉛直渦拡散係数  $K \approx \hat{\omega}/2m^3 H$  の値についても  $E$  と同様な割合の変動度が得られ、この結果は観測・モデル計算を問わず過去のあらゆる推定値を包含しており、ここでの見積りが妥当であることを示唆している。従ってこのような中層大気内部重力波の変動は、均質圏界面高度に激しい変動 (中間圏界面付近からいわゆる乱流圏界面と呼ばれる高度 150km 付近まで遡る) を惹起しているものと考えられる。

熱圏における  $N$  および  $H$  は、それぞれ太陽活動極大時の昼と極小時の夜とで  $\pm 4$  割および  $\pm 2$  割変化する (後者から  $\bar{\rho}$  は両者で 1 桁違う)。従ってもしこのような媒質の変化に対しても (2) や (3) が有効であるならば、下部熱圏では  $N$  の変化により  $M$  は  $\mp 4$  割、 $E$  は  $\mp 8$  割の変化を生じる。つまり太陽活動極大時には、平均的狀態よりも急激な  $M$  や  $E$  の上向き減少が起こり、これに伴って強い平均流加速と加熱が生じることになる。この時さらに上方では  $\bar{\rho}$  が普段より大きいことが効いてくるので、小さい  $N$  による減少傾向は次第に押さえられついには増大に転ずる。逆に極小時には熱圏下部で  $M$  や  $E$  は一旦増大し、上方で再び減少傾向となる。勿論 (2) や (3) が熱圏内部でそのまま使える可能性は低い、もし  $M$  や  $E$  が極大高度を持つならば、その付近から上方には (窮極的に) 地上起源のものとは別個の波源が存在することになると言える。

<sup>1</sup> なお前回講演時に述べたように、 $E$  のスケールハイトは本稿の値に、また高度 100 km における値は  $M \approx 4 \times 10^{-5} \text{ Pa}$ ,  $E \approx 4 \times 10^{-3} \text{ W/m}^2$  に訂正する。

紫外分光計による火星水素コロナ観測の  
モンテカルロ・シミュレーション

西川 拓、田口 真、岡野 章一、福西 浩  
東北大学理学部

THE MONTE CARLO SIMULATION FOR OBSERVATION OF  
THE MARTIAN HYDROGEN CORONA USING UV SPECTROMETER

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

Computer simulation of hydrogen corona around Mars has been performed using the Monte Carlo method which can handle multiple scattering of solar HLy $\alpha$  photons in the atmosphere of Mars. The results are compared with those analytically obtained from radiative transfer equations for a single scattering case. Effect of multiple scattering is found to predominate in a region where tangential height is lower than  $\sim 10000$  km.

現在我々は、惑星超高層大気中の共鳴散乱によるHLy $\alpha$ 線を分光観測するための吸収セル付き紫外分光計を開発中である。そこで今回は、火星の水素コロナ観測を想定し、太陽のHLy $\alpha$ 線の共鳴散乱により観測されるであろうHLy $\alpha$ 線の強度分布を、HLy $\alpha$ 線に対する光学的厚さが1以上になる高度約3000km以下では多重散乱が卓越して来るために、これを取り扱うことが可能なモンテカルロ法を用いてシミュレーションを行った。火星超高層大気における水素原子高度分布のモデルとしては、1971年にMariner 6の観測からAnderson et al.が求めた水素原子数密度の鉛直プロファイルを用いた。シミュレーションのジオメトリーは図1のとおりであり、入射光子数は15万個、計算に要したCPU TIMEは約13分であった。

$\theta = 90^\circ$ のときの結果を図2に示す。点線はsingle scatteringを仮定した $\theta = 90^\circ$ の場合の放射伝達方程式の解、そして横棒がモンテカルロ・シミュレーションの結果である。モンテカルロ計算の結果は、tangential heightが10000km付近でsingle scatteringの結果にあわせた相対的な値で表わしてある。図2から分かるように、多重散乱を考慮するとsingle scatteringの時に比べ、大気の濃い部分で、2~3倍明るくなる。

現在、計算結果を光量の絶対値に変換することと、さらに散乱原子の運動により生じるドップラー変位から波長がずれることを考慮したシミュレーションを進めており、講演に於て結果を述べる。

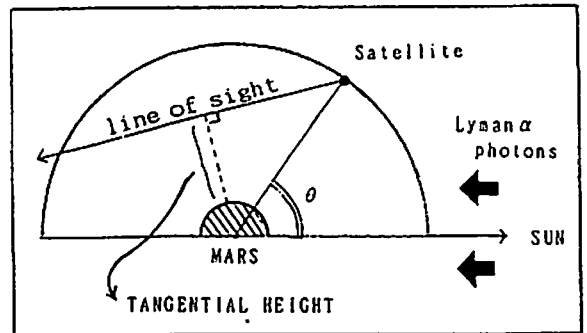


Fig. 1 A geometry for the Monte Carlo simulation.

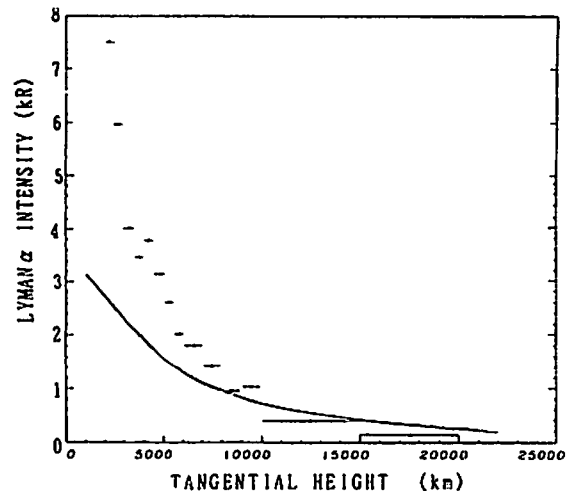


Fig. 2 The bars show results of the Monte Carlo simulation for  $\theta = 90^\circ$  which takes multiple scattering into account. The line is an analytical result of radiative transfer equations for  $\theta = 90^\circ$  which includes single scattering alone.

° 川原琢也、岡野章一、福西 浩  
東北大理

## DEVELOPMENT OF ABSORPTION CELLS FOR D/H RATIO MEASUREMENT IN PLANETARY ATMOSPHERES(II)

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

We are developing hydrogen and deuterium absorption cells for measurements of D/H ratio in the planetary atmospheres. They are to be used for measurements of HLy $\alpha$  line emission and DLy $\alpha$  line emission whose separation is only 0.033 nm. The structure of the cell has recently been changed in order that more effective evacuation of the cell by baking it at higher temperature (300°C) can be made. It has been confirmed that unexpected absorption of HLy $\alpha$  line emission by H atoms in the deuterium cell, which are thought to be produced by thermal dissociation of evaporated gas molecules containing H atoms, is reduced in the improved absorption cell to 1/10 compared that in the previous cell.

However, the remained problem is that degassing from the inner wall of the cell is not completely suppressed. A new cell which is a sealed off type is now being developed to realize stable absorption.

我々は惑星超高層大気中の共鳴散乱による H Ly $\alpha$  線 (121.533 nm)、DLy $\alpha$  線 (121.566 nm) を分離測定し H Ly $\alpha$  グロー分布、さらに H Ly $\alpha$  グローと DLy $\alpha$  の強度比から D/H 比を測定するための水素、重水素吸収セルの開発の室内実験を行っている。

これまでに明らかになった吸収セルの問題点は、光源と封入ガスにそれぞれ H Ly $\alpha$  線用輝線ランプ、D<sub>2</sub> ガスを用い、セルのフィラメントを点灯し続けると、時間がたつごとに H Ly $\alpha$  線の吸収量が増加することである。これはフィラメントで熱解離生成する D 原子がセル壁よりたたきだした、H を含む分子がフィラメントで熱解離し、生成した H 原子が H Ly $\alpha$  線を吸収するためと考えられる。

前回の発表では、MgF<sub>2</sub> 窓をガラスで融着したセル (テフロンコートなし) で 300°C で 1 週間ベーキングを行なった後に重水素ガスを封じ、上記の吸収実験を行なった結果を示した。従来の、Oリングを介して窓を圧着したセル (テフロンコートあり) での実験結果に比べ H Ly $\alpha$  線の吸収量が減少し、セル内壁からの脱ガスが大幅に減少したことが確認された。

次に、長期のガスの安定性を見るための実験を行なった。図 1 には光源及び吸収セルに封じたガスにそれぞれ DLy $\alpha$  線用輝線ランプ、D<sub>2</sub> ガスを用い、ガスを封じたまま 2 日ごとに 2 時間ずつ吸収実験を行なった結果が示してある。時間が経過するにつれて吸収量が増加している理由は、光源から DLy $\alpha$  線とともに少量放射されている H Ly $\alpha$  線が、時間とともに増加する脱ガス分子の熱解離により生成された H 原子により吸収されるためと思われる。この実験結果は、熱解離生成した D 原子によ

る吸着分子のたたきだしの効果以外に、内壁の吸着分子が徐々に脱ガスしてくるために H Ly $\alpha$  線を吸収する反応もおきることを示した。本発表では上に述べたような、セルに長期間ガスを封じた場合の測定における吸収量の安定性について述べる。

重水素セルについては、長期間脱ガスのない安定したセルを実現するために、徹底したベーキング及び高真空排気を行った封じ切り型のセルを現在製作中である。

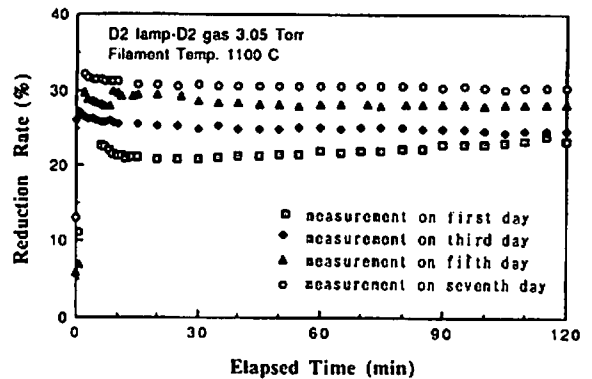


Figure 1. Time variation of absorption with a D<sub>2</sub> capillary lamp as a source lamp and D<sub>2</sub> gas of 3.05 Torr in the cell. Increase of absorption level is due to increase of absorption of H Ly $\alpha$  line emission emitted from the D<sub>2</sub> capillary lamp along with DLy $\alpha$  line emission as contamination.

# G12-14 Night UV spectra at mid and low latitude during a major geomagnetic storm.

M. Ishimoto<sup>1</sup>, G.J. Romick<sup>2</sup>, R.E. Huffman<sup>3</sup>

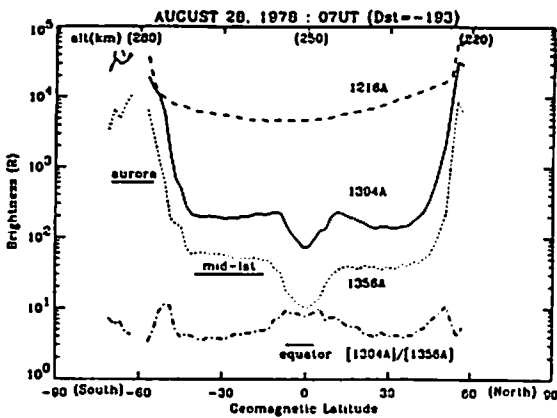
<sup>1</sup>Computational Physics Inc.

<sup>2</sup>The Johns Hopkins University / APL

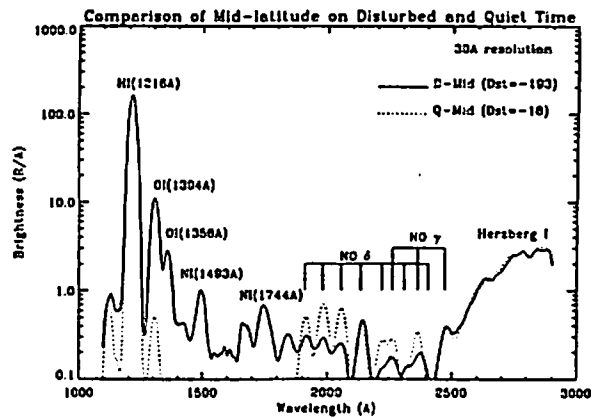
<sup>3</sup>Phillips Laboratory Geophysics Directorate

## Abstract

Spectral analyses of nadir night time observations from the S3-4 satellite revealed enhanced OI (1304Å, 1356Å, and 1640Å), NI (1493Å, 1744Å) and NII (2143Å) lines and weak LBH band emissions at low magnetic latitudes. The satellite was about 260 km over the region of geomagnetic latitudes of 15° to 45° in the southern hemisphere at 7:55 UT on August 28, 1978 (Dst=-193) during the main phase of a major geomagnetic storm (Dst=-242 at 10 UT). Significant precipitation of neutral O atoms, which are formed by charge exchange of the ring current O<sup>+</sup> with exospheric hydrogen and oxygen, can occur when |Dst| is large. The laboratory ratios of the LBH bands to NI (1493Å and 1744Å) line emissions by proton and hydrogen impact on N<sub>2</sub> are an order of magnitude lower than those by electron impact. Thus, we conclude that neutral oxygen atoms from the ring current caused the emissions.



The latitudinal variation of the major FUV line emission intensities and an intensity ratio in orbit 2672 (a disturbed period). The intensities of the 1304Å and 1356Å present the integration over a line profile of 30Å HWFM with a peak at the indicated wavelength.



The comparison of mid-latitude spectrum from the storm time (solid line, D-Mid) and one from a quiet time (dotted line, Q-Mid). The former spectrum is the average of 14 spectra from GMLAT -41° to 15° and the latter is the average of 11 spectra from GMLAT -35° to -15°.

久保田 実<sup>1</sup>、岡野章一<sup>1</sup>、田口 真<sup>1</sup>、阿部利弘<sup>1</sup>、中島英彰<sup>1</sup>、福西 浩<sup>1</sup>、木山善隆<sup>2</sup>  
1:東北大理 2:新潟大理

NIGHT AIRGLOW OBSERVATIONS  
WITH A MULTICOLOR ALL-SKY IMAGING SYSTEM

M. Kubota<sup>1</sup>, S. Okano<sup>1</sup>, M. Taguchi<sup>1</sup>, T. Abe<sup>1</sup>, H. Nakajima<sup>1</sup>, H. Fukunishi<sup>1</sup>, and Y. Kiyama<sup>2</sup>  
1: Upper Atmosphere and Space Research Laboratory, Tohoku University  
2: Faculty of Science, Niigata University

Multicolor All-sky Imaging System has been developed as a remote sensing tool for the study of atmospheric dynamics in a region ranging from the mesopause to the thermosphere. This instrument can obtain all-sky images of airglow at two different wavelengths simultaneously with a detection threshold of a few tens Rayleigh. After used for the observation at Mt. Haleakala, Hawaii, the instrument has been set at Zao observatory. Results of all-sky imaging observation will be presented.

高度80～300 kmの中間圏界面から熱圏上部にかけての領域において異なる高度で発光する様々な波長の大気光の全天イメージングを行なうことができれば、熱圏・中間圏の大気ダイナミックスの新しいリモートセンシング手段として有用である。我々はこの目的のために多波長全天撮像装置(Multicolor All-sky Imaging System)を新たに開発した。

本装置は、視野全角180°の魚眼レンズによる全天像をレンズ系によって片角3.5°まで平行光束化し、干渉フィルターを通した後結像レンズによって単色全天像を得る。本装置の特徴は、平行光束内に2枚の半月形干渉フィルターを挿入し、さらに結像レンズの直前に屋根形プリズムを置くことによって同時に2色の全天像が得られる点と、近接型イメージインテンシファイアーと冷却CCDカメラを結合した検出器によって数10レイリーという微弱な大気光の撮像を可能にした点である。同時に得られる2波長の組合せ(全6チャンネル)及びそれぞれの波長での感度を表1に示す。

本装置は1991年9～10月にハワイ・ハレアカラ山頂での観測に用いられた後、11月に蔵王観測所に設置され、以後新月期間の晴夜に観測を行なっている。図1に蔵王において3分間の露出で得られたチャンネル1画像の例を示す。現在までに得られた興味ある現象として、1991年12月5日の晩のNa大気光の増光(天頂強度>100R)と、これに時間的・空間的に対応した01557.7nmの増光がある。

変動現象を定量的に議論するためには得られた画像データに対するbackground補正、van Rijn

効果及び大気減光に対する補正、さらに魚眼レンズによる全天像を観測点上空の地理座標に変換する作業が必要であり現在これらの処理を進めている。

CHANNEL	対象大気光	FILTER中心波長 (nm)	FILTER FWHM (nm)	感度 (cts/R-sec)
1	A 01557.7nm	557.9	2.0	0.029
	B 01630.0nm	629.5	3.0	0.013
2	A background	509.9	2.0	0.046
	B background	608.0	2.0	0.016
3	A Na D-line	589.8	2.0	0.032
	B background	608.0	2.0	0.016
4	A OH(8-3)4P <sub>1</sub>	736.8	3.0	0.047
	B OH(8-3)5P <sub>1</sub>	739.3	2.5	0.064
5	A OH(8-3)total	733.7	6.0	0.032
	B background	711.9	2.5	0.059
6	A OH(8-3)2P <sub>1</sub>	732.7	6.0	0.032
	B OH(8-3)3P <sub>1</sub>	734.6	3.0	0.036

表1 多波長全天撮像装置の各チャンネル仕様

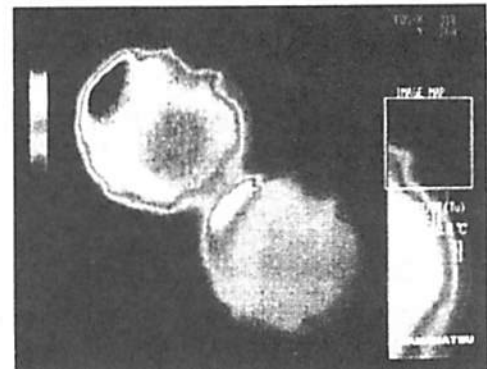


図1 得られた画像データの例

(Ch. 1, 左上:01557.7nm, 右下:01630.0nm,  
1991年12月5日21時29分～32分 JST)

# インドネシアにおける 夜間大気光 (OI630nm) 観測 (III)

柴崎和夫 (國學院大)、岩上直幹、北 和之、小川利紘 (東大理)

## OI630nm Nightglow observations at Watukosek, Indonesia (III)

SHIBASAKI, K., IWAGAMI, N., KITA, K., OGAWA, T., and Agus-Suripto  
(Kokugakuin Univ.) (Univ. Tokyo) (LAPAN)

We analyzed nightglow observation data obtained at Watukosek, Indonesia during the two period, from December 1 to 4, 1986 and from September 26 to 29, 1989. Two types of nightglow feature were recognized in the data. During the former observation period enhancement of OI630 nm intensity was measured over fairly large sky area, while wave-like structures which may corresponded to plasma depletion or plasma bubbles in F layer were clearly observed during the latter period. Characteristics and the cause for these events are discussed.

インドネシアのジャワ島に設置した多色掃天フォトメータで得られたデータについて報告する。これまでに2回(第82回、87回SGEPSS講演)発表を行っており、今回がまとめとなる。

観測期間は1986年12月1-4日、1989年9月26-29日の2回しかないが、各々異なると思われる現象を記録している。前者の観測ではOI630nm強度が増大が天の広い領域で地方時の真夜中か起ころ。増光は東側の空が次々西側の空で発生する。天頂付近では顕著な増光は見られない。少なくとも、増光領域が移動しているようには見えない。これに対し後者の期間では、西から東へと移動している一見波動様の構造が認められる。この構造は30度北向きに筋状か縞模様状の構造である。これは移動方向が東向きであることから、おそらくplasma depletionやplasma bubbleとしてこれまでに報告されている電離圏の電子分布irregularityに対応すると思われる。

本講演では以上のような現象の特徴をまとめ、その原因についての考察をおこなう。

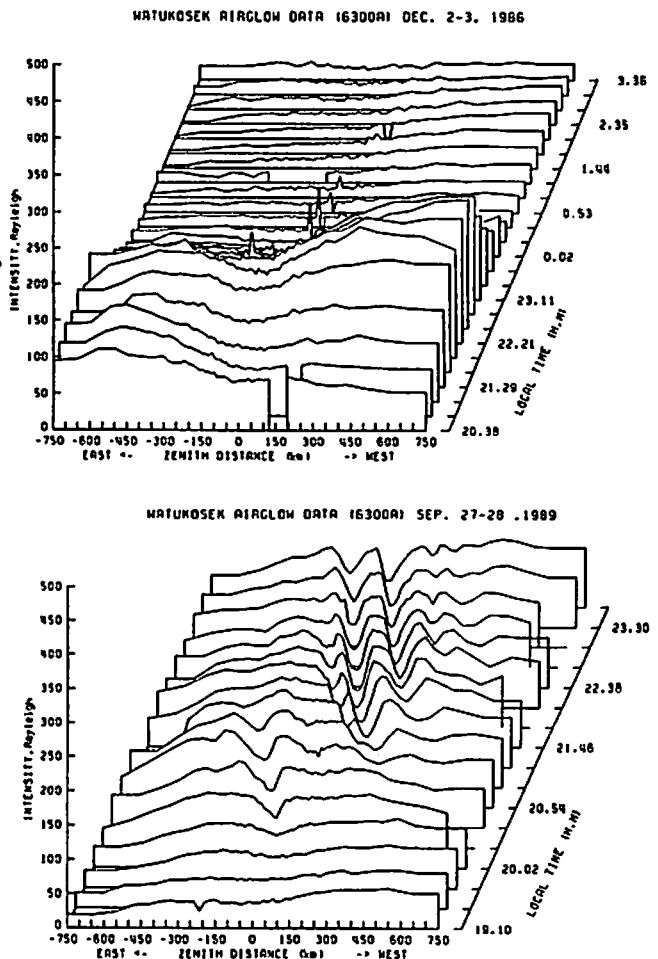


Fig. OI630nm intensity variation with time by zenith scan photometer. (upper) Dec. 2-3, 1986. (lower) Sep. 27-28, 1989.



山本博聖、関口宏之、松田一郎、牧野忠男 (立教大理)

Mesopause temperatures derived from the ground-based  
measurements of the OH(3-1)band airglow (11)H. Yamamoto, H. Sekiguchi, I. Matsuda and T. Makino  
Department of Physics, Rikkyo University

A new type filter radiometer for measuring rotational temperature from the OH(3-1) airglow band near 1500nm is under development. An attempt to operate a Ge photodiode at about  $-60^{\circ}\text{C}$  cooled by a thermoelectric cooler has been made. A result that S/N ratio at  $-60^{\circ}\text{C}$  is as high as that at liquid nitrogen temperature ( $-196^{\circ}\text{C}$ ) is obtained.

メソポーズ領域で発光するOH大気光(3-1)帯の3本のP枝相互の強度比から回転温度を求めるためのフィルター放射計の開発をすすめている。この開発にあたり、次の2つの課題を設定している。(1)バンドパスフィルターへの斜め入射を利用した省スペース型で、駆動部を必要としない分光法の開発。

(2)液体窒素冷却下で近赤外域で高感度を示すGe素子を、より簡便なサーモクーラーによる冷却で動作させる装置の開発。

(2)に関して、実際の野外観測に使用可能であるとの結果が得られた。図1に素子温度に対する雑音の様子を、図2には黒体炉を用いたS/Nを示す。素子が $-60^{\circ}\text{C}$ 程度まで冷却されている場合には液体窒素温度下での結果とほぼ同一のS/Nが達成されている。なお、素子は浜松ホトニクス社のGeホトダイオード(直径1mm)である。

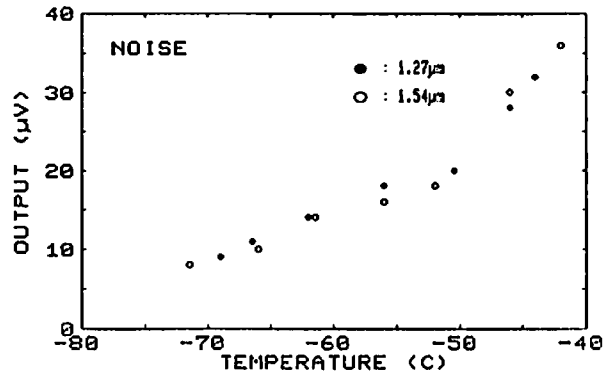


図1. Ge素子温度に対する雑音の大きさ

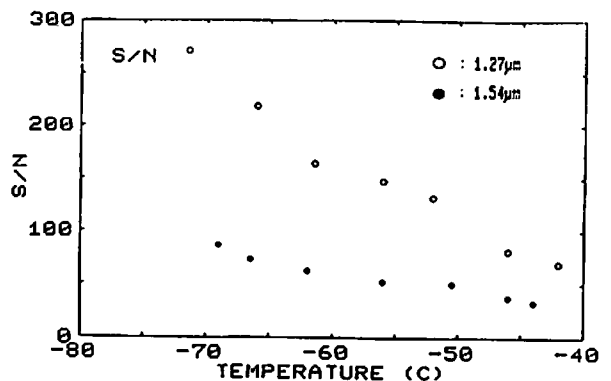


図2. S/Nの温度特性

○杉山卓也 (京大・理)  
Takuya Sugiyama

村岡良和 (兵庫医大)  
Yosikazu Muraoka

We simulate the whole process of the formation of Polar Mesospheric Cloud through proton hydrations. We show there is an optimum ionization rate in the ionic nucleation accompanied by recombination, and we find the summer polar mesosphere is under a fair condition in this sense as well as the growth of ice particles. We consider that the Polar Summer Echo is caused by the steep depletion of electrons due to attachment to accumulated neutral particles  $10 - 50 \text{ \AA}$  in radius just under the nucleation layer.

Witt が夜光雲の起源は Proton Hydrate:  $\text{H}^+(\text{H}_2\text{O})_n$  であろうと考えたのは、PH が中間圏で発見され、Witt [Space Res., ix, 157-169, 1969] が自らの夜光雲ロケット観測で流星 dust の検出に失敗して以来である [Thomas, Geophys. Rev., 29, 553-575, 1991]. しかし、一方で核生成論が固有にもつ不安定平衡の難しさがあり、他方で電子との再結合がある場合の Ionic Nucleation が未解明であり、PH から雲をつくる定量的評価はこれまでなされていない。

この問題は Sugiyama [Grain Formation Workshop, xii, 40-45, 1991] による単純な scheme で以下のように考えられた。大きな cluster ( $n \geq n_R^*$ ) の再結合では蒸発が起きないためそれらの再結合率がイオン系からの核生成率である。この結果、定常 Ionization Rate  $I$  をもつイオン系は定常 Nucleation Rate  $J$  ( $J < I$ ) で安定核を排出する定常核生成機関となる。すなわち、むしろ不安定平衡を抑えるための理論的概念であった  $J$  が再結合イオン系では全自動で実現対応しており、核生成論そのものを格段に分かりやすくしてくれる。

この図式による 直接の焔結として、ある系には  $J$  を最大にする  $I$  が存在する事が示される (図1)。種(たね)そのものは  $I$  がつくから  $I$  が必要であるが、あまり  $I$  が大きいと、 $\text{H}_2\text{O}$  が stick する前に電子との再結合で  $n < n_R^*$  cluster が蒸発してしまい大きなものが出来ないからである。欲の皮の突っ張りすぎの見本は自然界にもあるといえる。

夏極中間圏界面の 130K を割る低温領域は過飽和度  $\sim 30$  以上であり、厚さ  $\sim 100 \text{ m}$  の層に適当な  $I$  があれば夜光雲をもたらす核生成が起きる。過大な  $I$  の下では核が発生しないのはオーロラ時に夜光雲が見いだされない事と一致する。イオン系から排出された  $\sim 10 \text{ \AA}$  の中性安定核はゆっくり下降しながら成長する。その寿命は蒸発環境にさらされるまでであり、イオン核の再結合までの寿命とは比較にならず長いから、核生成層とその直下に  $10^3 \sim 10^4 \text{ cm}^{-3}$  の微小中性粒子が累積する (図2)。我々は、これらがもし電子を付着させるなら、電子密度の急減が起きレーダー反射層を形成する、従ってエコー層は核形成領域の prober であると考える。

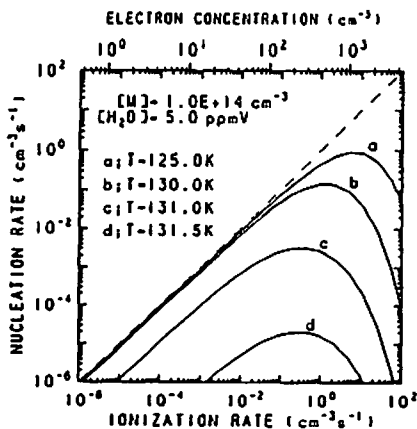


FIG 1. Ionic Nucleation Rate in the mesosphere, showing there is an optimum  $I$  for a given system.

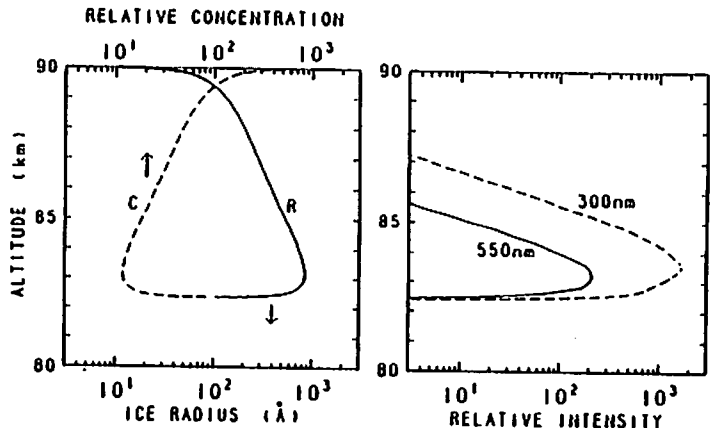


FIG 2. Growth and visibility of ice particles in the mesosphere.

○小川利紘 (東大理) ・ 下田陽久 (東海大) ・ 林正康 ・ 今須良一 (資環研) ・  
小野晃 (計量研) ・ 西宮昌 ・ 小林博和 (電中研)

### Satellite Observation of Atmospheric Trace Gases (A DE O S / I M G)

T. Ogawa (Univ. Tokyo), H. Shimoda (Tokai Univ.), M. Hayashi and R. Imasu (NRIRE),  
A. Ono (NRLM), A. Nishinomiya and H. Kobayashi (CRIEPI)

A satellite-borne Michelson interferometer is being developed for the measurement of the radiant spectrum emanating from the earth in the wavelengths 3.5–15  $\mu\text{m}$ . This interferometer named IMG will be carried on the ADEOS satellite to be launched in 1995. Its spectral resolution is  $0.1 \text{ cm}^{-1}$  so that it may detect the spectral signatures of atmospheric trace gases with nadir look observation. The principal objective of the observation is to retrieve the altitude distributions of atmospheric temperature and trace gas concentrations, and its final goal is to detect the horizontal variabilities of trace gases such as  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}$  etc. in a global scale. A high accuracy of the absolute measurement of radiance is required to obtain useful information content on trace gas concentrations from observed spectra. Therefore, IMG should provide an accurate measurement of height profiles of atmospheric temperature within an absolute error of 1 K.

Table: A guideline for the instrument sensitivity required.

Species	Percent change in mixing ratio	Wave number ( $\text{cm}^{-1}$ )	Change in emission ( $\mu\text{W} / \text{cm}^2 \text{ sr cm}^{-1}$ )	Equivalent temperature change (K)
$\text{CO}_2$	2 a)	718	0.03	0.3
		2320	$1.3 \times 10^{-4}$	0.1
$\text{CH}_4$	8 a)	1277	0.03	0.6
		3000	$2 \times 10^{-4}$	1.6
$\text{N}_2\text{O}$	1 a)	1278	$6 \times 10^{-3}$	0.1
		2220	$1 \times 10^{-3}$	0.4
$\text{CO}$	50 a)	2180	0.04	17
-----				
$\text{O}_3$	2 b)	1010	0.04	0.4
$\text{H}_2\text{O}$	10 b)	1590	0.02	1'

a) tropospheric difference between northern and southern hemispheres.  
b) required precision.

○近藤 賀代子(東芝)、平井 彰一(JAROS)、下田 陽久(東海大)、小川 利紘(東大理)

## The development of Interferometric Monitor for Greenhouse gases on ADEOS

K.Kondo(Toshiba Co.), S.Hirai(JAROS), A.Shimoda(Tokai Univ.), T.Ogawa(Univ. Tokyo)

IMG is a Fourier Transform Infrared spectrometer to look at the earth's atmosphere in nadir direction. It is planned to be launched on ADEOS in 1995, and its development has started under JAROS.

### 1. まえがき

IMG(Interferometric Monitor for Greenhouse gases)はADEOS(Advanced Earth Observing Satellite)に搭載されるマイケルソン干渉計を基にしたフーリエ分光計であり、Nadir方向の赤外放射を波数分解能 $0.1\text{cm}^{-1}$ の高分解能で観測する。現在IMGの開発がJAROS(Japan Resources Observation System Organization)のもとで行われている。ADEOSは、NASDAが開発中の地球観測衛星で、1995年にH-IIロケットで打上げが予定され、回帰日数は44日である。

### 2. IMGの構成

図1にIMGのコンフィギュレーションを示す。IMGの心臓部をなすマイケルソン干渉計は、ビームスプリッタ、固定鏡、走査鏡からなり、口径は約10cmである。走査鏡の走査距離は10cmで、 $0.1\text{cm}^{-1}$ の波数分解能を有する高感度、高分解能の分光器として開発を進めている。

観測波長帯は、 $3.3\sim 4.3\mu\text{m}$ 、 $4.0\sim 5.0\mu\text{m}$ 、 $4.0\sim 14.0\mu\text{m}$ の3つであり、ディテクタとして短波長側の2つのバンドはInSbを、長波長はMCTを用いている。走査鏡の走査機構は、

磁気ベアリングとリニアモーターからなり、10cmを10秒間で走査する。サンプリングのリファレンスには、波長633nmのHe-Neレーザーを用いている。軌道上で取得されたインタフェログラムは、時刻等の情報を付加し地上局に伝送され、地上処理にてスペクトルを再生しデータ使用に供される。

IMGは、1点の観測に10秒かかるため、その間の衛星の動きおよび地球の自転を補正しなければならない。これを行うのがIMC(Image Motion Compensator)で、ミラーを2軸で駆動させることにより1点を指向することができる。ラジオメトリックな校正は、搭載黒体校正と深宇宙校正モードがあり、6回の観測につき1回行う。

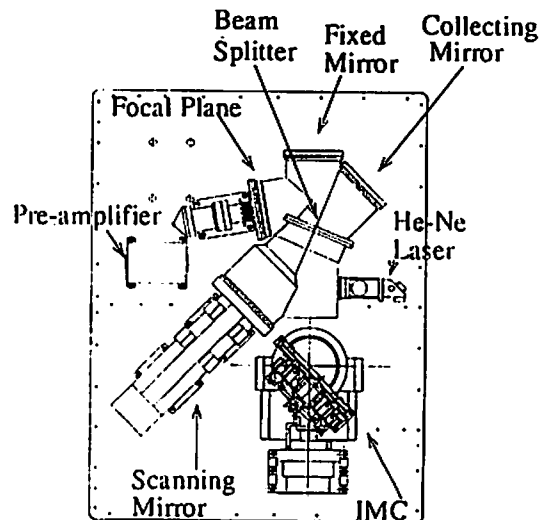


図1 IMGの構成

藤田元紀、小山孝一郎<sup>○</sup>、橋元保雄、徳永好志、佐藤進司、並木道毅、  
山上隆正、河島信樹、小竹卓政<sup>※</sup>、奥沢隆志<sup>※</sup>、(宇宙科学研究所<sup>※</sup>、電通大<sup>※</sup>)

A combination of balloon and parachute to explore  
lower thermosphere and mesosphere

M. Hinada<sup>1</sup>, K.-I. Oyama<sup>1</sup>, Y. Hashimoto<sup>1</sup>, K. Tokunaga<sup>1</sup>, S. Sato<sup>1</sup>, M. Namiki<sup>1</sup>,  
T. Yamagami<sup>1</sup>, N. Kawashima<sup>1</sup>, T. Kotake<sup>2</sup> and T. Okuzawa<sup>2</sup>

1. The Institute of Space and Astronautical Science
2. University of Electro-Communication

A new parachute system (Ballute) is being investigated in order to study the lower thermosphere and mesosphere of the earth, regions left unexplored so far because conventional in-situ measurement technique can not be applied in these regions.

After a ballute system is ejected from a rocket at the height of 120-130 km, parachute of the system is forced to inflate. It, however, still increases the falling velocity down to 85 km and then gradually the velocity decreases. Part of the system is conductive so that it is used as a counter electrode for the plasma measurements and also it can be used as a reflector of electromagnetic wave for radar tracking.

現在考案中の強制開傘型パラシュート（気球、Balloonとパラシュート、Parachuteとの中間という意味で仮称バルートとする）は以下のようなものである。トラス型の強制膨張型骨組み（トラス部）に薄い幕（キャンピー部）を張る。バルートの直径は最終的に12 mを予定している。キャンピー部分は地上レーダーによる追跡を可能にするため導電性とする。これによりバルートに吊り下げた観測データを相補うための風向、風速が同時に得られる。またプラズマ量測定のためのカウンターエレクトロードとして用いる事ができる。テレメータ送信機、観測器及び電池はひもの先端に吊り下げる。

図1は半径2 m及び6 mのバルートを高度155 km、115 km、98 kmより自由落下せしめた時の落下速度と高度との関係を示す。この場合のシステムの総重量は10 kgとして計算した。システムは大気抵抗が無視できる高度まで自由落下する。半径6 mのバルートでは高度115 kmより自由落下させると高度約90 kmにおいて最終落下速度度640 m/秒である。この後大気密度の上昇につれ減速され高度80 kmにおいて300 m/秒となる。ちなみに高度80~100 kmにおける音速は約260 m/秒である。

システムの最高落下速度を音速以下に抑えるには、システムの放出高度を下げる以外にないが、初期における実験では約500 m/秒の落下最高速度を有するようにバルート放出速度を設定したい。

本システムは将来S-310型ロケットに搭載する事を目標に開発を進めているが、まず9月初めに気球により高度約30 kmにおいて放出し、バルートの開傘状況を把握する事も含めてシステム試験を行う予定である。講演では、気球実験の結果を報告する。

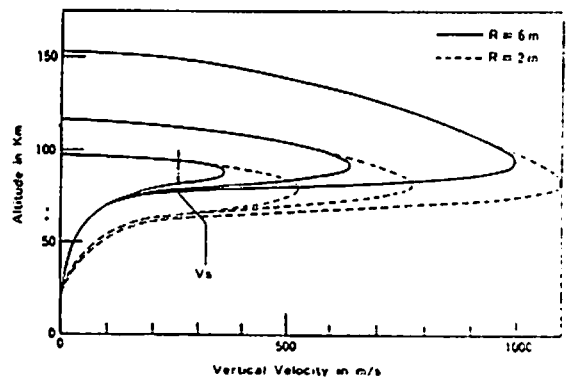


図1.

## Aircraft Measurements of Total Reactive Nitrogen and Nitric oxide in the Troposphere over the Western Pacific Ocean

S. Kawakami, Y. Kondo, M. Koike, Y. Iwasaka (Solar Terrestrial Environment Lab., Nagoya University)

Nitric oxide(NO) and total reactive nitrogen(NO<sub>y</sub>) in the troposphere were measured over the Western Pacific Ocean from NASA DC-8 aircraft in September and October, 1991. Preliminary results sometimes show the enhancement of the volume mixing ratio of NO<sub>y</sub> and NO, suggesting that we encountered polluted air from Japan and Asian continent.

太平洋は、比較的人間活動の影響が少なく、自然状態の大気化学過程を調べるには適している地域である。その一方、アジアからの汚染物質が輸送されて影響を及ぼしはじめている。このような地域で、窒素、硫黄、炭素、オゾン、エアロゾルなどの大気化学のサイクルに影響をあたえる人的要因を研究することは重要である。その中で、オゾンを中心とした反応サイクルでは、正味のO<sub>x</sub> (=O<sub>3</sub>+O)の生成が主としてNOの酸化によってなされることから窒素酸化物(NO<sub>x</sub>=NO+NO<sub>2</sub>)は、非常に重要な役割を担っている。また、NO<sub>x</sub>の濃度は全窒素酸化物(NO<sub>y</sub>)の化学的な配分で決る。従って、その様な地域で、オゾンの挙動を理解する為にNO<sub>y</sub>、NOの精密な測定が必要である。

1991年9月から10月にかけて行われたPEM-West計画では、我々は、対流圏における全窒素酸化物(NO<sub>y</sub>)と一酸化窒素(NO)の測定を西太平洋を中心として航空機観測を行った。観測は、アメリカ合衆国のNASA Ames Research Centerを離陸し、アラスカのアンカレッジを経由して、日本、香港、グアム、ウェイキ島、ハワイに寄り、Ames Research Centerに帰るという空路で行われた。寄港地間の測定ばかりでなく、

日本、香港、グアムでは、その周辺を重点的に観測を行った。

1991年9月17日には、フライト5としてアンカレッジから日本の米軍横田基地へ向う航路上で観測が行われた。予備的な解析を行った結果の一部を図1に示す。この図には、日本からの汚染大気に遭遇したと思われる濃度の増大が見られる。ただし、このときオゾン濃度が高く(150ppbv程度)成層圏大気の混合もあったと思われるので、水蒸気のデータを使ってより詳しい解析を進めている。

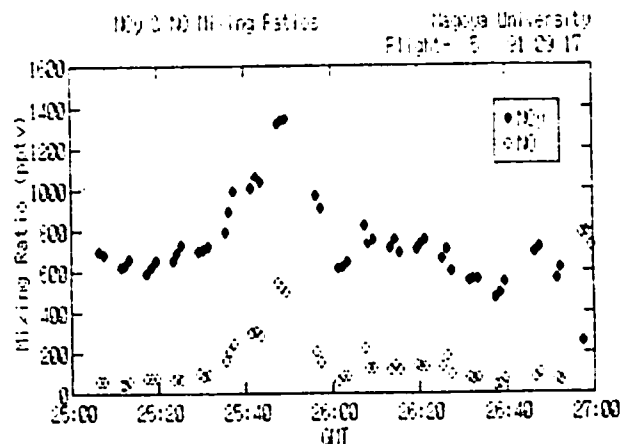


Fig. 1 NO and NO<sub>y</sub> volume mixing ratio

小池 真、近藤 豊、岩坂 泰信 (名古屋大学太陽地球環境研究所)  
A. Matthews、P. Johnston (ニュージーランドDSIR Lsuder研究所)

## Measurements of stratospheric NO<sub>2</sub> and Ozone by visible spectrometer at Moshiri Observatory (44°N, 142°E)

M. Koike<sup>1</sup>, Y. Kondo<sup>1</sup>, W.A. Matthews<sup>2</sup>, P.V. Johnston<sup>2</sup>, Y. Iwasaka<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Solar Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University, Toyokawa, 442 Japan

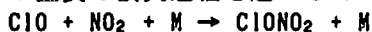
<sup>2</sup> DSIR, Physical Sciences Lauder, Central Otago 9182, New Zealand

We started ground based measurements of stratospheric NO<sub>2</sub> and ozone at Moshiri Observatory (44°N, 142°E) since April 1991. Moshiri was found to be relatively free from the tropospheric pollution and it suited for stratospheric NO<sub>2</sub> observations. NO<sub>2</sub> data between May and December 1991 shows a clear seasonal variation with a maximum around June. We plan to continue the measurements on a long term basis.

### 1. 研究の目的

我々は昨年(1991年)5月から北海道の母子里観測所(44°N, 142°E)において、毎日のオゾンとNO<sub>2</sub>の鉛直コラム量の観測を始めた。母子里観測所は人間活動による汚染大気の影響が少ないため、これらの成分のコラム量を観測することによって、成層圏成分をモニターすることが可能となる。

窒素酸化物は catalytic な反応により成層圏オゾンの重要な損失過程を起こしている一方、



の反応により ClO によるオゾンの損失過程をでおさえる重要な作用もしている。従って、成層圏オゾンの振舞いを研究する上において、窒素酸化物を同時に測定することは極めて重要である。

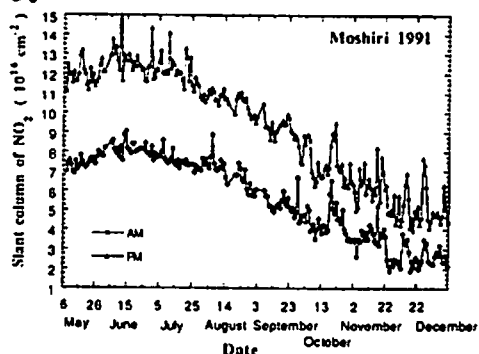
研究の目的としては、人間活動の影響や太陽活動に伴う変動等のこれらの成分の長期的な変動の研究と、ジェット気流の移動等の中緯度特有の大気の輸送過程に伴う変動や火山噴火の影響等の短期的な変動の研究がまずあげられる。しかし最近の研究課題として、北極の極渦の形成や崩壊に伴う北半球中緯度の大気化学の変化がクローズアップされてきている。これは極渦内で化学的擾乱過程をへたNO<sub>x</sub>あるいはNO<sub>y</sub>が減少したような大気が、極渦の崩壊にともなって中緯度へも拡散した結果、中緯度の大気化学に影響を与えているかもしれないからである。現在観測されている北半球中・高緯度のオゾンの冬期の長期的減少にはこれら極域化学が関与している可能性がある。しかし、日本においては、極域化学の中緯度への影響の影響評価は全く不十分な状態にある。NO<sub>2</sub>濃度の観測は極域大気の影響を判断する上で良いパラメータである。このことが母子里観測を開始した重要なポイントである。

### 2. 観測方法

天頂散乱光の可視および近紫外のスペクトルの中に含まれている大気組成の吸収量を、昼間と朝夕の散乱光の光路の airmass factor の違いから計算することによって、光路にそったNO<sub>2</sub>およびオゾンの全量を求めることができる。このスペクトルを精度良く測定するために、焦点距離20cmと32cmの回折格子を用いた波長掃引式の分光器システムを開発した。このシステムはPCコンピュータにより制御され、完全自動観測が行えるようになっている。天頂散乱分光法の特徴としては、雲などは散乱スペクトルに対し波長方向に構造を持った影響を与えないためどんな天候でも安定して観測が行えることなどがあげられる。

### 3. 観測結果

図に1991年5月から12月までのNO<sub>2</sub>の変化を示した。図中のAMとPMとはそれぞれ日出と日没での観測値をしめす。日没時においてNO<sub>2</sub>量が多いのは日中にN<sub>2</sub>O<sub>5</sub>やNO<sub>3</sub>が光分解しNOとNO<sub>2</sub>の量が増加するためである。また6月から12月へかけて見られる減少は主として季節変化と考えられるが、ピナツボ火山の影響も上乘せされていることが予想される。



°小林 信之、小川 利紘  
(東京大学理学部)

Comparison of stratospheric ozone data between EXOS-C and SAGE II

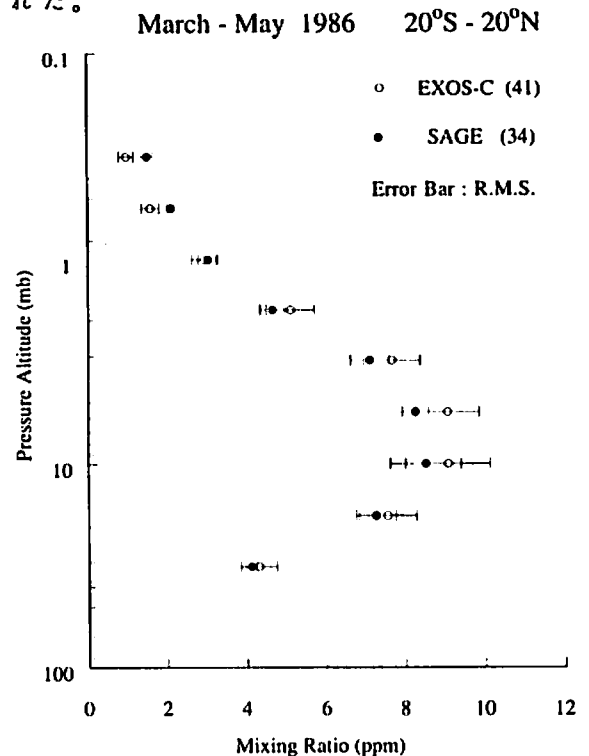
Kobayashi, N. and Ogawa, T. (Univ. of Tokyo)

Vertical profiles of stratospheric ozone have been observed by several satellites. We have compared the profiles observed by EXOS-C with those of SAGE II. Agreement within 10% is found in the pressure range of 1-10 mb. However, significant systematic differences are found in other pressure ranges.

成層圏オゾンは、重要な環境資源であり、それ故、グローバルなオゾンの分布を精度良く測定することは大変重要である。現在までにも成層圏オゾンの鉛直分布は、幾つかの人工衛星によって観測されてきた。その際、衛星によって得られたデータの信頼度を知るためには、複数の衛星のデータを比較するのもひとつの方法である。

我々は今回、EXOS-C (おおぞら) と SAGE II のデータを用いて、成層圏オゾンの鉛直分布の比較を行った。EXOS-C は1984年2月に打ち上げられた日本の科学衛星で、紫外後方散乱 (BUV) 分光計を搭載しており、波長 260-315 nm (ハートリー帯) における太陽紫外放射の大気分子によるレイリー後方散乱強度を測定し、オゾンの鉛直分布を得ている。(紫外後方散乱分光法) 一方、SAGE II は、1984年10月に打ち上げられたNASAのERBS衛星に搭載された観測器であり、可視から近赤外域 (0.385 - 1.02  $\mu\text{m}$ ) における太陽掩蔽法により、オゾンの鉛直分布を得ている。両者の測定のオーバーラップする、約3年間 (1984年10月 - 1987年9月) のデータの中から測定地、測定時間のほぼ等しいセットを選び出し、比較を行った。

比較の結果、気圧 1-10mb の高度領域で、両者は10% (r. m. s.) の範囲内で一致することが確認された。また、1mbより高度の高い領域では、EXOS-Cのデータが小さく、高緯度側で10mbより高度の低い領域では、EXOS-Cのデータが大きいう系統の差も示された。





波辺隆・内藤一郎(筑波技術短期大)・小川利紘(東大理)

## OBSERVATION OF STRATOSPHERIC OZONE DISTRIBUTION BY ROCKET-OZONESONDE(3)

Takashi WATANABE<sup>1</sup>, Ichrou Naito<sup>1</sup> and Toshihiro OGAWA<sup>2</sup>

1:Tsukuba College of Technology

2:Department of Earth and Planetary Physics, University of Tokyo

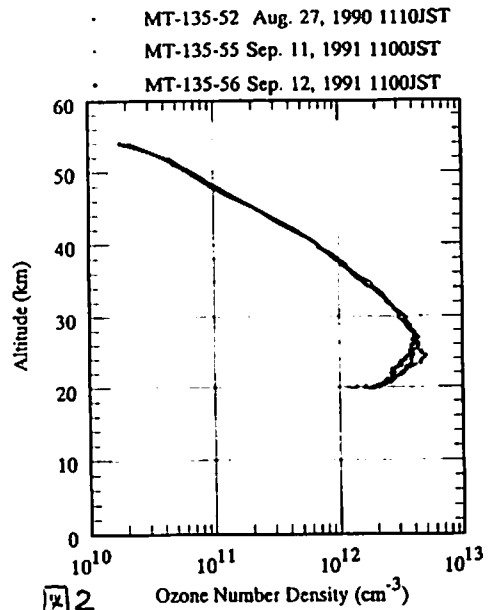
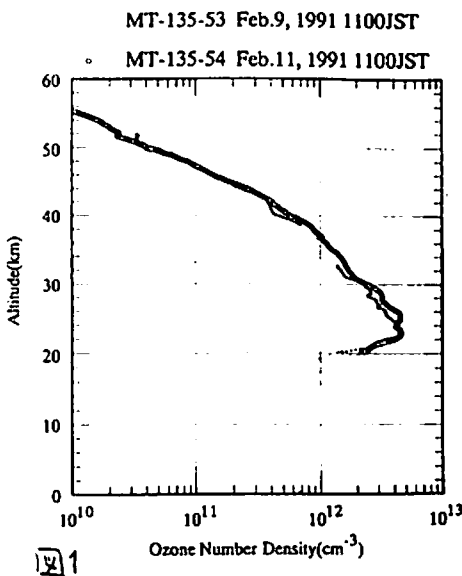
Altitude distributions of the stratospheric ozone density have been obtained using rocket-ozonesonde using four-color UV filter radiometer aboard a meteorological rocket MT-135 at Uchinoura(31N, 131E). The winter profiles exhibit wavy structure especially below 35km, and considerable day-to-day variations. The three summer data maintain much smoother and stabler profiles between 27 and 50km than the winter profiles. Revised version of data analysis including temperature effect on the cross section is prepared.

成層圏オゾンの長期変動をモニターすることを目的として、気象ロケットMT-135用オゾン観測のシステムが開発され、内之浦における観測も1990年8月以来5度の観測結果が得られている。観測に使用したオゾンセンサーは5色フィルタフォトメータで測定波長は285,290,300,307nmの4つの波長で太陽紫外線のオゾンによる吸収を測定する。

観測で得られた5つのプロファイルを下図に示す。特徴としては冬季のプロファイル(図1)は特に中部~下部成層圏に波動構造が顕著に見られること、また、day-to-day variationが大きい。夏季のプロファイル(平均)に較べて30km付近で40%程度小さく、

この上では40km付近にまでかけて差が小さくなる傾向があり、夏極大、冬極小の季節変動が現れていると見られる。一方夏季の3つのプロファイル(図2)は27km付近から50km付近でよい一致を示しており、内之浦上空の夏季の成層圏オゾンのプロファイルが冬季に較べ安定していることを示している。気温、風向風速のデータも同時に得られており、オゾン分布との関連を調べることも可能になった。

観測装置の開発からデータ解析方法の開発にいたる一連の作業がほぼ終了したので、つぎのステップとして現在の予備的解析方法の高精度化を行っており、その検討結果も報告したい。



北 和之<sup>1</sup>, 岩上直幹<sup>1</sup>, 猪俣 敏<sup>1</sup>, 小川利紘<sup>1</sup>, 小山孝一郎<sup>2</sup>, Morrow, W.H.<sup>3</sup>  
 ( <sup>1</sup> 東京大学理学部; <sup>2</sup> 宇宙科学研究所; <sup>3</sup> Resonance Ltd. )

DEVELOPEMENT AND CALIBRATION OF THE INSTRUMENT FOR in situ OBSERVATION OF  
 THE THEROSPHERIC OXYGEN ATOM CONCENTRATION

Kita, K.<sup>1</sup>, N. Iwagami<sup>1</sup>, S. Inomata<sup>1</sup>, T. Ogawa<sup>1</sup>, K. Oyama<sup>2</sup>, W.H. Morrow<sup>3</sup>  
 ( <sup>1</sup> Faculty of Science, Univ. of Tokyo; <sup>2</sup> I. S. A. S.; <sup>3</sup> Resonance Ltd. )

An instrument for direct measurement of the atomic oxygen concentration and the wind speed in the lower thermosphere, called WINDO, is being developed. In this instrument, a discharge lamp emitting oxygen atom 130.2-5-6nm triplet lines is installed and atomic oxygen density is measured by using the resonance scattering/fluorescence of the lines. Several consideration is made in order to avoid the influence of atmospheric disturbance due to rocket supersonic flights. The absolute calibration of this instrument has been made independently in Canada and Japan. Two calibration results are consistent with each other.

酸素原子は熱圏における主要成分であり、この領域の物理化学過程において種々の重要な役割を果たしている。しかし、特に酸素原子密度がピークを持つといわれる高度 100km 付近の熱圏下部において、信頼性の高い酸素原子の測定は困難であった。最も有望であると考えられた酸素原子の 130.2-5-6nm 共鳴線ランプを用いて酸素原子による共鳴散乱/蛍光を測る方法でも、周囲にロケット飛行の際生じる衝撃波による乱れの影響やドップラーシフトの影響を取り除くことが難しいからであった。そこで我々は、共鳴線ランプ法にいくつか工夫を行ってより信頼性の高い測定を行うことのできる測器の開発を行っている。この測器では、ドップラーシフトの影響の小さいロケット軸に垂直な面内でビームをスキャンし、散乱域とロケットとの距離を変えて衝撃波の影響を推定する〈SCANNER mode〉と、ロケット軸に対し 45° の方向の散乱を測ることによってドップラーシフト量を測る〈WINDS mode〉を持っていることにより、測定精度を高めている。〈WINDS mode〉によって、この高度領域の風速の測定の可能性も期待できる。

この測器の絶対較正には、安定した酸素原子の発生装置と、酸素原子量を独立に測定する装置が必要になる。はじめ、この測器の作成を担当した Resonance 社 (カナダ) に依頼して較正を行ってきたが、実際にロケット実験を行うに当たりこちらでも較正を行う装置が必要であり、宇宙科学研究所のスペースチェンバーを使用して較正装置を組み立てた。この装置を用いて実際に較正を行った (予備的) 結果を下図に示す。まだ実験結果の解析は十分ではないが、同じ測器を Resonance 社で独立に較正した結果と比べて、かなり良い一致が得られている。まもなく、この測器を用いてのロケット観測が予定されている。

なお、本研究は宇宙科学研究所との共同で行われたものであり、相原氏ほか各位には多大な協力をいただいたことをここに付記し、感謝の意を表したい。

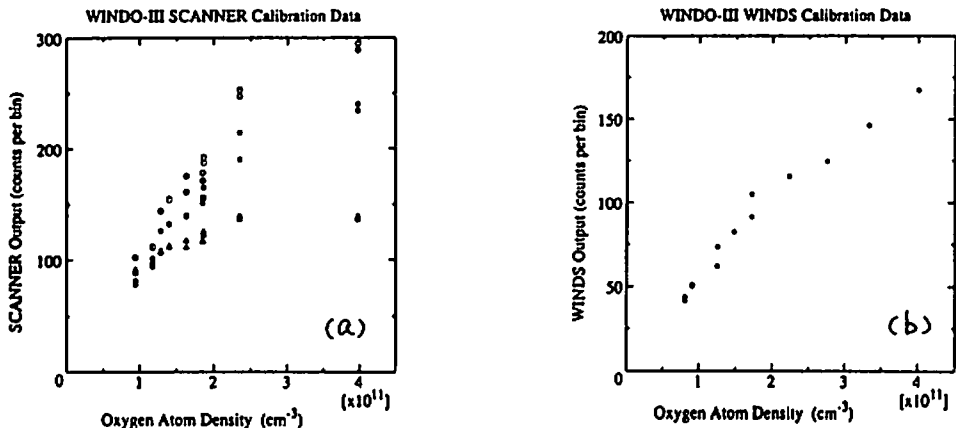


図 (a) SCANNER mode および (b) WINDS mode における較正データ。(a)において、白丸、実四角、白三角はそれぞれ scan angle = 40°, 55°, 70° のときの出力を示す。

米村 正一郎 岩上 直幹 (東大理)

## Ground-based IR absorption measurement of atmospheric CO

Yonemura S. and Iwagami N. (Univ. of Tokyo)

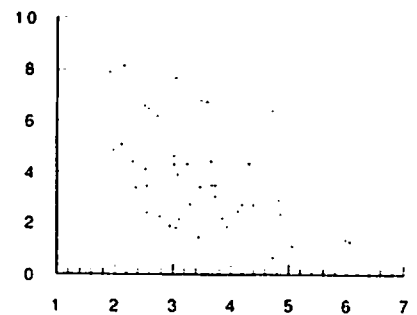
We have observed the CO column abundance at the University of Tokyo since 1991 by measuring R3-line at  $2158.30\text{cm}^{-1}$ . We compare these data with those of Toukyouto-Kankyuhozenbu which is obtained by in-situ measurements on the ground. It is clear from the comparison that the CO column abundance is highly influenced and enhanced by the urban atmosphere.

COは都市大気汚染の主要な物質の一つである。またCOは炭化水素酸化過程の中間物質としての重要性もあり、対流圏オゾンの生成にもかかわっている。大気中での寿命が数カ月なことから南北半球での違いが顕著であり、グローバルには年に1%程度増えているともいわれ、たいへん興味ある大気微量成分である。しかし、ガスクロマトグラフにはかかりにくいと問題も多い。

我々は1989年から1991年まで東京大学本郷構内において $2000\text{-}4000\text{cm}^{-1}$ 赤外領域の地上太陽光の観測を行ってきた。COに関しては赤外吸光分光法・透過幅法によって求めた。結果は都市大気の影響を強く受けており、東京都環境保全局の地上測定データをを用いて考察する。東京都環境保全局は都内数十箇所でSO<sub>2</sub>・NO<sub>x</sub>・CO・風向・風速など30項目の測定を行っている。その中で本郷に近い観測点のデータをもちいる。地上CO量の他、風速との相関などを論じ、境界層の厚みなどを考察してみる。

境界層内の気体の振る舞いはたいへん複雑で地域的な現象に大きく左右されている。

CO全量と風速との関係

CO全量 [ $\times 10^{17}$ 個/cm<sup>2</sup>]

風速 [m/s]

° 小出理史、田口 真、岡野章一、福西 浩 (東北大・理)

中根英昭、林田佐智子、松井一郎、杉本伸夫、湊 淳、笹野泰弘 (国立環境研究所)

Intensive Observations of the Ozone Layer under the Existence of Pinatubo Aerosols

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

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

Intensive observations of the ozone layer were made from December 9 to 14, 1991 at Tsukuba with the laser heterodyne spectrometer of Tohoku university, the ozone lidar of the National Institute for Environmental Studies, and ozonesondes to investigate an effect of volcanic aerosols from Mt. Pinatubo on the ozone layer. Intensive observations of the same kind will also be carried out in January 1992. Conformity of the ozone data obtained by the three methods and the effect of aerosols on the ozone data will be discussed using the collected data from these two intensive observations.

フィリピンピナツボ火山起源の大量のエアロゾルがオゾン層に及ぼす影響の評価と、エアロゾルの存在下での各種オゾン観測手法の相互比較を行うために、1991年12月9-14日につくばの国立環境研究所において、レーザーヘテロダイン分光計、オゾンライダー及びオゾンゾンデを用いてオゾン層の集中同時観測を実施した。

東北大学の可搬型レーザーヘテロダイン分光計は12月6日に設置し、天気が崩れた8、12日を除いて7、9、10、11、13、14日にオゾン観測を実施した。観測時刻は日中の9時から15時までで、高度範囲5-35kmのオゾン混合比の高度分布と気柱全量がほぼ1時間毎に得られた。オゾンゾンデは12月9、10、11、13、14日の17時に合計5個放球した。このうち11日に掲げたオゾンゾンデ以外はオゾン混合比ピーク近辺の高度30kmまで到達した。国立環境研究所のオゾンライダーは12月9、10、11、13、14日の夜半前に観測を行った。エアロゾルの分布を知るためにエアロゾルライダーも同時に稼働した。

図1には12月14日にレーザーヘテロダイン分光計、オゾンライダー、オゾンゾンデそれぞれで観測されたオゾン混合比の高度分布を重ねて描いてある。オゾンライダー観測による高度分布は高度17-29kmの範囲は308nmと313nmの波長組から、また高度29-42kmの範囲は308nmと351nmの波長組から求められた。高度17-27kmの範囲ではレーザーヘテロダイン分光計とオゾンライダーの観測値はよく一致している。オゾンゾンデの観測は高度分布は他の観測とよく似ているが全体的に低い値を示している。全量補正を施せば絶対値も他の観測値と一致するであろう。エアロゾルライダーの観測によればエアロゾルはこの日高度22kmをピークに高度18-25kmの範囲に広く分布していた。オゾンライ

ダーの観測値はエアロゾルの干渉を受けて高度24-26kmで見かけ上減少しているが、これを補正するために多波長を使用した解析手法を検討中である。

ここに挙げた例では、エアロゾルの存在によってオゾン濃度が一見して分かる程減少している証拠は見られない。ただしエアロゾルの影響については火山噴火前と後の多数のデータについて統計的に比較することが必要であり、そのためにオゾン集中同時観測は、引続き1992年1月にも行なわれる予定である。最終的な測器間の相互比較およびエアロゾルによる影響評価は全データが取得された段階で総合して検討を行なう。

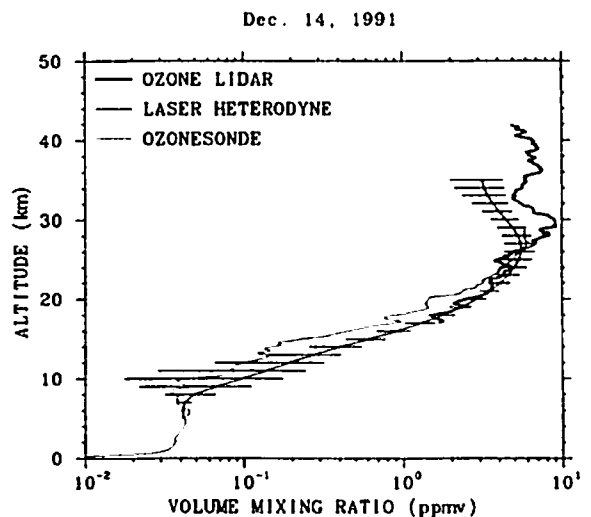


Figure 1. Vertical profiles of ozone mixing ratio obtained on December 14, 1991 at Tsukuba with the Tohoku laser heterodyne spectrometer, the NIES ozone lidar and an ozonesonde.

°M. Taguchi, S. Okano, H. Fukunishi

*Upper Atmosphere and Space Research Laboratory, Tohoku University*

We have developed a new laser heterodyne spectrometer for field observations of vertical profiles and total column densities of atmospheric trace gases such as ozone, methane, nitrous oxide, nitric acid and water vapor. This instrument covers a wide wavenumber region, since two local oscillator lasers are installed in a liquid nitrogen Dewar vessel and the operating temperature of the lasers can be controlled in the range from 65 to 90K. The instrumental bandwidth is 0.0013 cm<sup>-1</sup>, and the operating wavenumber regions are ~1100 cm<sup>-1</sup> for ozone, ~1180 cm<sup>-1</sup> for nitrous oxide and ~1220 cm<sup>-1</sup> for methane. The solar beam is automatically tracked by a sun-follower. A personal computer is used for wavenumber scan control and data acquisition.

Observations of atmospheric ozone, methane and nitrous oxide were made with this portable laser heterodyne spectrometer at the observatory of the University of Hawaii located at the summit of Mt. Haleakala, Maui, Hawaii from September 26 to October 17, 1991. This location was selected by following reasons. First, absorption of water vapor in the infrared region is small due to high altitude (~3000 m) and the probability of fine weather is extremely

high due to the same reason. Secondly, it is possible to monitor background amounts of trace gases free from local anthropogenic contamination since Hawaii is isolated far from the continents. Thirdly, the access to the observatory is easy with one hour drive from the foot of Mt. Haleakala.

The observations were made for 17 days during the observation period of three weeks at Mt. Haleakala, obtaining more than 300 spectra of ozone, methane and nitrous oxide. Our observations started just after sunrise and continued until sunset as long as weather permitted. Figure 1 shows an example of solar absorption spectrum of atmospheric ozone observed from 0818 to 0826 HST (HST=UT-10 hours) on October 3, 1991. The line center position of this absorption line is 1103.9476 cm<sup>-1</sup> according to the HITRAN database 1986 edition. The signal-to-noise ratio of this spectrum was 1689, which was attained for the observation time of only 8 minutes. The observed spectra is now being analyzed to obtain vertical profiles and total column densities of O<sub>3</sub>, CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O through inversion calculation. The daily variations in vertical profiles of these species will be discussed.

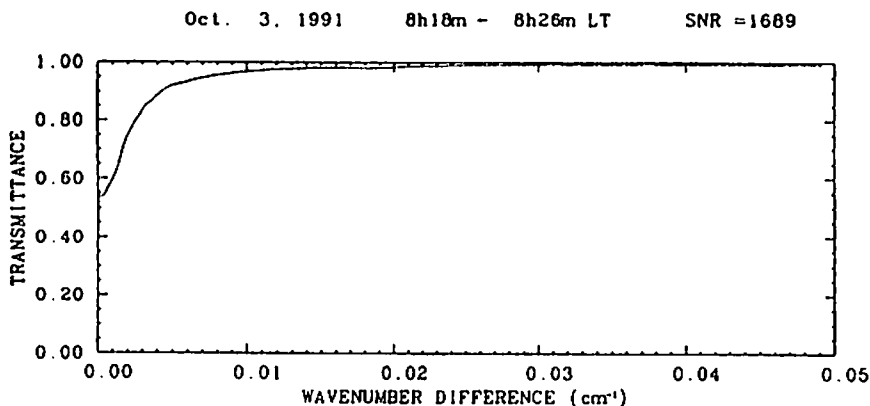


Figure 1. An example of solar absorption spectrum of atmospheric ozone observed with the portable laser heterodyne spectrometer at Mt. Haleakala, Maui, Hawaii on October 3, 1991.

## A SUCCESSIVE OBSERVATION OF ATMOSPHERIC METHANE ABOARD THE ICEBREAKER SHIRASE

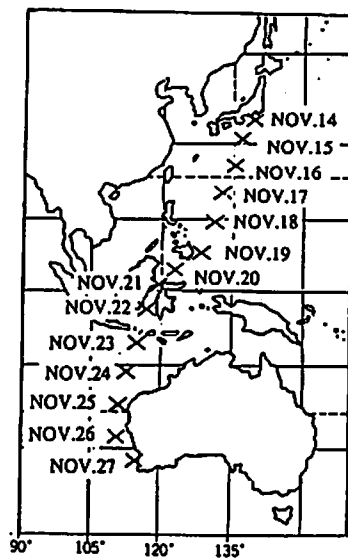
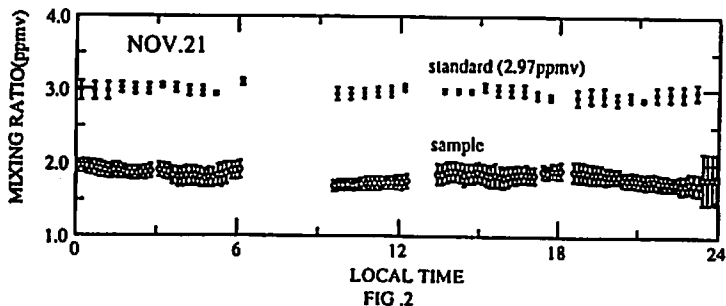
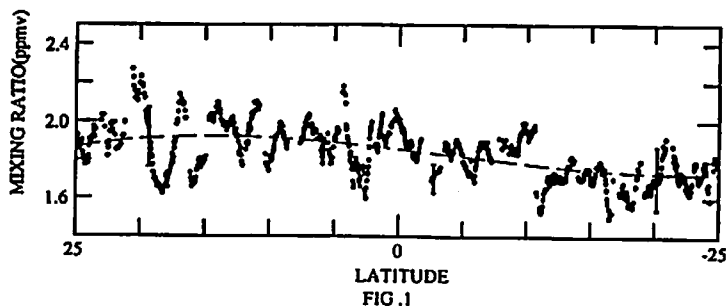
K. ATARASHI, I. MURATA, K. KITA, T. OGAWA, S. KOKUBUN

(Dept. Earth and Planetary Phys., Univ. Tokyo)

Recently, a global increase of the atmospheric methane concentration has been reported. However, since only few reliable data on the methane production is available, it is very difficult to quantitatively explain the increase. In order to obtain the information on global methane production, it is necessary to accumulate much detailed and global methane distribution data. Therefore, we have been developing an instrument which enables us to observe methane concentration with a high time resolution, and we are trying to observe the detailed distribution of methane. The instrument utilizes the absorption of He-Ne laser light ( $\lambda=3.39\mu\text{m}$ ) by methane molecules.

A test observation of the global distribution of surface methane mixing ratio was made aboard the icebreaker SHIRASE in November 1990. We observed the methane mixing ratio between 35°N to 32°S. FIG.1 exhibits the meridional distribution of methane mixing ratio derived from our observation. FIG.2 shows methane mixing ratio data observed on Nov. 21. We can see some oscillatory and irregular variations in the observed data. It is plausible that such variations are attributed to instrumental drift due to ambient temperature variation and vibration of ship. However, a decrease of methane mixing ratio is found from 5°N to 15°S. (1.9ppmv at 25°N-5°N, 1.7ppmv at 15°S-25°S).

We are now making an improved version of the instrument. We intend to make it compact and solid and to control the temperature of He-Ne laser. We will report the result of the observation by using the new instrument in the Meeting.



Position of the SHIRASE at 12 p.m.

## 惑星電磁圏

H31-01~06

座長

徳丸宗利 (通総研稚内)

品川裕之 (通総研平磯)

# H31-01

## 稚内における太陽・木星デカメータ電波観測用ダイナミックスペクトル計の開発

徳丸宗利、岡本智、石橋弘光、土屋茂  
(通信総合研究所・稚内電波観測所)

Development of Dynamic Spetrograph System  
for Studies of Solar and Jovian Decametric Emissions  
in Wakkanai Radio Observatory

M. Tokumaru, S. Okamoto, H. Ishibashi, and S. Tsuchiya  
(Wakkanai Radio Obs./Conn. Res. Lab.)

The dynamic spectrograph system in the decametric wavelength; 20-30MHz, has been developed in Wakkanai Radio Observatory, Communications Research Laboratory to observe the radio emissions from the sun and Jupiter. The present paper describes details of the system and the preliminary results of the observations.

我々は通信総合研究所稚内電波観測所(45°23.6'N, 141°41.1'E)に太陽および木星電波を観測するためのダイナミックスペクトル計システムの開発を行っている。ここでは、本システムの概要と本システムを用いた研究計画について述べる。

図1にシステムの概要を示す。受信アンテナは10素子のログペリを用い、直線(水平)偏波の受信が行える(図2参照)。システムの観測周波数は20-30MHzで、スペク

ラムデータはGP-IBを介してパソコンに記録される。

稚内電波観測所では、従来からNNSS衛星や静止衛星(以前はETS、現在はGOES)のビーコン電波による電離圏全電子数の観測研究を行ってきた。我々は、これらの観測データを使って、デカメータ波帯のダイナミックスペクトルに重畳した地球電離層の影響を分離し、電波源に於いて発生したスペクトル情報の抽出を目指している。

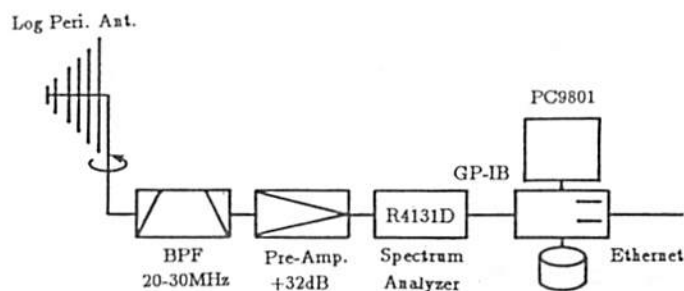


図1 ダイナミックスペクトル計システムの概要

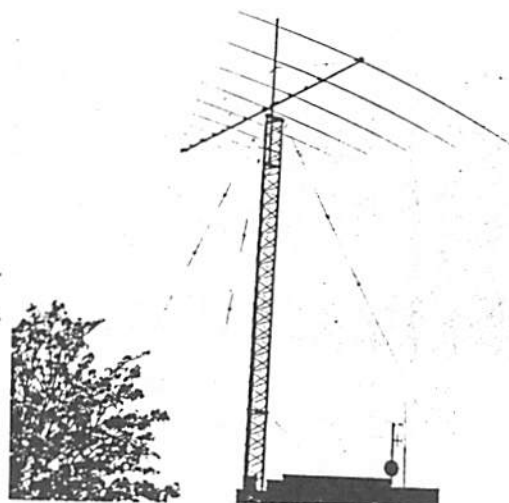


図2 稚内観測所構内に建設された受信アンテナ



# H31-02 木星デカメートル電波の3地点広帯域同時スペクトル観測による伝播路におけるシンチレーションの影響の解明

・田中 勲、大家 寛、森岡 昭、飯島 雅英、中嶋 実（東北大、理）

The studies on the effect of scintillations by simultaneous wideband spectral observations of the Jovian decametric radio bursts at three stations

I.Tanaka, H.Oya, A.Morioka, M.Iizima, M.Nakajima (Geophysical Institute, Tohoku Univ.)

Wideband spectra (20-40MHz) of Jovian decametric radio bursts have been observed at three stations of Tohoku University Jovian decametric radio wave observation stations, Kawatabi(K), Zao(Z) and Yoneyama(Y) with distances of 75km's(K-Z), 83km's(Z-Y) and 44km's(Y-K) to study the effect of ionospheric electron density fluctuation. The result shows that the dynamic spectra of Jovian decametric radiation consist of the part with similarity and the part which is completely different from one another suggesting the interference due to the propagation path difference for the radiation from the source with coherent nature. To interpret these results, numerical calculation has been performed on a simple ionospheric condition.

## 1. 序

木星から放射されているデカメートル電波を地上観測する場合、地球電離層あるいは惑星間空間等に於ける伝播路の影響を避けることは出来ない。今回の観測では、先に開発した広帯域(20~40MHz)スペクトル観測装置を用いて、互いに数十km離れた3地点(川渡、蔵王、米山)で同時観測を行なう事により、主に地球電離層の影響についての比較検討を行なった。

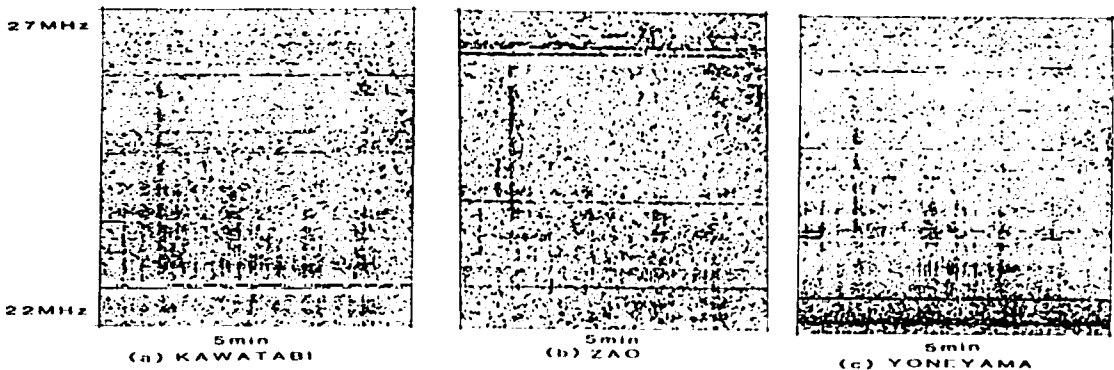
## 2. 観測方法

東北大学木星電波観測室の夫々75km(川渡-蔵王)、83km(蔵王-米山)、44km(米山-川渡)離れた川渡局、蔵王局、及び米山局に設置された広帯域受信アンテナ(対数周期クロスアンテナ)及び、広帯域受信機を用いて、1991年11月~1992年3月にかけて木星デカメートル電波の同時観測を行なっている。観測周波数帯域は、20~40MHz、周波数分解能20kHz、時間分解能0.5秒の周波数掃引方式の受信機を製作し受信している。データ記録方式は、各局ともリアルタイムでA/D変換を行なうデジタル記録方式を導入し、コンピューター制御により自動観測を行なっている。

## 3. 観測結果

1992年1月19日午前2時10分(Io-A source)から約1時間にわたって、現象が同時観測された。各点共通の現象としてファラデーローテーションによる縞模様が示され、電波が電離層中を通過する影響が明瞭に現れている。また3地点で出現する現象は、そのスペクトル帯域と出現時刻はかなりよく一致している。一方3地点で完全に異なる強度分布が示されている部分の確認された。これは問題のデカメートル波が一定の広がりに対しコヒーレントな電波源であると同時に、伝播路に50km前後の特性波長を持つ干渉源すなわちプラズマの大規模な揺らぎの存在することを示している。この結果を説明するため、簡単な電離層電子密度モデルを仮定し、回折理論を用いて観測されるデカメートル波の強度及び位相の数値計算を行なった。

観測例 (a)-(c)に同時に得られたダイナミックスペクトルを示す。



° 村尾 一、大家 寛、森岡 昭 (東北大理)

Correction of ionospheric scintillation effect regarding the determination of source location of Jovian Decametric Radiation by the dual frequency interferometer

H. Murao, H. Oya, and A. Morioka ( Geophysical Institute, Tohoku Univ. )

The source location of Jovian Decametric Radiation has been studied using 75km baseline interferometers. But, apparent source position fluctulates by the effect of terrestrial ionosphere. In order to correct the ionospheric effect, multi-baseline and multi-frequency interferometer observation are planned. In this study, we make a pre-study to determine the source location using 3D ray tracing program. It becomes clear that interferometric observation of dual frequency is effective when radio sources are in the direction of high elevation angle.

1. 序

東北大学木星電波観測室では、従来75km級三基線干渉計を用いて、木星デカメートル電波の位置決定の研究がなされてきた。しかし、予想していたように、電離層擾乱によって見かけの位置がゆらくという問題があった。この電離層の効果을消すために、STEP期間に、新たに観測局を増設し、さらに複数の周波数で干渉計を構成し観測をする計画が進められている。本研究では、その準備として、電離層モデルを仮定した上で、レイトレーシングにより位相を計算し位置決定のシミュレーションを行なった。

2. 手法

電波干渉計では、二点A, Bでの電波の位相差が問題になるが、それは一般に次のように表される

$$\phi = \frac{2\pi f}{c} \left( \int_A n ds - \int_B n ds \right)$$

ここで、屈折率を、 $n = 1 - \frac{1}{2} \left( \frac{f_p}{f} \right)^2$  とすると (但し、 $f, f_p$  は観測周波数、媒質のプラズマ周波数。)

$$\phi = \frac{2\pi f}{c} (z_A - z_B) - \frac{K}{f} \Delta \int_{A,B} N ds + \theta_{AB}$$

となる。(但し、 $z_{A,B}, K$  は 径路長、定数、である。)

この式の右辺の第一、二項は、夫々、電波源の位置に関する量、二地点に到達する電波の径路上の電子数の差、第三項 $\theta_{AB}$ は、電波径路の直線からのずれの差、に相当する。このうち、第一項と第二項は周波数依存性が明確なので、第三項を無視して、二周波数干渉計を考えると、第二項を補正できる。

3. 計算の設定及び結果

電離層モデルとして、球殻のchapman分布、水平方向に100km前後の波長をもつ擾乱を仮定し、四局で、21.860MHzと22.360MHzの2周波の干渉計観測することを想定して、計算した。

地球上で木星の高度が比較的高い場合は、単一周波数で電波源位置が10倍木星半径程度ゆらく場合でも、2周波数の場合1木星半径以下のゆらぎまで改良される事が判った。また、低高度の場合は、2周波数による補正では不十分で、必要最低限以上の基線の位相データを使う必要があることが判った。

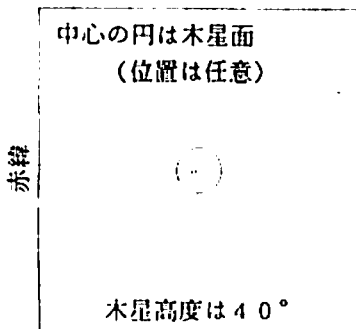


Fig1 一周波数の場合

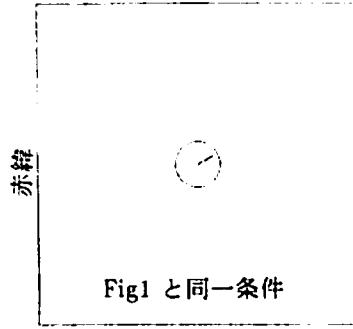


Fig2 二周波数の場合

○ 福崎 順洋、大家 寛、飯島 雅英、森岡 昭、永瀬 文昭  
東北大学・理学部

Observation of Polarization of the Decametric Pulsar in our Galactic Center

Y. Fukuzaki, H. Oya, M. Iizima, A. Morioka, F. Nagase  
Geophysical Institute, Tohoku Univ.

The Decametric Pulsar with the period of  $421.602 \pm 0.004$  msec has been observed in a frequency range from 20 to 40 MHz since 1984. In the present investigation, the observations of polarization have been carried out using the cross Yagi antenna of the Tohoku University Decameter Observatory. The results show clear images of the same wave forms with that obtained in the previous observations for both helicity of polarized components; and the polarization fraction is estimated to be 11 %.

1. 序

1984年に発見された (Oya et al., 1989)、デカメートル波帯 Pulsar は、1983年～1990年までの定常観測により、その Pulse が 421.602 msec の周期を持ち、銀河雑音レベルに対し、そのパワーが、約 0.8 % という非常に S/N 比の低い信号であるが、その Pulse 波形は Box-car method によって明確に検出されている。しかし、その偏波特性は、未定のままでいた。本研究では、偏波観測を行い、偏波特性の検出を試みた。

2. 手法

東北大学のデカメータ電波観測ステーションのクロス八木アンテナによって観測された2つの直線偏波電波は、ブリッジ回路によって、右旋性および左旋性の2つの偏波成分に分離される。分離された偏波信号は、3 Stage-Super Heterodyne 方式の受信機により、最終的に 1 kHz に Down-convert され、データ・レコーダーに記録される。再生された信号は、各々 A/D 変換され、計算機によって Boxcar-method を適用し、Pulse 波形を再現する。

3. 観測結果

今回の観測は、15日間行われ、そのうち、5つの場合について、従来の観測によって検出された Pulse 波形と類似した波形が確認された。そして、すべての加算結果は、いずれの偏波成分においても Pulse 波形が確認され、強度については、わずかに右旋性偏波が卓越し、その偏波率は、11 % と見積もられた。

Frequency 28.4 MHz Delay 6.0 ms/60Hz Galactic center tracking Apr. 18-23, 1991

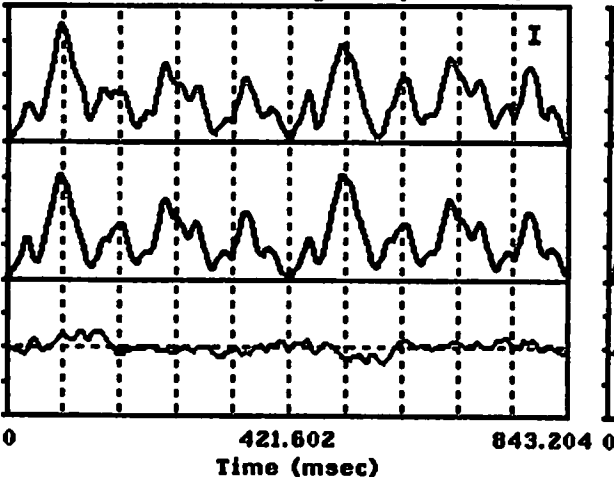


Fig. 1 左旋性偏波のパルス波形

Frequency 28.4 MHz Delay 6.0 ms/60Hz Galactic center tracking Apr. 18-23, 1991

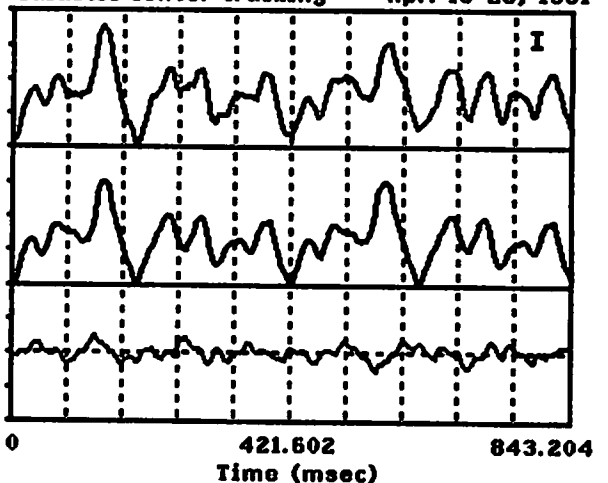


Fig. 2 右旋性偏波のパルス波形

° 古川 欣司、森岡 昭、大家 寛 (東北大理)

Development of frequency standard using B.S. color sub-carrier for multi-point interferometer of Jovian decametric radio wave.

K.Furukawa, A.Morioka and H.Oya ( Geophysical Institute, Tohoku Univ. )

For the multi-point interferometer needs frequency standards with high stability are needed at all of the observation points. A way to supply such frequency standard using the B.S. color sub-carrier has been investigated. There is a daily phase variation of the B.S. signal observed between two points; about  $20^\circ$  /hour at maximum and about  $2^\circ$  / hour at minimum. This variation can be explained by Kepler motion of the satellite.

## 1. 序

電波干渉計では、その位相情報を保持する為に、各観測点において非常に高精度の周波数標準を必要とする。この様な周波数標準を多地点に配置する事は容易ではない。そこで、テレビ放送波の持つカラーサブキャリア信号を周波数標準として用いる方法を開発した。カラーサブキャリア信号は発信局において Rb 周波数標準を用いている事からこの信号を各干渉計局での原振として用いる事により、各干渉計局間で位相差一定の高精度の周波数標準が得られる事になる。しかし、地上 TV 信号は夜間の停波、番組切換え時の位相飛び、等の問題が有り実用的ではない。そこで、ここでは、B.S. (放送衛星) のカラーサブキャリアを用いて多地点で比較的容易に高精度の周波数標準を供給する方法を検討した。

## 2. 2点間における B.S. カラーサブキャリアの位相変動

この手法を開発するにあたり、約 40 Km 離れた2点 (仙台、蔵王) において各々衛星放送を受信し、そのカラーサブキャリアをとりだし、それと地上局 TV のカラーサブキャリアとの位相差を比較した、さらに蔵王における出力を仙台に高安定なテレメータ回線を用いて伝送し仙台における出力と比較した。これより、二点間での B.S. カラーサブキャリア同志の位相比較が可能となる。実験の結果両地点の位相差は Fig.1 の様な日変化を示した。

## 3. 位相変動の原因となる要素の検討

この位相差の日変化の原因としては、B.S. が完全な円軌道ではなくある離心率を持つ楕円軌道である事による、受信点との距離の変化、及び、受信点から見た速度の変化、が考えられる。ここでは、後者の影響は比較的小さいので、前者のみを考慮してその影響を見積もってみた (Fig.2)。これは、観測結果とよく一致しており、位相差の日変化の原因として妥当である。

## 4. 木星電波多地点干渉計への応用

この位相差の変動は観測、計算とも、規則的な日変化を示す (最大時、約  $20^\circ$  /hour、最小時、約  $2^\circ$  /hour)。従って、この変動に対する補正が可能になり、木星電波の干渉計用原振として使用できる事になる。現在、更に実用段階としての運用を検討中である。

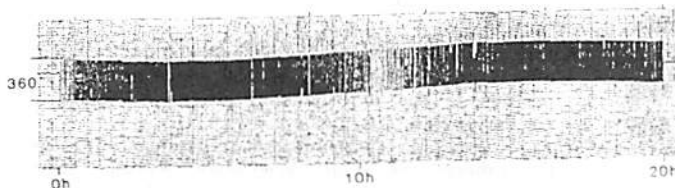


Fig. 1 Phase difference of color sub-carrier between two point.

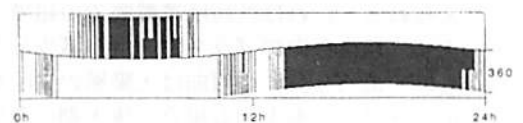


Fig. 2 Simulation of phase difference considering Kepler motion of the satellite

The Venus ionosphere at solar minimum

H. Shinagawa

(Hiraiso Solar Terrestrial Research Center,  
Communications Research Laboratory)

The ionosphere of Venus at solar minimum was studied using a one-dimensional MHD model. The calculated electron density profiles were compared with those obtained by the Pioneer Venus radio occultation measurement at solar minimum. The result suggests that the solar minimum Venus ionosphere is totally magnetized by the solar wind, which is analogous to the solar maximum ionosphere during the high solar wind dynamic pressure.

1. はじめに

太陽活動極小期の金星電離圏は、Pioneer Venus では軌道の関係で、直接測定ができなかった。唯一の電離圏のデータは radio occultation で得られた電子密度の高度分布である。最近、1984-87年頃の極小期のデータの解析結果が発表された [Woo and Kliore, 1991; Kliore and Luhmann, 1991] (図1)。それによると極小期の金星電離圏は次のような特徴を持っている：(1) 電子密度のスケールハイトが極大期の時に比べ非常に小さい、(2) 180-200 km付近で小さな電子密度のピークあるいはふくらみが現われる場合がある。今回は極小期の金星電離圏モデルを用い、このデータを検討してみる。

2. 結果

1次元のMHDモデルを用いて、極小期の金星電離圏モデルを作った。磁場(太陽風による誘導磁場)は約70 nTとしてある。但し、中性大気などのパラメータは推定されたものである。モデルで得られたイオン密度の分布の1例を図2に示す。電離圏が磁化されている場合、前述の(1)、(2)の特徴がかなり良く再現されることがわかった。180-200 km付近の電子密度分布の“ふくらみ”は、O<sup>+</sup>の増加によるものと考えられる。これは低高度電離圏での磁場の増加によって鉛直方向のプラズマ速度が減少してできたものであろう。この傾向は太陽風の動圧が電離圏のプラズマ圧を上回る場合の極大期の金星電離圏に似ている。

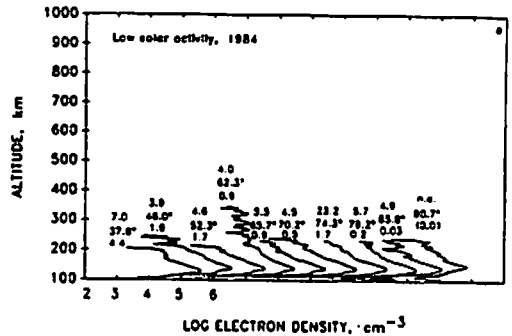


図1. Pioneer Venus で観測された太陽極小期(1984年)の電子密度の高度分布 [Kliore and Luhmann, 1991].

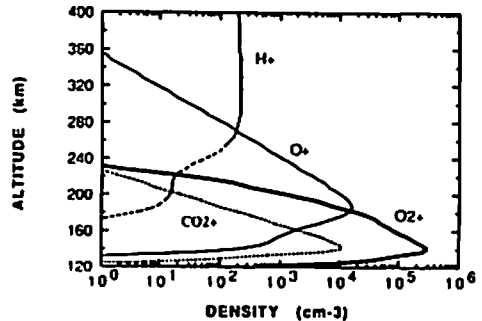


図2. モデルで得られたイオン密度の高度分布。

参考文献

Kliore, A. J., and J. G. Luhmann, Solar cycle effects on the structure of the electron density profiles in the dayside ionosphere of Venus, *J. Geophys. Res.*, 96, 21281, 1991.  
Woo, R., and A. J. Kliore, Magnetization of the ionospheres of Venus and Mars: Results from radio occultation measurements, *J. Geophys. Res.*, 96, 11073, 1991.

## 磁気圏構造 (1)

H41-01~08

座長

渡辺成昭 (通総研)

長井嗣信 (気象研)

## 磁気圏構造 (2)

H42-01~09

座長

高橋忠利 (東北大理)

小原隆博 (宇宙研)

## 磁気圏構造 (3)

H42-10~16

座長

荻野竜樹 (名大STE研)

星野真弘 (理研)

シースの磁場の乱れと磁気圏界面の考察  
 - Dayside Reconnection Idea への疑問 -

小口 高、西谷 望、萩野龍樹 (名大STE研)

Turbulence in Sheath Magnetic Field and Magnetopause Structure  
 -- A Question on Validity of the Dayside Reconnection Idea --

Turbulence characteristics of the sheath magnetic field impose a doubt on validity of the dayside reconnection idea especially the orderly reconnection line. Interaction between the sheath magnetic field and the magnetospheric magnetic field appears to be understood in terms of a diffusion process probably due to small scale sheath plasmoids.

磁気圏への運動量輸送を説明するのに、いわゆる Dayside Reconnection の考えが広く行われている。しかし、現在までのところ、これを客観的に実証する確実な証拠は何も見つっていない。著者の一人(小口)は、電場分布と磁場モデルの考察から、Dayside Reconnection の効果について疑問を投げかけて来たが、ここでは、マグネットシースと磁気圏境界付近の 16 Hz サンプリングの磁場観測資料に基づいて、再び、Dayside Reconnection の考えに疑問を提起したい。

図は ISEE 1 衛星の観測による Magnetopause Crossing の際の 16 Hz サンプリングの磁場観測を、L (Boundaryに平行北向き)、M (Boundaryに平行西向き)、N (Boundaryに垂直外向き) 座標で表示した一例である。既に、樋口(1988)の示したように、マグネットシースには平均値の数倍に及ぶ磁場のゆらぎが常に存在する。

更に、この図からわかることは、

1. シース中の磁場のゆらぎは、Magnetopause Crossing の直前までほぼ同じ大きさで続いている

2. Magnetopause Crossing 直前では、平均値強度が増大しているが、なお、シース側では平均値強度に匹敵する磁場のゆらぎが存在する

3. Magnetopause を挟んで、磁場構造は Step Function 的であって、内側、外側ともかなりの距離までは C-F 電流の磁場が拡散しているように見える

という三つの事実である。

これらの事実から、次のことが言える。

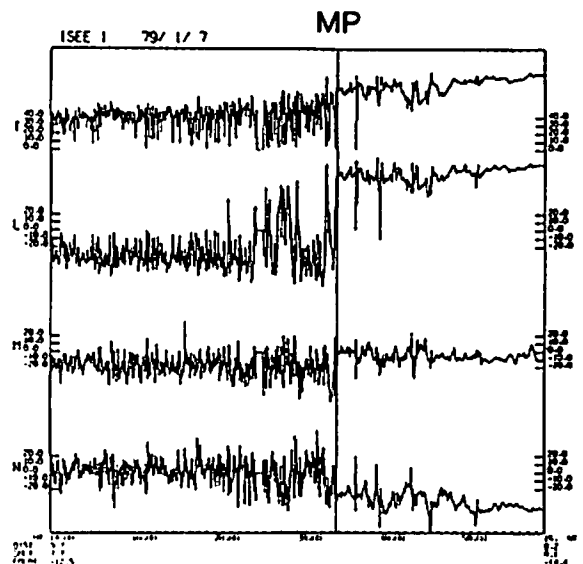
1. エネルギー的に見れば、シース領域の乱れは基本的に流体的な乱れで、磁場の乱れは副次的なものである。

2. シース中で磁場の乱れが平均値を大き

く上回るのは、乱れが基本的に流体の乱れであるための帰結である。

3. 相接する二つの領域の一方に、磁場の平均値に匹敵する大きさのゆらぎが存在する時、従来のような Ordered Field の Reconnection Line を考えるには著しい無理がある。

4. 二つの領域を結ぶ過程は、磁場構造から見ても、揺らぎの状態から見ても拡散過程と理解する方が考え易い。



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

It has recently been suggested by a numerical eigenmode analysis [Miura et al., 1989] that the earth's magnetotail is balloon unstable. In their analysis based on a model of the 2-D geomagnetic tail they have shown that the fundamental mode, which has the maximum displacement of the field line at the equator, becomes unstable to the ballooning instability in the geomagnetic tail. Roux et al. [1991] have also suggested the possibility of the ballooning instability in the plasma sheet based on observations. Lee and Wolf [1991] pointed out, however, that in Miura et al.'s eigenmode equation a stabilizing term by the slow mode compression is not included and therefore their conclusion that the fundamental mode, which involves a slow mode compression, is balloon unstable is not conclusive.

In order to reexamine this stability problem an eigenmode equation including slow mode compression is derived based on the MHD energy principle. This equation shows that the symmetric mode, in which the field line displacement is peaked at the equator, has two stabilizing terms due to the field line tension and the compressibility. Therefore, as Lee and Wolf pointed out, Miura et al.'s analysis [1989] showing that the fundamental mode is unstable to the ballooning instability does not seem to be conclusive. Interestingly enough, however, the derived eigenmode equation shows that for the antisymmetric mode, which has the antisymmetric displacement of the field line with respect to the equator, the stabilizing term by the compressibility vanishes. Therefore, the antisymmetric mode seems to be more unstable than the symmetric mode. In order to pursue this possibility further a numerical eigenmode analysis for the antisymmetric mode is performed. This analysis shows that the antisymmetric second mode becomes indeed unstable to the ballooning instability, if the plasma  $\beta$  at the equatorial plane of the geomagnetic tail exceeds a critical plasma  $\beta$ . Such an antisymmetric mode may represent a fluttering of the geomagnetic tail. The detail of the unstable eigenmode distribution and the dependence of the critical  $\beta$  value of the instability on the position of the boundary of the ionospheric side are discussed in detail.

#### Acknowledgements

The author would like to thank L. Chen, D.-Y. Lee, S. Ohtani, A. Roux, T. Tamao, and R.A. Wolf for useful discussions.

#### References

- Lee, D.-Y., and R.A. Wolf, submitted to *J. Geophys. Res.*, 1991.  
Miura, A., S. Ohtani, and T. Tamao, *J. Geophys. Res.*, **94**, 15231, 1989.  
Roux, A. et al., *J. Geophys. Res.*, **96**, 17697, 1991.



# H41-03 Prediction of the magnetopause distance by using the magnetic field data acquired in the dayside magnetosphere

Hideaki Kawano and Susumu Kokubun

Department of Earth and Planetary Physics, University of Tokyo

When we study the magnetopause processes by using the spacecraft data, it is important to know the distance from the spacecraft to the magnetopause: if we can remotely sense the magnetopause from inside the magnetosphere, we can sort the spacecraft data by the distance from the magnetopause to the spacecraft, and thus we can study the magnetopause process more precisely than before.

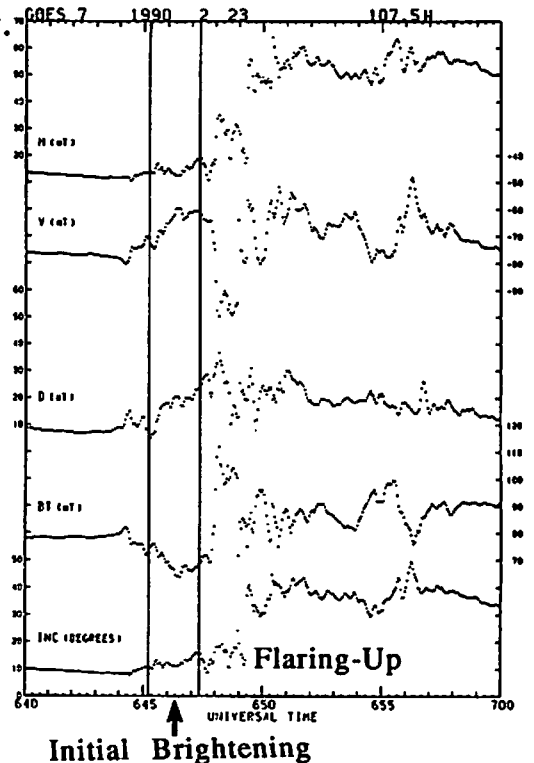
*Williams [JGR, p101, 1979], Fritz and Fahrenstiel [JGR, p2125, 1982] and Daly [GRL, p1329, 1982]* discussed the method of remote sensing of the magnetopause by using the energetic particles data. On the other hand in this report, we present a method to predict the magnetopause distance by using the magnetic field data only. Our method is based on a model of the magnetospheric magnetic field presented by *Choe and Beard [PSS, p595, 1974; PSS, p887, 1975]*. In their model, the shape of the magnetopause and the magnetospheric magnetic field are self-consistently determined assuming a pressure-balance between the solar wind dynamic pressure and the magnetic pressure of the magnetosphere. Thus in their model the magnetospheric magnetic field contains information on the compression of the magnetopause by the solar wind, and thus contains information on the magnetopause distance.

We have utilized the model presented by Choe and Beard and prepared a routine to predict the magnetopause distance from the magnetic field in the magnetosphere. We have applied the routine to simultaneously acquired magnetic field data of AMPTE/CCE, GOES 5 and 6. The apogee and perigee of CCE is  $8.8$  and  $1.2R_E$ . GOES 5 and 6 are the geostationary satellites. As a result we have found that the three values of the magnetopause distances predicted from data of the three satellites agree within  $1R_E$ , even when the satellites are separated by  $\sim 6$  hours in LT and  $\sim 3R_E$  in radial distance. We have also applied our routine to data of ISEE 1, in order to testify whether the predicted magnetopause distance agrees with the actual distance observed at the time of magnetopause crossing by ISEE. As a result we have found that the two values agree well when the IMF is northward. On the other hand when the IMF is southward, our routine tends to predict the distance larger than the actual distance. This suggests the dayside flux erosion under the condition of southward IMF.

T. Nagai (Meteorological Research Institute,  
Tsukuba, Ibaraki 305)

E. Kaneda (Department of Earth and Planetary Physics,  
University of Tokyo, Tokyo 113)

The auroral imager on the Japanese spacecraft Akebono provides global images of auroral activity at rates of four per 64 seconds (four consecutive pictures with 8-second interval and 40-second dead time). These images clearly demonstrate two stages for auroral break-up; i.e., initial brightening stage (brightening in the longitudinally and latitudinally limited region) and the flaring-up stage (further brightening with east-west and north-south motion). At synchronous orbit, variations in the D (east-west) component magnetic field are detected a few tens of seconds prior to an onset of the initial brightening stage, suggesting that field-aligned currents grow first in the magnetosphere. A dipolarization onset in the magnetic field almost coincides with the onset of the initial brightening stage, although magnetic field changes are gradual in this stage. Rapid variations with high-frequency fluctuations in the magnetic field takes place in the flaring-up stage. These magnetic signatures are seen only in the initial brightening sector. Magnetic field variations apart from this sector are associated with eastward or westward expansion of auroral activity.



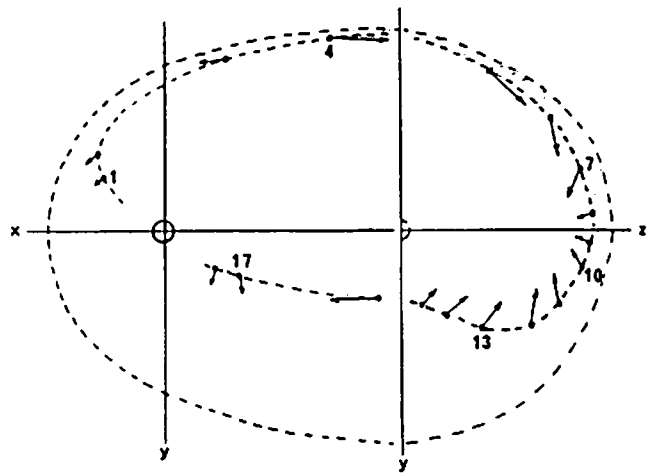
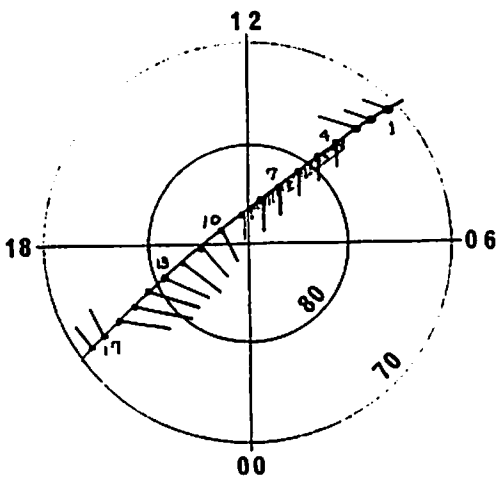
○鶴田 浩一郎、 向井 利典、 早川 基 (宇宙研)

PROJECTION OF POLAR CAP ELECTRIC FIELD TO THE MAGNETOSPHERE

K.Tsuruda, T.Mukai, and H.Hayakawa(ISAS)

Convection electric field observed by AKEBONO is projected to the magnetosphere using the Tsyganenko 1987 model. The critical point for this study is how to fit the coordinate of the model to the observation. We assumed that the poleward boundary of the trapped electrons as the polar cap boundary and scaled observation to fit the model boundary. The results suggest that the anti-sunward flow in the dayside polar cap is linked to the boundary flow in the flank and lobe of the magnetosphere.

「あけぼの」衛星で観測された極域電場が磁気圏にどの様に投影されるかという問題は電場の成因、磁気圏プラズマの運動を考える上で重要である。しかし、実際に極域電場を磁気圏電場に投影する作業は信頼できる磁場モデルが無いために多くの困難を伴う。普通は、なんとなく頭の中で投影作業を行なって極域電場と磁気圏電場をつないで磁気圏の構造をあれこれ論じているが、いくらからでも「投影」に客観性をもたせることが出来ればという考えで、チガネンコの87年モデルを使った投影を試みた。このモデルの特徴の一つである昼間側極冠が磁気圏の境界近くに投影されることを反映して、昼間側極冠の運動は磁気圏境界の運動に結びつく。投影に当たっての実際的な問題はモデルの座標(極冠の境界)と観測データの境界をどの様に一致させるかという問題がある。今回は、とりあえず対称性のよい(すなはちBy効果の小さい)時期を選んで、粒子観測から推定される極冠の境界をモデルの境界と合わせるよう観測の緯度を調整することによって投影を行ってみた。下に示した図は観測を模した疑似データによる投影の例である。斜線を施した部分がモデルの特徴を表わしている。



西田 篤弘、向井 利典 (宇宙研)、賀谷 信幸 (神戸大工)

Precipitation of solar-wind-like monoenergetic ions in the polar cap

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

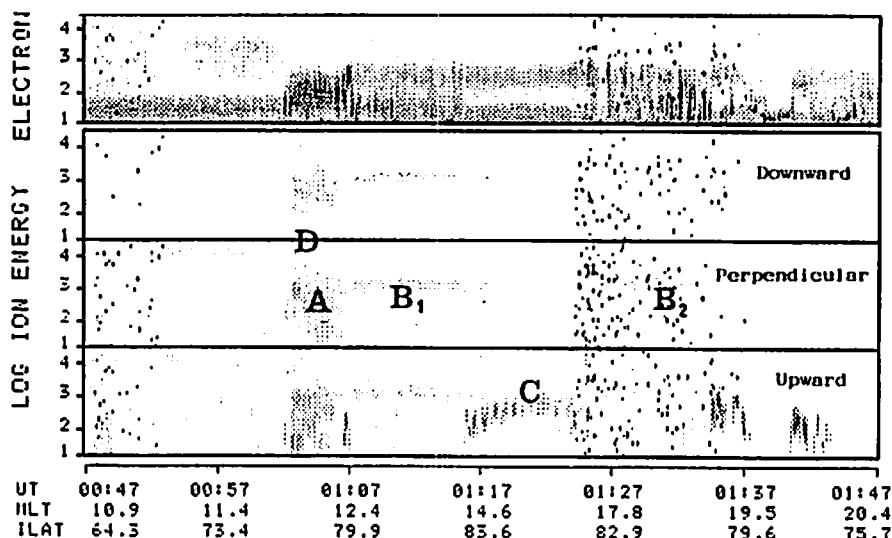
While precipitation of solar-wind ions is generally considered to occur only in the cusp region, Akebono found several cases of the precipitation of solar-wind-like ions in a wide region poleward of the cusp in the intervals of the north IMF. These ions have a sharp spectrum peaked at a few keV and consist of protons. We discuss possible entry mechanisms of these ions.

太陽風の電子は極冠域全体にわたって侵入し polar rain として観測される。これに対して、太陽風イオンの侵入はカスプ領域だけで起きるものと考えられている。しかし「あけぼの」によると、太陽風起源と思われるイオンがカスプより高緯度側の広い領域で観測されることがある。下図に例を示す。

図において、Aはカスプのイオンである。この時 IMF の  $B_z$  極性が正であったことを反映してカスプ・イオンはエネルギー分散のはっきりしない形をしている。Bが今回の発表の主題となる太陽風のイオンであり、約 2 keV を中心とする幅の狭いスペクトル構造を持っている。Bは二つの部分 (B1, B2) に分かれていて、その中間Cでは高いエネルギーを持つ上昇イオンが観測されている。イオンの組成はAでもBでもほとんど陽子であ

る。電子の polar rain は IMF の  $B_z$  が正である時には珍しく uniform に降下しているが、イオンの A, B, C 領域に対応してスペクトルに相違がある。また電子の transition boundary (TRB) よりも高緯度側までプラズマシートのイオンDが張りだしているのも興味ある事実である。

太陽風イオンの極冠への侵入機構として考えられるのは、open field line が減速されることの効果である。magnetosheath の太陽風速がアルフヴェン速度程度であると、open field line 上のイオンの平均速度は極めて低くなり、太陽方向の速度を持つ成分の位相密度が増す。極冠で観測される太陽風のイオンはこのようにして「反射・透過」されたものではないだろうか。



# H41-07 太陽風磁場とカスプから侵入した磁気圏中の熱イオン

渡辺成昭、佐川永一、巖本 巖 (通信総研)

B. A. Whalen, and Yau (カナダ国立研究院ヘルツベルグ天体物理研究所)

早川基 (宇宙科学研究所)

## Relation between IMF and Thermal Ion in Magnetosphere from Solar Wind

◦ S.Watanabe, E.Sagawa, I.Iwamoto (CRI.)

B.A.Whalen, A.W.Yau (NRCC HIA)

H.Hayakawa (ISAS)

Thermal He<sup>++</sup> can be used as a tracer of ions from solar wind through the polar cusp. The distribution of the high occurrence probability of large ion flux depend upon the location and figure of cusp region. However under positive IMF-By conditions, the He<sup>++</sup> ion typically appear in the morning sector. This appears to be related to the convection pattern, because the antisunward flow in the dayside is towards the morning sector.

太陽風の運動エネルギーはH<sup>+</sup>、He<sup>++</sup>で数キロエレクトロン・ボルト(KEV)と換算できる。低高度でカスプ磁力線の根元を探す場合はこの高エネルギーイオンと電子の、いわゆる Cusp Proper 条件を利用する。

KEV 粒子についての観測・研究は多いが、熱He<sup>++</sup>についての観測・研究は非常に少ない。しかしながらHe<sup>++</sup>は太陽風の中では主要な成分であるが地球周辺では微量成分なので太陽風から侵入するイオンのトレーサーとなり、その研究は振舞いを知るうえで重要な意義を持つ。EXOS-D/SMS は微量なHe<sup>++</sup>も測定出来る様に設計された。

太陽風He<sup>++</sup>は衝撃波を通り抜け、カスプの上部で渦状運動し、磁気圏に突入する。KEV粒子は周りの地球のプラズマと作用・衝突(小角散乱等)し波動を作り、熱化し、運動エネルギーを失い、減速し数eV~数十eVの熱イオンとなるものもある。カスプ域ではイオンサイクロトロン波を始めとして強いプラズマ波が多くの衛星によって観測されている。

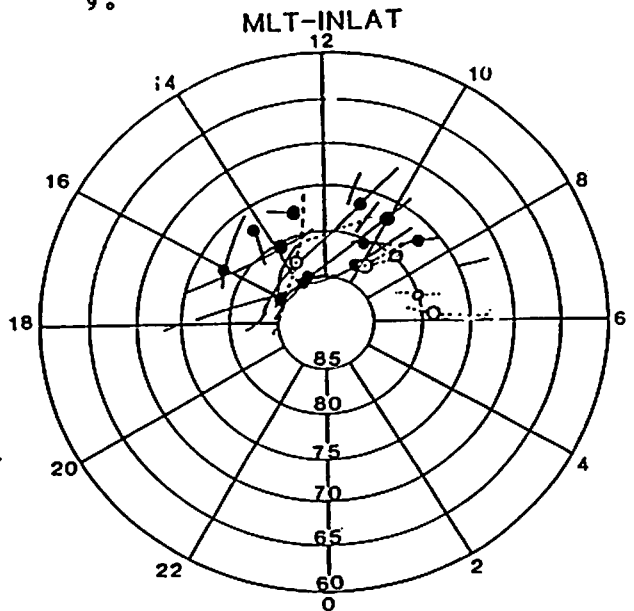
keVイオン成分はカスプの根元に落ちるが、熱イオンは複雑な動きをする事が観測・解析した結果わかった。図にSMSが熱He<sup>++</sup>を多く観測した場所を示した。実線と点線は各々、IMFが朝向き(Byが負)、夕向きであった場合を示し、黒丸、白丸は特に多く(>100カウント/サンプル)観測された極大地点を示す。IMFのByが正の時、EXOS-D/SMSは熱He<sup>++</sup>を地球の朝方で多く観測している。一般に、Byが正の時、地球極域前面に強い朝方向きの対流の流れがあり、カスプ領域におけるスピードの遅い熱He<sup>++</sup>は侵入領域から外れて朝方に吹き寄せられたものと考えられる。

又、図と同様にByに対する熱He<sup>++</sup>の観測の依存性を調べると、観測緯度はByが負の時低緯度に伸びることが見られた。これは一般に報告されている様にkeV粒子のいわゆるcusp proper によって求めたカスプ領域の移動と同じ傾向である。

太陽風起源の熱H<sup>+</sup>は熱He<sup>++</sup>と同じ様な動きをしていると思われる。

これらの特性をEXOS-Dの電場測定結果と比較し報告する。

謝辞) IMP8-IMFデータを提供して戴いたR.P.Lepping博士(NASA GSFC)に感謝致します。



IMF —● By-  
 ----○ By+  
 JAN - APR 1990  
 He<sup>++</sup>が観測された位置のBy依存性

# H41-08 C U S P における電場変動と 降下粒子との関連

○松岡彩子、鶴田浩一郎、早川基、向井利典、西田篤弘(宇宙研)、福西浩(東北大理)

Electric Field Fluctuations and Charged Particle Precipitations in the Cusp

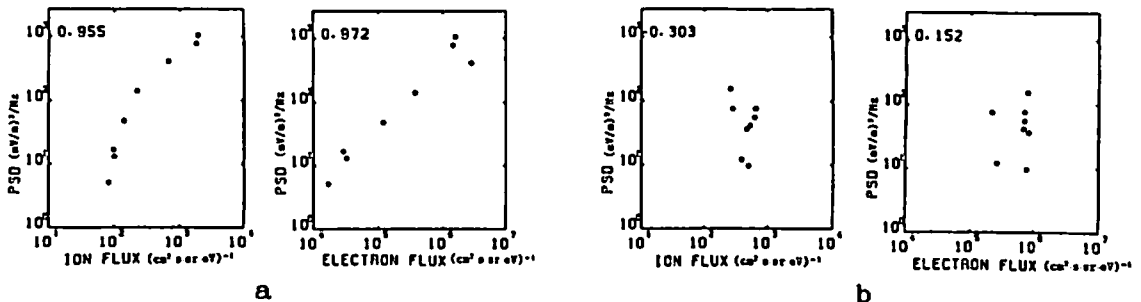
A. Matsuoka, K. Tsuruda, H. Hayakawa, T. Mukai and A. Nishida (ISAS)  
H. Fukunishi (Tohoku Univ.)

In the cusp the electric field fluctuations considered to be Alfvén waves are often observed at the altitude of several thousands km. The correlation coefficients between the power spectral density (PSD) at 1 Hz and the precipitating particle flux vary from case to case. When the latitude of the cusp is low and the IMF is expected to be southward the coefficient is high. This might suggest that the waves are generated at the injection of particles to the magnetosphere when the reconnection occurs. On the other hand, when the latitude of the cusp is high and the IMF is expected to be northward, the coefficient is low and the PSD are smaller for the same flux of the particle than when the IMF is southward. In these cases the diffusion is considered to be dominant as a particle injection mechanism and the intensity of the electric fluctuation is possibly not so intense as compared to when reconnection occurs.

あけぼの衛星に搭載された電場観測器により、C U S P 領域において激しく変動する電場が殆ど常に観測された。降下粒子及び磁場のデータとあわせてこの電場変動の研究を進めてきたが、その結果アルフベン波としての性格を強く持つことが解った。更に、昼間側での磁気圏磁場と太陽風磁場との reconnection が波を励起しているとの仮説をたてた。(Matsuoka et al., GRL, 1991)

今回はこの電場変動と IMF との関連を調べるために、C U S P の緯度 ( IMF の z 成分に強く影響されると考えられる ) により事例を分類した。下図は1990年2月19日 ( a ) と2月8日 ( b ) に得られた、電場の Power spectral density ( PSD ) と降下粒子のフラックスとの相関を示すプロットである。図中

の数字は相関係数を表す。C U S P の緯度が低く IMF が南を向いていると思われる場合には a のように相関が良く、緯度が高く IMF が北を向いていると思われる場合には b のように相関が悪い場合が多かった。このことは、波を励起する機構が IMF の南北によって異なることを示唆する。 IMF が南向きの時は、仮説のように波が reconnection によって励起され、同じく reconnection によって磁気圏内に侵入する粒子とは良い相関を示すと思われる。 IMF が北向きの時は粒子は diffusion により侵入すると言われているが、波は違ったプロセスで励起され、粒子とは余り相関を持たないと言う可能性が考えられる。



C U S P 領域で得られた電場の 1 Hz における PSD と降下粒子 ( 0.5-10 keV のイオンと 70-500 eV の電子 ) のフラックスのプロット。図中の数字は相関係数を表す。

a 1990年2月19日 23:44:00-23:47:50 UT    b 1990年2月8日 22:07:10-22:10:40 UT

°T. ABE°, B.A. WHALEN°, A.W. YAU°, and S. WATANABE°°

°Herzberg Institute of Astrophysics, National Research Council of Canada

°°Hokkaido Institute of Information Technology

The classical *polar wind* is an upward flow of light thermal-energy ions from the high latitude ionosphere, resulting from the hydrodynamic expansion of plasma at typical ionospheric temperatures. In early theoretical models, the *polar wind* is driven by ambipolar electric fields and is dominated by light ( $H^+$ ) ions. Also, they predicted that the velocity is subsonic at low altitudes ( $\leq 2000$  km) but supersonic at high altitudes.

Thermal ion observations from the Suprathermal Ion Mass Spectrometer (*SMS*) onboard the *AKEBONO* satellite were used to determine the  $H^+$ ,  $He^+$ ,  $O^+$  drift velocities parallel to the magnetic field lines as a function of altitude, invariant latitude and magnetic local time at high latitudes ( $\geq 80^\circ$ ). The observed altitude profiles of the *polar wind* velocities exhibit structure inconsistent with that predicted by classical theory.

The result of our study is summarized as follows:

1. The observed parallel velocities shown in Figure 1 for all three ion species increased with altitude, particularly at high altitudes ( $\geq 5000$  km) on the day-side. Heavy ion velocities were typically lower than  $H^+$  velocity.
2. Measurable parallel ion velocities ( $> 2$  km/s) were observed above 2000 km for  $H^+$ , and about 5000 and 6000 km respectively for  $He^+$  and  $O^+$ .
3. Significant differences were observed between the averaged day-side and night-side altitude profiles, particularly above 5000 km. For example, the  $H^+$  velocity at 7000 km altitude was 12 km/s in the day-side and 4 km/s in the night-side. Also, the night-side profiles exhibit smaller velocity gradients, which are believed to be related to the ion density depletions and the low ion temperatures observed at mid-altitudes (5000 ~ 8000 km) in the night-side.
4. In general, the polar wind velocities are higher on the day-side than the night-side. This feature, which may be related to the solar terminator, is independent of altitude and local time.

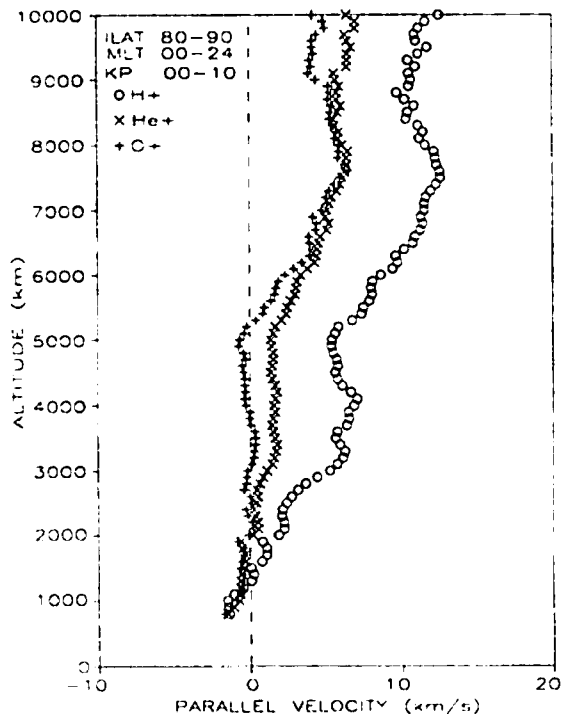


Fig.1 Altitude profiles of the polar wind velocity averaged over the polar cap.

あけぼの衛星で観測されたカスプ領域の  
沿磁力線電流構造

福西 浩 (東北大理)、向井利典 (宇宙研)

Akebono Observations of Field-Aligned Currents in the Dayside Cusp Region

H. Fukunishi<sup>1</sup> and T. Mukai<sup>2</sup><sup>1</sup> Upper Atmosphere and Space Research Laboratory, Tohoku University<sup>2</sup> Institute of Space and Astronautical Science

Spatial structures of field-aligned currents in the northern-hemisphere dayside cusp region has been studied using the Akebono magnetic field and particle data obtained from 53 passes in January and February 1990. It has been found that the flow directions of field-aligned currents located poleward of the cusp region are upward for IMF  $B_y > 0$  and downward for IMF  $B_y < 0$  regardless of magnetic local time. In the cusp region the current system is characterized by the existence of a number of small-scale currents, although the average flow directions of field-aligned currents are downward for IMF  $B_y > 0$  and upward for IMF  $B_y < 0$ .

DMSF F7 と HILAT 衛星の磁場および粒子データから Bythrow et al. (1988) は、カスプ粒子降下領域は Region 1 FAC に対応し、Iijima and Potemra (1976) の見つけた Cusp FAC は、その高緯度側に位置することを見出した。しかし、彼らの結果は IMF  $B_y > 0$  の 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は検討されていない。一方、Erlandson et al. (1988) は Viking 衛星の 48 軌道の粒子と磁場データから、カスプ領域の電流構造は基本的には Iijima and Potemra (1976) の結果と一致するが、IMF  $B_y$  依存性があり、 $B_y < 0$  では午後側の電流構造が午前側に、 $B_y > 0$  では逆に午前側の電流構造が午後側にシフトすることを示した。しかし粒子データに関しては特定のエネルギーチャンネルのフラックスだけを用いた解析であるため、カスプ領域の同定は不完全であり、この領域を特徴づける粒子の微細構造の検討もされていない。

そこで 1990 年 1 月～2 月に昼側カスプ領域を通過したあけぼの衛星の 53 軌道の磁場および粒子データを用いてこの領域での電流構造を詳しく調べた。その結果以下のことが明らかとなった。

- 1) カスプ領域のすぐ高緯度側に位置する FAC (ロープセルに対応すると思われる) は prenoon と postnoon で電流の向きが逆転するのではなく、同方向であり、IMF  $B_y > 0$  と  $B_y < 0$  で逆転する (北半球では  $B_y > 0$  で上向き、 $B_y < 0$  で下向き)。
- 2) カスプ領域の電流系は、平均的には  $B_y > 0$  で下向き、 $B_y < 0$  で上向きとなるが、一般に複雑な微細構造をもつ。
- 3) IMF  $B_y > 0$  の場合、カスプ領域の下向き FAC に重なって多数の緯度幅の狭い上向き FAC が出現し、粒子にも同様の構造が見られる (Fig. 1a)。

- 4) IMF  $B_y < 0$  の場合、カスプ領域の上向き FAC の低緯度側境界付近にしばしば下向き FAC が出現する (Fig. 1b)。

これらの結果にもとづきカスプ粒子降下領域での沿磁力線電流の生成機構について議論する。

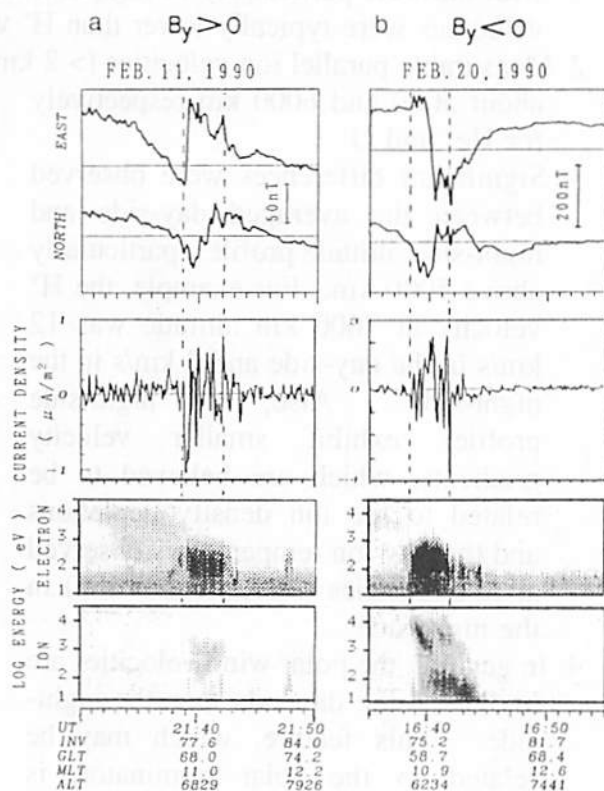


Fig. 1. Field-aligned currents and precipitating particles observed by the Akebono satellite.



# H42-03 極冠域降下電子出現の IMF 依存性

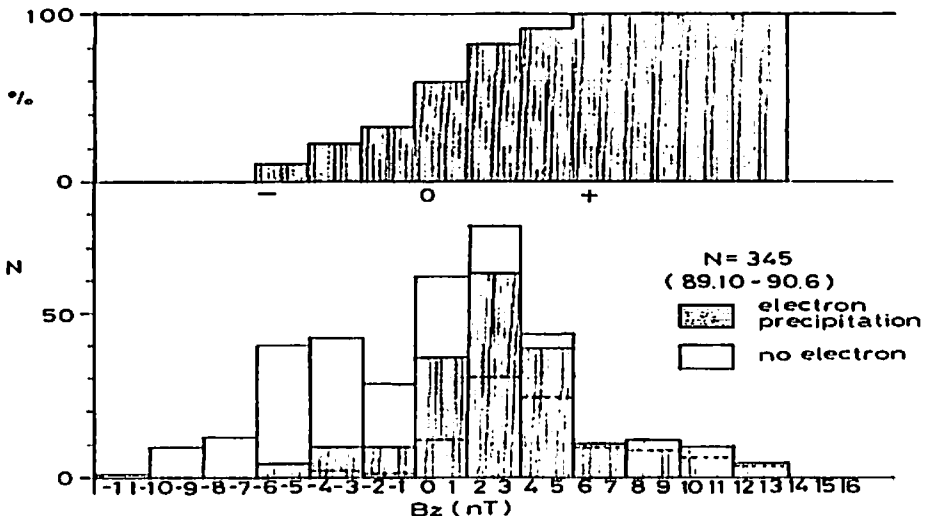
°小原隆博、向井利典、西田篤弘、中川朋子 (宇宙研) R. Lepping (NASA/GSFC)

## IMF Control of the Electron Precipitation in the Polar Cap

°Obara, T., T. Mukai, A. Nishida, T. Nakagawa ( ISAS )  
and R. Lepping ( NASA/GSFC )

Obara et al. (1992) have investigated the temperature of precipitating electrons into the entire polar cap region during magnetically very quiet periods. It was found that the temperature of electrons precipitating into the polar cap region takes rather low value ( about 30 eV ), compared with that in the auroral oval region ( about 200 eV ). They have concluded that the polar cap electrons originate in the magnetosheath. Though it was mentioned that the entire polar cap region is filled with lots of electron spikes during magnetically very quiet periods, a fully statistical, or quantitative, study has not been given yet.

We have made a statistical study on the IMF control of the electron precipitation into the polar cap region by using the EXOS-D ( Akebono ) and IMP-J observation data ranging from Oct., 1989 to June, 1990. Total number of data sets, say Akebono crossing of the polar cap region, came to 345. Bottom panel of the Figure indicates the Bz dependence of the electron precipitation into the polar cap region. Hatched portions correspond to the cases when the polar cap was filled with the spike-like electron precipitations as well as trans polar arcs, while white portions indicate the cases when no electron precipitation or only the so-called polar rain was seen. Top panel in the Figure shows percentage occurrence for both cases. From the results of this study, it can be concluded that the electron precipitation is strongly controlled by Bz. We can also see a transient portion ranging from -5nT to 5nT.



Reference: Obara, T. et al.; Identification of the polar cap boundary, Proc. of Nipr Symp. on Upper Atmospheric Physics in the nightside sector, 1992 ( in press ).

# H42-04 夜側オーロラ帯の極側境界における降下電子の特徴

向井利典 (宇宙研)、斎藤義文 (京大・理/宇宙研)、早川基 (宇宙研)  
町田忍 (宇宙研)、賀谷信幸 (神戸大)

## Characteristics of auroral electron precipitations around the polar cap boundary on the night side

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

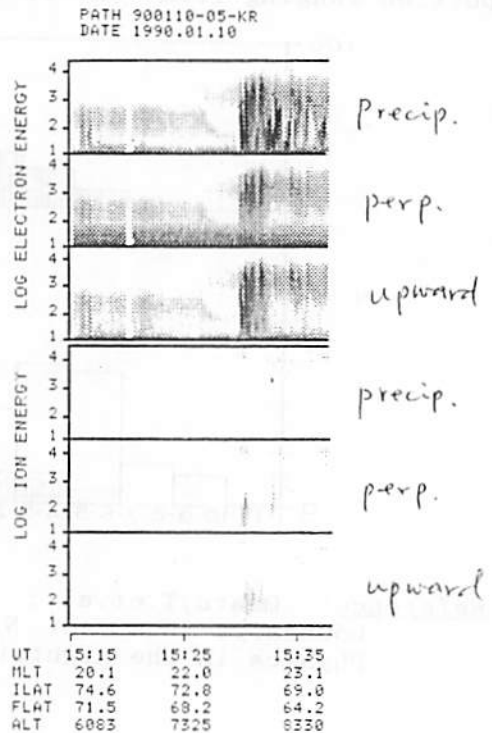
Characteristics of electron precipitations around the polar cap boundary in the night side auroral zone are examined in detail based on the EXOS-D LEP observations. It is noteworthy that the transition between the polar rain and PSBL at times shows a strange gap with energy dispersion, and sometimes both electrons are observed simultaneously along the same field line. We interpret this as a signature of the polar rain entry into the plasma sheet. Energy dispersion is probably caused by the velocity filter effect due to ExB convection, though additional effects due to the distant neutral line formation might exist on the dispersion in PSBL electrons.

「あけぼの」衛星による夜側オーロラ帯の極側の端で、磁気圏尾部プラズマシート境界層 (PSBL) に対応すると思われる降下粒子が観測されることがある。その特徴の一つは、しばしばエネルギー分散を示すイオンビームの存在であり、もう一つは polar rain との奇妙なギャップである。前者は磁気圏尾部で観測される高速流に対応するものと考えられるが、その素性についてはもう少し詳しく斎藤、他で論ずる。ここでは後者の電子の特徴について議論する。

polar rain と PSBL 電子の奇妙なギャップとは、図に示すように、エネルギー分散が見えることである。高緯度から低緯度方向に見ていくと、polar rain は高エネルギーから消えていき、一方、PSBL 電子は 1 keV 程度の電子が最も高緯度側に張り出している。両者の間のギャップの様相は、polar rain の消える点と PSBL の境界が離れている場合、だいたい一致する場合、オーバーラップしている場合と様々である。もちろん、ギャップがなく連続につながっている場合もある。両者のギャップの様相は様々であるが、基本的にはエネルギー分散があるものと筆者らは考えている。

エネルギー分散現象に対する最も単純な解釈は、ローブから PSBL にかけての対流電場によるものであるとするものである。PSBL は素性が異なるので、distant neutral line 形成に伴う別の原因がさらに加味される可能性もあるが、polar rain については多分これでよいのではないかと思われる。オーバーラップしている場合は、フラックスのエネルギー分布には 2 つのピークがあり、前後関係から考えると、

起源の異なる polar rain と PSBL 電子が同一磁力線上に混在していることになる。このことは、polar rain の存在する磁力線の先で neutral line が形成され、加速された電子が低速の polar rain に追いついてきた結果であると解釈する事ができる。逆にいえば、これは、polar rain がプラズマシートに侵入するプロセスを見ていることになる。これらのことについて、対流電場との比較から定量的な議論を行なう。



# 夜側オーロラ帯で観測される 速度分散を伴ったイオンビームの分布関数

齋藤義文(京大理/宇宙研) 向井利典(宇宙研) 早川基(宇宙研)

## Distribution Function of the Velocity-Dispersed Ion Beams in the Nightside Auroral Zone

Yoshifumi Saito (\*/\*\*), Toshifumi Mukai (\*\*), Hajime Hayakawa (\*\*)

(\*) Faculty of Science, Kyoto University

(\*\*) Institute of Space and Astronautical Science

Energetic ion beams are frequently observed near the poleward edge of the night side auroral zone. The beam energy decreases as the satellite flies from higher to lower latitude, showing velocity dispersion. In order to know the distribution function of these ion beams at the source region, we calculated the distribution function by eliminating the dispersion. The calculated distribution functions can not be necessarily fitted by shifted Maxwellian, though about one thirds of them can be fitted by shifted Maxwellian. The deceleration of the ions by the parallel electric field over the satellite may cause some error in calculating the source distribution function.

plasma sheet boundary layer (PSBL) では磁力線に沿ったイオンの高エネルギービームが ISEE-1, 2, AMPTE 等様々な衛星で観測されてきた。このイオンの高速流は neutral sheet 付近で cross tail 電場によってイオンが加速されてきたものと考えられており、地球に近づくに従って dawn-dusk 電場による  $E \times B$  ドリフトをうけるため速度分散を示す。低高度の衛星によるこのイオンビームの観測としては、AUREOLE-3 によるもの (< 2000 km) が報告されている。

「あけぼの」衛星でも夜側オーロラ帯の極側の端付近で、速度分散を伴う高いエネルギーのイオンの降り込みがしばしば観測されている (Fig. 矢印)。このイオンが PSBL で観測されるイオンの高速流に相当するものであるかどうかを調べることは、「あけぼの」高度における PSBL と ポーラーキャップの境界を決定する上でも重要である。これらのイオンのソースにおける磁力線方向の分布関数を調べるため、分散を示している部分の分布関数を加算することによって、分散を取り除いた分布関数を計算した。ISEE-1, 2 の観測によるとイオンの高速流の磁力線方向の分布関数は shifted Maxwellian でよくフィットできるという報告もあるが、今回算出した分布関数の中には shifted Maxwellian でフィットすることのできないものがある。これらのフィットできないものの中には

### 2. 測定エネルギーの上限 (16keV) の存在

などの影響を受けているものがあると考えられ、ソースの分布関数を考える上で注意する必要がある。講演では、shifted Maxwellian でフィットされた分布関数について、そのシフトした速度、温度と他の物理量との相関についても議論する予定である。

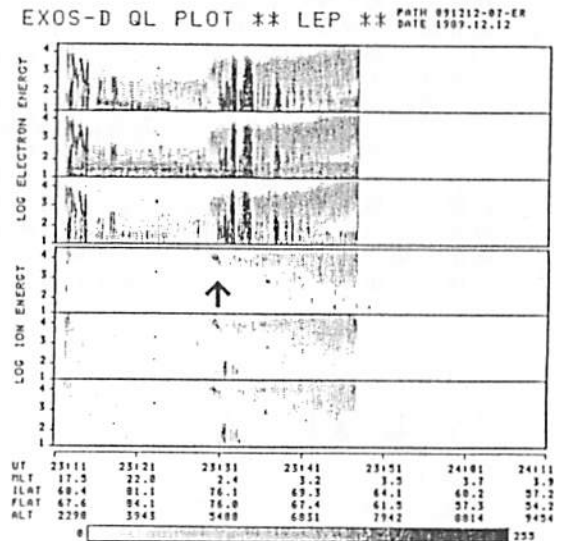


Fig.

### 1. 衛星より高い高度の $E_{||}$ によるイオンの減速

大家 寛<sup>(1)</sup> 森岡 昭<sup>(1)</sup> 飯島 雅英<sup>(1)</sup> 斎藤 尚生<sup>(1)</sup>  
 湯元 清文<sup>(2)</sup> 中川 朋子<sup>(3)</sup> 小山 孝一郎<sup>(3)</sup>  
 (1) 東北大理、(2) 名大太陽地球環境研、(3) 宇宙研

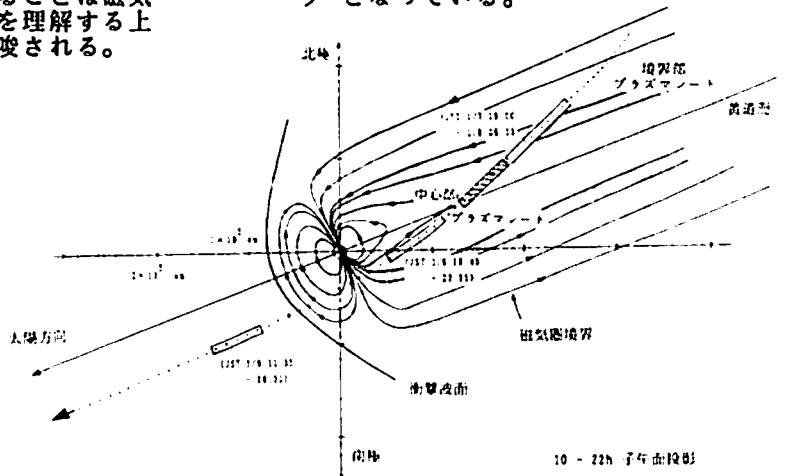
Observations of Magnetosphere by Sakigake Spacecraft

H. Oya,<sup>(1)</sup> A. Morioka,<sup>(1)</sup> M. Iizima,<sup>(1)</sup> T. Saito,<sup>(1)</sup>  
 K. Yunoto,<sup>(2)</sup> T. Nakagawa,<sup>(3)</sup> K. Oyama<sup>(3)</sup>  
 (1) Geophys. Inst. Tohoku Univ.; (2) STE Lab., Nagoya Univ.; (3) ISAS

From January 7 to 9, the Sakigake spacecraft had been passed through the magnetosphere entering at the magnetopause with distance of 52 Re ( Re: the earth radius ) in the dawnside, making closest approach to the earth with distance of 12 Re at January 8, 23:08 (JST), and passing the bow shock at January 9, 05:25 JST. The onboard instruments of PWP, IMF and SOW had made complete observation acrossing i) Magnetotail lobe, ii) Boundary plasma sheet, iii) Central plasma sheet, iv) Magnetosheath and v) Bow shock, in one passage of the Sakigake spacecraft. The detailed correlative data for the studies on the substorm mechanism have also been obtained by combining observed AKR with the insitu magnetic field data. The present Sakigake data are also important for studies on the origin of the boundary plasma sheet region that may contain clue to understand the formation of the magnetotail.

1. 序 1992年1月8日23時9分5秒JST、「さきがけ」が発射後7年の旅を経て89,900 kmまで地球最接近をし、1月7日から9日まで、磁気圏中(第1図)においてプラズマ波動(PWP)、磁場(IMF)及びイオン流(SOW)の観測を行った。7年間の惑星間空間のオペレーションの後も一切の故障もなく三つの観測器は多くの成果を納めた。
2. 磁気圏ロープ 磁気圏境界を1992年1月7日15:45(JST)に横切り、「さきがけ」は磁気圏ロープに入った。太陽風は完全にとまり、プラズマ波動がいっせいに静まり、X方向のみ卓越する磁場成分がこの領域の特徴を明確に示している。
3. 境界域プラズマシート(BPS) 1992年1月7日23:00(JST)に「さきがけ」は境界域プラズマシートに入り、4時間にわたって連続してこの領域の観測を行った。まず、70Hz-2.8kHzにかけて、非常に広範囲でスパイク状のプラズマ波動(BEN)が観測されるとともに、間欠的にイオン流が地球側から飛来するのがこの領域の特徴であった。これらの原因を解明することは磁気圏尾の構造とダイナミクスを理解する上で極めて重要であることが示唆される。
4. セントラルプラズマシートの通過とサブストームへの会合 1月8日03:00(JST)「さきがけ」はセントラルプラズマシートの領域に入った。極めて興味深いことは、この後5回以上にわたってサブストームに遭遇したことである。オーロラキロメートル電波(AKR)放射が30分程の単位で繰返したが、ほぼこのAKRの放射と同期するようにX,Zの磁場成分が大きく変わり、地球と「さきがけ」の間において磁気再結合がおこりプラズモイドとなって尾部に飛来する部分に「さきがけ」が入っていたことを示している。
5. 衝撃波面通過 1992年1月9日05:25(JST)「さきがけ」は衝撃波面を通過した。プラズマ波動のELF帯全チャンネルにわたり一斉に上昇をみせる擾乱に、磁場の急激な降下、太陽風速のとび、は全て予想されたBow Shockの姿を描き出しているが、この部分も詳細に分析し理論やシミュレーションと対応させることによりBow Shockの形成プロセスを解明するための重要なデータとなっている。

第1図  
 10 - 22 時子午面に投影された磁気圏モデルと「さきがけ」の軌道。軌道上の各点は1時間間隔を示す。



高橋忠利<sup>1)</sup>、齋藤尚生<sup>1)</sup>、湯元清文<sup>2)</sup>、大家寛<sup>1)</sup>、中川朋子<sup>3)</sup>、小山孝一郎<sup>3)</sup>  
 1 東北大・理、2 名大・STE研、3 宇宙研

Various magnetic variations in the earth's magnetosphere as observed with Sakigake

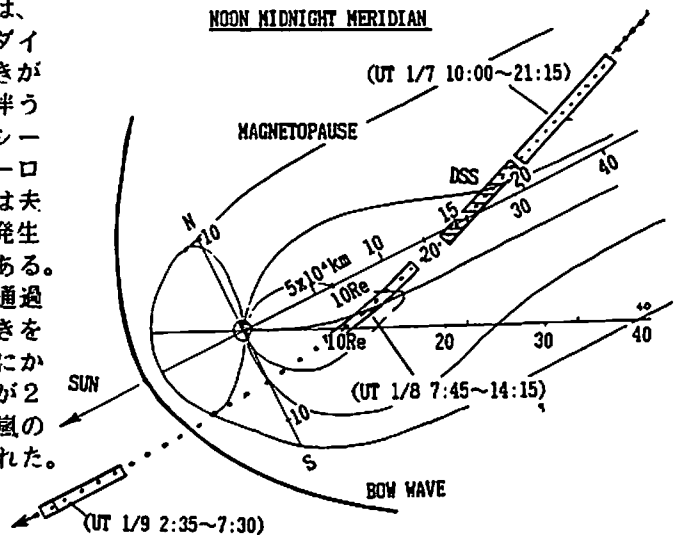
T. TAKAHASHI<sup>1)</sup>, T. SAITO<sup>1)</sup>, K. YUMOTO<sup>2)</sup>, H. Oya<sup>1)</sup>, T. NAKAGAWA<sup>3)</sup> and K. Oyama<sup>3)</sup>  
 1) Geophysical Institute, Tohoku Univ.  
 2) Solar Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University  
 3) Inst. of Space and Astronautical Science

After the launch in 1985, the comet Halley spacecraft "Sakigake" returned and swung by the Earth on 8th January, 1992. Many interesting magnetic variations were observed in the magnetosphere with the ring-core magnetometer; Multiple crossings of the magnetopause, plasmoid-associated magnetic variations, (multiple) crossings of the neutral sheet, Ps 6 type pulsations, and others. Signification of the observation are discussed in the frame of physics of the earth's magnetosphere and comparative magnetospheres.

【序】 1985年1月8日に打ち上げられたハレー彗星探査機「さきがけ」は、搭載観測機器が全て正常に動作したまま6年ぶりに地球に再接近した。「さきがけ」は Distant Tail から地球磁気圏に突入り図1に示したような軌道をとって昼側の磁気圏界面から脱出し、現在地球磁気圏上流の太陽風諸量を観測中である。地球磁気圏通過中に磁力計は、磁気圏界面の構造とダイナミクス、磁気圏尾部の諸擾乱、プラズモイド関連現象など、僅か1回の軌道の中で、多様な現象を観測した。ここでは、「さきがけ」によって得られた磁気圏磁場観測結果のいくつかの特徴について述べ、磁気圏物理学に於ける意義を論ずる。

【議論】 「さきがけ」は彗星磁気圏、太陽磁気圏の観測を行った後、今回地球磁気圏の観測を行った。今回はスイングバイの軌道がよく選ばれたために、我が国の探査機としては初めての  $-45R_E$  という distant tail から、貴重かつ多様な磁場変動現象を観測することが出来た。そして、Geotail による詳しい観測が一層重要であることを示すことが出来た。また、本研究チームがさきに提唱した日本固有の連続撮影法によって、彗星磁気圏尾ダイナミクスの観測研究が大きく進展したが、今回「さきがけ」で観測された地球磁気圏尾のはためき現象は、比較磁気圏学的に深い示唆を与えていると思われる。現在再び磁気圏上流で大陽風を観測しながら、今後数回磁気圏スイングバイ観測が行われる予定である。

【観測の概要】 「さきがけ」は、1月7日の15:40UT 以後少なくとも2回以上の磁気圏界面多重通過を観測した。この圏界面多重通過は、特に冬至に近い大きく歪んだ磁気圏尾部のダイナミカルなはためきを示唆している。「さきがけ」はローブ通過中から既にオーロラ嵐に伴う磁場変動を観測し始めた。そしてプラズマシート通過中を含めて少なくとも8回以上のオーロラ嵐性磁場変動を観測した。これらの変動は夫々興味ある個性を示しており、オーロラ嵐発生機構に関する多様な情報を示唆するものである。1月8日の9時25分から、磁気赤道面の通過が1回半確認され、これもテイルのはためきを示唆している。さらに、10時から11時にかけては、サブストームに伴うPs 6型脈動が2度観測されており、磁気圏内でのオーロラ嵐の空間的広がりについての貴重な情報が得られた。



○中川朋子<sup>1</sup>、齋藤尚生<sup>2</sup>、湯本清文<sup>3</sup>、大家寛<sup>2</sup>、森岡昭<sup>2</sup>、飯島雅英<sup>2</sup>、小山孝一郎<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>宇宙研、<sup>2</sup>東北大理、<sup>3</sup>名大STE研

Earth's Magnetosphere Observed by the SAKIGAKE Magnetometer

T. Nakagawa<sup>1</sup>T. Saito<sup>2</sup>K. Yumoto<sup>3</sup>H. Oya<sup>2</sup>A. Morioka<sup>2</sup>M. Iizima<sup>2</sup>K. Oyama<sup>1</sup>  
<sup>1</sup> ISAS, <sup>2</sup> Tohoku Univ., <sup>3</sup> STE lab., Nagoya Univ.

The Japanese interplanetary spacecraft SAKIGAKE successfully encountered the Earth's magnetosphere on January 8, 1992. The ring-gore magnetometer on-board SAKIGAKE obtained the magnetic field data in the magnetosheath, the magnetopause, and the lobe successively. SAKIGAKE detected possible plasmoids and an U-shaped sheath field.

1985年1月に打ち上げられた惑星間空間探査機「さきがけ」は、太陽から0.8-1.0AUの惑星軌道に投入されていたが、1992年1月8日、地球に14REの距離まで接近し、地球磁気圏の観測に成功した。Figure 1に地球に対する「さきがけ」の軌道を示す。この期間に「さきがけ」搭載の磁場観測装置(IMF)は、太陽風-マグネトシース-マグネトポーズ-ロープ-再びマグネトシース-パウショック、という磁場構造をほぼ連続的に観測することができたので報告する。

「さきがけ」の磁場計測は0.125秒または4秒ごとに行われた。得られたデータにはオフセット差引の後10秒または40秒のフィルターが掛けられている。オフセット値はDavis-Smith法を用いて計算した。精度を上げるため、計算の前提となる近似(磁場強度変化が小さい)の成り立たない部分を除いてオフセットを求めるソフトウェアを新たに作った。最終的な表示にはGSE座標系を用いた。

92年1月6日に太陽風中にあった「さきがけ」は、1月7日にシースからロープへ入った。Figure 2はマグネトポーズ通過時の磁場データである。擾乱の多いシース磁場から、Bxの卓越する静かで強いロープ磁場への変移(06:40UT頃)が明瞭である。

Figure 3はロープ中の磁場であるが、19:05(UT)にプラズモイドの通過と思われる磁場変化が見られた。「さきがけ」が北側のロープにあることと、最初に北向き、ついで南向きの磁場変化があることから、「さきがけ」より地球側でできて尾部へ向かって通過して行くプラズモイドと考えられる。

Figure 4には夕方側のシース磁場を示す。Bxの卓越したほぼ太陽向きの磁場が、反太陽向きの磁場へと緩やかに遷移している箇所がある。これがシース中で変形された太陽風磁場構造なのか、太陽風磁場と地球磁気圏の相互作用を示す構造であるのか、他の機器のデータともあわせて検討したい。「さきがけ」はこの後1月8日20:08(UT)にパウショックを通過し、再び太陽風に出た。

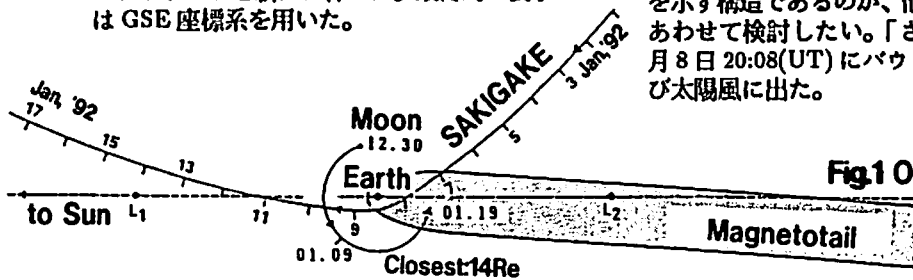
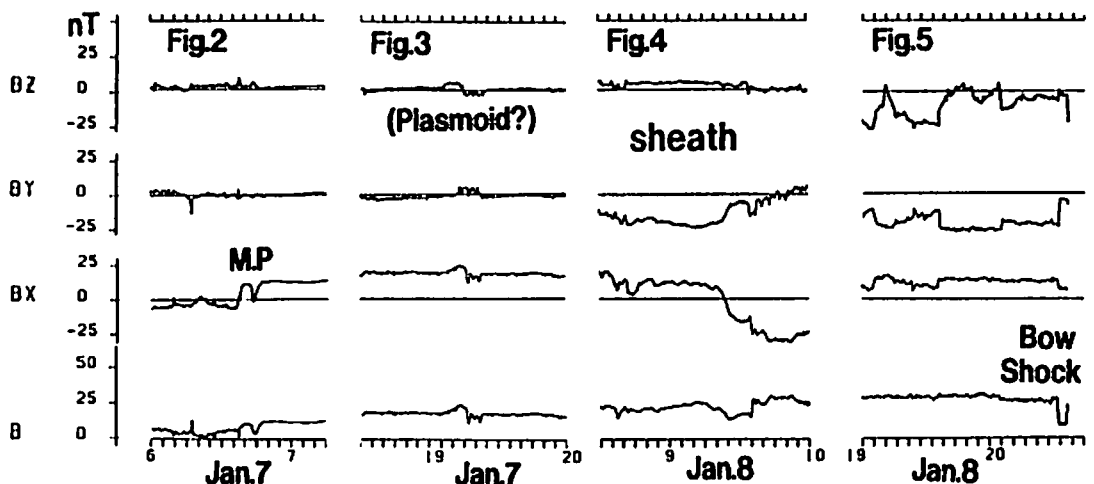


Fig.1 Orbit of SAKIGAKE



# H42-09

## 「さきがけ」により観測された磁気圏尾部中の磁場変化と 地上の地磁気変化との関連性について（速報）

○湯元清文<sup>1</sup>，斎藤尚生<sup>2</sup>，中川朋子<sup>3</sup>，大家 寛<sup>2</sup>，森岡 昭<sup>2</sup>，飯島雅英<sup>2</sup>，  
小山孝一郎<sup>3</sup>，「さきがけ」追跡班 1)名大STE研，2)東北大理，3)宇宙研

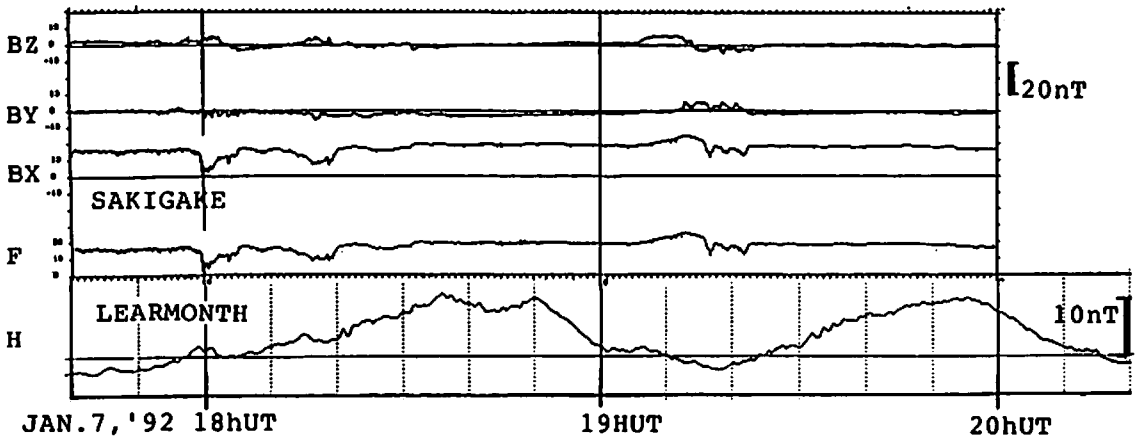
CORRELATION STUDY ON SUBSTORM-ASSOCIATED MAGNETIC VARIATIONS OBSERVED AT  
SAKIGAKE IN THE MAGNETOTAIL AND MULTIPLE STATIONS ON THE GROUND

°K. Yumoto<sup>1</sup>， T. Saito<sup>2</sup>， T. Nakagawa<sup>3</sup>， H. Oya<sup>2</sup>， A. Morioka<sup>2</sup>， M. Iijima<sup>2</sup>，  
K. Oyama<sup>3</sup>， and SAKIGAKE Team 1)Nagoya Univ.， 2)Tohoku Univ.， 3)ISAS

Sakigake, the first Japanese artificial planet, which was launched on 8 January 1985, passed through the Earth's magnetosphere on 8 January 1992. The ring-core magnetometer carried by Sakigake has successfully detected substorm-associated magnetic variations in the magnetotail region. In this paper, we will investigate the correlation between the substorm-associated variations at Sakigake and magnetic variations observed at the 210-250° magnetic meridian network stations.

1985年1月8日に打ち上げられたハレー彗星探査機「さきがけ」は、0.8 - 1.0 AUの惑星間空間を飛行し続け、7年目の1992年1月8日に地球に最接近しスイングバイによる軌道修正がなされた。「さきがけ」は1月7日7時UT頃磁気圏尾部に太陽に向かって右後方(X ~ -45 Re)から磁気圏に侵入し、同日15時UT頃(X ~ -30 Re、Y ~ 0 Re、Z ~ +6 Re)の磁気圏尾部を横切り、1月8日18時UT頃夕方側の南半球磁気圏境界を通過した後、また太陽風領域に突入した。

「さきがけ」に搭載された3つの科学観測器のプラズマ波動、太陽風、惑星間空間磁場の計測器は正常に動作し、磁気圏尾部を飛行中に興味ある変動を観測することが出来た。第1図は、AustraliaのLearmonth(緯度-22.22, 経度139.33, L=1.47)で観測された磁場変化と「さきがけ」で観測された磁場変化を示す。18時UTと19時UT頃に小振幅の湾型磁気変化が観られ、高緯度でオーロラが発生した可能性を示唆している。講演では、オーロラの発生に伴う磁気圏尾部の変動と夜側半球に位置した210-250磁気経度の地上多点で観測された地磁気変化との比較を行ったその結果の詳細とそれらの発生機構について議論する。



## H42-10 A Velocity-Shear Instability in the Magnetotail Plasma Sheet

<sup>o</sup> T. Terasawa

Dept. Geophysics, Kyoto University, Kyoto  
Department of Electrical and Computer Engineering (ECE)  
University of California, San Diego

N. Omidi

ECE and the California Space Institute  
University of California, San Diego

H. Karimabadi and K. B. Quest

ECE, University of California, San Diego

M. Fujimoto

ISAS, Sagamihara

In a linear stability analysis and a 2D hybrid simulation, we have found a new electromagnetic instability for a 1D plasma sheet equilibrium configuration, in which the sheet current is mainly carried by ions drifting in the dawn to dusk direction. This instability has some similarity with the one-fluid MHD Kelvin-Helmholtz instability (KHI) in that the velocity shear is needed for the system to become unstable. In the plasma sheet configuration, the needed velocity shear exists between the drifting ions in the plasma sheet and the stationary ions in the lobe region. However, this new instability differs from the usual KHI in that (1) the perturbations associated with this new instability propagate in the dawn-dusk direction, while those of the plasma sheet KHI considered so far have a wavevector in the sun-earth direction,

(2) the plasma sheet thickness ( $\lambda$ ) should be small enough such that  $\lambda/\lambda_i \lesssim 10$ , where  $\lambda_i$  is the ion inertia length, and

(3) the meandering ion motion around the neutral sheet supplies the energy to this instability, while the field-aligned and/or  $\vec{E} \times \vec{B}$  motion of ions is the energy source for the usual MHD KHI.

Wavy motions of the neutral sheet propagating in the dawn-dusk direction observed by Nakagawa and Nishida (GRL, 1989) are explicable as one of the consequences of this instability.



# H42-11      Enhanced Ion Mixing due to Collisionless K-H Instability

M. Fujimoto

*Institute of Space and Astronautical Science*

T. Terasawa

*Department of Geophysics, Kyoto University*

A hybrid code simulation (ion particles and massless charge neutralizing electron fluid) of the Kelvin-Helmholtz (K-H) instability is conducted for the transverse case. Starting from a nearly equilibrium shear layer with its half thickness 4 times the thermal ion Larmor radius, a vortical flow pattern is seen to grow with the growth rate and the wave length predicted from the MHD linear analysis. As the vortex grows in size, ions initially located away from the shear layer are eventually involved in the vortical motion, and are rolled-up by the vortical motion. At the nonlinear saturation phase, this rolled-up pattern is seen to collapse, and ions initially on the different sides of the shear layer are mixed with each other. The width of this mixing layer is about 5 times the initial shear layer thickness, which corresponds to 4000km at the magnetopause. We propose the ion mixing along with the growth of the K-H instability as a possible mechanism for the boundary layer formation.

## 2次元電磁ハイブリッドコード・シミュレーションによる イオンの無衝突ティアリング不安定性(2)

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

### EVOLUTION OF ION TEARING INSTABILITY (2): 2D EM HYBRID CODE SIMULATION

Takeshi MURATA      Hiroshi MATSUMOTO      Yoshiharu OMURA  
Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University

We study the evolution of the ion tearing instability using a two-dimensional electromagnetic hybrid code. Most of computational studies of the ion tearing instability have been performed by magnetostatic hybrid codes, in which the effects of electrons are neglected. However it has been theoretically discussed that the effects of electrons to the tearing instability is not negligible.

We discuss stabilization effects of electrons to the explosive growth of the ion tearing instability. The inductive electric field caused by the perturbation of the  $B_z$  components grows the tearing instability. Simultaneously electrons are accelerated by the inductive electric field. We find that this electron current suppresses the growth of the tearing instability.

2次元電磁ハイブリッド・コードを用いて、地球磁気圏尾部でのイオンのティアリング不安定性について調べた。これまでもハイブリッド・コードを用いたティアリング不安定性の計算機実験は行われてきた<sup>[1][2]</sup>。これらの研究によってイオンのティアリング不安定性の線形成長、さらに爆発的非線形成長が確認された。しかし、これらの研究で用いられてきたハイブリッド・コードの多くでは、電子の運動が考慮されていない。ところが、電子はイオンのティアリング不安定性の成長に無視できない影響を与えることが、理論的な研究により指摘されている<sup>[3][4]</sup>。この問題は現在でも議論されており、電子がイオンのティアリング不安定性を安定化するかどうかは現在のところ明らかではない。したがって、電子の運動を考慮した計算機実験は有意な結果を与えると考えられる。

本研究で用いたハイブリッド・コードは、電子を空間的・時間的に等温な質量0の流体として扱い、イオンを粒子として扱う。つまり、これまで用いられてきたハイブリッド・コードと比べ、電子の運動を考慮することができる。このコードを用いた計算機実験によって、イオンのティアリング不安定性について調べた。その結果を、これまでのハイブリッド・コードによるティアリング不安定性の研究の結果と比較し、電子の不安定性に与える影響について論ずる。我々の研究によると、イオンのティアリング不安定性の成長は、電子の安定化効果 (stabilization effect) によって抑えられることが明らかになった。特に非線形な爆発的成長は、電子の運動を考慮した場合には強い制限を受ける。これは、ティアリング不安定性の成長を助長する誘導電場が逆に成長を妨げる方向に電子を加速するからである。

これらの計算機実験の結果を定量的に解析することにより、イオンのティアリング不安定性に対する電子の影響について論じる。さらにこの不安定性が爆発的に成長する、リコネクションのメカニズムを説明し得るかを検討する。

#### 参考文献

- [1] T.Terasawa, J.Geophys.Res., p.9007, 1981.
- [2] P.L.Pritchett et al., J.Geophys.Res., p.11523, 1991.
- [3] B.Lembege and R.Pellat, Phys.Fluids, p.1995, 1982.
- [4] M.M.Kuznetsova and L.M.Zelenyi, G.R.L., 1991.

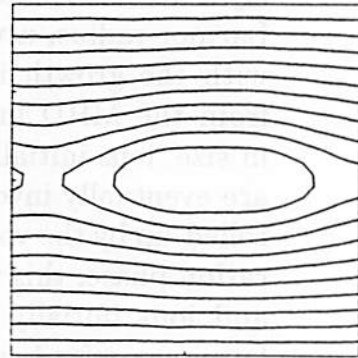


Fig.1 Magnetic field lines

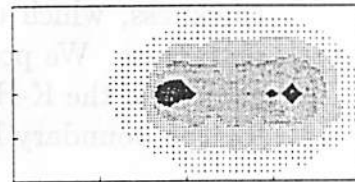


Fig.2 Ion density profile

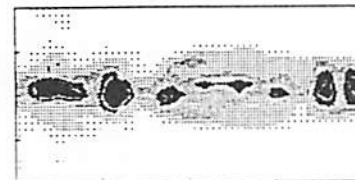


Fig.3  $J_y$  profile

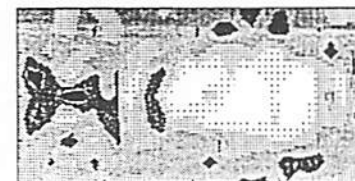
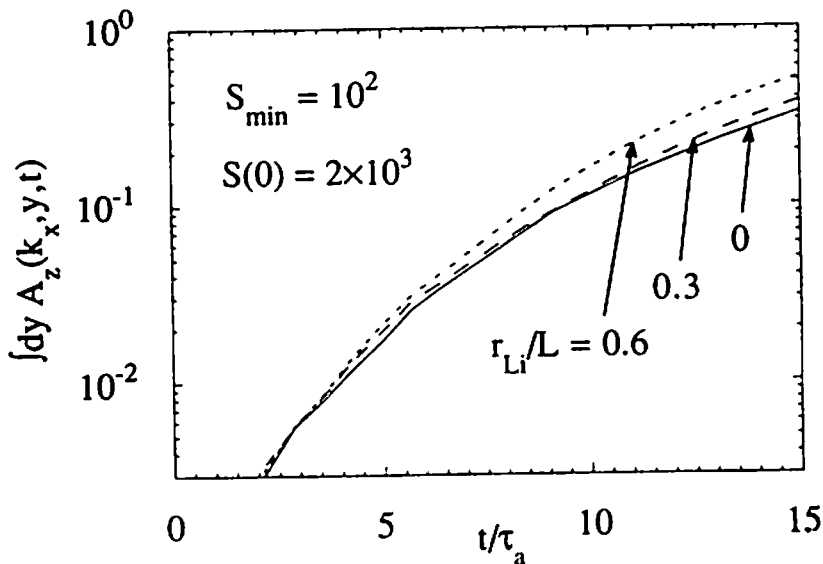


Fig.4 Electron profile (y-direction)

## Magnetic Reconnection in a Thin Plasma Sheet

M. Hoshino (Institute of Physical and Chemical Research, RIKEN)

We study the effects of the ion inertia and the finite Larmor radius on time evolution of magnetic reconnection in a plasma sheet with an anomalous resistivity caused by the Lower-Hybrid-Drift (LHD) wave turbulence. It is suggested that the reconnection mode for a plasma sheet with an evolutionary resistivity based on LHD type turbulence may be relevant to the prevalent theoretical concept of MHD magnetic reconnection and the concept of anomalous resistivity caused by microinstabilities (Hoshino, JGR, 1991). It is also found that the plasma sheet with the LHD type resistivity evolves into a thin plasma sheet whose thickness is comparable to or smaller than the ion Larmor radius (Drake et al., Phys. Fluids, 1981; Hoshino, JGR, 1991). In such a thin plasma sheet, however, it is expected that both the ion inertia effect appearing in the generalized Ohm's law and the finite ion Larmor radius effect play an important role on the time evolution of the magnetic reconnection (Vasyliunas, Rev. Geophys., 1975; Terasawa, GRL, 1983). We discuss the theoretical properties of the nonlinear evolution of magnetic reconnection with the LHD type anomalous resistivity by incorporating the ion inertia effects and the finite ion Larmor radius effect. We find that the growing time is only slightly affected by the ion inertia effect (see Figure below). We will also report the effect of the finite Larmor radius using a hybrid code simulation with particle ions and fluid electrons.



Time evolution of the vector potential  $A_z$  of the magnetic reconnection mode for three cases where the ratio of the ion Larmor radius to the plasma sheet thickness  $r_{Li}/L = 0, 0.3, \text{ and } 0.6$ .

## An MHD Simulation of the Magnetosphere by Using Parallel Computer (ADENART)

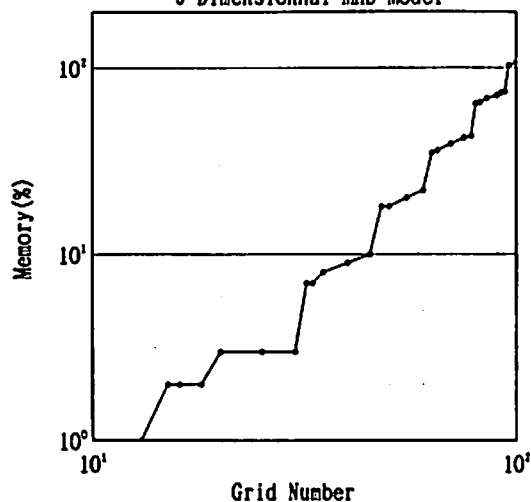
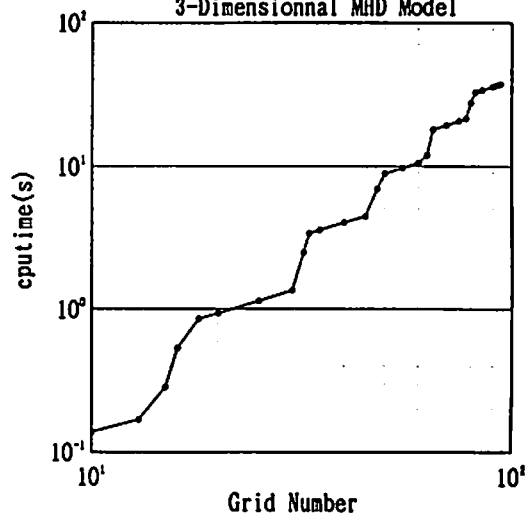
Sadaharu Goto and Tatsuki Ogino (STELAB, Nagoya University)

The supercomputer is generally classified to two category. One is vector machine and the other is parallel machine. We used a massive parallel computer, ADENART of Matsushita Computer Company to try paralyzation for the 3-dimensional MHD code and apply it to the global simulation of the earth's magnetosphere.

計算機の発展に伴って計算機シミュレーション等の大型数値計算が実際に実行できるようになり、地球磁気圏のモデリング等にも利用されて、磁気圏の構造やダイナミクスが調べられてきた。これらのモデリング・シミュレーション研究にはベクトル型のスーパーコンピュータがその高速演算機能を十分に発揮してきた。これに対して、近年計算機のメモリとcpuがコストダウンしてきたのに伴い、スーパーコンピュータのもう一つの型であるパラレル型の計算機が注目されるようになってきた。

一般に計算機の基本型である、一度に一つの命令を処理するノイマン型の計算機に比べて、流れ作業形式のベクトル型計算機は40倍の処理速度を実現でき、並列同時作業型のパラレル計算機は1万倍の処理速度を達成できると予想されている。ここに、高速の計算を必要とする磁気圏のグローバルMHDシミュレーションにとってパラレル計算機のおおきな魅力がある。しかし、その並列計算を効率よく実行するためには、並列計算機自体の設計変更と改良、コンパイラの開発・改良、実際の大型計算によるテストランを継続的に実行して行く必要がある。

私達は、そのパラレル計算機の一つであるADENART (松下コンピュータ製) を用いて、電磁流体力学モデルに基づくプログラムの並列化を実施し、地球磁気圏のグローバルなシミュレーションへの適用を試みた。下図はADENARTにおいて、Modified Leap-Frop法を用いた3次元MHDモデルで8回の時間ステップを進めた時のcpu timeと一次元方法のグリッド数 (左図) 及び使用memoryとグリッド数 (右図) の関係を示す。尚、グリッド数は3方向同じで全グリッド数は3乗になる。計算処理速度としてはVP-200等に相当する速度が実現できているが、メモリは数倍必要である。

ADENARTにおけるMemoryとGrid Numberの関係  
3-Dimensionnal MHD ModelADENARTにおけるCPUtimeとGrid Numberの関係  
3-Dimensionnal MHD Model

Tatsuki Ogino<sup>1</sup>, Raymond J. Walker<sup>2</sup> and Maha Ashour-Abdalla<sup>2</sup><sup>1</sup>Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University<sup>2</sup>Institute of Geophysics and Planetary Physics, UCLA, USA

We have used a new high-resolution three-dimensional global magnetohydrodynamic (MHD) simulation model of the interaction between the solar wind and the earth's magnetosphere in order to investigate the onset of reconnection in the magnetotail during intervals with southward interplanetary magnetic field (IMF). With the code, we solved the MHD and Maxwell's equations as an initial value problem by using a modified leap-frog scheme. In the simulation, quasi-steady state configurations of the earth's magnetosphere have been obtained at the initial time, when the parameters of the uniform solar wind were given by the number density of  $5/cc$ , velocity of  $300 km/s$  and temperature of  $2 \times 10^5 K$ . Characteristic features of the earth's magnetosphere such as the bow shock, magnetopause, cusp and plasma sheet are clearly reproduced and also a sunward magnetospheric convection around the earth are created in the magnetotail near the equator.

After the southward IMF reaches the dayside magnetopause reconnection begins and magnetic flux convected into the tail lobes. After about 35m reconnection begins within the plasma sheet near midnight at  $x = -14Re$ . Later the x-line extends towards both dawn and dusk sides. The reconnection occurs just tailward of the region where the tail attaches onto the dipole dominated inner magnetosphere. The simulation shows that prior to the onset of reconnection the Poynting flux is concentrated in this region. The time required for the start of reconnection depends on the component of the magnetic field normal to the equator ( $B_z$ ). Reconnection occurs only after the  $B_z$  component has been reduced sufficiently for the tearing mode to grow. Later when all the plasma sheet field lines have reconnected a plasmoid moves down the tail.

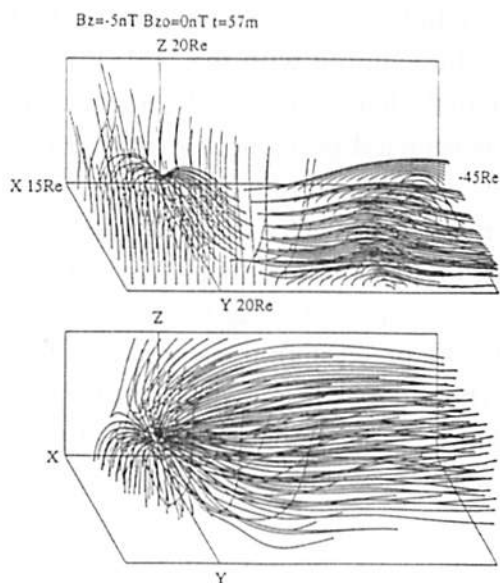


Fig.1. 3-dimensional structure of magnetic field lines for southward IMF,  $B_z = -5nT$ .

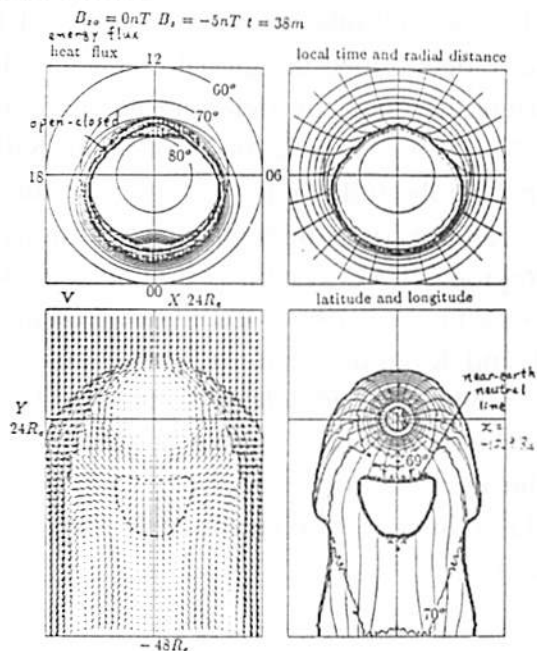


Fig.1. Polar cap and equatorial structure just after the tail reconnection occurred.

<sup>c</sup>M. Watanabe and T. Iijima (Univ. of Tokyo)

The interaction of the solar wind with the magnetosphere is highly complex and always present. We define here the ground state of the magnetosphere as the state when the interaction between the solar wind and the magnetosphere becomes minimum. The investigation of the ground state of the magnetosphere, in other words baseline magnetosphere, gives many informative knowledge about the basic processes of the magnetosphere. In reality such state that no interaction exists is never be realized since the solar wind continues to flow toward the earth persistently. Many criteria have been used to specify the quiet magnetosphere such as AE or Kp indices. It is well known that the Earth's magnetosphere is controlled by the interplanetary magnetic field (IMF). When the IMF Bz component is negative the auroral oval (substorm activity) is enhanced in particle precipitation and field-aligned currents (FACs); whereas the polar cap precipitation is relatively weak. On the other hand when the IMF Bz component is positive, the intensity of precipitation within the auroral oval is generally lower than that during substorms whereas the polar cap activity is enhanced and associates sun-aligned arcs. Therefore it is considered that the solar wind energy coupling is minimized when the IMF Bz component is nearly zero. We have picked up extremely quiet period that corresponds to the minimized energy coupling between the solar wind and the magnetosphere. We used the following criteria: (1) solar wind speed is less than 350 km/s; (2) the IMF Bz component is nearly zero and total force B is less or equal to 5 nT; (3) AE index is less than 30 nT and hourly average AE index is less than 20 nT; (4) above conditions are maintained for at least more than 2 hours. During such period we have determined the global characteristics of precipitation and energy transfer by FACs using the magnetic field and precipitating particle data acquired with the DMSP F6 and F7 satellite (at an altitude of about 840 km). Principal characteristics determined here include the following: (1) nightside auroral oval is contracted in a very narrow region. It is reported that under such conditions mentioned above the nightside Region 1 and Region 2 FAC system is diminished and instead small-scale FACs dominate (Rich and Gussenhoven, 1987). But in our present study at least on the sunlit hemisphere the Region 1 and Region 2 pattern is maintained; (2) The dawn and dusk flanks are extended, exhibiting dayside-cleft-like precipitation. This cleft-like precipitation is connected to the nightside auroral oval that corresponds to the BPS (boundary plasma sheet) that appears during substorms; (3) Near local noon of the sunlit hemisphere the relatively wide (latitudinally) cusp signature is observed and persistently associates intense FACs (~ 500 nT) .



## ULF波動

J11-01~08, P52~54

座長

林 幹治 (東大理)

湯元清文 (名大STE研)

・ 立原裕司、 魚住禎司、 篠原学、 北村泰一

九州大学理学部物理学科

Magnetic Observation System with Large Capacity Memory Card

H. Tachihara, T. Uozumi, M. Shinohara and T. Kitamura  
Department of Physics, Kyushu University

Recently 5 x 9 cm sized non volatile flush EPROM memory cards with large capacity became available in the market. By using this card as data storage, a magnetic observation system acquires high reliability, less power consumption and zero data reading error, although traditional system with magnetic tape media can easily meet to a mechanical trouble, consumes considerable power and yields often reading errors. Our final goal is to develop an unmanned magnetic observation system with this card.

九州大学では、この数年間、高感度フラックスゲート型磁力計とデータロガーから構成される観測システムの開発を行い、それにより赤道、低緯度帯での磁場観測を行なってきた。観測システムは、赤道域特有の自然・人間環境の悪さを克服するために、従来からかなりな自動化、軽量化、省電力化をはかってきた。しかし、これ以上の観測点の増加やデータの質の向上は、現システムでは行い得ない状況にたち至り、ここに観測システムの抜本的改善、つまり軽量かつ完全自動（1年間のメンテナンスフリー）化を目指すことになった。

今回はその第1歩として、大容量記憶媒体であるメモリーカードを用いたデータロガーについて報告する。

従来、このタイプの観測システムのデータ記録には、カセットテープをはじめとする磁気テープ、フロッピーディスクなどの磁気記録媒体が主に用いられてきた。しかし、磁気記録媒体は、モーターなど稼働部が必要なため、必然的に装置が複雑になり、故障が発生しやすく、消費電力が大きくなりがちであった。また、データの読みだしに時間がかかる上、観測地の劣悪な環境に長期間さらされたことによる記録媒体の変質の結果、読みだしエラーが発生することもしばしばあった。

最近、まったく新しい技術による名刺サイズ大容量のフラッシュEPROMメモリーカードが実用化、販売され始めた。この記録媒体は半導体メモリで稼働部が不要なため、装置を小さくでき信頼性が増し、書き込み時の消費電力が少なく、不揮発性のためバッテリーバックアップが要らない。また、読みだし時は、ROMからデータを読むことになるのでエラーはゼロである。今回、このメモリーカードを使用するデータロガーを開発し、従来の九州大学の観測システムに組み込んで磁場観測を行った。

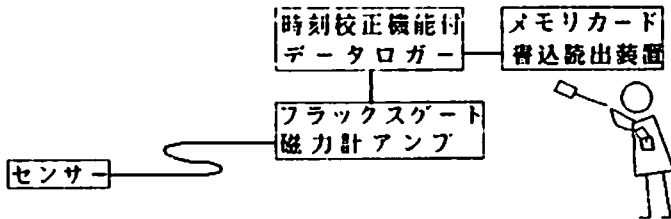


図1. 観測装置ブロック図

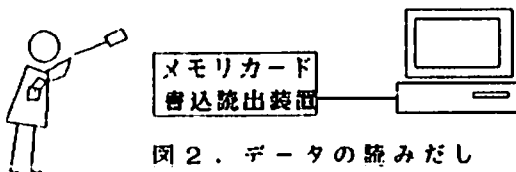


図2. データの読みだし

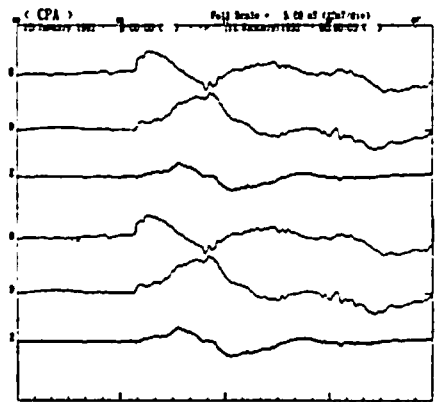


図3. メモリーカード（上）と磁気テープ（下）で記録した同日の磁場データ



# J11-02 極冠中心の磁場変動—STEP 極域観測

○林幹治、国分征（東大・理）、塩川和夫（名大・STE研）、GDC観測グループ

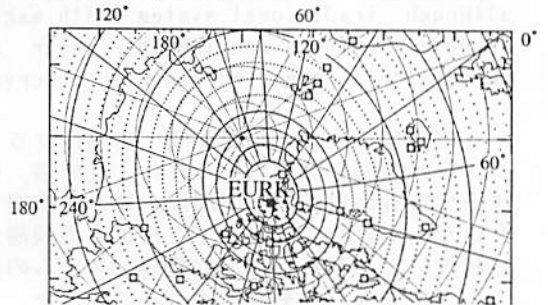
## Magnetic field variations at central polar cap — STEP high-arctic campaign

K.Hayashi, S.Kokubun(Univ. Tokyo), K.Shiokawa(Nagoya Univ.), GADC observation group(Takushoku Univ.,Tohkai Univ.,Japan; U.B.C., U.Sask.,U.Vic, Canada; U.Oslo, U.Tromso, Norway)

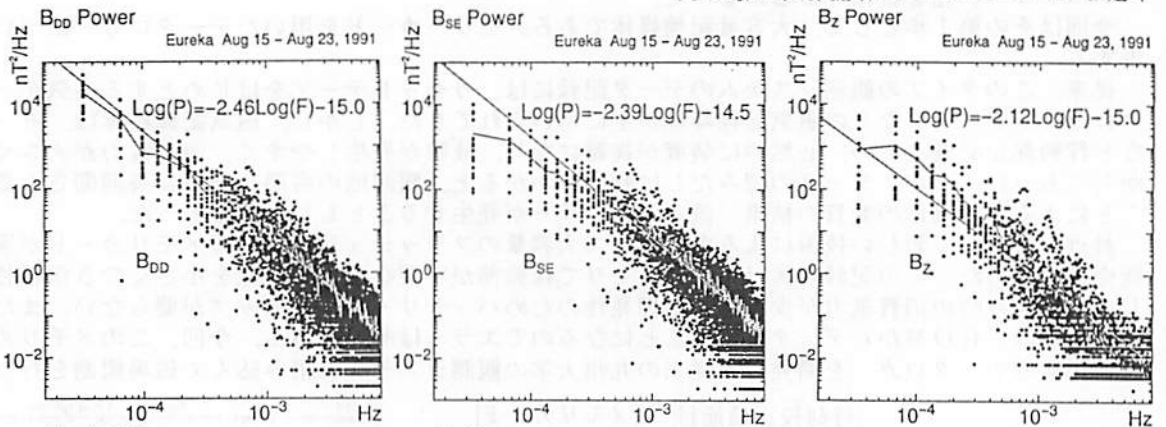
About 10 of GADC fluxgate magnetometers have been continuously working in the polar region of Canada and Norway since last summer. Characteristics of magnetic field variations from a few Hz to  $10^{-4}$  Hz is examined statistically for a particular site, Eureka, located at the central polar cap ( $\sim 89^\circ$  corrected geomagnetic coordinate).

昨年夏、磁力計を設置したカナダ最北の Ellesmere島のEurekaは補正地磁気座標の磁極にほぼ位置する( $\sim 89^\circ$ )。磁気圏現象については日変化が無いはずであり、そこを通る磁力線は磁気圏尾部中心の定位置に投影される。太陽風-磁気圏相互作用に伴う様々の時間スケールの磁場変動時系列について定位置性が期待出来る特異な地点である。この緯度帯でのFluxgate 磁力計による1秒サンプルの記録、誘導磁力計の10Hz デジタル記録としては最初初めのものであり、基本特性を見ることから始める。ほぼ太陽方向となる磁気圏対流電流に平行な変動

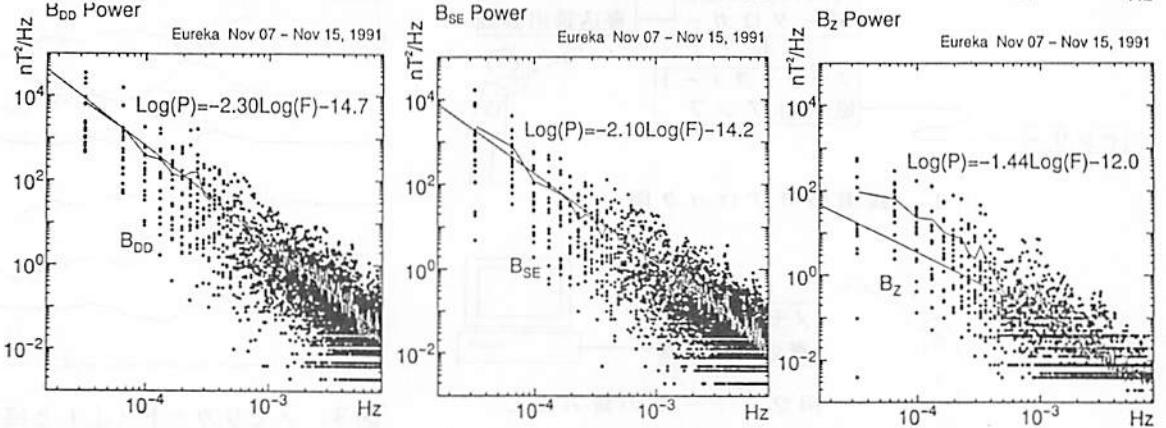
磁場 ( $B_{SE}$ )、その直交成分 ( $B_{DD}$ )、鉛直成分 ( $B_z$ ) について、日変化 (電離層日照効果・季節効果)、周波数解析 ( $10^{-4}$  Hz $\sim$ 5 Hz) とその近くの極冠観測地点との比較などについて報告する。



夏



冬



Eureka における磁場変動成分 ( $B_{SE}$ ,  $B_{DD}$ ,  $B_z$ ) の夏と冬のパワースペクトル (周期帯: 1分 $\sim$ 1000分)

○ 松岡 均<sup>1</sup>・湯元 清文<sup>1</sup>・高橋 主衛<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>名大STE研 <sup>2</sup>JHU/APL

CHARACTERISTICS OF COMPRESSIONAL Pc3-5 WAVES  
 BASED ON THE SATELLITE AND GROUND OBSERVATIONS

H. Matsuoka<sup>1</sup>, K. Yumoto<sup>1</sup>, and K. Takahashi<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>STE Lab., Nagoya Univ. <sup>2</sup>Johns Hopkins Univ./Appli. Phys. Lab.

Generation and propagation mechanisms of ULF waves in the magnetosphere are not known. In this paper, the propagation characteristics of Pc3-5 waves are studied in detail by using both of the satellite and ground station. We found that amplitudes of compressional Pc3-4 waves in the magnetosphere are much larger than those of Pc3-4 pulsations on the ground, though when local time differences between the satellite and ground station are small. Also, we got some examples that wave forms of Pc5 pulsations on the ground are very similar to those in the magnetosphere.

前回の学会では、2衛星を用いて磁気圏中での compressional Pc 3-4 波動の伝播特性について調べた。そして、太陽風起源と思われる波が、磁気赤道に沿って、動径方向に伝播していることが予想された。今回は、磁気圏中の衛星 AMPTE/CCE と地上の柿岡の磁場データを比較することによって、磁気圏で観測されている Pc 3-5 波動が、どのように地上まで伝播してくるのかを調べた。

解析期間は、1986年2-4月で、AMPTE/CCE が L~2-7 の軌道をとる時を選んでいる。Pc 3-4 及び Pc 5 波動に関して、それぞれ次のような特徴が見られた。

(1) 地上の低緯度 Pc 3-4 波動の振幅は、磁気圏の compressional Pc 3-4 波動の振幅に

比べてかなり小さい (図1)。

(2) local time の差が大きいにもかかわらず、磁気圏の compressional Pc 5 と振幅の大きさや波形が非常に近いものが地上でも観測された (図2)。

(1) は、local time が近いときにも成り立っている。このことは、磁気圏中を動径方向に伝播している Pc 3-4 周期帯の波動が、地上に到達するまでの過程で、別なモードの波などにエネルギーが変換されている可能性を示している。それに対して、Pc 5 周期帯の波動には、磁気圏全体の振動で励起されていると思われる波があることが、観測に示された点で非常に興味深い。

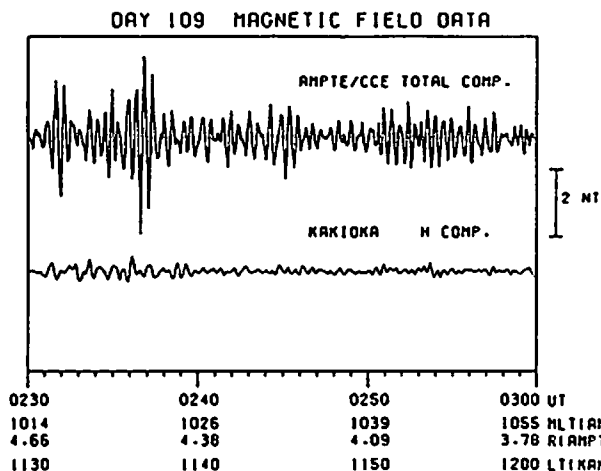


図1 磁気圏と地上で同時に観測された Pc 3-4 波動の例

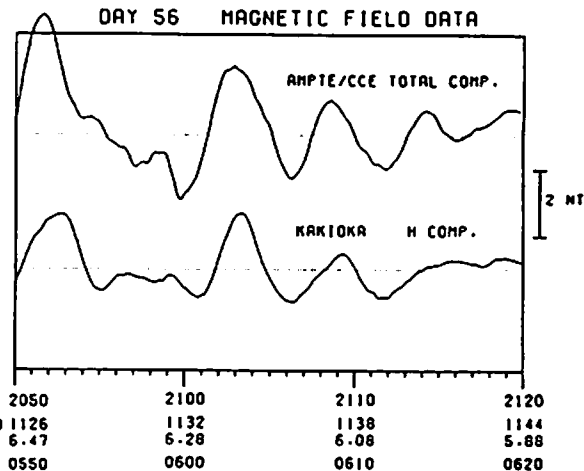


図2 良く似た波形をしている磁気圏と地上の Pc 5 波動の例

# J11-04 Near cusp to plasmapause latitude Pc3 pulsation

°Kiichirou Hayashi, Kanji Hayashi

*Department of Earth and Planetary Physics, University of Tokyo*  
GADC GROUP

The Pc3 pulsation is mainly considered to be generated by the upstream wave and the shear flow instability, such as K-H instability. And some solar wind parameter including IMF parameter are associated with the activity and character of the Pc3 pulsation, as cone angle, total Bt, solar wind velocity and so on. For small cone angle, the upstream wave is likely to be convected to the subsolar magnetopause where they can be amplified and transmitted to the magnetosphere. And small part of these waves can reach the ground as Pc3-4 pulsation through the field line resonance. So a cone angle of nearly 90° would produce the least favorable condition for the transfer of the upstream waves to the subsolar magnetopause. Therefore I investigate these least favorable conditions such as cone angle  $\theta_{xb} > 60^\circ$ , to clarify the source mechanism of Pc3 pulsation and the relationship between IMF direction and the high latitude Pc3 wave. At first the IMF direction are divided into two cases described as follows,

IMF  $B_x \cdot B_y < 0$  =====> usual spiral direction ( case 1 )  
IMF  $B_x \cdot B_y > 0$  =====> orthogonal usual spiral direction ( case 2 )

And then the response and the wave character according to these two cases are investigated in large cone angle.

I use the both fluxgate and induction magnetic field data, from Global Aurora Dynamics Campaign 1990 ( GADC 1990 ) and Canadian magnetometer network ( CANOPUS 1990 ) The range of magnetic longitude and latitude covered from 270° to 21° ( east-west ) and 58° to 78° ( north-south ). Three stations are located in high latitude near cusp/cleft regions ( CBB, RIT, CTL ). More over 7 stations are in the same longitude ( 330°, RIT-EKP-CHR-BCK-GIL-ISL -PNW, CHR line ).

In this study the occurrence probability of the Pc3 pulsation differed with IMF direction in large cone angle. The cone angle dependence of the character of Pc3 wave in high latitude are almost same as those in low latitude. The important thing is that the wave of Pc3 frequency are under the influence the IMF direction in same large cone angle.

H. Yamagishi(NIPR) O. Saka(Kyusyu Univ.) E. Nielsen and M. Kosch(MPAE)

Pc-5 magnetic pulsations in the morning to noon hours are often associated with energetic electron precipitation modulated with the same pulsation period, and they are observed by the riometers as Cosmic Noise Absorption (CNA) pulsations (Olson,1980; Poulter and Nielsen,1982; Sato et al., 1985). In this paper, two dimensional feature of the pulsation electric field and the precipitation is compared, and their phase relationship is analyzed.

STARE radar observation of the Pc-5 pulsation revealed that a longitudinally elongated region of poleward(equatorward) electric field drifts toward high latitudes in half a pulsation period, and it is followed by another region of the opposite electric field direction in the next half of the period as illustrated in the top panel of Fig.1. The imaging riometer observation of Pc-5 CNA pulsations in Iceland showed similar drift feature, i.e. an elongated region of enhanced CNA drifts toward high latitudes repetitively synchronized with the magnetic pulsation as illustrated in the middle panel of the figure.

Similarity in the time-spatial feature of these two phenomena strongly suggests an existence of a certain phase relationship between the enhancement of the precipitation and the pulsation electric field. Although these two phenomena were observed at different location at different time, we can infer their phase relationship by introducing ground magnetic pulsation data as a common reference. It is found from the comparison among these three observational data, that the maximum of the ground H component corresponds to the overhead passing of the region of enhanced precipitation, and this also corresponds to the passing of the region of poleward pulsation electric field. That is, the enhancements of the precipitation take place in the regions of northward pulsation electric field. This phase relationship is also confirmed by the simultaneous observation of Pc-5 events by the STARE and the multi-narrow beam riometer at Ramfjord observed in January and February in 1989.

After some consideration on the mapping between the ionospheric and magnetospheric pulsation electric field and the ExB drift of the plasma driven by this pulsation electric field, the pulsation phase of the maximum precipitation corresponds to the maximum tailward displacement of the longitudinally oscillating field line in the magnetosphere. If we assume longitudinal number density gradient of the energetic electrons in the magnetosphere which are caused by the continuous loss of electrons in the course of sunward drift (Saka et al.,1991), the above phase relationship implies that strong precipitation takes place when the oscillating field line enters a region of dense energetic electrons.

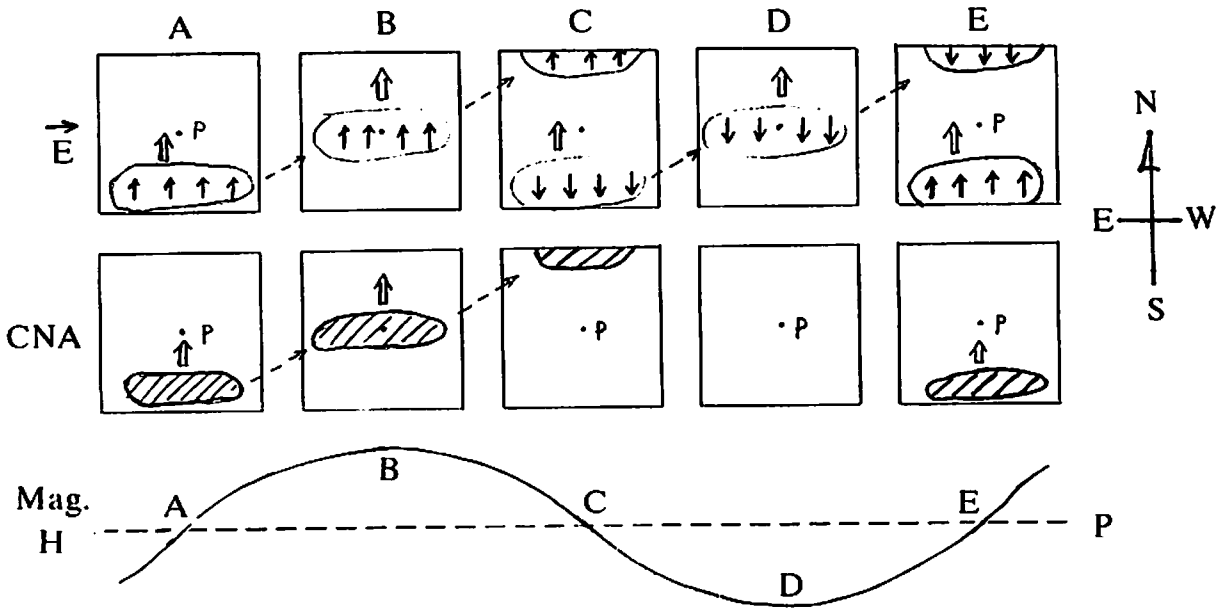


Fig.1

Yumoto K.<sup>1</sup>, Y. Tanaka<sup>1</sup>, K. Shiokawa<sup>1</sup>, A. Isono<sup>1</sup>, B.J. Fraser<sup>2</sup>, F.W. Menk<sup>2</sup>,  
K.J.W. Lynn<sup>3</sup>, M. Seto<sup>4</sup>, S.Tsunomura<sup>5</sup>  
and 210° Mag. Mer. Obs. Group.

<sup>1</sup>Solar-Terrest. Environ. Lab., Nagoya Univ., Toyokawa 442, Japan.

<sup>2</sup>Phys. Dept., Univ. of Newcastle, N.S.W. 2308, Australia.

<sup>3</sup>Electr. Res. Lab., DSTO, Salisbury, S.A. 5108, Australia.

<sup>4</sup>Tohoku Inst. Technol., Sendai 982, Japan.

<sup>5</sup>Kakioka Magnetic Observatory, Niihari, Ibaraki 315-01, Japan.

A major new international scientific program, the Solar Terrestrial Energy Program (STEP), to commence in 1990 and continue for seven years, will trace the flow of energy and plasma from the upstream solar wind, through the magnetosphere and ionosphere to the biosphere. The ionospheric signatures of magnetospheric energy transfer process can be recorded on the ground using appropriate magnetometer networks. Topical Group 2.2 (PL; Prof. S. Kokubun, Univ. of Tokyo), set up by Working Group No. 2 for the STEP, is concerned with Coordinated Ground-Based Magnetic Observations for Studies on Response of the Magnetosphere and Magnetosphere-Ionosphere Coupling (COMOSM). The Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University, takes care of the multi-nationally coordinated magnetic observations along 210° & 250° magnetic meridians, in cooperation with Tohoku Univ., Tohoku Inst. Technol., Kakioka Magnetic Obs., and Tokai Univ. in Japan, Univ. of Newcastle, Electr. Res. Lab., DSTO, CSIRO, and Learmonth Solar Obs. in Australia, U.S. Geolog. Survey, and Univ. of Alaska in USA, and IFZ, IKIR, YaKFIA and IZMIRAN in CIS.

In order to examine observationally if the recently-proposed MHD cavity waves can be excited by impulsive disturbances, we investigated 13 events of ssc and si observed during one year from July 1990 to June 1991. Power spectrum and phase analyses of Pc 3-4 pulsation data from six stations of the 210° magnetic meridian were carried out to clarify characteristics of excited waves just before and just after the sc and si events. The followings characteristics of cavity waves can be found:

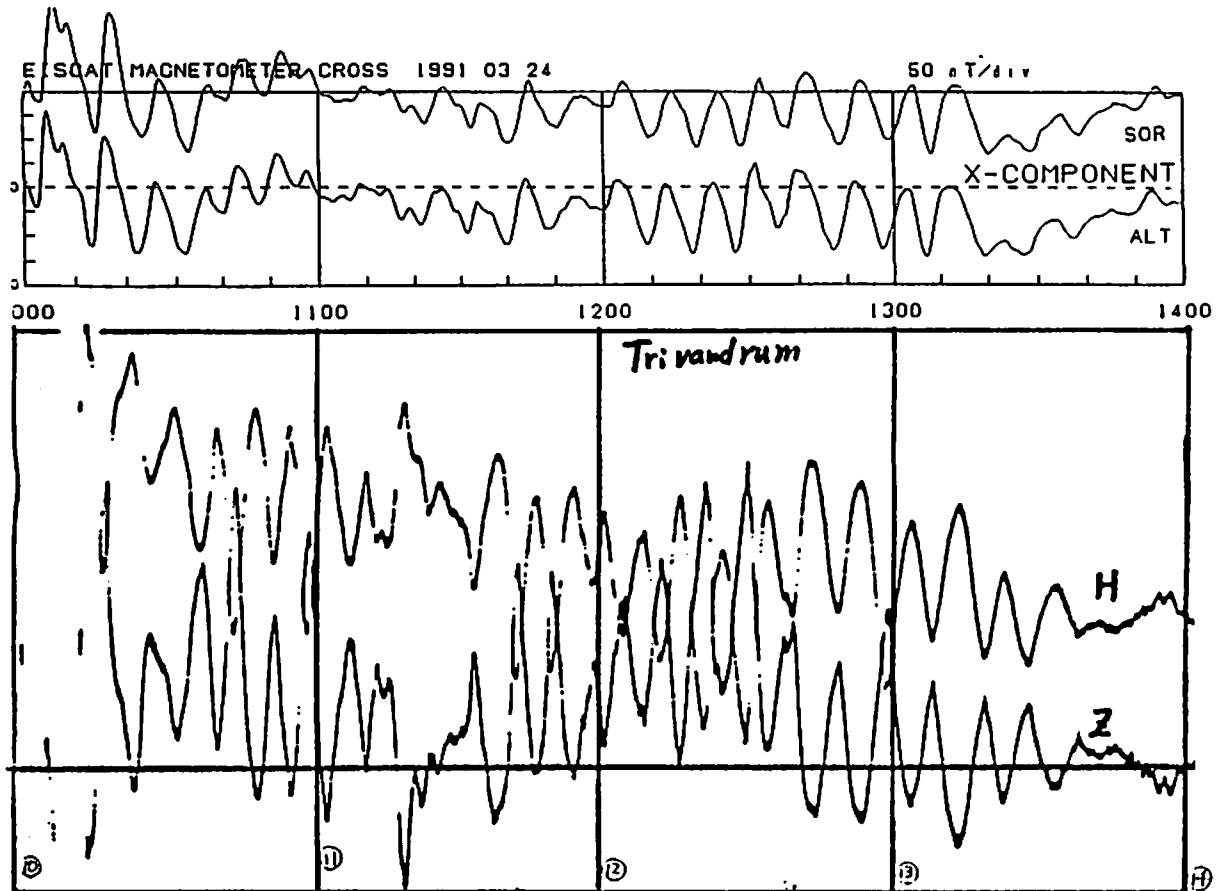
- (1) The stimulated cavity waves show a discrete frequency which is exactly the same at the different latitudes along the 210° magnetic meridian.
- (2) The cavity waves have a maximum amplitude around lower and equatorial latitudes.
- (3) Only three cavity waves could be excited in the dayside of 09-15h LT, when the power density of pulsations at MSR was larger than  $6 \times 10^2$  (nT<sup>2</sup>/Hz).
- (4) Duration times of the stimulated cavity waves are shorter than 20 min.
- (5) The observed cavity waves show phase delays from higher to lower latitudes, sometimes from the equator to higher latitudes.

These analyzed results give a clue to the unresolved response of the magnetosphere to the solar wind variations, and energy transfer mechanisms in the ULF range. We will present the analyzed results in detail.

T. Araki, S. Fujitani, S. Osada (Dept. of Geophys., Kyoto Univ.)  
 K. Yumoto, K. Siokawa (STE Lab., Nagoya Univ.)  
 Y. Yamada (Kakioka Geomag. Observatory)  
 H. Luehr (Inst. of Geophys. and Meteorology, Tech. Univ. of Braunschweig)  
 D. K. R. Rao (Indian Institute of Geomagnetism)  
 D. Orr (Dept. of Physics, York Univ.)

By using global geomagnetic data a detailed analysis was made for three intervals during a large geomagnetic storm occurred on March 24, 1991. The intervals are characterized as follows:

1. 0340 - 0440 UT; a large geomagnetic sudden commencement(SC) started at 0342 UT. The H-component at Kakioka(around noon) shows a large sharp positive pulse at the very beginning part of the SC. The amplitude reached 202 nT. The D-component shifted westward by 10.1 corresponding to the positive pulse of the H-component.
2. 0600 - 0900 UT; pulsations appeared in the morning side auroral latitudes predominantly in the D-component.
3. 1000 - 1400 UT; pulsations appeared simultaneously in the Scandinavia, India, Japan and Australia. The period was 8 - 10 min. The amplitude of the H-component was enhance at the dip equator but the D-component did not showed the equatorial enhancement. The x-component at two stations of Scandinavia and the H- and Z-component at Trivandrum, India are shown in the figure below.



地球規模磁気場変化に伴う誘導電流の特性について

大崎裕生<sup>1)</sup>, 湯元清文<sup>1)</sup>, 日高耕一<sup>1)</sup>, 田中義人<sup>1)</sup>, 田中稔<sup>2)</sup>, 中村俊弘<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>名古屋大学STE研 <sup>2)</sup>鹿児島大学理学部 <sup>3)</sup>中部電力株式会社

CHARACTERISTICS OF GEOPHYSICAL INDUCTION CURRENTS CAUSED BY GLOBAL GEOMAGNETIC FIELD VARIATIONS

Hiro OSAKI<sup>1)</sup>, Kiyohumi YUMOTO<sup>1)</sup>, Koiti HIDAKA<sup>1)</sup>, Yoshihito TANAKA<sup>1)</sup>,  
Minoru TANAKA<sup>2)</sup>, Toshihiro NAKAMURA<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>STE Lab., Nagoya Univ. <sup>2)</sup>Kagoshima Univ. <sup>3)</sup>Chubu Electric Power Co., INC

Geomagnetic field variations induce currents under the ground and in the ocean. In order to study the relation between the currents and the field variations, we installed 2-type experiments. The first one-turn coil was set around Sakurajima volcano (c.f. 90th SGPSS Fall Meeting Abstract). In the second case, the neutral point of high-voltage transmission line of Toei transformer station (see Fig.1) was clamped by a probe of Hioki ammeter. In this paper, we will show new observational results. Figure 2 shows one example of GIC data from Toei on Oct. 29, 1991. From 00hUT to 09hUT, induced current is found to be almost 4 ampere.

We found that the current consists of 2 components. One is induced on a closed circuit of the transmission line and the ground. The other is partial return current induced under the ground by global magnetic field variations of Dst.

地磁気変化に伴い、地中や海中にはそれに関連した誘導電流が流れる。私達は、この電流と地磁気変化の関係を調べるため、桜島と錦港湾のつくるone-turn coilの実験や、中部電力信濃幹線東栄変電所における高圧送電線中性点電流の定常観測を行っている。講演では両観測の解析結果を示すが、以下に送電線に流れる誘導電流の一例を示す。(Fig.2) 解析の結果、この送電線に流れる電流には、送電線と地表の作る閉じた回路に誘導される成分と、地球規模の現象に伴い地下に誘導された電流が送電線に逆流する成分とがあることがわかった。

例示した観測データからは次のことがわかった。

10月29日のUT00h頃からUT09h頃まで、地磁気自体の変化は小さいにも拘らず、送電線には平均して4 A程度の電流が流れ続けている。この電流は、磁気

嵐に伴う環電流の時間変化によって地中に誘導された電流成分だと解釈される。従ってこの例は、「磁気嵐のようなグローバルな現象では、ローカルな場の整合性より地球規模で地下に誘導される電流の効果の方が大きく効く。その結果、送電線に地下から逆流する成分が主に観測されている」ことを示している。

以上のように、送電線・地中そして海中には、個々の地球物理現象の持つ時間変化や空間変化に対応した誘導電流が生じているものと解釈できる。これは地球物理学的に非常に重要なことである。なぜなら、逆にこのような電流を観測することによって、起こっている地球物理現象の空間及び時間スケールを推測することが可能だからである。

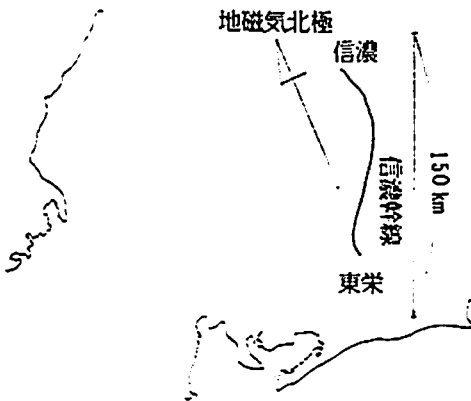


Fig.1

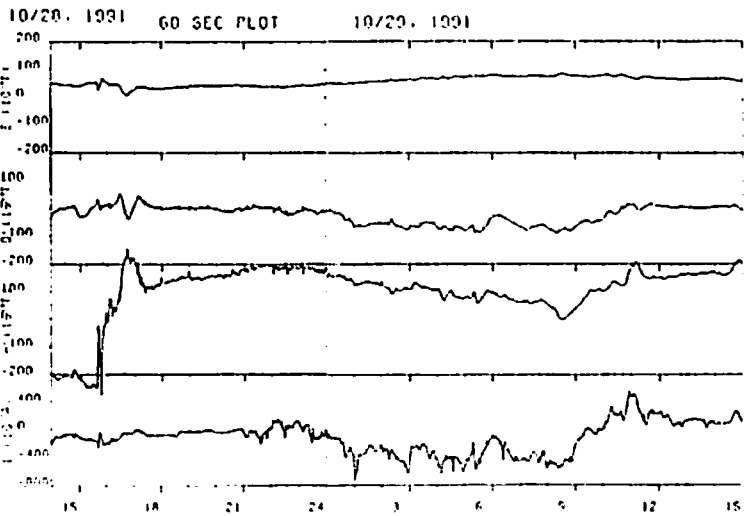


Fig.2

# J11-P52 静止軌道で観測されたPi2脈動の地方時依存性について

竹内 仁、斎藤尚生、高橋忠利（東北大・理）

On the Local Time Dependence of Wave Characteristics of Pi2 Pulsations at Synchronous Orbit

H. Takeuchi, T. Saito, and T. Takahashi (Tohoku Univ.)

Geomagnetic Pi2 pulsations observed by GOES 5 and GOES 6 from 1st through 30th of April 1986 are analyzed to examine the wave mode characteristics and the initial deflection. A close association between the transverse mode Pi2's and the substorm-associated field-aligned currents are suggested from the results. The local time profile of the wave mode and the initial deflection is examined by model calculation. In the model, the induced magnetic field due to the substorm-associated field-aligned currents are assumed to be propagated along the field lines to excite hydromagnetic standing oscillations. The calculated results agrees well with the observed results.

静止衛星 GOES 5 及び GOES 6 によって 1986年4月中に観測された Pi2 脈動の振動モード及び初動分布の解析を行った結果、TRANSVERSE MODE の Pi2 は、サブストームに伴う沿磁力線電流と非常に関係深い事が示唆された(図1)。

この解析結果を受けて、今回我々は沿磁力線電流が急激に流れ出した後のGOES衛星における磁場変動の推移をモデル計算した。モデルでは沿磁力線電流による誘導磁場と周囲の主磁場との重ね合わせで生じる磁力線のよじれと、アルフベン波によるよじれが一致したとき、TRANSVERSE MODE の振動が励起されるという仮定をした。静止衛星の磁力線上に誘導された磁場変動はアルフベン速度で磁力線に沿って南北両方向に伝播し、両半球の電離層で反射されるというモデルで計算した結果を図2に示す。沿磁力線電流はRELATIVE LOCAL TIME + 1時及び-1時の経度を流れたとしたときの磁場変動である。初動方向及び振動モードの地方時分布は、観測(図1a)とよい一致を示している。

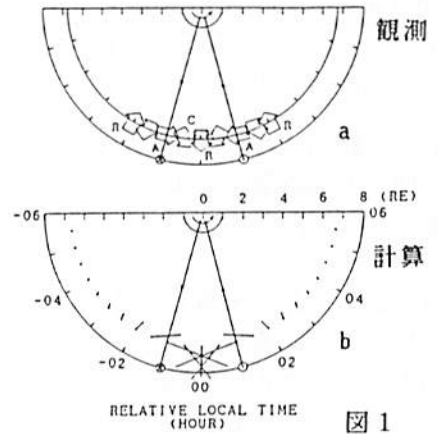


図1

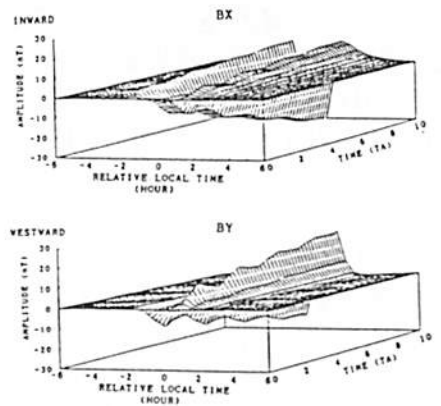


図2



# 昭和基地近傍の多点観測によるPc5地磁気脈動の誘導電流の影響

加藤賢一<sup>1)</sup> 青山巖<sup>1)</sup> 利根川豊<sup>1)</sup> 佐藤夏雄<sup>2)</sup> 坂翁介<sup>3)</sup>

1)東海大学工学部 2)国立極地研究所 3)九州大学理学部

## Pc5 pulsations features modified by induced currents around Syowa Station

KATO, K.<sup>1)</sup> AOYAMA, I.<sup>1)</sup> TONEGAWA, Y.<sup>1)</sup> SATO, N.<sup>2)</sup> SAKA, O.<sup>3)</sup>

1)Tokai Univ. 2)NIPR 3)Kyushu Univ.

We have studied the characteristics of Pc5 magnetic pulsations possibly modified by induced currents under the ground, using the data observed at Syowa station and unmanned stations around Syowa Station. The following features are found; (1) In the H and the Z component, the amplitude of Pc5 pulsations at Totttsuki (~ 15km far from Syowa) is larger than that at Syowa. (2) In the H and the Z component, the ration of amplitude between Totttsuki and Syowa is larger in the higher frequency range. (3) The amplitude of the D component at both stations is almost the same.

地上で観測される地磁気脈動などには、しばしば地下の誘導電流によって生じた位相変化や振幅の大きさの変化が加わる。この様な場合、その観測データからはその脈動の基本的な特性を正確に得ることが困難となる。この困難を解決するために、誘導電流から生じた位相変化や振幅の大きさの変化を各観測点毎に知ることができれば、地磁気脈動の特性の推測が可能となるであろう。

本研究では、昭和基地近傍の誘導電流からの影響を受けたPc5地磁気脈動の特性を知るために、昭和基地とその近傍の無人観測点(1988年8月にはTOTU[とつつき岬], 1988年10月にはSKRV[スカルプスネス], H100の2地点)で同時観測された地磁気3成分のデータを用いて、解析を行った。

図は周波数(1~6mHz域)とTOTU/SYOW間の振幅比の関係を、上からH,D,Z成分に行ったものを表している。振幅比はdB値で表し、+側はTOTU、-側はSYOWの振幅が大きいことを表している。プロットはスペクトルピークにおける周波数とその時の振幅比であり、数字はイベント毎につけた番号である。

この図から、次の様な特徴が現れている。

- (1) HとD成分は、TOTUの振幅が大きい。
- (2) HとD成分は、周波数が大きくなるとその振幅比は大きくなる。

(3) 両観測点のD成分の振幅はほぼ同じである。

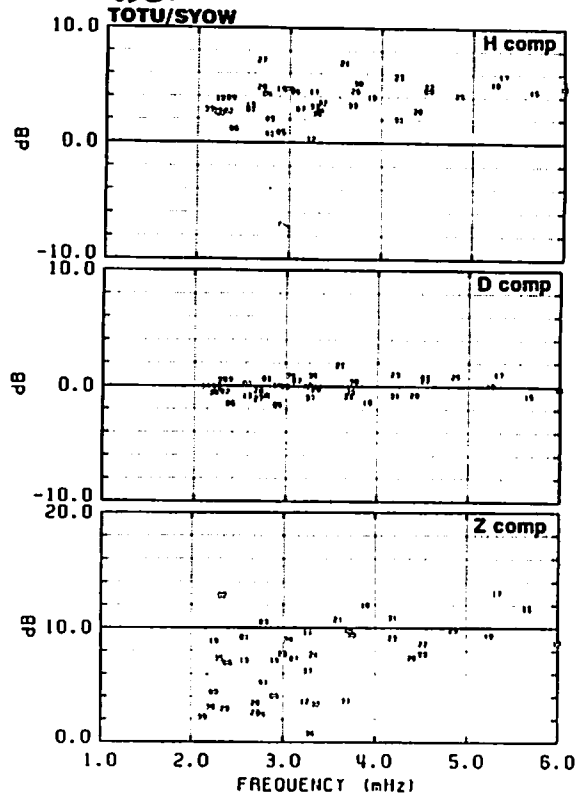


図 TOTUとSYOWで観測されたPc5地磁気脈動の振幅比と周波数の関係

Figure. The ration of amplitude of Pc5 pulsation between TOTU and SYOW as a function of frequency.

**Coupled MHD oscillations in the magnetosphere-ionosphere coupled system**  
**S. Fujita (Meteorological College)**

We study the coupled MHD oscillations for the magnetosphere-ionosphere coupled system. The anisotropic ionospheric currents cause the Joule dissipation and the mode conversion of the MHD waves. Particularly, when the fast mode wave is primarily generated in the magnetosphere, the ionospheric Hall current converts it to the Alfvén wave. *Kivelson and Southwood (1988)* considered the ionosphere effects qualitatively. But they neglected the mode conversion due to the Hall current because the electric field perturbation of the fast mode wave is diminished at the ionosphere. We are studying the effect of the ionosphere on the magnetospheric MHD oscillations as an eigenmode problem.

We performed calculating global structures of the electric field perturbation. When  $m = 0$ , the Hall current causes the mode coupling between the Alfvén wave and the fast mode wave. Particularly when  $\Sigma_P = 0$ , the resonance between the Alfvén wave and the fast mode wave occurs on the field line where the local Alfvén mode eigenfrequency is the same as that of the fast mode wave. This resonance is characterized by enhancement of the electric field perturbation of the Alfvén wave and no enhancement of that of the fast mode wave. The electric perturbation of the Alfvén mode has a maximum at the ionosphere. The field-aligned structure of the resonant Alfvén wave is not necessarily the same as that of the fast mode wave. These behaviors are different from that for the case of mode coupling due to the inhomogeneity ( $m \neq 0$ ).

## References

Kivelson, M. G. and D. J. Southwood, Hydromagnetic waves and the ionosphere, *Geophys. Res. Lett.*, 15, 1271, 1988

## オーロラ・ダイナミクス (1)

J12-01~06, P55~58

座長	宮岡 宏	(極地研)
	小野高幸	(極地研)

## オーロラ・ダイナミクス (2)

J12-07~13, P59

座長	小野高幸	(極地研)
	宮岡 宏	(極地研)

西野 正徳<sup>1</sup>、田中 義人<sup>1</sup>、小口 高<sup>1</sup>、J. A. Holtet<sup>2</sup>

1:名古屋大学太陽地球環境研究所 2:オスロ大学

Dayside Auroral Absorptions in the Polar Cap/Cusp Regions  
observed by a Imaging Riometer at Ny-AlesundM. Nishino<sup>1</sup>, Y. Tanaka<sup>1</sup>, T. Oguti<sup>1</sup> and J.A. Holtet<sup>2</sup>  
(1: STE Lab., Nagoya Univ., 2: Univ. Oslo)

Ionospheric absorptions due to auroral particle precipitations in the polar cap/cusp regions were observed by a two-dimensional multibeam riometer(16 fan-beams) installed at Ny-Alesund(L~16) in 1989. The riometer was replaced by an imaging riometer(64 pencil-beams) in 1991.

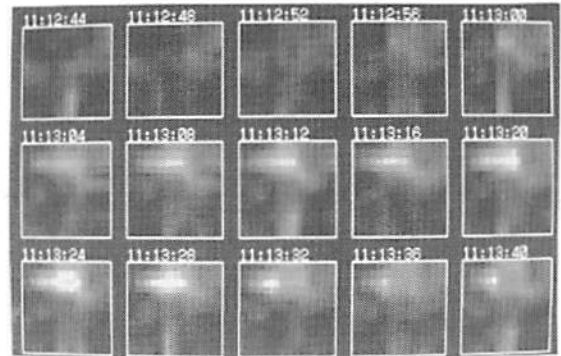
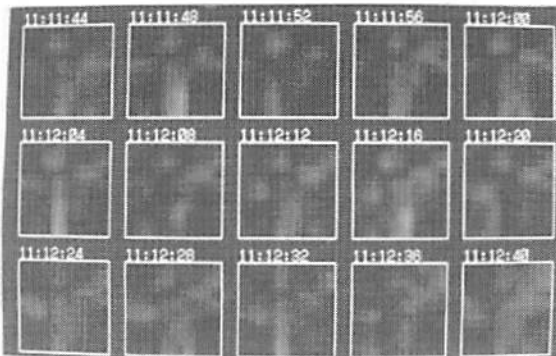
Dayside absorption events are discussed with regards to comparison between those in the pre- and post magnetic noon.

昼間側磁気圏のカusp/クレフト領域に侵入し、極域電離層に降下する電子のダイナミクスは、これまで昼間側のオーロラ光学観測によって議論されてきた。ニーオルスン、スバルバード(地磁気緯度75、4°)は昼間側のカusp/クレフト領域に位置し、地理緯度(79°N)が高いため冬季昼間側のオーロラ観測が可能で、特異な観測点であるが、オーロラの観測期間は限られ、天候の影響も考慮するとオーロラデータ取得可能な日数は少ない。

年間を通し、連続してオーロラ降下粒子の観測が出来るリオメータはオーロラ光学観測に代わる有力な手段であり、我

々は1989年9月に2次元マルチビームリオメータ(NS、EW方向にそれぞれ8個のファンビーム)を設置し、約2年間の観測後1991年9月にイメージングリオメータ(2次元的に64個のペンシルビーム)に更新した。

本講演では、これらのリオメータで得られた電離層吸収現象(CNA)の中、昼間側の現象に着目し、磁気正午前後の吸収現象の特性比較を行いたい。図は、イメージングリオメータで観測された1991年9月12日11h UT(14:30MLT)の電離層吸収画像(カラー画像)の時間変動(4秒毎)を示す。



**J12-02**

**Rocket and ground observations of a morningside pulsating aurora with the S-520-14 sounding rocket at Andoya, Norway**

**°H. Miyaoka, M. Ejiri(NIPR), A. Morioka, H. Oya(Tohoku Univ.),  
W. Miyake, E. Sagawa(CRL), F. Tohyama(Tokai Univ.) and K. Turuda(ISAS)**

We present the results of the coordinated rocket/ground observations of a pulsating aurora, which were successfully carried out at Andoya rocket range, Norway on February 12, 1991, for the purpose of investigating the wave-particle and the optical processes evolving in pulsating auroras. The S-520-14 rocket was launched into an bright aurora patch at 03:28:39UT (05:02MLT), then traversed two successive, but less active patches. Scientific instruments onboard the rocket simultaneously measured important quantities for this study; the electron number density, temperature, ELF-HF plasma waves, auroral electrons, X-rays and optical emissions. Aurora images and the monochromatic brightness along the rocket trajectory were continuously obtained on the ground, with an all-sky TV and a meridian scanning photometer. ELF-VLF emissions were also monitored on the ground.

During ascending, the rocket penetrated a pulsating aurora patch with 'ON' phase at the altitude of 90-110km, where outstanding enhancement(about factor 2) of the electron density was measured in comparison to the 'OFF' phase during the down-leg. Irregular structure of the electron density prevailed almost up to the maximum altitude (349km). Broadband whistler mode emissions were found to be propagating in the fluxtube of the pulsating patch, which indicated the existance of strong wave-particle interaction due to the precipitating electrons even at the lower ionospheric level. Periodic variations (about 20 seconds) of precipitating electron flux were detected in the pulsating aurora during the down-leg, for the fixed energy channels of 25keV and 10keV, on the contrary not so prominent for 4keV and 1.2keV energies. Broadband VLF-HF emissions were also identified in this interval. Considering the correlations among the electron density, plasma waves, precipitating electrons measured by the S-520-14 rocket and the related groundbased data, we discuss the origin and mechanisms for the broadband emissions and the density enhancements, which were identified as the specific in-situ feature in pulsating auroras.

北極ロケット S-520-14 号機で観測された  
パルセーティングオーロラ発光層の厚さ (I I)

○ 岡野章一<sup>1</sup>、福西 浩<sup>1</sup>、塩川和夫<sup>2</sup>

1:東北大学理学部、2:名古屋大学太陽地球環境研究所

Optical Observation of Aurora  
with a Multichannel Aurora Photometer  
on board the S-520-14 Rocket (I I)

○ S. Okano<sup>1</sup>, H. Fukunishi<sup>1</sup>, and K. Shiokawa<sup>2</sup>

1:Faculty of Science, Tohoku University, 2:STE Laboratory, Nagoya University

An altitude profile of 01557.7nm volume emission rate has been obtained from the optical data of a multichannel aurora photometer on board the S-520-14 rocket. Correction for temporal variation of auroral intensity observed by the rocket has been made using ground all-sky TV image data. The result is compared with a computer simulation result based on the particle data obtained with a low energy particle instrument simultaneously on board the rocket. The observed width, 5km, of the 01557.7nm emission layer is 4.8 times thinner than the width of the calculated profile. It is suggested that an unidentified emission mechanism other than particle precipitation is working.

1991年2月12日 03<sup>h</sup>28<sup>m</sup>39<sup>s</sup>UT にノルウェー・アンドーヤ基地から打ち上げられた S-520-14 号機に搭載されたマルチチャンネルオーロラフォトメータ (MAP) によりパルセーティングオーロラ 01557.7nm 発光層の高度分布が得られたことを前回 (第90回) 本学会講演会で報告した。しかし前回報告した体積放射率の高度分布はパルセーティングオーロラ発光強度の時間変化の影響を含んでおり、厳密には時間変化の補正を行なって高度分布を求める必要があることを既に指摘した。そこで今回は、地上でのオーロラ全天TV画像データ中で、MAP が観測している領域でのオーロラ強度の時系列データを用いて 01557.7nm 下向きの MAP データに含まれる時間変化の補正を行い、これを高度について微分することにより再度高度分布を求めた。TV画像中の MAP 観測領域の同定には、ロケット姿勢の決定が必要であるが、これは同時搭載の磁力計 (MGF) データおよび MAP と地上TVカメラで同時に観測された小さなパルセーティングパッチを用いて求めた。図1にオーロラ強度の時間補正を施した後の発光高度分布を示す。時間変化の補正前に比べて高度 97km の主極大は基本的に変わらないが、時間補正を施したことによって主極大上部の大きな変動はなくなった。図1の発光層の厚さは半値幅で 5km

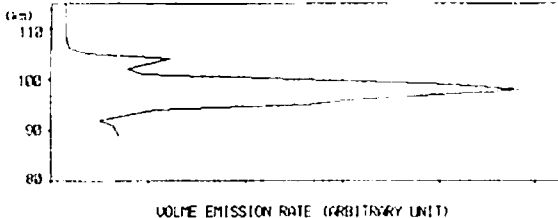


Fig.1 A profile of 01557.7nm volume emission rate obtained from the MAP data with correction for time variation of aurora

である。一方 S-520-14 号機にはオーロラ降下粒子計測器 (LEP) が搭載されており、これによって測定された電子のエネルギースペクトルから 01557.7nm 体積放射率の高度分布をモデル大気 (MSIS 86) を用いて求めることができる。ロケット打ち上げ後  $x=150.6$  秒以後から存在する LEP データによる 10 秒平均値のエネルギースペクトルの形は全 LEP データを通じて大きな変化はみられない。そこでロケットが最高高度付近でのエネルギースペクトルから計算される 01557.7nm の体積放射率の高度分布の例を図2に示す。図2の結果は図1の観測事実と比べて極大高度は 11km 高く、半値幅は 4.8 倍にもなっている。発光層が特徴的に薄いという本観測事実は降下粒子以外のオーロラ発光機構の存在を強く示唆する。

謝辞 LEP データの提供を頂いた佐川永一、三宅互、向井利典の各氏に感謝します。またデータ解析に協力頂いた藤原 均、久保田 実両氏に感謝します。

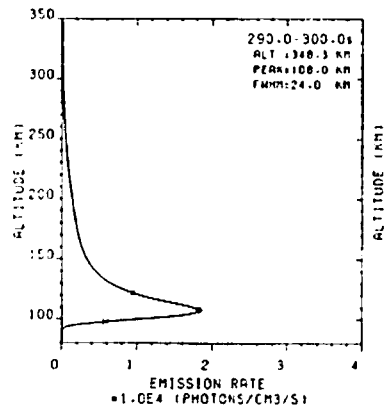


Fig.2 A profile of 01557.7nm volume emission rate calculated from the LEP particle data

J12-04

## Observations around Auroral Surge-Folding Structures above Near-Earth Acceleration Region by the Akebono Satellite

<sup>o</sup>T. Yamamoto, E. Kaneda (Dep. Earth and Planet. Phys., Univ. Tokyo)  
H. Hayakawa, T. Mukai, K. Tsuruda (ISAS)

High-Altitude (~10000 km) measurements of particles and fields by the Akebono satellite are presented around eveningside auroral surge-folding structures. With the field-line tracing technique, the position of the spacecraft is mapped along the magnetic field line down to the ionospheric level, and one-to-one correspondence is established between *in situ* measurements and the global auroral structures. The satellite could locate above the near-earth field-aligned acceleration region, because of the high altitude of ~10000km. Observed particles and fields could, therefore, reflect magnetospheric circumstances which is relevant to the formation of auroral surge-folding structures.

It is found that the large-scale auroral surge structure is surrounded poleward by the structured magnetospheric electrons with wide energy range from few hundreds of eV up to 10 keV. Dispersive energetic ion events, which could be low-altitude of manifestation of the plasma sheet boundary layer, are seen in several locations poleward of the optical auroral surge structure. The *in situ* measurements of electric fields show the negative potential concentration in the surge structures. At several places poleward of the surge, localized counterclockwise rotation of plasma flow is observed. These observations could indicate that the magnetospheric source regions of the auroral surge do not locate at the plasma sheet boundary layer. They are surrounded by the highly structured PSBL plasmas, which could be formed by small scale charge separation processes. These small scale electric fields could grow the auroral surge structure by extending the current divergence region.

We will present the observed features inside/around the auroral surge-folding structures at the high altitude (~10000 km) and discuss a possible source region in the magnetosphere.

門倉 昭、江尻全機(極地研)、金田栄祐、山本達人(東大・理)、小口高(STE研)、  
「あけぼの」ATV班

Temporal and spatial developments of visible aurora activities observed with AKEBONO ATV-VIS.

Akira KADOKURA, Masaki EJIRI (NIPR), Eisuke KANEDA, Tatsundo YAMAMOTO (Tokyo Univ.),  
Takashi OGUCHI (STE lab.) and AKEBONO ATV team

We will present some auroral images observed with AKEBONO ATV-VIS in June, 1991.  
Various features under different IMF conditions or storm-time phases can be seen.

「あけぼの」衛星搭載の可視光オーロラ撮像装置(ATV-VIS)が1991年6月上旬に取得した画像を紹介する。下図は6月4日から6月6日の間に取得された画像の例(上段)で、そのときのIMP-Jで観測されたIMF Bzを下段に示す。この期間は、6月4日15:36UTにSCが生じ、それに引き続いて大きな磁気嵐が起こり、5日06:00UT頃最大に達した後、6日の12:00UT頃まで続いている。図中A, B, C, D, E, FはATV-VISが運用されていた時間を示す。A, Fでは顕著な活動は観測されていない。他の時間について取得した画像の特徴を述べると;

A. DIFFUSEな部分が緯度約60度から高緯度側へ10度以上の緯度幅をもって広がっ

ている。DIFFUSEの中に南北に渡るDISCRETEな構造が2つ見える。DISCRETE中の輝度変化は高緯度から低緯度に伝わる様に見える。

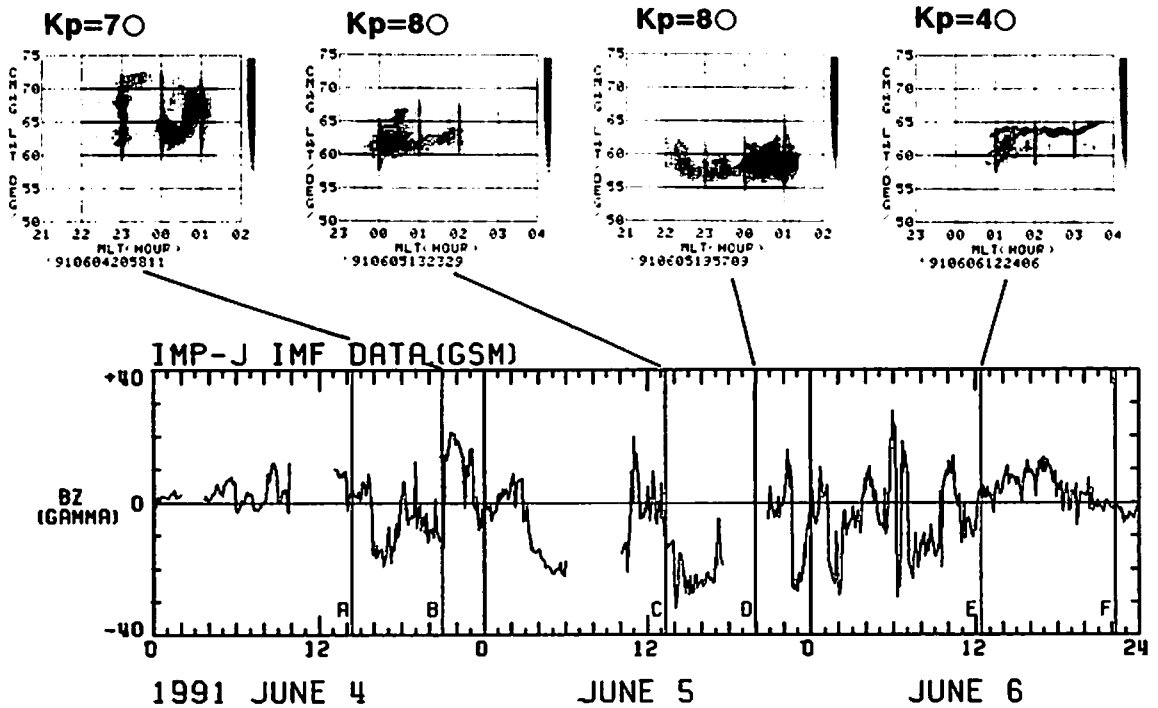
B. DIFFUSEの緯度幅が5度程度と小さくなっている。DISCRETEな構造は見えない。

C. DIFFUSEが5度ほど低緯度に向かって。低緯度側に比べて高緯度側は波状構造が見られたりして不安定。緯度幅は7度程度。DISCRETEな構造は見えない。

D. DIFFUSE部の緯度は元に戻っている。緯度幅は5度程度で、Cに比べ輝度が落ちている。

DIFFUSE部の高緯度境界付近にDISCRETEな構造があり、その中の輝度変化は朝側から真夜中に向かっている。

講演ではさらに定量的な議論を行う予定である。



	X	Y	Z	R	BX	BY	BZ	BT
A	19.47	19.60	12.43	30.29	-7.33	-6.27	4.44	10.61
B	14.91	22.57	13.64	30.30	-4.00	-15.89	-12.53	20.63
C	2.09	26.98	14.78	30.83	-35.20	-1.89	-9.71	36.56
D	-2.82	27.46	14.52	31.20	-17.63	10.69	-20.19	28.85
E	-16.12	25.66	12.02	32.60	-14.36	8.60	2.99	17.00
F	-22.77	22.72	9.59	33.57	-10.62	11.41	-1.74	15.69



○麻生武彦\*・江尻全機\*\*・宮岡宏\*\*・小野高幸\*\*・橋本岳\*・藪哲郎\*  
山岸久雄\*\*・佐藤夏雄\*\*・安陪稔\* (\*京大工, \*\*極地研)

## ANALYSIS OF AURORA STEREO OBSERVATION IN ICELAND

○T. Aso \*, M. Ejiri \*\*, H. Miyaoka \*\*, T. Ono \*\*, T. Hashimoto \*, T. Yabu \*, H. Yamagishi \*\*, N. Sato \*\*, and M. Abe \*

\* Kyoto University, \*\* National Institute of Polar Research

Monochromatic aurora stereo observation has been carried out at two sites in Iceland last winter. A baseline adopted is about 90 km which contrasts with those in the former antarctic runs of about 20 - 30 km. A less ambiguous reconstruction of luminosity structure of aurora with larger extent and its temporal variation is to be expected.

昨年11月から12月にわたり、アイスランドの Husafell (64° 40.4' N, 21° 01.5' W) と Efri-Brunna (65° 23.4' N, 21° 52.5' W) の2地点においてオーロラステレオ観測が行われた [1],[2]。2観測点は磁気子午面に沿って約90kmの距離にあり、これは南極昭和基地における従来のステレオ観測における基線長が20km (Syowa - S16, Syowa - Langhovde) から30km (Syowa - Revsnes 島の北の島) であったこと [3],[4] に比して十分に大きい。したがって、非線形最小自乗法を用いた逆問題解析において、オーロラの位置・形状によっては推定の残差に対するノイズ或はグレイレベルの不確かさのマージンを大きくし得るが、また一方では天候がかなり異なる等実施上の困難さを伴う。

ステレオ観測装置としては、干渉フィルターを用いた単色光 ICCD (イメージンテンシファイヤー付き CCD TV カメラ) が用いられた。波長帯は 5577, 6300, 4278 Å、帯域幅は約 30 Å で超音波モータで駆動されるターレットにより選択される。またレンズはニッコール魚眼 f 2.8 で最終的な有効画角は約 50° である。ICCD の映像出力は通常のコンポジットビデオ信号で、Hi8 規格のビデオレコーダに記録するほか2地点間の電話連絡により適当なオーロラ出現の折にはパソコンによる同時高速画像取り込みを行い、クイックルック解析に供する。この場合必要に応じて画像処理装置による積分を施し SN 改善した画像を取り込むこととした。

観測は、この時期としてはやや予想外の雨天曇天に妨げられつつ2週間にわたって行われ、5577 Å のアークや diffuse オーロラ中のパルセーティングオーロラについていくつかの貴重なステレオ観測データを得ることができた。画像対の解析においては、カメラ方向の変更に応じて取得されたバンクローでの星の較正画像からの画像上の各点に対応する視線方向を与えるカメラ方位較正ならびに2点の測定系の相対感度特性の較正を行なった後、オーロラ発光の光路積分を与えるグレイレベルをもとにオーロラの位置・形状を推定する。この場合雲の掩蔽やバックグラウンドの明るさについての考慮が欠かせない。また、旧来の簡便法として、

エビポーラ制約を用いた大まかな対応から三角法により高度を求めることができるが、一例として図1に示すように12月7日21時4分のステーブルアークのステレオ画像からオーロラ上下縁の高度の推定を試みたところ、およそ90~160 km の広がりをもつことが見いだされた。講演においては、得られた形状解析結果について述べるとともに、今後はこれら一連のデータを系統的に解析し、複雑なオーロラ発光の3次元構造とその時間変化を明らかにしてゆく。

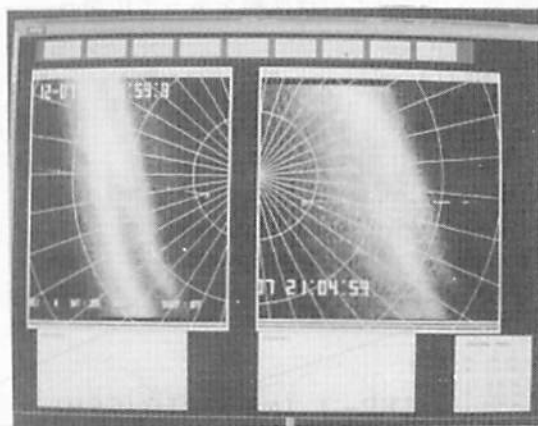


図1 ステレオ画像対とエビポーラ線による対応点の推定

謝辞 本観測実施につき種々ご配慮いただいた極地研平沢主幹および太陽活動予報を提供された通総研平磯小川センター長に深謝致します。また、データ解析には安陪研学生六車・小林両君の協力を得、データ処理の一部は京大工学部付属高度情報開発実験施設の計算機により行なわれた。

## 参考文献

[1] 江尻他, 第15回極域における電離圏磁気圏総合観測シンポジウム講演要旨, 1992. [2] 麻生他, 同, 1992. [3] 麻生他, 第86回 SGEPS 講演予稿集, 1989. [4] Aso, T. et al. (1990), J. Geomag. Geoelectr., 42, 579, 1990.

# J12-P55

## ニーオルスン (L~16) における イメージングリオメータの性能評価と吸収画像表示

吉川博喜<sup>1</sup>、西野正徳<sup>1</sup>、佐藤貢<sup>1</sup>、田中義人<sup>1</sup>、小口高<sup>1</sup>、山岸久雄<sup>2</sup>、J. A. Holtet<sup>3</sup>

1: 名大STE研 2: 極地研究所 3: オスロ大

An Imaging Riometer installed at Ny-Alesund(L=16) and Display of Ionospheric Absorption Images

H. Yoshikawa<sup>1</sup>, M. Nishino<sup>1</sup>, M. Sato<sup>1</sup>, Y. Tanaka<sup>1</sup>, T. Oguti<sup>1</sup>, H. Yamagishi<sup>2</sup> and J. A. Holtet<sup>3</sup>  
1: STEL, Nagoya Univ. 2: Natl. Inst. Polav. Res 3: Univ. Oslo

An imaging riometer composed of two-dimensional array of 8×8 half wavelength dipole (frequency, 30MHz) was installed at Ny-Alesund(geomagnetic latitude, 75.4° N) in September 1991. The riometer has 64 pencil beams in field of view of 170km×170km at the ionospheric level of 90km. The riometer has a capability of real time display of absorption images after about ten-days observations which are necessary period to obtain a quiet lay curve(QDC) from statistical analysis of cosmic noise data by a personal computer.

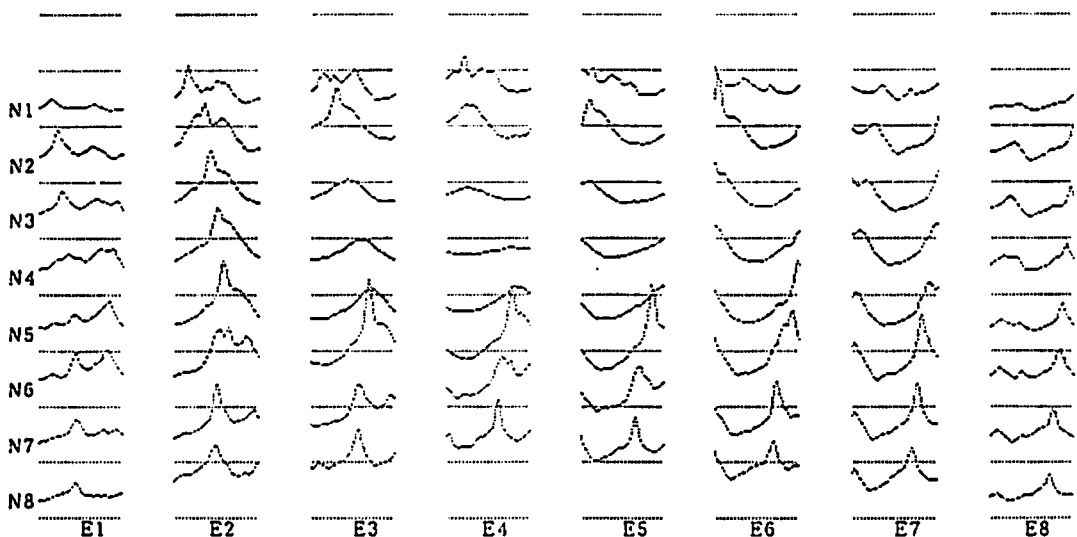
我々は、極冠域及びカスプ域でのオーロラ粒子降下の観測のため、ノルウェー北極基地ニーオルスン(地磁気緯度75.4°)にイメージングリオメータを設置し、1991年9月より連続観測を開始した。本リオメータは8行8列の2次元ダイポールアレーアンテナ(周波数30MHz)によって観測点上方に64方向のペンシルビームを作り、170km四方の電離層平面(高度90km)を20kmの空間分解能で、最小1秒毎の電離

層吸収(CNA)領域の画像を得ることができ

る。パーソナルコンピュータを用いたデータ処理によって銀河電波強度の日変化曲線(QDC)を導出すれば(図)、観測現場で実時間でCNA画像を見ることが出来る。今回は、QDCから推定されるリオメータの空間分解能性能を検討し、さらに2次元画像解析から得られた観測結果のいくつかを紹介する。

A: ¥RIODEMO¥91100100.QDC

~23h52n



Quiet Day Curve reduced from cosmic noise data during ten days

# 地上及び人工衛星で同時観測された オーロラサージの動態解析

六山 弘一<sup>1</sup>, 平澤 威男<sup>2</sup>, 小野 高幸<sup>2</sup>, 芳野 起夫<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>電通大, <sup>2</sup>極地研

THE ANALYSIS OF AURORAL SURGE  
 OBSERVED AT SYOWA AND DMSP SATELLITE  
 K.Rokuyama<sup>1</sup>, T.Hirasawa<sup>2</sup>, T.Ono<sup>2</sup>, T.Yoshino<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Univ.of Electro-Communications, <sup>2</sup>National Institute of Polar Research

All-sky-camera images at every 10 sec.at Syowa Station are analysed by using ARSAD\* system. And the simultaneous auroral DMSP-F7 images are compared with all-sky data at Syowa. Two images show good agreement. In the auroral surge, the electron-energy-flux increases, but the ion flux shows the marked depletion.

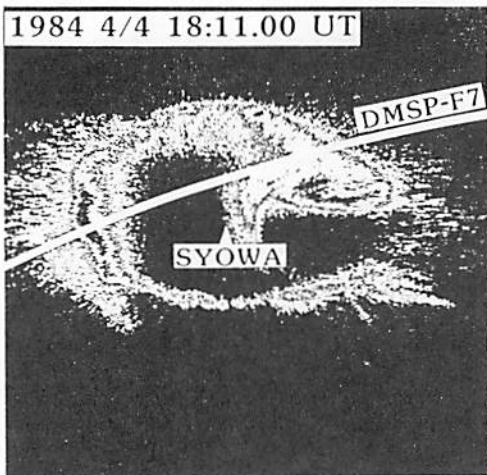
1984年4月4日の18:00 UT頃に南極昭和基地上空に発生した大規模なオーロラサージについて、地上定常観測、及び同時に上空を通過したDMSP-F7衛星のデータが取得できたため、これをもとにオーロラサージの立体解析を行なった。このサージは直径1000 km級のリング状非Westward-Travelling型のものである。10秒間隔で撮影された昭和基地のオールスカイフィルム画像を極地研ARSAD\*により画像処理し、DMSP衛星の画像と照合したところ、非常により一致を示した(Fig.1, 2)。

DMSPのパーティクルデータとARSAD画像を比較により、

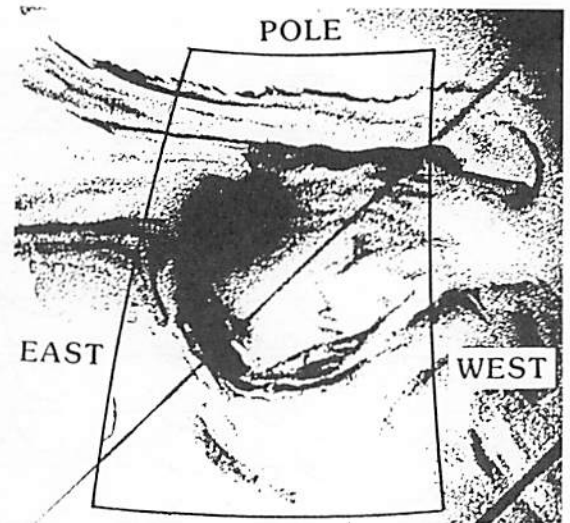
- (1) オーロラサージの内部では、電子の降り込みが増加していること
  - (2) サージ内部において、イオンの降り込みが急減すること
- などが明らかになった。これらのデータより、サージの構造に沿って電子加速・イオン逆加速の機構が存在することが推測される。

\* Automatic Retrieval System for Auroral Data

→ 国立極地研究所の画像処理システム。フィルムやビデオ等で撮影されたオーロラ画像をデジタル化して解析する。



(Fig.1) 昭和基地における  
オーロラサージの画像



(Fig.2) DMSP衛星による画像

## UV-images and Particle Precipitation of Transpolar Arcs observed by EXOS-D (II)

°I.Shinohara<sup>1</sup>, T.Yamamoto<sup>1</sup>, E.Kaneda<sup>1</sup>, T.Mukai<sup>2</sup>, S.Kokubun<sup>1</sup>

1: Faculty of Science, University of Tokyo

2: Institute of Space and Astronautical Science

The discrete auroras in very high-latitude polar region are often called transpolar arc, theata aurora, sun-aligned arc, polar cap arc and so on. However, there is no clear definition for them and whether they are different types of auroral phenomena is uncertainty. Then, here, we use the term 'transpolar arc' as the arc which connects both the dayside auroral oval and the nightside oval.

There are 2 possible hypotheses about the occurrence of transpolar arc:

- (1) Bright transpolar arcs form near the boundary of the asymmetrically expanded oval caused by the IMF  $B_y$  component, as suggested by Meng[1981].
- (2) Magnetotail lobes are bifurcated with plasma from the plasma sheet boundary layer, as suggested by Frank *et al.*[1982].

In a recent paper Makita *et al.*[1991] concluded that the transpolar arcs are located in the pole ward edge of the soft particle precipitation region extending from either the dawn or dusk part of the auroral oval precipitation, based on DMSP F6 auroral images and the corresponding particle data.

We examined auroral images and simultaneous plasma observations from EXOS-D satellite taken in November,1989 and January, February,1990 over the northern hemisphere and found more than 15 transpolar arc events.

(A)In many cases of the events in November,1989 transpolar arcs are located in the morning sector, and the region between the morning oval and transpolar arc was filled with soft particles, similar to the cases showed by Makita *et al.* (B)However, in a few case, the polar rain region was found between transpolar arc, which was located near the noon-midnight meridian, and both sides of the oval, similar to the DE-1/2 observation Frank *et al.*[1986]. Simultaneous observations of the electric field show that type (B) transpolar arc is associated with sunward plasma flow, but the plasma flow around type (A) arcs are more complicated.

We will compare the plasma characteristics of each type of transpolar arc events in detail and discuss whether they are different types of aurora or not.

南極昭和基地における熱圏ダイナミクスのドップラーイメージング観測

中島英彰、福西浩、岡野章一（東北大・理）、小野高幸（極地研）

Doppler Imaging Observations of Thermospheric Dynamics at Syowa Station, Antarctica

H.Nakajima, H.Fukunishi, S.Okano, and T.Ono\*

Upper Atmosphere and Space Research Laboratory, Tohoku University

\* National Institute of Polar Research

Observations of thermospheric temperatures and winds have been made at Syowa station, Antarctica with a Fabry-Perot Doppler Imaging System (FPDIS) for 46 nights covering various auroral conditions in 1990. After removing slight distortion of images arising from the non-linearity of the 2-dimensional photon detector, neutral temperatures and wind speeds have been calculated. Results show that F region temperatures derived from OI (630.0nm) fringe data increase rapidly by more than 1000K responding to auroral activity enhancement, while the increase of wind velocity delays 5-10 min.

我々は第31次南極地域観測隊による南極昭和基地越冬観測において、ファブリーペロードップラーイメージングシステム (FPDIS) を用いた熱圏温度及び風速の二次元観測を行なった。観測は1990年4月1日から9月21日までのべ46夜にわたって行なわれ、約900,000枚の画像データを取得、計17枚の光ディスクに収録した。観測はHe-Neレーザー(632.8nm)をキャリブレーションに使い、オーロラ中のOI(557.7nm)およびOI(630.0nm)輝線を交互に観測した。

取得データに認められた、二次元光子検出器であるフォトンイメージングヘッドの出力像の画像歪みを、精密格子画像データを用いて除去した後、幾日かの例について解析を行い、OI(630.0nm)及びOI(557.7nm)による干渉フリンジのドップラー幅とドップラーシフト量から、F層、E層領域の熱圏中性温度と風速の導出を行った。

図1に、1990年9月11日21:35:00~21:39:20 UTの間に約1秒間隔で取られたOI(630.0nm)全天干渉フリンジ画像を256枚ずつ二値化して重ね合わせた画像を、図2に1990年9月11日19:45 UT~9月12日01:10 UTの間のデータについて得られたこの様な画像から導出されたF層中性温度と視線風速の値を、それぞれ干渉フリンジ像上の4点(磁北外、内、磁東外、内側)についてプロットしたものを表す。この日は昭和基地のK-indexの値で3(18~21h)~6(21~24h)とオーロラ活動の活発な日であり、21:35 UTごろより北側(低緯度側)からオーロラの急激な増光が始まった。この増光にともない、フリンジの北外側の点で~500K、内側の点で>1000KのF層温度の急激な上昇が認められる。この変化に5~10分遅れて、風速も約300m/s上昇しているのが認められる。但し、現在のところ波長の絶対値の同定が済んでいないので、風速の値は相対値としてのみ意味を持つ。また、別の日のOI(557.7nm)干渉フリンジ画像から求められたE層温

度と風速の解析からは、オーロラ活動に伴う100~200Kの温度変化と~100m/sの風速変化が認められている。発表では、他の日の解析例についても報告する。

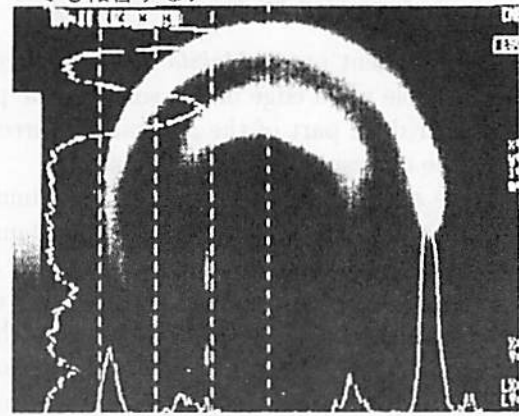


図1. 1990年9月11日21:35:00~21:39:20 UTの OI(630.0nm)干渉フリンジ像(上:磁北,左:磁東)

FPDIS Data Analysis  
Temperature and Velocity

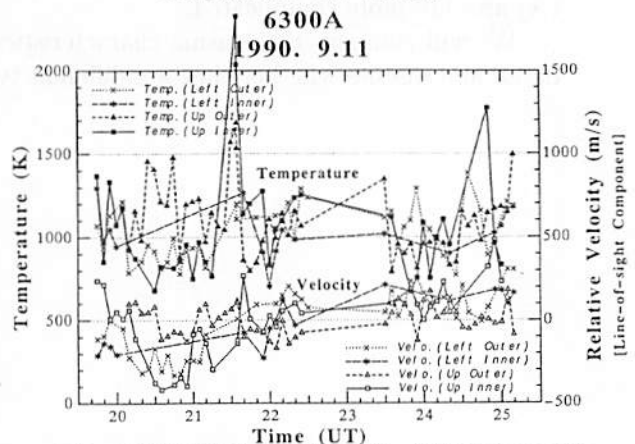


図2. 1990年9月11日F層温度、視線風速の変化

○ 小野高幸 (極地研)、佐竹龍介 (電通大)、平澤威男 (極地研)

Derivation of characteristic energy and total energy flux of precipitating auroral electrons by using the ground-based optical measurements.

○ Takayuki Ono (1), Ryusuke Satake (2) and Takeo Hirasawa (1)

(1: National Institute of Polar Research, 2: Univ. of Electro-Communications)

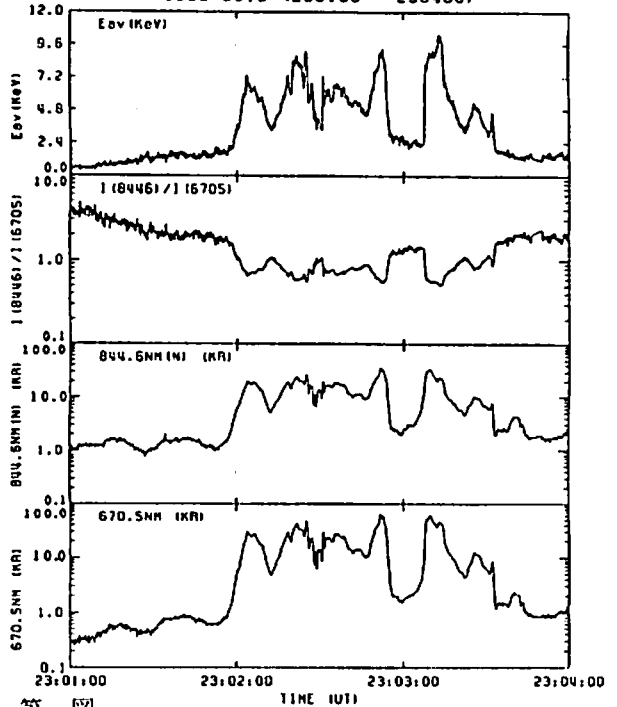
**Abstract :** Average energies of precipitating electrons in auroral patches and arcs were evaluated by using the intensity ratios of  $I(844.6\text{nm})/I(427.8\text{nm})$  which were obtained by the multi-channel photometer observations in Syowa Station, 1990. Results for pulsating aurora showed clear switching signature of average energy as well as total number flux of precipitating electrons. For strong auroral arcs, westward travelling surges, for example, each arcs were associated with the significant increase of average energies. Data analyses for the active arcs reveal that usage of auroral blue line ( $427.8\text{nm}$ ) sometimes causes an over estimation of average energies due to a scattering effect of atmosphere. We tried to solve this difficulty developing data analyses of the ratios of  $I(844.6\text{nm})/I(670.5\text{nm})$ .

序 オーロラ輝線強度あるいは強度比からオーロラ電子のエネルギーフラックスや特性エネルギーを推定することは古くからの課題であるが、未だ観測結果と理論とを定量的に比較・吟味し、これをオーロラ物理説明に応用するまでには至っていない。この問題に取り組むため、1990年昭和基地にて単色光TVカメラ並びに多波長フォトメータを用いた観測を実施し、現在観測データの解析が行われつつある。今回はオーロラ発光理論に基づかずオーロラ発光強度比を観測結果と比較して得られたオーロラ・ブレイクアップ時の降下電子の特性について述べたい。

クは23時02分に昭和基地磁気天頂に到達し23時4分までの間にアークの中心は6回磁気天頂を通過している。第1図にこのときの670.5nm( $\text{N}_2$  1PG)、844.6nm(OI)の各強度、強度比及び強度比より得られる降下電子平均エネルギーの変化が示されるが、アークに対応して電子平均エネルギーは約5keVより10keVにピークを持って変化している。またさらにアーク近傍のバックグラウンド降下電子の平均エネルギーも1~2keVの範囲で緩やかな変化をたどっている様相を見ることができる。

**解析方法** 降下電子平均エネルギーを観測されたオーロラ輝線強度比より推定する方法としては、844.6nm(OI)と427.8nm( $\text{N}_2^+$  1NG)との比を用いる方法が提唱されてきた。この方法によってはパルセーティング・オーロラのエネルギースイッチングの様相や赤色オーロラを引き起こす極めて低エネルギーの電子降下の発生などを見いだすことができた。しかしながらこの手法をブレイクアップ時のアーク並びにその周囲に於けるオーロラに適用する場合次の様な困難が生じることが判明した。つまり強いアークの周辺では大気による散乱の効果のため427.8nmオーロラの形状には無視できないにじみが生ずる。このためアークがフォトメータの視野に近づいた場合散乱効果による427.8nm光を受光してしまい見かけ上アーク周囲の降下電子の平均エネルギーが高くなってしまふものである。この問題を解決するため新たに670.5nm( $\text{N}_2$  1PG)との強度比より平均エネルギーを推定する方法が考えられた。

AVERAGE ENERGY OF PRECIPITATING ELECTRONS  
1990 0913 (230100 - 230400)



第一図

**ブレイクアップ時のオーロラ電子降下の特性**  
 $I(844.6\text{nm})/I(670.5\text{nm})$ の強度比を用いることにより得られたサージ通過時の降下電子平均エネルギー推定の結果を第1図に示す。サージに伴う強いアーク

A Cylindrical Distribution of the Electrons  
Observed in the Auroral Acceleration Region

S.Machida, H. Saito, T.Mukai  
(Institute of Space and Astronautical Science)

T.Terasawa  
(Geophysics Institute, Kyoto University)

N. Kaya  
(Faculty of Engineering, Kobe University)

Velocity distribution function of the electrons and ions inside the auroral acceleration region has been investigated by analyzing the plasma data obtained from the Low Energy Particle (LEP) instrument aboard the AKEBONO satellite. The velocity phase space of the electrons is known to be separated into several characteristic parts, which are of the accelerated and mirrored primaries, the loss and source cone electrons, and of the trapped electrons. Similarly, for the ions, the regions for the ionospheric component and the magnetospheric component. Concerning the trapped electrons, we found highly elongated structure with respect to the earth magnetic field, which we named a "cylindrical distribution".

We interpret that such a distribution can be created in the course of the growth of the field line potential drop from zero to a certain level such as several keV or even above 10keV, supplying the electrons from the magnetosphere. An electron supplied in an earlier time and reflected back to the upward due to the magnetic mirror force cannot return to the magnetosphere traveling over the potential barrier which is now higher than the one when it has been supplied, thus increasing the population of the trapped electrons below and inside the potential drop. It is valid to assume that both first and second invariants are kept constant when the scattering by the waves is neglected. Therefore, when the potential develops, or when the region of the potential drop moves, the effect of that time variation has to be taken into account, which is equivalent to the parallel electron acceleration keeping the second invariant of the motion constant and shortening the path length of the trapping orbit. This requires to modify our concept of the auroral particle acceleration, which is usually constructed in the frame of a steady state potential structure. We also found that the electrons below the potential drop shows bi-streaming conical distributions suggesting some association of such a structure with the cylindrical distribution observed inside the potential drop.



・ 森岡 昭 大家 寛 (東北大・理)

Simultaneous Enhancements of AKR and Plasmaspheric UHR waves and Relation with Magnetospheric Disturbances Observed by EXOS-D Satellite

Akira Morioka and Hiroshi Oya  
Geophysical Institute, Tohoku University

Simultaneous enhancements of AKR generated in the auroral region and the in-situ UHR emission near the plasmopause are observed when the EXOS-D satellite is in the night side inner magnetosphere. These phenomena suggest the dynamical process of the plasma injection into the inner magnetosphere as well as the auroral latitude, as the result of the simultaneous plasma acceleration in both the central and boundary plasmashet.

(1)現象

EXOS-D衛星が夜側の plasmopause 近傍を通過するとき、in-situ のUHRプラズマ波動が激しい周波数変化とともにその強度変動を示す現象がしばしば観測される。この現象は、周囲プラズマの密度が変動し、同時にUHR波動を励起する free energy の増大があったことを意味している。更にこの現象が観測される時、極域電離圏上部で発生し衛星の位置まで伝搬してきているAKR電磁放射の強度が enhanceし、かつそのスペクトルが広帯域化する現象が観測される。このAKRの強度増大とスペクトル広帯域化は、オーロラ粒子の加速が強められその領域が広い高度領域に広がったことを示している。

このようなプラズマ圏プラズマ密度の変動と極域AKRの放射との同時発生現象は、データ解析の結果、観測している衛星の位置の変化にともなう空間変動ではなく、磁気圏内の時間変動にともなうものであることが明らかにされた。

(2)解釈

この事実は、磁気圏サブストーム時にプラズマシート内縁(L~4)からディスクリートオーロラの発生域(L~7)までの広い領域にわたってほぼ同時に激しいプラズマの injectionがあったことを示している。このことを磁気圏尾部の現象として考えると、

- (i) プラズマの加速が、tailのCPSからPSBLにかけての広いプラズマシート域において断続的に行われ、
- (ii) PSBL内の flow は極域加速域に inject されAKR放射をもたらし、
- (iii) ほぼ同時にプラズマシート内縁に到達したCPS内の flow は、プラズマポーズ近傍で、UHR励起とプラズマ分布擾乱をもたらす、

と解釈される。



金田 栄祐、山本 達人、篠原 育（東京大学理学部地球惑星物理学科）

CHARACTERISTICS OF GLOBAL DISTRIBUTION OF AURORA IN SUBSTORM

E. Kaneda, T. Yamamoto, and I. Shinohara

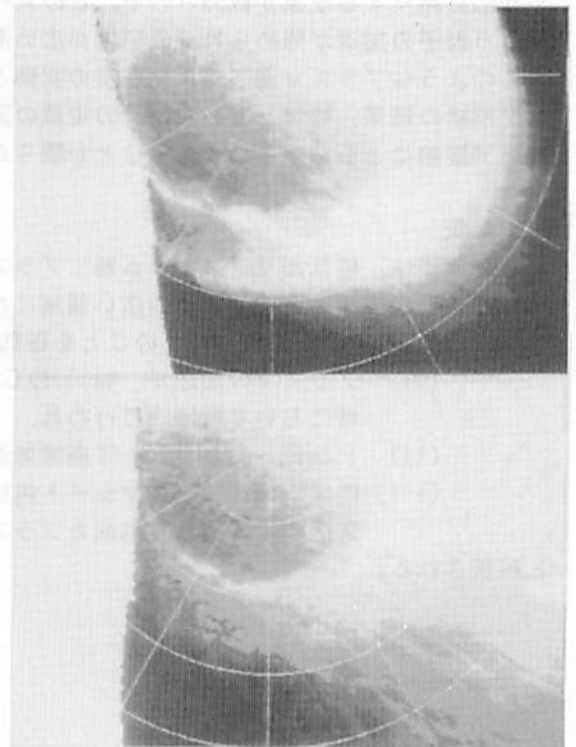
Dept. Earth Planet. Phys., Facul. of Sci., Univ. of Tokyo

'AKEBONO' UV-aurora images are obtained in apogee-mode observations during Jan.-Feb. 1990. For investigations of global aurora distribution in substorm, all of these data are grouped into individual revolution and mapped to the correct gm.lat.-MLT polar coordinates. They can be classified into several basic patterns. It is found that sub-classification is necessary with some of these patterns. It will be discussed the cause of this sub-classification.

オーロラサブストームに於いては多様な display が観測されるが、これに関する morphology 上の研究は余り多いとは云えない。唯、Akasofu (Space Sci. Rev., 16, 617-725, 1974) に依って DMSP のイメージデータを豊富に引用して論じられて居る。この論文では、確かに様々なタイプの display に就いて、全天カメラの観測を援用してその時間的発達を論じては居るが、本質的には静的な morphology である事は、各タイプ間の関連に迄は議論が及んで居ない事からも明かである。亦、彼はオーロラサブストームのグローバルな分布パターンが、イベント毎に異なって居ると云っても過言でない程、変化して観測されるのはサブストームの magnitude の違いに起因するとして居る。

'あけぼの' 衛星による紫外オーロラの遠地点モードでの観測が行われた期間の中から、1990年1-2月の全データをサブストームに於ける分布パターンの解明の為 (Correct. Geomag. Lat-MLT) 系の極座標表示に変換を行った。更に大局的様相把握の為、各周回毎に画像データの重ね合わせを行った処、これ等は幾つかの基本的パターンに分類が可能である事が判明した。更に興味ある事には、同一パターンにはいわゆる magnitude を異にする例が混在して居るのが認められる。亦、幾つかの基本的パターンに就いて、分布傾向を異にするグループの存在が識別される事が判明した。

今回はこれ等の解析結果に就いて報告を行うと共に、基本パターン内でのサブグループ発生に関して考察した結果を発表する。猶、以下に一つの基本パターン内の二つのサブグループの代表的例を示した。類別のポイントは緯度  $70^\circ$  付近で夕方に延びる discrete arc が dif-fuse なオーヴァルから分かれる MLT である。



## サブストームの発達に於ける分光特性の変化

岡村 宏<sup>1</sup>、江尻 全機<sup>2</sup><sup>1</sup>電気通信大学、<sup>2</sup>極地研究所

## A Variation of Auroral Spectral Features Accompanied with a Development of Substorm

Hiroshi Okamura<sup>1</sup>, Masaki Ejiri<sup>2</sup><sup>1</sup>Denki-Tsushin Univ., <sup>2</sup>NIPR

We observed auroral spectrograms by the auroral spectrometer at Syowa station, in 1989, Antarctica. We study the variations of auroral spectral features accompanied with a development of the substorm along the magnetic meridian. We got the spectral characters in each phase of substorm.

第30次南極地域観測隊は昭和基地に於いて可視域のオーロラ分光観測を行った。その結果として今回はサブストームの発達の各相に於けるオーロラの分光特性の連続的な変化を報告する。観測は1989年5月2日23:00(UT)-5月3日00:19(UT)にかけて行われたもので、地磁気のH成分の負の変化にともないCNAの大きな吸収が生じた3つの現象が含まれている。分光器の視野は磁気子午面を向いていた。図1にその内の1つの現象について、オーロラの代表的なスペクトルの時間変化、昭和基地の磁場変化、CNAと同時に観測された $\lambda=427.8\text{nm}$ の固定方位フォトメーターのデータを示している。この図を見ると以下の事が解る。

pre break up時 (23:00(UT)頃) 弱いアークが存在し、それに対応して $\text{O}^1\text{D}$ ( $\lambda=557.7\text{nm}$ )、 $\text{O}^1\text{S}$ ( $\lambda=630.0\text{nm}$ )、 $\text{N}_2^+1\text{NG}$ ( $391.4\text{nm}$ 、 $427.8\text{nm}$ )の順に強度が強くなり、また $\text{O}^1\text{S}$ の発光強度が $\text{O}^1\text{D}$ の発光強度と等しくなる事もある。

Break up時 (23:10(UT)頃) 地磁気のH成分の負の変化とCNAの大きな吸収が見られ同時にオーロラサージが分光器の視野内を通過する。この時は $\text{O}^1\text{D}$ 、 $\text{N}_2^+1\text{NG}$ 、 $\text{O}^1\text{S}$ の順に発光強度が強くなり、また示していないが $\text{N}_2^+1\text{P}$ の発光強度が急激に増加する。

post break up時 (23:15(UT)頃) サージの通過後にはdiffuseオーロラが現れスペクトルは再びサージ通過前の状態に戻るが、各波長ともその発光強度は通過前より強い発光強度を示す。

以上のようにサブストームの発達の各相でオーロラの分光特性に明らかな違いがあり、またオーロラの形態に於いても分光特性に違いが有る事が解る。

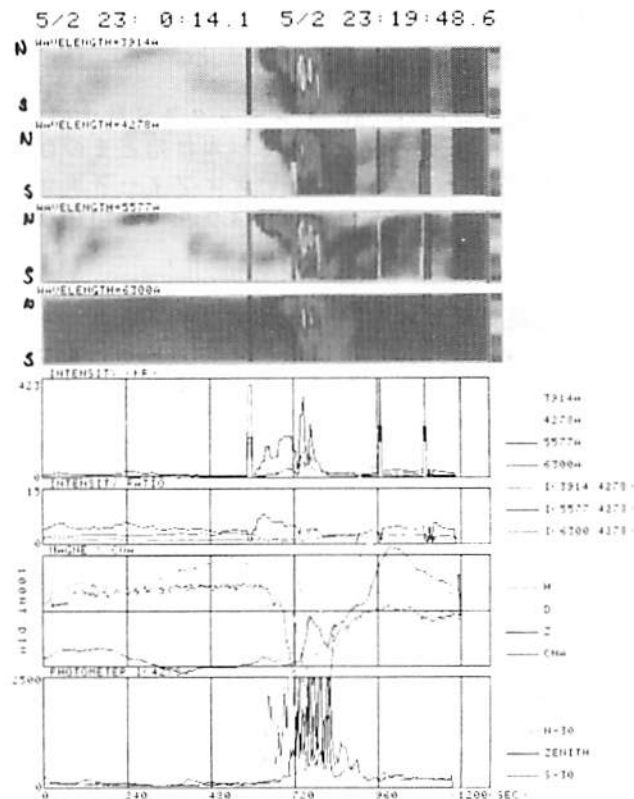


Fig.1 Time-spatial variation of auroral spectrum.

## Dynamic morphology of auroral oval during substorms

Takeo Hirasawa (National Institute of Polar Research)

The dynamic morphology of the discrete and diffuse auroras during the auroral substorms is statistically examined, using USAF-DAPP auroral photographs. Results of the statistical analyses indicates the following characteristics of the two auroras. (a) The discrete auroras are always located on the poleward side of the diffuse auroras just before the substorm onset. (b) The diffuse auroras show the drastic enhancements and extend their regions toward the poleward at the substorm onset. (c) The enhancements of the diffuse auroras start from the 22-23 MLT sector.

1985年11月12月、1986年11月12月、および1987年1月計5ヶ月間に取得された DMSP 衛星のオーロラ画像(約500例)を用い、主として夕方-夜-朝方でのオーロラ・サブストームの各 phase に出現するオーロラの種類およびその時間的変化を調べた。なお、オーロラ・サブストームの phase などの判定は AE・インデックスを用いて行った。

その結果、

- a. 地磁気静穏時 (AE インデックス  $\leq$  数十 nT 以下) にはオーロラ・オーバルは殆どその存在が判定できぬか又は弱いディフューズオーロラよりなるオーバル (又はベルト) が存在する。
- b. 地磁気活動度が上昇しだす (サブストーム Growth Phase) 時には電子・オーロラ (高緯度側) とプロトン・オーロラ (低緯度側) よりなるディフューズオーロラベルトがその強さを増すとともに、その高緯度側 (極側) にディスクリット状のオーロラが発生する。
- c. このディスクリット状のオーロラには2種類存在する。一つはサブストームの発生に関係がないもので、時に輝きを増し、その形状を変え、サージ状 (ホールディング) を示す。このオーロラの特徴はその位置がディフューズオーロラベルトからある距離をおいてその高緯度側に存在すること、またこのディスクリットオーロラが活動度を増しても、ディフューズオーロラベルトは殆ど変動しない。即ち、この種のディスクリットオーロラとディフューズオーロラベルトとの間にははっきり

した相関は認められない。地磁気変動にも大きな影響を与えない。

他方のディスクリットオーロラはサブストームと直接相関するもので、サブストーム発生前にディフューズオーロラベルトの高緯度側に殆ど密接する形で観測される。このディスクリットオーロラがサブストーム発生を事前に示す可能性がある。

- d. サブストームはディフューズ・オーロラベルトの爆発的な活動によってはじまる。即ち、ディフューズオーロラはその輝きを増すと同時に高緯度側へその領域を急速に拡大する。ディフューズオーロラの爆発領域の高緯度側にはディスクリットオーロラが存在し、このディスクリットオーロラの高緯度側への伝播速度はディフューズオーロラの領域拡大速度より大きい。そのため、サブストームが発達し、時間が経過するとともに、ディフューズオーロラ領域とディスクリットオーロラとの間は離れた状態となる。
- e. サブストームの進行とともに、ディスクリットオーロラは西側 (夕方側) へ、またディフューズオーロラは東側 (朝方) へと移動する。その結果、サブストームの回復期には両者は分離した状態となる。
- f. 爆発的に形成されたディフューズオーロラは移動するとともに、オメガ状オーロラとなり、更に東方に伝播するとともにパルセイティンオーロラへと形を変えていく。

## Global characteristics of a great magnetic storm

T. Iijima (Univ. of Tokyo) . M. Watanabe (Univ. of Tokyo) .  
F. Rich (AFMC)

By using the magnetic field and plasma data acquired with the DMSP F7 (at an altitude of about 840 Km), we have determined global characteristics of field-aligned currents and plasma precipitation. Results revealed drastic modulation in traditional patterns of field-aligned currents and particle precipitation.

DMSP F7で計測されたデータを解析して、降下イオン、降下電子の特性は、サブストーム時には3つの部分より成立していることを既に報告した。すなわち、低緯度側から quasi-persistent core part (イオンでは < 1 KeV の低エネルギー部分と > 1 KeV の高エネルギー部分が共存し、低エネルギー部分は earthward convection を示唆するエネルギー分散あり)、 explosive part (growth phase には cleft 的特性を示し、 expansion phase ではそれが加熱され、沿磁力線方向

の加速、減速をも含み、空間的にも爆発的に広がる)、および boundary layer (イオンの地球向きの bulk 成分あり) である。 Traditional Region 2、Region 1、reversed Region 1 沿磁力線電流系はほぼこれらのプラズマ領域に対応する。

大磁気嵐では、これらの特性が大きく変化する事実を February 8 - 9、1986の事象を用いて示しその意味を考察する。

國武 学、田中 高史、五十嵐 喜良、山本 伸一、前野 英生、小川 忠彦 (通信総合研究所)

Doppler spectra of echoes observed  
with auroral radar at Syowa Station (1)  
M. Kunitake, T. Tanaka, K. Igarashi, S. Yamamoto, H. Maeno, T. Ogawa (C. R. L.)

In doppler spectra from VHF 50 MHz auroral radar echoes at Syowa (Geograph. 69.0° S, 39.6° E), narrow spectra less than 20 Hz were sometimes observed (Tanaka et al. 1990). According to this 'new type', we show results of (1) statistics of its occurrence etc., from Apr. to Oct. 1984, (2) case study of Aug. 1, 1984, when fluctuations of electric fields and magnetic fields were observed.

昭和基地 VHF50MHzオーロラレーダのエコーのドップラースペクトルには、時々、特異なスペクトルが見いだされる (Tanaka et al. 1990)。スペクトル幅が狭く、そのピーク周波数が極域電離圏 E 領域の ion cyclotron 周波数より低い。従来、極域電離圏からのエコーには、type 1~type 4 といった特徴あるタイプが観測されている (Haldoupis 1989) が、そのいずれとも異なっている。

今回は、(1)周辺に電場の準周期的な変動が見られる一例の詳細解析、(2)出現頻度等の統計的解析、について報告する。なお、便宜上、ここでは new type と呼ぶこととする。

Fig.1に、GMSビーム(magnetic south 方向)各レンジの echo intensity を左列に、ドップラースペクトルを右列に示す。225kmレンジに new typeが見える。なお、255~270 kmレンジには、時間の進行とともに、ドップラー周波数(速度)が準周期的に変動している様子的一部が見える。

Fig.2に、GMSビームについてのスラントレンジとアスペクト角の関係を高度をパラメータとして示す。225kmレンジについては、アスペクト角90度を仮定するとecho 高度が90 km付近となり、他方 echo 高度を100~120 kmと仮定すると、アスペクト角が90度からはなれる。

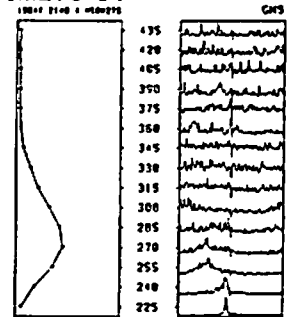
Fig.3にGMSビーム、スラントレンジ 240 kmでの、new typeの出現頻度を示す。統計した期間は、1984年4月25日~10月10日である。5h UT付近に極大が見られ、オーロラレーダエコー全般の出現頻度パターンとはかなり異なる。

今後、磁場、光オーロラ、CNAとの関連についての詳細な解析や、エコー領域上空での人工衛星による Field aligned current 観測との coordinated analysis を行なう。

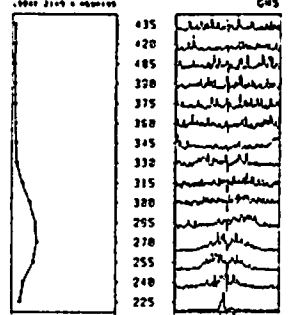
REFERENCES

Haldoupis, C., Ann. Geophys. vol. 7, 239 (1988)  
Tanaka, T. et al., Proc. NIPR Symp. Upper Atmos. Phys., vol. 3, 86 (1990)

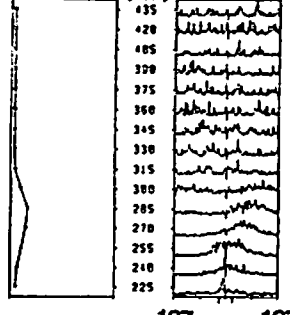
Aug.1 1984  
4h58m27s UT



4h59m19s UT



5h0m11s UT range (km)



echo power INTENSITY  
DOPPLER FREQUENCY (Hz)

Fig.1 Echo power intensity (left panels) and normalized doppler power spectra (right panels) along slant range for GMS beam. 167Hz Doppler frequency corresponds to 500 m/s Doppler velocity.

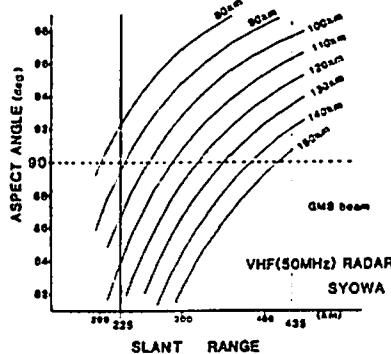


Fig.2 Aspect angle - slant range relation for GMS beam.

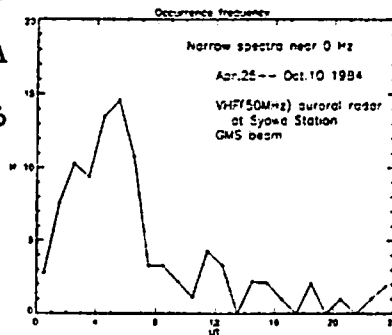


Fig.3 Occurrence frequency of narrow spectra near 0 Hz (less than  $\pm 20$  Hz) in doppler spectra of GMS beam echo. Echoes at 240 km range were analysed.

## 磁気圏・電離圏結合

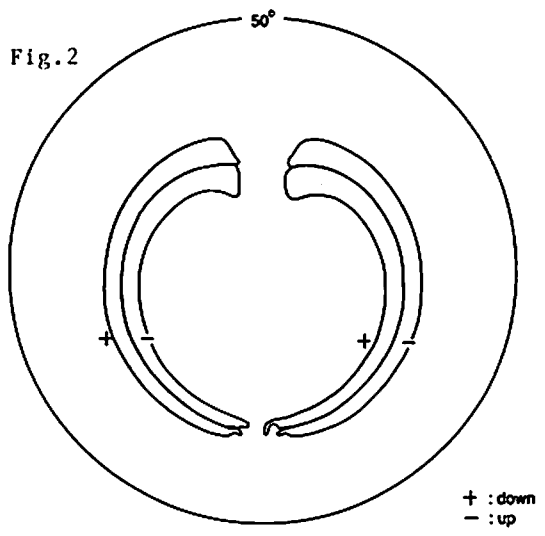
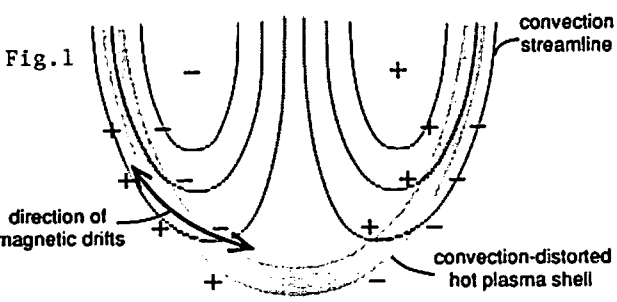
J21-01~11, P60~63

座長	家森俊彦	(京大理)
	佐川永一	(通総研)



○TAKASHI YAMAMOTO (Univ. of Tokyo) and C.-I. Meng (APL / JHU)

We present a theoretical model of generation of region 1/region 2 field-aligned currents (FACs) in the growth phase of a substorm. Based on the satellite observations, it is assumed that the hot plasma particles are distributed in the magnetic shell which is connected with two ovals of diffuse auroras on both hemispheres. A hot plasma contained in this magnetic shell having several degrees of latitudinal width is called a hot plasma shell (HPS). We propose that the region 1/region 2 FACs can be generated as a result of distortion of the HPS due to the solar wind convection. In general, the large-scale convection observed in the high-latitude ionosphere and magnetosphere is modelled as twin vortex cells with antisunward flows in the center of the polar cap when the interplanetary magnetic field is southward. If it were not for the large-scale convection, the HPS would be shaped in such a way that any tangent of the HPS is parallel to the direction of the averaged total magnetic drift velocity. This virtual configuration of an HPS is called the magnetic drift shell. In the presence of the two-cell convection, the configuration of an HPS must be different from that of the magnetic drift shell. Due to the distortion of the HPS, the pressure gradient in the HPS has a component parallel to the magnetic drift (see Figure 1). Therefore, the HPS can be polarized due to opposite directed magnetic drifts of the HPS electrons and protons: the high-latitude and low-latitude sides of the HPS on the evening sector are negative and positive, respectively, and the polarity is reversed on the morning sector. This distribution of space charges is consistent with the commonly observed distributions of the region 1 and region 2 FACs (Iijima and Potemra, 1976). By using two-dimensional numerical simulations, we reproduce the region 1 and region 2 FAC pattern resulting from the above-mentioned process. The computed FAC distribution on the polar ionosphere is shown in Figure 2.



坂 翁介 (九大・理) 飯島 健 (東大・理)

## Field Aligned Current Signature of Pc5 Pulsations

O. Saka (U. Kyushu), T. Iijima (U. Tokyo)

Pc5 pulsation is a ground signature of the resonant standing oscillation of the field aligned currents (FAC). We emphasize that the Pc5 pulsations are occasionally sustained by a convecting FAC.

オーロラ帯朝方に出現するPc5脈動は古くから知られた存在ではあるが、『何故そこにあるか?』という疑問についての満足出来る答えはなかなかない。我々が前回提案したモデル(磁気圏内に補足されたプラズマシート電子による Region 1, 2 電流系の細分化)はその答えにかなり接近したと考えているが、不十分な点も沢山ある。

低軌道衛星(MAGSAT)の全観測期間、衛星と地上IMSネットワークデータを比較することにより、その実態をより詳しく調べる。

1980年4月8日、0330UTに励起されたPc5脈動は興味ある例である。この脈動は、1700MLT~2000MLTに位置するIMSネットワークで非常に活発な午後側脈動として観測され、また同時に0400MLTの昭和基地で、1100MLTのCCSで、同じ様に観測された。すべての地上基地での波形は一致する。この時、MAGSAT衛星は0730MLTと1500MLTを結ぶ北極軌道上を通過した。午前側では少なくとも5対のPc5FACが、午後側では2対のPc5FACが観測された。多数(小数)の対は地上波形の複雑(単純)さに現れる。

4月8日の例は、FAC対が広域的に一様な移動によって引き起こされたと考えられ、この例の汎世界性が理解できる。局所的な共鳴の集合ではないであろう。

Pc5FACのそれぞれの対は地上での各周波数成分に対応しているであろう。多くの例で、Pc5FACは2つ以上の対から構成され、非常に接近した周波数の多重共鳴と認識される。この構造は地上のデータからも推察出来る。



## IMF $B_y$ -controlled convection and field-aligned currents near midnight auroral oval for northward IMF

○S. TAGUCHI<sup>1</sup>, M. SUGIURA<sup>2</sup>, T. IYEMORI<sup>3</sup>  
J. D. WINNINGHAM<sup>4</sup>, and J. A. SLAVIN<sup>5</sup>

1. *Department of Geophysics, Faculty of Science, Kyoto University*
2. *Institute of Research and Development, Tokai University*
3. *Data Analysis Center for Geomagnetism and Space Magnetism  
Faculty of Science, Kyoto University*
4. *Southwest Research Institute, San Antonio, Texas*
5. *NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Maryland*

Using the Dynamics Explorer-2 electric and magnetic field and plasma data, we examined  $B_y$ -controlled convection and field-aligned currents in the midnight sector for stable northward IMF. When  $B_y$  is positive, the convection consisting of the eastward (westward) plasma flow at lower latitudes and the westward (eastward) plasma flow at higher latitudes exists in the midnight sector in the northern (southern) ionosphere. When  $B_y$  is negative, the directions of the flow are reversed. The distribution of the field-aligned currents associated with the  $B_y$ -controlled convection, in most cases, shows three-sheet structure. When  $B_y$  is positive, in the northern hemisphere the three sheets consist of the most equatorward and most poleward sheets with current flowing away from the ionosphere and a sheet in-between with current flowing into the ionosphere. In the southern hemisphere these current directions are reversed. In the same way as the directions of the plasma flow, the directions of the field-aligned current in each hemisphere are reversed when  $B_y$  is negative. When the electron precipitation related to the  $B_y$ -controlled convection is examined, the poleward boundary of precipitating BPS type electrons having a few keV always lies within the  $B_y$ -controlled convection. This suggests that the source region of the  $B_y$ -controlled convection overlaps with both the closed and open field line regions. However, the relationship between the location of the poleward boundary of the electron precipitation and the eastward or westward plasma flow depends on the cases. In some cases the poleward boundary is at a higher latitude than the flow reversal surface between the eastward and westward drifts, and in others the poleward boundary terminates at a lower latitude than the reversal surface. An idealized model is adopted in which the reversal surface is assumed to be coincident with the open/closed boundary. For both signs of  $B_y$ , the direction (i.e., poleward or equatorward) of the electric field in the closed field line region of the  $B_y$ -controlled convection in the northern ionosphere is opposite to that in the southern ionosphere. These directions cannot be explained in terms of the usual magnetotail-ionosphere mapping that the higher latitude portion near midnight maps to more distant equatorial area than the lower latitude portion. Thus we propose an alternative mapping in which the north-south direction in the midnight sector at ionospheric heights corresponds to the dawn-dusk direction on the equatorial plane when IMF  $|B_y|$  is large. On the basis of this mapping the configuration of the  $B_y$ -controlled convection is interpreted.

*Acknowledgment.* We thank N.C.Maynard for permitting us to use his electric field data.

Polar Wind Acceleration Process Observed by the EXOS-D/SMS

E. Sagawa (CRL), S. Watanabe (HIIT)

SMS on board the EXOS-D satellite has been observing upflows of relatively cold ionospheric ions in the polar ionosphere (Polar Wind). The SMS data obtained when the satellite altitude was increasing during the passage over the polar cap in summer indicates increases of the upflow velocities of cold ionospheric ions, particularly, of the protons along the satellite pass. We believe this type of data represents the acceleration process of the "Polar Wind". The transition altitude are around 1 Re, and ion distribution functions obtained by SMS suggest a strong anisotropy in the ion temperature, if the bi-Maxwellian distribution is assumed.

1 はじめに

EXOS-D の低エネルギーイオン質量分析器は電離層の熱的なイオンの測定が可能であり、極域ではほぼ定期的に、熱的なイオンの Outflow を観測している。これは、1970 年代から理論的な研究が始まった "Polar Wind" に対応するものと考えている。EXOS-D 衛星は 1991 年 7 月には午後側から夕方側にかけて高度を上げながら Polar Cap を横切っていく軌道を取っていた。この時期の SMS の観測データには、Polar Cap 内での熱的なイオンの磁力線沿いの速度（上向き）が、高度とともに増加していく例が数多く見られた。我々はこのイベントを、これまで理論的に研究されてきた、Polar Wind の加速過程を実際の観測データとして取得した、貴重なものではないかと考えている。

2 観測データ

図は 1991 年 6 月 28 日に EXOS-D 衛星が北極上空を通過したさいに取得された SMS の観測データから求めた、 $H^+$ 、 $He^+$ 、 $O^+$  イオンのスピ平面内の分布である。等高線は磁分フラックス ( $10^2 \sim 10^6/cm^2 \cdot str \cdot sec$ ) を表し、径方向はエネルギー (0-12 eV)、周方向は衛星のスピ角である。スピ角の  $0^\circ$  は SMS の観測するピッチ角が最小になる時に対応している。 $O^+$  のパネルに示されている矢印が衛星の進行方向と SMS の視野方向のなす角が最小になる時 (RAM 方向) を示している。16:22UT のデータでは RAM の方向に若干分布が伸びているが、全体は比較的円に近い分布であり、等方的な Maxwell 分布と解釈できる。この時の磁力線沿いの  $H^+$  イオンの速度をモーメント積分によって求めると 2.2km/sec となる。これに対して 16:35UT の観測データでは、分布はかなり潰れており、等方的な Maxwell 分布では説明できない。この時、同様の方法で計算した  $H^+$  イオンの速度は 11km/sec となり、図の分布でも明らかのように、16:22UT のデータと比べると磁力線沿いにかかなり早い速度で運動している。この 2 つの時間の間では分布関数は連続的に変化して、計算された速度もゆっくり増加している。

3 何を観測したのか？

Collisionless 領域の Polar Wind の理論計算では、プラズマの分布を bi-Maxwellian と仮定すると、Polar Wind が加速される領域で  $T_{\parallel} > T_{\perp}$  に変化することを予測している。ここに示した SMS の観測データは、この予測に対応するものではないかと考えている。

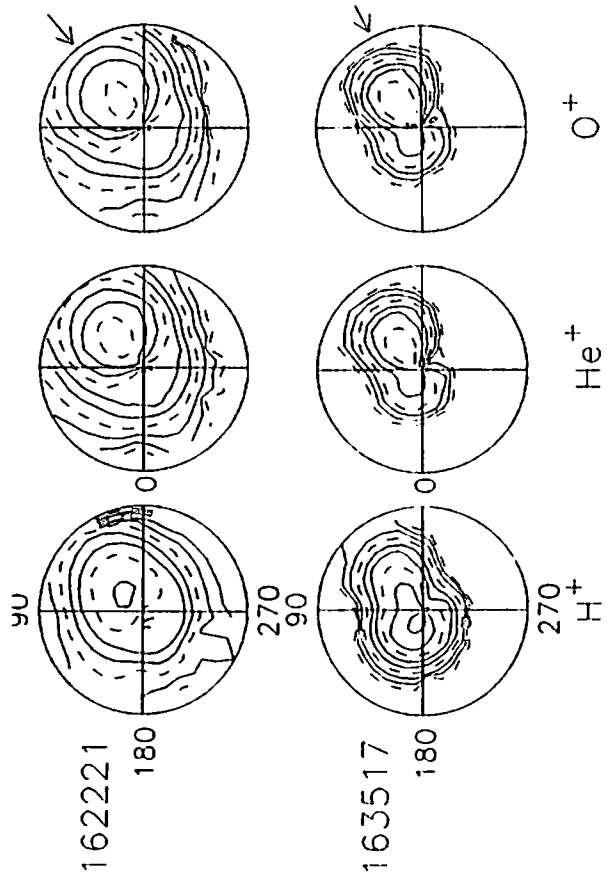


図 1: SMS で観測されたスピ平面内のイオン分布。コンターはフラックス。

# EXOS-D/SMSで観測された熱的イオンの加熱と運動

渡部重十<sup>o</sup> B.A. Whalen, A.W. Yau, 阿部琢美 佐川永一

(北海道情報技術研究所) (Herzberg Institute of Astrophysics) (通信総合研究所)

## Thermal Ion Heating and Transport Observed by the EXOS-D/SMS

S. Watanabe (HIIT), B.A. Whalen, A.W. Yau, T. Abe (HIA), E. Sagawa (CRL)

Thermal ion observations, made by the Suprathermal Ion Mass Spectrometer (SMS) on the EXOS-D satellite, are used to estimate ion temperatures, ion densities, ion velocities and the satellite potential to the plasma. In the auroral region, ions are strongly heated and flow along the local magnetic field lines. The field-aligned flows, the polar wind, are also observed in the polar cap region. Typically, parallel drift velocities of 12, 7 and 3 km/s for H<sup>+</sup>, He<sup>+</sup> and O<sup>+</sup> are observed. We obtained good correlations of those parameters with magnetic activity. The results suggest that the polar ionosphere is strongly heated in the magnetically active periods.

### 1.はじめに

EXOS-Dに搭載された低エネルギーイオン質量分析器 (SMS) によるイオンのエネルギー分布関数の観測から、磁力線に垂直および平行なイオンのドリフト速度、密度、温度等を得ることができる。観測結果は、極域電離層全体が強く加熱される状態が時々存在し、極域でのプラズマ対流およびポーラーウインドと磁気擾乱との関係を明瞭に示している。

### 2.イオンのドリフト速度、温度、密度および衛星電位の観測

SMSで観測された数種類のイオンから、それぞれのドリフト速度、密度および温度を求めることができる。ここで、イオンのエネルギー分布関数を測定している間 (1スピン=8sec~数スピンと測定モードにより異なる) プラズマパラメータは変化していないということが仮定された。SMSで測定される磁力線に垂直なイオンのエネルギーは、ドリフトによる運動エネルギーと衛星の周囲に生成されるシースで加速あるいは減速されたエネルギーを加えたものである。シースにより変化を受けたエネルギーはイオンの種類によらず一定であるが、ドリフトによる運動エネルギーはイオン質量に依存する。したがって、2種類以上のイオンを用いることにより、磁力線に垂直なドリフト速度とシースによるエネルギー変化 (衛星電位) を求めることができる。衛星電位が決定されると、エネルギー分布関数からそれぞれのイオンの磁力線に平行なドリフト速度、温度および密度を決定することができる。

### 3.観測結果

1990年2月20日の例を図1に示す。パネルの上から、磁力線に垂直な東西成分のドリフト速度、磁力線方向のドリフト速度、イオン温度、イオン密度及び衛星電位が示されている。数字1、2および4はそれぞれH<sup>+</sup>、He<sup>+</sup>、O<sup>+</sup>を示している。ドリフト速度は東向き及び磁力線方向をプラスにとっている。20:06UT付近で衛星はカスプ領域を通過し、高温かつ高速のプラズマ流を観測した。その後、衛星は極冠域に入り定常的なポーラーウインドを観測している。21:14~21:26UTでは夜間のオーロラ領域を通過した。主イオンはO<sup>+</sup>であり、これは極域電離層全体が強く加熱されていたことを示している。

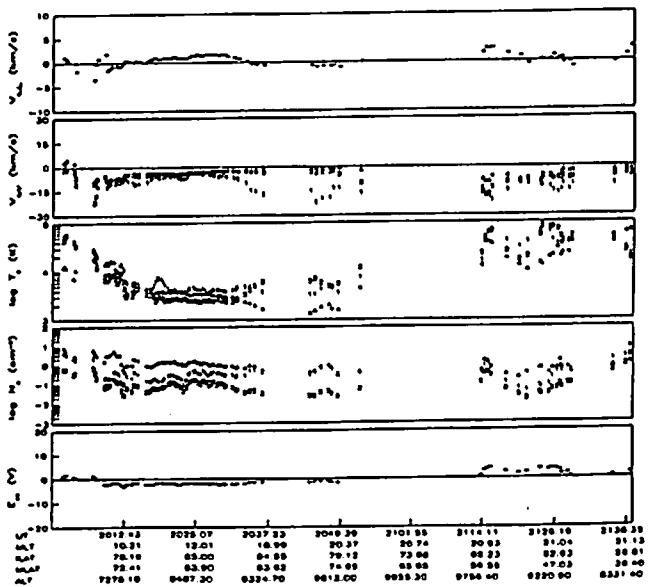


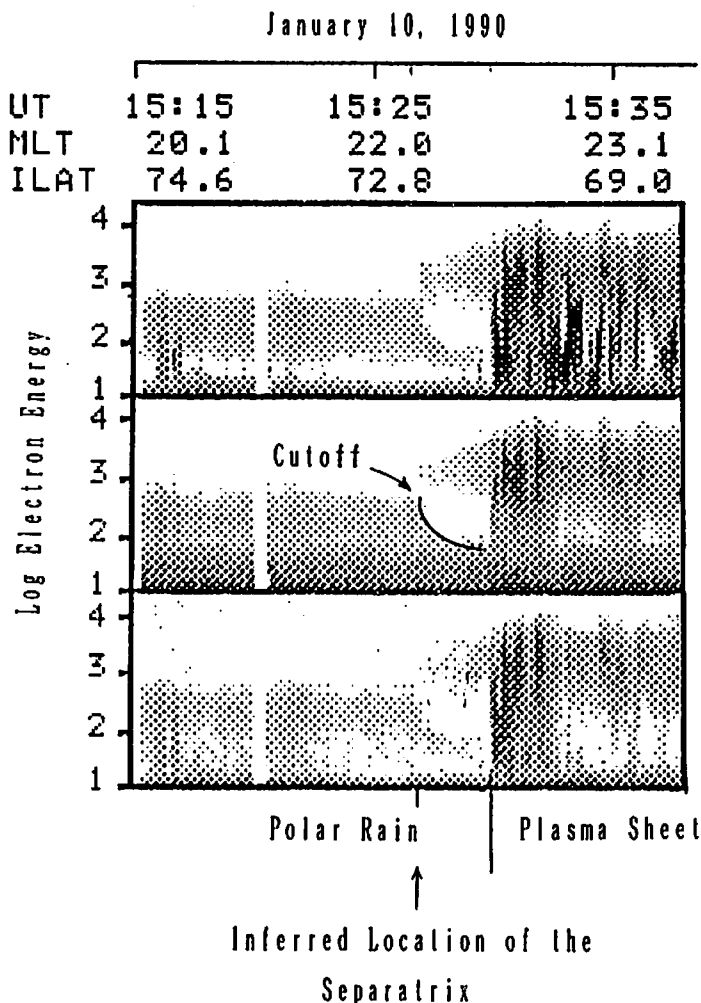
図1 SMSで観測されたイオンドリフト速度、温度、密度及び衛星の電位

On the cause of polar rain dropout near the nightside polar cap boundary

K. Maezawa,<sup>1)</sup> H. Shirai,<sup>1)</sup> T. Mukai,<sup>2)</sup> N. Kaya<sup>3)</sup>,  
 K. Tsuruda<sup>2)</sup> and H. Hayakawa<sup>2)</sup>

- 1) Dept. of Physics, Nagoya University
- 2) Institute of Space and Astronautical Science
- 3) Kobe University

Polar rain electrons usually have a fairly uniform distribution inside the polar cap. An important exception to this is that they often show a short time dropout in the region adjacent to, but on the polar cap side of, the night-side auroral zone boundary. Examination of these dropouts using the LEP (Low Energy Charged Particle Experiment) data on the EXOS-D satellite reveals that the dropout has a clear energy dispersion, i.e. higher energy electrons disappear first when the satellite is moving toward lower latitudes. We propose that the cause of this dropout is similar to that of the energy dispersion of the plasma sheet boundary ions, i.e. It is due to the time-of-flight effects in the presence of the convection electric field. We argue that the night-side polar rain should be bounded exactly at the separatrix connected to the distant tail neutral line, if polar rain particles had infinite parallel velocity. Finite velocities of real polar electrons make the boundary position dispersed according to their finite flight-time from the distant neutral line. Auroral zone boundary, or boundary plasma sheet is determined by the proton flight time, so that it should be located at latitudes lower than the polar rain boundary.



# J21-07 DE-2衛星で観測されたプラズマポーズでの 大振幅アルフベン波の入射と電離層の加熱

宍森俊彦<sup>1</sup>・杉浦正久<sup>2</sup>・岡野伊子<sup>1</sup>・森田康裕<sup>1</sup>・石井守<sup>1</sup>  
J. A. Slavin<sup>3</sup>, L. H. Brace<sup>4</sup>, J. D. Winningham<sup>5</sup>

## Localized Injection of Large Amplitude Alfvén Waves at Plasmopause and Heating of the Ionosphere as Observed by DE-2

T. Iyemori<sup>1</sup>, M. Sugiura<sup>2</sup>, A. Oka<sup>1</sup>, Y. Morita<sup>1</sup>, M. Ishii<sup>1</sup>  
J. A. Slavin<sup>3</sup>, L. H. Brace<sup>4</sup>, J. D. Winningham<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Science, Kyoto University.

<sup>2</sup>Institute of Research and Development, Tokai University.

<sup>3</sup>Laboratory for Extra-terrestrial Physics, NASA/GSFC.

<sup>4</sup>Space Physics Research Lab., University of Michigan.

<sup>5</sup>Southwest Research Institute.

The spatial structure of the injection region of the Alfvén waves of Pc1 range at ionospheric altitudes is examined by using the magnetic and electric field data and plasma data obtained by the Dynamics Explorer-2 satellite. Localized Pc1 waves with large amplitude at ionospheric altitudes have been found in the magnetic field data obtained by Magsat near the dusk-side plasmopause (Iyemori and Hayashi, 1989). Erlandson et al. (1990) studied the Pc1 waves observed by the Viking satellite near 3 Re geocentric altitude and confirmed that the injection region is localized and the polarization is complicated. In this paper, we analyze the spatial structure of the incident waves and compare it with the ionospheric plasma temperature and particle precipitation.

We have found several large amplitude Alfvén wave injection events in the DE-2 magnetic and electric field data. The main results are as follows:

- (1) The injection region is localized in latitude and its size is typically around 100 km. The polarization structure along the satellite orbit is very complicated.
- (2) When the plasmopause is identified from the electron temperature variation (Brace et al., 1988), the injection region exactly coincides with the plasmopause.
- (3) In some cases, high energy particle precipitation (>30keV) is seen in the region of wave injection.

The coincidence between the wave injection region and the electron temperature increase is reasonable if they have a common origin, that is, the ion-cyclotron instability around the plasmopause. As the coincidence between them is so good that there could be a mechanism that confines the injection (propagation) region to the plasmopause, or that the ionospheric heating at the plasmopause could be directly related to the incident waves.

### References

- Brace, L.H., C.R. Chappell, M.O. Chandler, R.H. Comfort, J.L. Horwitz and W.R. Hoegy, F region electron temperature signatures of the plasmopause based on Dynamics Explorer 1 and 2 measurements, *J. Geophys. Res.*, 93, 1896-1908, 1988.
- Erlandson, R.E., L.J. Zanetti, T.A. Potemra, L.P. Block and G. Holmgren, Viking magnetic and electric field observations of Pc1 waves at high latitudes, *J. Geophys. Res.*, 95, 5941-5955, 1990.
- Iyemori, T. and K. Hayashi, Pc1 micropulsation observed by Magsat in the ionospheric F region, *J. Geophys. Res.*, 94, 93-100, 1989.

### Acknowledgment

The electric field data from DE-2 were provided by the courtesy of Dr. N.C. Maynard.

\*塩川和夫<sup>1</sup>、湯元清文<sup>1</sup>、西谷望<sup>1</sup>、小口高<sup>1</sup>、山本達人<sup>2</sup>、林幹治<sup>2</sup>、国分征<sup>2</sup>、  
福西浩<sup>2</sup>、向井利典<sup>3</sup>、松岡彩子<sup>3</sup>、早川基<sup>4</sup>、渡辺富也<sup>5</sup>

<sup>1</sup>名大STE研、<sup>2</sup>東大理、<sup>3</sup>東北大理、<sup>4</sup>宇宙研、<sup>5</sup>UBC

Electron Inverted-V Event at the Boundary of  
Structured and Unstructured Electrons  
— EXOS-D Satellite and Ground-Based Observations —

K. Shiokawa<sup>1</sup>, K. Yumoto<sup>1</sup>, N. Nishitani<sup>1</sup>, T. Oguti<sup>1</sup>, T. Yamamoto<sup>2</sup>, K. Hayashi<sup>2</sup>,  
S. Kokubun<sup>2</sup>, H. Fukunishi<sup>3</sup>, T. Mukai<sup>3</sup>, A. Matsuoka<sup>4</sup>, H. Hayakawa<sup>4</sup>, and T. Watanabe<sup>5</sup>

<sup>1</sup>STE Lab., Nagoya Univ., <sup>2</sup>Univ. of Tokyo, <sup>3</sup>Tohoku Univ., <sup>4</sup>ISAS, <sup>5</sup>UBC

There are two kinds of electron precipitations observed by ionospheric satellites. One is spatially structured electrons, which sometimes show inverted-V shapes on E-T diagram. The other is spatially unstructured electrons which are usually observed at lower latitude of the structured electrons. Why is the difference of these two kinds of electrons formed? There are still no clear answer for this question.

An inverted-V event was observed at the boundary between the structured electrons and the unstructured electrons by the EXOS-D satellite on January 29, 1990. Figure 1 shows the E-T diagram of the event. The event corresponds to a stable auroral arc observed at Great Whale River, Canada. The formation process of the inverted-V event will be discussed in the presentation.

電離圏衛星がオーロラオーバルを横切ると、大きく分けて2種類のオーロラ電子が観測される。1つは空間構造を持つ、磁力線方向の電場によって下向きに加速されたと考えられる電子で、しばしばE-Tダイアグラム上でinverted-V構造を示す。もう1つは空間構造の余り見られない電子で、比較的高いエネルギー(~10 keV)を持ち、inverted-V形のもの観測される緯度よりも低緯度側に観測される。Winningham et al. (1975)は、前者をBPS (Boundary Plasma Sheet)、後者をCPS (Central Plasma Sheet) に起源を持つ粒子であると考えた。しかしどのようにしてこれら2種類のオーロラ電子の違いが形成されるのか、なぜ高緯度側には加速電場ができて、低緯度側にはできにくいのかは、まだよくわかっていない。BPS, CPSの考え方は、電離圏粒子と磁気圏構造を直接対応づける証拠に基づ

いたものではなかった。

Figure 1はEXOS-D衛星で観測された22 MLT付近の電子とイオンの降り込み現象である。高緯度側の空間構造を持った電子と、低緯度側の空間構造を持たない電子の境界域に、はっきりしたinverted-V形電子加速現象が起きている。これは地上でみて寿命が20分ぐらいの安定したオーロラアークに対応していることが、カナダにおける全天カメラの観測からわかっている。本講演ではこのイベントに関して、EXOS-D衛星の電場、磁場、粒子データ、地上の全天カメラデータ等を利用して、前述した2種類の電子の降り込みの違いがどのように形成されているかを議論する。

References

Winningham et al., JGR, vol.80, pp.3148, 1975.

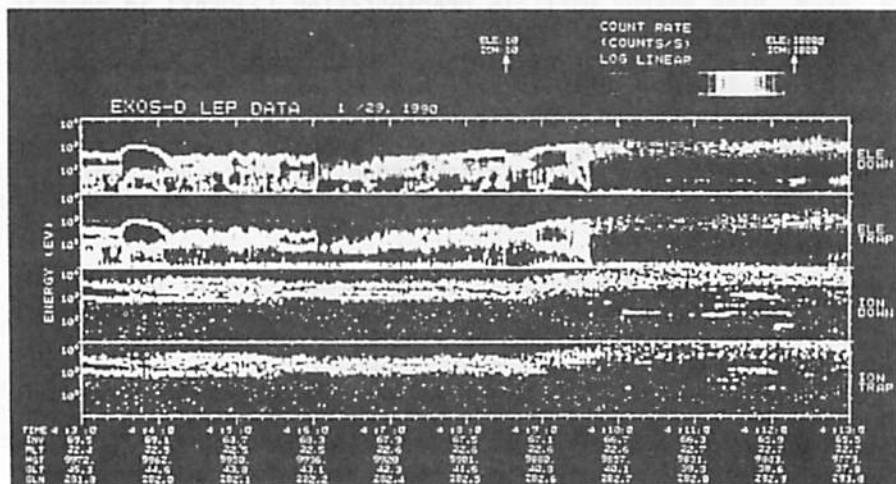


Figure 1 From top to bottom, energy time spectrum of precipitating electrons (pitch angles of  $0^\circ - 30^\circ$ ), trapped electrons ( $75^\circ - 105^\circ$ ), precipitating ions ( $0^\circ - 30^\circ$ ), and trapped ions ( $75^\circ - 105^\circ$ ), observed by the EXOS-D satellite from 04:03:00UT to 04:13:00UT on January 29, 1990.

**J21-09**

**GROUND-BASED STUDIES OF IONOSPHERIC CONVECTION  
ASSOCIATED WITH SUBSTORM EXPANSION**

**Y. Kamide (STE Laboratory, Nagoya University), and  
A. D. Richmond (High Altitude Observatory, NCAR)**

The instantaneous patterns of electric fields and currents in the high-latitude ionosphere are obtained by combining satellite and radar measurements of the ionospheric drift velocity, along with ground-based magnetometer observations for October 25, 1981. For this purpose, an updated version of the AMIE technique has been used. The period under study was characterized by a relatively stable southward IMF (interplanetary magnetic field), so that the obtained electric field patterns reflect, in general, the state of sustained and enhanced plasma convection in the magnetosphere. During one of the satellite passes, an intense westward electrojet caused by a substorm intruded into the satellite and radar field of view in the premidnight sector, providing a unique opportunity to differentiate the enhanced convection and substorm expansion fields. The calculated potential distributions for the expansion phase of the substorm show the first clear evidence of the coexistence of two physically different systems in the global convection pattern. The changes in the convection pattern during the substorm are indeed of general two-cell patterns representing the southward IMF status, but the night-morning cell has two positive peaks, one in the midnight sector and the other in the late morning hours, corresponding to the substorm expansion and the convection enhancement, respectively.

**J21-10**

## **Auroral and Ionospheric Signatures of Substorm Recovery Phase**

**Susumu Kokubun**

Department of Earth and Planetary Physics, University of Tokyo,  
Tokyo, 113 Japan

In the operational definition of a magnetospheric substorm given by Rostoker et al. (1981) the recovery phase is defined as the interval during which the aurora in the midnight sector returns to lower latitudes. The other suggestion is given as the recovery phase signals the end of the substorm current wedge activation. However, it is presently customary to use magnetic data such as the AE index to identify the recovery phase, since global auroral data are not always available. Thus, the term recovery phase has, sometimes, been used in a broad sense in the previous studies.

Reported recovery phase signatures are mostly observed in the morning sector; eastward drifting auroral patches, pulsation auroras, eastward drifting omega bands, Ps 6 magnetic disturbances and small scale auroral absorption events. The Viking ultraviolet imager observations have recently revealed that a distinct series of spatially periodic bright spots are frequently seen in the 14-16 MLT sector. It is found that these bright spot events reported so far occurred during the maximum-decaying phase of AE index.

We will review these recovery signatures previously reported, referring both the AE index and low-latitude magnetograms. Low-latitude magnetograms are used to identify the substorm current wedge activation.



# 極域電離層における オーロラ輝度と電気伝導度との関係 (II)

・<sup>1</sup>石井 守・<sup>1</sup>木村和典・<sup>1</sup>家森俊彦・<sup>2</sup>杉浦正久・  
<sup>3</sup>J. A. Slavin・<sup>4</sup>J. D. Craven・<sup>5</sup>L. A. Frank

<sup>1</sup>京都大理・<sup>2</sup>東海大開発技研・<sup>3</sup>NASA/GSFC・<sup>4</sup>アラスカ大・<sup>5</sup>アイオワ大

Relation between the auroral luminosity and the ionospheric conductivity  
 in the polar regions as deduced from the DE satellite observations (II)

・<sup>1</sup>M. Ishii, <sup>1</sup>K. Kimura, <sup>1</sup>T. Iyemori, <sup>2</sup>M. Sugiura,  
<sup>3</sup>J. A. Slavin, <sup>4</sup>J. D. Craven, <sup>5</sup>L. A. Frank

<sup>1</sup>Faculty of Science, Kyoto University, Kyoto 606, Japan

<sup>2</sup>Institute of Research and Development, Tokai University, Tokyo 151, Japan

<sup>3</sup>Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD 20771, U. S. A.

<sup>4</sup>Geophysical Institute and Department of Physics, University of Alaska,  
 Fairbanks, AK 99775, U. S. A.

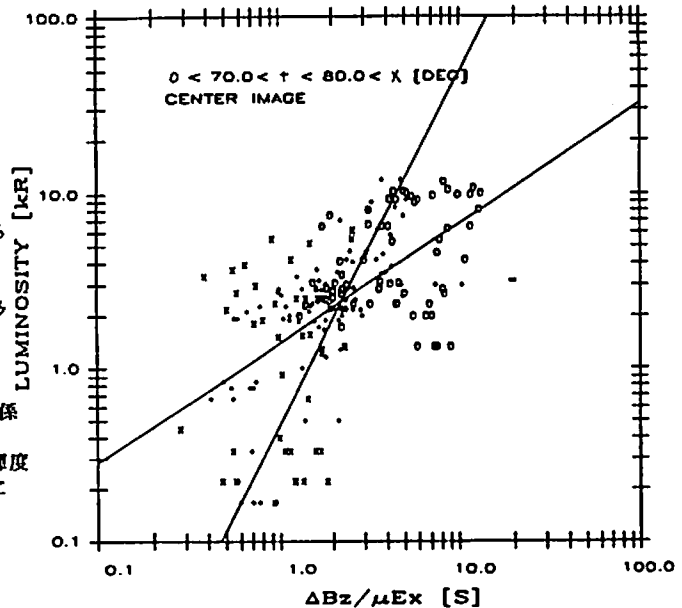
<sup>5</sup>Department of Physics, University of Iowa, Iowa City, IA 52242, U. S. A.

We attempt to obtain the relation between the polar ionospheric conductivity on the nightside and the auroral luminosity deduced from the DE satellite observations. The variation of the height-integrated Pedersen conductivity  $\Sigma_p$  along the satellite's orbit can be calculated using the method of Ishii et al. [1992]. The auroral image data were obtained by DE-1. The following results have been obtained: (1) The correlation between the magnetic and electric fields is high in the region where diffuse auroras appear, while the correlation between them is poor in the region where discrete auroras appear. (2) The relation between the height-integrated Pedersen conductivity  $\Sigma_p$  and the auroral intensity  $I$  (at 123 ~ 160 nm) depends on invariant latitude: at higher latitudes ( $> 80^\circ$ ), we find  $\Sigma_p \sim I^{1/2}$ , which is consistent with the results of Robinson et al. [1989], while at lower latitudes ( $< 70^\circ$ ), our result between  $\Sigma_p$  and  $I$  does not satisfy this relation. In this study, we investigate the relation between the magnetic and electric fields in discrete auroral regions, and also analyze the relation between  $\Sigma_p$  and  $I$  statistically.

極軌道衛星 Dynamics Explorer (DE) の観測結果より、極域電離層のオーロラ輝度と高さ積分された Pedersen conductivity  $\Sigma_p$  との関係調べる。低高度衛星 DE-2 で観測された磁場・電場擾乱の相関が高いときには、両者の比から  $\Sigma_p$  が推定できる。この値と、同時に高高度衛星 DE-1 によって観測されたオーロラ輝度  $I$  とを比較することで両者の関係を求める。

これまでの研究では(第90回地球電磁気・地球惑星物理学会)概ね diffuse aurora が出現していると考えられる領域では磁場・電場擾乱の相関が比較的高いが、一方、限ね discrete aurora が出現していると考えられる、輝度の強い領域では磁場と電場の相関が低くなることが多いという結果を得た。また、 $\Sigma_p$  と  $I$  との関係は不変磁気緯度に依存し、高緯度領域 ( $> 80^\circ$ ) ではほぼ  $\Sigma_p \sim I^{1/2}$  となって Robinson et al. [1989] の結果と一致したが、不変磁気緯度  $70^\circ$  以下の領域では、この関係を満たさなくなることがわかった。

今回は、より多くのデータを用いて、 $\Sigma_p$  とオーロラ輝度  $I$  の関係を調べていくと同時に、オーロラ輝度の強いときに磁場と電場の相関が低くなる原因についても調べる。



Acknowledgment: We thank M. C. Maynard for permitting us to use his electric field data.

Figure: A statistical result of the relation between the ratio  $\Delta B_z/\mu E_x$  and auroral luminosity  $I$ . Lines are regression lines calculated by the least squares method.

# 昼間側極域で観測される周期的イオン速度分散現象

その特徴と予想される起源・機構について

° 平原 聖文 向井 利典 賀谷 信幸 佐川 永一 早川 基

(京大理/宇宙研) (宇宙研) (神戸大) (通総研) (宇宙研)

Periodic Ion Velocity Dispersion Phenomena in the Dayside Auroral Region

° HIRAHARA M. MUKAI T. KAYA N. SAGAWA E. HAYAKAWA H.

(Kyoto U./ISAS) (ISAS) (Kobe U.) (CRL) (ISAS)

We have observed the periodic ion precipitations with velocity dispersion in accordance with the modulations in electron. The characteristics are as follows. The period of occurrence is 1 to 3 min. or ILAT variation is 1° to 2° on altitude of about 4500 km. The dispersions have the major component of H<sup>+</sup> and often start nearly at the turning point of convection direction from sunward to anti-sunward. Ion intensity correlates with the fluctuations of electric field, particularly for southward IMF. In this presentation, we investigate the predicted source and mechanism for the phenomena using the charged particle measurement (energy and mass) and electric field data and discuss the possibility of solar wind injection and the relationship with LBL.

昼間側極域での衛星による粒子観測では、カスプにおける太陽風の注入に関する研究がよく知られているところである。その特徴として広く一般に挙げられるのは、

- ・ イオンの組成がほとんどH<sup>+</sup>である。
- ・ イオンと電子の密度に高い相関がある。
- ・ イオンにはほぼ緯度方向の速度分散があり、電場対流による可能性が強い。
- ・ イオン・電子のエネルギースペクトルが太陽風のそれとよく似ていて、かつディフューズな領域のすぐ高緯度側に位置する。
- ・ 電子の降り込み強度が強い所では上向きイオン（コニック）が頻繁に観測される。

等であり、太陽風の電離圏高度への降り込み領域として考えられている。「あけぼの」衛星によってもこれらの現象は数多く観測・解析されている。

しかしその他にも、明け方から昼間側にかけての軌道上で、上記の粒子観測の特徴とはやや異なったイオン速度分散現象が、'89年10、11月に特に多く観測されている（Fig.1）。イオン組成のほとんどがH<sup>+</sup>である、ディフューズな領域より高緯度にある、という点ではカスプと同じであるが、

- 高緯度から低緯度にいる高度約4500kmの軌道上で、1~3分の周期で数回繰り返して観測される。
- 電子も速度分散こそないがイオンと同等の周期的な強度変動を持つ。
- 同時観測された電場と比較すると、太陽方向から反太陽方向へ対流が変化している領域の近傍での観測がほとんどである。
- イオン・電子のエネルギーがカスプ領域よりやや高い。
- IMF (Interplanetary Magnetic Field) が南向きの時に電場擾乱とイオンの強度が良い相関がある。
- イオン分散の低緯度側ディフューズ領域に、電離圏起源であろうと思われる3種のイオン（H<sup>+</sup>, He<sup>+</sup>, O<sup>+</sup>）が、100 km/s程度の速度で観測される事がある（Fig.2）。

に関しては、カスプ領域とは相違する点、または、更に新しく挙げられる特徴である。

過去のロケット観測にもこの様な観測例があり、また、ISEE等の衛星による磁気圏太陽側前面での観測からも太陽風の断続的な侵入が指摘され、その過程で何らかの加速機構を経ての可能性があるも示唆されている。この現象の「あけぼの」衛星による研究は、高品質な粒子エネルギー測定に加え、精密な同時電場計測、広いエネルギー範囲にわたるイオン質量分析、という長所を生かせる好条件下にあると見える。事実、対流方向の変化、電場A C成分の強度との相関、また、

従来のDFI (Downward Flowing Ion) では多量に存在するO<sup>+</sup>が測定されていない事、等の観測結果はその起源・機構を論ずる上で極めて有効であり、この論議では、主にこの観点から周期的イオン分散を取り上げる。

また、このイオン分散が太陽風の直接的な注入である傍証としてはイオン組成にHe<sup>+</sup>が含まれているかどうか、また、速度分散が何によって引き起こされているのか、LBL (Low Latitude Boundary Layer) との関連、等についても解析を進め報告する予定である。

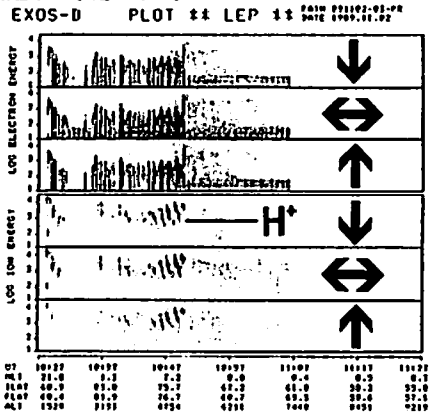


Fig. 1 E-t diagram of electron and ion for periodic ion velocity dispersions on EXOS-D \*\* LEP \*\* DATE 021009-04-89 TIME 1957.10-00

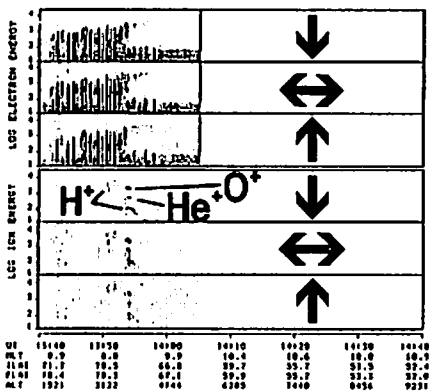


Fig. 2 E-t diagram having two remarkable ion signatures of periodic H<sup>+</sup> dispersions and ionospheric ions (H<sup>+</sup>, He<sup>+</sup>, O<sup>+</sup>).

# 夜側オーロラ帯における微細電流構造と 降下粒子のあけぼの衛星とDMS P衛星の同時観測

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

Simultaneous Observations of Small-Scale Field-Aligned Currents and Auroral Precipitating Particles by the Akebono and DMSP Satellites in the Nightside Auroral Oval

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

<sup>1</sup>Upper Atmosphere and Space Research Laboratory, Tohoku University

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

In order to investigate the relationship between small-scale field-aligned currents and spatial structures of auroral precipitating particles in the nightside auroral oval, we analyzed particle and magnetic field data almost simultaneously observed on the same magnetic field line by the Akebono satellite at the altitude of 3,000–9,000 km and the DMSP F8/F9 satellites at 850 km. We found that small-scale upward currents derived from the Akebono magnetic field data correspond to small-scale inverted-V events both at high and low altitudes. Therefore small-scale currents appear to be a fundamental process for the magnetosphere-ionosphere coupling system.

Inverted-V型オーロラ電子降り込み領域での沿磁力線電流の微細構造と沿磁力線加速領域との関係を調べるために、ほぼ同時刻に同磁力線にあけぼの衛星とDMS P F8またはF9衛星が位置した軌道を7例選び、磁場及び粒子データの解析を行った。期間は1989年12月から1990年2月までで、その時のあけぼの衛星とDMS P衛星の高度はそれぞれ3,000–9,000 kmと約850 kmであった。

Fig. 1はその1例で、あけぼの衛星のLEPとDMS P F8衛星の粒子観測から得られたEnergy-latitudeダイアグラムと、あけぼの衛星のMGFから得られた沿磁力線電流の電流密度を示す。これから、2つの異なる高度でディフューズな電子の降り込みの様子は互いによく一致し、それに重なったsmall-scaleのinverted-V構造の対応も一般に良いことがわかる。また上向き電流とinverted-V構造の良い対応がみられる。以上から、small-scaleなinverted-Vに対応する沿磁力線電流は、あけぼの衛星高度の磁気圏からDMS P衛星高度の電離圏まで連続して流れていると推定される。

しかしこの例では緯度79°から77°の上向き電流領域で、あけぼの衛星はinverted-V構造を観測していないがDMS P衛星は3つのinverted-V構造を観測している。このことから、この緯度範囲ではinverted-V構造を作り出す平行電場の存在する高度はあけぼの衛星高度より低いことが推測される。

講演では、より多くの2衛星の同時観測データを比較し、そこでの電流構造も含めて議論を行う。

謝辞：あけぼの衛星運用に関して宇宙研の追跡班の方々、並びにDMS P衛星のデータ参照に関して極地研オーロラデータセンターの方々に謝意を表します。

EXOS-D & DMSP DEC 12 1989

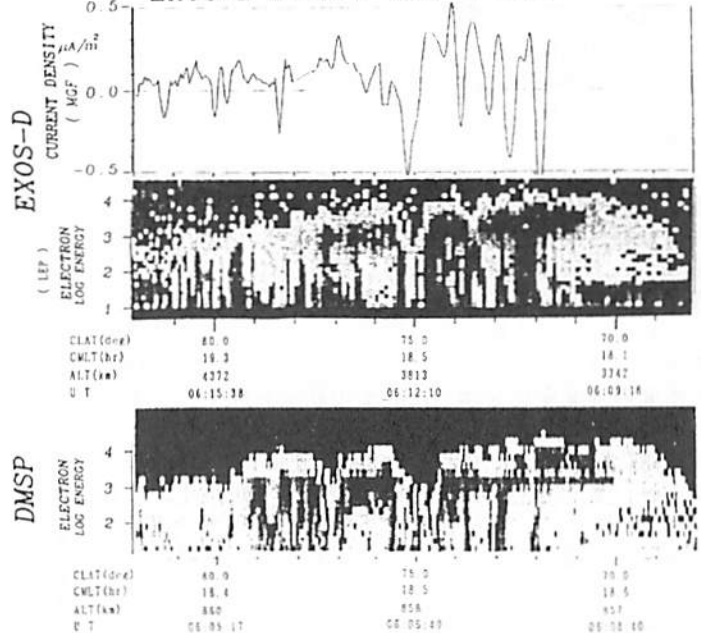


Fig.1 Relationship between field-aligned currents and precipitating electrons in the evening side auroral oval. Top: Current density derived from the Akebono magnetic field data. Middle and bottom: Energy-latitude spectrograms of precipitating electrons observed by the Akebono and DMSP F8 satellites respectively.

# 夜側オーロラ帯極側境界域の 電流構造と電子バースト現象の緯度変化

○長妻 努<sup>1</sup>、福西 浩<sup>1</sup>、向井利典<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>東北大学理学部 <sup>2</sup>宇宙科学研究所

Latitudinal Variations of Field-Aligned Current Structures and Electron Burst Events  
 in the Poleward Boundary Region of the Nightside Auroral Oval

○T. Nagatsuma<sup>1</sup>, H. Fukunishi<sup>1</sup>, T. Mukai<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Upper Atmosphere and Space Research Laboratory, Tohoku University

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

Using magnetic field and particle data obtained from the Akebono satellite, latitudinal variations of field-aligned currents and electron burst events have been examined for 36 passes. Electron burst events are usually characterized by superposition of two Maxwellian distribution functions, an isotropic high temperature component and a field-aligned low temperature component. It has been found that the temperature of the low temperature component increases at the boundary of the downward and upward current region, although the temperature of the high temperature component is nearly constant. The number density of the high temperature component also increases in this region. These results suggest that the boundary of the downward and upward current region corresponds to the outer boundary of the plasmashet boundary layer.

我々は現在、あけぼの衛星の磁場データより沿磁力線電流密度を計算し、粒子データに分布関数をfitさせてプラズマの温度・密度を導出することにより、夜側オーロラ帯の極側境界域の電流・粒子構造について調べている。この領域では高緯度側で下向き電流、その低緯度側で上向き電流といった構造が見られる。そしてオーロラ帯の中でも特に強い沿磁力線電流(数 $\mu\text{A}/\text{m}^2$ )が観測されており、それに伴って電子バースト現象が出現している。電子バーストが、沿磁力線電流のキャリアーであること、その粒子スペクトルが、field-alignedな低い温度(10-200eV)と等方的な高い温度(0.5-2keV)の2つのMaxwell分布で近似できること、及びfield-alignedな低い温度成分が下向き電流領域から上向き電流領域に移行するにつれて温度が上昇する傾向にあること等を今までに明らかにしてきた。

これらの結果を統計的に確かめるために36軌道の電流密度及びfittingで導出した電子バーストの温度・密度の緯度変化を調べた。その結果を図1に示す。各軌道は下向きと上向きの電流領域の境界を $0^\circ$ として規格化してある。2つのMaxwell分布をfittingして得られた温度・密度は各軌道の平均値で規格化したものが示してある。電流密度は下向きと上向きの境界域で特に強い電流が流れているのがわかる。低い温度成分の温度はこの境界付近で上昇する傾向を示している。数密度の変化は不規則である。一方、高い温度成分の温度は殆ど緯度変化が見られず一定であるが、数密度は上向き電流領域で急激に増加する。この成分はプラズマシート起源のプラズマと考えられ、密度の緯度変化はこれらの電流構造の領域がPSBLのローブ側境界領域に対応していることを示している。

講演では、より多くのデータについて詳細な解析を行なった結果を報告する予定である。

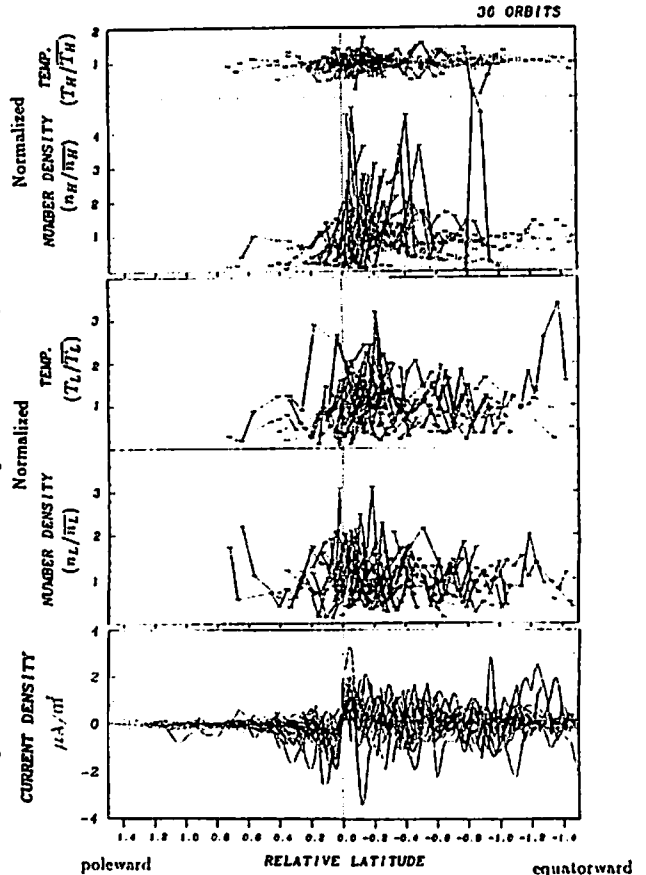


Fig.1. Latitudinal variations of Temperatures and densities of electron bursts and field-aligned current densities. Top to bottom : Temperature and density of the high temperature component, temperature and density of the low temperature component, and current density.

## Merits and Limitations of the Use of the Polar Cap AE Indices

°Sarmoko Saroso<sup>1</sup>, Masahisa Sugiura<sup>2</sup>, Toshihiko Iyemori<sup>3</sup>,  
Tohru Araki<sup>1</sup>, and Toyohisa Kamei<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Department of Geophysics, Faculty of Science, Kyoto University, Kyoto 606

<sup>2</sup> Institute of Research and Development, Tokai University, Tokyo 151

<sup>3</sup> Data Analysis Center for Gcomagnetism and Space Magnetism, Kyoto University, Kyoto 606

We have derived on a test basis a magnetic activity indices in the southern polar cap almost in the same way as the Auroral Electrojet (AE) indices are derived and we called them the Polar Cap AE (PCAE) indices. One of the aims of the derivation of the PCAE indices is to monitor the ionospheric currents over the polar cap during northward IMF. Because when the interplanetary magnetic field turns northward, the auroral oval contracts poleward to such an extent that the AE index stations cannot measure the less intense electrojet current system flowing at higher latitudes. Ideally, in deriving the PCAE indices it is desirable to use as many observatories as possible and the distribution of the observatories should be as uniform as possible longitudinally. However, since there are only a limited number of polar cap magnetic observatories and since the northern polar cap is mostly occupied by the Arctic Ocean, practical compromises are unavoidable.

We derive a PCAE indices by using presently available data in the southern polar cap. Observatories used here are Scott Base (geomag. coord.  $-78.84^\circ$ ,  $293.24^\circ$ ), Dumont Durville ( $-75.06^\circ$ ,  $232.15^\circ$ ), Vostok ( $-89.31^\circ$ ,  $139.62^\circ$ ) and Mirny ( $-76.80^\circ$ ,  $151.15^\circ$ ). We derived these indices based on the H, D, and T (total) components for the years 1966 (near solar activity minimum) and 1980 (near solar activity maximum). The results of the variation of the disturbance fields from the four stations shows a clear diurnal and seasonal variation due to distribution of the stations and the ionospheric conductivities in the southern polar cap. We find the highest correlation coefficients between the PCAE indices and the AE index are observed in the local winter and decreased in the local summer due to the increase of the ionospheric conductivity in the polar cap caused by solar UV radiation. The correlation between the PCAE indices and the AE index is better with the PCAE index based on H and D components than with T (total) component.

There is a high correlation between averaged H components from the four stations and IMF  $B_y$  during summer, the linear correlation coefficient is 0.74. And the predicted values of IMF  $B_y$  calculated by using the linear relationship between IMF  $B_y$  and the average of the H components from the four stations agrees well with the observed value, but during the high values of IMF  $B_y$  do not coincide so well. For IMF  $B_z$  positive during summer and winter the polarity of averaged Z components is positive (downward) in the dawn side and negative (upward) in the duskside. The magnitude of convection vectors of each station are depend on the season, solar activity and the IMF components.

From event studies we find that the  $PCAE_H$  index can be used as an available indicator of "reversed convection events" in the polar cap controlled by the IMF northward. Looking only at the  $PCAE_H$  index there is no way to distinguish between a positive disturbance caused by the current system associated with NBZ currents and a positive disturbance associated with electrojet activity in the auroral oval. Like any other index, the PCAE indices have limitations and problems. The most serious one may well show up to be that several sources contribute to the index and the difficulties in distinguishing between them.



## 磁気圏プラズマ波動 (1)

J22-01~08, P64~70

座長	坂 翁介	(九大理)
	早川正士	(電通大)

## 磁気圏プラズマ波動 (2)

J22-09~17, P71

座長	早川正士	(電通大)
	坂 翁介	(九大理)

## 磁気圏プラズマ波動 (3)

J31-01~05

座長	筒井 稔	(京大超高層)
	小嶋浩嗣	(京大超高層)

J22-01

## Alfven Waves Observed by DE-1 and DE-2

\*A. Oka<sup>1</sup>, T. Iyemori<sup>1</sup>, M. Sugiura<sup>2</sup>, M. Ishii<sup>1</sup>, J. A. Slavin<sup>3</sup>

1 Faculty of Science, Kyoto Univ.

2 Institute of Research and Development, Tokai Univ.

3 Goddard Space Flight Center

It is well known that waves in the Pc-1 frequency range (0.1-5Hz) are excited by ion cyclotron instability (ICI) and that they propagate along the magnetic field lines. A theory on the linear growth rate of ICI shows that the frequency range of the excited electromagnetic ion cyclotron waves (EMICW) depends on the generation mechanism.

A few generation mechanisms of EMICW have been identified for the magnetosphere, e.g., injection of energetic particles of the ring current, compression of the dayside magnetosphere, and so on. Each of these mechanisms has its own area of instability triggering, which may be specified by L-value or local time. Thus it is expected that the distribution of the observed wave frequency range is a function of L-value or invariant latitude, or local time.

We present the latitudinal and local time dependence of EMICW determined by an analysis of DE-1 magnetic field data, DE-2 magnetic and electric field data, and plasma density data from the Langmuir probe on DE-2. Furthermore, a comparison is made of the characteristics of the waves observed at low altitudes by DE-2 and of those simultaneously observed at high altitudes by DE-1.

**ACKNOWLEDGMENTS:** We thank L. H. Brace and N. C. Maynard for permitting us to use the Langmuir probe and electric field data, respectively.

中村義勝、恩藤忠典 通信総合研究所

WHISTLER TRIGGERED HISS OBSERVED BY DE-1 (2)

Yoshikatsu Nakamura and Tadanori Ondoh

Communications Research Laboratory, Tokyo, 184

At the 88th SGPSS meeting, we reported the characteristics of the whistler triggered hisses observed on the three DE-1 passes of May 1990. Whistler triggered hisses on the three passes are classified into the hisses which occur in about 0.5 second just after the reception of a single whistler (A in Fig.1) and those which occur continuously after echo whistlers ( Fig.2 and Fig.3 ). Whistler A in Fig. 1 has an emission which is divided from the main trace and the same type observed by ISIS. So, whistler triggered hisses are a different type of emissions from WTE(Whistler Triggered Emission) observed in the topside ionosphere. We further examine the characteristics of the whistler triggered hisses using the data of newly analysed 6 passes.

第89回講演会で、DE-1 衛星の1990年の5月の3パスについて、ホイストラ誘起ヒスの特性を調べ報告した。ホイストラ誘起ヒスには、図1に示すように、単一のホイストラの受信直後から0.5秒程度を経て誘起されるヒスと、図2に示すように、ホイストラエコーに連続して発生する誘起ヒスとに分類できる。図1の単一ホイストラAによる誘起ヒスは、エコーホイストラ(図2)による誘起ヒスの最高周波数が10kHz以下であるのに対し、最高周波数がホイストラAのそれより更に高い20kHzに達している。ホイストラAの観測位置  $L = 2.7$  は電離層高度のISIS衛星により、ダクト伝搬ホイストラによるWTE (Whistler Triggered Emission) が最も多く観測されるL位置に一致する。図1のホイストラAにはISIS高度で観測されるダクト型WTEと同様に、ホイストラトレースから分岐する放射が見られる。このことはホイストラAがダクト伝搬ホイストラであることを示すとともに、誘起ヒスがISIS高度で観測されるWTEとは別種のものであることを示している。図1のヒスと異なり、図2の誘起ヒスはホイストラエコーに連続して起こっており、衛星近傍で発生したものと推定される。図2 a は共役半球での2回反射エコーにより誘起されたヒスの例、図2 b は共役半球での1回反射エコーにより誘起された例である。本講演では、以上の結果をふまえ、更に6パスの解析結果を加え、ホイストラ誘起ヒスの特性を検討する。

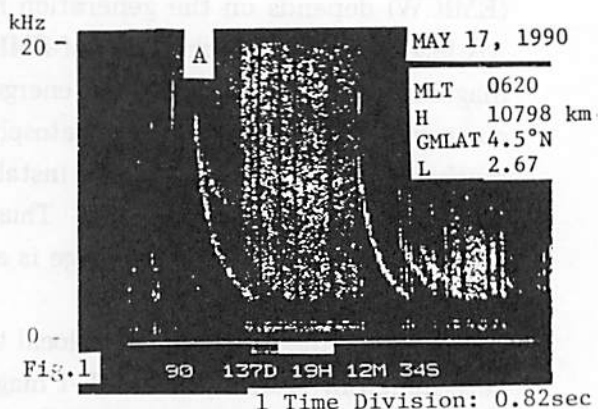


Fig.1

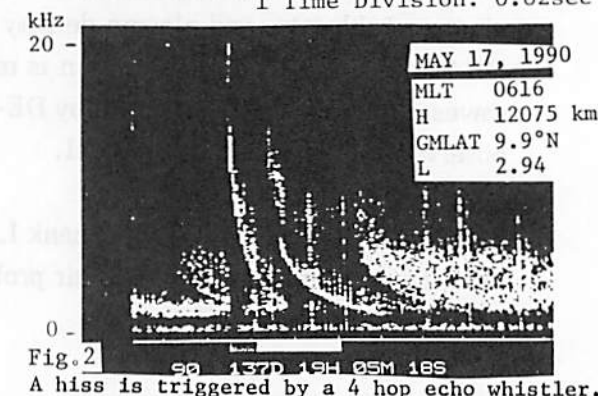


Fig.2

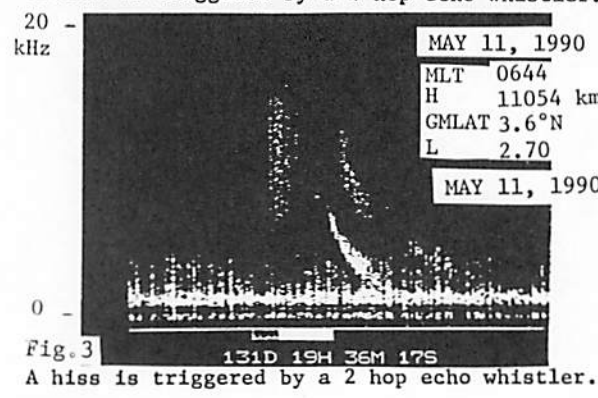


Fig.3



○ 早川 正士 (電気通信大学)、 大田 健次 (中部大学)

Characteristics of Mid-latitude Whistler Ducts

M. Hayakawa ( The Univ. of Electro-Communications )

K. Ohta ( Dept. of Electronic Eng., Chubu Univ. )

Abstract:

The presence of field-aligned ducts is of essential importance for the reception of ground-based whistlers at different latitudes, but the characteristics of those ducts are not well understood ( i.e., the duct dimension, inter-duct spacing, enhancement factor, structure etc.).

In this paper we report on the characteristics of medium-latitude whistlers by analyzing several events of multi-path whistlers observed at Ceduna, Australia ( L=1.93 ) by means of the field- analysis direction finding. The digital processing technique and a FFT method were used for the direction finding. The important findings are summarized as follows.

- (1) The radius of a duct at the ionospheric height of 100km is about 100km.
- (2) The-field-aligned ducts(probably tubular structure)tend to appear on the same geomagnetic latitude. That is; ducts are formed just as a sheet.
- (3) The spacing of such sheets is about 500km.

These findings are concerned with the duct structure, and we also discuss the mechanism of ionospheric transmission of medium-latitude whistlers in order to give a satisfactory explanation for the properties on the nearly constant incident angle ( $i \sim 30^\circ$ ) for whistlers penetrated through the ionosphere at different latitude ranges.

嶋直樹<sup>1)</sup>, 渡辺雄一<sup>1)</sup>, 島倉信<sup>1)</sup>, 早川正士<sup>2)</sup>

1) 千葉大・工 2) 電通大

A NEW DIRECTION FINDING TECHNIQUE FOR WHISTLERS AND ATMOSPHERICS

N. SHIMA<sup>1)</sup>, Y. WATANABE<sup>1)</sup>, S. SHIMAKURA<sup>1)</sup>, and M. HAYAKAWA<sup>2)</sup>

1)Dept. of Electrical Eng., Chiba Univ. 2)Univ. of Electro-Communications

A new direction finding technique is shown, which is very effective for nonstationary signals, such as whistlers and atmospherics. This method does not require Fourier Transform and is independent of wave polarization.

ホイッスラや空電のような周波数変動が大きく、継続時間の短い電磁波動の到来方位測定法としては、フーリエ変換を必要とする周波数領域における到来方位測定法は必ずしも適当でない。

そこで、本報告では時系列のまま到来方位を推定する方法(以下、時系列法)の原理を示し、従来の到来方位測定法(以下、B-method)と時系列法による比較を行う。図1は空電を例に2つの方法による測定結果を比較したものである。図1より明らかなように時系列法はB-methodに比べ推定値は安定であり、またその分散は極めて小さい。しかし、ここに示した時系列法は原理的に偏波依らない方法であるにもかかわらず、図2に示すように楕円偏波の信号に対しては約4°の系統誤差が生じている。この系統誤差を取り除くことが今後の重要課題であり、計算法も含め、その原因を明らかにする必要がある。

時系列法の原理は次の通りである。まず、疑似

信号を用いて観測された電磁場3成分の速い位相変動を取り除く。この電磁場3成分から方位角φおよび入射角θを求めることができる。結果を示すと、

$$\tan \phi = \frac{B_{zs}B_{yc} - B_{zc}B_{ys}}{B_{zs}B_{xc} - B_{zc}B_{xs}} \quad (1)$$

$$\sin \theta = \frac{B_{zc}}{B_{yc} \cos \phi - B_{xc} \sin \phi} \quad (2)$$

$$= \frac{B_{zs}}{B_{ys} \cos \phi - B_{xs} \sin \phi} \quad (3)$$

となる。但し、 $B_x, B_y, B_z$ は一般化された磁場3成分であり、これの添字cおよびsは、疑似信号の位相を $\eta(t)$ とするととき $\cos\{\eta(t)\}$ および $\sin\{\eta(t)\}$ を演算することによって得られた時系列データであることを表している。物理条件 $\sin \theta > 0$ から、 $\phi, \theta$ は一意に定まる。 $B_x, B_y, B_z$ は緩やかに変動しているのでφおよびθは安定してもとまることが期待できる

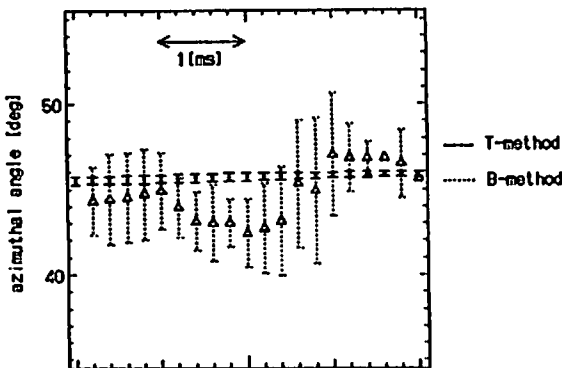


図1: 到来方位推定シミュレーション  
S/N比 30db 方位角 45° 偏波角 90°

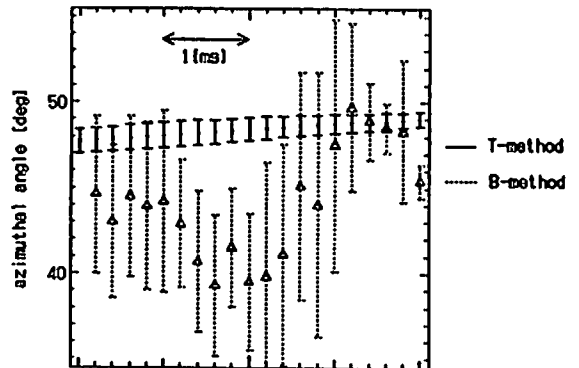


図2: 到来方位推定シミュレーション  
S/N比 30db 方位角 45° 偏波角 30°

奈良 久美子, 松葉 哲彦, 島倉 信 (千葉大・工), 早川 正士 (電通大)

SIMULTANEOUS OBSERVATION OF LOW LATITUDE WHISTLERS AT TWO STATIONS

K.Nara<sup>1)</sup>, T.Matsuba<sup>1)</sup>, S.Shimakura<sup>1)</sup>, and M.Hayakawa<sup>2)</sup>

1) Dept. of Electrical Eng., Chiba Univ. 2) Univ. of Electro-Communications

Low latitude whistlers observed simultaneously at two points have some ionospheric exit-regions, and also the exit-region of the whistler depends on the frequency.

磁気緯度のほぼ等しい沼田（群馬県）および柿岡（茨城県）の2地点でホイッスラの同時観測を1991年1月23日から約2週間にわたり実施した。観測期間中、1月24日午後を除き、ほとんどホイッスラは観測されなかった。図1は、2点でのホイッスラの発生頻度を示したものである。2つの観測点では、同一分散のホイッスラが観測されているにもかかわらず、図よりその発生頻度の様子は明らかに異なっていることがわかる。このことは、異なる磁気圏伝搬路を伝搬したホイッスラを両地点で観測していた可能性を示唆するものである。

図1の時間帯にあったホイッスラのうち13個を切り出し異なる周波数について電離層透過域推定を行った。図2は推定の結果得られたエネルギー最大点を表示したものであり、図中の緯線・経線は磁気緯度・磁気経度を示している。同図は、2地点で観測されたホイッスラの電離層透過域が4つ存在したことを示している。また、2地点で全く同時刻に観測されたホイッスラでも、透過域が異なる場合があること、および、透過域の周波数依存性も認められた。

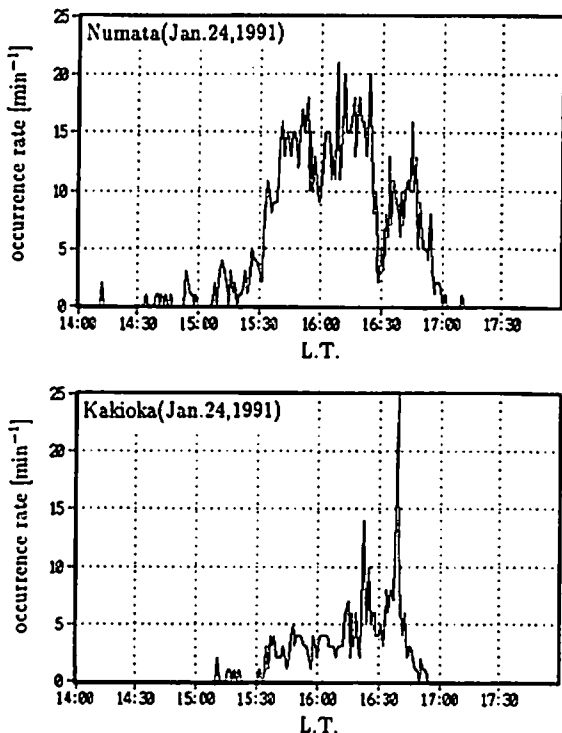


図1 ホイッスラの発生頻度

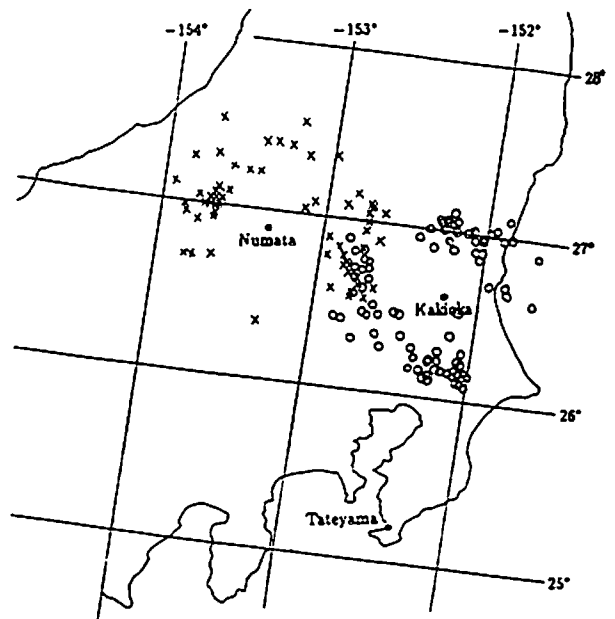


図2 ホイッスラの電離層透過域  
× 沼田で観測されたホイッスラの電離層降下点  
○ 柿岡で観測されたホイッスラの電離層降下点  
(電離層高度 80km)

SOME ASPECTS ON OBLIQUE WHISTLER WAVE PROPAGATION AND EXCITATION  
IN A BI-MAXWELLIAN PLASMA

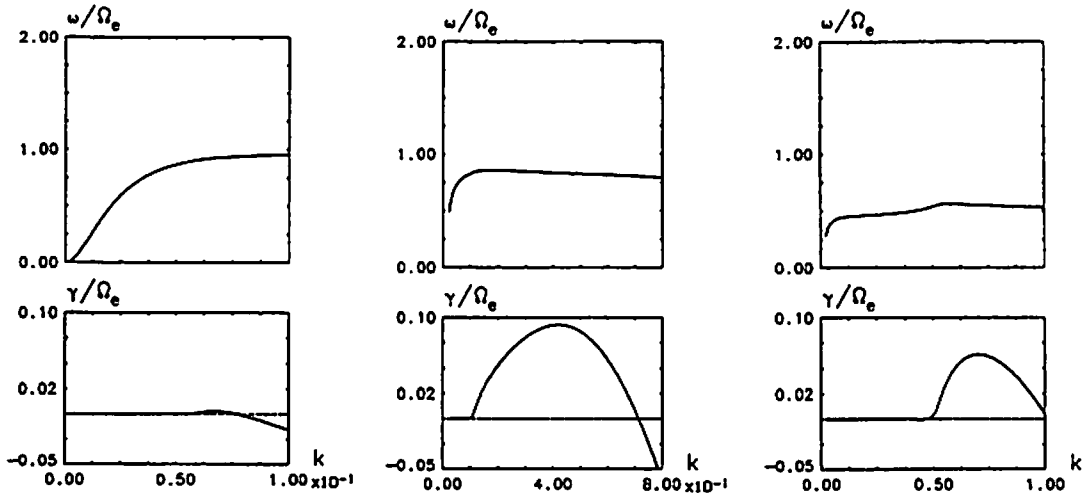
Y.L. Zhang, H. Matsumoto and Y. Omura

Radio Atmospheric Science Center, Kyoto Univ., Gokanoshō, Uji 611

Excitation or damping of whistler mode waves is mainly controlled by Landau resonance and the first order cyclotron resonance. In the case of a Bi-Maxwellian distribution of plasma, Landau resonance always damps whistler waves at large  $k$  region. Competition between Landau and cyclotron resonances decides whistler wave's growth or damping. Following Sazhin's(1991,1988) and Kennel's(1966) analyses for Low Frequency Whistler waves (LFW) ( $\omega \ll \Omega$ ), we find that LFW can propagate at any angle ( $\theta$ , from 0 to nearly  $\frac{\pi}{2}$ ) to an external uniform static magnetic field  $\vec{B}_0$  for cold, warm and hot plasma. We also find that Landau damping of LFW decreases with  $\theta$  if keeping wavenumber  $k$  constant. These are contradictory to the conclusion of Sazhin(1991) that LFW can propagate only at an angle close to  $\vec{B}_0$  due to strong Landau damping on oblique LFW. Numerical solutions of oblique whistler dispersion also show that growth rate of LFW is zero for different  $\theta$ . It is interesting to point out that positive growth rate of oblique whistler wave may increase with  $\theta$  for certain plasma distributions. Particle simulations agree with all of our results not with Sazhin's.

References

- Sazhin S.S., Landau damping of low frequency whistler-mode waves. Ann. Geophysicae, 9,690-695,1991  
 Kennel C.F., Low frequency whistler mode. Phys. Fluids, 9, 2190-2202,1966  
 Sazhin S.S., Oblique whistler-mode growth and damping in a hot anisotropic plasma. Planet. Space Sci., 1, 663-667, 1988



Dispersion relations and growth rates of whistler waves for  $\theta = 0^\circ, 30^\circ$  and  $60^\circ$   
from left to right figures respectively.  $V_{ih\perp} = 2.0, V_{ih\parallel} = 0.5, C = 100.0$

Iceland で観測された ELF chorus の  
偏波および電離層透過域について

○今井雅人<sup>1)</sup>, 島倉信<sup>1)</sup>, 佐藤夏雄<sup>2)</sup>, 早川正士<sup>3)</sup>

1) 千葉大・工, 2) 極地研, 3) 電通大

ON THE POLARIZATION AND IONOSPHERIC EXIT-REGION  
OF ELF CHORUS OBSERVED IN ICELAND

M. IMAI<sup>1)</sup>, S. SHIMAKURA<sup>1)</sup>, N. SATO<sup>2)</sup>, and M. HAYAKAWA<sup>3)</sup>

1) Dept. of Electrical Eng., Chiba Univ. 2) Nat'l Inst. of Polar Res.

3) Univ. of Electro-Communications

We discuss some methods to estimate the ionospheric exit-region of magnetospheric ELF/VLF waves observed at high latitudes based on computer simulation. And the polarization and ionospheric exit-region of chorus observed at Husafell, Iceland, are estimated and argued.

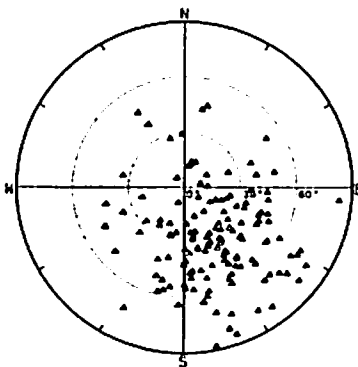
地上で観測される磁気圏 ELF/VLF 波動に関する電離層透過域の分布や大きさ及びそれらの時間的変動の情報は、ELF/VLF 波動の発生伝搬機構及び磁気圏プラズマ・ダイナミクスと密接に関連しており、重要である。中低緯度帯においてはその電離層透過域は~数10kmと比較的狭いが、高緯度帯においてはその数倍の大きさを持つと考えられている。また、透過域が比較的狭いときには、観測点に達する電離層透過域の偏波は右回り円偏波を中心に比較的集中しているのに対し、電離層透過域が広い場合の偏波に関する情報はない。そこで、1991年8月28日にIcelandのHusafellにて午前9時53分(L.T.)ごろ観測されたchorusについて、単一平面波を仮定して求めた到来方位(図1(a))および偏波の分布(図1(b))を示す。これらを見ると、到来方位および偏波の分散はかなり大きな広がりを持っていることがわかる。

従来用いられてきた電離層透過域の推定方法(最大エントロピー法)については、中低緯度帯においてその有効性が証明されているが、上述したような高緯度

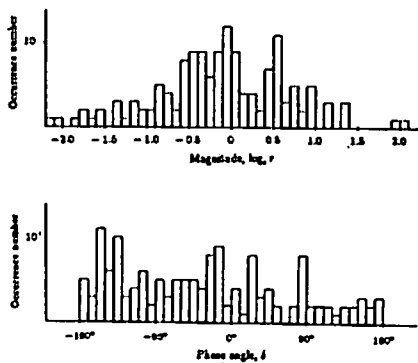
帯における透過域について扱った例はない。このため、広がりが大きく偏波の分散の大きい場合について透過域推定のシミュレーションを行ったところ、偏波の分散の大きい場合透過域推定の精度が悪くなることが判っている。

図2に従来の方法により同一chorus(図1)の電離層透過域の推定を行った結果の分布を示す。これは、透過域推定に用いるデータの周波数帯および時間長をあまり大きくとらないで行った例であり、それぞれの透過域がある一定の大きな領域を作っているように見える。この領域は図1の結果ともほぼ一致する。このことから、高緯度帯における電離層透過域は、瞬間的に考えれば、広がりおよび偏波の分散はさほど大きくないことが予想される。

現在、広がりおよび偏波の分散が大きい電離層透過域推定法の検討および高緯度帯における電離層透過域の時間的および周波数変動等についての解析を行っている。



(a) 到来方位の分布



(b) 偏波の分布

図1. 平面波を仮定して求めた chorus の到来方位と偏波

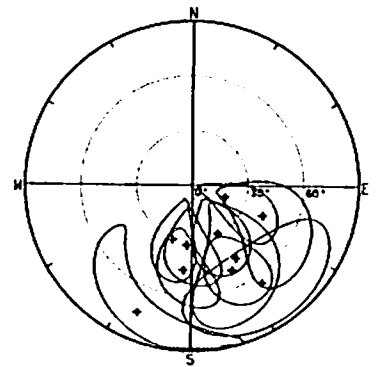


図2. 最大エントロピー法によって求めた chorus の電離層透過域の分布

Katsumi HATTORI<sup>1</sup> and Masashi HAYAKAWA<sup>2</sup><sup>1</sup> Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University<sup>2</sup> The University of Electro-Communications

**Abstract** We have performed direction finding measurements (Wave Distribution method) for rising tone VLF chorus emissions which were observed onboard satellite in the outer magnetosphere. The location of the satellite was about 20 degrees in the magnetic latitude and about 6-7 in L value. According to the previous investigations, VLF chorus emissions seemed to be generated around the magnetic equator. The normalized frequency( $f/f_H$ ) of VLF chorus emissions treated in this paper is in the range of 0.3-0.5 at the magnetic equator. Direction finding results show that the angle theta between magnetic field line of Earth and wave normal direction (k vector of chorus emission) is scattered in the range of 30-50 degrees and that azimuthal angle phi is concentrated in the region of 40-50 degrees which is measured from magnetic meridian plane. Judging from the results of azimuthal angle, chorus emissions in this paper are generated in the same source region. Also, we have investigated ray path of chorus emissions from the satellite position to the source region(the region of magnetic equator) with the use of the 3-Dimensional ray tracing computations. We assume that the generation region of chorus emission is extended by 5 degrees in latitude around the equator. Theta angle in the generation region indicates the value more than Gendrin angle. Generation angles of chorus emissions have been so far considered about 0 degree, but that beyond 0.3 in normalized frequency they are more than Gendrin angle. This tendency is also confirmed in the case of chorus emissions triggered by hiss. These results suggest that there exists the oblique instability in the generation of chorus emissions with 0.3-0.5 in their normalized frequency.

° 高橋文明、西野正徳、湯元清文、田中義人  
名大 S T E 研

Observations of low-latitude ULF, ELF/VLF and LF waves  
associated with geomagnetic disturbances

F. Takahashi, M. Nishino, K. Yumoto, and Y. Tanaka  
STEL, Nagoya Univ.

Global observations of ULF, ELF/VLF and LF waves are continuously carried out using multi-stations and magnetic conjugate stations in the 210° geomagnetic meridian plane of the low-latitude. Characteristics of wave phenomena in ULF to LF frequency range associated with the geomagnetic disturbance in March 1991 are discussed with regard to wave particle interaction in the magnetosphere.

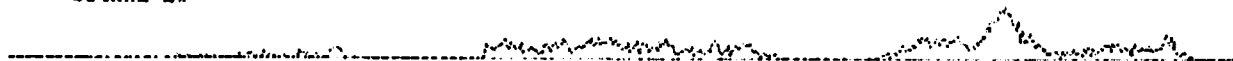
磁気嵐時には、種々の周波数領域あるいはスペクトル構造の異なった波動現象が低緯度地上で観測される。これまで、磁気嵐にともなわれた波動現象は、個々の周波数領域においてのみ記述されてきたため、波動の発生領域、伝搬路の解明は、その波動が関与する周波数領域、及び時間スケールに限られていた。本研究は、V L F から L F の広い周波数領域の波動の多点及び、共役点観測に

よって、磁気圏から電離圏にいたる波動の発生、伝搬を議論し、衛星の粒子データとの比較により低緯度磁気圏内での波動粒子相互作用を通して、低緯度磁気圏へのエネルギー流入及び電磁圏でのエネルギー消費の総合的解明を目指す。

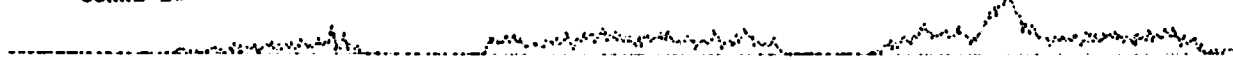
図は1991年3月の磁気嵐時のオーストラリア・パースビルにおけるL F 磁気圏伝搬波及び柿岡における地磁気変化を示す。

March, 1991 Birdsville

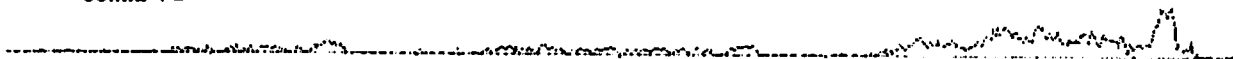
114kHz EW



85kHz EW



85kHz NS



Ordinary Magnetogram at Kakioka

H-component

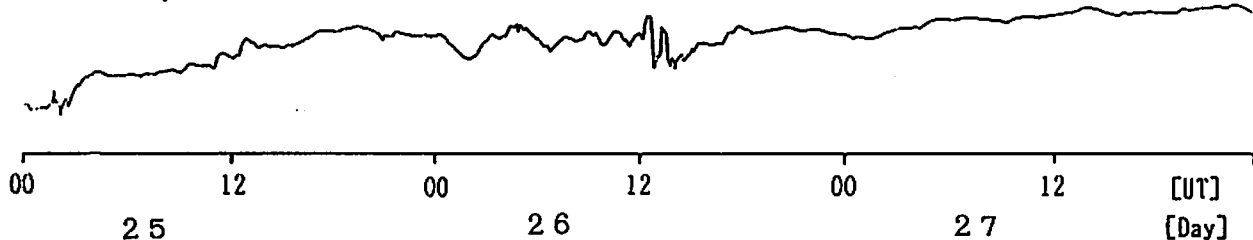


図 L F 磁気圏伝搬波及び地磁気変化

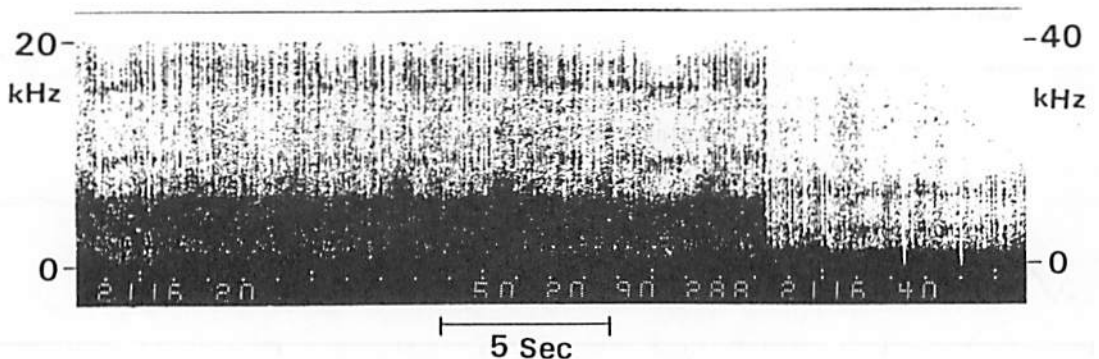
## VLF Observation by DE-1 in Low-latitude Plasmasphere

T. Ondoh and Y. Nakamura

Laboratory for Space Science, Communications Research Laboratory  
Koganei, Tokyo, 184

New VLF wave phenomena were observed from DE-1 VLF electric field data received at Kashima, Japan (NASA DE guest investigator program). Figure shows fine structures of VLF impulsive waves appearing in frequency range between 650 Hz and 20 kHz observed in morning-side low-latitude plasmasphere ( $L=3.68$  and  $4.04$ ). Both impulsive VLF waves seem to be independent of banded hiss at frequencies below 6 kHz. Diffused-type whistlers or whistler-triggered hisses appearing in wide frequency range up to 20 kHz were observed in early morning equatorial plasmasphere at altitude of 8165 km.

鹿島で受信したDE-1からのVLF電界データ(NASA客員共同研究プログラム)のスペクトル解析を行い、従来報告されていない新しいVLF現象を観測した。図は1990年10月15日2116:40 UT,  $K_p=3$  (0812 MLT,  $3.43 R_e$ , GM Lat  $16.4^\circ$ , IN Lat  $58.6^\circ$ ,  $L=3.68$ )に観測された継続時間が0.1秒以下の20 kHzまでの広帯域にわたって連続的に現われた衝撃性の波動を示す。又1990年10月21日2054:20 UT,  $K_p=2-$  (0746 MLT,  $3.65 R_e$ , GM Lat  $19.1^\circ$ , IN Lat  $60.2^\circ$ ,  $L=4.05$ )にも同様な微細構造を持つ広帯域の衝撃性波動が生じた。約6 kHz以下のバンド状のヒスとこの連続的な衝撃性波動とは関係がないように思われる。おそらく衛星近傍のプラズマ粒子環境と関係があるように思われ、地上で観測される連続的なホイッスルの多重発生による可能性は、図を見るかぎり考えられない。1990年6月16日1720:20 UT ( $K_p=1.04$ , 13 MLT, 8165 km, GM Lat  $1.8^\circ$ , IN Lat  $48.1^\circ$ ,  $L=2.24$ )に、20 kHzまで拡散状ホイッスル、又はホイッスル誘起ヒスが観測された。磁気赤道付近の高度8000 km付近で20 kHzの高い周波数まで全周波数にわたって拡散状のホイッスルが観測されたことは初めてのことであり、LHR型の局所的誘起ヒスの可能性は全くない。この観測点における電子ジャイロ周波数は71.5 kHzである。





## Analysis of the Australia Omega signal observed by Akebono over the station

I.Nagano, P.A.Rosen, S.Yagitani, K.Miyamura, M.Hata (Kanazawa University)  
and I.Kimura (Kyoto University)

The akebono satellite observed the Omega signal(10.2kHz) for 17 minutes along its trajectory at an altitude of about 1000km above the Omega transmitter of the Australia station. The characteristics of the Omega signal obtained by the PFX sub-system were analysed using the analytic signal method. This method is a powerful tool to analyze critically digital data. The intensity northward from the transmitter was stronger than southward. The refractive index of the Omega signal was analyzed to be a value of 16. The Doppler-shifted frequency of the signal was about 3 Hz over the transmitter. Here, we compare the observed intensities with the calculated values obtained by using a full wave method including a source of the Omega signal on the ground. The electron density profile used in this calculation was generated from the IRI model matched at a 1000km altitude to an electron density obtained from the observed refractive index. The calculated wave field intensities were in fairly good agreement with the observed Omega signal intensities.

Figure 1 shows the Omega signal intensities of a magnetic component Bx when the Akebono passed through above the Australia Omega station. The circle in this figure indicates the point at which Earth's magnetic line connects to the Omega station on the ground. Figure 2 shows a map of the magnetic component of the Omega signal intensity at an altitude of 1000km calculated by using a full wave method under assumptions that ionosphere is a horizontally stratified medium, the transmitter antenna is a vertical dipole antenna located at an altitude 100m above the sea level and its radiation power is 10kW. 0 dB is taken as 3.3fT. The thick line in this figure corresponds to the Akebono trajectory. As is seen in figure 1, the strongest intensity was 4.3 pTrms. While a maximum value along the line in figure 2 is read to be 65dB(5.8pTrms).

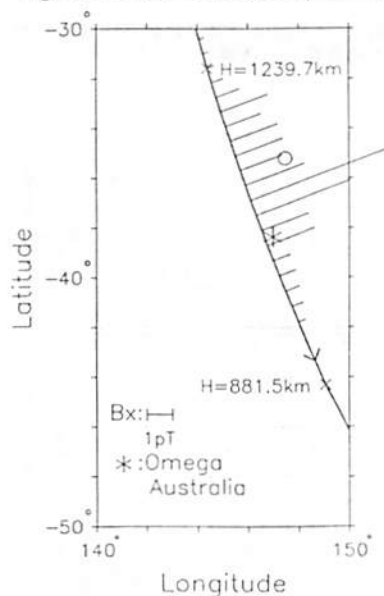


Figure 1 Omega signal intensities observed by the Akebono

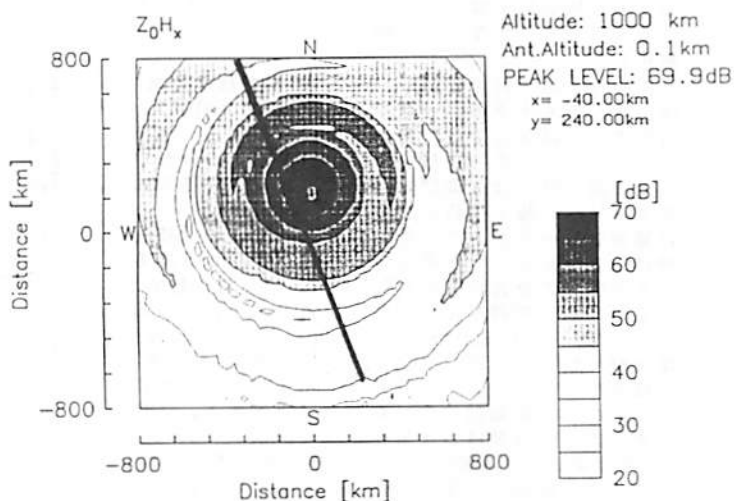


Figure 2 Mapping of the Omega intensities calculated by a full wave method

○相京和弘、恩藤忠典 (通信総合研究所)

Diurnal distribution of whistler-mode MF radio emissions at about 1100 km altitude obtained by 'Ume-2' observations 2. southern hemisphere

○Kazuhiro Aikyo and Tadanori Ondoh (Communications Research Laboratory)

Statistical analysis was performed of the diurnal and latitudinal distribution of MF (500kHz) whistler-mode radio emissions in the southern hemisphere on the basis of automatic gain control (AGC) voltage data of the topside sounder aboard Ionosphere Sounding Satellite-b (ISS-b). The data covers the period from January 10 to May 14, 1979, amounting to about fourteen thousand of observation samples under geomagnetically quiet condition ( $Kp < 4+$ ). The method of analysis is identical with that already described at the preceding presentation. The diurnal distribution of radio emission intensity shows two conspicuous peaks around 20MLT at about  $70^\circ$  Inv.lat. and around 08MLT at about  $80^\circ$  Inv.lat., being consistent with Alouette-2 observations of LF band. These results are compared with the ground-based and satellite observations and discussed in association with the intensity evaluation. The latitudinal distribution of data samples are also presented to give validity of the present statistical analysis.

電離層観測衛星 (ISS-b)にはトップサイドサウンダの受信機のAGC電圧を利用して電波雑音強度を測定するミッションがある。前回は1978年8月11日から全地方時をカバーするのに要する約4カ月間に取得したデータを用いて高度約1100kmにおける500kHz電波強度の日変化特性の解析した結果を報告した。今回は別の期間のデータを解析し、前回の結果と比較したので報告する。

AGCデータは受信帯域幅6kHzの受信機の第2中間周波段のAGC電圧で約60dbのダイナミックレンジを8ビットで表現し、ISS-bの軌道周期107分に約100点取得される。今回の解析の対象は1979年1月10日から4カ月間に390周回で観測されたデータである。前回指摘のように夜間の高緯度地域、特にユーラシア大陸上空で観測されたデータは地上混信波による混交調のためAGCレベルの上昇傾向が著しく、それらのデータの完全な除去は困難であることが分かっている。そこで今回はその効果が低い南半球のデータを中心に解析した。

図1は地磁気静穏時( $Kp < 4+$ )、地磁気緯度で南半球の約1万4千点のデータを基に、MLTで2時間毎、地磁気不変緯度 $\Lambda$ で $5^\circ$ 毎に観測点を分類し、そのメッシュ毎に平均して描いた電波放射強度の分布である。南半球では前期間と同様に、北半球に見られる真夜付近の極大は認められない。20MLT頃、 $70^\circ \Lambda$ に顕著なピークがあり、前期間と比べて僅か低緯度側にシフトしレベルが高いが傾向は全く同じである。さらに第2の極大が08MLT頃、 $80^\circ \Lambda$ に明確に認められるがこれは前期間にない傾向である。この2つのピークはAlouette2の200kHzの $> 70^\circ \Lambda$ の分布とほぼ傾向が一致する。図1ではさらに明らかに18MLT頃、低緯度( $\sim 20^\circ \Lambda$ )に、低レベルであるがピークが存在し、これも前期間にない新しい結果である。この緯度と高度は時間は異なるが( $\sim 0430$ MLT)、OGO-8がVLF帯で強いヒスを観測したそれらとほぼ同じである。元データの緯度分布を示すために図2に08と20MLTにおけるデータ数、放射の発生率(受信機内部雑音レベルを超えたデータの比率)と平均強度の不変緯度分布を掲げる。このことから強度分布は発生頻度とほぼ一対一に対応していることが判る。

講演では観測レベルの較正法について述べ、他の観測結果と比較、議論する。

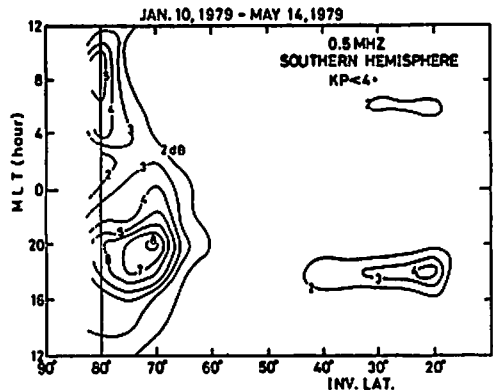


図1. 南半球における500kHz電波放射平均強度分布 (受信機内部雑音入力換算レベルを0 dbとする)

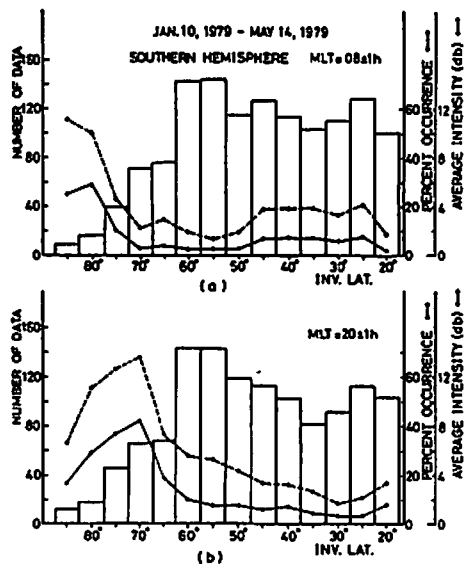


図2. データ数、発生率、平均放射強度の緯度分布 (a) MLT = 08 ± 1h (b) MLT = 20 ± 1h

°坂本 健一 木村 磐根 David.R.Shklyar  
(京都大学工学部) (IZMIRAN,Moscow)

### Estimation of Wave Normal and Poynting Vector of VLF Plane Waves in the Magnetosphere

°Ken-ichi SAKAMOTO Iwane KIMURA David.R.SHKLYAR  
(Dept. of Electr. Eng. II, Kyoto Univ.) (IZMIRAN,Moscow)

There are several techniques to analyze the polarization properties of plane waves in Magnetosphere. Means' method and Wave Distribution Function method are well-known, which use informations of the phase of the wave. In this report, a new method(Shklyar's method) is investigated, which uses informations of wave amplitude and of plasma parameters. It is applied to the analysis of whistler mode omega signals, especially for frequencies far below the plasma and gyro-frequencies in the magnetosphere.

磁気圏中の伝搬電波のkベクトル決定方法は種々知られているが、Meansの方法や波動分布関数法などがよく知られている。これらはスペクトルマトリクスを計算して波動の磁界ベクトルの一刻一刻の向きを追うこと(位相情報)を用いてkベクトルを求めるものである。それらに対して本報告では共著者の1人(Shklyar)が提案した方法で、1方向から伝搬してくる波のkベクトル、ポインティングベクトル、屈折率などを磁界3成分、電界1成分の振幅情報とプラズマの情報(プラズマ周波数、ジャイロ周波数)から求めようというものである。(Shklyarの方法)

Shklyarの方法は到来波が1波であること、そして電波の磁界が円偏波であることが前提となる。磁気圏中を伝搬する電波は一般に楕円偏波しているがサイクロトロン周波数、プラズマ周波数に比して十分に低周波なホイッスラーモード信号は円偏波に近似できる。ここで十分に低周波とはプラズマ周波数、ジャイロ周波数の数十分の一以下のことを指す。今我々が観測しているあけぼの衛星のVLF波動観測装置ではこのような条件を満たす波動を捉えることが多い。これらの条件をもとにkベクトル、ポインティングベクトルなどがこの方法で求まる。

任意の衛星座標系(x,y,z)で観測された磁界成分の振幅を $h_x, h_y, h_z$ として

$$h^2 \equiv h_x^2 + h_y^2 + h_z^2 \quad (1)$$

とする。ここで次の様なベクトル $f$ を導入。

$$f_i \equiv \pm \sqrt{\frac{h^2}{2} - h_i^2} \quad (i = x, y, z) \quad (2)$$

これらの複号の組合せのうちの1つがkベクトルとなるが、磁界情報からだけではその複号は決定されない。Wave Normal Angle  $\theta$ は外部磁場(地球磁場)方向の単位ベクトルを $b_0$ として

$$|\cos \theta| = \frac{f_x b_x + f_y b_y + f_z b_z}{\sqrt{f_x^2 + f_y^2 + f_z^2}} \quad (3)$$

と表される。(ただし複号がまだ決まっていないため8通りのどれかは決まらない)

ここで電界の振幅 $e_x, e_y, e_z$ とサイクロトロン周波数 $\omega_c$ 、電波の周波数を $\omega$ を用いて屈折率 $n$ 求めて、

$$Y = \frac{\omega_c}{\omega} \\ Y_n = Y \sin \theta \\ Y_\gamma = Y \cos \theta$$

$$n^2 = \frac{\left(\sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} a_i + \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} H_{\parallel k} k_i^y\right)^2 + \left(\sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} A_i\right)^2}{e_i^2} \\ (i = x, y, z) \quad (4)$$

ただし $k^y$ はWave Normal方向の単位ベクトル、 $a$ は磁界偏波面の短軸、 $A$ は長軸である。また

$$H_{\parallel k} = \frac{Y_n}{Y_\gamma - 1} a$$

ここより求まった、屈折率(3成分、EXOS-Dでは2成分)が3つ一致する時が正しい複号を選択した時と判定できる。また(3)式で求めた $\theta$ を使ってAppleton-Hartreeの式に代入して求めた屈折率とも比較して複号を決定することもできる。但し $\theta$ が $0^\circ$ に近い時は方向までは決定できない。(Sakamoto)

実際の観測データからkベクトルを求めるために振幅比を求める時は電磁界各成分(EXOS-Dは電界2成分、磁界3成分)に高速フーリエ変換をかける方法をとっている。

**謝辞** あけぼの運用に関し、追跡チームの方々に感謝する。

**参考文献** 1) 前田憲一、木村磐根 現代電磁波動論 オーム社

◎吉田 健一郎 澤田 晃 木村 磐根  
(京都大学工学部)

Propagation Characteristics of VLF hiss Observed by the Akebono Satellite

◎Ken-ichirou YOSHIDA Akira SAWADA Iwane KIMURA  
(Dept. of Electr. Eng. II, Kyoto Univ.)

VLF hiss is often observed in the polar region by the Akebono (EXOS-D) satellite. We are trying to estimate the  $k$ -vector of funnel-shaped hiss and plasmaspheric hiss. To estimate the  $k$ -vector, We introduce the Wave Distribution Function. We apply the one and two direction model. According to Gurnett, a polar angle of  $k$ -vector of funnel shaped hiss is near the resonance angle. As a result of our estimation, most of the examples fit this theory. But there are examples which do not fit this theory. Though, on the other hand, the wave normal angle of plasmaspheric hiss has been considered to be far less than the resonance angle, our result does not show such a tendency.

あけぼの衛星ではこれまでに広帯域にわたる雑音性の信号であるヒスが多く観測されている。我々は、あけぼの衛星搭載 VLF 観測装置の一つである PFX 装置を用いて、ヒスの伝搬ベクトルを推定し、さらに逆レイトレイシングにより波源の位置の推定を行なっている。

ヒスは多くの場合波源に広がりがあり、また波源自体に動きがあるとも考えられるので、多くの波が重なりあっていると予想される。これは実際のデータの解析にも現れている。そこで、伝搬ベクトルの推定法として今回は波動分布関数<sup>1)</sup>の1-2方向モデルを用いている。

今回対象としたヒスは、極域に波源を持つとされるファネルシェイプヒスと、赤道付近に波源を持つとされるプラズマフェリックスヒスである。ファネルシェイプヒスは、高度が高く、その波動の電界成分が磁界成分より十分に大きい、すなわち準静電的であると考えられるので、その  $k$  ベクトルと地球磁場のなす角  $\theta$  はレゾナンスアングルに近づくこととされている。また、その群速度方向は高い周波数ほど地球磁場に対して大きな角を持ち、さらに伝搬にしたがってその角度は大きくなる。<sup>2)</sup> 今回解析した結果によると、その伝搬ベクトルがレゾナンスアングルに比較的近い値をとる例が多い。その一例を Fig.1 に示す。これは、1990年9月18日に観測されたファネルシェイプヒスの  $\theta$  の時間変化を表したもので、観測周波数は 10.2[kHz] である。破線がレゾナンスアングルを表す。この例における電界、磁界強度の比較をすると、電界強度が磁界強度に比べて十分に大きく、妥当な結果であった。しかし、50° 以下の角度での伝搬の例もいくつかあった。これは波動が準静電的であるという仮定が成り立たないような低高度に波源が存在している可能性を示しているといえる。この様な場合の電界強度は、磁界強度に対して十分大きいとはいえないと考えられる。これらの解析結果とあけぼの衛星の軌道の情報、及び逆レイトレイシングにより波源の位置に関する議論ができる。

プラズマフェリックスヒスの波動の伝搬ベクトルの  $\theta$  は従来小さな値をとるとされていたが、今回の解析では、それがレゾナンスアングルに近い値をとっているものも見られた。この一例を Fig.2 に示す。これは 1990年8月18日に観測されたプラズマフェリックスヒスの  $\theta$  の時間変

化を示したものである。なお、観測周波数は 1[kHz] である。これらについても逆レイトレイシングによってその波源の位置を推定することができる。

謝辞 あけぼの運用に関し、追跡チームの方々に感謝する。尚、この研究は岸 洋司 氏の修士論文、西村秀隆 氏の卒業論文をさらに進めたものである。

参考文献 1) L.R.O.Storey & F.Lefevre *Geophys. J.R.astr.Soc.*(1979)56,255-269 2) D.A.Gurnett et al. *Journal of Geophysical Research* (1983)88,329-340

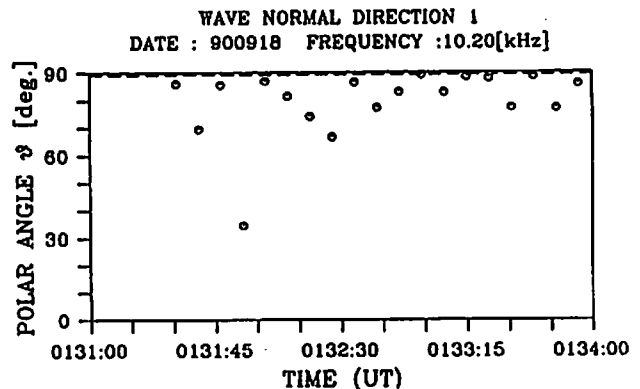


Fig.1 Polar angle of funnel shaped hiss observed by Akebono on September 18,1990

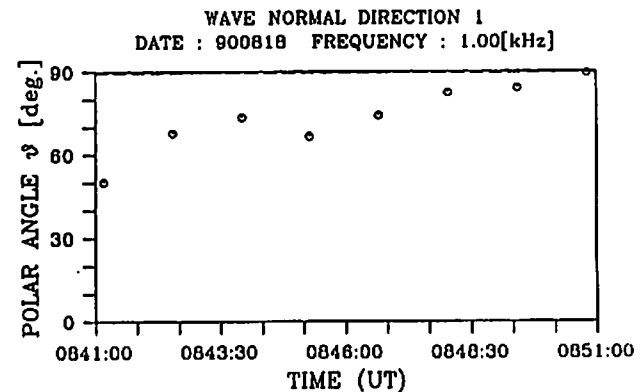


Fig.2 Polar angle of plasmaspheric hiss observed by Akebono on August 18,1990

早田 卓益 木村 肇根  
(京都大学工学部)

A Discussion of Propagation Characteristics of Nose Whistlers Observed by Akebono Satellite in the Magnetosphere

°Takumi SOUDA Iwane KIMURA  
(Dept. of Electr. Eng. II, Kyoto Univ.)

Various methods of estimating nose frequency and time delay had been proposed for nose whistlers observed on the ground, namely ducted whistlers. One method called "iteration method" is based on a property of whistler, that is  $Q$  ( $Q = (t_d\sqrt{f})^{-1}$ ) is proportional to  $f$ . However, in satellite observations, ducted whistlers are scarcely observed. In the present study, we have investigated the validity of this method for first ducted whistler and non-ducted whistlers. We have found that if the duct's  $L$ -value is small, the relation between  $f$  and  $Q$  becomes almost linear. But  $L$ -value becomes larger, this relation becomes not linear. In a such case a least square fitting of  $f$ - $Q$  to a straight line, results in the nose frequency lower and nose time delay longer than the correct values. We have applied this iteration method to nose whistlers observed by the Akebono satellite, and a relatively good agreement was seen for nose frequency, but it is not certain about the nose time delay, since we could not determine the origin of the whistlers.

ホイスラーの軌跡からその Nose Frequency や Nose Time Delay を求める方法については、これまで多くの議論がなされてきたが、これらは、地上観測、つまりダクト伝搬を前提としている。ところが、衛星観測（ノンダクト伝搬）の場合に関しては議論がなされていない。そこで、今回対象とするのは衛星観測の場合のホイスラー波の伝搬特性である。

これまで議論されてきた地上観測の場合の推定法の中で Nose Frequency, Nose Time Delay とともに未知の場合に用いられる方法として、Iteration Method<sup>1)</sup>があるが、その根幹となるものは  $Q = (t_d\sqrt{f})^{-1}$  とおいた場合の  $Q$  と  $f$  とが、ほぼリニアとなるという関係である。これは 100 あまりのホイスラーから経験的に得られた関係<sup>2)</sup>であるので、実際にダクト、すなわち磁力線に沿って QL 近似から得られる下式の積分を実行し、 $Q$  と  $f$  との関係を求めた。

$$t_d = \frac{1}{2c\sqrt{f}} \int f_p f_H (f_H - f)^{-3/2} ds \quad (1)$$

(ここで  $t_d$  は time delay、 $f_p$  はプラズマ周波数、 $f_H$  はジャイロ周波数、 $c$  は光速、 $ds$  は伝搬通路に沿った線要素である。)

これより、ダクト伝搬の場合、磁力線の  $L$ -value が小さいときは、 $f$  と  $Q$  との関係は、ほぼリニアとみなせるが、 $L$ -value が大きくなってくると、しだいに  $f$ - $Q$  は、Fig.1 に示すような、上に凸の曲線となった。このような場合について、Iteration Method で用いられる最小 2 乗法で直線に近似したところ、上式から求めた場合よりも、Nose Frequency は小さく、Nose Time Delay については、大きな値が得られた。

次に、あけぼの衛星で観測されたノーズホイスラー (Fig.2) について反復法を適用し、Nose Frequency について推測値と観測値を比較した。結果としては、ケースによっては多少の誤差があるものの、比較的近い値となった。ただ、Nose Time Delay については、実際の空電の発生時刻が不明のため、確かめることができなかったが、同

じソースから異なる経路を通ってきたと仮定できるホイスラーについて、算出した空電発生時刻を比較したところ、全く異なる値となった。

謝辞 あけぼの運用に関し、追跡チームの方々に感謝する。  
参考文献 1) A.J.Smith et al., *J.atmos.terr.Phys*, 1975  
2) R.L.Dowden and G.McK.Allcock, *J.atmos.terr.Phys*, 1971

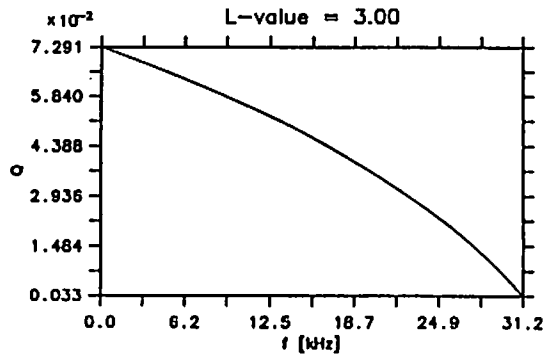


Fig.1 Relation between  $f$  and  $Q$ .

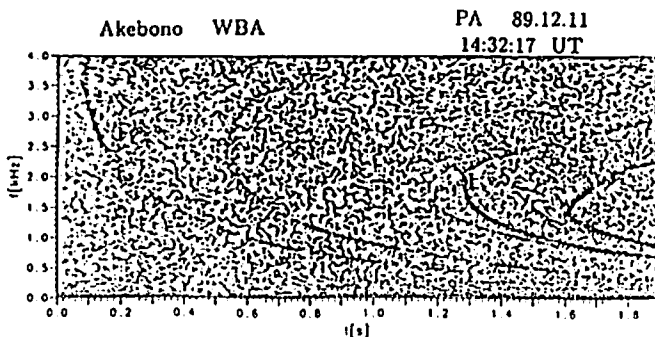


Fig.2 A  $f$ - $t$  diagram of nose-whistlers observed by Akebono on Dec.11, 1989.

## 磁気圏尾部において観測された静電ノイズの励起と波動モード

○筒井 稔      松本 紘  
京都大学超高層電波研究センター

## Generation and Wave Mode of Electrostatic Noise in the Magnetotail

○Minoru TSUTSUI and Hiroshi MATSUMOTO  
Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University

A wave mode of Narrowband Electrostatic Noise (NEN) identified from the data observed with ISEE-3 is described. Furthermore excitation mechanisms of NEN and BEN (Broadband Electrostatic Noise) observed in the magnetotail are discussed from a view point of their detection condition in the deep tail plasma.

地球磁気圏尾部で観測された静電ノイズをそのスペクトルから分類すると、Broadband Electrostatic Noise (BEN) と Narrowband Electrostatic Noise (NEN) に大別することが出来る。BEN は 10 Hz から電子プラズマ周波数 (或はそれ以上) に至る広がりを持っているのに対して、NEN はイオンプラズマ周波数より少し高い周波数にピーク強度を持ち、ある程度の巾を持ったスペクトルを示している。しかし両者の持続時間は共に極めて短く spiky であることが共通している。

BEN についての詳しい解析は Nishida et al. [1985] により行われた。その結果、このノイズは、磁場の向きの変化に同期しており高速の tail 方向へのプラズマ流の時に観測されるとしている。そしてこのノイズの原因としてアンテナ近傍で引き起こされた impulsive なプラズマ電位の擾乱によるものであろうと考えられている。一方 Ashour-Abdalla and Okuda [1986], Grabbe [1987] や Schriver and Ashour-Abdalla [1987] はそれをイオンビーム不安定性によるものと考えている。

NEN についての解析は最初 Scarf et al. [1984] によって行われ、その励起源は電子の bi-directional unisotropy の可能性を提案した。また Coroniti and Ashour-Abdalla [1989] はプラズマ電子の分布関数の低エネルギー部に生ずる velocity space hole によるものと提案している。これとは別に、この励起機構を明らかにするには、先ずその波動モードを明確にする必

要があるとの観点から Tsutsui et al. [1991] は観測データの詳細な解析と一つの仮説を用いて波動モードを同定した。分散関係に現れたそのモードは  $T_i > T_e$  なるイオン音波の分散に乗る事、またその波長はプラズマデバイ長の 2 ~ 8 倍である事を示した。しかしこのモードは大きな減衰を受けるため、波動として存在できる機構を見つける必要があると言うことが残された。

我々は、tail のプラズマパラメータを基本とし、それらを変化させたときの数多くの組合せによる波動分散特性の算出を試みたが、観測に現れた BEN 及び NEN を十分に説明できる結果は得られるに至らなかった。これは観測データでも明かなように、個々のノイズが spiky であることから、従来の定常的線形分散を求めることに問題があり、非定常状態のプラズマ擾乱を考慮する必要がある事が次第に明らかになってきた。

又、我々はこれら解析を通じて、BEN と NEN の励起機構は別であると言う感觸を得るに至った。学会ではこれらの点について報告する。

## [参考文献]

- Ashour-Abdalla and Okuda, J.G.R., 91, 6833, 1986.  
Coroniti and Ashour-Abdalla, G.R.L., 16, 747, 1989.  
Grabbe, J.G.R. 92, 1185, 1987.  
Nishida et al., J.G.R., 90, 4453, 1985.  
Scarf et al., G.R.L., 11, 335, 1984.  
Schriver and Ashour-Abdalla, J.G.R., 92, 5807, 1987.  
Tsutsui et al., J.G.R., 96, 14065, 1991.

# 計算機実験による粒子速度分布データを用いた線形解析

小嶋 浩嗣

武田 知弘

竹下 佳利

松本 敏

京都大学 超高層電波研究センター

## Linear dispersion analyses for particle velocity distributions observed by computer experiments

Hirotsugu KOJIMA

Tomohiro TAKEDA

Yoshikazu TAKESHITA

Hiroshi MATSUMOTO

Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University.

We have developed a plasma wave dispersion solver program for arbitrary velocity distributions. It can solve the linear dispersion equation with non-Maxwell velocity distribution as well as with the standard Maxwellian. Computer experiments are very useful for studying time evolution of plasma wave instabilities. We will make use of the time series of velocity distribution functions produced by the computer experiments. We then apply our dispersion solver to the computer experiment results and perform linear analyses.

我々は、任意の速度分布関数をもつプラズマに対する線形分散式を数値的に解き、波動モード解析を行うことのできるプログラム、Dispersion solverをこれまで開発してきた。そして、前回の本学会講演では、科学衛星粒子班の測定データから得られる速度分布を Dispersion Solver に取り込み、数値積分を繰り返すことにより、その観測場所での線形分散を求めることができることを示した。<sup>[1]</sup> 今回は、任意速度分布プラズマ Dispersion Solver のもう一つのアプリケーションとその可能性について議論する。

計算機実験では、数値的に与えられた初期の速度分布が、波動との相互作用によって、時間的に変化していく様子をつぶさに解析することができる。しかし、周波数解析を行なって、その時点で不安定になっているモードを解析しようとするとき、時間的なモード分解能の限界などにより、その解析が困難なことがよく発生する。そのような際、計算機実験で得られる各時刻の速度分布関数を Dispersion Solver に取り込み、線形解析することにより、計算機実験のそのフェーズでの不安定モードを特定できる。

例えば、Fig.1 に示すような、計算機実験で得られる、彗星イオンの速度空間での Shell 分布の形成過程で、どのような波動のモードが不安定になっているのか、最終的にこの分布は安定なのかは、まだはっきり結論が出ていない。このような、計算機実験データを直接 Dispersion Solver に取り込めば、そのデータを用いてモード解析を

行なうことができる。

本講演では、いくつかの計算機実験で得られた、速度分布を Dispersion Solver に取り込み、線形解析を行ない、計算機実験の結果との比較、検討結果について報告する。

### 参考文献

- [1] 武田 他、第 90 回 SGPSS、講演予稿集

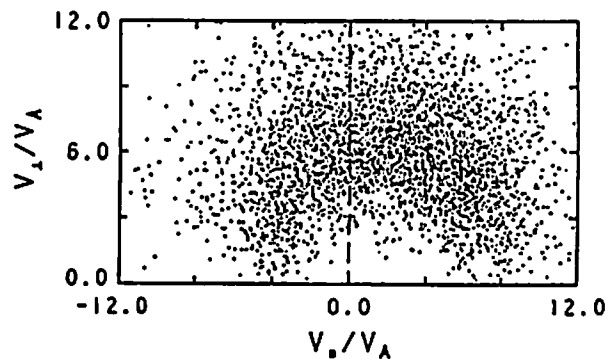


Fig. 1: Shell-like velocity distribution of cometary ions observed by a computer experiment.

° 横山 浩之 白井 英之 大村 善治 小嶋 浩嗣 松本 紘  
 京都大学超高層電波研究センター

### 3-Dimensional Electromagnetic Particle Code

° Hiroyuki YOKOYAMA Hideyuki USUI Yoshiharu OMURA Hirotsugu KOJIMA Hiroshi MATSUMOTO  
 Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University.

To analyze the space plasma dynamics and the electromagnetic fields in 3 dimensional space, we have modified the KEMPO( KyoUniElectro Magnetic Particle Code ) from 2D to 3D version. To check the normal function of KEMPO-3D, we performed test simulations and compared the results with those obtained by KEMPO-2D. As one of the applications to KEMPO-3D, we conduct the computer experiments with a model including a cylindrical electron beam with a finite radius. We will present the analysis of the electron beam dynamics such as diffusion, acceleration, heating and wave generation.

我々は宇宙プラズマのダイナミクスと電磁場の解析を目的とする電磁粒子コード KEMPO( KyoUniElectro Magnetic Particle Code ) を開発してきた。KEMPO は電磁界をマクスウェル方程式で、プラズマ粒子の運動を運動方程式で、それぞれ時空間において解き進めることによりプラズマ中の電磁界を解析する手法をとっている。このコードを用いた計算機実験により、宇宙プラズマ中の非線形波動-粒子、また波動-波動相互作用についてさまざまな知見が得られた。

しかし、これまでの KEMPO は1次元もしくは2次元の物理空間しか扱えないため、プラズマ物理現象の素過程の解析には有効であるものの、エネルギーや運動量の流れが、磁力線に対する方向依存性をもつような現象や、3次元的な空間構造に影響される現象の解析には、従来の2次元コードでなく3次元コードによる計算機実験が不可欠である。

また一方、近年の計算機技術の急速な進歩は従来は不可能であった大規模な3次元計算機実験を可能にしつつある状況を生み出している。

これらの状況のもとで我々は電磁粒子コード KEMPO を3次元化する研究にとり組み、このほどその基礎的なコーディングが終了した。

本講演では、まず開発された3次元電磁粒子コード KEMPO-3D の概要を述べる。続いて、KEMPO-3D を使ったテスト実験の結果を2次元 KEMPO での結果と比較し、コードの妥当性を論じる。さらに具体的な応用例として、プラズマ空間中における有限径の電子ビームと背景プラズマとの相互作用について、KEMPO-3D を用いて計算機実験を行なう (Fig.1)。これにより、電子ビームの拡散、加熱およびおよびプラズマ波動励起についての解析を行ない、1次元や2次元の計算機実験の結果との比較検討を行なう。

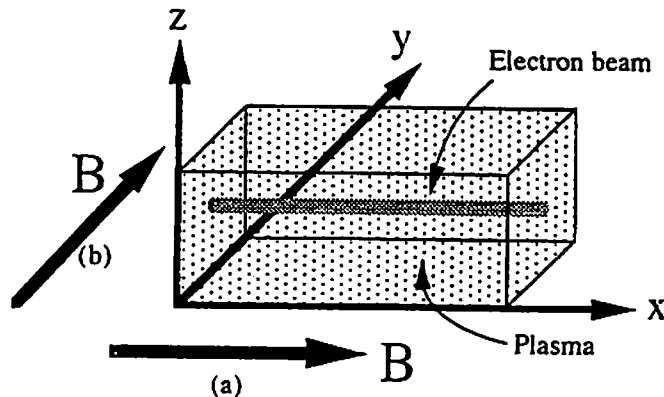


Figure 1.:The simulation model of electron beam for 3 dimensional computer experiment.  
 Case (a): parallel to the ambient magnetic field.  
 Case (b): perpendicular to the ambient magnetic field.



GEOTAIL 軌道におけるビーム不安定性の線形・非線形解析

°松本 紘 松原 正季 小嶋 浩嗣  
 京都大学 超高層電波研究センター

Linear and nonlinear analyses on beam instabilities near the GEOTAIL orbit

°Hiroshi MATSUMOTO Masaki MATSUBARA Hirotugu KOJIMA  
 Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University.

The GEOTAIL, the Japanese scientific spacecraft, will be launched in July of this year. This spacecraft is expected to explore mainly the Geomagnetic Tail region, and the geomagnetic boundaries such as the Magnetopause, the Magnetosheath, the Plasmasheet and the Foreshock. The plasma parameters of these regions have not been understood clearly, because little observation has been made in these regions especially over 20Re. Therefore the observation of the GEOTAIL are highly expected. First we analyze linear and nonlinear beam instabilities in these regions by doing computer experiments and present the fairly thorough parametrical survey of these beam instabilities. Moreover, by performing computer experiments based on this parametrical survey, we discuss the existence of the non-normal mode instabilities, the growing mechanisms of the Broad band Electrostatic Noise (BEN), the Narrow band Electrostatic Noise (NEN).

本年7月に打ち上げが予定されている、わが国の磁気圏尾部探査衛星 GEOTAIL は、地球磁気圏の尾部を中心として、Magnetopause, Magnetosheath, Plasma sheet, Foreshock などの磁気圏構造の境界域を次つぎと探査することになっている。特に、Magnetopause や、Plasma sheet boundary layer では過去の観測から数 100 から数 1000km/s 程度のイオンや電子の高速流があると考えられている。背景のプラズマに対しこのような、高速のイオン、あるいは電子がビームとなって相対速度をもって流れると、そこに様々なビーム不安定性現象が発生すると考えられる。特に、Plasma sheet boundary layer から lobe にかけてのビームは、磁気圏の活動に非常に強く依存しており、磁気圏活動度によっては、その温度も Background のそれを上回るほどの高温のものが流れてくることもあるとされている。しかし、特に 20Re を越えるような領域での観測は従来殆どなされていない上に、時間的に定常ではないので、はっきりとした物理パラメータの決定もされておらず、GEOTAIL の観測成果が大きく期待されている。本講演では、まず、実際の観測例が少ない磁気圏尾部でのビーム不安定性について線形解析、及び計算機実験による非線形解析を行ない、不安定性とその時間発展についてのパラメータ依存性を調べる。

更に、そのパラメータ依存性をもとに高精度の計算機実験を行なうことにより、線形理論では予測できない non-normal mode の不安定性の有無を確認し、ビーム不安定性による波動の励起現象と考えられている Broad band Electrostatic Noise (BEN)、Narrow band Electrostatic Noise (NEN) の発生メカニズムについて考察し、GEOTAIL 打ち上げ後のデータ解析の手がかりを得たい。

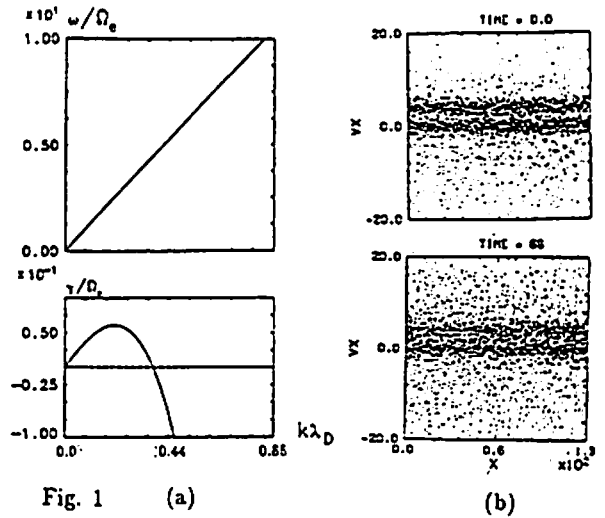


Fig. 1 (a)  $\omega - k$  diagram and growth rate of the ion acoustic wave due to the ion beam, and (b) results of computer experiment.

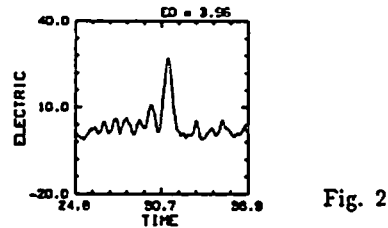


Fig. 2: The unexpected electric spike of a non-normal instability.

Fig. 2: The unexpected electric spike of a non-normal instability.

°宮武 督      筒井 稔      小嶋 浩嗣      佐藤 裕明      松本 紘  
京都大学超高層電波研究センター

## A Method of Calculation of Antenna Sheath Impedance by Waveform Capture on GEOTAIL

° Tadashi MIYATAKE    Minoru TSUTSUI    Hirotsugu KOJIMA    Hiroaki SATO    Hiroshi MATSUMOTO  
Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University

This paper describes a method of calculation of sheath impedance of electrical antennas on board GEOTAIL spacecraft. The newly proposed method uses the output from the Waveform Capture (WFC) Receiver aboard GEOTAIL. We will present the method and some empirical results obtained during the testing of the GEOTAIL-WFC at ISAS.

本年7月打ち上げ予定の科学衛星 GEOTAIL は、磁気圏尾部のプラズマダイナミクスの研究を目的としている。この GEOTAIL に搭載されるプラズマ波動観測装置 (PWI: Plasma Wave Instrument) の一つである波形捕捉受信機 (WFC: Waveform Capture) は、電界2成分、磁界3成分の10Hz~4KHzの実波形データを同時に測定することができる。そのデータにより各成分の振幅および5成分間の位相差を時間分解能、周波数分解能とも精度よく求め、プラズマ中の波の伝搬方向等を算出することができる。このとき、測定されたアンテナ誘起電圧からプラズマ中の電界強度を求めるためには、アンテナの周囲に生じるプラズマシースのインピーダンスを知る必要がある。このアンテナシースインピーダンスは、校正用信号をアンテナプリアンプ入力に、高抵抗、低抵抗を通して印加し、その際のスペクトル強度および位相の変化より算出することができる (Fig.1)。この方法では、WFC回路の周波数特性に依存しないので、正確にインピーダンスを求めることができる。

本講演では、このアンテナシースインピーダンスの算出法、実際の WFC を用いて行われた試験データによるシミュレーション結果、およびノイズの測定値への影響等について報告する。

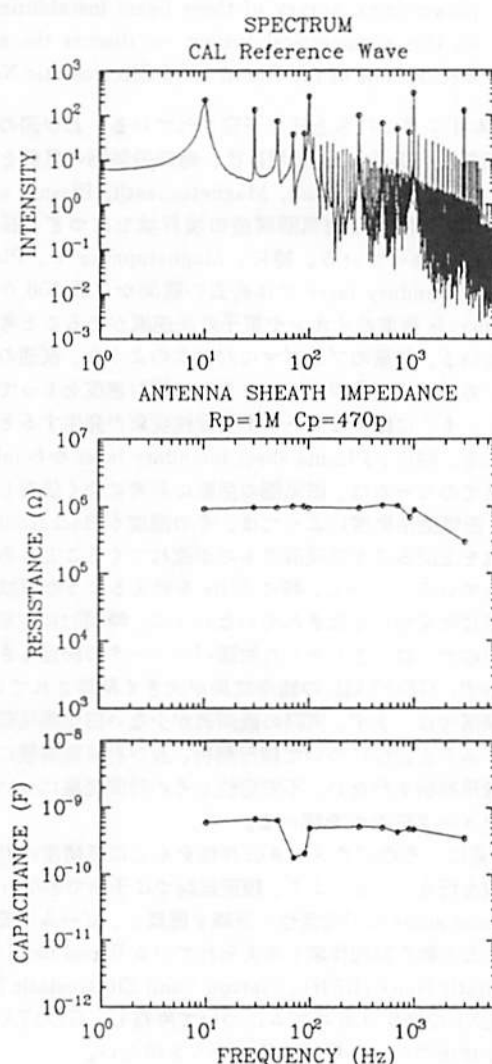


Fig.1. Calculation result of the antenna sheath impedance using WFC data in the ground simulation test.

# J22-14 テザー系によるプラズマ波動励起の計算機実験

°白井 英之                      松本 稔                      大村 善治  
京都大学超高層電波研究センター

## Computer Experiments on Excitation of Plasma Wave by Electrodynamic Tether System

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

To study the excitation of plasma waves by the electrodynamic tether system moving in a magnetized plasma, we performed computer experiments using 2D electromagnetic particle code. We use two models for the computer experiments. One includes the high potential tethered satellite at the center of the simulation region in the vehicle frame. Around the satellite, a cross-field current is generated due to the  $E \times B$  drift of the electron sheath. This causes the field perturbation along the static magnetic field with the frequency of  $\omega_{LHR}$ , where  $\omega_{LHR}$  denotes the Lower Hybrid Resonance frequency. The other model has a tether current line orthogonal to the the simulation region. The current line causes the excitation of electromagnetic waves. The electrostatic perturbation in the vicinity of the tether system is also examined in terms of plasma heating.

宇宙飛行体が地球磁場を横切ることにより、ローレンツ効果による電界がその飛行体内部に生じる。このため、飛行体が電流源となり、周辺プラズマ、飛行体を含む電流系を形成する。この電流源より、アルフベン波 (Alfvén wings)、また、LHR 周波数付近、ホイッスラーモードにおけるプラズマ波動励起が生じることが知られている。米国で計画されているテザー系を用いたシャトル実験 (SETS) 1) においても、システム両端の電位差が最大 5 kV となるため、それ自身が電流源となりプラズマ波動を励起させるものと予想される。

これまで、我々は、シャトルテザー衛星システム、そして高電位衛星の電磁力学過程について、2次元電磁粒子および3次元静電粒子コードを用いた計算機実験を行ってきた。これにより、テザー系近傍のプラズマ密度分布、テザー系の電位変動、また電子ビームによる LHR 波動励起など、テザー系に付随する基本的な物理を理解することが出来た。2)

今回はテザー系を電流源とみなすことにより、それによるプラズマ波動励起の定量的解析を計算機実験によって行なう。計算機実験モデルは次の2通りを考える。まず第一のモデルとしては、高電位衛星を2次元空間内に置いたものを用いる。高電位衛星による強い電界と地球磁場により、電子シースは衛星を中心に  $E \times B$  ドリフトを行ない、その結果、磁力線を横切る強い環状電流が生じる。これが原因となり、衛星を中心として LHR 周波数付近での電磁波が見られる (Figure 1)。もう一つは、2次元空間内にテザー電流に相当する磁力線を横切る電流線を置いたモデルであり、それによる電磁場の変動、プラズマ波動励起について定量的な解析を行なう。また、上記の電磁波励起のみならず、テザー系近傍での静電振動、またそれによるプラズマ加熱についても解析を行なう。

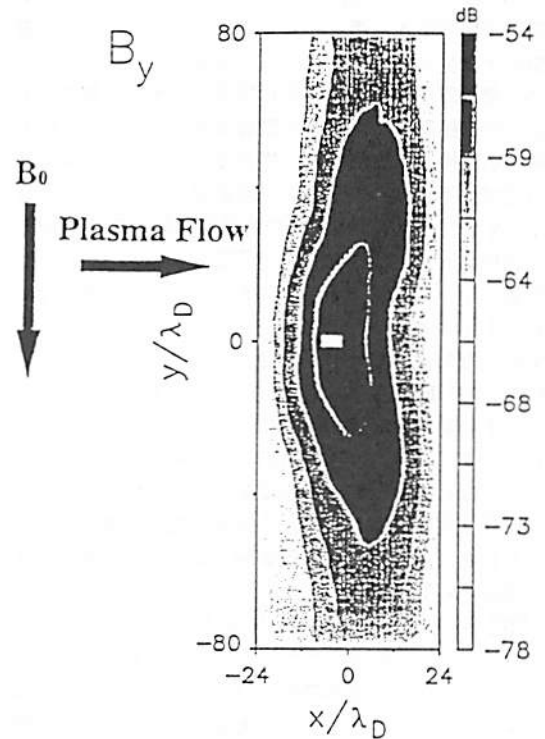


Fig. 1: Spatial distribution of field perturbation on  $B_0$  for the LHR frequency. The rectangle located at the center of the figure represents the satellite.

### 参考文献

- [1] P. M. Banks and P. Byers, 'SETS Development Phase Proposal', 1986.
- [2] 白井 他, 第 83~87 回、第 90 回 SGEPPS、講演予稿集

°竹中 聡                      松本 絃                      大村 啓治  
京都大学超高層電波研究センター

Computer Experiments on  
electromagnetic environment around reentry vehicle

°Satoshi TAKENAKA      Hiroshi MATSUMOTO      Yoshiharu OMURA  
Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University.

To study the electromagnetic environment around the reentry vehicle, we performed computer experiments using our 2D electromagnetic particle code. Due to ionization, the plasma density in front of the vehicle is enhanced. In the computer experiments, we use the density model based on the CFD (Computational Fluid Dynamics). Toward the dense plasma, we transmit an electromagnetic waves from the simulation boundary representing the vehicle surface. To avoid the blackout, we give the magnetic field in the dense plasma so that the wave can propagate in the whistler mode, which is not evanescent. In this case, we examine how the wave can pass through the dense plasma. From the result of this experiment, we can estimate the value of magnetic field needed to avoid the blackout and seek for a possibility to realize.

再突入宇宙機が大気圏に再突入し、高度が下がりまわりの空気密度が徐々に濃くなるとともに宇宙機の前方に強い衝撃波が発生し、衝撃波によって圧縮され高温になった大気の一部は原子に解離、さらに電子、イオンに電離される。この宇宙機周囲に発生した電離気体(高密度プラズマ)のため、宇宙機から発信された電波は反射、減衰され地上局との通信が不可能となる。この現象は、ブラックアウトと呼ばれており、リアルタイムの通信が必要な誘導宇宙機、有人宇宙機においては解決すべき問題といえる。しかし、その回避については、アメリカにおいて研究、実験がなされているが結果については機密となっているものが多く、その直接的な解決方法は見いだされていない。

再突入宇宙機周囲のプラズマは急激な密度勾配を持っており、その変化は電波の波長に対し急激なため、幾何光学的近似が成り立たず波動方程式の WKB 近似を用いることは出来ない。よって、我々は2次元電磁粒子コードを用いた計算機実験により、電波の通路、電波の減衰等についての解析を行った。本計算機実験では、宇宙機後方のアンテナ近傍のみを対象とし、そこでのプラズマ密度分布はCFD(航空宇宙技術研究所提供)の結果を参考にモデル化している(Fig.1)。さらにブラックアウト回避の方法の一つとして、アンテナ近傍の高密度プラズマに磁場を加えることにより、伝搬可能なモードであるホイッスラー波を発生させる計算機実験の結果に基づき、その効果について考察する。なお、高密度プラズマに加える磁場は直流電流により発生させたダイポール磁場としている。この方法においてブラックアウト回避のために必要な磁場の大きさについての評価、実現の可能性についても議論する。

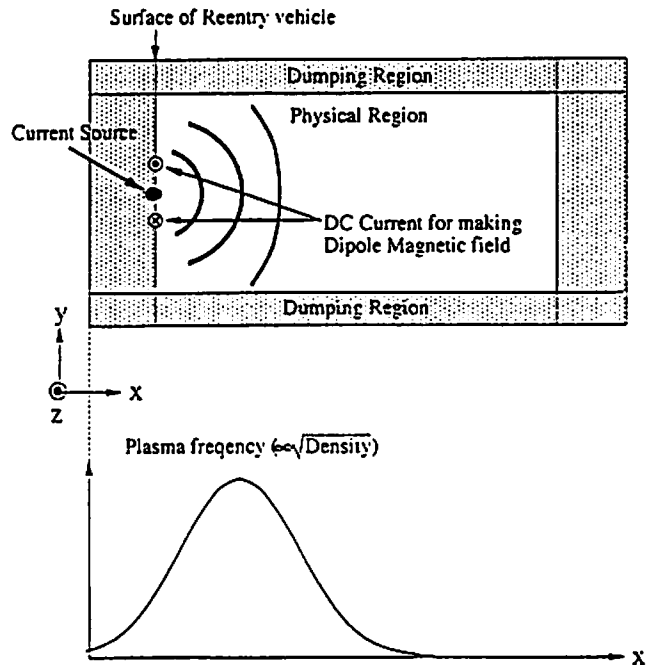


Fig. 1: The model of computer experiments, around the antenna on the reentry vehicle. This model has the density variation and the dipole magnetic field.

○白井基文（電通大）、佐々木進（宇宙科学研究所）、太田正廣（東京都立大）、横田俊昭（愛媛大）

Plasma environment around high voltage space craft

○M. Usui(Univ.of Electro-comm.), S.Sasaki(ISAS), M.Ohta(Tokyo Metro.Univ.), T.Yokota(Ehime Univ.)

In the future, large scale space craft will be planned to generate high voltages for efficient use of high electric power. For example, the solar power satellite "SPS2000" will generate 1,000 volts. Around such high voltage space craft, unique plasma environment will appear. The reasons are follows.

- 1: Modification of the satellite's plasma and electromagnetic environment by the Earth's magnetic field
- 2: Plasma generation by charge exchange between sputtered gas and surrounding ions

This study concerns the quantitative estimation of sputtered particles by experiments, and the consideration of the plasma environment around high voltage space craft.

1、はじめに

今後予定されている地球周回大型衛星では大電力を効率良く使用するため、高電圧発電が予定されている。例えばSPS2000と呼ばれる太陽発電衛星（高度1000Km）計画では1000V程度の発電が前提とされている。このような高電圧が露出した飛翔体周辺では、特有なプラズマ環境が形成される。その主な要因は

- 1) 強い磁場によるプラズマ、電磁環境の modification
- 2) イオン衝撃により放出されたガスによるプラズマ生成（荷電交換）

である。今回の研究では、実験室実験によってスパッタリング効果による2次粒子の放出を定量的に評価し、それをもとに高電圧飛翔体周辺でのプラズマ環境の考察を行った。

2、実験について

酸素のイオンビームを、代表的宇宙表面材料であるアルミ蒸着ユービレックスに照射した。イオンビームの照射による、アルミの膜厚の減少量を調べるために、この試料にレーザーダイオードの光を当て、その透過光の光量の変化を測定した。同様に質量分析器で2次的に発生するイオンの質量分析を行っている。

3、実験データの解析

アルミ蒸着ユービレックスに、400eV, 500eVのエネルギーの酸素のイオンビームを照射した結果を図1に示す。

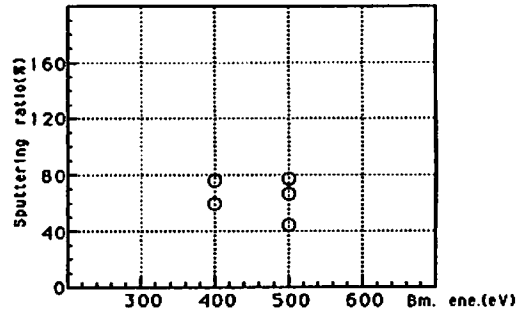


図1 :Sputtering ratio by transmitted light

4、飛翔体周辺環境の計算

実験で得られた中性ガスの放出率をもとに、地球磁場の中を運動する飛翔体の周辺環境についての計算を行った。2次的に発生するプラズマ雲は図2のようになる。

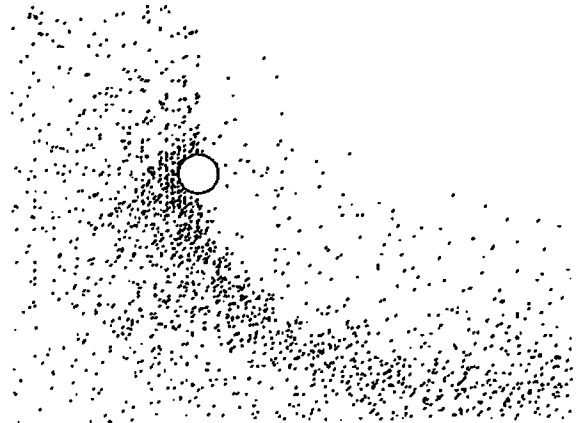


図2 :Plasma environment

# EXOS-D衛星によって観測されるBRIFLEの発生に関わる高エネルギー粒子のエネルギーレンジの同定

菊池雅行・大家 寛・森岡 昭・飯島雅英・小林 香  
東北大・理

Identification of the energy range of resonance particles at the source of the BRIFLE observed by the EXOS-D satellite

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

Generation mechanism of BRIFLE observed by the EXOS-D satellite is as concluded as the propagating whistler mode waves whose origin is located around  $L=1.4-1.6$  with altitude of 300-1000km mainly due to the ray tracing method. Detailed studies on the ray tracing, for c-type BRIFLE, further provide information of the k-vector at the source position. For the obtained  $k B/kB$  value we can find the resonance condition between the original waves of BRIFLE and the high energetic particles; the results shows that the particles in energy range of 100 keV to 1MeV can make effective resonance at the identified source of BRIFLE.

EXOS-D衛星は、その帯内相関係数のタイプ別観測結果から、観測されるBRIFLEの発生メカニズムの同定が、この論文の目的である。

BRIFLEとは、電離圏中で観測される一種の電離圏波である。その発生メカニズムは、高エネルギー粒子との共振によるものとされている。この共振条件を定量的に評価するためには、観測されたBRIFLEの周波数や波数ベクトルなどのパラメータを正確に測定し、それと高エネルギー粒子のエネルギーレンジを比較する必要がある。

本論文では、EXOS-D衛星によって観測されたBRIFLEの発生メカニズムを明らかにするために、高エネルギー粒子のエネルギーレンジの同定を行った。その結果、観測されたBRIFLEの発生メカニズムは、電離圏中で観測された高エネルギー粒子との共振によるものであることが明らかとなった。

観測されたBRIFLEのエネルギーレンジは、約100 keVから1 MeVであることが示された。これは、電離圏中で観測された高エネルギー粒子のエネルギーレンジと一致している。この結果は、観測されたBRIFLEの発生メカニズムが、高エネルギー粒子との共振によるものであることを強く示唆している。

また、観測されたBRIFLEの発生メカニズムは、電離圏中で観測された高エネルギー粒子との共振によるものであることが示された。これは、電離圏中で観測された高エネルギー粒子のエネルギーレンジと一致している。この結果は、観測されたBRIFLEの発生メカニズムが、高エネルギー粒子との共振によるものであることを強く示唆している。

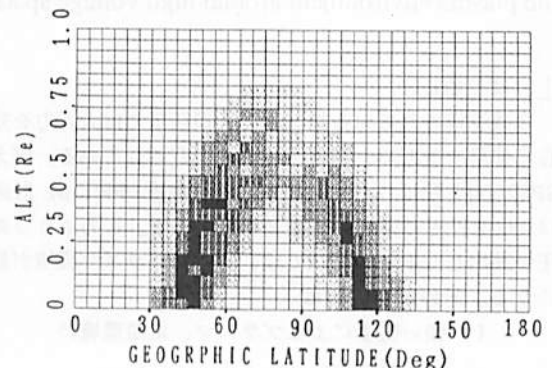


図1. BRIFLEの観測された源位置の緯度と高度の分布。図は、図1の緯度と高度の分布を示している。観測されたBRIFLEの源位置は、緯度30度から150度、高度0.25 Reから0.75 Reの範囲に集中している。

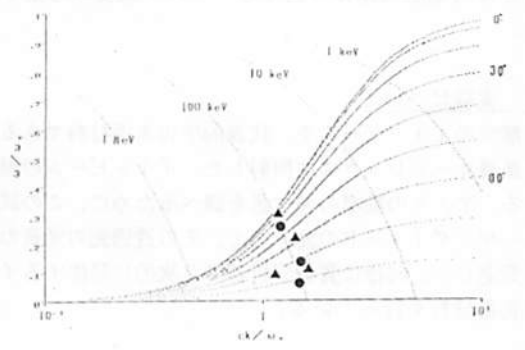


図2. 図1の緯度範囲におけるkベクトル成分の周波数依存性。図は、図1の緯度範囲におけるkベクトル成分の周波数依存性を示している。観測されたBRIFLEの源位置は、緯度30度から150度、高度0.25 Reから0.75 Reの範囲に集中している。



°宮村 和俊\* 八木谷 聡\* 長野 勇\* 木村 磐根\*\*  
\*金沢大学工学部 \*\*京都大学工学部

### Intensities of ELF/VLF Waves Radiated from PEJ Antenna

°Kazutoshi MIYAMURA\* Satoshi YAGITANI\* Isamu NAGANO\* Iwane KIMURA\*\*  
\*Dept. of Electr. Eng., Kanazawa Univ. \*\*Dept. of Electr. Eng.II, Kyoto Univ.

Experiments to generate ELF/VLF waves from the polar electrojet current (PEJ) have been carried out at high latitudes by heating it with high-power HF waves modulated at ELF and VLF frequencies. Radiated VLF waves were received on the ground and also above the ionosphere by the Akebono satellite. However, ELF waves were not received at the altitude of the satellite. To confirm the experimental results, we calculate the radiated fields of ELF/VLF waves both on the ground and in the ionosphere assuming PEJ to be a point dipole source. The calculated field intensity of VLF waves was in good agreement with the observed intensity. Interestingly, the calculated intensity of ELF waves was large enough to be measured by the satellite. Since the spacecraft could not detect ELF radiation, the mechanism for converting HF energy to ELF radiation must be different from that assumed.

PEJ(Polar ElectroJet current)の流れている極域の下部電離層を、VLF および ELF で振幅変調をかけた地上からの HF 波によって加熱し加熱領域から放射される ELF/VLF 電波を地上と“あけぼの”衛星で観測する実験がおこなわれている。

ELF/VLF 波を放射する PEJ を微小ダイポールと仮定したモデルに full wave 計算法を用いて、これまで大地上の電磁界が計算されているが [1]、さらに衛星高度すなわち波源より上の電磁界分布の計算を試みた。これが求められれば、地上の計算結果とともに観測結果と比較することにより PEJ の強度や PEJ の ELF/VLF アンテナとしての効率を得ることができる。

計算原理は、ダイポール波源から放射される球面波を平面素波に展開しそれぞれの平面素波による電磁界を full wave 計算で求め、最後にそれぞれの電磁界を再合成する、というものである。波源上空の波は屈折率の大きい電離層中を伝搬するので、より大きい波数の平面素波も伝搬できる。したがって、それらの平面素波についても full wave 計算をおこなわなくてはならない。また、高度が高くなるほど平面素波の電磁界の波数による変化が激しくなるので、より細かい波数間隔の full wave 計算が必要になる。ゆえに、衛星高度の電磁界分布を計算するには大地上の電磁界を求めるのに比べ数十倍の計算時間を要する。

図 1 は、周波数 (a)2.5kHz、(b)200Hz のダイポール波源を高度 70km の東西方向においたときの高度 300km における磁界強度分布の計算結果である。図 2(a) 中に見られる影は計算が粗いために生じたノイズである。2.5kHz ではおおよそビームの中心の強度が大きい、200Hz ではビームの両端が大きくなっているのが特徴的である。また、放射電力は 200Hz のほうが約 7dB 大きかった。

発表では衛星高度および大地上をも含めて更に詳しく PEJ ダイポールアンテナによる電磁界分布、伝搬特性などの周波数依存性について示したい。

参考文献 [1] 長野 勇, 北岸陽一, 八木谷 聡, 満保正喜, 木村磐根: 電子情報通信学会論文誌 Vol.J74-B-II(5)1991

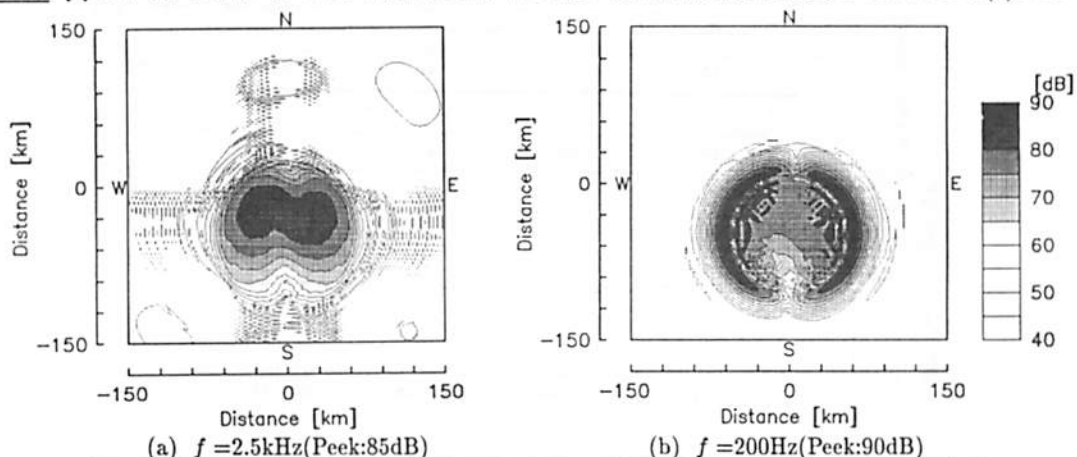


図 1 磁界の東西方向成分の分布 (ダイポールモーメント:  $It = 3 \times 10^4 \text{ Am}$ ,  $0\text{dB} = 1 \mu\text{V/m}$ )

○橋本弘蔵 (電機大), 長野勇 (金沢大工), 岡田敏美 (富山県立大), 木村磐根 (京大工), 早川基 (宇宙研)

Vector Antenna Impedance Measurement with the Akebono VLF Instrument

K. Hashimoto (Tokyo Denki Univ.), I. Nagano (Kanazawa Univ.),  
T. Okada (Toyama Pref. Univ.), I. Kimura (Kyoto Univ.), and H. Hayakawa (ISAS)

The antenna impedance by the VIP subsystem of the Akebono VLF instrument is measured for various orbits. Calibration processes are revised and the results are more reliable.

あけぼの衛星に搭載された VLF 波動観測装置にはアンテナのインピーダンスをベクトル的に計測する VIP(Vector impedance measurement) と呼ばれる機能が含まれている。この機能は、アンテナのインピーダンスを測定して、周囲のプラズマの様子を調べたり、ワイアーアンテナで受信された電波の電界成分の絶対的な電界強度を求めるためのものである。今回は多くの軌道における様々な観測結果について述べる。

その原理は、ワイアーアンテナに定電流源の出力を二つのエレメント間に印加し、アンテナの出力電圧をベクトル的に計測して複素インピーダンスを求める。計測範囲を拡大するために、アンテナの出力電圧が一定になるように定電流源の出力を自動的に制御している。この複素インピーダンスは一つのエレメントとアース間の抵抗とコンデンサに等価的に表すことが出来る。容量分はプリアンプの入力容量  $C_{in}$  とアンテナ容量 (シース容量)  $C_s$  の和であり、抵抗分はシース抵抗  $R_s$  でプリアンプの分は無視できる。 $C_{in}$  は 100pF である。

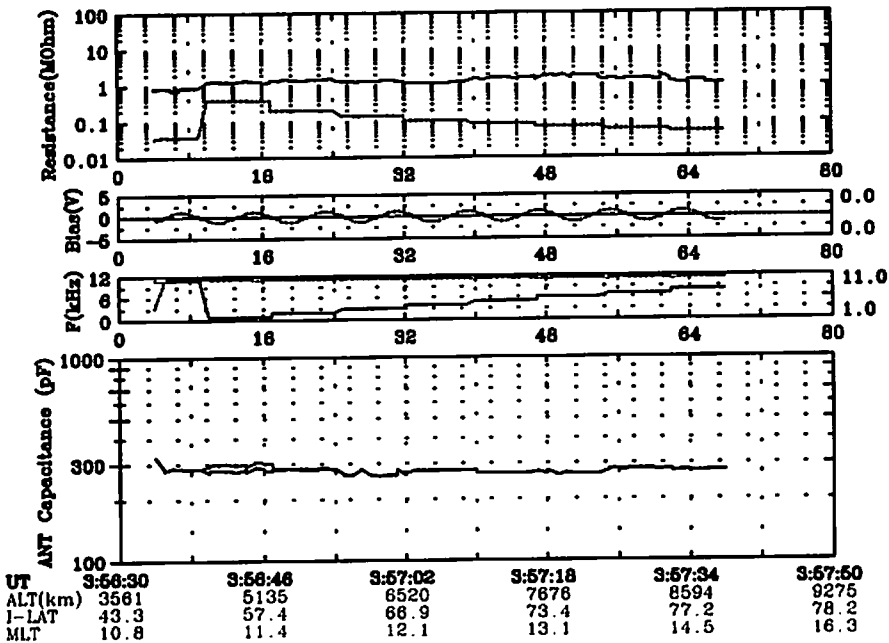
ている回路による振幅や位相の変化に対する補正を行なっている。典型的な観測結果は、抵抗分は 250 ~ 500 kΩ 程度、アンテナ容量は 250 ~ 350 pF 程度であった<sup>1)</sup>。ところが従来行なってきた補正法によると、アンテナに印加する周波数をスイープした場合に、測定されるインピーダンスが変化してしまうことがその後に分かってきた。また、高い周波数の場合には、少しの位相補正の誤差が大きな抵抗分の誤差となる。そこでこの補正法の見直しを行ない、観測結果の再評価を多くの軌道に対して行なった。

観測結果の例を図に示す。実線は上段から順に 1)  $R_s$ , 2) EFD によるアンテナバイアス電圧, 3) 印加周波数, 4)  $C_s$  で、破線は 1)  $R_s$  と  $C_s + C_{in}$  の合成インピーダンス, 2) 地球磁場の y 方向の方向余弦, 3) アンテナ出力電圧, 4)  $R_s$  を無視した場合の  $C_s$  であり、最下段は時刻と軌道である。この図全体で 80 秒間を表しており、抵抗分が約 1MΩ, 容量が 300pF と読みとれる。周波数は掃引されている。

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

アンテナインピーダンスを求めるためには、途中に入っ

90021302-08 KSC.R





# J31-02 リングビーム不安定の角度依存性

° 天野 武彦、大家 寛、渡辺 智彦、松本 英児、宮崎 真一（東北大、理）

## Angular dependence of ring-beam instability

° T. Amano, H. Oya, T. Watanabe, E. Matsumoto, and S. Miyazaki  
( Geophysical Institute, Tohoku Univ. )

Auroral kilometric radiation is a challenging phenomenon; we could not say that it had been fully understood yet. The most significant problems are probably the effect of beam and the effect of ambient plasma. The earlier theoretical and simulation studies of AKR ( except Winglee and Pritchett,(1986)) have assumed a priori that hot energetic particles have no beam component or wave vector is almost perpendicular to ambient magnetic field ( hence weaker growth of electrostatic waves ). We have studied these effects by adopting simple ring-beam distribution as free energy of plasma waves. Previous study showed that presence of beam component modifies wave dispersion significantly and couples x-mode and o-mode waves. In the present study, we have made a simulation study for various angles between wave vector  $\vec{k}$  and ambient magnetic field  $\vec{B}_0$ . The results show that the dominant wave mode changes as a function of the angle between  $\vec{k}$  and  $\vec{B}_0$ .

オーロラキロメートル電波 (AKR) は、オーロラ粒子加速域あるいはその近傍より発生するコヒーレントな電磁波であるが、その発生メカニズムが完全に理解されているとは言えない。特に重要な点は、非熱的粒子分布におけるビーム成分の効果と、熱的粒子の存在あるいは、プラズマ自体の不均一性の問題であると思われる。初期の AKR の理論、シミュレーション研究は AKR の自由エネルギーとしてロスコーン分布や DGH 分布などビーム成分をもたない粒子分布を仮定し、波数ベクトルが磁場に対して垂直に近いものと仮定してきた。しかしながら、AKR が加速域において発生するとすれば、ビーム成分の考慮は必要不可欠である。さらに、波数ベクトルが磁場に対して平行になるにつれ、静電波の励起の問題が密接に絡んでくる。

我々は、以上の問題を考慮にいたしたリングビーム不安定の解析を進めている。先回の発表では、磁場に対して平行伝搬、垂直伝搬しか扱わなかったのが、今回は様々な角度における波動の特性を調べることを主眼とした。用いたコードは相対論的 1 次元電磁粒子コードである。Fig.(a) は縦波のエネルギーの時間発展の様子、Fig.(b) は横波のエネルギーの時間発展の様子を示している。縦波は角度が小さくなるにつれ成長率が大きくなるが最終的なエネルギーレベルはほぼ同じである。横波に関しては、 $\theta = 70^\circ$  が大きい成長を示すが、最終的なエネルギーレベルは角度が小さくなるにつれ小さくなるのがわかる。また、これらの結果が EXOS-D 衛星のスペクトルと一致することの議論を行なう。

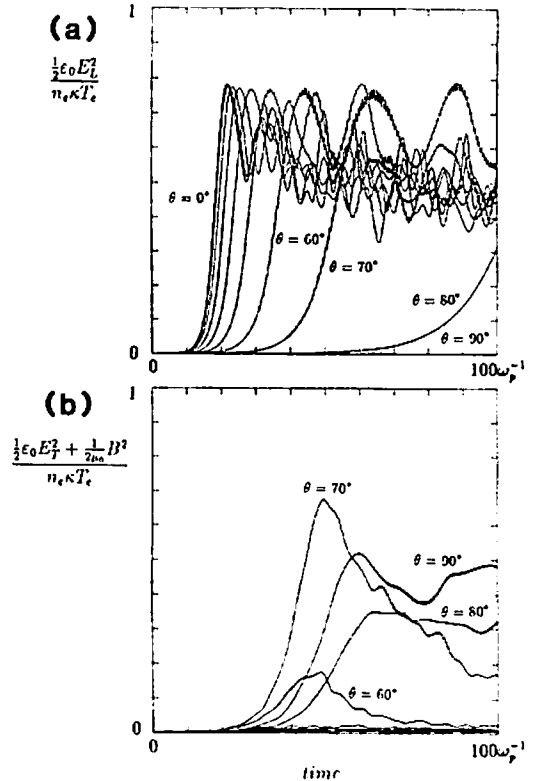


Figure: Time history of (a). longitudinal and (b). transverse wave energy at various angles.

Ref. : Winglee, R.M., and P. L. Pritchett,  
*J.Geophys.Res.*, 91, 13,531, 1986.

# J31-03 MODE CONVERSION PROCESS FROM UHR WAVES TO ELECTROMAGNETIC WAVES - ORIGIN OF DISCRETE EMISSIONS IN TERRESTRIAL HECTOMETRIC RADIATIONS

o Masahide Iizima and Hiroshi Oya  
Tohoku University

Since the initial studies on the connection of electrostatic plasma waves and electromagnetic waves through the channel of upper hybrid mode waves ( UHR waves ) (Oya, 1971), the mode conversion process has been considered as one of the significant processes to produce non-thermal electromagnetic waves in the space plasma originated from the electrostatic mode waves. A plenty of direct observational evidences on the mode conversion processes from UHR mode waves to electromagnetic waves have been disclosed by PWS ( plasma wave sounder ) experiments onboard the Akebono ( EXOS-D ) satellite in the equatorial region of inner plasmasphere , in the plasmopause regions as well as in the topside polar ionosphere where enhanced UHR mode waves are generated being associated with existing highly irregular distributions of plasma density ( Oya et al., 1990 ). Among these observational evidences of mode conversion processes, very clear images of Terrestrial Hectometric Radiations ( THRs ) ( Oya et al., 1985; Oya et al., 1990 ) with discrete multiband emissions in their spectra have been identified in many polar orbit of EXOS-D NPW observations (see Figure 1) .

To represent more realistic density irregularities at the generation regions of electromagnetic waves for further understanding of the mode conversion processes observed by EXOS-D satellite, multi-layer models of plasma density distribution which consists of finite thickness slabs, has been developed for numerical calculations of existing modes of electromagnetic waves being related to the conversion of electrostatic plasma waves into electromagnetic waves. The effects of finite slabs have been identified in the present numerical calculations; the energy conversion rates of escaping components of electromagnetic waves periodically become large when the waves are satisfied with the condition of standing waves in a given slab (see Figure 2). These finite slab effects can be the origin of discrete multibands observed in the THR spectra.

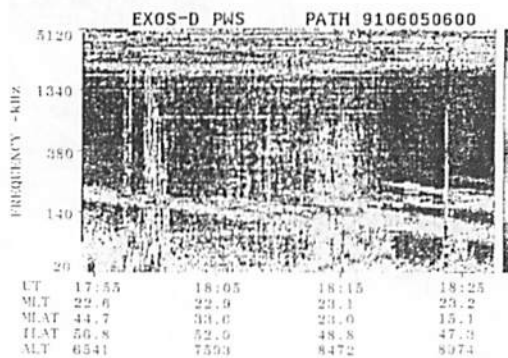


Figure 1(a)

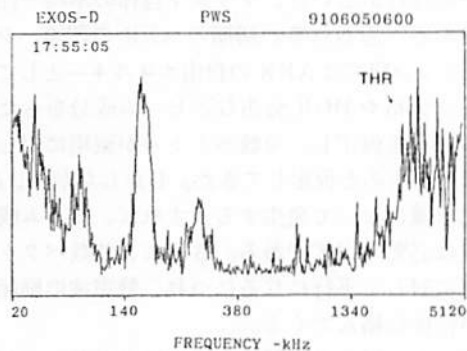


Figure 1(b)

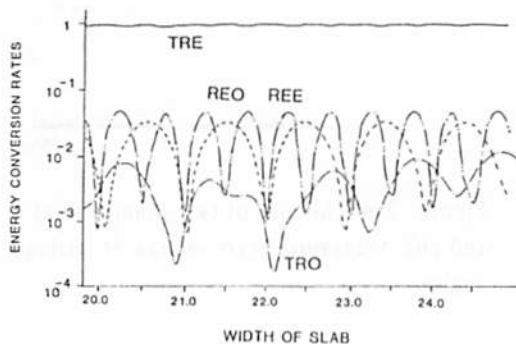


Figure 2

## References

- Oya, H., Radio Sci., 6, 1131, 1971.
- Oya, H., A. Morioka, and T. Obara, J. Geomag. Geoelectr., 37, 237, 1985.
- Oya, H., A. Morioka, K. Kobayashi, M. Iizima, T. Ono, H. Miyaoka, T. Okada, and T. Obara, J. Geomag. Geoelectr., 42, 411, 1990.

磁気圏内への高エネルギー電子注入に付随し励起される、圧縮性・非圧縮性HM波動

坂 翁介、魚住慎司（九大・理）、佐藤夏雄（極地研）、D. N. Baker (GSFC)

Global Signature of HM Wave Excitation in the Magnetosphere  
associated with Plasma Sheet Electron Injection at Substorm

O. Saka (U. Kyushu), T. Uozumi (U. Kyushu), N. Sato (NIPR), D. N. Baker (GSFC/NASA)

Global and local excitation of the Pi2/Pc5 pulsations associated with the energetic electron injections at substorm are studied. It is emphasized that a strong spatial inhomogeneity of the injecting and drifting (trapped) electrons is a driving force of the waves.

1986年5月21日、0820 UTに磁気圏内にPi2脈動が励起された。この脈動はGOES 5 (L=6.6)、GOES 6 (L=6.6)衛星に搭載された磁力計、地上低緯度(KUJ; L=1.2)、赤道域(HUANCAYO; Dip)、高緯度(SYOW, L=6.2)、(YEK, L=7.8)、(PDB, L=6.1)の各磁力計によって記録された。同時にS/C1984-129 (L=6.6)、S/C1982-019 (L=6.6)衛星によってPi2を伴う粒子加速の様子が記録された。

夜側磁気圏の静止軌道に非常に近い位置で且つ、比較的狭いLocal Time幅でプラズマシート粒子が加速され磁気圏内にインジェクトされた。ここを粒子インジェクションのゲートウェイと定義する。以下のシナリオに沿ってPi2脈動が励起されたことが想像出来る。

粒子のゲートウェイ通過は沿磁力線電流(FAC)とその振動を伴った。この振動はゲートウェイでのプラズマの強い非一様性を通し圧縮性振動を作った。ゲートウェイで励起された圧縮性振動はグローバルモードPi2と呼ばれ、磁気圏全域に伝播している。圧縮性成分の卓越する低緯度Pi2のオンセットは加速粒子のゲートウェイ通過の目印となっている。

一方磁気圏内にトラップされた電子フラックスは東へ移動しながら、オーロラ帯で次々と局所的な共鳴を伴うトロイダル振動を励起していった。ゲートウェイに近い夜側磁気圏ではトロイダル振動は高調波成分をより多く含んだPi2として、朝側磁気圏ではそれが基本波成分のPc5として地上で観測された。

空間的に強い非一様性をもつ様な形での粒子の注入とドリフトが、磁気圏内での脈動の励起の原因である。物理的には、(1)非一様性による $J_{\parallel}$ と $J_{\perp}$ の結合、(2)磁場の非一様性に直角に働くプラズマ圧力による渦度の磁力線方向伝播励起で説明される。この励起機構は単純なMHD方程式の一般的な解から得られる(Southwood and Kivelson, 1991, J.G.R.)。

# J31-05 On stability of strongly nonlinear plasma oscillations

T. Hada and M. Nambu  
(College of General Education, Kyushu University)

Electron plasma oscillations in a fully ionized isotropic plasma, perhaps the most well-known plasma waves, appear in various plasma environment such as laboratory experiments and interplanetary space. In this paper, we determine the stability of finite amplitude, longitudinal, nonlinear plasma oscillations in a cold plasma.

Travelling wave solutions of nonlinear electron plasma oscillations are given by Hamiltonian<sup>1</sup>

$$H = \varphi_{\xi\xi}/2 - ((2\varphi)^{1/2} - \varphi) \quad (1)$$

and by specifying the value of H, or equivalently, the "nonlinear parameter",  $\epsilon = (1+2H)^{1/2}$ . In the above equation,  $\xi$  is the space coordinate in the wave frame, and  $\varphi(\xi)$  is the electric potential, which is related to the electron density profile by  $\rho_0(\xi) = (2\varphi(\xi))^{-1/2}$ . The waves are periodic in space:

$$\rho_0(\xi+2\pi) = \rho_0(\xi) . \quad (2)$$

The equation describing the evolution of small amplitude perturbation (daughter wave) superposed on the above electron plasma oscillations (parent wave) is given, exactly, in a normalized unit<sup>2</sup>,

$$X(\xi)_{\xi\xi} + \rho_0(\xi) X(\xi) = 0 \quad (3)$$

where  $X(\xi) = \delta v(\xi)/\rho_0(\xi)$ , and  $\delta v(\xi)$  is the perturbation of the electron bulk velocity. Equation (3) together with equation (2) belong to the family of Hill equations, and the stability of this system can be ascertained by applying Floquet's theorem. We show that, while small amplitude (small  $\epsilon$ ) electron plasma oscillations are stable, as  $\epsilon$  increases, stable and unstable regimes appear alternatively as  $\epsilon$  varies.

<sup>1</sup>A. A. Vedenov, E. P. Velikhov, and R. Z. Sagdeev, *Nuclear Fusion* 1, 82, 1961.

<sup>2</sup>T. Hada and M. Nambu, *Phys. Fluids*, to appear, March 1992.

## 電離圈 (1)

J41-01~08, P72~75

座長

皆越尚紀 (通総研)

山本 衛 (京大超高層)

## 電離圈 (2)

J42-01~07, P76~78

座長

丸山 隆 (通総研平磯)

早川 基 (宇宙研)

# MU レーダーによる中緯度 E 領域 沿磁力線イレギュラリティの波状構造の研究

山本 衛、°古茂田 典夫、深尾 昌一郎、津田 敏隆、加藤 進 (京大超高層)

## Wave-like Structures in the Mid-Latitude E-Region Field-Aligned Irregularities observed with the MU Radar

Mamoru Yamamoto, °Norio Komoda, Shoichiro Fukao, Toshitaka Tsuda, and Susumu Kato  
(Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University)

We have conducted interferometry observations of field-aligned irregularities (FAI) in the ionospheric E-region with the MU radar (34.9°N, 136.1°E). As shown in Figure 1, the antenna array was divided into four parts to study the distribution and/or the motion of the FAI echoes within the antenna beam. The results will be compared with those by Riggins *et al.* [*J. Geophys. Res.*, 91, 8011-8024, 1986] who observed the E-region FAI echoes over Arecibo by using the CUPRI 50 MHz Doppler radar with the interferometry technique.

我々は、MU レーダーを用いた電離圏 E 領域の磁力線直交方向の高レンジ分解能観測を行って、中緯度域においても活発な沿磁力線イレギュラリティ (FAI) が生じることを明らかにしてきた [Yamamoto *et al.*, *J. Geophys. Res.*, 96, 15943-15949, 1991]。1989 年 6 月から現在までの観測によって、E 領域 FAI の活動度が夏季に高く冬季に低い季節変化をすることが明らかにされ、またスボラディック E 層の出現との関連も指摘されている [Yamamoto *et al.*, *J. Atmos. Terr. Phys.*, in press, 1992]。特に夏至の時期については、E 領域高度の日没後と日出後に FAI エコーの出現頻度が高まるが、それぞれの時間帯においてエコー強度の時間・高度分布には際だった違いが見いだされている。MU レーダー観測によって得られた E 領域 FAI エコーの振舞いの中で特に顕著なものは、おもに夏季の日没後に現れるいわゆる“Quasi-Periodic”エコーである。これは高度 100 km 以上の領域に現れ、そのエコー強度が周期数分~10 分程度で変動するとともにエコー領域が常にレーダー方向へ近づく位相伝搬を示す。前回我々は、東西方向の多数ビーム (12~16 方向) 観測から、波面が西向きに伝搬する例が圧倒的に多いことを報告した。

中緯度域の E 領域イレギュラリティについて、Riggins *et al.* [*J. Geophys. Res.*, 91, 8011-8024, 1986] はアレシボ IS レーダーと 50 MHz 小型ドップラーレーダーの同時観測を行っている。彼らは 50 MHz レーダーで受信アンテナを 3 系統用いた干渉計を構成して、FAI エコー領域がアンテナビームに直交する方向に移動し、その周期が数分であることを明らかにした。この観測では 50 MHz レーダーのレンジ分解能が 7.5 km と MU レーダーに比べて非常に劣っているために、はっきりとしたエコー領域の時間・高度分布が得られていないが、エコー強度の変動周期等からこのエコーが“Quasi-periodic”エコーである可能性は極めて高い。

そこで本研究では MU レーダーのアンテナアレイを分割し、干渉計を構成して E 領域 FAI エコーの観測を実施した。表 1 に 1990 年 6 月 8~9 日に行われた MU レーダー観測の諸元を示す。観測方向は真北でアンテナビームの天頂角は約 51°、レンジ及び時間分解能はそれぞれ 1.2 km と約

16 秒である。この観測例ではアンテナアレイを図 1 に示すように 4 分割した。現在のところ基本的なデータの品質やそれぞれのアンテナ出力間の位相差とその時間変化を調査中であるが、東西方向に近いアンテナ間の位相差の時間変化が FAI エコーの西向き移動を示唆するなど興味深い結果が得られつつある。観測結果を実際の空間位置に換算した後、E 領域イレギュラリティのアンテナビーム内における微細構造を明らかにして行きたい。

Table 1. Observation parameters

Period	8 June 1990, 22:54 — 9 June, 1:22
Observation Range	120~196 km
Range Resolution	1.2 km
Beam Direction	Azimuth: North, Zenith: 51°
Time Resolution	~ 16 second
Number of Receivers	4

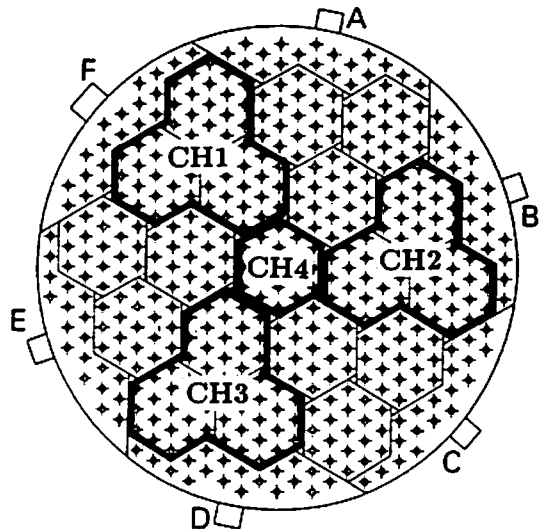


Figure 1. Antenna configuration for the interferometry observations of the E-region irregularities

Simulation Study of the Thermospheric Response to the Change of Auroral Activities

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

1) Faculty of Science / Tohoku Univ. 2) Kyoto Univ. of Art and Design 3) SEL / NOAA

Using a time-dependent, zonally averaged thermospheric model, a simulation study has been made to investigate the thermospheric response to an isolated substorm.

The latitudinal grid points of the model extends from the North Pole to the South Pole with a 5° step, and the vertical grid points, which cover the altitude range of 70km - 370km, are given at 16 pressure levels with a interval of scale height. The model was run under the solar minimum equinox condition. In the present simulation, auroral activity is kept at the high level for the first 60 minutes in the simulation time, and then decreased to the lower level in a manner of a step function. The energy input is centered at the latitude of 70° in both hemispheres.

Following results have been obtained .

- 1) The meridional wind pattern shows remarkable variation in accordance with the change of auroral activity; at the end of one hour duration of high level auroral activity, strong upwelling motion takes place at high latitudes ( Fig.1), and at a time 2 hours after the cessation of the high level activity, vertical motion disappears while the region of strong equatorward wind moves to lower latitudes (Fig.2).
- 2) At the high latitude region, the temperature decreases rapidly just after the cessation of auroral disturbance and then slowly relaxes. This temperature relaxation can be characterized by two different time constants  $\tau_1$  and  $\tau_2$ . These time constants, ( $\tau_1 \sim 1-2$  hours,  $\tau_2 \geq 10$  hours) are found to be determined by different cooling mechanisms. The former is mainly controlled by the cooling due to adiabatic expansion, while the latter depends on the vertical heat conduction and NO radiative cooling.

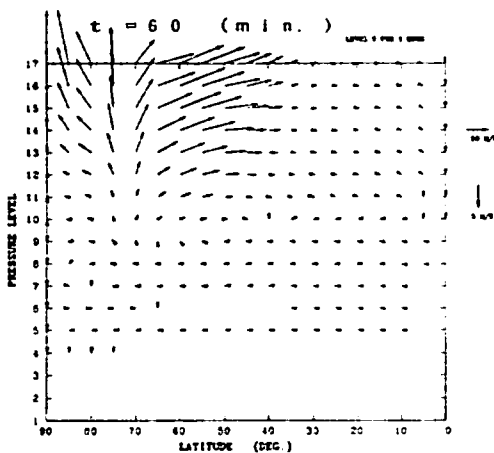


Fig.1 Meridional wind pattern at simulation time of t = 60 (min.)

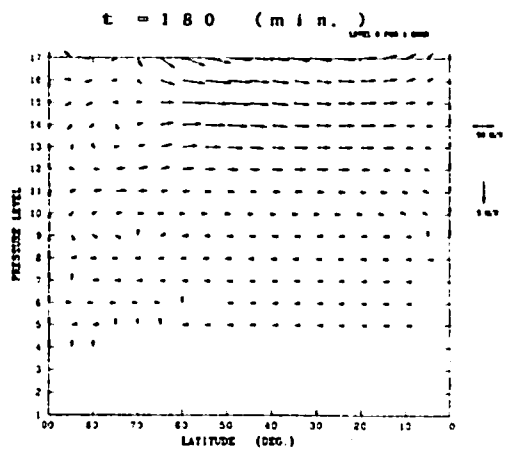


Fig.2 Meridional wind pattern at simulation time of t = 180 (min.)

## J41-03 MU レーダーによる電離圏および熱圏の温度・密度の観測

°深尾昌一郎<sup>1</sup>、W.L.オリバー<sup>2</sup>、高見友幸<sup>1</sup>、佐藤 亨<sup>3</sup>、  
山本 衛<sup>1</sup>、津田敏隆<sup>1</sup>、中村卓司<sup>1</sup>、加藤 進<sup>1</sup>

<sup>1</sup>京大超高層 <sup>2</sup>ボストン大 <sup>3</sup>京大工学部

### Measurements of Ionospheric and Thermospheric Temperatures and Densities with the MU Radar

°Shoichiro Fukao<sup>1</sup>, William L. Oliver<sup>2</sup>, Tomoyuki Takami<sup>1</sup>, Toru Sato<sup>3</sup>,  
Mamoru Yamamoto<sup>1</sup>, Toshitaka Tsuda<sup>1</sup>, Takuji Nakamura<sup>1</sup>, and Susumu Kato<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup> Department of Electrical, Computer and Systems Engineering  
Boston University, Boston, Massachusetts 02215, U.S.A.

<sup>3</sup> Department of Electrical Engineering II  
Kyoto University, Kyoto 606 JAPAN

The first incoherent scatter radar local time/seasonal/solar cycle averages of F region electron, ion, and neutral temperatures for Asian longitudes are presented. These measurements were made with the four-pulse experiment by the MU radar in Japan over the period August 1986 to April 1990. The neutral temperature and density results are compared with MSIS-86 model predictions. We divide our data into low and high solar-activity levels, four seasons, and 24 one-hour times bins. While the seasonal and solar activity behavior of the ionospheric density, and of the anti-correlation of the electron temperature with this density, shows many aspects in common with those at other locations, a few particular differences are evident. At low solar activity the height of the F layer varies from 240 km during the day to 320 km at night, regardless of season. At high solar activity the maximum density of the F layer varies little with season. These facts seem to indicate little seasonal change in F region neutral atmospheric composition at this geographic location. At solar maximum the F layer is established at a higher altitude than at low solar activity, and the summer F layer in particular is formed at such a high altitude that its decay at night is very slow, its diurnal variation is hence weak, and the density remains so high at sunrise that little sunrise effect in the electron temperature is produced. The neutral temperatures in the F region have the same basic diurnal pattern as does the MSIS-1986 model temperatures, but the radar temperatures are consistently lower by an amount ranging up to 160 K for summer conditions at high solar activity. The measured and model temperatures are closest in the autumn and winter. The neutral density results are of low quality and do not provide any evidence of need to modify the MSIS model densities.



F 領域電子密度勾配の波状構造

°山本泰史、高見友幸、深尾昌一郎、山本衛、  
 山中大学、津田敏隆、中村卓司、加藤進  
 京都大学超高層電波研究センター

Wave-like structures of electron density gradients obtained  
 by the MU radar multiple beam measurements

°Y. Yamamoto, T. Takami, S. Fukao, M. Yamamoto,  
 M. D. Yamanaka, T. Tsuda, T. Nakamura, S. Kato  
 RASC, Kyoto University

We can observe the difference of echo power profiles in multiple beam directions in the ionospheric F region with the MU radar. We use the horizontal gradient of echo power profiles to find medium-scale ionospheric disturbances. Disturbances have wave-like structures with the period of about 1 hour.

MU レーダーは多ビーム IS 観測が可能であり、  
 512 $\mu$ s シングルパルス観測では、受信信号強度の  
 ビーム間差を見ることができる。天頂角 20 度、東  
 西南北 4 方向のビームを用いた場合は、東西あ  
 るいは南北に水平距離で 200km 程度離れた F 領  
 域を同時に観測することになる。各ビーム方向の  
 受信信号強度には通常、強度の 5% 程度のビーム  
 間差があり、電子密度が水平方向に一様でないこ  
 とを示している。受信信号強度の勾配（電子密度  
 勾配）を次式で求める。

(受信信号強度勾配)

$$= \frac{\text{受信信号強度の差 (東西または南北)}}{\text{水平距離}}$$

受信信号強度よりも受信信号強度の勾配をデータ  
 解析対象とした方が電離圏擾乱に起因する揺らぎ

を検出し易い。このようにして求めた電子密度勾  
 配は、時間方向に周期性を持っている。1 例とし  
 て図 1 に 1990 年 11 月 15 日の 7 時から 12 時ま  
 での (a) 南北方向と (b) 東西方向の電子密度勾配  
 の時間変化を示す。高度約 150km~400km におい  
 て周期約 60 分の波状構造が見える。他の観測期  
 間においても同様な波状構造が見られ、周期は約  
 60 分 (1990 年 4 月)、約 90 分 (1989 年 3 月) で  
 あった。1989 年 3 月の観測期間は電離圏擾乱時で  
 あり、1990 年 4、11 月は非擾乱時である。擾乱の  
 規模にかかわらず波状構造の振幅は同程度であ  
 った。また、東西成分よりも南北成分の方に波状構  
 造が現われる頻度が高く、かつ振幅も大きい。東  
 西方向よりも南北方向に勾配の変動が生起し易い  
 ものと思われる。

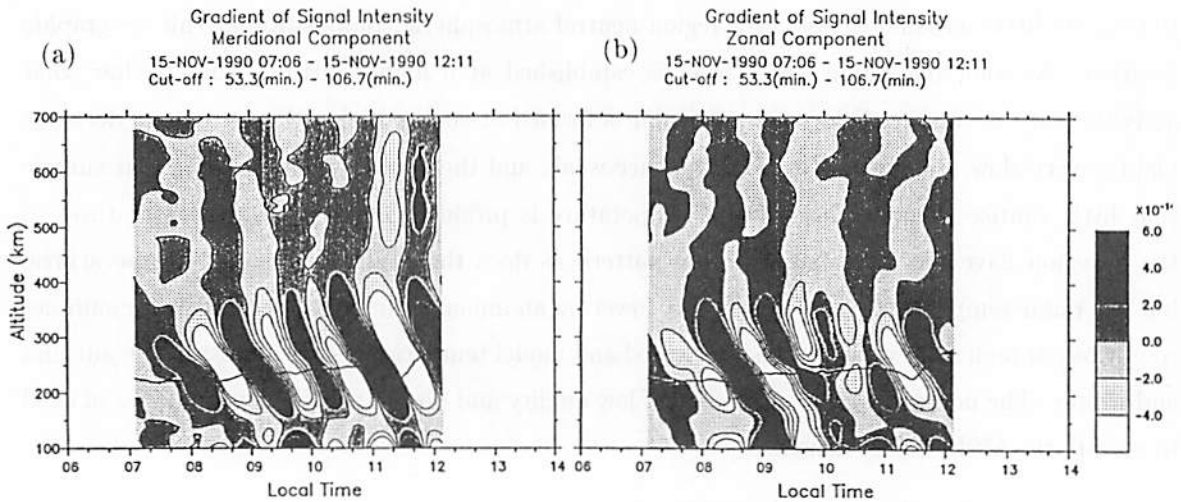


図 1: 1990 年 11 月 15 日 7 時~12 時における (a) 南北方向、(b) 東西方向の  
 受信信号強度勾配の時間変化

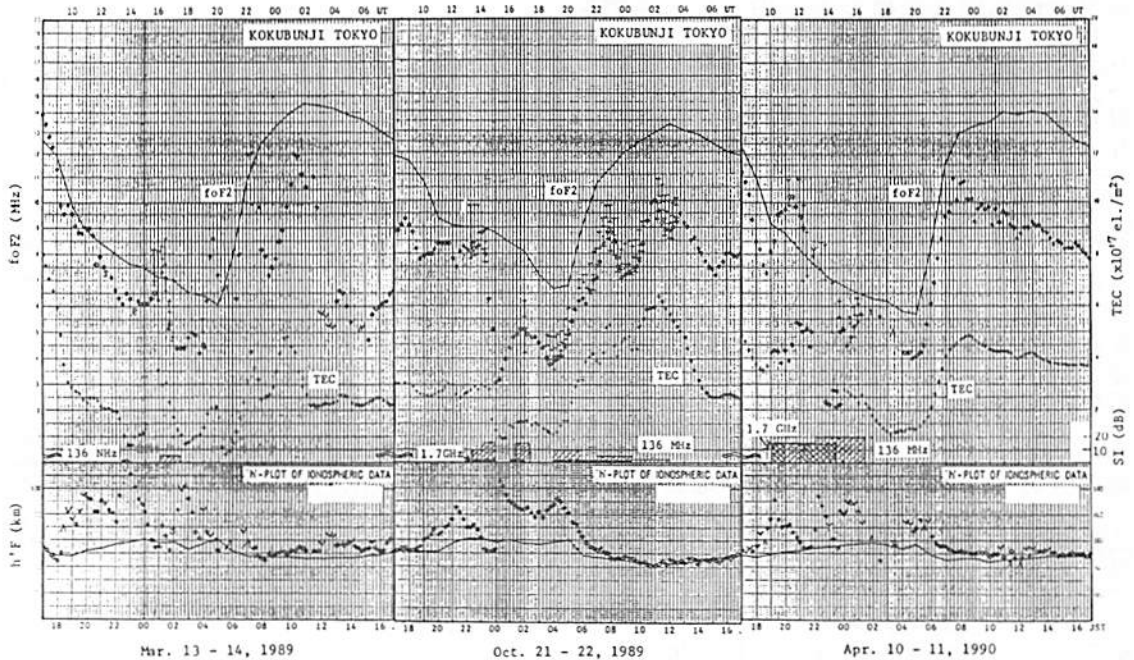
Ionospheric F-region disturbances in the Japanese sector associated with large geomagnetic storms of 1989 - 1990

°Hisamitsu Minakoshi, Akira Ohtani, Kiyoshi Igarashi, and Ichizo Nishimuta  
(Communications Research Laboratory)

Ionospheric F-region disturbances around Japan, associated with large geomagnetic storms of March and October 1989 and April 1990 were investigated using radio beacon transmission from geostationary satellites, together with routine ionosonde data at Japanese longitudes. It was found that some transient variations of electron distribution and strong ionospheric irregularities occurred in various ways depending on events beside a common feature of negative disturbances.

太陽活動極大期に当たる1989-1990年の間に、柿岡での地磁気水平成分の減少が  $-\Delta H > 300nT$  の大地磁気嵐が3回(1989年3月、10月、1990年4月)発生し、日本付近の中緯度電離圏にも大きな影響が現れた。このときのF領域擾乱現象について、衛星電波観測による全電子数、シンチレーションデータ及びイオノグラムデータを基に調べた結果、次のような特徴が見出された。

- 1) 地磁気嵐開始の翌日又は翌翌日の昼間全体にわたって電子密度が減少(負擾乱)
- 2) 夜間、2~3時間周期で電子密度高度分布が急変(最大電子密度の急減と層高の急上昇がほぼ同時に起こった後、層の下降に伴い電子密度が急増して急減)
- 3) 夜半を中心に、強いF領域不規則構造が発生
- 4) 不規則構造の発達・様相はイベントで異なり、1989年4月イベントでは夜間から日中後まで存続



The time variations of scintillation index;SI, total electron content;TEC, f2 layer critical frequency;foF2, F layer virtual height;h'F, and their monthly median values(solid line) during large geomagnetic storms of 1989 - 1999

菊池 崇、貝沼昭司、大高一弘 (通信総合研究所)

Ionospheric oscillation due to SSC and PC associated electric fields observed at magnetically low latitude

Takashi Kikuchi, Shoji Kainuma, and Kazuhiro Ohtaka  
(Communications Research Laboratory, Tokyo)

The HF Doppler measurement at magnetically low latitude revealed that the positive magnetic impulse of storm sudden commencement (SSC) is associated with an eastward electric field in the F-region in the day and evening sectors, and westward electric field in the nighttime sector. This result indicates that the SSC-associated electric field is directed from the dawn to dusk, which suggests that the electric field originated in the polar ionosphere. The HF Doppler measurement, on the other hand, detected ionospheric oscillation associated with magnetic pulsation on March 24, 1991. The near 90 deg phase advance of the HF Doppler change suggests that the PC associated ionospheric oscillation is a direct consequence of a large scale oscillation of magnetic field lines in the magnetosphere.

SSC 時の HF Doppler 変化 SCF は約 1 分続く初期変化とその後数分から 10 分続く主変化からなり、昼間 SCF(+), 夜間 SCF(-) であることが Kikuchi et al (1985, JGR, p.4389) により示された。この結果は初期変化が dusk-to-dawn 電場、主変化が dawn-to-dusk 電場によって発生することを示唆している。

SCF の主変化と SSC の磁場増加を詳細に比較すると、第 1 図 [夜間 SCF(-) の場合] に示すように、SCF の正の主変化は SSC の磁場増加とほぼ in phase である。この結果は磁気圏の圧縮による地上の磁場増加に比例して極域電離圏にかかる dawn-to-dusk 電場が増加することを示唆している。一方、昼間 SCF(+)- の負の主変化は SSC の磁場増加とほぼ out of phase の関係にあり、やはり dawn-to-dusk 電場の増加を示している。

HF Doppler 変化は SSC のみならず地磁気 Bay や不規則磁場変動に対応して発生することがしばしばあり、夜間の場合、SSC 時と同様に HF Doppler 変化が磁場変動とほぼ in phase である。この場合は夜間の磁場変動の原因と考えられる沿磁力線電流の発達に伴って、極域電離圏の電場が強くなり、低緯度電離圏へ侵入した結果と考えられる。

一方、第 2 図に示すように、地磁気脈動 (PC) 時にも、しばしば HF Doppler 変動が観測される。1991 年 3 月 24 日の地磁気嵐時に発生した HF Doppler の周期変動は周期が約 10 分で、変動の位相は地磁気 H 成分の変動より約 90° 進んでいる。この結果は、PC に付随する電場が磁場変動に対して inductive な関係にあり、磁気圏の共鳴振動領域から低緯度電離圏へ直接伝搬したと考えられる。

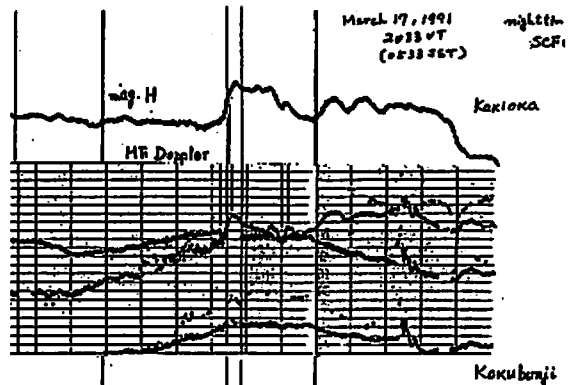


Fig.1 Nighttime SSC associated HF Doppler shift observed in Kokubunji. The positive HF Doppler shift is caused by dawn-to-dusk electric field.

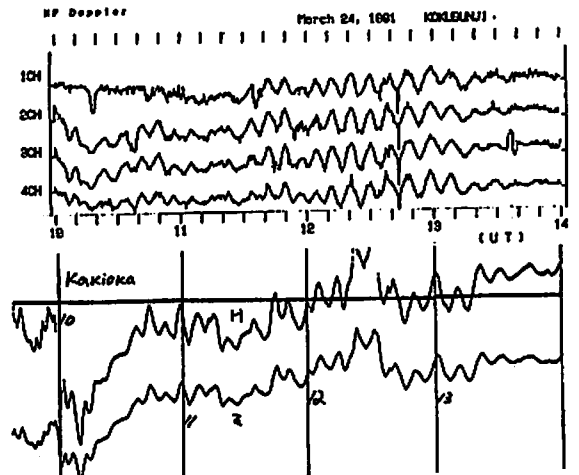


Fig.2 PC associated HF Doppler shift observed in Kokubunji. The cyclic change in HF Doppler shift advances in phase by about 90 deg.

一ノ瀬 美、浦田 剛、峠山 裕彦、大田 建久 (同志社大工)  
小川 徹 (大阪電通大工)

HF Doppler Observation of Ionospheric Disturbances in March, 1991

T. Ichinose, T. Urata, Y. Tohgeyama, T. Ohta (Doshisha Univ.)  
and T. Ogawa (Osaka Elec. Comm. Univ.)

1991年3月には、大規模の擾乱が多く発生したが、特に22日2247UTに発生したX9/3Bのフレアに伴う擾乱は電離圏にも多大の影響をもたらした。ここではHFドップラーで観測された短時間の変動について報告する。

まず、24日0342UTには柿岡で観測史上最大の200nTのSCが発生した。図1にこの時のHFドップラーの記録を示す。SC時の電離圏変動については、Jacobs and Watabe (1966)の理論があり、Ichinose and Ogawa (1974)や Kikuchi and Araki (1985)により確かめられている。今回のSCについても、H成分の微分に比例しており磁場変化により生じた水平電界が電子のドリフトを引き起こしていることがわかる。

SCに続きH成分に周期 20-60sec 程度の Fluctuation が見られるが、HFドップラーにも非常によく対応した変化が現れている。

つぎに注目されるのは、図2のように 1000-1300UT に生じた振幅が数Tの顕著なPCである。HFドップラー記録と比較すると、後者の位相がやや進んでいることがわかる。変動時間が数分以上の現象に対しては Tsutsui et al. (1988)の Isolated Substorm 時の電離圏変動の理論が適用できる。すなわち電界Eとドップラー効果δf(t)の関係は、

$$J_x E_x + J_y E_y \propto - (1/\tau) \int \delta f(t) dt - \delta f(t).$$

ただし、E<sub>x</sub>、E<sub>y</sub>は電界の南向きおよび東向き成分、J<sub>x</sub>、J<sub>y</sub>は電子分布と電子移動度の関数、τは電子のlifetimeである。今問題にしている高度では、τは2分程度であるから、PCの周期が数分の時は右辺の各項とも無視できない。

PCの正負のピークとドップラーとの時間差を比較すると、図3のようになる。1100UTより前は、周期の長い変動が重畳しているため、時間差は一定ではない。1100-1300UTでは時間差は平均1.5分程度で、ほぼ上の理論を満足していることがわかる。

Ichinose, T., and T. Ogawa JATP 36, 2047, 1974.  
Jacobs, J. A., and T. Watanabe Radio Sci., 1, 257, 1966.  
Kikuchi, T., and T. Araki JGR 90, 12195, 1985.  
Tsutsui, M., T. Ogawa, Y. Kamide, H. W. Kroehl, and B. A. Hausman, Radio Sci., 23, 119, 1988.

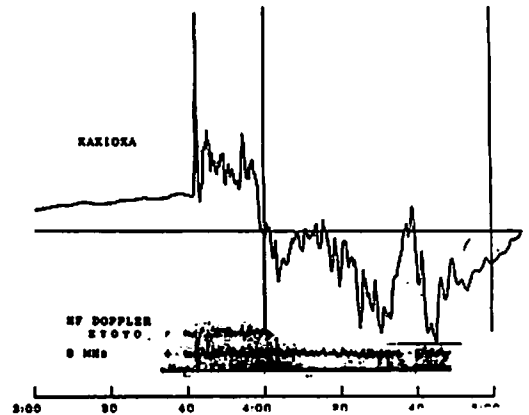


図1

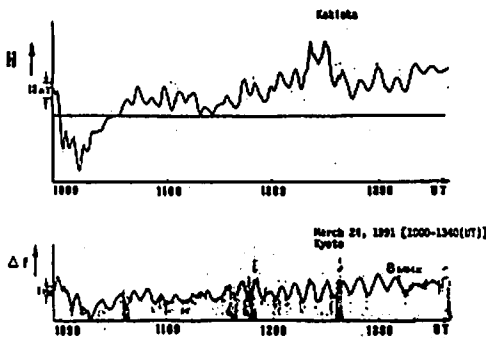


図2

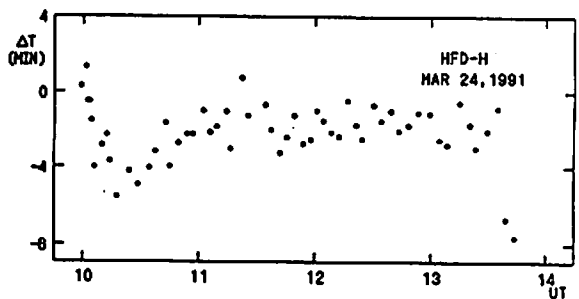


図3

## Ionospheric Infrasound Waves Observed In China

Wu-Chang Quan (Dalin Maritime University CHINA)

Toru Ogawa (Osaka Electro-Communication University)

地上付近の激しい気候擾乱に伴うHFドップラー変動については、これまでいくつかの報告がある。雷雨と竜巻に際して観測された例では、その特徴について Georges . T. Met al [1973] によってもとめられている。激しい気象現象として、台風に伴う HFドップラー変動については、1982年台風の際、日本のHFドップラー観測ネットワークによって観測されており、奥沢等 [1985] によって告げられている。

筆者は中国大連海運学院で、1988年からJJY-15Mhz, BPM 10、15MhzのHFドップラー変動を観測しているが、毎年台風季節に入ると、Infrasound領域のドップラー変動が、時々よく観測される。特別な例として1988年9月16日と1990年7月9日 二回に渡って観測されたDATAは振幅が大きく、9-10時間以上連続的な珍しいデータであった。まず上記の二例に対して、相対的パワー スペクトル解析をした。その結果、幾つかの新しい結論が見出されたので、報告する。

## 1) スペクトルの構成

まず、現象の全時間に対して、FFT解析を行った。図 (d) が示すように、スペクトルは巾が0.1mHzオーダーの一連の線スペクトルから構成されている。3-5分周期の間には、18個 (88年の例) と17個 (90年の例) の線スペクトルがある。ここで取り扱った二つの例では、ともに4.45分周期の dominant成分が現れたが、他の成分のスペクトルは一致しなかった。この結果から見れば、もっと短い時間にも、線スペクトルを持っており、その変化は断続であると考えられる。

## 2) スペクトルの時間的变化

スペクトルの時間的变化を見る為、histogram 図 (a) を作った。time rangeは50分とし、6分毎に解析を行った。図 (b) はスペクトル全体の時間に対する平均で、図 (c) はInfrasound全体のエネルギー密度の変化を表わす図であるが、計算したスペクトルの周期は2分から8分までである。計算図から次の様な結論が考えられる。

(1) もし、擾乱の源が一個のみだと仮定すると、図 (c) から見られるように、その平均寿命は3時間ぐらいになる。

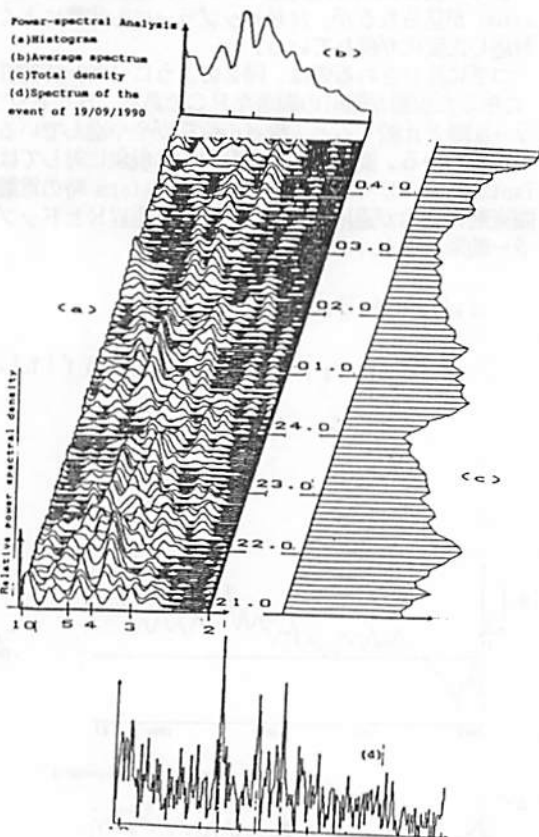
(2) 図 (b) で、4.45分の dominant成分は4.3分のピークとして現れている。言い換えれば、dominant成分の周波数も時間と共に変わって行く事になる。total densityが大きい時は dominant成分が、4.45分の線スペクトルに近づき、小さくなる時は周波数の高い方に変って行く共に強度も弱くなって、dominant性をうしなくなってしまう。

(3) infrasound擾乱が激しい時はスペクトル全体がbroadになる傾向が見られるが、cut off bandは、はっきり見えなくなってしまう。

## 3) むすび

90年の例では強い17号台風があったが、電波の反射点から台風中心までの水平距離は1000km以上であったし、88年の例では小さい台風しかなかった。しかし二つ例とも低気圧の影響を受けていたし、電波反射点の直下は厚い雲が広がっていた。統計的図から見れば、何らかの dominant成分 (4.45分周期の成分) を持った fine structureだと思われる。

以上から見れば、本報告で取り扱った例は、アメリカでよく観測された severe weather indexによるF2層の擾乱のような現象に見えるが、今までの理論では、説明できない点が幾つか残っている。



## Discontinuous regions of mid-latitude ionospheric total electron content detected by NNSS

Hhiromitsu Ishibashi, Kazuhiro Ohtaka, Munetoshi Tokumaru, Takashi Maruyama, and Takashi Tanaka (CRL)

We present a case study of discontinuous regions of mid-latitude ionospheric total electron content(TEC) during a weak magnetic storm on October 2,1991, which was detected by the differential Doppler frequency measurements of signals from NNSS(Navy Navigation Satellite System) satellites at Wakkanai(45.23°N, 141.4°E).

1991年10月1日に発生した弱い磁気嵐の際、稚内では、NNSS衛星ビーコン波(150、400MHz)の差分ドップラー周波数のデータ中にしばしば、静穏時には見られない局所的なパルス状の変動が観測された(下図参照)。差分ドップラー周波数は視線方向の電離層全電子密度(TEC)の時間微分に比例することを考えると、北緯42°(地理緯度)付近にTECの不連続領域が存在していたことがわかる。そこで、我々は各NNSS衛星のパス及び入感時間からTEC不連続領域の継続時間・空間分布の推定を行なった。その結果得られたTEC不連続領域の主な特徴は以下の3項目にまとめられる。

- (1) 経度方向に広がりを持つ。
- (2) 西向きにゆっくり移動している。
- (3) 南北方向の移動は確認できない。

一方、通信総研のイオノゾンデ観測網の同時観測によると、対応する時刻に稚内のみスプレッドFが観測されており、TEC不連続領域の成因を調べる上で非常に興味深い。トップサイドサウンダで観測されるスプレッドFが、中緯度電離圏不規則構造の一種であるionization ductsと密接な関係にあることは以前から指摘されており(H.Gross and D.B.Muldrew 1984)、ionization ductsとTEC不連続領域が同じ現象を指している可能性もあり、本講演では両者の関連性についても言及する。

また今回と同様なイベントは過去3年間に数例見つかっており、各事例の特徴・共通点についても併せて報告する。

参考文献

S.H.Gross and D.B.Muldrew, J. Geophys. Res. 89, 8986-8996, 1984

date 91/10/02 start 15:18:01 end 15:35:37 satellite # 280

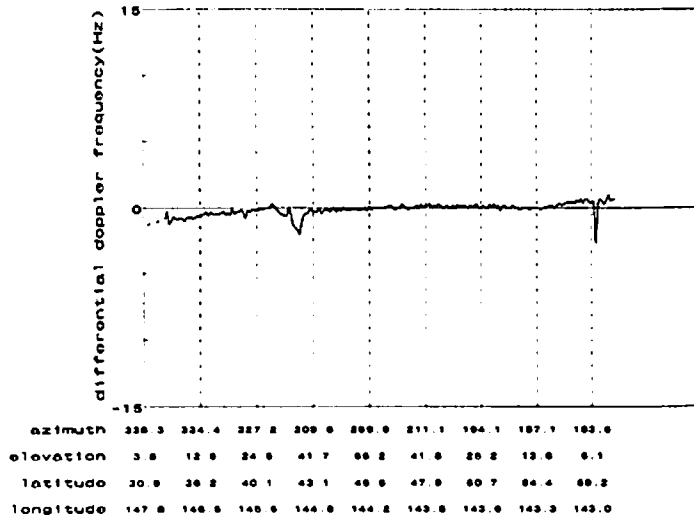


Fig. 1. Sample data of differential Doppler frequency on October 2,1991

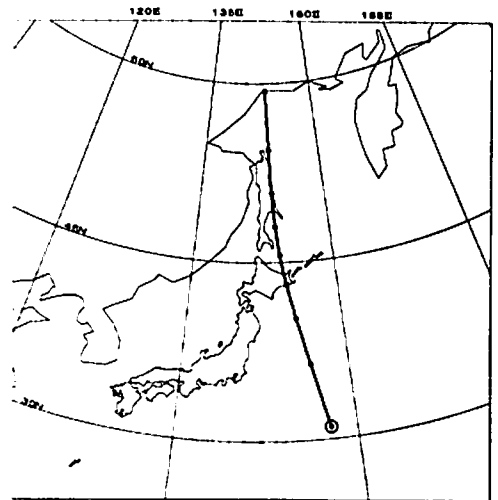


Fig. 2. Map showing the trace of the subionospheric points at 350km ht. for Wakkanai.



の検証ロケット実験

満保正喜<sup>1</sup> 深見哲男<sup>2</sup> 岡田敏美<sup>3</sup> 長野勇<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 金沢大・工、<sup>2</sup> 石川工業高専、<sup>3</sup> 富山県大・工、

Rocket Experiment of Detection of the Ionospheric Ledge by MF and VLF Waves

Masayoshi Mambo<sup>1</sup>, Tetsuo Fukami<sup>2</sup>, Toshio Okada<sup>3</sup>, Isamu Nagano<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Kanazawa University, <sup>2</sup> Ishikawa Technical College, <sup>3</sup> Toyama Prefectural University.

**1 はしがき** 最近スプラディックE層を考慮した中波帯近距離夜間伝搬曲線が作られているが<sup>(1)</sup>、これには国際参照電離層(IRI)モデルを用いる。中波の地上測定値とIRIモデルによる理論計算値と比較し、両者が一致するようにIRIモデルを直し、伝搬曲線を修正する。このような検討により、中波観測結果から、IRIモデルのE層下部の棚はない結果を得た<sup>(2)</sup>。この棚の確認のロケット観測実験について述べる。

**2 地上観測による棚の検証実験** 従来用いられているIRIモデルには図1の電子密度分布の85~92kmに余り電子密度勾配のない棚が存在する。札幌NHK第2(774kHz)波の金沢での受信電界強度を図2に示す。

IRIモデル理論電界強度計算値は電離層の棚中を層に平行に伝搬する時減衰により図のように観測(50%)値より10dB以上低くなる。他方、棚の無い図1のNLモデルの理論計算値は2dB以内で観測値に合っている(図2)。これからわが国周辺の電離層に棚は無いと思われる<sup>(2)</sup>。

これに対し、日本より低緯度でIRIモデルの棚が存在し棚の高度不変のまま、棚の電子密度が太陽黒点の増大に伴い適当に大きくなれば赤道越え中波遠距離伝搬実験の結果を合理的に説明できるという論文<sup>(3)</sup>がある。

そこで、ロケット実験により直接棚の有無を検証する。

**3 ロケット実験** 今年1月28日頃の21時(JST)過ぎ内之浦で宇宙科学研究所のS-310-21号ロケット搭載機器により夜間の下部電離層の電子密度分布を測定した。即ち、大阪NHK第1,2(666,828kHz)、熊本NHK第2(873kHz)の3波と佐佐美NDT(17.4kHz)と計4波の磁界強度を測定し、理論解析から電子密度を推定する。搭載機器のブロック図を図3に示す。

**4 結言** IRIモデルのE層下部の棚の有無を調べるため、1月末に行われたロケット実験観測結果を会場で述べる。

文献 (1)満保, 長野, 香川, 深見: 信学論(B), J69-B,

5, pp.541-549(1986).

(2)深見, 満保, 山田, 香川, 長野: 信学論(B-II),

J74-B-II, 6, pp.355-362(1991).

(3)Kohata H., Kimura I., Wakai N. and Ogawa T.:

J. Geomag. Geoelectr., 42, pp.825-831(1990).

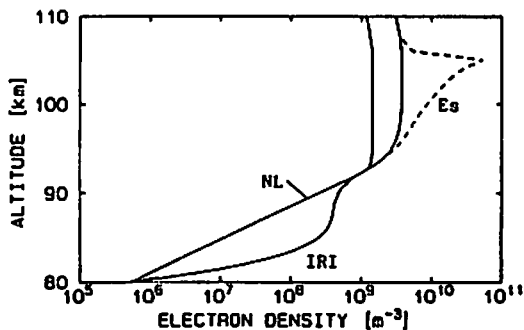


図1 IRIモデルとその棚無しモデル(NL)

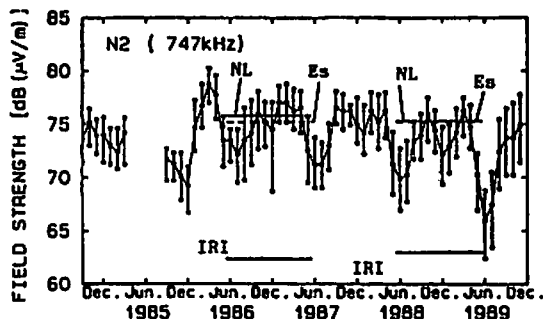


図2 札幌N2観測値と計算値との比較

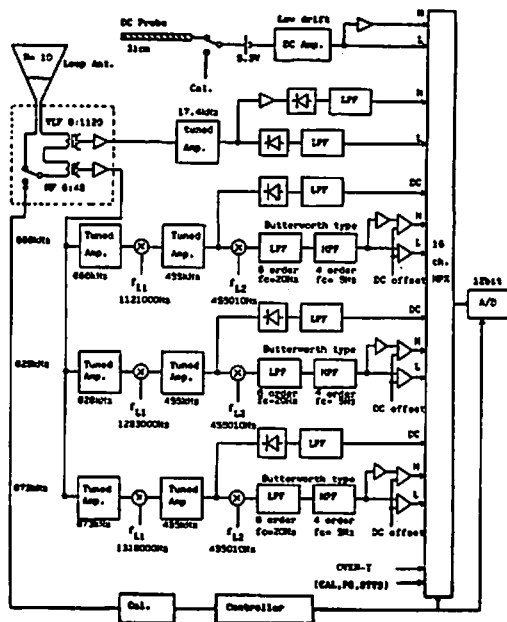


図3 S-310-21号搭載機器ブロック図



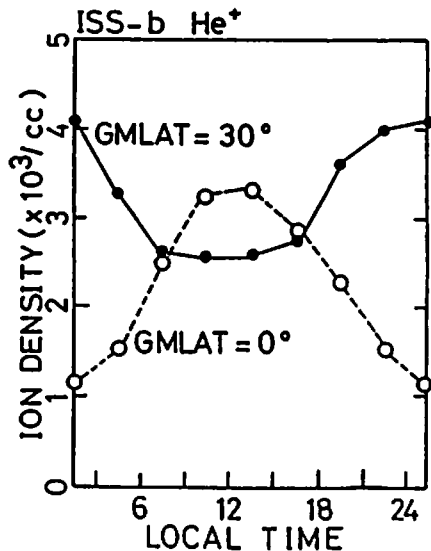
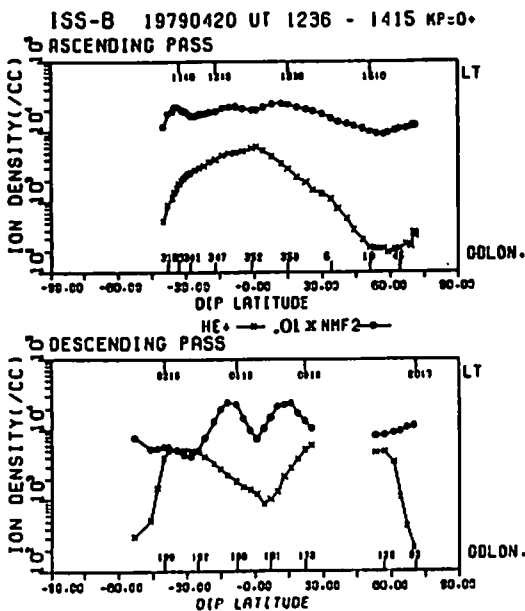


Comparison between the equatorial He<sup>+</sup> trough  
and the equatorial NmF2 anomaly  
Iwao Iwamoto (Communications Research Laboratory)

The satellite observations have revealed that at the topside ionosphere around 1000 km altitude the latitudinal distribution of He<sup>+</sup> has marked equatorial trough structure similar to the equatorial anomaly in NmF2. As shown in the left panel below, the He<sup>+</sup> trough is absent at all or is very shallow in the daytime, whereas it is very deep in magnitude and broad in latitudinal extent during the nighttime. Also is shown in the same panel the distribution of NmF2 observed simultaneously by the topside sounder. The NmF2 has similar tendencies. Because the successful observations by ISS-b continued for a period over three years, LT dependence of the He<sup>+</sup> trough were obtained for the first time. It has been found that LT dependence of He<sup>+</sup> trough is very different from that of NmF2 while the latitudinal distributions are very similar to each other.

The right panel below shows the LT distributions at the equator and crest latitude, 30 deg., which were obtained by averaging the data of one year period. The equatorial He<sup>+</sup> trough is formed by the fact that during nighttime the density decreases at the equator and it increases at the crest latitude. On the other hand, LT distributions of NmF2 both at the equator and at the crest are similar to the variations of the solar zenith angle. The equatorial anomaly is formed because the density at the crest latitude during day and evening times glows to much greater values than that at the equator.

It has been well established that the "fountain effect" causes the equatorial anomaly. The difference in LT dependence between the two strongly indicates that the cause for formation of the He<sup>+</sup> trough is different from that for NmF2, contrary to previous studies. It is presumed that the reservoir effect of the plasmasphere contributes to the formation of the He<sup>+</sup> trough instead of the fountain effect.



° 本郷 義太加<sup>1)</sup>、渡辺 雄一<sup>1)</sup>、島倉 信<sup>1)</sup>、早川 正士<sup>2)</sup>  
 1) 千葉大・工 2) 電通大

ON THE OBSERVATION OF LARGE SCALE DISTURBANCE OF THE LOWER IONOSPHERE  
 BY THE USE OF ATMOSPHERICS.

° Y.HONGO<sup>1)</sup>, Y.WATANABE<sup>1)</sup>, S.SHIMAKURA<sup>1)</sup> and M.HAYAKAWA<sup>2)</sup>  
 1) Dept. of Electrical Eng., Chiba Univ. 2) Univ. of Electro Communications

It is possible to estimate the effective height of the lower ionosphere and the propagation distance by the use of daytime and nighttime atmospherics though the duration of those signals is very short. This method is based on the analysis of the phase of atmospherics.

夜間の空電の周波数解析から、電離層高度と伝搬距離を十分な精度で推定可能である事を示した。しかし、昼間に観測されるような継続時間の非常に短い空電信号からこれらの値を推定する場合、データ数が非常に少ないため、周波数解析では、うまく推定できない。これに対し、空電信号の位相を解析することによって推定精度を飛躍的に向上させる事ができる。このことは、昼間の空電信号から電離層高度及び伝搬距離の推定が可能である事を示している。また、これは、昼夜にわたり空電により電離層擾乱観測が可能である事を示すものである。

周波数解析と位相解析による推定精度の比較を行った結果、位相解析による推定精度は、周波数解析に比べて、飛躍的に向上する事及び計算時間を短縮できる事が明らかになった。また、この方

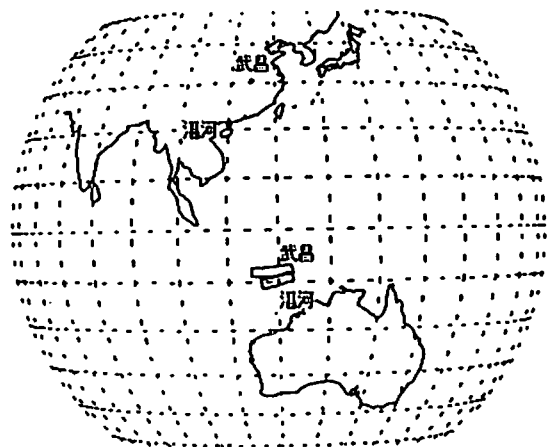
法を用いればガウス性白色ノイズや cut off 周波数付近にパワーラインノイズを含んだ空電信号に対しても、パワーラインノイズを除去する事によって、十分な精度で電離層高度及び伝搬距離を推定できる。

下図は、1988年1月6日の0:00~2:00(L.T.)に中国の武昌と湛河で観測された同一の空電の伝搬距離と到来方位を推定し、雷の Location を示したものである。この結果は、1観測点での空電の観測から、その伝搬路及び電離層高度の測定が可能である事を示すものである。両観測点で観測された電離層高度は一致し、およそ90kmである。

今後は、現在、別々になっている到来方位と伝搬定数(電離層高度及び伝搬距離)を推定するプログラムを統括し、昼夜に渡る実時間観測システムの開発を進める。



例1



例2

図 . 1988年1月6日0:00~2:00(L.T.)に中国の武昌と湛河で観測された空電での Location

・川上登<sup>1)</sup>, 島倉信<sup>1)</sup>, 佐藤夏雄<sup>2)</sup>, 山岸久雄<sup>2)</sup>, 早川正士<sup>3)</sup>  
 1) 千葉大・工 2) 国立極地研究所 3) 電通大

A consideration of the lower ionospheric disturbances based on the changes of the frequency of Omega signals.

・N. KAWAKAMI<sup>1)</sup>, S. SHIMAKURA<sup>1)</sup>, N. SATO<sup>2)</sup>, H. YAMAGISHI<sup>2)</sup>, M. HAYAKAWA<sup>3)</sup>  
 1) Dept. of Electrical Eng., Chiba Univ. 2) National Inst. of Polar Res. 3) Univ. of Electro Communications

Omega waves transmitted from Norway have been observed at three stations in Iceland since 1985. In this paper, the lower ionospheric disturbances are discussed based on the analyses of frequency shift of Omega waves.

本研究では、オメガ電波の位相変動と強度変動を用いることで周波数偏移解析を行い、擾乱時における下部電離層の動態を考察している。

解析に用いたVLF電波はノルウェーから送信されたオメガ電波(12.1kHz)で、アイスランドの3地点で観測されたものである。観測されたオメガ電波の周波数偏移の解析例を Fig. 1 に示す。図の上段が孤立した擾乱の周波数偏移を、下段は連続的に発生する擾乱の周波数偏移をそれぞれ表している。

Fig. 1の上段に示す周波数偏移をみると、18:00 (UT)頃に周波数の変移は正負に別れていることがわかる。これはVLF電波の電離層反射高が同時に上昇および下降をしている事を示している。即ち電子密度の増加する領域と減少する領域が下部電離層に同時に存在することになる。下段に示す周波数偏移は、連続的に正から負に変動しているのがわかる。これは、電離層に波動状の擾乱が伝搬していると考えられることできる。

また、1986年の1月から6月の間にTjornesで観測されたオメガ電波のうち、擾乱時における周波数偏移がFig. 1の上段のように正と負の2つに分れる200個の事象について、その最大偏移周波数(周波数偏移が2つに分岐するとき、その分岐が最も大きくなる時の偏移周波数)の値の頻度を調べた。その結果を図2に示す。正負ともに0.6~0.7mHz付近を中心に分布している。この平均値を調べると、正側の偏移は0.677mHz、負側の偏移は0.665mHzであり、わずかに正の偏移が大きい。

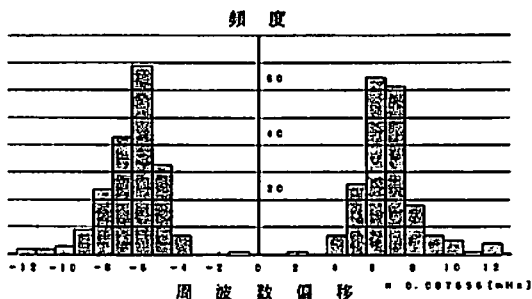
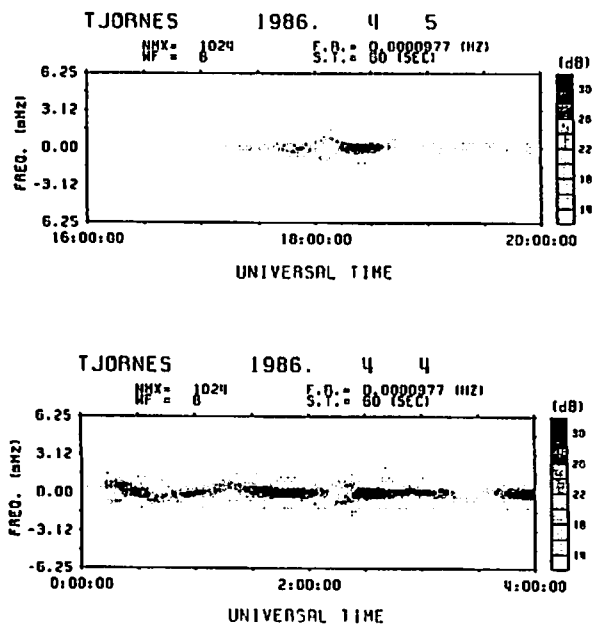


Fig. 1 Typical changes of the frequency shift of Omega signals which are caused by the disturbances of the lower ionosphere.

Fig. 2 Histogram of the maximum frequency shift of Omega signals which were observed in the period from January to June in 1986.

○小川 忠彦<sup>1</sup>, 大谷 晃<sup>2</sup>, 永井 清二<sup>3</sup>, 國武 学<sup>2</sup>

1)通総研・平磯, 2)通総研, 3)通総研・犬吠

Some features of the ionosphere over Japan during DYANA campaign

°Tadahiko Ogawa, Akira Ohtani, Seiji Nagai, and Manabu Kunitake  
Communications Research Laboratory

During the DYANA (DYnamics Adapted Network for the Atmosphere) campaign from January to March 1990, we conducted ionospheric observations over Japan by means of routine ionosondes at five stations, VLF (OMEGA) propagation, and NNSS satellite beacon wave. Winter anomaly was detected around January 15 and between January 20 and 25 by both the ionosondes at latitudes 30° ~ 45° and the VLF phase measurement. These anomalies may be related to the stratospheric westward winds over Japan induced by the activated planetary wave 1. Upward-propagating gravity waves generated in the troposphere can manifest themselves as traveling ionospheric disturbances (TIDs) at ionospheric heights. Many TIDs (quasi-periodic fluctuations of ionospheric total electron content) were detected during the campaign. We find that the TID occurrences are controlled by both the geomagnetic activity (Ap-index) and foF2.

1990年1~3月に、冬季下層大気中(対流圏~中間圏)の力学、波動、物質輸送等の研究を目的とするダイアナ・キャンペーンが世界的に実施され、日本ではロケット、気球、レーダ、ライダー等を用いた集中観測が行われた。我々は、下層大気と電離圏との結合関係を研究する目的でこのキャンペーンに参加し、次の電離圏のデータを得た。①15分ごとのアイオノグラム、②オメガ10.2kHz(対馬局)の位相、③航行衛星による全電子数。

Fig.1に、稚内(45°N)のf-minの日毎の変化を示す。1月15日付近と1月20~25日においてf-minの上昇が見られる。同様の上昇は秋田、国分寺、山川(30°N)でも見られたが、沖縄では現われていない。詳細な検討から、これらの上昇は太陽フレア(SWF)によるものではなく、“冬季異常”であることが分かった。冬季異常はD層付近の電子密度異常増加で発生すが、我々の場合、オメガ電波の位相日変化から、これが確認された。

冬季異常の生成説は、磁気圏からの粒子降下説と下層大気からの影響説に大別される。我々の場合、この期間のAp指数は概して低く且つSC(Fig.1の矢印)も発生していないため、前者の説は否定される。後者の説では、対流圏から上方伝搬してくるプラネタリー波(波数1)と関連したD層の温度上昇やD層付近の風系がもたらす化学過程変化が電子密度を上昇させる、としているが、詳しい機構は研究段階にある。我々

の冬季異常は、日本上空の成層圏風(ロケット観測結果;津田他、本予稿集)が西向きから東向きに変わった時点で終了していること等から推測して、下層大気風変化がその遠因となっていると思われる。

対流圏で発生した重力波は上方へ伝搬し、電離圏高度ではTIDとして観測される。国分寺での航行衛星による全電子数観測により、本期間中に多くの中規模TIDが日本上空で検出された。中規模TIDの出現率はfoF2とAp指数に依存している。

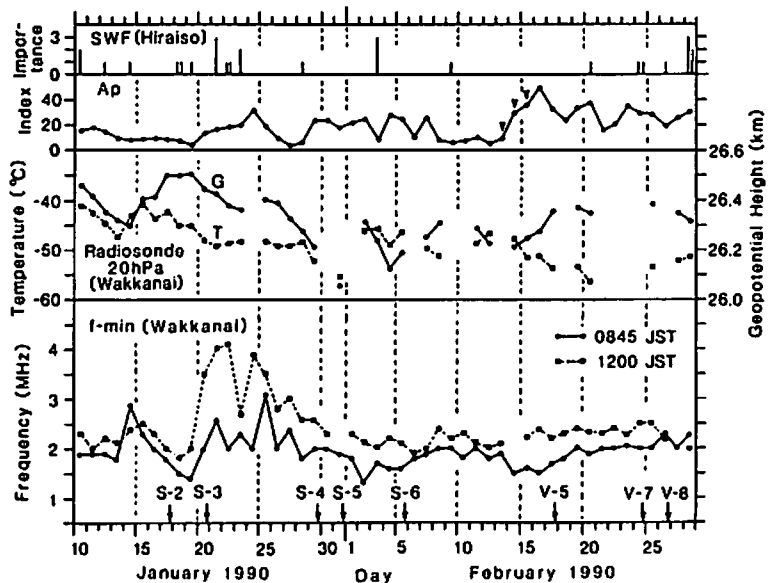


Fig.1 Daily variations of SWF (short-wave fade-out), Ap index, temperature and geopotential height at 20-hPa, and f-min. The DYANA rocket launchings are also indicated.

混信の定量的評価とその起源

<sup>1</sup>行松 彰, <sup>2</sup>江尻 全機, <sup>2</sup>門倉 昭, <sup>1</sup>荒木 徹  
<sup>1</sup>京大理 <sup>2</sup>極地研究所

Quantitative estimation of 30MHz interference signals  
 observed by Riometers and their sources

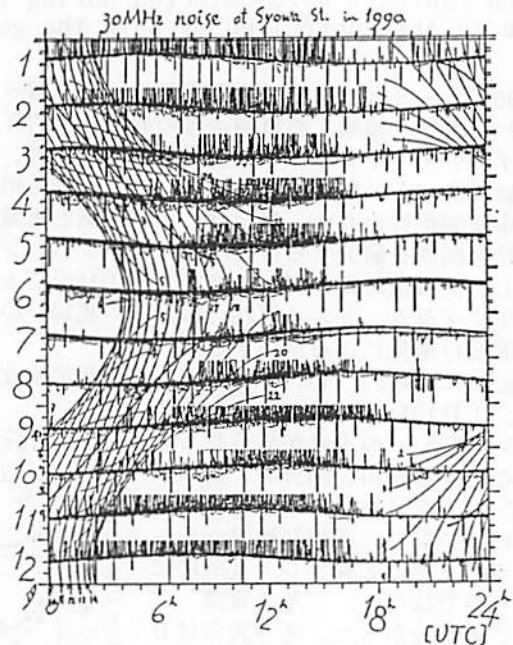
<sup>1</sup>YUKIMATU Akira, <sup>2</sup>EJIRI Masaki, <sup>2</sup>KADOKURA Akira, <sup>1</sup>ARAKI Tohru  
<sup>1</sup>Faculty of Science, Kyoto Univ., <sup>2</sup>National Institute of Polar Research

Previous research shows that 30MHz interference signals observed by Riometers are caused by reflection in the F-region ionosphere with sufficiently high  $f_oF_2$ . But we have not yet identified their sources. In 1989 the noises at Syowa and Asuka, Antarctica were observed less frequently at weekend than on weekdays. We investigate quantitatively the day of the week dependence and the sources of the noises in other locations and in other years.

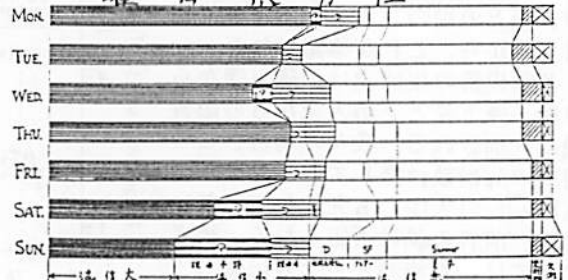
簡易型リオメタ (30MHz帯) や電界強度計の観測データに見られる混信について、これまでの (極域及び中緯度での電波及び電離層の観測データを用いた) 研究で、その出現の仕方に関し次のような性質が見いだされている。

0. 殆どが遠方から電離層を介して伝搬するものに因る。
1. LT依存性があり、基本的に $f_oF_2$ の高い昼間に出現し、 $f_oF_2$ の消長に対応して午前午後で非対称となる。
2. F層の夏季異常に対応して、夏季に、極域では殆ど現れず、中緯度では強度が減少する。
3. 地磁気擾乱の数日間、Subauroral帯での $f_oF_2$ の低下に伴い、極域で消失する。
4. scの直後、D層への粒子降下に伴い、極域で消失することがある。
5. PCA likeな吸収時に、太陽からのX線又は高エネルギー粒子による主にD層の異常電離によって、極域で消失する。(太陽活動度が低い年には逆にこの時に出現する。)
6. 太陽黒点数と電離層電子密度の関係によって、太陽活動度に顕著に依存した経年変化を示す。

これらの性質から、この混信が主にF層伝搬 (とD層やEs層での吸収など) によって、定性的にほぼconsistentに理解できることが明らかにされたが、混信の定量的評価及びそのsourceの同定にまではいたっていない。1989年の南極における観測データでは、土曜、日曜に混信の出現頻度が減少する傾向がみられ、都市部等から出る人工noiseが混信の主要部を形成しているものと思われたが、これについてsub-auroral帯での電離層データも用いて、他の年や地点でも曜日依存性があるのか、又その起源が同定しうるのか、経年変化は見いだされるのか、等について考察する。



曜日依存性



°早川基、 鶴田浩一郎、 向井利典  
宇宙科学研究所

Spurious Electric Field associated with Upward Flowing Ion Beam (2)

°H. Hayakawa, K. Tsuruda, and T. Mukai  
The Inst. of Space and Astron. Sci.

As we reported at the 91 fall meeting, spurious electric fields are occasionally observed with upward flowing ion (UFI) beams near the poleward boundary of the statistical auroral oval. These spurious electric fields are supposed to be generated by the photo electron shielding associated with the density depletion. Usually AKR activity is very high during the intervals where the spurious electric fields are observed, hence density profile associated with the spurious electric fields can not be determined. For some cases, we obtained density profile associated with these spurious electric fields when the souder experiment is in operation. The density profiles are extremely in good agreement with the expectation. This result strongly supports that the spurious electric field is caused by the density depletion associated with the UFI beams.

先の学会で述べたように、極域において時折電場計測器の出力が突然小さくなる現象が EXOS-D 衛星において観測されている。この現象は上向きのイオンビームと同時に観測されることが多く、その発生の季節依存性・高度依存性などから、衛星周辺の密度の減少に依って生じる現象であると考えられる。すなわち、密度の現象によりシースの大きさが光電子のラーマー半径程度となり、シース内部の電子がシースの電場と磁場による  $\vec{V} \times \vec{B}$  ドリフトを行い、アンテナに沿ってプローブと衛星の間を電子が移動できるようになる結果生じると考えられている。通常この現象が観測される時は、AKRの強度が非常に強く波動の観測から密度を求めることが出来ないことがほとんどであるが、何例かについて同時に行われていたサウンダー実験の結果からこの現象に伴う密度の変化を得ることが出来た。1例を右図に示す。図を見ると明らかなようにこの現象の発生している期間の密度はサウンダー実験によって決定できる密度の下限を下回るほどの減少が生じている。得られた全ての例において密度の減少と電場の波形異常とは良い一致を示しており、波形異常が密度の減少によって生じるという推測の正しさが裏付けられた。

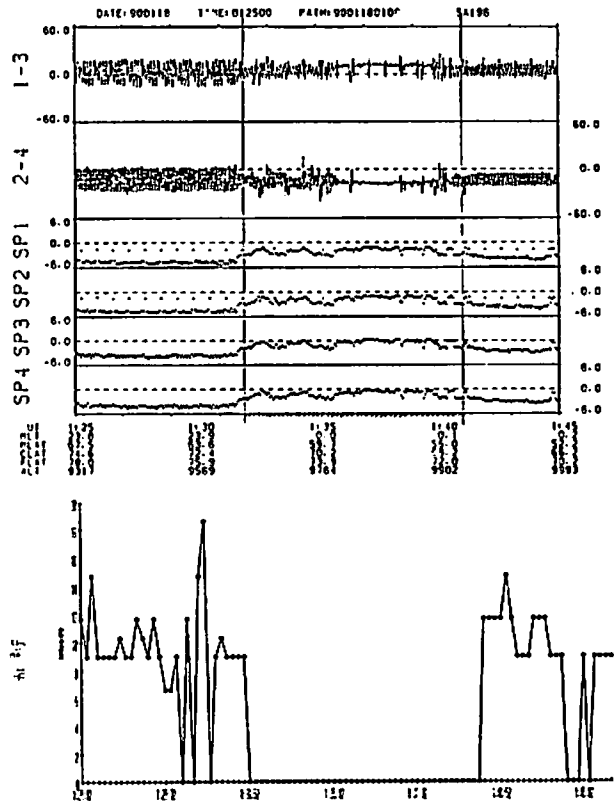


図1 上段：電場計測器の出力  
下段：サウンダーから求めた密度分布

○篠原 真毅<sup>1</sup> 井上 知也<sup>1</sup> 松本 紘<sup>1</sup> 賀谷 信幸<sup>2</sup>

1. 京都大学超高層電波研究センター、
2. 神戸大学

### Theoretical study on ISY-METS Rocket Experiment

Naoki SHINOHARA<sup>1</sup> Tomoya INOUE<sup>1</sup> Hiroshi MATSUMOTO<sup>1</sup> Nobuyuki KAYA<sup>2</sup>

1. Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University.
2. Kobe University.

For the realization of SPS (Solar Power Satellite), we carried out the MINIX rocket experiment (Microwave Ionosphere Nonlinear Interaction eXperiment) in 1983. The objectives of the MINIX was twofold. One is to develop and verify an energy transmission technology via microwave beam in space. The other is to investigate the nonlinear plasma effects caused by the microwave energy beam through the space plasma as well as the counter effects onto the microwave beam. We will have the next rocket experiment named METS (Microwave Energy Transmission in Space) in 1993 under the similar condition of SPS but with a more sophisticated microwave transmitter. We will concentrate the microwave beam and investigate the plasma effects in METS. Prior to the experiment, we have to examine and predict the possible plasma interaction between the high power microwave and the plasma in the ionosphere. We present the previous results of MINIX and the METS system. The prediction of plasma effects under the condition of METS will also studied by computer simulation.

1983年、我々のグループは次世代の発電方式であるSPS(Solar Power Satellite; 宇宙太陽発電衛星)を実現させるための基礎実験として、MINIXロケット実験(Microwave Ionosphere Nonlinear Interaction eXperiment)をおこなった。SPSは宇宙空間に浮かぶ巨大な太陽電池から地上の受電アンテナに大電力をマイクロ波で送電するため、そのマイクロ波送受電の技術の確立と電離層を通過する際のマイクロ波によるプラズマ加熱や非線形波動-波動-粒子相互作用などの解明が必要となってくる。そのため、MINIXロケット実験ではマイクロ波送受電実験とマイクロ波と電離層プラズマとの相互作用の研究という2つの目的を持っていた。

その結果、電離層プラズマ中でのマイクロ波送受電の可能性が確認され、様々なプラズマ現象の観測、研究がなされた。しかし、よりSPSに近づいた条件での送受電技術の確立とプラズマ現象のより詳細な理解のために1993年に次のロケット実験、METS(Microwave Energy Transmission in Space)が計画されている。METSロケット実験

ではMINIXではなされなかったマイクロ波ビームの電気的な位相制御をおこなうことにより任意の方向への集中を可能とし、より実際的なマイクロ波送受電技術を確立できる。また、マイクロ波ビームの集中によりよりSPSの送電条件に近い条件でのマイクロ波と電離層プラズマとの相互作用を観察することができる。そしてMETSをおこなう前に、METSで観測されるプラズマ現象をあらかじめある程度予測しておく必要がある。

本講演ではMINIXロケット実験の結果を踏まえながらMETSロケット実験のシステムの概要を説明し、予想されるプラズマ現象についての計算機実験の結果に基づく理論的考察を報告する。また本考察に基づくロケット実験の予想アニメーションも上映する予定である。

*Simultaneous observation of geomagnetic variations has been continuously carried out at the Syowa-Iceland conjugate pair of stations. We examined seasonal and diurnal dependence of geomagnetic variations at these stations. Results show that the difference of magnetic field intensity at conjugate stations is caused by effects of sunlight in the ionosphere.*

地上で観測される地磁気変動は電離層電流による誘導磁場であり、電離層の電気伝導度の影響を受ける。南極の昭和基地(SYOW)と、その地磁気共役点付近に位置する北極域のアイスランドのAe dey(AEDE)は地理緯度やローカルタイム等が異なるため、電離層における諸条件が異なる。それらの条件の違いの中で、特に日照が電離層電流に非共役性を生じさせていると考えられる。

日照の条件の違いによる効果を詳細知るため、同時刻に観測された両観測点の変動量の比を一月分、比較的静穏な場合について平均をとったものを下図に示す。横軸が世界時(UT)で、縦軸が変動量( $\Delta H_{AEDE}$ 、 $\Delta H_{SYOW}$ )の比を表し、上段はpositiveの変動、下段はnegativeの変動の場合である。図から、positiveの変動ではAEDEの夏季の1400~2000UTに、 $\Delta H_{AEDE}$ が $\Delta H_{SYOW}$ の5倍以上になっているのがわかる。

さらに今回の解析から下記のような特性が明らかになった。

- ①夏半球側が冬半球側より変動量が大きい。
- ②AEDEの夏季の変動量の比はSOWAの夏季より大きい。

AEDEの夏季： $\Delta H_{AEDE} / \Delta H_{SYOW}$   
 positive 5.8      negative 3.0

SYOWの夏季： $\Delta H_{SYOW} / \Delta H_{AEDE}$   
 positive 2.0      negative 1.5

- ③ $\Delta H_{SYOW}$ と $\Delta H_{AEDE}$ が等しくなる時期は春、秋分からずれている。  
 positive → 2月、10月  
 negative → 4月、8月

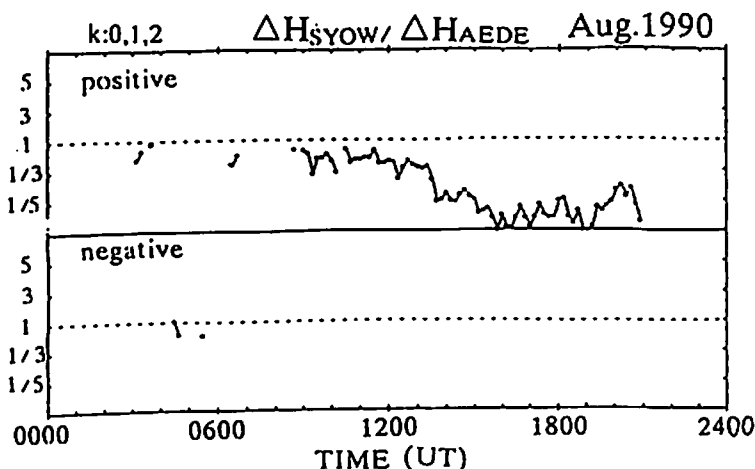
- ④positiveの変動比が最も大きくなる時刻が共役点で異なる。

$\Delta H_{AEDE} / \Delta H_{SYOW}$  → AEDEの夏季の1800UT

$\Delta H_{SYOW} / \Delta H_{AEDE}$  → SYOWの夏季の1400UT

- ⑤negativeの変動はpositiveの変動より観測点間の変動量の比が全般に小さい。

これらの非共役性を示す現象のほとんどが、定性的にはSYOWとAEDEの日照による電離層の電気伝導度の違いで説明できることがわかった。





丸山 隆 (通総研平磯) 永井清二 (通総研犬吠)

## ESTIMATION OF SOLAR X-RAY FLARES FROM SPA

T. Maruyama (Hiraiso Solar Terrestrial Res. Ctr.) and S. Nagai (Inubo Radio Obs.)

Abstract: VLF phase deviations due to solar X-ray flares (SPA) are analyzed based on the observations at Inubo Radio Observatory. The results show that when the solar zenith angle is large SPA's are larger than those expected from the simple  $\sec \chi$  relation. Further, on the propagation paths over a high latitude region SPA's are less than those expected, where excess ionization due to auroral X-ray events and cosmic rays. These results suggest that SPA's are largely depend on the normal D-region density structure.

## 1. X線フレアモニター

平磯宇宙環境センターではIUWDS (ウツク'ラム世界日サハース) の西太平洋地域警報センターとして、太陽活動、地磁気活動の予報業務を行っている。太陽活動の現況を把握するための方法の一つとしてVLFの位相を犬吠電波観測所で測定している。太陽フレアによるX線は電離圏下部の異常電離を引き起こすため、VLFの位相急変動 (SPA) として観測され、SPAは簡易なフレアモニターとして用いられる。

## 2. SPA

X線フレアによるSPAはX線強度 (F) の他、太陽天頂角 ( $\chi$ )、伝搬路長 (d) によることはよく知られている。我々の目的はSPA ( $\Delta \phi$ ) からX線強度を推定する事であるから、 $\chi$ 、dの依存性を補正しなければならない。簡単なモデルでは、 $\Delta \phi$ は  $\cos \chi$  および d で規格化できるとされている。

3.  $\chi$  依存性

太陽天頂角はUT、季節、伝搬路上の位置で変化する。よく行われているように伝搬路に沿って求めた  $\cos \chi$  の平均を用いる。犬吠で観測しているVLF回線の内 Australia は赤道をはさんでほぼ対称に近いので、上の値の季節変化は無視できる。Solar Geophysical Data から引用したX線強度 (1-8 Å) の対数値と  $\Delta \phi / \cos \chi$  の関係を求めると、 $\cos \chi$  が1に近い場合には一定の関係を示すが、 $\cos \chi$  が小さくなるにつれて、この関係から大きくずれてくる。業務としてのX線フレアモニターは可能な限り広い時間帯にわたり行う必要があり、太陽天頂角が大きい場合のデータも有効に活用されなければならない。

地球の曲率を考慮し  $\cos \chi$  を  $[1/C(\chi)]^{**\alpha}$  で置

き換えた場合、太陽天頂角に依らない一定の関係が得られた。ここで、 $C(\chi)$ は Chapman の grazing function、 $\alpha$ は点のばらつきが小さくなるように決めた値で、Australia 回線の場合0.7が最適であった。これは太陽天頂角が大きい場合、単純な  $\sec \chi$  (cos  $\chi$  依存) よりもX線フラックスがSPAに有効に効くことを意味する。X線強度とSPAの関係を知るには背景のD層構造 (太陽UVによる定常状態の電離分布) を同時に考慮する必要性を示している。

## 4. d 依存性

犬吠で受信しているオメガ回線の中から代表的回線として Australia (d=8310km), Hawaii (d=6130km), La Reunion (d=11020km), North Dakota (d=9180km), Norway (d=7860km), Liberia (d=14540km) を選び、回線毎に太陽天頂角の違いを補正し、距離依存性を比較した。その結果、低緯度回線 (Australia, Hawaii, La Reunion) では  $\Delta \phi$  の値は伝搬距離に比例するのに対して、高緯度回線 (North Dakota, Norway) では伝搬距離で除した値が低緯度回線の60%程度となった。また、La Reunion 回線では明瞭な太陽天頂角依存性が見られず距離特性の比較は行えなかった。高緯度回線では太陽紫外線による電離の他にオーロラX線や宇宙線による電離が背景のD層を形成していると考えられ、太陽天頂角依存性の場合と同様にSPAはD層の構造に大きく依存していることを示している。

## 5. まとめ

もとより、X線フレアは事象毎にスペクトルが異なるので、SPAからフラックス強度を推定するには限界があるが、測定条件等をさらに細かく検討することで、より有効な経験式を導くことが可能になると思われる。

# J42-P77 Black Blant-12による極域電離層における電場測定

柿沼裕幸、鶴田浩一郎、早川 基、 ° 中村正人

Electric Field Measurement in the Ionosphere  
by the Black Blant-12 sounding rocket.

H.Kakinuma, K.Tsuruda, H.Hayakawa and ° M.Nakamura

The Black Brant-12 sounding rocket was launched from Poker Flat, Alaska on March 22, 1990. We measured the electric field in the ionosphere in the auroral region using the Time-of-Flight technique of lithium ion beam. The measurement was successful and we have 2945 return ion beam data. We have applied correlation analyses on these data and found that 83 data are reliable. Figure 1 shows the calculated electric field from the time-of-flight. The trend of the absolute E field appears to be along the calculated  $V \times B$  field. The electric field of the ionospheric origin are the deviations from the  $V \times B$  field and found to be still large, sometime reaches to  $\sim 300$  mV/m. Farther analysis, including the comparison with the plasma data, using the vector electric field data will be presented.

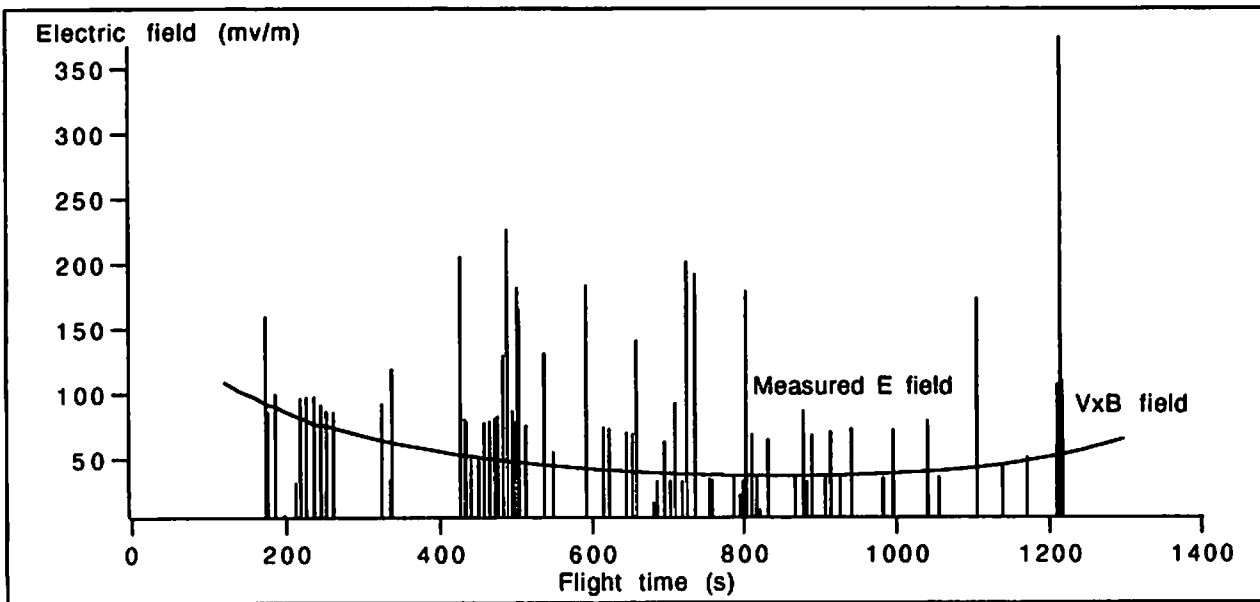


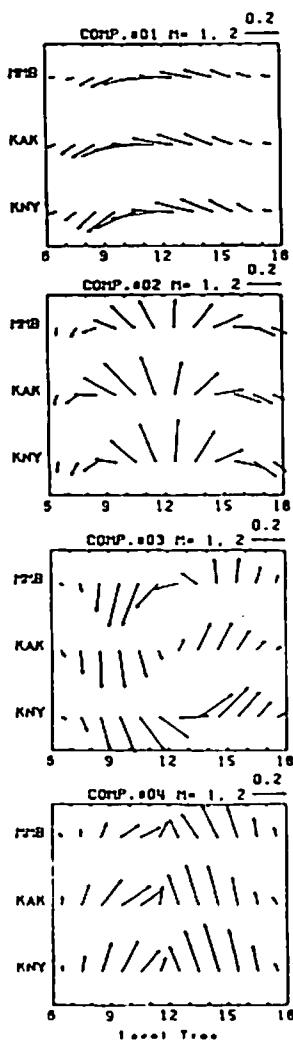
Fig. 1

山田 雄二  
地磁気観測所

VARIATION OF THE GEOMAGNETIC QUIET-DAY CURRENT SYSTEM

YUJI YAMADA  
KAKIOKA MAGNETIC OBSERVATORY

We apply the method of the principal component analysis for Japanese geomagnetic records and derive two-dimensional patterns of equivalent currents responsible for day-to-day change of the geomagnetic quiet daily variation. First four components are common for all seasons and the contribution of an east-west current pattern is largest except for equinoxes.



主成分分析法を用いて地磁気静穏日変化の電流系の2次元的な変動の解析を行なった。季節変動成分を取り除くため、1年を2カ月ずつの6つの期間、1・2月、3・4月、・・・、11・12月に分け、それぞれの期間について独立に主成分を求めた。使用したデータは女満別・柿岡・鹿屋における静穏日の昼間(地方時6時~18時)のH、D成分の毎時値の夜間平均値からの偏差である。解析した期間は1958年から88年までの31年間である。静穏日の基準は日本時間でKpインデックスが2+を越えない日とした。31年間の静穏日の72次元(12時間×2成分×3地点)ベクトルに対して主成分分析をおこなった。

どの季節も、順番は変わることはあっても、第1~4主成分のパターンはあまり変わらないので、例として、1・2月の第1~4主成分の固有ベクトルを、等価電流ベクトルの形で表現したものを図示した。

第1主成分は東西電流パターンで、その寄与率はどの期間についても30%前後に達している。第2主成分は正午辺りで北(南)向き、朝・夕で南(北)向きで、2つ目玉電流渦的である。第3主成分は正午の柿岡付近を中心とした1つ目玉電流型である。最後に第4主成分は南北電流型となっている。

東西電流パターンは春(3・4月)と秋(9・10月)を除いて寄与率が最大となったが、その主成分量の逐日変化はランダムに近く、物理的意味は検討中である。

1・2月の主成分固有ベクトル(第1~4主成分)。ただし90度回転して等価電流ベクトルとして表現している。