



地球惑星科学関連学会合同大会

第89回

地球電磁気・地球惑星圏学会講演会

89th SGEPSS Spring Meeting

講演予稿集 *Abstracts*

とき 1991年4月2日(水)~5日(金)

ところ 共立女子大学八王子キャンパス

*April 2~5, 1991*

*Kyoritsu Women's University, Hachioji*

地球電磁気・地球惑星圏学会 (SGEPSS)

Society of Geomagnetism and Earth, Planetary and Space Sciences

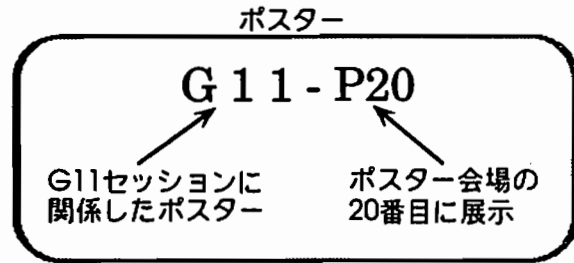
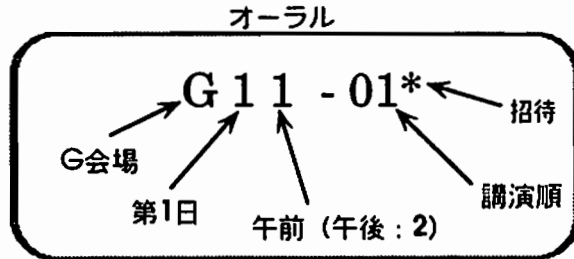
# SGEPSS第89回総会・講演会スケジュール

4/5 (第4日) 4/4 (第3日) 4/3 (第2日) 4/2 (第1日)

会場	9	10	11	12	13	14	15	16	17
<b>G</b>	△	太陽風(I) G11 01-05	太陽風(II) G11 06-09		太陽風(III) G12 01-04	極域現象(I) G12 05-09		ULF G12 10-15	
<b>H</b>	△	磁気圏波動(I) H11 01-05	磁気圏波動(II) H11 06-09		電離圏・VLF H12 01-06		電離圏 H12 07-14		△
<b>D</b>	△	地球内部・電磁気学 D21 01-09							
<b>G</b>		極域現象(II) G21 01-05	極域現象(III) G21 06-11		特別講演会 (水谷 仁・渋谷和雄)		総会		(懇親会)
<b>G</b>	ポスター(P会場) P22-P65				極域現象(IV) G32 01-04	磁気圏構造(I) G32 05-08	磁気圏構造(II) G32 09-15		
<b>I</b>					シンポジウム：オゾン研究の展望 (日本気象学会との共催)				
<b>E</b>					岩石磁気・古地磁気 E42 01-13				△
<b>G</b>	地殻活動に関連した電磁気現象 (SGEPSS特別セッション) G41 01-11				地殻活動に関連した電磁気現象 (SGEPSS特別セッション) G42 01-08				
<b>H</b>	△	大気圏力学 H41 01-09			大気圏組成放射 H42 01-14				△

## Note

### 1. 論文番号の読み方



2. SGE PSS固有のセッションは、D, E, G, Hおよびポスター会場で行なわれます。このアブストラクトは会場の順に編集されています。共通セッションや他の学会のセッションについては、合同大会のプログラムをご覧ください。
3. ポスター説明時間は、第3日の午前9時から12時までと、午後1時から2時までです。
4. 特別講演会は、第2日の午後1時よりG22会場でおこなわれます。
5. 総会は、特別講演会に引き続きG会場でおこなわれます。
6. 日本気象学会と共催のシンポジウム「オゾン研究の展望」は第3日の午後、I会場で行われます。

# 地球内部電磁気学

D21 01~09, P60~62

座長 植田 義夫 (水路部)  
西谷 忠師 (秋田大鉦山)

## D21-01

### 長野県南相木村三川クレーターの磁気探査

地質調査所 中塚 正・牧野 雅彦・森尻 理恵

Geomagnetic and Topographic Survey of MIKAWA Crater, Minami-Aiki-Mura, Nagano Prefecture

Tadashi NAKATSUKA, Masahiko MAKINO and Rie Morijiri

Geological Survey of Japan

"Mikawa Crater" is a ground pit found in 1984, and the possibility has been pointed out that the pit was generated by an iron meteorite fall. We made a detailed geomagnetic and topographic survey of the area of 50m×50m around the crater. The result showed the close relation of magnetic anomalies with the topography and surface magnetic susceptibilities. But, the clear evidence of the existence of iron meteorite was not obtained.

三川クレーターは、1984年に発見された直径が約18mで深さ約5mの窪地で、その形状から隕石孔である可能性が指摘された。隕石孔である場合には、一般に石質隕石は空中でこわれやすいため、隕鉄の落下跡である可能性が強いといわれる。

このクレーターでは、隕鉄孔である可能性の検証をめざして、概略の磁気測量と2次にわたる土壌内に含まれる磁性粒の化学分析などが行われていたが、決定的な証拠は得られていない。磁気測量の結果は基本的に、表土層の磁化による窪地地形の影響を示すものとなっている。

今回の調査では、表層地形の効果を除去してもなお、有意な磁気異常が残るか否かを明らかにし、ひいては隕石鉄の所在位置を推定することを目標として、クレーターを中心に50m×50mの範囲を対象に、地形測量と帯磁率測定を含む精密磁気探査を実施することとした。

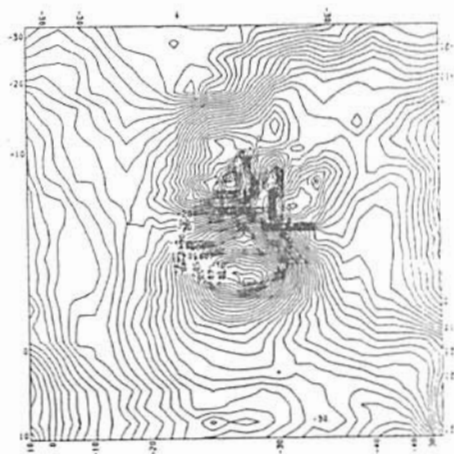
調査の結果、以下のことが明らかになった。

- ① 磁気異常な大半は、地形の凹凸の効果によるものである。
- ② 一様磁化の表土層による地形効果以外に、磁化

のラテラルな強弱の影響がある。

- ③ 磁化の強弱は、全般的にはパワーショベルによる人工的な改変の結果である。
- ④ クレーターの北東側では、もとの地層の見掛帯磁率が高くなっている。
- ⑤ クレーターの北東側約20m付近には、相対的に磁性の強い物質が埋まっている可能性はある。

図2 磁気異常図 (コンターマップ)



## D21-02 秋田県秋ノ宮地域の地質と磁気探査との関係

○西谷忠師、高島 勲 (秋田大・鉱山)

### Magnetic survey and its relation to the geological 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

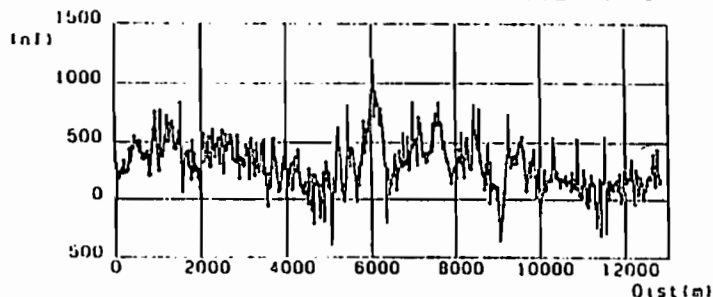
Magnetic survey has been performed in Akinomiya area, which is known as geothermal region. Six survey lines were selected for magnetic measurement. Kawarage line was the longest route of measurement (2300 m). The measurement interval was selected to 25 m. After filtering, the tendency of decrease appears around 4500 m and a trend of weakening is found from 7000 m to 12000 m. The former can be interpreted as a thermal effect and the latter is clearly correspond to the depth of the basement.

秋田県秋の宮地域は地熱地帯として知られており、ボーリング調査なども行われている。本調査の目的は、秋の宮地域の地質構造とプロトン磁力計による磁気測定と比較検討を行うことにある。磁力計による測定間隔は25 mで、1地点あたり7~10回繰り返し測定を行い、平均をとって測定値とした。測線は秋ノ宮北方磯部落から北東へ入る仁勢沢(J S測線、2300 m)、小杉山部落から泥湯に至る道路沿い(KW測線)、鱈状珪石へ至る経路(SK測線、685 m)、噴泉塔へ至る経路(FT測線、105 m)、湯の又温泉から北東方向の山頂へ向う沢沿い(YM測線、3150 m)、薄久内部落から西へ向う沢(UK測線、1275 m)の合計5測線である。プロトン磁力計の最小感度は0.1 nTである。地磁気日変化は水沢地磁気観測所の全磁力データを利用し、この値を測定値から差し引いてデータとした。センサーの高さは1.98 mである。

下図に測定例を示す。この図はKW測線の例で横軸は距離を示しており、0 mはKW測線の西、小杉山部落の位置、13000 mは泥湯付近である。縦軸は測定値から地磁気変化を取り除いた全磁力変化である。地表から

1.98 mと2.77 mのセンサー位置の測定値の差は±50 nT程度に収まっている。測定値の変動が1000 nT程度であることを考えれば、この変化は局地的な地表の影響は含まれていないことを示している。従って、下図のデータは地下の深部構造を反映していると考えられる。

深部構造を見るために、周波数の低い成分を選び出すフィルターをかけた。フィルター後の特徴として、4500 m付近に幅の広い落ち込みが見られること、7000 m付近から12000 m付近にかけて次第に値が減少していることである。後者の7000 m付近からの減少傾向は、基盤である白亜紀花崗岩類が東に向かって深くなっている傾向と一致する。0 m付近でも、この花崗岩類は深くなっているが、磁気探査の結果には明解には現れていない。この0 mから3000 mにかけてのほぼ平な全磁力値を示す地域はむしろ、新第三紀中部泥岩層の影響を強く受けていると予想できる。また4500 m付近の落ち込みは地下温度分布の高い部分と一致しており、変質の影響が顕著に表われていると解釈できる。更に、岩体の規模、深さなどの定量的評価を行う予定である。



# D21-03 MRSによる位置標定を用いた 高密度空中磁気探査 —秋田県由利原地域—

森尻理恵、大熊茂雄、牧野雅彦、中塚 正（地質調査所地殻物理部）

Dense Aeromagnetic Survey using MRS positioning  
Rie Morijiri, Shigeo Okuma, Masahiko Makino, and Tadashi Nakatsuka  
(Geophysics Dept., Geological Survey of Japan)

Aeromagnetic survey using MRS positioning system was carried out over Yurihara Area, Akita pre. in July, 1990. Geological feature of this area is a part of Green Tuff regions. In this survey, flight altitude was about 920 m A.S.L., and line interval average was about 350 m.

地質調査所では1964年より空中磁気探査の研究を行ってきており、近年においては南西諸島東海陸棚地域で探査が行われてきた。この成果については20万分の1空中磁気図として出版されている他、大熊らによって公表されている。本研究では従来の空中磁気探査技術をさらに向上させ、微細構造の解明に適合する高密度測定システムとそれに対応するようにデータ処理システムを開発することを目的としている。

探査のターゲットとしては現在のところグリーンタフ地域、陸海漸移構造地域、活断層地域、活火山地域が計画されており、今回はグリーンタフ地域のモデルフィールドとして秋田県由利原地域で探査を行った。

今回の探査システムは1989年9月に伊東沖で行われたもの（中塚ほか、1989）と同様に、航跡の位置標定には対地ビデオカメラ（直下点インジケータ付き）とMRS（マイクロ波測距装置、商標名はTrisponder）を用いた。また、測線への進入にはドップラーレーダーを用い、さらに目視による確認を行っている。なお使用した航空機はセスナ404型機で、飛行高度は約920m（気圧高度）、南北20kmの区域に東西方向の主測線54本、交差測線6本を配している。

当初、主測線間隔は300mを計画していたが、測線への航空機の正確な誘導が難しいため、計画測線上を完全に正確には飛行できず、結果としてはかなりの測線分布の粗密を生じてしまった。また、MRSの従局の配置も地形的な制約のため

に必ずしも理想的には行えなかった。

しかしながら、従来の空中磁気探査の主測線間隔が3-4kmであることに比べれば格段に精密な磁気異常分布が得られた。

今回のデータ処理はロランCにより航跡標定を行っている従来のソフトウェア（中塚、1989）を若干変更しながら行っている。

将来は、位置標定技術の改良やセスナ機以外の飛行体の利用などにより、新しい空中磁気探査のシステムがさらに開発されていこう。

## 参考文献

中塚 正ほか（1990）

CA研究会論文集

中塚 正（1989）

地調月報 vol.40, pp.99-111



## D21-04

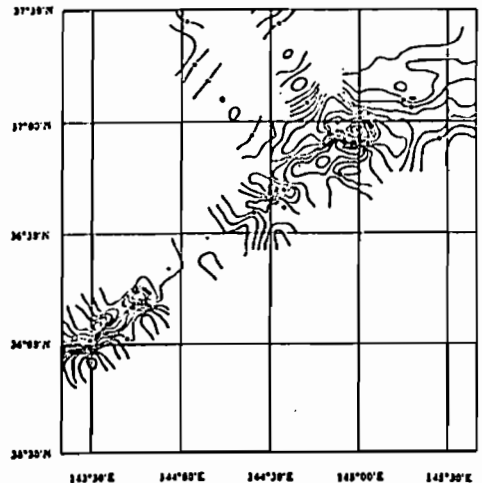
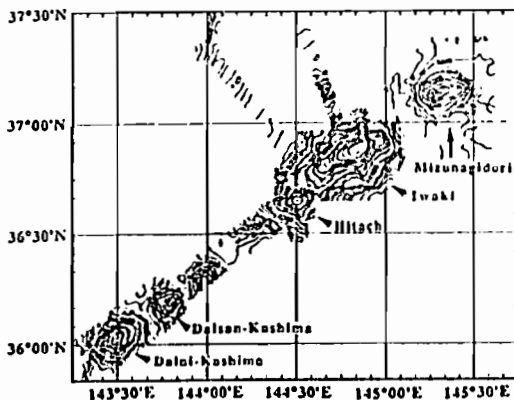
### Magnetic anomalies of the seamounts forming the Joban Seamount Chain

°Masalu, D.C.P., K. Tamaki, M. Nakanishi,  
A. Oshida, and K. Kobayashi  
Ocean Research Institute, Univ. of Tokyo

We carried out a scientific survey of the Joban Seamount Chain, during leg 1 of cruise KH90-1 of the R/V Hakuho Maru, which took place from 25th June 1990 to 10th July 1990. The purpose of our survey was to collect geomagnetic total force and Sea Beam bathymetric data of this Seamount chain, which we used in modelling of magnetic anomalies of seamounts and calculation of the paleomagnetic pole position during the time of formation of the seamounts forming the Joban Seamount Chain. This may lead to some more knowledge of the tectonics of the Pacific plate and possibly also to the understanding of the origin of the seamounts forming this seamount chain.

We surveyed five seamounts, i.e. the Mizunagidori (Bosei) (to the north east), Iwaki, Hitachi, Daisan-Kashima and the Daini-Kashima (to the south west) seamounts. No previous studies to this extent and by using a Sea Beam system have been performed with this Seamount chain.

The Joban Seamount Chain trends along N53°E, oblique to the ocean magnetic anomaly lineation in the surrounding ocean. We have calculated the magnetic anomalies with reference to the IGRF 1985. They range from -940nT to 570nT. Our analysis indicates that all the seamounts are normally magnetized except the Mizunagidori seamount, magnetic anomaly pattern of which is obscured.





**D21-05**

太平洋、大西洋、及びインド洋の海洋地磁気異常の  
2次元インバージョンから求めた大洋底の磁化強度分布  
佐柳敬造・玉木賢策  
東大海洋研

**Distribution of Magnetization Intensity in the Pacific, Atlantic, and Indian Oceans  
From Two-Dimensional Inversion of Marine Magnetic Anomalies**

**KEIZO SAYANAGI AND KENSAKU TAMAKI**  
*Ocean Research Institute, University of Tokyo*

The objectives of this study are to present the distribution of magnetization intensity of the major ocean floor and to clarify variations of the magnetization intensity with crustal age. The boundaries of the study areas are 40°-50°N and 170°-125°W for the Northeast Pacific, 26°-36°N and 70°-10°W for the North Atlantic, 40°-30°S and 45°W-10°E for the South Atlantic, 66°-30°S and 125°-140°E for the Indian Ocean, and 65°-45°S and 180°-100°W for the South Pacific. All of the marine magnetic anomaly data in these areas were reduced to a 5-min regular grid\* in order to calculate magnetization intensity of the ocean floor. The process for the calculation of the magnetization intensity consists of the following two steps. (1) The gridded data of marine magnetic anomalies are upward-continued to a surface parallel to the ocean floor. (2) The distribution of magnetization intensity in each area is derived by two-dimensional inversion of the upward-continued magnetic anomalies using the Fourier transform algorithm. In the second step the magnetic layer of the ocean floor is assumed to be a thickness of 5 km. Directions of remanent magnetization have been deduced from a 5-min gridded data of crustal age of the world's oceans and plate reconstruction models. Directions of the geomagnetic field have been predicted from the DGRF model. Results from inversion of magnetic anomalies have revealed that there are several pronounced high magnetization zones in each area. Ridge regions generally exhibit large intensity of magnetization in all the oceans. Furthermore magnetization distribution at ridge crests shows existence of variations along the ridge axis. For example the average magnetization intensity of the Juan de Fuca Ridge is larger than that of the Gorda Ridge. And the highest magnetization occurs at the southern tip of the Juan de Fuca Ridge. The most noticeable high magnetization zones except for ridge regions spread on both sides of the Cretaceous Magnetic Quiet Zones in the North Atlantic. The main features of intensity variations in magnetization against crustal age are summarized as follows. (1) High magnetization intensity at ridge crests, followed by a sharp initial decrease within 10 My, is observed in the all oceans. (2) A minimum is reached at 5 - 25 Ma in the Northeast Pacific, Atlantic, and Indian Oceans. (3) The magnetization intensity gradually increases up to 66 Ma in the Northeast Pacific and Atlantic Oceans. The amount of increase in the Northeast Pacific is larger than that of the other oceans. Although magnetization intensity in the Indian Ocean seems to increase up to 28 Ma, the tendency does not continue prior to that time.

\* 海洋磁気異常のグリッド化の詳細は別途講演「全世界の海洋地磁気異常のグリッドデータの作成 I」で報告する。

# D21-06 南極周回気球 (PPB) による磁場観測

・遠山 文雄<sup>1</sup>・藤井 良一<sup>2</sup>・国分 征<sup>3</sup>・秋山 弘光<sup>4</sup>・大西 信人<sup>5</sup>・高橋 隆男<sup>1</sup>  
 江尻 全機<sup>2</sup>・小野 高幸<sup>2</sup>・門倉 昭<sup>2</sup>・太田 茂雄<sup>4</sup>・PPBワーキンググループ  
 ( <sup>1</sup>東海大工・<sup>2</sup>極地研・<sup>3</sup>東大理・<sup>4</sup>宇宙研・<sup>5</sup>テラテクニカ)

## OBSERVATIONS OF TOTAL GEOMAGNETIC FIELD BY THE POLAR PATROL BALLOON

F.Tohyama<sup>1</sup>, R.Fujii<sup>2</sup>, S.Kokubun<sup>3</sup>, H.Akiyama<sup>4</sup>, N.Ohnishi<sup>5</sup>, T.Takahashi<sup>1</sup>  
 M.Ejiri<sup>2</sup>, T.Ono<sup>2</sup>, A.Kadokura<sup>2</sup>, S.Ohta<sup>4</sup>, PPB Working Group  
 ( <sup>1</sup>Tokai Univ., <sup>2</sup>NIPR, <sup>3</sup>Univ.of Tokyo, <sup>4</sup>ISAS, <sup>5</sup>Tera-Tecnica)

The 32th Japanese Antarctic Research Expedition (JARE32) has executed two Polar Patrol Balloon(PPB) experiments at syowa station, Antarctica, on Dec. 1990 and Jan. 1991. For the purpose of measuring anomaly and changes of geomagnetic field, new type proton precession magnetometers were carried on two PPBs. Total intensity of the geomagnetic field along an assumed trajectories of the balloon have wide dynamic range from 40,000 nT to 70,000 nT. The new type proton magnetometer has a wide measuring range with an automatic tuning system.

南極観測の一環として昭和基地から気球を上げて南極大陸を一周させる南極周回気球 (PPB) 実験が行われているが、第32次隊では31次隊と共同で2機の気球実験を行った。PPB1, 2号機には磁場計測のためのプロトン磁力計が搭載され、30秒毎に磁場の全磁力のデータが人工衛星を介したアルゴスシステムによって得られた。ここでは搭載用に開発したプロトン磁力計について述べ、データ解析については速報にとどめる。

PPB1号機は1990年12月25日11時25分(LT)に放球された25,000m<sup>3</sup>の気球で、図1のように1.5周に及ぶフライトを行っている。1号機には科学観測器としてプロトン磁力計、共通観測器として温度計、気圧計、姿勢計、データレコーダ、アルゴス送信機、バラスト、CPUなどが搭載された。またPPB2号機は観測器としてプロトン磁力計のほかにオーロラX線観測器および電場測定器が搭載され、1991年1月5日21時55分に放球された。搭載したプロトン磁力計は測定磁場範囲が大きいと新しく開発した方式を採用した。大陸周囲の気球航跡は南緯60~70°の緯線に沿うような予想であるので全磁力の大きさは40,000~70,000nTにも及ぶ広いレンジであるため、自動的に測定周波数をチューニングする方式を開発した。

表1 プロトン磁力計の仕様

測定磁場範囲	40,000~72,767 nT
測定分解能	1 nT/LSB
テレメータ出力	ディジタル 16 bits
測定周期	3 2秒
励磁電力量	2.8 A×28 V×1.5 s
最大観測時間	28 日
重量 (電池含)	20 kg

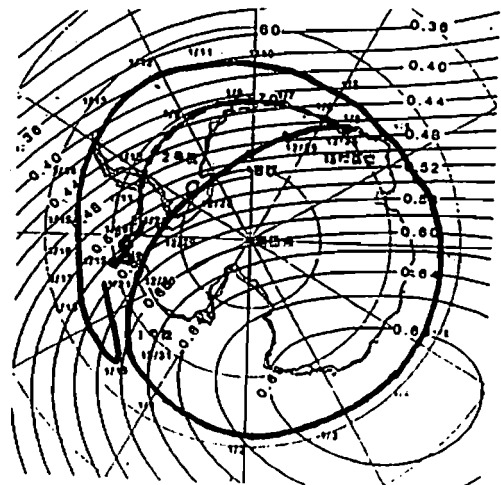


図1 PPBの航跡と全磁力(IGRF)

RESPONSE FUNCTION METHOD FOR ANALYSIS OF  
MAGNETIC AND GRAVITY ANOMALIES

Yoshio UEDA, Hydrographic Department, M.S.A., Japan

A new method to analyze magnetic and gravity anomalies in comprehensive manner using response function is described. The response function of a linear system, whose input is magnetic anomaly and output is gravity anomaly, is defined by a Fourier transform of the gravity anomaly divided by that of magnetic anomaly. Response function of two-dimensional magnetic and gravity anomalies is derived as follows:

$$G(u) = C \cdot 1/u \cdot \{\sin(Ir') \cdot \sin(I0')\} / \{\sin(Ir) \cdot \sin(I0)\} \cdot \exp(i(Ir' + I0' - \pi)) \cdot F(u) \quad (1)$$

$$= RES(u) \cdot F(u),$$

where,  $C = Gc \cdot \gamma / J$ ,  $Gc$ (gravity constant) =  $6.672 \times 10^{-8} \text{ cm}^3/\text{g} \cdot \text{sec}^2$ ,  $G(u)$ ,  $F(u)$  are Fourier transform of gravity and magnetic anomaly, and  $RES(u)$  is response function between them.  $Ir$ ,  $Ir'$  are inclination and effective inclination of magnetization vector and  $I0$ ,  $I0'$  are those of magnetic field.

As shown in eq.(1), Response function contains two informations concerning with a source body. From the phase factor( $\delta$ ) of the response function, an effective inclination of magnetization vector can be derived by  $Ir' = \delta - I0 + \pi$ . Besides, the amplitude term of response function gives the density/magnetic moment ratio of a source body for each wavenumber. This method was applied to aeromagnetic and gravity anomaly profiles of northeast Honshu, Japan.

A basic formula of three-dimensional response function is also derived as follows (see to Fig. 1 for explanation);

$$G(u, v) = C/w \cdot \cos(Ir') \cdot \cos(I0') / \{\cos(Ir) \cdot \cos(I0) \cdot \cos\theta_p \cdot \cos\theta_f\} \cdot \exp(i(Ir' + I0' - \pi)) \cdot F(u, v) \quad (2)$$

$$= RES(u, v) \cdot F(u, v)$$

where,  $\tan(Ir') = \tan(Ir) / \cos\theta_p$ .

From eq(2), the azimuth of the propagation vector( $u, v$ ), giving the minimum value of  $Ir'$ , coincides with  $D_r$  and then, the minimum value of  $Ir'$  coincides with  $Ir$  of magnetization vector. Some examples, using three-dimensional response function, are also demonstrated for verification of this method. This method is also attractive, when applied for analysis of magnetic/gravity anomalies of a seamount.

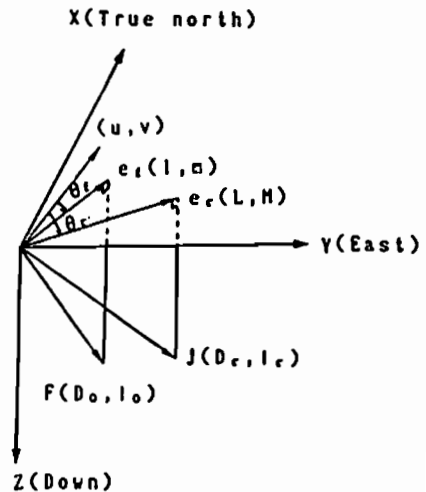


Fig. 12. Three dimensional coordinate system for derivation of three-dimensional magnetic-gravity response function.

UEDA, Y., A Comprehensive Analysis method of magnetic and gravity anomalies using response function and it's applications, Jour. Japan Soc. Marine Surveys and Technology,

# D21-08 フラックスゲート磁力計による TDEM 法探査装置の開発

下泉 政志 ・ 茂木 透 ・ 鈴木 浩一 ・ 城森 明  
 (北九州職短大) (九大工) (電力中研) (日本地殻調査)

Development of TDEM Instrument using Fluxgate magnetometer

Masashi Shimozumi, Tohru Mogi, Koichi Suzuki and Akira Jonori  
 Kitakyushu Poltech. Coll., Fac. of Eng. Kyushu Univ., PCL, JCR

We develop the TDEM instrument using ring-core Fluxgate magnetometer which enables us to set the sensitivity up to  $1\text{mV/pT}$ . The system transfer function is close to 1 order low-pass filter, with a cutoff frequency of about 200Hz. Three test surveys were performed. Though there is much room for further improvement, we are fairly satisfied with the most results.

TDEM法(時間領域電磁法)では、電磁場の過渡現象測定で得られた1曲線から周波数スペクトルを求める事が出来、また、過渡現象を長時間測定する事により深部探査が可能である。特に、我々は後者の点に着目し、その減衰曲線の late time部を精度良く検出するために、微分型の誘導磁力計ではなく、フラックスゲート磁力計(FG)を用いる事を考えた。通常、FGは  $10\text{mV/nT}$ 程度の感度で、数Hz以下の信号検出に用いられている。そこで、FGを改良し、感度最大 $1000\text{mV/nT}$  ( $1\text{mV/pT}$ )、カットオフ周波数最大数 100Hzのものを開発した。現在までに3度の測定を行い、送信機から10Km程度までの探査領域で質の良い信号を検出することができる事を確認した。

図1にFGの感度を $100\text{mV/nT}$ で動作させた時のデータを示す。これは送信電流Iが13Aで、ダイポール中点からの距離rが2Kmの場合、鉛直成分における信号強度はほぼ $200\text{pT}$  ( $19\text{mV}$ )である。この場合、ゲイミックレンジ 28dB程度(分解能 $=1.22\text{mV}$ )であり、解析に耐えない。感度 $1\text{mV/pT}$ で得られたデータを図2 ( $I=32\text{A}$ , スタック=50)に示す。この場合でもゲイミックレンジは48-38dBであり、1秒以上のデータは解析不能である。観測結果より、FGのこれ以上の高感度化はノイズレベル( $<10\text{pT}$ )及び、自然磁場強度から無意味であるが、スタック回数をさらに増加させると同時に、18bit A/Dの採用でゲイミックレンジを80dB以上にとることにより検出信号の質を向上させることが可能ではないかと考えている。

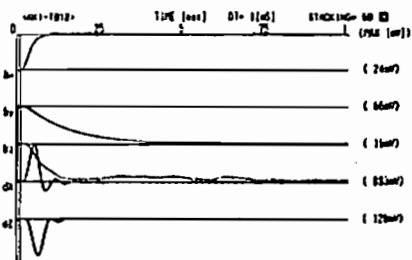


図1 送信機から2km離れた地点における観測データ(秋の夕)の約20msパルス長、送信電流13Aの場合に、777229 $\rightarrow$ 磁場// (D<sub>z</sub>, D<sub>r</sub>, D<sub>θ</sub>)と誘導磁場// (d<sub>z</sub>, d<sub>r</sub>)によるデータ

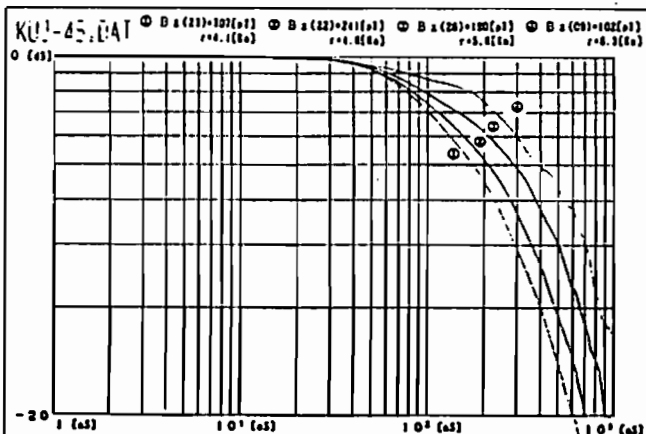


図2 磁場B<sub>z</sub>成分の減衰曲線(冬化) 送信機から4.1km (○), 4.8km (◇), 5.6km (◎), 6.3km (⊙) 離れた地点でのデータ。約20msパルス長、送信電流32A

# D21-09 MT法による東北中部横断構造探査(序報)

藤縄幸雄・上嶋 誠・植原茂次(防災科研)・高杉真司・川上則明(地熱技術開発㈱)

Preliminary Report of Magnetotelluric Study Across the Central Tohoku District, North eastern Japan.

Yukio Fujinawa, Makoto Uyeshima, Shigetsugu Uyehara(NIED),  
Sinji Takasugi, Noriaki Kawakami(GERD)

## ABSTRACT

We have analysed remote-reference wideband magnetotelluric data at eight stations from an east-west transects across the central Tohoku district. The survey was conducted as a preliminary experiment to reveal deep crustal structure related to the Pacific plate subduction. The data were modelled using one-dimensional Bostick inversions of rotationally invariant parameters, tentatively determined TE and TM mode parameters, respectively. The resulting geoelectric model exhibits resistivity of less than  $100 \Omega\text{m}$  in the western half to the depth about 5km, and more than  $1000 \Omega\text{m}$  in the easternmost part. However, quality and quantity of data seriously limit validity of the result.

### 1. はじめに

沈み込み帯は、巨大地震、火山噴火・造構運動・変成作用等の地学現象の場であるが、これ等を総合的に理解する為、防災科研では、地殻深部の比抵抗構造を、地磁気地電流法(MT法)探査により明らかにする研究を行っている。当初2年間で観測手法の検討を行い、平成3年度以降の本格観測につなげることをしている。ここでは、2年度に行った東北地方における試験観測の結果について報告する。

### 2. 観測

深さ数10kmまでの深部地殻の比抵抗分布を高い空間分解能で決定することを目的とした観測方法を検討する為、観測点を図1のように東北地方中部を横断する酒田市から石巻市にかけての8地点とし、ワイドバンドMT観測装置を用いた。



Fig.1 MT observation sites to obtain wideband data.

観測方法は以下の通りである。

- 1) リモートレファレンス方式(80km)
- 2) 測定物理量: 磁場3成分, 電場2成分
- 3) 周波数範囲: 20kHz~10,000秒
- 4) 測定期間: 4日間/1測点

### 3. 解析

良質なデータの選択には、コヒーレンシチェックによる自動編集及び目視編集によった。次いで周波数解析によりインピーダンステンソルを、シングル及びリモートレファレンス処理により求めた。これにより、地下構造に関するパラメーターである主方向、見掛比抵抗、位相、ティッパーストライク、ティッパーマグニチュード、スキューネスを求めた。主方向、ティッパーストライクからのTE、TMモードの決定は、データの質と量に問題点があり、困難であった。図2は、ボスティック・インバージョンによって求めたインバリアントモードの比抵抗断面図である。東側表面層の低比抵抗部、太平洋側における高比抵抗が目につくが、測点間隔、データの品質に問題があり、特に深部構造(長周期)については、信頼度が低いと考えなければならない。

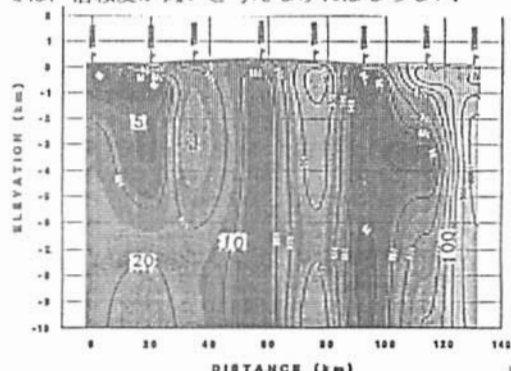


Fig.2 A geoelectric resistivity model using one-dimensional Bostick inversion of rotationally invariant parameters.

仲山 洋<sup>1)</sup> 上嶋 誠<sup>2)</sup> 川瀬 隆治<sup>3)</sup> 歌田 久司<sup>3)</sup> 西田 泰典<sup>1)</sup> 上田 誠也<sup>4)</sup>

1) 北大理 2) 防災科研 3) 東大地震研 4) 東海大海洋

NETWORK-MT MEASUREMENT IN AOMORI PREFECTURE, JAPAN -PRELIMINARY REPORT-

Y. Nakayama<sup>1)</sup> M. Uyeshima<sup>2)</sup> T. Kawase<sup>3)</sup> H. Utada<sup>1)</sup> Y. Nishida<sup>1)</sup> S. Uyeda<sup>4)</sup>

1) Fac. of Sci., Hokkaido Univ. 2) National Res. Inst. for Earth Sci. and Disas. Prevention

3) E.R.I., Univ. of Tokyo 4) Dep. of Marine Science, Tokai Univ.

The NETWORK-MT Method, which uses ground earths of Nippon Telegraph and Telephone Corporation, was developed by UYESHIMA et al. The method was already applied to the eastern and central Hokkaido, Japan.

We conducted the NETWORK-MT observation in Aomori prefecture, north eastern Japan, from January to March 1990. We divided Aomori prefecture into 141 triangular areas and estimated the averaged impedance tensor of each area.

はじめに

日本電信電話株式会社 (NTT) の通信用施設を利用した NETWORK-MT による観測は、すでに Uyeshima (1990) により北海道中東部において行なわれ、報告されている。

その利点として (1) 基線長が長い (10~数10km)、平均的なインピーダンステンソルが得られ、地表面付近の細かい不均質に影響されずに深部の電気伝導度構造を求めることができる。(2) NTT の安定したアースを利用するため、S/N 比の良い、長期間のデータをとることができる。(3) 通常の観測が困難であるような場所 (山岳地帯) でも観測可能。などがあげられる。

目的及び観測

深部にわたる電気伝導度構造を決定する目的で青森県地方で NETWORK-MT 観測を行なった。1990年1月から3月にかけて、磁場観測は青森県のほぼ全域、133点で行なった。磁場観測は観測網内の数カ所でフラックスゲート磁力計による観測を行なったが、今回の解析では建設省国土地理院水沢測地観測所のフラックスゲート磁力計のデータで代用している。

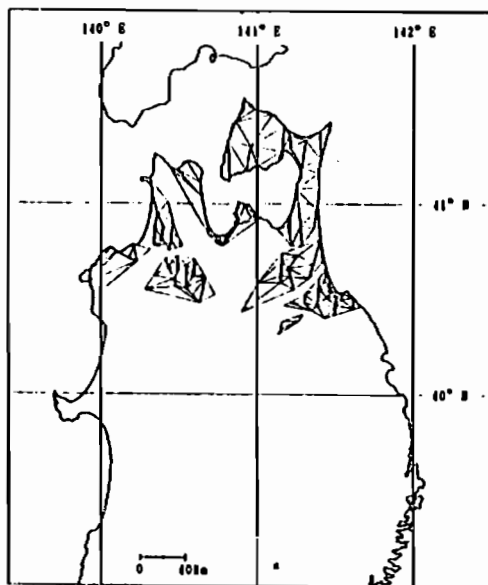
解析

解析はまず磁場の水平2成分と、各測線ごとの1ヶ月にわたる電位差毎分値を1ユニット256ずつの区間に分割する。その各区間でFFT法により各々のデータをスペクトル解析し、全区間より平滑なスペクトルを求め、平均的な伝達関数  $Z_{II}(\omega)$ ,  $Z_{D}(\omega)$  を求める。

ここで、電位差、磁場の南北成分、東西成分のFFTによる周波数領域の値をそれぞれ、 $V(\omega)$ ,  $H(\omega)$ ,  $D(\omega)$  とすると  $V(\omega) = Z_{II}(\omega) \cdot H(\omega) + Z_{D}(\omega) \cdot D(\omega)$  と書ける。

伝達関数を求める際、データに現われるノイズや、磁場変動と電位差変動のコヒーレンスの良くない部分を取り除くためにスタッキングを行なう。スタッキングはまず、求めた伝達関数と各区間ごとの  $H(\omega)$ ,  $D(\omega)$  を用いて各区間における  $V(\omega)$  の推定値を求める。そして、観測から求められた  $V(\omega)$  と推定値との差が最も大きい区間を取り除いて再び全区間から伝達関数を求める。同様の手順を繰り返して、標準誤差が最小になったときの  $Z_{II}(\omega)$ ,  $Z_{D}(\omega)$  を、正しい伝達関数とするのである。

本報告では、観測網を NTT のアースを1つの頂点とした三角区域に分割し (図参照)、上記の方法で求めた伝達関数を線形結合することによって求めた、各三角区域以内での平均的なインピーダンステンソル分布を示す。構造解析は今後行なう予定である。



図：観測網内の三角区域。各区域内でインピーダンステンソルを求める。\*は水沢測地観測所。

# D21-P61 伊豆・小笠原弧の電気伝導度構造

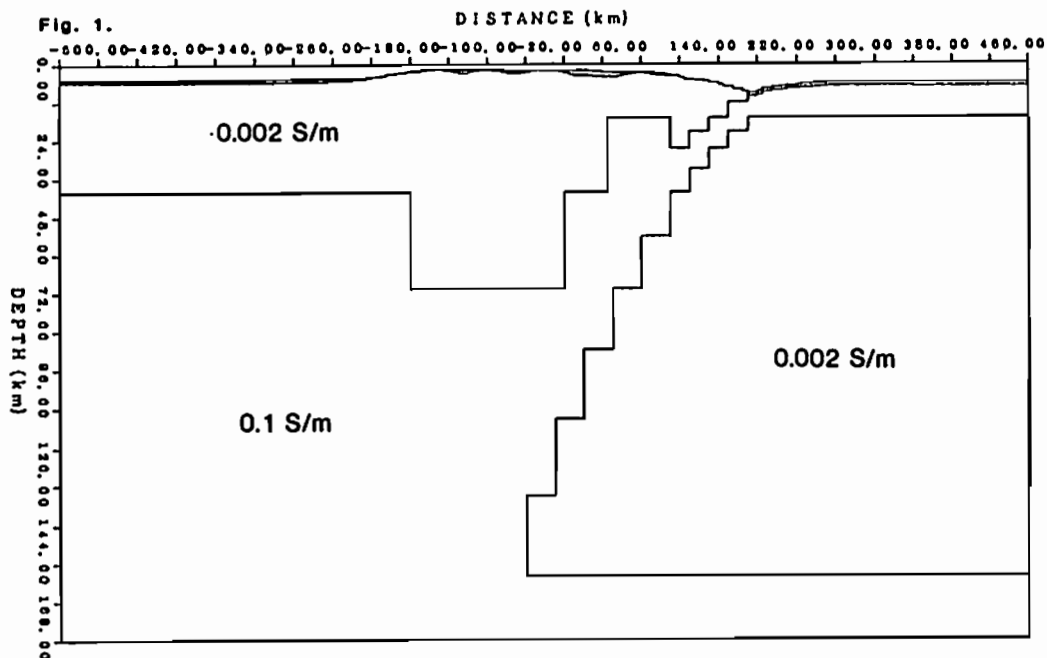
東京大学海洋研究所 藤 浩明・瀬川爾朗

## Study of the Electrical Conductivity Structure of the Izu-Bonin Arc

Hiroaki TOH and Jiro SEGAWA

Ocean Research Institute, the University of Tokyo

The seafloor EM observations around the Izu-Bonin arc since 1986 were interpreted by a 2D conductivity model (Fig. 1) for the southernmost profile which shows some 2-dimensionality compared with the other profiles. Numerical calculations for the periods from 15 to 120 minutes were made for the B-values of E-polarization with the constraint at y-infinity that the depth to the asthenospheric conductor below the Philippine sea is shallower than below the Pacific ocean, which was revealed by the MT observations on the oceanic plates. As a result, a forearc conductor was introduced and discussed together with another thin conductor appeared at the top of the oceanic plate in terms of Tatumi's model. The observed transfer functions, however, show a 3D distribution rather than 2D, especially for the northernmost EW profile. The short-period(30min) induction vectors along the profile point to the north suggesting the existence of current leakage from the Pacific ocean into the Philippine sea(and vice-versa) via the north end of the arc. The relationship between the shallower structure and the 2D model will be further discussed.



# D21-P62 ケルゲレン海台付近の地磁気3成分異常

野木 義史 (気象研究所) 島 伸和 (東大海洋研) 伊勢崎 雄弘 (千葉大理)  
林 保 (国土地理院) 鈴木 寛 (極地研) 神沼 克伊 (極地研)

Vector anomalies of the geomagnetic field around the Kerguelen Plateau

Yoshifumi NIGI<sup>1)</sup>, Nobukazu SEAMA<sup>2)</sup>, Nobuhiro ISEZAKI<sup>3)</sup>, Tamotsu HAYASHI<sup>4)</sup>, Minoru FUNAKI<sup>5)</sup>, Katsutada KAMINUMA<sup>5)</sup>

1) Meteorological Research Institute 2) Ocean Research Institute, University of Tokyo

3) Faculty of Science, Chiba University 4) Geographical Survey Institute 5) National Institute of Polar Research

Vector anomalies of the geomagnetic field were obtained around the Kerguelen Plateau during the 30th and 31st Japanese Antarctic Research Expedition. The directions of two dimensional magnetic structures were determined by using vector anomalies of the geomagnetic field. N-S and E-W directions of magnetic structures above the Kerguelen Plateau are caused by topographic and structural lineaments of the Kerguelen Plateau. In the basin to the west of the Kerguelen Plateau, stable NE-SW directions are found. These NE-SW directions may suggest the directions of the magnetic anomaly lineations originated from the ancient abandoned ridge.

第30次及び31次南極観測で得られたケルゲレン海台付近の船上地磁気3成分測定の結果について報告する。

ケルゲレン海台は、南中央インド洋に位置する地球上で最も大きな海台である。しかし、この海台のゴンドワナ大陸分裂時の挙動や位置は、未だに明かではない。ケルゲレン海台の分裂時の挙動や位置を明らかにするための糸口となる海台付近の地磁気異常パターンも未だ明かではない。そこで、ケルゲレン海台付近の地磁気異常パターンを明らかにするため、第30次及び31次南極観測で得られた船上での地磁気3成分測定を使用して解析を行った。

地磁気3成分の異常から、地磁気異常を作り出す磁化物体の構造が地磁気異常パターンやフラクチャー・ゾーンのような2次元的な構造であれば、その2次元の磁化構造の境界と走向を得ることができる。今回得られた地磁気3成分の異常から求めた2次元的な磁化構造の境界における走向をFig. 1に示す。

Fig. 1から、ケルゲレン海台の上では、N-SおよびE-W走向の磁化構造が見られる。この走向は、ケルゲレン海台の地形および内部の構造によるものと考えられる。ケルゲレン海台の西の海盆、南緯 58°~61°、東経 62°~68°の間で連続したNE-SW走向の磁化構造が見られる。この連続したNE-SWの走向は、地磁気異常パターンの走向であると考えられる。この走向は、Powell et al. (1988)によって指摘されているインド大陸と南極大陸の分裂時に活動していた海嶺による地磁気異常パターンの走向とよく一致する。また、海台の東側の海盆では、西側の海盆と同様の走向は見られない。

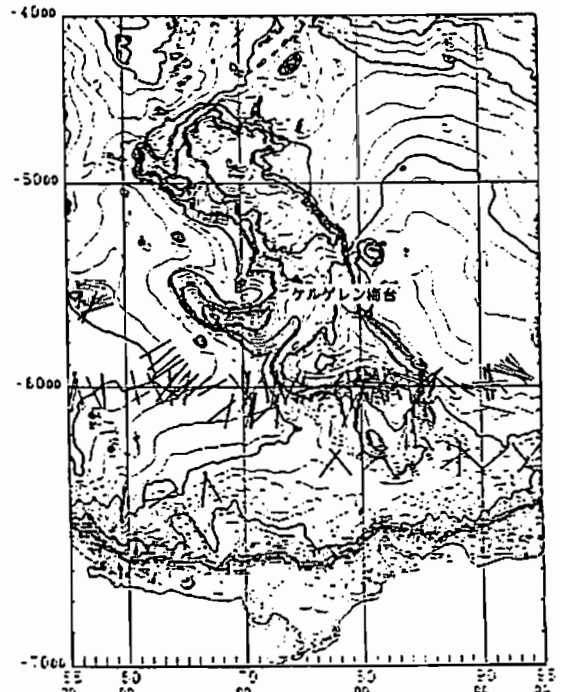


Fig. 1 The directions of two dimensional magnetic structures around the Kerguelen Plateau. Solid lines show the directions of two dimensional magnetic structures. Bathymetric features based on ETOP05 and world. The contour interval is 200m.



岩石磁気・古地磁気

E42 01~13, P63~65

座長 兵頭 政幸 (神戸大自然科学)  
田中 秀文 (東工大理)

森永連男<sup>1</sup>、松永明<sup>2</sup>、足立泰久<sup>3</sup>、兵頭政幸<sup>3</sup>、井口博夫<sup>2</sup>、後藤博彌<sup>4</sup>、劉育燕<sup>5</sup>、楊巍然<sup>5</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、4 神戸大教養、5 中国地質大(武漢)

Paleomagnetism of the D/C Boundary Section in Guilin, South China  
H. Morinaga<sup>1</sup>, A. Matsunaga<sup>2</sup>, Y. Adachi<sup>3</sup>, M. Hyodo<sup>3</sup>, H. Inokuchi<sup>2</sup>, H. Goto<sup>4</sup>, Y. Liu<sup>5</sup>, W. Yan<sup>5</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., 4 College of Liberal Arts and Sciences, Kobe Univ., 5 China Univ. of Geosci.

The aim of this study was to establish a magnetostratigraphy for the period around the Devonian/Carboniferous (D/C) boundary. A D/C boundary section in the vicinity of Guilin, South China is recognized as the international standard section, and is divided into several sedimentary units. Fifty-four limestone or shale samples were collected from a locality comprising the identical to those of standard section. Unfortunately, the paleomagnetic results show that the samples have the secondary magnetization acquired after tilting of the formations. The mean directions before tilting correction for the results of four divided periods are similar to each other. The mean of these four means is  $D=1.1^\circ$  and  $I=49.4^\circ$  ( $k=3747$  and  $\alpha_{95}=1.5^\circ$ ) and is different slightly from the direction of the virtual geocentric dipole field ( $D=0^\circ$  and  $I=43.4^\circ$ ) and fairly from the present direction ( $D=-2.1^\circ$  and  $I=36.6^\circ$ ) calculated from IGRF(1985).

中国広西チワン族自治区桂林市南辺村のデボン-石炭紀境界は国際標準地質断面に選定されている。そこでは下位から順に49~67、さらに68a~68g(全幅5m程度)という名称で整合関係にあると考えられている層に区分されている。ほとんどの層は泥質の石灰岩からなるが、5つの層は緑灰色で数cmの薄い頁岩と分類されている。デボン系と石炭系(D/C)の境界は *praesulcata* (牙形石) から *sulcata* という化石への変化に基づいて定義されており、55層と56層の間とされていた(倉他, 1988)。ところが、その後55層のさらに下位の53層中に *sulcata*化石が発見されたことにより、52層と53層の間に D/C境界を置くことが提唱されている(倉他, 1989)。

この国際標準 D/C地質断面の磁気層序を明らかにする目的で 1990年8月に現地にて試料採取を行った。標準断面で観察される地層を数10m離れた地点まで追跡し、その地点で 50~68d層と考えられる層順から試料を採取した。

いくつかのパイロット試料を用いた段階交流及び熱消磁の結果は共に良好で、試料がほぼ単一の

磁化成分を持つことを示していた。残りすべてを段階的に熱消磁し、Kirschvink(1980)の主成分分析を用いて安定な磁化成分を分離した。

デボン紀試料の平均及び石炭紀の試料を時代順に3つに分類した場合の平均の計4つを下図に示す(さらにこれら4つの補正前の平均は、偏角 $=1.1^\circ$ 、伏角 $=49.4^\circ$ 、 $k=3747$ 、 $\alpha_{95}=1.5^\circ$ である)。左は地層の傾斜の補正前、右は補正後の結果である。補正前の4つの平均値はほとんど同じで、地心双極子を仮定した場合の地球磁場方向(偏角 $=0^\circ$ 、伏角 $=43.3^\circ$ 、左図のGDF)に近い値を示している。このことはこの断面の岩石が地層の傾斜後、すなわち二次的に、さらに割に最近に磁化し直したことを示している。厳密な検討をすれば、仮想地心双極子の方向とも、また現在の地球磁場方向(IGRF; 偏角 $=-2.1^\circ$ 、伏角 $=36.6^\circ$ 、左図中のIGRF)とも異なっている。

いずれにしても、この断面から採取した試料が何ら意味のある初生的な成分を示さないことから現段階では D/C境界付近の磁気層序を復元することはできない。

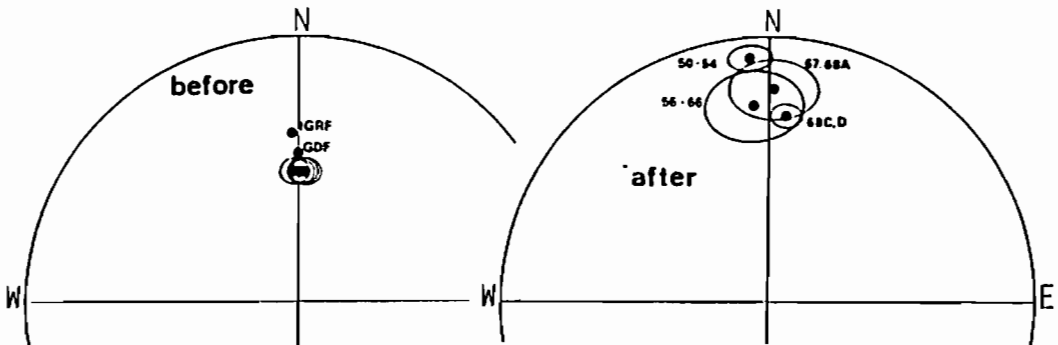


Fig. Paleomagnetic results of the Devonian/Carboniferous boundary section in Guilin, South China.

## E42-02 中国華北ブロック及び秦嶺造山帯中・古生層の古地磁気

° 足立泰久<sup>1</sup>・森永遼男<sup>2</sup>・兵頭政幸<sup>1</sup>・井口博夫<sup>3</sup>・後藤博弼<sup>4</sup>・劉有燕<sup>5</sup>・楊巍然<sup>5</sup>・安川克己<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>神戸大自然科学<sup>2</sup>・姫路工大理<sup>3</sup>・神戸大理工<sup>4</sup>・神戸大教養<sup>5</sup>・中国地質大(武漢)

### PALEOMAGNETIC STUDY OF THE MESOZOIC AND PALEOZOIC FORMATIONS IN NORTH CHINA BLOCK AND QINLING FOLD BELT

Yasuhisa ADACHI<sup>1</sup>, Hayao HORINAGA<sup>2</sup>, Masayuki HYODO<sup>1</sup>, Hiroo INOKUCHI<sup>3</sup>,  
 Hiroya GOTO<sup>4</sup>, Yuyan LIU<sup>5</sup>, Weiran YANG<sup>5</sup>, and Katsumi YASKAWA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>The Grad. School Sci. & Tech., Kobe Univ.

<sup>2</sup>Fac. of Sti., Himeji Inst. of Tech.

<sup>3</sup>Fac. of Sci., Kobe Univ.

<sup>4</sup>College of Liberal Arts and Sciences, Kobe Univ.

<sup>5</sup>China Univ. of Geosci. (Wuhan)

Paleomagnetic study have been performed on sedimentary rocks from the Triassic to the Cambrian formations to explain the tectonic evolution of the China. Oriented hand samples were collected from Hancheng city (35.6°N, 110.5°E) and Xunyang county (33.1°N, 109.3°E) in Shanxi province. All the specimens were progressively demagnetized through thermal treatment. The characteristic component of remanent magnetization of each specimen was separated using a principal component analysis (PCA) described by Kirschvink (1980). The site-mean directions before tilting correction were compared with the direction of the virtual geocentric dipole field (GDF: Hancheng D=0°, I=55.1°; Xunyang D=0°, I=52.5°), suggesting whether the direction is attributed at least to recent secondary magnetization or not.

東アジアは原生代の3つの大陸地塊(華北ブロック・華南ブロック・タリムブロック)と多くの微小大陸片で形成された複合大陸であると考えられている(Zhang et al., 1984)。中国を南北に分ける秦嶺造山帯の古地磁気学的研究は中国の構造発達史の鍵となる。

1990年8月から9月にかけて中国陝西省の韓城市(Han Cheng; 35.6°N, 110.5°E)と旬陽県(Xun Yang; 33.1°N, 109.3°E)で磁化測定用方位岩石試料を採取した。韓城は華北ブロックに、旬陽は秦嶺造山帯に属している。試料を韓城では17地点、旬陽では4地点(1地点5個から13個)で採取した。実験室で試料を整形し、154個の測定用試料を得た。

すべての測定用試料を段階的に熱消磁し、

Kirschvink(1980)の主成分解析を用いて安定な残留磁化成分を求めた。各地点の傾動補正前の平均磁化方向と地心双極子を仮定した場合の地球磁場方向(GDF: 韓城 傾角=0°, 伏角=55.1°; 旬陽 傾角=0°, 伏角=52.5°)とを比較した結果、7地点の磁化方向がGDFと異なった磁化方向を示した。これらの地点の平均磁化方向と地質年代はカンブリア紀中期(D=160.4°, I=35.4°, k=26.1,  $\alpha_{95}=15.3^\circ$ )、カンブリア紀後期(D=28.1°, I=26.8°, k=5.93,  $\alpha_{95}=30.0^\circ$ )、デボン紀前期(D=123.3°, I=72.7°, k=7.9,  $\alpha_{95}=34.9^\circ$ )、デボン紀中期(D=21.5°, I=48.1°, k=39.0,  $\alpha_{95}=14.9^\circ$ )、デボン紀後期(D=32.0°, I=52.4°, k=169.8,  $\alpha_{95}=5.9^\circ$ )、二疊紀(D=9.8°, I=35.1°, k=11.2,  $\alpha_{95}=16.1^\circ$ )、三疊紀(D=341.6°, I=31.7°, k=39.6,  $\alpha_{95}=10.8^\circ$ )であった。

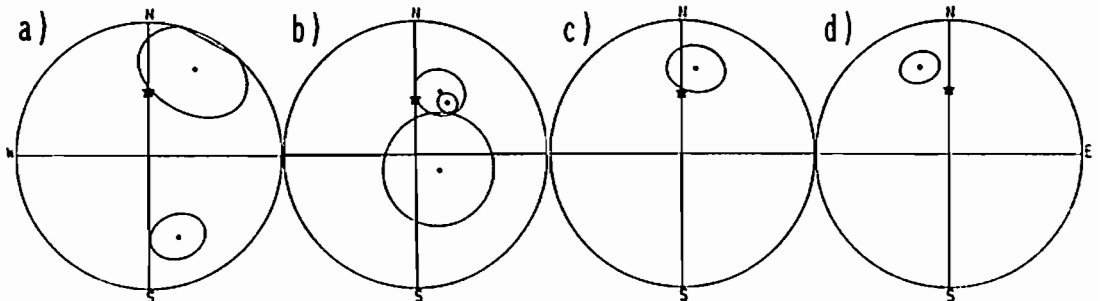


Fig. 8. Site-mean characteristic directions before tilt corrections. Ellipses are 95% confidence circles of equal-area projections. Star symbol is the direction of the geocentric dipole field (GDF) for the sampling locality. a) Cambrian; b) Devonian; c) Permian; d) Triassic.

## E42-03

### THE PALEOMAGNETIC EVIDENCE FOR THE ACCRETION TECTONICS ALONG THE CONTINENTAL MARGIN OF WESTERN PACIFIC

Zhong °ZHENG\*, Ji'an SHAO\*\*, Cenyuan WANG\*\*\* and Masaru KONO\*

\* Department of Applied Physics, Tokyo Institute of Technology

\*\* Department of Geology, Peking University, Beijing, China

\*\*\* Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Academia Sinica

Paleomagnetic investigation was carried out on the Mesozoic sedimentary rocks in Nadanhada Range, Northeasternmost of China. Twenty seven core samples were drilled along the siltstone and shale strata of thick about 105 meter (47.33°N, 134.16°E) in Donganzhen, and seven hand sample samples from the wave-like bedded chert strata of thick about 20 meter (46.85°N, 133.49°E) in Shichang. The ages were assigned to be late Jurassic to early Cretaceous for the siltstone and shale formation and middle to late triassic for the bedded chert based on the studies of *Buchia* and *Radiolaria* fossils respectively.

Stepwise AF demagnetization was not effective for those samples; there was hardly any changes in the NRM directions and intensities even at the maximum demagnetizing field (80 mT). Thermal demagnetization, however, isolated very stable and simple characteristic remanences (ch-RMs) after removing the soft components; As the ch-RMs in these rocks were very stable, As the directions before the tilt correction are significantly different from the present and Brunhes normal epoch mean field direction, and the inclinations after tilt correction from chert became closer, we suggest they are essentially primary, though the further study is necessary. The secular variation should be averaged out sufficiently because the samples were collected from the strata in which the ages covers the long periods. So we conclude fairly low paleolatitudes for the Nadanhada terrane before the early Cretaceous time.

The paleomagnetolatitude of Nadanhada was at 13.6°N with 95% confidence limit of 3.4° between middle to late Triassic and at 27.4°N with 95% confidence limit of 2.4° between late Jurassic to early Cretaceous time, which are much lower than the present latitude of 47°N. Comparison of the paleomagnetic and other geological evidences from Nadanhada, Mino terrane of the Japanese Island shows that these two terranes had very similar geological evolution history; Our result suggests these two terranes constituted a belt of superterrane along continental margin of western Pacific at least since middle Triassic until Neogene time, than the Japan sea opened and the Mino terrane moved to the present position.

# E42-04

## 南極、セールロンダーネ山地の40Ar-39Ar年代と古地磁気

瀧上 豊・関東学園大学 船木 實・国立極地研究所 時枝克安・島根大学

40Ar-39Ar ages and paleomagnetic studies for rock samples from Sør Rondane Mts., Antarctica.

Y. TAKIGAMI (Kanto Gakuen University)

M. FUNAKI (National Institute of Polar Research)

K. TOKIEDA (Shizane University)

40Ar-39Ar and K-Ar ages and paleomagnetic studies were performed to rock samples collected from Sør Rondane Mts., East Antarctica. For Biotite samples separated from granite or syenite, plateau ages are decided to be about 500Ma, which is consistent with the previous data. Ages of 440-480 Ma are also obtained for another igneous samples such as dolerite dyke.

VGP positions from paleomagnetic studies concentrate to a similar position. However, this position is inconsistent with that of Triassic to Jurassic Period of East Antarctica. This result may suggest that the region of Sor Rondane Mts. had been inclined slightly after 440Ma ago.

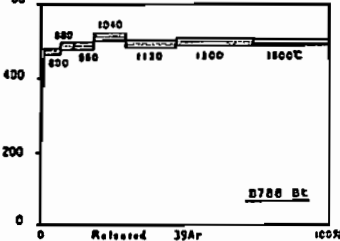
南極、セールロンダーネ山地より得られた古地磁気用岩石試料の中からLunckeryggen地域を中心に3地点8試料の40Ar-39Ar年代および4地点6試料のK-Ar年代を求めた(図1)。花崗岩や閃長岩の試料については黒雲母やアルカリ長石を分離して年代を求めた。

Lunckeryggen などの黒雲母より得られたAge SpectrumはきれいなPlateauを示し約500Maの年代が得られた(図2)。そこで、同地域の広範囲にわたり約500Ma頃大規模な火成活動があったと考えられ、この結果はいままでのRb-Sr年代のデータとも一致している。

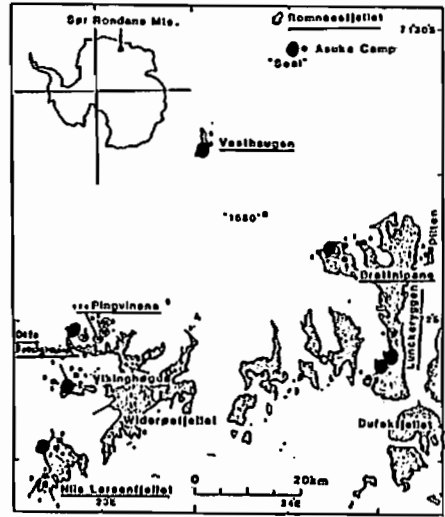
また、北部地域の玄武岩やドレライトの貫入岩などの年代は440-480Maと若干若い年代になった。

これらの440-500Maの年代の岩石を含む同山地各地域の岩石に交流消磁によるNRMの測定を行いVGPを求めたところ、それぞれの地域のVGPはほぼ同じ場所に集中した(図3)。しかし、その位置は東南極の古生代初期(Cambrian-Ordovician)のVGPの位置の西方にずれており、セールロンダーネ山地全体がNRM獲得後少し傾いたことが考えられる。

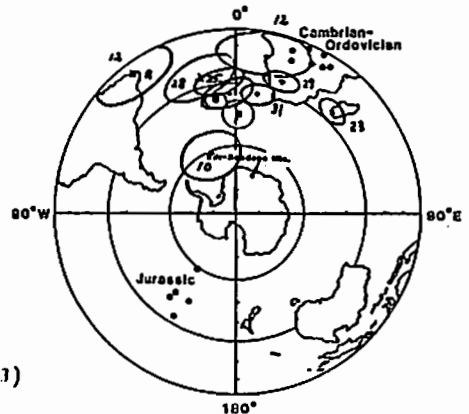
一方、アルカリ長石のAge Spectrumはいずれも左下がり階段状を示し、軽い熱変成あるいは風化の様子を表しており、minimum年代はいずれも370-400Maになった。このことは370Maより若い年代において何かの理由で若干の脱ガスがおこったことを示している。



(図2)



(図1)



(図3)

° 竹内 徹<sup>1</sup>、小玉一人<sup>2</sup>、前田晴良<sup>2</sup>、加瀬友喜<sup>3</sup>、重田康成<sup>4</sup>  
 名大理<sup>1</sup>、高知大理<sup>2</sup>、国立科博<sup>3</sup>、東大理<sup>4</sup>

Paleomagnetism of Tertiary Sediments from South Sakhalin

T. Takeuchi<sup>1</sup>, K. Kodama<sup>2</sup>, H. Maeda<sup>2</sup>, T. Kase<sup>3</sup>, Y. Shigeta<sup>4</sup>

Department of Earth Science, Nagoya Univ.<sup>1</sup>, Department of Geology, Kouchi Univ.<sup>2</sup>,  
 National Science Museum<sup>3</sup>, Department of Geology, Tokyo Univ.<sup>4</sup>

Paleomagnetic study was carried out on Tertiary sediments in South Sakhalin, USSR. Preliminary results from the Paleogene to Early Miocene rocks show 30 - 60 degrees eastward deflection, while those from the Late Miocene / Pliocene show north or a little westward deflection. This change in declination, similar to that reported for Central Hokkaido, suggests that both South Sakhalin and Central Hokkaido had been under a common tectonism.

サハリン南部に分布する上部白亜紀から新第三紀の堆積岩類を対象に187サイトでサンプリングを行った。第三系はナイバ川中流域に於て、最下層の狭炭層（始新世）から最上部の珪質シルト岩層（中新世）まで、層序間隙がないように30サイト、ユジノサハリンスク周辺のシルト岩層（始新世から漸新世）、火砕岩層（前期中新世）、及び珪質岩層（後期中新世もしくは鮮新世）から39サイト、計69サイト467本のコアサンプルを得た。今回は、これら第三系の予察的な結果について報告する。

測定に際しては、各サイトから選び出したパイロットサンプルについて150度から550度までの段階熱消磁（18段階）、及び5mTから45mTまでの段階交流消磁（14段階）を施し、それぞれのサイトについて有効な消磁方法を検討した。この結果に基づき、他の試料については10段階程度の段階熱消磁もしくは段階交流消磁を施して、最小自乗法により磁化方位を求めた。

これまでのところ、全体の約6割の試料から安定な磁化成分を得ることが出来た。磁化極性はNormal, Reverseとも見られる。地層の傾動補正後の磁化方位は、古第三紀から前

期中新世にかけて30度～60度東偏、後期中新世ないし鮮新世で、北もしくは若干の西偏を示す。

この傾向は、北海道中軸部における中期中新世を境にした磁化方位の東偏から西偏へのシフト（竹内他, 1990 予稿集）と調和的であり、北海道とサハリン南部が共通のテクトニクスに支配されていたことを示唆する。



# E42-06 北海道東部に分布する白亜系～古第三系の古地磁気

金松敏也 (北海道大・理)

## Cretaceous ~ Paleogene paleomagnetism in the Eastern Hokkaido

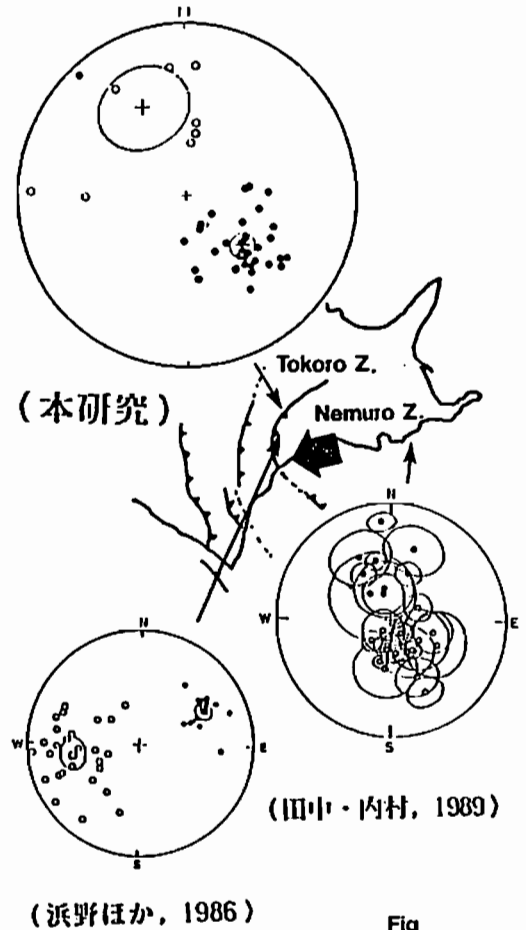
Toshiya Kanamatsu

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

For explanation of geotectonics of Eastern Hokkaido, a paleomagnetic study is made on some Cretaceous - Paleogene deposits, developed around the Shiuranuka Hill. paleomagnetic direction of the Nemuro G. (up - Cretaceous ~ mid - Paleogene; Nemuro Zone) is north-eastward. On the contrary, paleomagnetic direction of the Urahoro G. and Onbetsu G. is northward.

The data from the Yusenkyou Area (Tokoro Zone) is south-eastward magnetic direction. This direction is interrupted for convex deformation of the Kuril arc-trench sliver to the south-east migration.

北海道東部に分布する中生界の根室帯の古地磁気学的検討により、白糠丘陵地域は、根室地域半島地域に対して時計周りに大きく屈曲していることがあきらかにされている (浜野ほか1986; 田中・内村, 1989)。しかしこのイベントについてのタイミング、あるいはこの構造運動がどのように進行したかを議論するには、いまだ情報が不足している。筆者は北海道東部のテクトニクス解明、特にこの屈曲構造運動について解明するため、北海道東部に分布する白亜系～古第三系の古地磁気学的検討を行っている。根室層群に累重する浦幌層群、音別層群 (後期始新世～前期漸新世) の磁化方位は、おおよそ北向きで、屈曲構造運動は始新世後期以前に起こった可能性が高い。一方、本別町函仙峡に分布する地質体 (常呂帯) より、南東向きの磁化方位を得た。これは常呂帯も根室帯と同様の構造運動を抜ったことを示唆し、さらに根室帯 (浜野ほか1986) より変位量大きいのは、千島スリバーの南西進 (木村, 1981) により地帯構造が湾曲しているためと解釈している (Fig.)。



°百瀬 洋、鳥居 雅之(京大理)、山路 敦(東北大教養)

### Paleomagnetic directions from Uetsu region, Northeast Japan

Hiroshi MOMOSE\*, Masayuki TORII\*, and Atsushi YAMAJI\*\*

\*Department of Geology and Mineralogy, Kyoto University

\*\*Department of Earth Sciences, Tohoku University

Block movements of Northeast Japan during the formation of the Japan Sea are controversial, partly because paleomagnetic directions at that time are not enough to make it clear how NE Japan rotated. Paleomagnetic sampling were carried out on Uetsu region, the border region of Yamagata and Niigata Prefectures to obtain paleomagnetic directions dated 15 to 50Ma. Stable components of remanence were obtained from 15 sites with alternating field demagnetization and thermal demagnetization. Most of them indicate counter-clockwise rotation of the region and constrain the movement of NE Japan. On the other, data from the Budo Formation show clockwise rotation as was reported by Otofujii et al. (1985). Taking into account the basement structure of the region, the size of a clockwise rotated block is estimated.

日本海の形成に伴って、東北日本は20Ma前後から15Maにかけて、反時計回りに回転したといわれている。しかし、この時代の東北日本については、時計回りをしめす古地磁気データも報告されているため、その回転運動については、統一的な見解が得られていない。新潟県と山形県にまたがる羽越地域は、Otofujii et al. (1985)によって、反時計回りをしめす古地磁気データ(東大鳥川層、菅野代花崗閃緑岩)と、時計回り回転を示すデータ(朝日流紋岩、葡萄層、天井山層、北小国層)が報告されている。Otofujii et al. (1985)は、棚倉断層の右横ずれ運動によって、この時計回り運動を説明しようとした。しかし、時計回りの回転ブロックの規模や、この回転が、棚倉断層に沿って普遍的に見られるものかどうかについては不明である。

今回、私達は、沼沢層(N9)、北小国層(22-23Ma)、小国層(16Ma)、大泉層(18-19Ma)、東大鳥川層(18-19Ma)、善宝寺層(16Ma)、温海層(16-19Ma)、早田層(14-16Ma)、葡萄層、朝日流紋岩(50Ma)、見附火砕岩(15-16Ma)、田川酸性岩類から、定方位試料を採集した。全てのサイト(23サイト)の試料について、熱消磁、交流消磁を行った結果、15サイトから、安定

な磁化成分を分離することが出来た(Fig.1)。それによると、温海層、大泉層、東大鳥川層では、反時計回り回転をしめす古地磁気方位が得られたが、村上市北方の葡萄層から得られた古地磁気方位は、時計回り回転を示唆している。この地域には、日本海の形成に伴って発達したと思われる、NNE-SSWの正断層が多く見られる。これらの断層構造から考えられる応力場と、古地磁気データを結びつけることによって、羽越地域の回転運動を明確にすることができる。

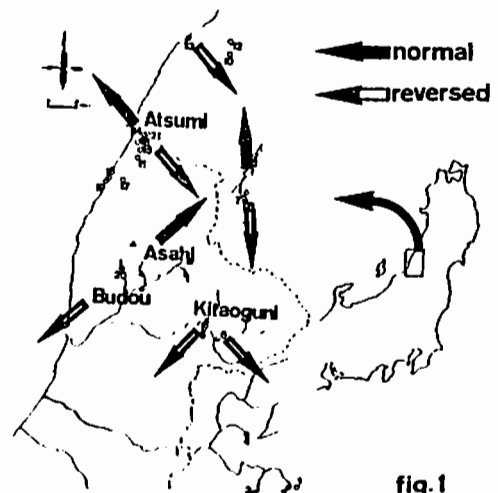


fig.1



○味喜大介・鳥居雅之(京大理)

## A PALEOMAGNETIC STUDY ON MIOCENE SEDIMENTS IN JOBAN DISTRICT, NORTHEAST JAPAN

Daisuke MIKI and Masayuki TORII

Department of Geology and Mineralogy, Kyoto University

Paleomagnetic samples were collected from 26 sites of Miocene sediments which are distributed in Joban district, Northeast at Japan. However, conventional demagnetization methods, PAFD and PThD, were not effective for the most of samples. The existence of goethite is suggested by the results of continuous susceptibility measurements, and IRM acquisition and its demagnetizing experiments. Because of this, it is considered that, major NRM carrier is goethite that is probably secondary produced. We applied PAFD after ThD at 200 °C. This procedure brought rough estimation of the polarity of NRMs. Although primary direction could not be determined clearly.

筆者らは東北日本の中新世の構造運動をより明らかにする目的で、常磐地域において中新統の堆積層より試料を採取し、古地磁気学的研究を行った。これらの試料から古地磁気方位を得るには至らなかったが、試料の残留磁化についていくつかの知見を得たので報告する。

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いる。これらは主として砂岩、泥岩等で構成され、珪藻、有孔虫化石等の生物起源物質に富む。古地磁気試料は細粒砂岩、シルト岩、凝灰岩等から合計26地点で採取した。

実験室に持ち帰った試料は、整形後直ちに自然残留磁化(NRM)を測定し、その後試料採取地点毎にパイロット試料について段階交流消磁実験(PAFD)、段階熱消磁実験(PThD)、高温連続帯磁率測定実験、等温残留磁化(IRM)獲得実験等を行った。

NRMの方向は現在の地球磁場の方向付近に集中し、NRM測定から段階消磁実験を始めるまでの間(数日から数カ月)に磁化方向が変化する試料もある。これは粘性残留磁化成分(VRM)のNRMに占める割合が大きいことを示す。NRM強度は $10^{-10}$  A/mのオーダーと弱い。

高温連続帯磁率測定実験では、8割程度の地点で試料の帯磁率は非可逆的に変化し、加熱過程の400 °C付近で帯磁率の急増がみられる。これらの地点では、200 °Cまでの熱消磁で

残留磁化強度はNRMの5~10%程度まで減衰する。また、400 °C程度以上で初期帯磁率が消磁前の数倍~数十倍に増加し、VRMによる擾乱のため残留磁化測定は極めて困難である。段階交流消磁実験でも特定の磁化成分を検出することはできなかった。さらにIRM獲得実験では、2.0Tの磁場をかけてもIRMは飽和に至らないことがわかった。段階熱消磁実験に対する残留磁化の減衰の特徴やIRMが2.0Tで飽和しないことからみて、試料の残留磁化の大部分を占める200 °Cまでに消去される成分をgoethite(褐鉄鉱)が担っている可能性が高い。加熱実験中に褐鉄鉱の脱水、酸化反応が起こると考えれば、このことは帯磁率の測定結果と調和的である。

200 °Cまでの熱消磁により消去される残留磁化成分が特定の方向を示さないことから、この成分が初生的な磁化であるとは考え難い。そこで、褐鉄鉱の影響を除くため、200 °Cの熱消磁の後に段階交流消磁を行う方法を試みた。その結果、NRMの極性は判別できるものの、消磁段階毎のぼらつきが大きく磁化方向を特定するには至らなかった。

高温連続帯磁率測定で可逆的な変化を示す試料からは、PAFD、PThD共に安定な磁化成分が得られたが、現在の地球磁場とほぼ同じ方向を示しておりVRMの可能性を否定できない。

高次 かつり<sup>1</sup> 兵頭 政幸<sup>2</sup> 村田 史之<sup>2</sup> 糸田 千鶴<sup>2</sup>  
<sup>1</sup> 神戸大・理 <sup>2</sup> 神戸大・自然科学

PALEOMAGNETIC STUDY OF MARINE CLAY Ma3 IN OSAKA SEDIMENTARY GROUP  
 Kaori TAKATSUGI<sup>1</sup>, Masayuki HYODO<sup>2</sup>, Fumiyuki NURATA<sup>2</sup>, Chizu ITOTA<sup>2</sup>  
<sup>1</sup> Faculty of Sci., Kobe Univ.  
<sup>2</sup> Graduate School of Sci. and Technol., Kove Univ.

Paleomagnetic investigation of marine clay Ma3 in Osaka group revealed an existence of normal polarity zone about 3 m just above the Azuki tuff. The stratigraphic position of the zone is situated between the Jaracillo event and the Brunhes-Matsuyama boundary. The normal zone may be a new event or correspond to the Kamikatsura event.

大阪湾縁辺の高槻丘陵地には 鮮新・更新世の時代の浅海性及び陸性の堆積物である大阪層群が露出している。この中の海性粘土層Ma3上部を中心に古地磁気的研究を行った。

露頭で鉛直方向に5~100cm間隔でブロック試料を採取し、実験室で一辺2cmのキューブ状試料を各ブロックから5, 6個切り出した。また露頭でポリカーボネートキューブを直接打ち込む方法でも試料を採取した。段階交流消磁実験をするとき切り出して採取した試料からは安定した磁化方向が得られたが、打ち込み式による試料は安定した磁化を示さないことが判った。

切り出して採取した試料で(a)段階熱消磁実験及び(b)乾燥後、段階交流消磁実験..を行った。その結果熱消磁、及び乾燥した試料のほとんどは磁化強度が激減し安定した磁化方向は得られなかった。従って、安定した磁化成分を出す方法として乾燥する前に段階交流消磁実験をすることが有効であることが判った。

乾燥前の段階交流消磁実験で得られた磁化方向の各層単での平均を fig.1に示す。アズキ火

山灰層は安定した逆帯磁を示す。これは今までのいくつかの報告と一致する。その上位の火山灰二次堆積物からMa3の最上部までの約3mの間は正帯磁が続く。但しその間に約30cmの逆帯磁層を含む。また正帯磁層の最下部には中間的方向を示す層も存在する。Ma4は下部30cmは逆帯磁を、それより上位は正帯磁を示す。横山(1989)はMa4下部にプリュンヌー松山境界を置いている。一般に言われているように逆転遷移期間が5000-6000年であればその間の記録は数mに及ぶはずである(大阪湾の現在の堆積速度は約1m/kyと仮定)。従ってMa4全体が逆転遷移の途中の可能性もある。Ma4の下部から10cmの中間方位を示す層はそれを示しているかもしれない。

Ma3上位の正帯磁層はイベントの可能性が高い。ハラミロイベントはMa3より下位にあるMa2にあると言われていることを考えれば、このイベントはハラミロイベントからB-M境界の間(0.90-0.73Ma)にくる。これは新しいイベントかまたはKamikatsuraイベント(0.85Ma)に相当するかもしれない。

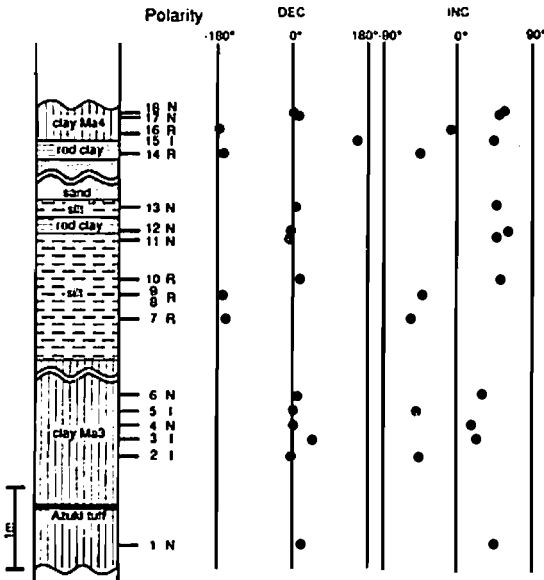


fig.1 安定成分の磁化方向。

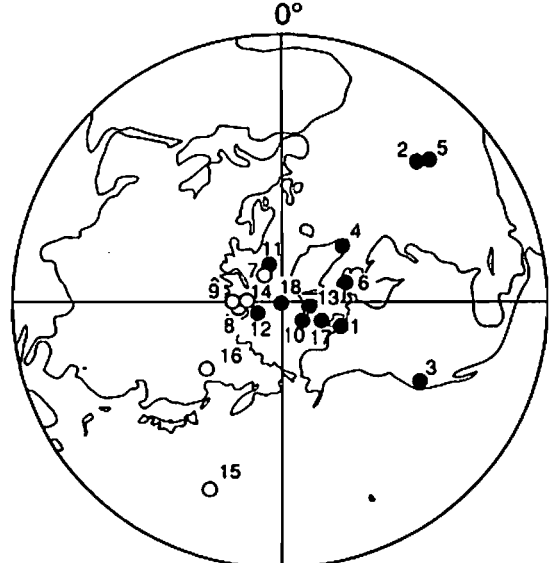


fig.2 安定磁化方向より求めたVGP。

糸田千鶴 兵頭政幸 安川克己  
神戸大・自然科学

GEOMAGNETIC SECULAR VARIATIONS DURING HOLOCENE TIMES  
FROM FOUR REGIONS ON THE EARTH

Chizu ITOTA, Masayuki HYODO, Katsumi YASKAWA  
The graduate school of Sci. and Technol., Kobe Univ.

Paleosecular variation records of the geomagnetic fields from four regions (Japan, North America, Great Britain, and Australia) for the past 10,000 years have been analysed. Spectral analyses by Maximum entropy method reveal the existences of two common periodicities in the four records. One is in the band between 4000 to 2000 yrs. The other is between 2000 and 1000 yrs. Vector movement of these two periodic features on the planes perpendicular to the axial dipole field directions of each site show both clockwise and counter-clockwise sense of rotation. Obtained periodicities agree well with the periods inferred from the observed westward velocities of drifting nondipole sources in recent field. Counter-clockwise rotational sense may be generated by effective standing nondipole fields.

日本 (36°N, 137°E)、北アメリカ (45°N, 93°W)、イギリス (54°N, 4°W)、オーストラリア (38°S, 143°E) の湖や浅海の堆積物の残留磁化から、過去約一万年の古地磁気方位の永年変化が復元されている。北半球の観測点 (サンプリング・サイト) は、中緯度付近にかなり等間隔で分布している。また、オーストラリアの観測点は、日本とほぼ同緯度で、赤道に対して対称な場所にある。それぞれの観測点ごとに古地磁気方位の永年変化の性質を記述し、特に、その共通する性質から原因となった磁場について考察する。

古地磁気方向ベクトルの変動の波長、動きの回転のセンス、という視点から永年変化の性質を記述する。最大エントロピー法を用いて周期解析を行った結果から、4000年から2000年の波長の変動と千数百年の波長の変動とが4つの観測点に共通して存在していることが示された。それぞれの変動を取り出して回転のセンスを見てみる。長周期 (4000年~2000年) の変動は、北アメリカとイギリスではほぼ全記録にわたって、時計回りの動きを示している。千数百年の動きも、イギリスでは時計回りが卓越している。北アメリカでは、5000yr B.P. 以前では反時計回りが卓越している。オーストラリアでは、約3000年の波長の変動は反時計回り、千数百年の変動は時計回りのセンスである。日本の記録では二つの波長の変動を明確に分けることはできなかった。回転のセンスは8000yr B.P. ~ 5000yr B.P. にかけて反時計回りが卓越している。これは、北アメリカの千数百年の変動に反時計回りの動きが見られる時代と一致する。

観測磁場の記録を中心とした非双極子磁場の研究から、千数百年から二千数百年で地軸の回りを一周する速度を持つ西向きに動く移動性磁場があることが報告されている。古地磁気永年変化に記録されている変動の波長と、移動性磁場が一周に要する時間は、よく一致する。現在観測されている移動性磁場の性質が過去一万年にわたって継続していたことが推測できる。各観測点での地磁気ベクトルの回転のセンスは、時計回り・反時計回りの両方がある。これは観測点と変動の原因となる磁場 (移動性磁場) の分布している緯度に依存していると考えられる (Dodson, 1979)。また、停滞性磁場の強度変化の影響もあると考えられる。日本の永年変化で二つの波長の変動が明確に分離できないのは、強い影響力を持つ停滞性磁場 (モンゴル磁気異常) が原因かもしれない。

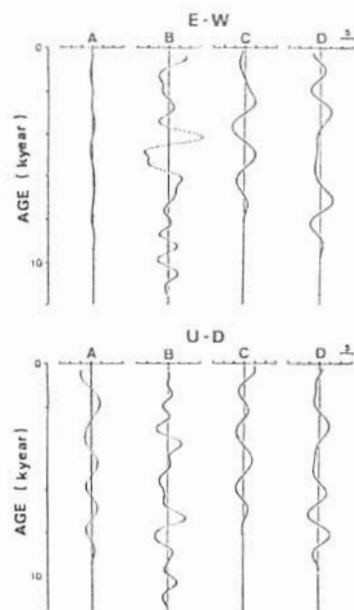


Fig.1 The secular variation components of band periods ca.3000 yrs for the records from Australia(A), Japan(B), N. America(C), and Great Britain(D). Variations are defined by the angles from the axial dipole field directions of each site.

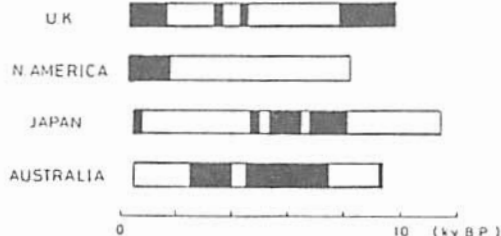


Fig.2 Rotational sense of field direction paths of four regions corresponding to the secular variation components of periods ca.3000 yrs. Clockwise and counter-clockwise senses are shown in white and black, respectively.

# E42-11

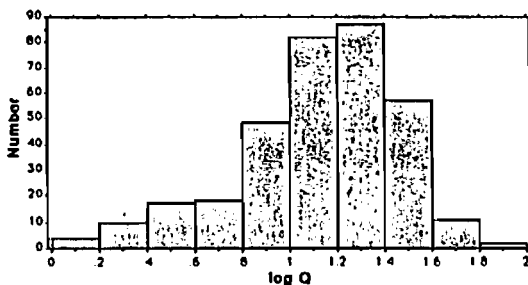
## Preliminary Results of Paleointensity Determination from Hawaiian Lava Flows.

° Hideo UCHIMURA, Hidefumi TANAKA, and Masaru KONO  
Department of Applied Physics, Tokyo Institute of Technology

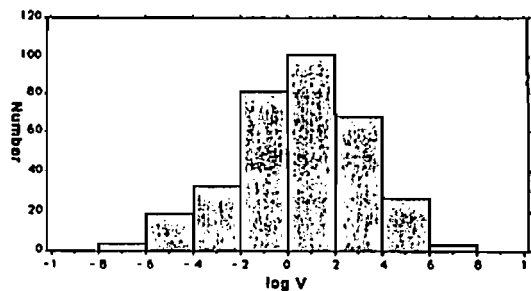
Holcomb et al. (1986) carried out precise paleomagnetic direction study for about 70 dated lava flows from Hawaii Island, and revealed almost unique paleodirectional secular variation curve for the past 3000 years. In order to add paleointensity information to it, we collected paleomagnetic samples from 30 historical and C14 dated lavas. Most of them are the same as Holcomb et al. (1986). Among them, paleointensity results from 7 lavas were already reported by Tanaka and Kono (1991). They aimed at very precise paleointensity determination, however it was failed for some of them. We will report the preliminary paleointensity results from the rest of the collected samples.

Nowadays, reliability of the paleointensity determination by the Thelliers' method is the matter of debate (e.g. Walton; 1988). Roperch and Duncan (1990) also reported examples that even the positive partial TRM test is not sufficient condition to ensure no thermal alternation during heating. For the precise paleointensity determination, at which was aimed by Tanaka and Kono (1991), some sample selection criteria must be required. For instance, Levi(1977) showed non-ideal behavior of semi-synthetic samples including multi-domain particles. Prévot et al.(1985) demanded smaller secondary magnetization, lower viscosity index, single high-temperature Curie point, and thermal stability of saturation magnetization.

Before we carry out Thelliers' experiment, we measured Königsberger ratio and (2 weeks) viscosity index (Prévot;1981) of about 340 specimens. They distributed log-normally, as shown in the figures. High temperature initial susceptibility measurements and microscopic observations were also carried out for some samples of each lavas. From these observations, we select more preferable samples (or lava flows), and we are carrying out the paleointensity determination by the Coe's version of Thelliers' method. We will discuss the reliability problem of the paleointensity determination, and report the preliminary results.



(a) Histogram of Königsberger ratio



(b) Histogram of viscosity index

# E42-12

## チタノマグネタイトの熱水変成とその意義

茨島 智子・千葉大学理 木下 隆・東京大学地産研

Hydrothermal Alteration of Titanomagnetite and It's Implication  
T. Ogishima (Chiba Univ.) and H. Kinoshita (Univ. Tokyo)

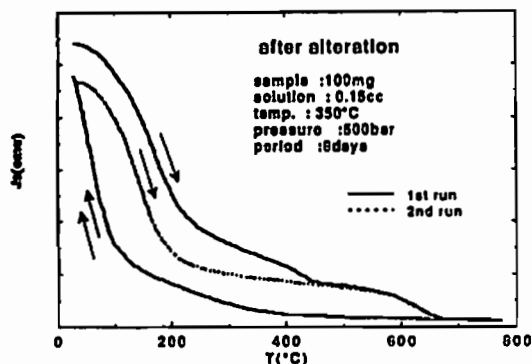
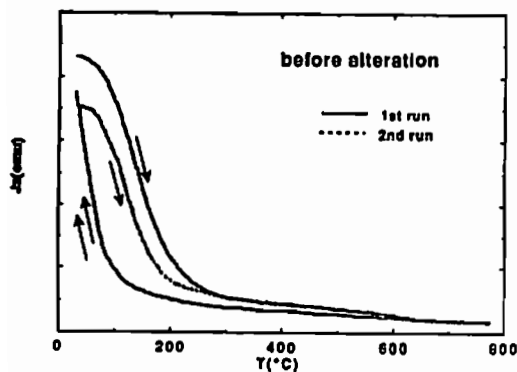
Fresh titanomagnetite-bearing suboceanic basalts were heated up in hydrothermal environments for certain length of time in laboratory which resulted in forming some unidentified yet minerals. This phase seems to show a character of partially oxidized phase, titanomaghemite, and reveals a strange character never reported before. Discussions will be made on the formation of this phase in natural rocks and it's implications.

室内実験で、酸性・アルカリ性雰囲気熱水の熱水が海底玄武岩中に産する磁性鉱物(チタノマグネタイト)に与える影響を調べた。

海底より掘削された磁気的新鮮な、すなわち磁性鉱物が低温酸化、高温酸化ならびに熱水変成を受けていない玄武岩を用い、350℃、500barで、8日間および3、5日間、人工的に熱水変成を施し、玄武岩中の磁性鉱物の磁気的変化を調べた。熱水の出発組成はpH値のみに注目し、pH3、5、7、9の水溶液で行った。磁気的変化の検出には、飽和磁化、残留飽和磁化、保磁力、残留保磁力の測定と、熱磁気分析によるキュリー点の測定を行った。その結果、出発の熱水のpH値に関わりなく、サンプルの磁気的変成に同じ傾向の変化がみられた。すなわち、熱水によりチタノマグネタイトが酸化の進んだ $\gamma$ 相(キュリー点430℃)と考えられる相が生成された。また、その $\gamma$ 相は熱で分解され、650℃付近のキュリー点を持つ別の磁性相へ転移した。その650℃のキュリー点は加熱過程にのみ現れ、冷却過程にはみられず、さらには繰り返しの測定に対し同じ傾向を示した。

以上の結果から、海底玄武岩の周りに熱水が存在すれば、熱水のpH値に関係なく、玄武岩中の磁性鉱物は実験室レベルでも短時間のうちに酸化を受け、

$\gamma$ 相と考えられる相を生成することがわかった。 $\gamma$ 相の分解により生成されたと考えられる新しい磁性相の650℃付近のキュリー点がなぜ加熱過程にのみみられるかは証明できていないが、このことは以下の点で重要な発見である。すなわち、1. このキュリー点の非可逆性はチタノマグネタイトの立方晶の中の小さな領域に $\gamma$ 相(イオンが一部抜け落ちた立方晶)が生じ、それが過熱過程では650℃においてロンボヘドラル(六方晶)へ結晶変態するが、冷却過程では周囲の立方晶の影響でロンボヘドラルをしばらく保ち、200~300℃まで下がってはじめて逆向きの変態が起こる、と考えられ結晶格子の物理・化学的問題を提起すること。2. これまで500~600℃で獲得されると思っていた海底岩石中の $\gamma$ 相の自然残留磁化が実際には、200~300℃という低温で獲得される可能性を提起すること。3. 高圧状態での熱水によるチタノマグネタイトの変成が、低温酸化と同様に金屈イオンを選択的に失うことを提起し封圧状態における磁性鉱物の熱水反応系の再検討を必要とすること、等様々な問題を提起している。



## E42-13 A Statistical Model of Thermoremanent Magnetization

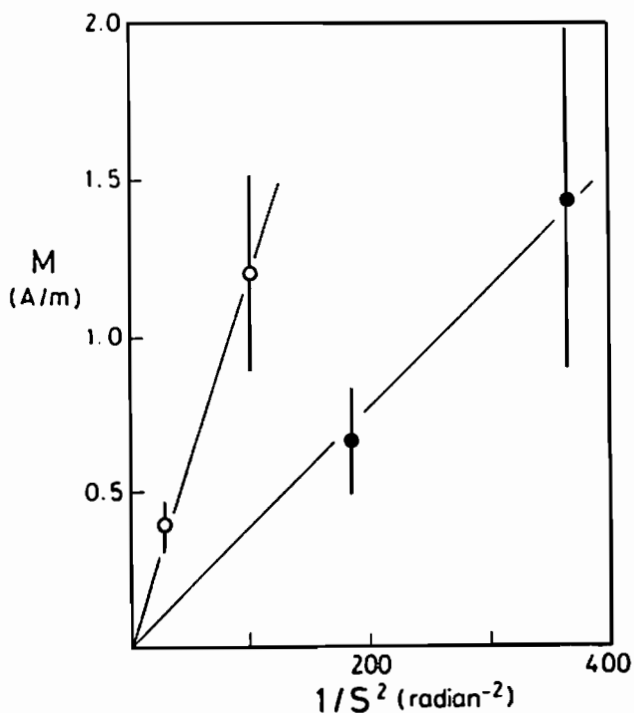
Masayuki HYODO

The Graduate School of Science and Technology, Kobe University

A simple model was proposed to explain a relationship between intensity and angular dispersion of direction in thermoremanent magnetization (TRM). The model assumes that a TRM consists of unit magnetic moments with constant strength  $m$  having some statistical distribution in direction. Now we consider a population of a great number of unit magnetic moments which has a mean direction  $\mu$  and angular variance  $\sigma^2$  and sample a magnetization  $M$  composed with  $n$  unit moments ( $|M|=M, M \leq nm$ ).  $M$  is equal to  $nm_c$  where  $m_c$  is effective moment, i.e. average of cosines of angles between  $\mu$  and individual unit moments. The central limit theory gives that  $S^2 = \sigma^2/n$ , where  $S^2$  is angular variance of many samples of number  $n$  from the population ( $\mu, \sigma^2$ ). Since  $M$  is proportional to  $n$ ,  $S^2 = \text{const}/M$  or  $M = \text{const}/S^2$ . The relationship between magnetization intensity and angular variance derived from the model was examined on difference-magnetization components separated by AF-demagnetization. It was revealed that the separated magnetizations faithfully follows the above rule between  $S^2$  and  $M$  and by  $\chi^2$  test that Fisherian distribution is appropriate for the distribution of directions of unit moments. This model has high potential in application to rockmagnetic and paleomagnetic analyses of single component TRM.

Fig.1

Examples of linear relationship between average magnetization  $M$  and reciprocal of angular variance  $1/S^2$  for difference-magnetization components separated by AF-demagnetization of two lava samples.



## E42-P63 堆積物中の磁性粒子の種類と大きさをバルク試料から推定する方法 鳥居雅之 (京大理)

### Chemical composition and grain size distribution of magnetic minerals in sediments: some experimental methods on bulk samples

Masayuki TORII (Dept. Geol., Kyoto Univ.)

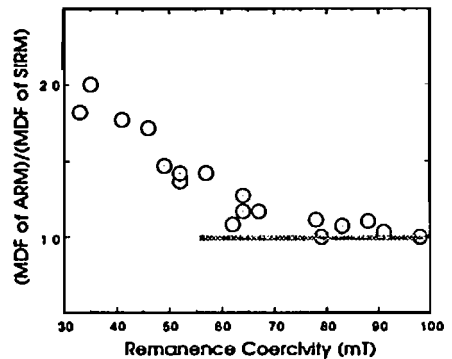
Identification and grain size estimation of magnetic minerals in sediments are crucial to bring fruitful results from paleomagnetic analysis of DRM. Rock magnetic studies of magnetic separates are often biased however. Several methods to estimate chemical characteristics and grain size distribution of magnetic minerals using bulk samples are discussed. Thermal demagnetization of orthogonal IRM is effective to estimate magnetic minerals. If the sediment contain only magnetite, following intensive parameters are effective to understand domain state of the magnetite: remanence coercivity, MDF of ARM, and that of IRM.

堆積物の残留磁化測定は、過去の地球磁場の連続的復元をするために非常に有効な研究方法であることは多くの人々の認めるところであろう。もちろん、堆積残留磁気(DRM)の獲得機構が完全には解明されていないため、火成岩類の古地磁気測定に比べて得られる情報はまだ十分ではない。大きな問題の一つとして、DRMの信頼性あるいは耐久性というべき問題がある。このことは、堆積物の磁気的記録媒体としての性能評価の問題といえることができる。また、DRMから地磁気強度の復元をするとき問題となる残留磁気強度の規格化の問題とも関連している。

このような問題を解くためには、まず取り扱う試料中に含まれる磁性鉱物の種類(化学的性質)、つぎに粒子の大きさ(SD, PSD, or MD)を明かにしなければならない。このような目的のためのもっとも直接的な手段は、化学分析、熱磁気分析と電子顕微鏡などによる観察である。しかし、これらの方法はいずれも磁性鉱物を堆積物中から精選することを前提としている。この磁性鉱物の分離それ自体が実は困難であり、不十分な分離がその後の分析に大きく影響することは否めない。したがって、可能なかぎりバルク試料による分析

が望ましい。

これまで房総半島に分布してる鮮新統の堆積物や日本海の海底堆積物などを対象として、交流消磁・熱消磁、Lowrie and Fuller test, Orthogonal IRMの熱消磁などの実験を行ってきた。これまでの結果をまとめて見ると、まず磁性鉱物の種類を同定するためにはOrthogonal IRMの熱消磁が有効であることが分かった。また、磁性鉱物が磁鉄鉱だけであるならば、粒子サイズの推定には、残留抗磁力( $B_{cr}$ )、ARMのMDF、IRMのMDFなどのあいだの相関図が使えることが分かった。Lowrie and Fuller testの評価や、初期帯磁率と他のパラメータとの関係なども議論する。



# E42-P64 連続測定したNRMのデコンボリューション： ベイズ統計によるアプローチ

小田啓邦<sup>1</sup> 渋谷秀敏<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>京大理 <sup>2</sup>大阪府大総合科学

## Deconvolution of continuously measured NRM: Approach from Bayesian statistics

Hirokuni ODA\*, Hidetoshi SHIBUYA\*\*

\*Department of Geology and Mineralogy, Faculty of Science, Kyoto University

\*\*Department of Earth Sciences, CIAS, University of Osaka Prefecture

Deconvolution using Bayesian statistics was performed on 5mm interval path-through magnetometer output of U-channel samples. Subsequently the U-channel samples were cut into 5mm thick thin sections and the NRM were measured by cryogenic magnetometer. These two sequences of magnetizations showed good agreement in each axis. Furthermore, effects of noise on pass-through measurement were studied in detail.

Pass-through magnetometerによる柱状試料の連続測定データにベイズ統計の考え方を導入して、デコンボリューションを純粹に客観的判断に基づいて行ったことを以前報告した。今回さらにpass-through測定時のノイズが測定に与える影響について検討を加えたので報告する。測定に用いたサンプルはODPのLeg124で得られたAPCコアのU-channelサンプルである。長いままのU-channelサンプルのpath-through測定をX,Y,Z軸同時に行い、各軸ごとに測定結果をセンサーの感度曲線でデコンボリューションすることによってサンプルの磁化を求めた。Pass-through測定の後、U-channelサンプルを5mm間隔で薄切りにしてcryogenic magnetometerでこの薄片のNRMを測定した。Pass-throughデータをデコンボリューションして求めた磁化とサンプルを薄切りにして直接求めた磁化はX,Y,Zそれぞれの軸で良い一致を示すことが確認された(Fig.1)。これは、pass-through測定から薄片測定までの間にVRMを獲得すること、サンプル切断時の乱れなどがあることを考えるときわめてよい結果であると言える。また、薄片の磁化をコンボリューションして、これにガウス型ノイズを重ね合わせて人工的に生成したデータをデコンボリューションしたところ、オリジナルの薄片の磁化とよく一致した(Fig.2)。さらにデータに階段状のノイズを重ねることによってデコンボリューションはステップノイズによる擾乱を受けやすいことが解った。

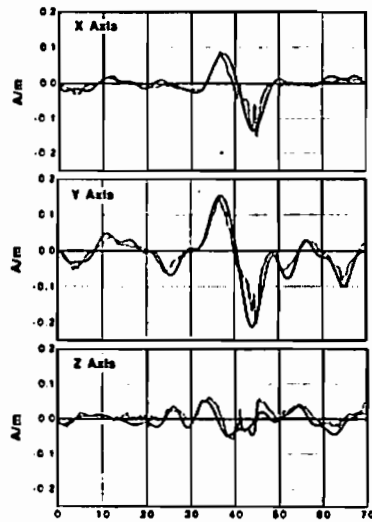


Fig.1 Solid line and dotted line represents magnetizations deconvolved from pass-through data and magnetizations of thin sections, respectively.

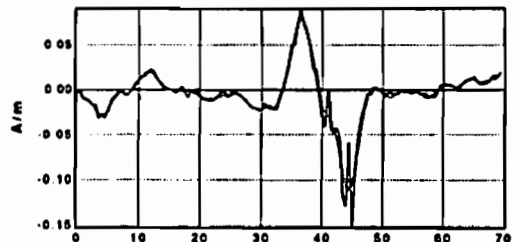


Fig.2 Solid line represents magnetizations of thin sections. Dotted line represents magnetizations deconvolved from convoluted magnetizations of thin sections with Gaussian noise.



# E42-P65 地磁気永年変化 - 反転と非双極子磁場の2つのモード

網川 秀夫 東海大開発技研

## Geomagnetic secular variation / reversal and two modes of the nondipole field

Hideo Tsunakawa (Inst. of Res. & Develop., Tokai Univ.)

Paleomagnetic directions of the transition and the secular variation suggest two modes of the nondipole field. The author examines a model of these modes on the basis of the available paleomagnetic data.

昨年春の学会で、房総半島海成層の古地磁気データの解析結果ならびにこれまでに発表されている火山岩の古地磁気データより、地磁気反転中の磁場方位変化のパスが大円を通り傾向があり、それは $g_1^0$ と $Df(\Delta g_1^0 - 0.984h_2^1)$ または $Qf(g_2^0 - 0.982g_2^1)$ でつくられる2つの大円に近いことを述べた。このDfとQfは、過去200年間の地磁気直接観測によるガウス係数から選択したものである。図1に、花崗岩体のデータも合わせて等角投影図を示す。方位変化のパスが大円をなす傾向があることがわかり、すべてではないがDf/Qfに比較的良く対応する。

Tsunakawa(1988)は、フリュンヌ期地磁気永年変化のVGPのazimuth(AZ)分布が一様でないことを示した。上記の議論を延長すれば、地磁気永年変化にも2つのモードが現われていることになる。

図2に、その比較を示す。図2より、AZ分布の集中している方向とDf/Qf方向との一致度が良いことがわかる。

このことは、Tsunakawa(1988)のモデルG(単一モード)の修正を示唆する。これらのことをもとに、地磁気永年変化(方位、強度) - 反転などをどの程度2つのモードで説明できるかを検討したい。

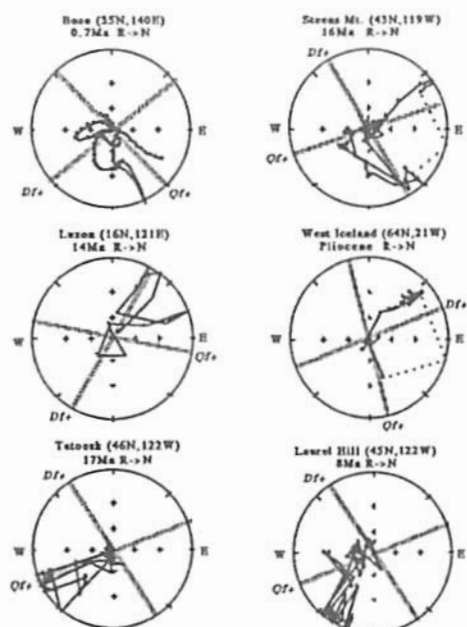


Fig.1 Polar projection of rotated direction in transitional stage.

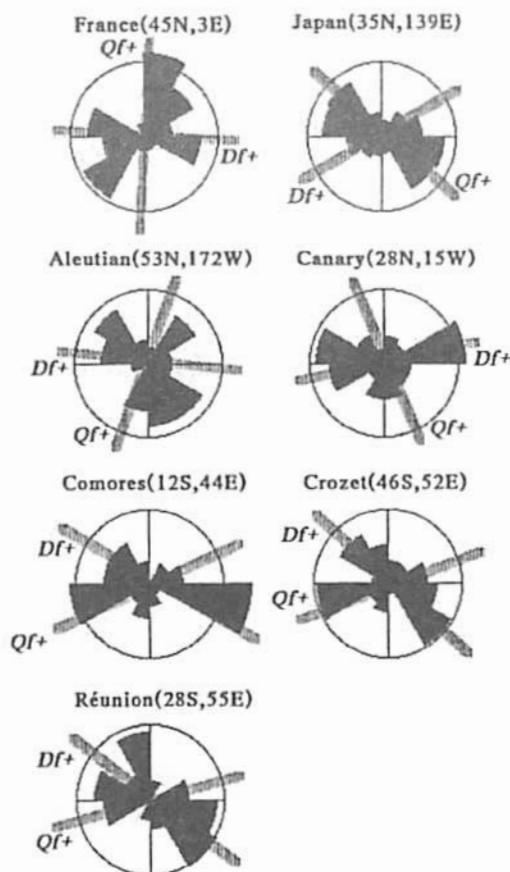


Fig.2 Rose diagram of relative azimuth of Brunhes VGPs.

## 太陽風 (I)

G11 01~05

座長 宗像 一起 (信州大理)  
寺沢 敏夫 (京大理)

## 太陽風 (II)

G11 06~09, P25,26

座長 小島 正宜 (名大STE研)  
三宅 亘 (通総研)

## 地磁気じょう乱を伴った プロトン現象の解析

\* 亘 慎一 (通信総研平磯センター)、J.A. Joselyn(NOAA/SEL)

Analysis of proton events associated with geomagnetic disturbances

Shin-ichi Watari(CRL/Hiraiso Solar Terrestrial Research Center)  
J.A. Joselyn(NOAA/Space Environment Laboratory)

Proton events observed by GOSE from 1976 to 1989 are analyzed in this study. They have a good correlation with geomagnetic disturbances. The flares associated with them do not express special distribution in solar longitude. This tendency is almost the same for each range of Ap indices associated with proton events. However soft X-ray emission associated with proton events in the east hemisphere is larger than in the west hemisphere. Soft X-ray duration do not have a good correlation with Ap indices or maximum proton flux.

静止軌道上で、10MeV以上のプロトンが10個以上観測される現象がプロトン現象と定義されている。本報告では、1976年から1989年の間に米国の気象衛星GOSEで観測されたプロトン現象と地磁気じょう乱に関する解析結果について報告する。図1は、プロトン現象を起こした太陽フレア(プロトンフレア)の太陽面上での発生経度とそのフレアに伴って観測された地磁気じょう乱(Ap指数)の関係を表したものである。図からプロトン現象と地磁気じょう乱(Ap $\geq$ 30)の発生は、かなり良い相関を持っていることがわかる。プロトンは、惑星間空間の磁場の影響により、太陽面上におけるフレアの発生経度によって地球までの伝搬のしやすさが違い、太陽面の東側より西側のほうが地球に到達しやすい。しかしながら、図に示されたように地磁気

じょう乱(Ap $\geq$ 30)に関係したプロトンフレアの発生経度には、特に大きな偏りは見られない。比較的プロトンが伝搬しやすい太陽面の西側で発生したプロトンフレアに限定して調べてみても、観測されたプロトンの最大フラックスとAp指数の間にそれほど有為な相関は見られない。ただし、GOSEで観測されたプロトンフレアからの軟X線について調べてみると太陽面の東側で起こったものの方が、西側で起こったものよりやや軟X線の放射強度が大きい傾向にある。近年、長い継続時間を持った太陽からの軟X線放射(LDE)と地磁気じょう乱に関係した太陽現象であるCoronal Mass Ejection(CME)の関係が指摘されているが、軟X線の継続時間とプロトンの最大フラックス、Ap指数の間にはっきりとした関係は見い出せなかった。

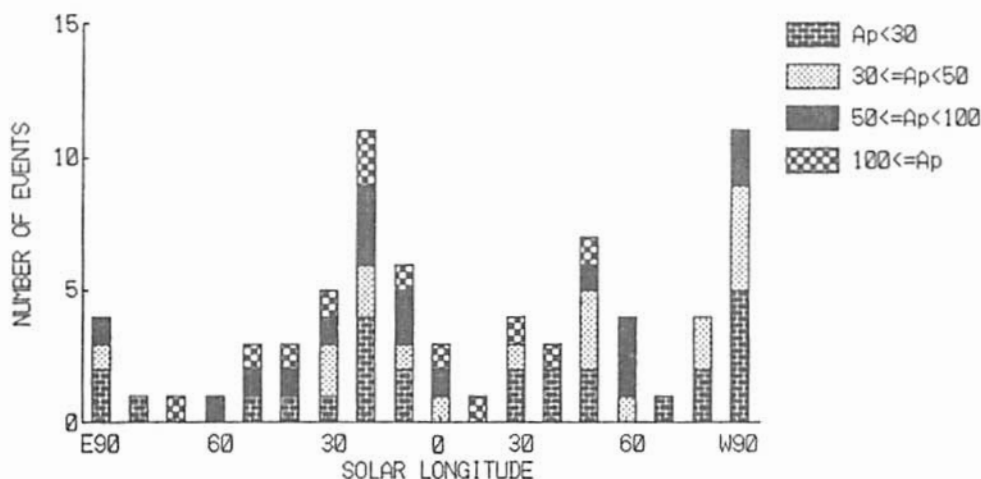


図1 プロトンフレアの発生した太陽面経度と地磁気じょう乱 (Ap指数)

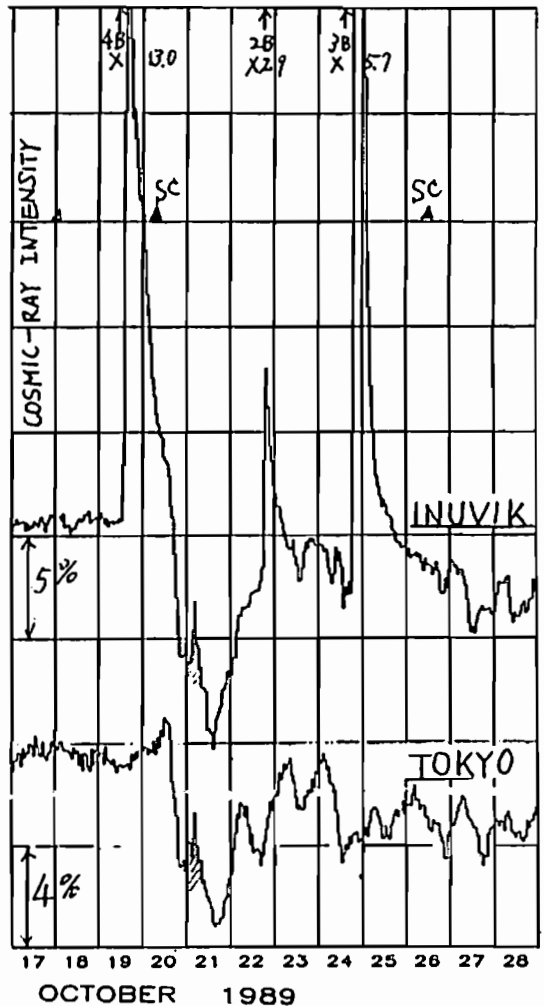
榑原志津子、藤井善次郎、長島一男（名大STE研）、龍岡亮二（中部大）

Short-Term Increase of Cosmic Rays Observed on October 21, 1989.

S. Sakakibara, Z. Fujii, K. Nagashima (STE Laboratory, Nagoya Univ.)  
R. Tatsuoka (Chubu Univ.)

The short-term increase of cosmic-ray intensity was observed in a period of 0300 hour UT ~ 0600 UT October 21, 1989 during Forbush decrease. This event was not due to the enhancement of cosmic-ray daily variation. These cosmic rays are supposed to be guided freely (or easily) from outer space through a path with disturbed magnetic state. We call this sort of the guide path in the cosmic-ray duct and call the event the duct-guided increase.

1989年10月19日からの数日間には宇宙線のエネルギー領域（1~100GeV）においても、種々の現象が起きている。比較的大きいGLEが3回、200GVの宇宙線まで減少させたForbush decreaseが2回発生している。更に、10月20日SSCの数時間後に始まったForbush decreaseの途中で、10月21日0300hourから0600hour UTの間には、宇宙線強度の増加が観測された。この宇宙線のshort-term increaseは世界共通ではなく、経度60°~150°Eを中心とした東側のみで観測され、西側のstationでは増加は見られなかった。また、この増加した粒子のupper-limiting rigidityは、名古屋のMuon telescopeの観測から~25GVと推定される。このような現象は以前にも1967年と1979年に観測されており、その時のイベントの解析から、宇宙線がdisturbed magnetic state (IMPのordered magnetic fieldに囲まれて形成されている)をもったpathに沿って、outer spaceから地球に入って来たものと推定した。このguide pathをcosmic-ray ductと呼び、このeventをduct-guided increaseと呼んでいる。



坂下地下中間子計で観測された恒星時半日変化から推定した  
銀河系空間の宇宙線異方性  
藤本和彦 (STE研) 森下伊三男 (朝日大) 長島一男

**Galactic Cosmic-Ray Anisotropy and its Heliospheric Modulation,  
Inferred from Sidereal Semidiurnal Variations in the Rigidity  
Range 300–600 GV Observed with Multidirectional Muon  
Telescope at Sakashita Underground Station**

K. Nagashima and K. Fujimoto

Cosmic-Ray Section, Solar-Terrestrial Environment Laboratory,

Nagoya University,

I. Morishita

Department of Physics, Asahi University,

The existence of sidereal semidiurnal variation of cosmic-ray intensity in a rigidity region  $10^2 \sim 10^3$  GV has been reported by many researchers, but there is no consensus of opinion on its origin. In this paper, using the observed semidiurnal variations in a rigidity range (300 ~ 600 GV) with ten directional muon telescopes at Sakashita underground station (geog. lat.=  $36^\circ$ , long.=  $138^\circ$  E, depth= 80m.w.e.), we determine the magnitudes ( $\eta_1, \eta_2$ ) and directions ( $a_1, a_2$ ) of the first and second order anisotropies in the following galactic cosmic-ray intensity distribution ( $j$ ) in considering the influence of cosmic-ray's heliomagnetospheric modulation, geomagnetic deflection and unclear interaction with the terrestrial material and also of the geometric configuration of the telescopes;

$$j dp = j_0 \{1 + \eta_1 P_1(\cos \chi_1) + \eta_2 P_2(\cos \chi_2)\} dp,$$

where  $P_n$  is the  $n$ -th order spherical function and  $\chi_n$  is the pitch angle of cosmic rays with respect to  $a_n$ . Usually, the semidiurnal variation is produced by the second order anisotropy. But, the present observation requires also the existence of the first order anisotropy which usually produces only the diurnal variation, but can produce also the semidiurnal variation as a result of the heliospheric modulation. The first and second order anisotropies have the magnitudes of  $\eta_1 > 0$  and  $\eta_2 < 0$  and almost the same direction ( $a_1 \sim a_2$ ) of the right ascension ( $\alpha \sim 0.75$  hour) and the declination ( $\delta \sim 50^\circ$  S) and, therefore can be expressed, as a whole, by an axis-symmetric anisotropy of loss-cone type (i.e. deficit intensities in a cone). It is noteworthy that this anisotropy nearly coincides with that inferred from the air shower observation at Mt. Norikura

## G11-04

### 高エネルギー宇宙線 ( $\sim 10^{12}$ 電子ボルト) 強度変化の 南北非対称性の日・豪共同観測計画

◎ 宗像一起、安江新一、茅野 基、森 覚、<sup>^</sup>藤井善次郎、<sup>^</sup>赤羽重信、<sup>^</sup>J. E. Humble、  
<sup>^</sup>A. G. Fenton、<sup>^</sup>K. B. Fenton、<sup>^</sup>M. L. Duldig  
信州大理、<sup>^</sup>名大 S T E 研、<sup>^</sup>深志高、<sup>^</sup>Tasmania Univ.、<sup>^</sup>Australian Antarctic Div.

#### Japan-Australia Cooperative Observation of North-South Asymmetry of High Energy Cosmic Rays ( $\sim 10^{12}$ eV)

◎ K. Munakata, S. Yasue, K. Chino, S. Mori, <sup>^</sup>Z. Fujii, <sup>^</sup>S. Akahane, <sup>^</sup>J. E. Humble,  
<sup>^</sup>A. G. Fenton, <sup>^</sup>K. B. Fenton, <sup>^</sup>M. L. Duldig  
Shinshu Univ., <sup>^</sup>Nagoya Univ., <sup>^</sup>Fukasi H. S., <sup>^</sup>Tasmania Univ.,  
<sup>^</sup>Australian Antarctic Div.

Japan-Australia cooperative project is going to begin on April 1991 aiming to observe the north-south asymmetry in high energy cosmic ray intensity variation. A multi-directional muon telescope will be installed  $\sim 400$ m.w.e. underground in Tasmania Island, Australia. The telescope consists of two layers of plastic scintillators separated by 1.5m. Both layers have total area of 15m<sup>2</sup>, being composed of 3 $\times$ 5 array of 1m<sup>2</sup> units which are 1m $\times$ 1m $\times$ 0.1m plastic scintillators viewed by two 5-inch photomultiplier tubes. The counting rate in each directional component telescope will be recorded in the observation site and sent to Tasmania Univ. by using telephone linkage. The data will be analyzed and compared with the conjugate observation in the northern hemisphere by Zohzan(220m.w.e.) underground muon observatory which has been continuously monitoring the intensity variation since 1984 in Japan.

SAKASHITA 及び MATSUSHIRO 等のこれまでの観測によれば、深い地下における恒星時  
日変化の振幅は南向きの方向望遠鏡で大きくなる傾向を示し、異方性に顕著な南北非対称  
性が存在しているらしいことがわかってきた。また、他のエネルギー領域に比べこのエネ  
ルギー領域 ( $\sim 10^{12}$ 電子ボルト) では振幅が極大になっているらしいことも報告されて  
おり、この点からもより詳しい観測が望まれる。こうした現状を踏まえ、我々は南半球で  
の地下宇宙線観測を計画してきた。さて、この度平成3年度から文部省の科 研 費 で 計 画 を  
遂行できる運びとなった。ここではこの計画の概要及び現状について報告するとともに、  
観測が始まった後に期待される成果についても議論する予定である。

◦ 南 繁行 大阪市大工

竹屋 芳夫 中部大工

Laboratory Simulation of the Heliosphere

S. Minami, Y. Takeya

Osaka City Univ., Chubu Univ.

A simulation was done as an interaction between the magnetized high-speed plasma flow and the other non-magnetized plasma flow emitted at a certain point. Time resolved photographs indicate how the shock structure is controlled by the simulated magnetic field orientation of the inter-stellar medium to its flow. The result indicates expansion of the contact surface through the magnetic field line which crosses the position of the simulated sun.

磁化プラズマ流とプラズマ塊の相互作用を実験室で行い、太陽磁気圏のシミュレーションをおこなった。次のことがわかった。

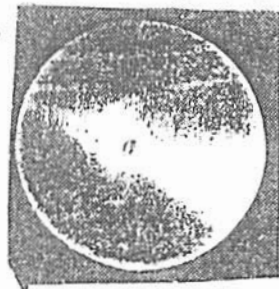
(1) 粒子の平均自由行程  $\lambda_i$  は 50 cm であり、形成された衝撃波は collision free と考えてよい。

(2) LISM の流れに垂直に磁場を印加すると太陽磁気圏は放物線状の衝撃波面をもつ。一方流れと平行な磁場を印加すると磁気圏は LISM の方向にくちばし状の衝撃波面をもつ。これはある方向に流れを射出したときの別の媒質に対する相互作用 (Wiukler et al., 1987) に似ている。LISM のもつ磁場は太陽磁気圏の特異点を形成していることになる (第 1 図)。

図はその 1 例で、時間分解カメラによる撮影によって得られた Heliosphere の形状は Baranov 等の予想した放物形状のものとは異なっていることを示している。図で LISM が左からくるとき、プラズマ塊は磁力線に沿って高速で移動する効果が卓越していることがわかる。シャッター速度は 10  $\mu$ s, プラズマ流およびプラズマ塊の存在時間はほぼ 2 ms である。

Wiukler, K.-H. A., et al., Phys. Today, 40, 28, 1987.

第 1 図



## 0.3 AU 以内で観測された低速太陽風

○小島正宜<sup>1</sup>、鷲見治一<sup>1</sup>、袴田和幸<sup>2</sup>、三澤浩昭<sup>1</sup> (<sup>1</sup>STE研、<sup>2</sup>中部大学)

## VERY LOW-SPEED SOLAR WIND OBSERVED WITHIN 0.3 AU

M. Kojima<sup>1</sup>, H. Washimi<sup>1</sup>, K. Hakanada<sup>2</sup> and H. Misawa<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup> Department of Engineering Physics, Chubu University

Origin of a low-speed solar wind has been one of mysteries in the solar wind physics as well as a high-speed wind from a coronal hole. We observed low-speed winds slower than 200 km/s at distances of 0.2 ~ 0.3 AU in 1984 using IPS technique. Source region of this very low-speed wind locates on a strong bipolar magnetic field region in the photosphere. The origin of the very-low speed wind can be explained by low pressure gradient in a streamer which cannot diverge largely.

低速太陽風が何処から吹き出しているのか？何故高速風に作用する加速機構の影響を受けないのか？これらの低速風の問題は、高速風の加速機構と共に太陽風物理の中で解決されていない問題である。我々は、1984年のIPS観測データの中に200 km/s以下の低速太陽風を見つけた。この太陽風は、太陽から0.2 ~ 0.3 AUの距離で三つの電波源のIPSで観測された。この太陽風を、定速かつradial flowの仮定で2.5Rsのsource surfaceに戻して吹き出し領域を求めてみた。Hakamada et al. [1991]によると、このsource surfaceの吹き出し領域に相当する光球面の緯度・経度領域には、強いbipolar磁場が有り、その回りの磁場はコロナ中に大きなdivergence構造を持って広がっている。Wang and Sheeley [1990]は、磁場のdivergence rateと太陽風速度とは逆相関関係にあることを統計的に示したが、Washimi [1987]は、計算機シミュレーションにより数太陽半径以内であれば、むしろdivergenceの大きな中緯度の速度がより早くなることを示している。また、Hakanada [1991]の解析では、速度とdivergence rateとの相関は余り明瞭ではない。しかし、ここで報告する低速太陽風は、磁場のdivergenceの大きな所で観測されておりWang and Sheeleyの結果と一致しているが、低速太

陽風のoriginは、磁場のdivergingが重要なのではなくdivergeした磁場が、closed fieldに沿って再びrefocusして、いわゆるHelmet streamerを作ることによると考えるべきである。それは、Streamer内のプラズマは、三次元的に惑星間空間に広がって行くことができないために圧力勾配( $\nabla P$ )による太陽風加速が減るためと考えられる。Current sheet内のプラズマは緯度方向へのdivergingが抑えられているが、強いcompact bipolar磁場で作られる細いstreamerは、緯度・経度の両方向へのdivergingが抑えられるために $\nabla P$ の減りは更に大きい。太陽風は、数太陽半径以遠では $\beta > 1$ となり、radialなdivergingを始めると考えられているが、観測では太陽風速度は0.3AUに於いてもなお大きな加速を受けていない。Streamerが太陽からどの位離れたところから三次元的にradialなexpansionを始めるとかを今後明らかにする必要がある。また、flux tubeのdivergenceが大きな所では、アルフヴェン波が減衰してしまうために高速風になれないとの説もあり、divergence rateと速度関係を明確にすることも必要である。



## 太陽自転効果を考慮に入れた太陽圏外圍構造のMHD解析

鷺見治一 (名大STE研)

## MHD Analysis of the Outer Heliosphere Including the Solar Rotation Effect

Haruichi Washimi (STE Laboratory, Nagoya University)

A structure of outer heliosphere is studied in cylindrically symmetric system by means of MHD simulation including the solar rotation effect. It is shown that a magnetic neutral sheet structure is formed along the helio pause. The global heliospheric current system is also discussed.

軸対称システムで太陽圏外圍構造のMHDシミュレーション解析を行っている。太陽表面での磁場は双極子配位とし太陽の自転効果を考慮に入れる。これにより惑星間空間中の磁場にトロイダル磁場が含まれ、いわゆるパーカー磁場配位を得ることが出来る。ポロイダル磁場の太陽からの距離( $R$ )依存性は $R^{-2}$ であり、一方トロイダル磁場の距離依存性は $R^{-1}$ であり、このため太陽から遠距離ではトロイダル磁場が主になる。従って、太陽圏の外圍構造の解析には太陽の自転効果を考慮に入れることが不可欠である。

我々は太陽近傍において太陽自転効果を考慮に入れた惑星間空間磁場配位のMHD解析に成功することが出来た(GRL vol. 17, 33, 1990)。太陽圏の外圍構造の解析のためにまず問題となることは、太陽近傍の解を如何にして外圍まで拡張するかということである。原理的には、太陽近傍のシミュレーションボックスにおいて太陽風はすでに超音速・超アルブーン速になっているので、いくつかのシミュレーションボックスを用意して内側の解をより大

スケールの解へと次々とつなげていくことが可能である。この方法により我々はまず深太陽風の解を得、次にこの解の外側に星間ガス及び磁場を初期値として加え、MHDシミュレーションにより太陽圏外圍構造の(準)定常解を求めた。

結果として

1. Helioopauseに沿って磁気中性面が形成される。
2. 太陽風がTerminal Shockを越えるとヘリカル磁場強度が数倍大きくなる。太陽回転が実際の回転速度の例えば10倍速ければこの大きなヘリカル磁場の圧力(非線形力)により太陽からのプラズマ流は軸方向に大きく曲げられる。
3. ヘリカル磁場をつくるポロイダル電流は磁気中性面に沿って外向きに流れるが、Terminal Shockを越えた領域では磁気中性面自体が下流に流されるため、それに沿って下流に向い、暫時極方向に方向を変え、最終的には惑星間空間の高緯度帯を通過して太陽にもどるという巨大な閉じた電流系をつくる。

斎藤尚生<sup>1</sup>・小塚幸央<sup>1</sup>・今崎 篤<sup>1</sup>・高橋忠利<sup>1</sup>・鷲見治一<sup>2</sup><sup>1</sup>東北大・理 <sup>2</sup>名大・STE研

## MOHICAN-TYPE SOLAR CORONA AS EXPLAINED BY THE TRIPLE-DIPOLE MODEL

T. Saito<sup>1</sup>, Y. Kozuka<sup>1</sup>, A. Imasaki<sup>1</sup>, T. Takahashi<sup>1</sup>, and H. Washimi<sup>2</sup><sup>1</sup> Geophysical Institute, Tohoku University, Aoba-ku, Sendai 980<sup>2</sup> Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University, Toyokawa 442

Coronagraph data during 1980 to 1989 are analyzed together with the solar magnetic field data. It is revealed that basically one sheet of coronal streamers makes a rotational reversing during one solar cycle. The reversing of the coronal sheet is well explained by the triple-dipole model. The figures display the vertical coronal sheet as the Mohican-type hair during a sunspot maximum.

**緒言** 極大期の太陽コロナ(図1)は、栗のいごのように全ての方向に、ほぼ等方的に広がっているものと考えられていた。ところがこれは、ほぼ垂直に立った磁気中性面に沿って、モヒカン刈りの髪のように板状分布したコロナを、天球上に投影して見ているに過ぎないと考えられる。このことを、データとモデルの両面から実証する。

**データ** 主に1980年から1989年までの期間について、HAOのコロナグラフと、スタンフォード大学の太陽磁場データが用いられる。

**解析** 図2は、極大期(1980年)のコロナ強度分布を、半径2.0Rsの球面上に投影したものを、光球面(1.0Rs)と流源面(2.5Rs)の中性線と共に、横から見た図である。(1)コロナはほぼ紙面に沿った大円上に、モヒカン刈り型に分布していること、(2)紙面の前方と後方に一箇所づつ、N磁極とS磁極に対応して、コロナルホールが存在していることがわかる。図3は図2を正面から

見た図である。

**結果** (1)11年周期を通じてコロナは、基本的に一枚の磁気中性面に沿って分布し、極小期(水平)→極大期(垂直)→極小期(水平)へと回転反転する。

(2)この回転反転は、3双極子モデルでよく説明される。

**討論** (1)我々は、コロナが1.5億kmかたにあるために、遠近感がわからずに天球面上に投影された姿を観察している。従って皆既日食の際、モヒカン刈りを真正面から見ない限り、コロナは放射状に見える。中性面を地球が通過する瞬間に縦型コロナとして観測できる確率は、僅か1%以下に過ぎない。(2)極大期には、明瞭な28日周期を持った磁気圏静穏日が、地球で観測されるが、これは低速太陽風が、モヒカン刈り型コロナ面、即ち垂直磁気中性面から吹き出している証拠を示している。

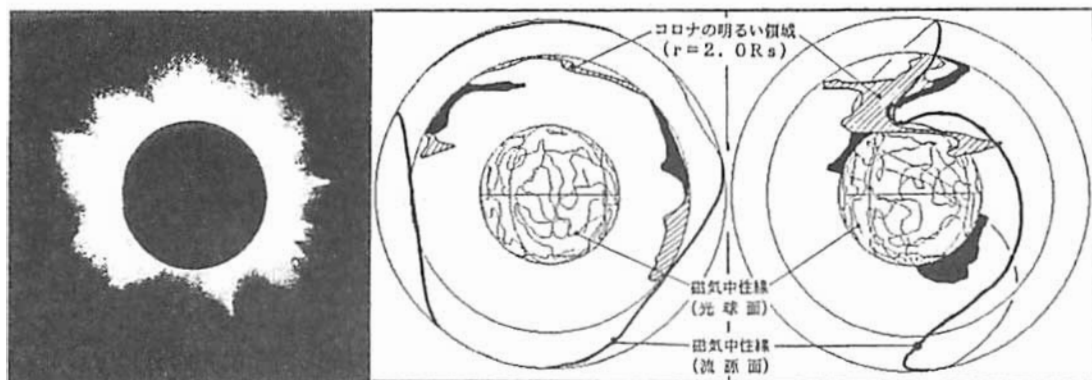


図1

図2

図3

## 太陽風擾乱に伴う彗星磁気圏のダイナミクス

小塚幸央<sup>1</sup>・斎藤尚生<sup>1</sup>・沼澤茂美<sup>2</sup><sup>1</sup>東北大理、<sup>2</sup>JPL

DYNAMICS OF COMETARY MAGNETOSPHERE ASSOCIATED WITH INTERPLANETARY DISTURBANCES

Y. Kozuka<sup>1</sup>, T. Saito<sup>1</sup>, and S. Numazawa<sup>2</sup><sup>1</sup> Geophysical Institute, Tohoku University, Aoba-ku, Sendai 980<sup>2</sup> Japan Planetarium Laboratory, 3-1-8 Yoneyama MZ, Niigata 950

The study of disturbances of cometary plasma tails, or cometary magnetospheres provides us very valuable information on the three-dimensional structure of the solar wind and the heliomagnetosphere. Five comets appropriate to study the cometary magnetosphere appeared from the latter half of 1989 to 1990. Many plasma tail disturbances were observed being associated with frequent solar wind perturbations owing to the high solar activity. Some analyzed results will be reported on three events of comet Levy (1990c).

彗星 plasma tail、すなわち彗星磁気圏の擾乱現象の研究は、2つの観点から重要である。第1は、太陽風や太陽磁気圏の3次元構造を知るという観点であり、第2は、我々の地球磁気圏や火星・金星磁気圏などとの対比を目指した比較磁気圏学的な観点である。

1989年後半から1990年にかけて、僅か1年の間に5個の明るい彗星が現れ、実に多様な plasma tail の擾乱現象を起こした。太陽活動が極大期にあったため、極小期に出現した Halley 彗星よりずっと多くの擾乱が観測されたと考えられる。それぞれの現象が太陽風構造や地球磁気圏との比較という観点に於て重要であり、これらの現象の解析から、いろいろな研究成果が得られた。

本論文では、1990年8月に出現した Levy 彗星(図1)の擾乱現象を中心として、現象に関する解析結果を報告する。

解析資料には、短時間露出で連続速写された写真が用いられた。

Levy 彗星について、これまでに得られている結果は次の通りである。

(1) 8月18日 約2時間半の間に連続速写法により15枚撮影された写真から、tail の fork 型構造や tail 内の波状構造の dynamics が捉えられた。

(2) 8月25日 顕著な disconnection event (DE) が観測され、91 km/s の速度で彗星核から遠ざかっていることが明らかになった(図2)。

(3) 8月27日 波状の構造と共に3個の plasmoid が観測された。26日には地球磁気圏でも磁気嵐が発生しており、同一の太陽風擾乱によるものである可能性がある。この event は、磁気嵐の時の地球磁気圏の太陽風に対する応答を研究する上で、彗星磁気圏擾乱の連続速写 data が極めて有効であることを示す一例であろう。

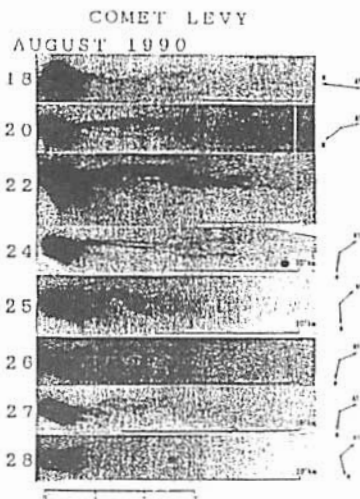


図1

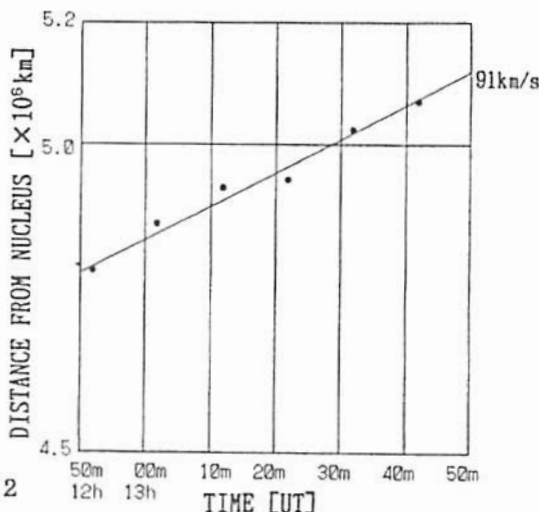


図2

アルフヴェン波を含む太陽風モデル

◦梅本秀雄 寺沢敏夫  
京都大理

An Alfvén Wave-Driven Solar Wind Model

H. Umeki and T. Terasawa  
Department of Geophysics, Kyoto Univ.

Solar-originated outward-propagating Alfvén waves have been commonly observed in the interplanetary space and thought to play an important role as an additional nonthermal energy source for high-speed solar wind streams emanated from the coronal holes.

The spatial gradient of Alfvén wave pressure,  $\nabla_r (\delta B^2/8\pi)$ , contributes to the flow acceleration. (The flow is basically driven by 'thermal' pressure.) For contribution to the heating of the solar wind, however, some nonlinear wave dissipation process is required since Alfvén waves possess no inherent dissipation mechanism, to first order, due to their noncompressive nature. As a possible process in the solar wind, we have paid attention to parametric decay instability; in this process a forward-going Alfvén wave decays into another backward-going wave and a sound (slow magnetosonic) wave, and the resulting sound waves can be Landau-damped in the usual manner. Thus the wave energy can be liberated to heat plasmas.

In the case that a pump Alfvén wave has a broadband spectrum, it has been believed that such waves might be difficult to decay in the solar wind. However, our recent numerical analysis<sup>1</sup> indicates that thus *incoherent* Alfvén waves can also decay with sufficiently large decay rates.

We have investigated the Alfvén wave-driven solar wind model with the wave dissipation through the parametric decay process. Radial profiles of the solar wind characteristics in the presence of the process will be demonstrated.

---

<sup>1</sup>H. Umeki and T. Terasawa, Decay instability of incoherent Alfvén waves in the solar wind, 1991 preliminary

# 地磁気変化から推測した1910年のハレー彗星および太陽風と地球磁気圏との相互作用

家森俊彦・荒木徹 (京都大学・理学部)

SOLAR WIND - MAGNETOSPHERE INTERACTION AT THE POSSIBLE CROSSING OF COMET HALLEY'S TAIL IN 1910 INFERRED FROM MID-LATITUDE GEOMAGNETIC FIELD DISTURBANCES

T. Iyemori<sup>1</sup> and T. Araki<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Data Analysis Center for Geomagnetism and Space Magnetism, Faculty of Science, Kyoto University, Kyoto 606, Japan.

<sup>2</sup>Department of Geophysics, Faculty of Science, Kyoto University, Kyoto 606, Japan.

Geomagnetic disturbances during the period from April to June 1910 are analyzed to detect the possible effects of the comet Halley on the solar wind - magnetosphere interaction. Data from six mid-latitude geomagnetic observatories are used to calculate the longitudinally symmetric (i.e. Dst) and asymmetric fields. An application of a linear prediction filter to separate the solar wind dynamic pressure effect on the disturbances from that of the ring current suggests that there exists a compressional variation in the Dst on May 18 which is around or slightly earlier than the time of estimated cometary tail encounter. The normal-run magnetogram from Agincourt on the dayside and that from Shanghai on the nightside also indicate rather strong (i.e. 30-40 nT) compressional variation. The disturbances characteristic to the solar wind - magnetosphere interaction under the southward IMF condition and that of the ring current development are seen during the period. An exponential recovery of the Dst also supports the above interpretation. These results suggest that the Earth's magnetosphere has been affected by a dense cometary plasma tail with high dynamic pressure though the solar wind-magnetosphere interaction typically observed under the southward IMF condition has been taking place during the encounter.

1910年5月に地球がハレー彗星の尾に入るかもしれないということで、一部の人は、地磁気変動にどのような影響が現われるか注目したが、特に変わった変動は見いだされなかった (Rippoldt, 1910)。しかし、Yan et al. (1984)は、上海で記録された地磁気擾乱とハレー彗星の地球近傍通過時刻の良一致から、それらの間の関連を示唆した。Ivanov and Shevina (1966)およびRussell et al. (1987)は、西側半球の地磁気データから、地球磁気圏がハレー彗星の尾の中に入り、太陽風の動圧が減少し、地球磁気圏が閉鎖したことを示唆した。1910年5月18-19日の地磁気擾乱がどのような性質のものであったか、東西両半球の地磁気観測データを詳しく調べることで、この問題についてより確かな結論を得ると共に、彗星の尾の中に地球磁気圏が入るという非常に希な現象から彗星の尾の構造についての情報を得ることがこの研究の目的である。

1910年の地磁気データがどの程度残されているかを、世界資料センター (WDC) を中心に調べたが、残念ながら44程度の観測所のデータ以外には充て足でない。ここでは、経度方向に比較的一様に分布するよう選択した観測所の一時間間 (瞬間値) データの水平 (H) および傾角 (D) 成分から、軸対称変動 (SYM-いわゆるDst成分) と非対称変動 (ASY) を算出し、これら変動と太陽風パラメータや高緯度地磁気擾乱との関係の現在の知識を適用して、当時の太陽風-磁気圏相互作用を推定する。

図1は、1910年4月から6月にかけての地磁気1時間間隔から算出したDstの変動とDおよびHの非対称変動成分を示す。方法についてはIyemori (1990)に記したものとほぼ同じである。太陽の27日自転周期による再帰性擾乱がわかるように時間軸をずらして表示している。ハレー彗星が接近した5月17-20日を縦線と区切っている。一見してわかるように、5月18日から始まる擾乱は、回復が速やかであり、主要原因は、リングカレントの発達と減衰によるものであることを強く示唆する。この時期内には他に、太陽風の動圧の増加による磁気圏の圧縮や強い南向き惑星間磁場 (IMF) に伴う変動がみられ、ハレー彗星の磁気圏に入って太陽風の影響が弱くなったという解釈とは逆に、むしろ太陽風-磁気圏相互作用が強まっていたようである。特に、太陽風の動圧の増加は、彗星起源のイオンが大陽風により加速されたものではないかと考えられる。

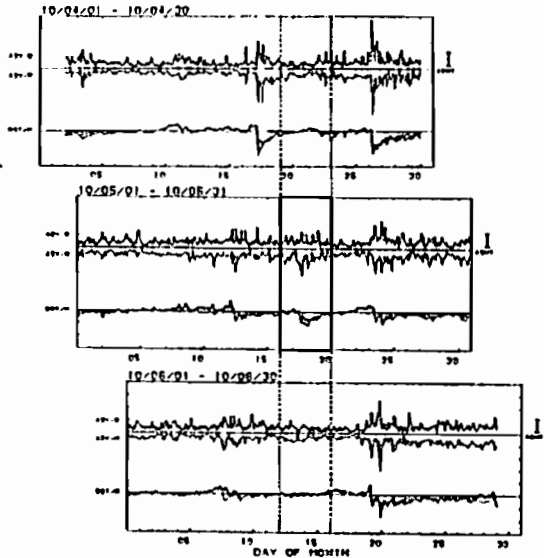


Figure 1. The asymmetric disturbance fields of the H- and D-component and the symmetric field of the H-component (i.e. Dst) derived from 6 mid-latitude stations. The period from April 3 to June 29 is shown shifting the horizontal axis to show the 27 days recurrent storms more clear. The period from May 17 to 20, 1910 is emphasized by a box with thick line.

## Acknowledgments

This study was initiated during a stay of Prof. O. Vaisberg at Kyoto University as a visiting professor supported by a fund from Japan Society for the Promotion of Science. We thank his introduction on the geomagnetic variation during the encounter of the comet Halley. We also thank the staffs at the World Data Center A for STP, Prof. H. Gao at the World Data Center D for Geophysics, the Kakioha Magnetic Observatory and Prof. D.R.K. Rao at the Indian Institute of Geomagnetism for kindly providing the data in 1910.

## 太陽風 (III)

G12 01~04, P22~24

座長 渡辺 堯 (名大STE研)  
品川 裕之 (通総研)

## 極域現象 (I)

G12 05~09, P43~45

座長 早川 基 (宇宙研)  
佐川 永一 (通総研)

## ULF

G12 10~15, P28~32

座長 山本 達人 (東大理)  
湯元 清文 (名大STE研)

片瀬拓弥、大家寛、飯島雅英、森岡昭、福岡順洋  
(東北大理)

Identification of the direction of decametric pulsating source  
using three base-line interferometer

° T. Katase, H. Oya, M. Iizima, A. Morioka and Y. Fukuzaki  
Geophysical Institute, Tohoku University

To identify the source position of the decametric pulsar with the period of  $421.602 \pm 0.01$  msec, interferometer method is applied by introducing the "Fringe Stopping" technique. In this method the interferometer system developed for observation of Jovian decametric radiation is utilized; obtained data are sent through the telemeter system to the main station at Sendai. The obtained data are digitized through the A/D converter. The box-car method is applied for the data set obtained under the same phase difference condition.

### 1. 序

1984年に発見された(Oya et al., 1988)、デカメートル・パルサーは、1983年~1990年までの定常観測により、そのパルスが、 $421.602$  msecの周期をもち、 $25-30$  MHz帯で銀河雑音レベルに対しそのパワーが約0.6%という非常にS/N比の低い信号であるがそのパルス波形は、box-car methodによって明確に検出されている。しかし、そのsource位置は、比較的指向性の広い八木アンテナで観測しているため、銀河中心方向での精密な位置決定の研究が必要とされてきた。本研究では、この問題の解決のために、1990年に3基線加算式位相掃引型干渉計と従来のbox-car methodを結合する事により、より正確なsource位置の同定を可能にすることができた。

### 2. 手法

宮城県内にある3ステーション(川波-A、蔵王-B、米山-C)で観測されたデータはリアルタイムで仙台にテレメータ伝送され、PCMデータレコーダに記録される。記録されたデータを後に再生し、B局に対し、A局とC局の観測データを、それぞれ、Phase Shifterを用いて位相差を $72^\circ$ おきに変化させながら3つの信号を加算しつつA/D変換する。デジタル化されたデータに対し、天球上の天体の動きによるFringe変化を追跡しつつ、従来のbox-car methodを適用すると、空間的強度分布図が得られる。

### 3. 観測結果

1990年5月30日~6月1日(14時~18時(UT))にわたり、銀河中心を追跡した時に得られると予想される理論的強度分布と、同時刻の観測データに対し位相維持を銀河中心として追跡した場合は強度分布とを比較した。その結果、両者は傾向的によく一致している事が確認できた。この事は、本研究の干渉計の分解能(約 $26''$ )よりもsourceの広がり小さく、銀河中心領域から到来する電波である事を示している。Fig. 1に、この期間の従来の定常観測によるパルス波形を示し、またFig. 2に3基線干渉計によるパルス波形を示す。両者の波形は、良い一致を示している。

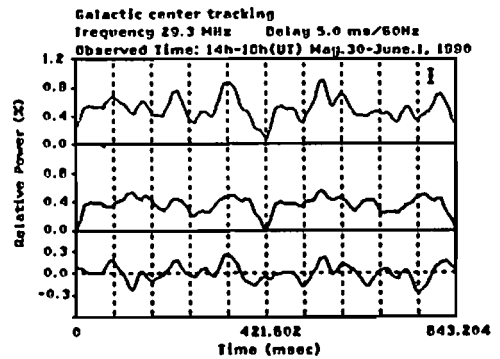


Fig. 1 定常観測によるパルス波形

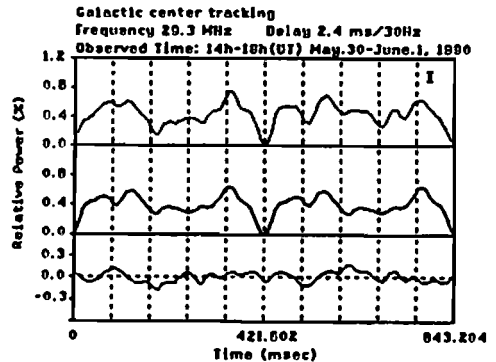


Fig. 2 干渉計によるパルス波形

° 古川 欣司、大家 寛、森岡 昭 (東北大理)

## Effects of turbulent regions around solar magnetic sector structure for Jovian decametric radiation from 12 years ground-based obserbasion

K. Furukawa, H. Oya and A. Morioka

Geophysical Institute, Tohoku Univ.

Using 1km base line interferometer data obtained during about 12 years, the effect of turbulent regions in the interplanetary space around the solar magnetic sector structure was studied with correlation to the encounter with Jupiter. Calculations have been made to obtain dynamic cross-correlation between the geomagnetic disturbances  $\Sigma Kp$  and JDF emission from the non lo-related A source. The results show that in declining phase of solar activity, the enhancement of JDF is apparently correlated to the encounter of solar magnetic sectors, but in inclining phase the effect of the encounter is not clear because there are many other disturbances associated with solar flares.

## 1. 序

1977年以来定常観測を続けている 1km 干渉計のデータを用いて、太陽磁場のセクター境界(カレント・シート)付近の太陽風パラメータにおける擾乱の、木星デカメータ電波発生に対する影響をダイナミック・クロスコリレーションの手法(Oya and Morioka, 1977, 1981)を用いて解析した。特に太陽活動の上昇期及び下降期における比較的安定した 2 セクター構造が形成されている時期について、その結果について考察する。

## 2. 解析結果

非イオン圏連木星デカメータ電波(JDF)の発生と、地球における  $\Sigma Kp$  の値とのダイナミック・クロスコリレーションを計算する事により、太陽活動の上昇期及び下降期に於いての、太陽磁場のセクター境界域付近の太陽風擾乱の JDF 発生に対する影響を調べた。図 1 は、1982 年の太陽活動の下降期のデータについての解析結果である。図中の斜線は、衛星観測より得られた太陽風速度を基に計算した理論的な遅延時間である。地球磁場変動に関する  $\Sigma Kp$  と JDF 発生の相関がこれらの斜線の前後で高いことから、太陽磁場のセクター境界域付近の擾乱が JDF 発生に対する影響を調べた。図 1 は、1982 年の太陽活動の下降期のデータについての解析結果である。図中の斜線は、衛星観測より得られた太陽風速度を基に計算した理論的な遅延時間である。地球磁場変動に関する  $\Sigma Kp$  と JDF 発生の相関がこれらの斜線の前後で高いことから、太陽磁場のセクター境界域付近の擾乱が JDF 発生に与える影響が明らかに示されている。また図 2 は、1978 年の太陽活動上昇期においての結果で、この場合高い相関をしめす遅延時間が理論値と一致しない部分が存在する。これは、太陽フレアの影響による地磁気擾乱や JDF の発生が数多く存在し、また、セクター構造自体も安定していない為と思われる。これらの結果より太陽活動の各時期において JDF 発生に高い影響を及ぼすべき惑星間空間プラズマの擾乱状態の違いが明らかになった。

## 3. まとめ

太陽活動の上昇期においては JDF 発生に対するフレアによる影響が大きく、下降期においては、太陽磁場のセクター境界域付近の太陽風の擾乱域の影響が大きくなること、ダイナミック・クロスコリレーションを用いた解析により確認された。

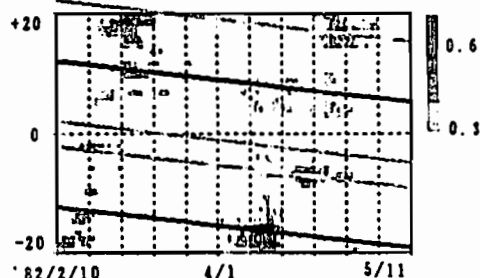


Fig. 1 The dynamic cross-correlation in declining phase of solar activity.

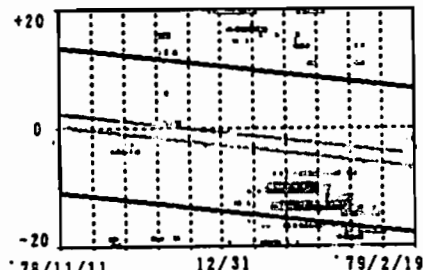


Fig. 2 Same as Fig. 1 in inclining phase of solar activity.

## 参考文献

- Oya, H., and A. Morioka, EOS, Trans. Am. geophys. Un., 58, 757, 1977  
Oya, H., and A. Morioka, Planet. Space sci., 28, 1193, 1981



## LOCATION OF INTERPLANETARY TYPE II RADIO SOURCES

Takashi Watanabe (STELAB, Nagoya Univ) and  
Denise Lengyel-Frey (GSFC/NASA)

Many examples of interplanetary (IP) type-II radio bursts were obtained by ISEE-3 radio experiment (e.g., Lengyel-Frey and Stone, *J. Geophys. Res.*, 94, 159, 1989). The principal observational parameters obtained from the experiment are the peak frequency at which the radio emission with the largest intensity is observed and the azimuth of the radio emission, measured by a spinning dipole. It is possible, in principle, to determine the location of an interplanetary type II radio source on the basis of these observational quantities, if we neglect the propagation effect. To do this, we assume that the peak frequency corresponds to either of the fundamental (F) or the second harmonic (H) of the local plasma frequency. The observed peak frequency can be converted to the heliocentric distance if we adopt a suitable density model of the solar wind. In this paper, we use the density model,  $N(R_{AU}) = 6.14 R^{-2.1} \text{ cm}^{-3}$ , which was given by Bougeret, King and Schwenn by using Helios spacecraft observations (BKS model). The source location can be estimated by a simple geometrical relationship by using the observed azimuth and the heliocentric distance calculated from the density model for each type II radio source.

We apply above-mentioned location finding method to a series of IP type II bursts which were observed in association with a large solar flare (3B) at 0825 UT on May 16, 1981. An SSC of the geomagnetic field took place at 23:01 UT on 17 May. The mean speed of the shock wave between the sun and the earth was 1070 km/s. IPS observations of 3C144 and 3C147 suggest that the highest-speed portion of the IP shock wave was located east of the sun-earth line. The three-dimensional distribution of the shock speed  $V$  is modeled by the formula  $V \text{ (km/s)} = 2000(R/0.06)^{-0.5} \cos(L+60^\circ) \cos(B-15^\circ) + 600$ , where  $R$  is the heliocentric distance in AU,  $L$  is the longitude measured from the sun-earth line, and  $B$  is the latitude measured from the plane of the earth's orbit. We compare the result of location-finding of IP type II bursts and the location of the shock front predicted by the shock model. The first example is shown in Fig. 1 for IP type II bursts (H waves) observed at 5 hours after the onset of the relevant solar flare. The location of each type II radio emission is shown by three squares corresponding to that for 1, 2, 3 times of the local plasma density given by the BKS model. The second example is shown in Fig. 2 for those observed at 19 hours after the solar flare (F waves). It is seen in Figs. 1 and 2 that the agreement between the predicted location of the shock front and the results of the location finding of the type II radio sources is remarkably good. It is concluded from the present work that the location of the IP type II radio sources estimated from the peak frequencies and the azimuths is consistent with the shock wave geometry and that the IP type II radio emission came from the western flank of the IP shock wave, not from the highest-speed portion.

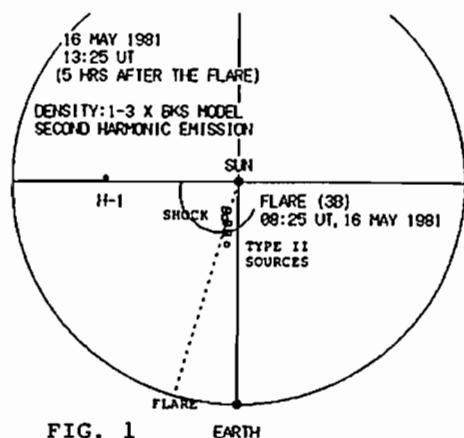


FIG. 1

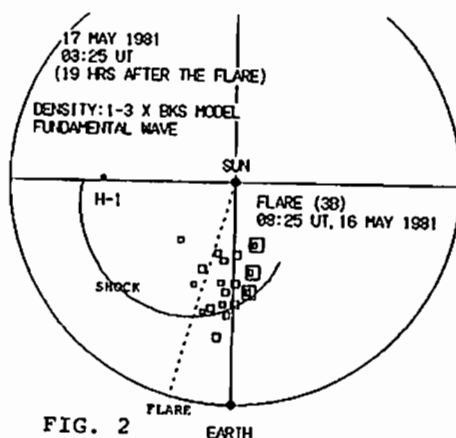


FIG. 2

Dynamics of the Venus Ionosphere

H. Shinagawa

Communications Research Laboratory

Dynamics of the Venus ionosphere is discussed using theoretical models and the observations made by the Pioneer Venus Orbiter (PVO). Our two-dimensional model shows that the vertical velocity is upward (>10 m/s) at high altitudes (z>240 km) in the dayside ionosphere. Below 240 km, on the other hand, the vertical velocity is downward and basically the same as that obtained by one-dimensional models. It is found that both the vertical velocities and ion production on the dayside play an important role in accelerating the ionospheric plasma to acquire the supersonic speeds observed by the PVO.

金星電離圏で昼側から夜側へ水平方向のイオン(主にO+)の流れがあることはPioneer Venusの観測によって良く知られている。その速度はterminator付近では数km/sにも達し、超音速流になっている(図1)。この運動を起こしている原因としては昼夜の圧力勾配による加速であるという考え方が現在のところ一般的である。実際、この考えに基いた2次元のモデル計算がいくつかのグループで行なわれ、理論的に求められた水平方向の速度が観測されている値と良く合うことが経験的にわかっている。しかし、なぜ電離層プラズマ流が超音速になりうるかについてはあまり議論されていない。今回はこの点について考えてみる。

電離圏の高速プラズマ流に対する式は、

$$\begin{aligned} & \frac{1}{M} \frac{dM}{ds} [M^2 - 1] \\ &= -\frac{g_s}{C^2} + \frac{1}{A} \frac{dA}{ds} - \frac{C_1^2}{C^2} \frac{1}{T_1} \frac{dT_1}{ds} - \frac{C_e^2}{C^2} \frac{1}{T_e} \frac{dT_e}{ds} \\ & - \frac{1}{Q} \frac{dQ}{ds} - \sum_n \frac{v_{in}}{C^2} (w_1 - w_n) \\ & - \frac{1}{T_e + T_1} \frac{d(T_e + T_1)}{ds} \end{aligned}$$

ここに、

$$C^2 = k(T_e + T_1)/m_1, \quad C_1^2 = kT_e/m_1, \quad C_e^2 = kT_1/m_1$$

$$M = w/C \quad Q = \int_a^s (q - l) A(s') ds'$$

- A: 流管の断面積, s: 流線に沿った座標,
- w: プラズマの速度, q: 生成率,
- l: 消滅率.

金星電離層のプラズマ加速において重要なのは流線の断面積の変化の項、(dA/ds)/A. であるが、イオンの生成の項、-(dQ/ds)/Q. による寄与もあると思われる。他の項の寄与は非常に小さい。

2次元モデルの計算結果(図2)から明らかなように、昼側の高度240km以上で上向きの運動が生じる。この結果、高い高度では流線の断面積は太陽天頂角と共に小さくなる。夜側に入ると直ちに流れは下向きに変わり、断面積は再び増加する。従って流れはノズルの構造となり、速度は超音速となることのできる。

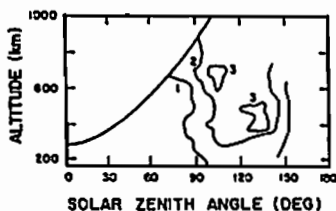


図1. Pioneer Venusによって観測された昼側から夜側へのO+の水平方向の平均速度(km/s)。左上の境界はionopauseの平均的位置を示す [Miller and Knudsen, 1987]。

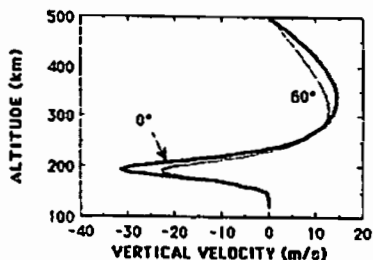


図2. 2次元モデルによって求められた鉛直方向のプラズマ速度。太陽天頂角0°(太い線)と60°(細い線)での値を示す。+は上向き、-は下向き。

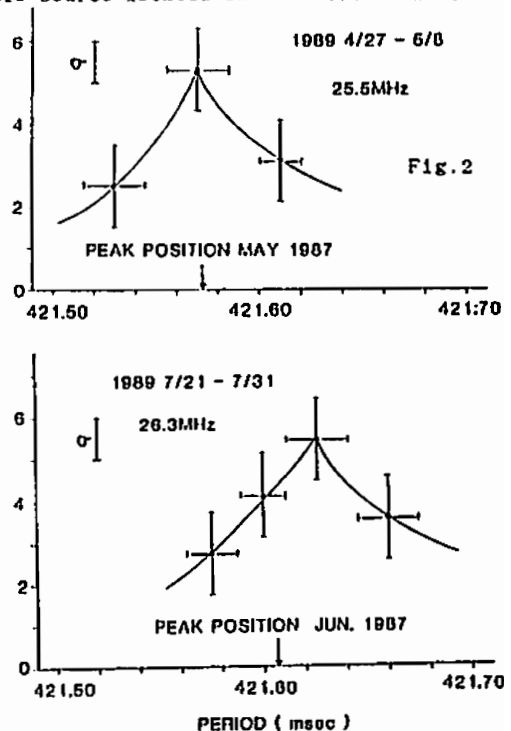
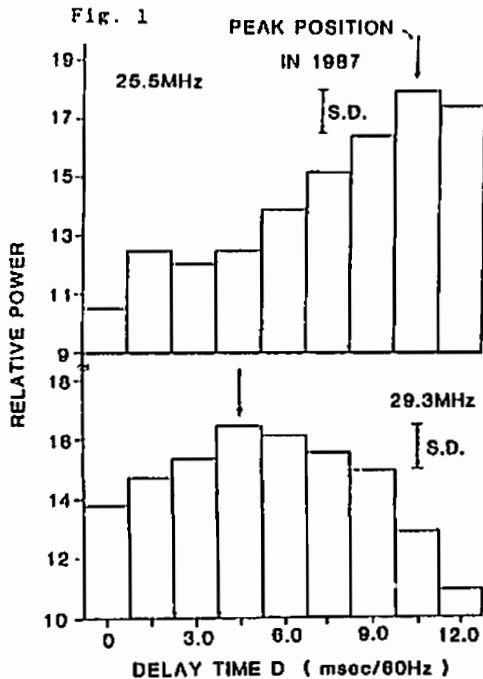
Observation of decameter radio pulses from the center of our galaxy - verification of dispersion and Doppler effects

M. Iizima, H. Oya, A. Morioka and T. Katase  
 Geophysical Institute, Tohoku Univ.

Within the decametric radio emissions from the center of our galaxy, a pulsating component has been discovered in a frequency range from 25.5 MHz to 29.9 MHz with a period of 421.802 msec and with a power of 0.8% of the background galactic noise level ( Oya et al., 1987, 1989 ). Since the discovery, continuous observations have been carried out at three decametric radio observatories ( Zao, Kawatabi, and Yoneyama stations ) employing Cs and Rb vapor time standard to track the pulse with same synchronization. In the present data analyses, the data obtained in 1989 and 1990 have been analyzed by box-car method and period tracking method ( Oya et al., 1989 ) and a verification has been made on the frequency dispersion effect and the Doppler effect on the pulsating component ( Oya et al., 1987, 1989 ) for a long time interval.

**Dispersion Effect** The dispersion effect on the decameter radio pulse during the propagation through the galactic media has been primary reported by Oya et al. ( 1987, 1988 ). In the present analyses, we have employed same "trial and error" approach to find the most suitable delay time for the data obtained in 1989 and 1990 observations. In Fig. 1, the variation of the pulse heights are shown as the function of delay time D for the observation band width of 60Hz. The results indicate that the maximum position of the pulse height occur at  $D=10.5\text{ms}/60\text{Hz}$  for observation frequency 25.5MHz and  $D=4.5\text{ms}/60\text{Hz}$  for 29.3MHz. These observation results indicate the same dispersion time for detected pulses as have been given by Oya et al. ( 1987, 1989 ) which are corresponding to  $NL=270 \approx 30$  pc/cc for plasma density N and distance L.

**Doppler Effect** Doppler effects in pulse period due to earth's orbital motion can also be detected in the present data analyses. As indicated in Fig.2, the center period of spectra of pulse period changes clearly by observation seasons. During the observation period from Apr.27 to May 8, 1989, the observed peak position appears at 421.570 msec, while in the case from Jul. 21 to Jul. 31, 1989, the spectra peak is obtained at the period of 421.628 msec. This observed shift of  $5.8 \times 10^{-2}$  msec between the two cases provide confirmation to the previous result as the effect of the Doppler shift due to the earth's orbital motion around the sun for the radio source located in the direction of our galactic center.



# G12-P23

## 木星電波の3次元レイ・トレイシング - II

三澤浩昭 (名大STE研), 大家 寛 (東北大理)

### 3-D Ray Tracing of Jovian Decanetric Radiation - II

H. Misawa<sup>1</sup> and H. Oya<sup>2</sup>

1. Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya Univ.

2. Geophysical Institute, Tohoku Univ.

3-D ray tracing of R-X and L-O node Jovian decanetric radiations (JDR) have been performed to investigate the generation processes based on several plasma distribution models; including high electron density model for Jovian polar region. The results show that the initial wave normal angles of emissions observable from the Earth are nearly perpendicular to local Jovian magnetic field both for R-X and L-O nodes. It is suggested that the processes of energy supply from the Io plasma torus to generation region closely relate to the dominant node of observed JDR.

### 1. 序

1955年 Burke & Franklin の発見以来、地上及び人工飛行体の観測により、木星デカメートル電波には幾多の特徴的な出現特性がある事が知られてきた。主な点として、

- ①地球方向に対する磁気経度値及びIo衛星の位置による出現頻度の特異性。(CML-Io位相角特性)
- ②出現周波数のCML-Io位相角依存性。
- ③偏波特性のCML-Io位相角依存性。特に、Io関連電波源に於ける右旋・楕円偏波性の卓越。

明確な出現特性が得られている一方、発生域近傍における基本的なプラズマパラメータ等の情報不足等もあり電波発生機構には未だ多くの謎が残されている。観測事実を拠所とし、3次元レイ・トレイシング法により、特にIo関連電波源に対する発生機構の諸条件の解明を試みてきたが、本講演では、現在想定し得る木星電磁圏モデルに基づく電波発生の描像と、尚残る問題点について報告する。

### 2. 手法及びモデル

第88回SGEPSS講演会予集に記した様に、従来行われてきたレイ・トレイシング(Hashimoto & Goldstein, 1983, Menletti et al., 1984, 1987)に対し、現在各種ある発生機構説を広く参照し、R-X, L-O両モードについて、全てのCML-Io位相角の組合せについてレイパスを求めた事、最高電子密度 $10^{17}$ /cc以上( $f_p \sim 40$ MHz)の極域高密度モデルを含め、各種の電子密度モデルを導入した事等が主な特徴である。

### 3. 結果

20MHzと30MHzの2つの周波数に対し、レイの発生位置は、R-X modeはローカルなR-X cutoff周波数に近い位置、L-O modeはL-O cutoff周波数からUHR周波数に対応する領域として、現在想定し得る各種の電子密度モデルを用いた3次元レイ・トレイシングを行った。結果として、

- ①楕円偏波特性、出現頻度特性との対応からレイの

伝搬域の電子密度は下部電離層で $10^{15}$ コ/CC程度。

- ②出現頻度特性との対応から発生位置での放射方向は両modeともローカルな磁場に対し $90^\circ$ 内外。の2点が確認された。一方、node及び周波数特性については、
- ③20MHzでは、発生位置がcutoff周波数域から比較的離れている時、両mode波とも南北起源の別なく広いCML範囲に対しレイは地球方向に伝搬。
- ④30MHz及び20MHzでもcutoff周波数域に近づいた場合、両modeとも北半球の限られたCML-Io位相角起源の電波のみが地球方向に伝搬。の2点が得られた。④は偏波特性より高周波でのR-X nodeの存在を示唆するものの、③、④の結果と、観測より得られた出現頻度と偏波のCML-Io位相角特性とは、十分対応するには至っていない。

出現頻度のCML-Io位相角特性を理解するには、発生域へのエネルギー供給の過程も加味する必要がある。Io関連の電波は、Ioがplasma torusのほぼ北端に位置する時出現する事が知られ(Fig. 1)、この時木星電波のエネルギー供給源と目される強力なAlfven波が南向きに励起され、発生域へ伝搬すると考えられている(Hashimoto & Goldstein, 1983)。この事はレイ・トレイシングの結果を解釈する指針として重要なポイントになると考えられる。

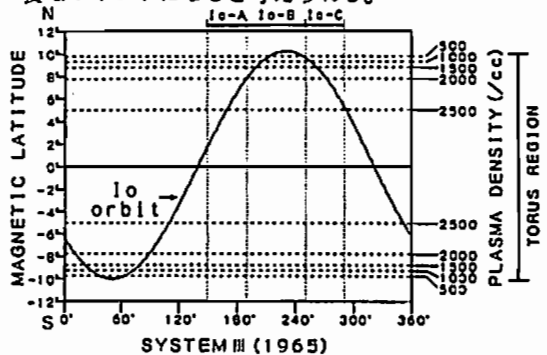


Fig.1 The position of Io in the Io torus.

2周波 (S/Xバンド)  
同時受信による太陽風シンチレーション観測

近藤哲朗、森 弘隆、田中高史、徳丸宗利、高羽 浩、小山泰弘  
(通信総合研究所)

SIMULANEOUS OBSERVATIONS OF INTERPLANETARY SCINTILLATIONS  
AT DUAL S AND X BAND FREQUENCIES

T. KONDO, H. MORI, T. TANAKA, M. TOKUMARU, H. TAKABA, and Y. KOYAMA  
(Communications Research Laboratory)

During the period of the interplanetary scintillation (IPS) observations from Sep. 20 to Oct. 19, 1990, both S(2GHz) and X(8GHz) band frequency radio waves from quasars (3C273 and 3C279) were simultaneously received by 34-m antenna at Kashima Space Research Center/CRL. We can derive the solar wind velocity by means of the co-spectrum analysis (Scott et al., 1983) of S and X band data.

1. はじめに

通信総合研究所では鹿島宇宙通信センターの34mアンテナを用いて、1989年秋期よりマイクロ波帯電波の太陽風シンチレーション観測を実施している。秋季(9月~10月)はS(2GHz)およびX(8GHz)バンドでの準星3C273および3C279の観測を行い、冬季(12月)はH<sub>2</sub>Oメーザー源IRC-20431(VX Sgr)を2GHzで観測した。1990年秋季には観測装置の改良にともないS/Xバンドの同時観測が可能となった。この2周波同時観測データからScott et al.[1983]の方法に従いコスペクトルを計算し太陽風速度を求めることができる。

2. 観測とデータ解析

S、Xバンド(それぞれ80MHzおよび190MHz帯域)の受信電波は検波およびLPF( $f_c=25\text{Hz}$ )を経て20msec周期で2ch同時サンプリングされる。観測は15分間を1区切りとして行ったがそのうち11分間(S、Xそれぞれ33000点のデータ)がデータサンプリングに充てられた。15分毎にアンテナのオンビームとオフビームを繰り返し、30分毎に準星を切り換えた。このような観測を一日あたり通常5時間以上行った。データ解析は以下に示す手順で行う。①S、Xバンドデータそれぞれ1024点ごとにFFT法によりパワースペクトル( $S_{ss}(f)$ 、

$S_{xx}(f)$ )およびクロススペクトル( $S_{sx}(f)$ )を求める。②これらを用いて規格化コスペクトルを下式で計算する。

$$K_{sx}(f) = \text{Re}[S_{sx}(f)] / [S_{ss}(f)S_{xx}(f)]^{0.5}$$

③ $K_{sx}(f)$ は正負の値をとるが低い周波数から高い周波数に向かうとき最初にゼロを横切るときの周波数を $f_c$ を求める。④この $f_c$ からScottらによる関係式 $V_s = fc(\lambda z)^{0.5}$ を用いて太陽風の速さを計算する。ここで $\lambda$ はSバンド電波の波長、 $z$ は回折スクリーンまでの距離(約1天文単位)である。

3. 結果

図1および図2にクロススペクトルおよびコスペクトル例を示す。図1中矢印で示す部分(約1.5Hz)およびその高調波の位置に見られるピークはシステムから発生した人為的な現象ではない(同じく図2中でも矢印で示す)。この周波数は太陽風の速度から予測される $f_c$ の範囲に近いので、この影響を取り除く必要がある。オフビーム時のデータを用いてこの不要波を取り除く方法についての検討を行っているが、講演ではこの検討結果およびパワースペクトルのフレネル周波数から求めた太陽風速度との比較等について報告を行う予定である。

参考文献

S.L.Scott et al., Astron. Astrophys., 123, 191-206, 1983.

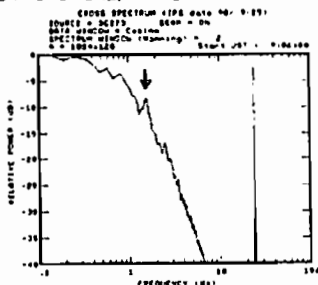


Fig.1. Cross-spectrum of S and X band scintillation data.

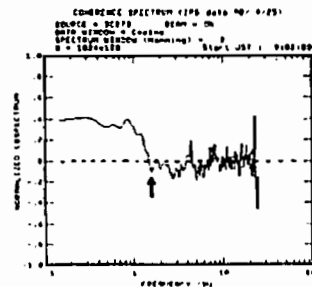


Fig.2. Normalized co-spectrum of S and X band scintillation data.

極域における電場変動と  
降下粒子との関連

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

Electric Field Oscillation Associated with Charged Particle Precipitation

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

There were many events of intense and irregular electric field in the polar region observed by EXOS-D. The electric - magnetic field ratio suggests the Alfvén wave model associated with the 0.3 - 1.0 Hz frequency range.

We have studied the relation between the electric oscillations and the structure of charged particle. In the cases of cusp, where the ion and electron originated from magnetosheath precipitate, the electric fields are especially intense. In other cases discrete electrons always precipitate when the fluctuations of electric field appear. The intensity of electric fluctuation was smaller than that observed in the cusp.

EXOS-Dによって、図1に示される様な激しく変動する電場の例が多数観測された。観測点の高度が6,500-10,000 km, local time が6H-18Hである例について周波数解析を行い、0.3-0.8 Hzの周波数帯の電場-磁場の比をとった。結果を図2に示す。電場及び磁場がAlfvén waveであるならば  $E/B$  は Alfvén velocity (V<sub>a</sub>) となるはずである。観測点におけるV<sub>a</sub>はおよそ10,000 km/sであり、観測から得られた値ではやや小さい。しかし、電離層で反射されたAlfvén waveが  $E/B$  を減少させる効果を考慮すれば、十分に考え得る値である。この結果から0.3-0.8

Hzの周波数帯の電場変動はAlfvén waveであると思われる。

降下粒子との関連に注目すると、昼間側でシース起源のion及びelectronが観測される場合(cuspと思われる)は特に電場強度が強かった。ionにenergy dispersionが見られる時には電場強度はcuspの低緯度側で最も強く、粒子のinjectionに伴って生じた変動がAlfvén waveとして伝搬して来たというモデルが考えられる。他の場合には、電場の変動が見られる時は常にdiscreteなelectronの降込みが観測された。

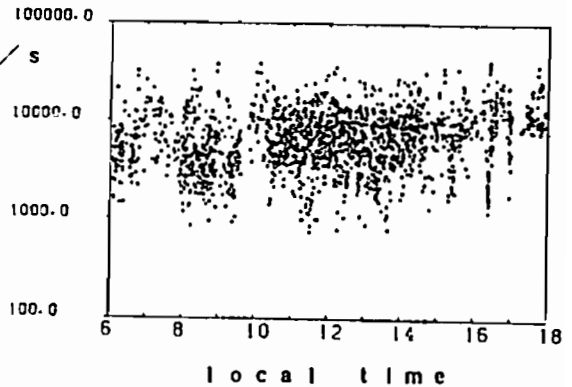
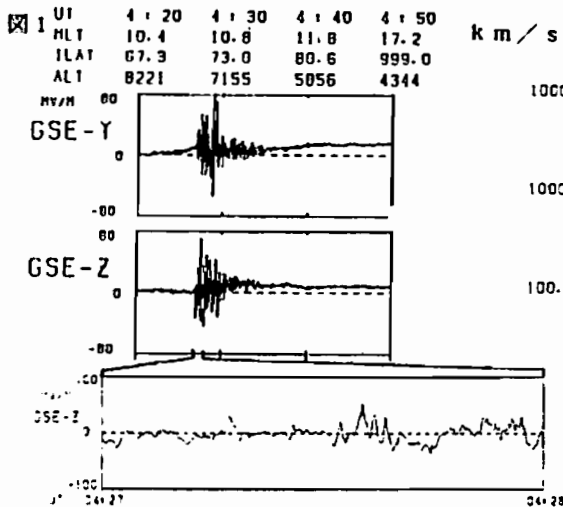


図2

# G12-06 EXOS-D/DMS Pで観測された昼間側オーロラ帯 降下粒子の磁気嵐時変化：1989年10月イベント

°向井利典、小原隆博、早川 基、町田 忍（以上、宇宙研）  
宮岡 宏（極地研）、賀谷信幸（神戸大）、R. P. Lepping (NASA/GSFC)

## Storm-time variation of the charged-particle precipitation on the dayside observed by EXOS-D/DMS P: 1989 October event

T. Mukai, T. Obara, H. Hayakawa, S. Machida (all at ISAS)  
H. Miyaoka (NIPR), N. Kaya (Kobe Univ.), R.P. Lepping (NASA/GSFC)

During the 1989 October magnetic storm event, the cusp latitude continued to decrease from ~75° (at 04 UT) down to 64° (at 14 UT) on October 20. The decreasing rate was rather gradual in spite of the first arrival of the interplanetary shock. This is most likely caused by continuous energy input to the magnetosphere, which might be much greater than the energy dissipation due to substorms. After the arrival of the shock, precipitating electrons and ions into the cusp became highly energetic and hot, and multiple injection signatures were frequently observed. In the equatorward of the cusp region, there appeared also low-energy trapped ions which had an energy dispersion signature of the higher energy cutoff.

1989年10月20～21日に発生した磁気嵐に於いて観測された昼間側のカスプから polar cap にかけての降下粒子パターンの変化について報告する。

まず、EXOS-Dで観測されたカスプ緯度の時間的な経緯について述べる。10月20日の04 UT頃までは75～76°にあったカスプはその後、徐々に低緯度の方にシフトし、14 UTには64°まで下がった。18 UTから翌21日11 UTまでの間には観測データがないが、そこで再び観測されたときには実に62°以下にまで下がっていた。これは多分記録的な数字で、12 UT過ぎに北海道で30年ぶりのオーロラの観測と関係があるに違いない。その間ずっと低緯度であったかどうかは問題であるが、21日05～09 UTの間のDMS Pのデータはまるで北向きのIMFの時のように極冠域は極めて狭められており、カスプは一度高緯度に復帰しているかもしれない。しかし、必ずしもそうでないかも知れない。DMS Pで観測されたこの間の降下電子の様相が、前日の14～15 UTのEXOS-Dで観測された極冠域の様相と似ているからである。この時はショックが通過した後で、IMFは大きく南向きになっており、カスプから polar cap にかけては正にその様相を呈しているが、夕方側の高緯度では低エネルギーのスパイク状の電子降下が観測されている。磁気嵐時の磁気圏の構造は通常と大きく異なっていたかも知れないので、即断は避けたい。20日のカスプの緯度変化に戻ると、これもちょっと不思議な変

化である。IMFはこの間（及びそれ以前から）長時間にわたって南向きであって、09:15頃に、前日の太陽フレアに起因すると思われる最初のショックが磁気圏前面に到来し ssc を引き起こしたが、そこでカスプの緯度が急変したということは無さそうである。通常は、カスプの緯度が下がり、極冠域が広がっていくと（即ち、磁気圏尾部の lobe の磁気圧が増加）或る threshold を越してサブストームを引き起こすわけであるが、この場合にはなぜか極冠域はますます広がっていった。サブストームで解放される以上のエネルギー供給が太陽風からあったと考えるのが妥当であろう。前記した21日前半の様相がはっきりしないが、この間にもエネルギーは磁気圏に貯り続け、ついに低緯度オーロラを引き起こした磁気嵐が全地球的に起ったのかも知れない。

個々のデータを少し詳細にみると幾つかの顕著な特徴が見いだされる。即ち、最初のショックの到着以後、カスプの降下粒子は非常に energetic and hot、また、時間的に transient な injection を示唆する降下イオンのエネルギー分散の多重構造があった。電子については、polar cap の奥深くまで尾を引いていて、低エネルギー側から消えていく分散が顕著である。また、カスプの低緯度の領域で、低エネルギーイオンの捕捉成分の出現という異常現象も観測された。

## EXOS-D/SMS で観測された低エネルギー DFI II

通信総研 佐川一、NRCC B.A. Whalen, A.W. Yau, S. Watanabe

Low energy Downward Flowing Ion (DFI) events observed by EXOS-D/SMS II  
E. Sagawa (CRL), B.A. Whalen, A.W. Yau, S. Watanabe(NRCC/HIA)

Downward Flowing Ion events (DFI) are defined in which the ion pitch-angle distribution has a peak at the down going direction toward the local ionosphere along the field line, i.e., ions are flowing toward the ionosphere from the magnetosphere. As reported previously, the EXOS-D/SMS instrument observed DFI events during the period from Nov. to Dec, 89, which are characterized with their very low energy (less than 50 eV) and latitude/mass dispersions. In order to interpret these events, both source and transport process of low energy ions must be understood. Possible source of those low energy DFI's are the polar wind ions blowing out of ionosphere in the conjugate hemisphere. The transport process involves the magnetospheric convection electric field and curvature of field lines. As indicated in the simulation by Delcourt et al. [1989], the transport process could produce the observed features of DFI events.

### 1 はじめに

EXOS-D の低エネルギーイオン観測 (LEP,SMS) から朝側のオーロラ帯で特徴的な Dispersion を持つ Downward Flowing Ion(DFI) が観測されたことは前回報告した。現象としての特徴をまとめると;

- Mass Dispersion (軽いイオンが高緯度側に現れる)。
- 重いイオンの方がエネルギーが高い。
- 1990年4月に衛星の軌道の関係から同じ領域での観測が行われたが、ほとんど DFI は観測されていない。

このような低エネルギーの DFI を説明する理論としては Delcourt et al.[1989] が提案している Polar Wind をソースとするものがある。

本報告では SMS で観測された DFI について Delcourt 流の解釈が可能かどうかを検討する。

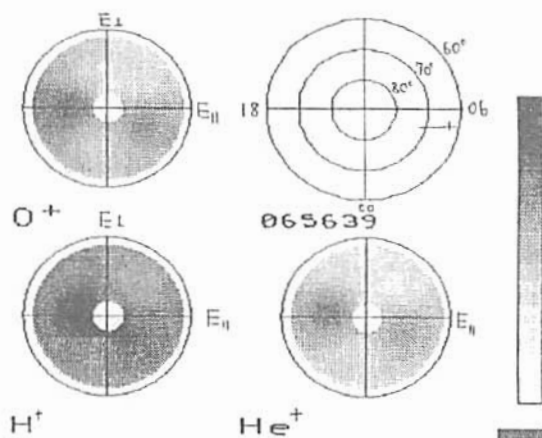


図 1: SMS による DFI の観測例

### 2 低エネルギー DFI の観測例

1989年12月5日に観測された DFI の例を示す。図 1 は DFI イベントの時の SMS の RPA 観測のデータをプロットしたものである。H<sup>+</sup>, He<sup>+</sup>, O<sup>+</sup> について円周方向は衛星のスピニング角、直径方向は RPA 電圧を取りカウント数を Grey Scale で示している。スピニング角は、右側が磁力線に沿って上向き、左側が下向きに流れるイオンをあらわす。右上の図は衛星の位置を  $\Lambda$ -MLT 座標で表している。RPA カーブの Cut-off 電圧はイオンのエネルギーに対応する。図から明らかのようにイオン種によって Cut-off 電圧は異なり、重いイオンほど大きなエネルギーを持っていることを示している。

### 3 Source and Transport

Delcourt は Polar Wind によって磁気圏に運ばれるイオンの軌道を計算することによって Source 領域では同じエネ

ルギーを持っていても反対半球では図 2 に示すようなエネルギーの分散が緯度方向に起こることを示した。この効果はイオンの速度によって決まるためにイオンによって異なる分散を持つことになる。講演では同様の計算方法によって、観測された DFI がどこに起源を持っているかを検討した結果を報告する予定である。

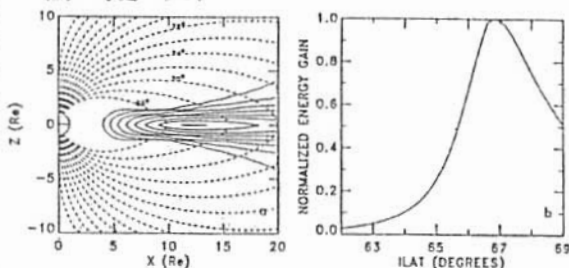


図 2: Delcourt et al., 1989



早川基、 鶴田浩一郎、 向井利典、 岡田敏美、 賀谷信幸  
 宇宙科学研究所 富山県立大学 神戸大学

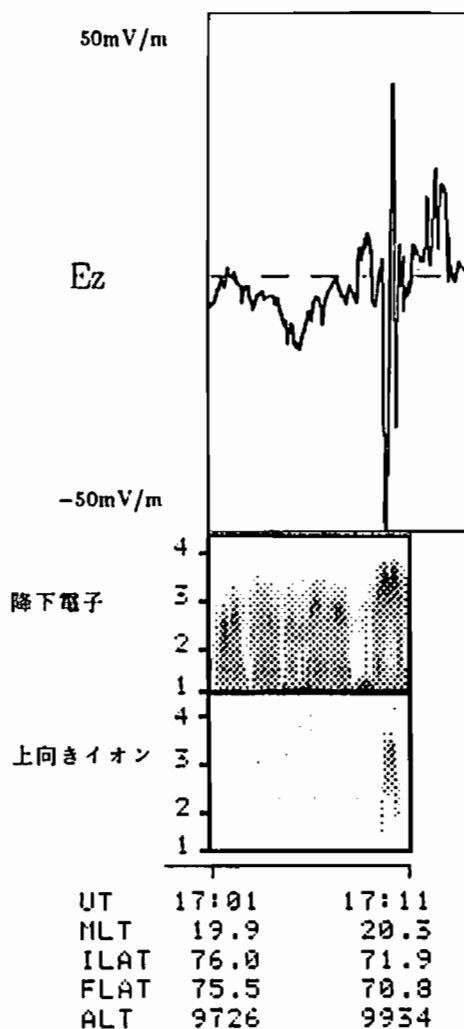
### Electric Field Structure associated with Upward Flowing Ion Beam

H. Hayakawa, K. Tsuruda, T. Mukai, T. Okada, and N. Kaya  
 The Inst. of Space and Astron. Sci. Toyama Pref. Univ. Kobe Univ.

Upward flowing ion (UFI) beam is frequently observed at the duskside auroral oval. Peak energy of the precipitating electrons at times decreases with the increase of the peak energy of the UFI beam. At the same time, large amplitude irregular electric field is observed. Electric field structure associated with the UFI beams is inferred from the observation and the consistency of the particle acceleration by the parallel electric field is examined.

午後側のオーロラオーバルに於いては電子の降り込みと共に上向きイオンビームが頻りに観測される。これらは、衛星の上下に存在する沿磁力線電場によって加速を受けた結果を見ているものと考えられている。この上向きイオンビームが観測される時の降下電子のエネルギーの変化を見ると、図1に示すように上向きイオンビームのエネルギーの増加に伴って降下電子のエネルギーが減少することがしばしば見られる。また、この時には同時にスパイク状の大きな変動電場が観測されることが多い。この事は、粒子が沿磁力線電場によって加速をされているとすると、イオンビームが観測されるより以前には衛星よりも上方にあった加速域が下方に移動し、衛星がその中に入ったために上向きに加速されたイオンビームを観測したものと解釈される。この様に降下電子のエネルギーが上向きイオンビームに対応して減少している例について、観測された電場変動からこの時の電場構造を推測し、沿磁力線電場による加速という従来からの解釈の妥当性について報告をおこなう。

図1、上向きイオンビームに伴う降下電子のエネルギーの減少と電場の変動の例。上から順に、電場のZ成分、降下電子のE-Tダイアグラム、上向きイオンのE-Tダイアグラムを示す。



# イオン・コニクスの 生成機構について

寺沢敏夫, 丹羽正久, 橋本武志 (京大理), 向井利典 (宇宙研)

On the Generation Process of Ion Conics

T. Terasawa, M. Niwa, T. Hashimoto (Dept. Geophys., Kyoto Univ.), T. Mukai (ISAS)

We have studied generation processes of ion conics in terms of the resonant ion-wave interaction mechanism at the cyclotron subharmonic frequencies: If the MHD turbulence observed in the cusp region consists of obliquely propagating Alfvén waves at least partially, we can apply our model to the ion heating process there.

極域で観測されるイオン・コニクスの生成機構についてはいくつもの理論が提唱されている。代表的なものに、  
 (1) ローワーハイブリッド波による加熱  
 (2) イオンサイクロトロン波 (静電電磁的) による加熱  
 (3) 低周波波動 (イオン・クロトロン周波数) による加熱  
 (4) 斜めダブル・レイヤーによる加熱などがある。特にカスプ領域のイオンのコニクスの場合、低周波のMHD的擾乱とともに観測されることが多いことから、我々は低周波のMHD波動 (周波数よりイオン・サイクロトロン周波数) による加速機構に注目し、理論的な検討を加えた。我々は先に、垂直伝搬の磁気音波とイオンの間に、イオン・サイクロトロン

周波数の1/2の周波数に共鳴機構 (低調波共鳴) が存在し、その条件を満たす波動場のなかで効率的なイオンの加速・加熱が起こることを示した (Terasawa and Nambu, 1989, GRL). その後、この共鳴現象は垂直伝搬の磁気音波に限られるものではなく、  
 ●斜め伝搬磁気音波  
 ●斜め伝搬アルフベソ波  
 の場合にも起き得ることを示してきた。極域のMHD擾乱はアルフベソ成分の特性を持ち、transverse成分の磁場強度が卓越する。しかし、磁場強度の揺らぎもtransverse成分の10%程度はある (石井によるDE衛星データ解の解析の結果) から、斜め成分が存在する仮定しても観測とは矛盾しない。仮定を認めれば、低調波共鳴機構を用いることが可能となる。

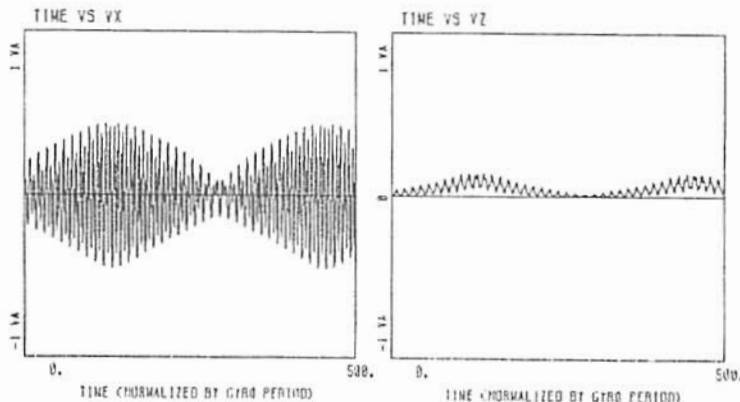


図1. 斜め伝搬 (60°) するアルフベソ波によるイオンの加速。波の周波数がイオン・サイクロトロン周波数の1/1.9のところで起きた低調波共鳴による。(左): 平均磁場に垂直な速度成分の時間変動 ( $0 < \Omega_{it} < 500$ )。縦軸はアルフベソ速度で規格化してある。速度が0.4 VA程度で頭打ちになっているのは非線型過程の飽和による。(右): 平均磁場に平行な速度成分の時間変動。斜め伝搬波による加速ではイオンは磁場に平行にも加速される。

上の図では、効果を見やすくするため、波の振幅は平均場の10%としてあり、極域に適用するためには大きすぎる。しかし、現実的な波の振幅 (< 1%) を仮定しても、極域はアルフベソ速度が大きいので僅かな加速によってもイオンは高いエネルギーを得ることができると期待される。

## 『あけぼの』でみられる降下電子とUFIのエネルギー-相関について

町田忍<sup>\*</sup>、賀谷信幸<sup>\*\*</sup>、向井利典<sup>\*</sup>、早川基<sup>\*</sup><sup>\*</sup> 宇宙研 <sup>\*\*</sup> 神戸大

## On the Energy Relationship between the Accelerated Electron Precipitation and UFI

## Measured with Satellite AKEBONO

S. Machida<sup>\*</sup>, N. Kaya<sup>\*\*</sup>, T. Mukai<sup>\*</sup>, H. Hayakawa<sup>\*</sup><sup>\*</sup> ISAS, <sup>\*\*</sup> Kobe Univ.

Correlated variation of the lower energy boundary of the accelerated electrons and upflowing ions are often measured with the plasma instrument carried by AKEBONO. We interpret that the lower energy boundary of the electrons are due to the potential difference between the satellite and the ionosphere specifying the boundary of trapped electrons. In addition, the production and motion of the secondary electrons are important processes to be taken into account. We argue the relation of the lower energy boundary of the electrons with the mean energy of the upflowing ions which directly related to the potential difference between the satellite and the ionosphere.

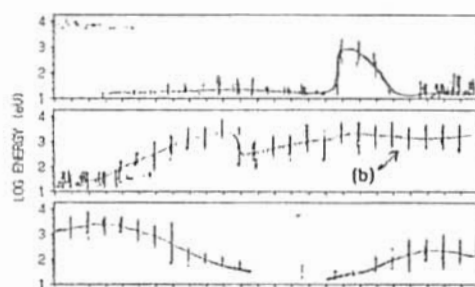
『あけぼの』衛星で観測された極域加速電子の下限エネルギー及び電離層から引き出されるイオンの平均エネルギーは、しばしば良い相関関係を示す。下図にその一例を挙げるが、左図（電子）、右図（イオン）ともに横軸の目盛りは8秒間隔で刻まれ、その間の20度ごとのピッチ角に対する粒子フラックスがエネルギーに対して濃淡表示されている。（8秒ごとのエネルギー・ピッチ角を表示する事になるのでE- $\alpha$ -tダイアグラムと呼ぶ事にする）左の電子のE- $\alpha$ -tダイアグラム中に5 keV程度のエネルギーを持った粒子フラックスの強い部分がある（沿磁力線電場で加速を受けた成分）。さらに、それを低エネルギー側に延長した所にも粒子（東轉電子）が存在する。その、下限の境界を結んだ曲線（a）を作り、右側のイオンのE- $\alpha$ -tダイアグラム中にも、平均エネルギーを

結んだ曲線（b）（両曲線の引き方は必ずしも厳密でない）を描くと、両者が類似の変化をしている事が明瞭であろう。磁気圏から地球向きに加速されて降下してくる電子と衛星高度でトラップされている成分の存在できる位相空間が沿磁力線加速電場によって影響を受け事により電子の下限のエネルギーの変化が説明できる。但し、以上の説明で二次電子を無視しているがその寄与は非常に小さい様である。電離層から加速されて上がってくるイオンのエネルギーが衛星-電離層間の電位に関する情報を与えてくれるので、そのエネルギーと電子の下限エネルギーに関して定量的な議論を行う。また、ある時間では、加速電子が速度空間で拡散を起こし東轉粒子の領域に入り込む可能性を示唆しているので、この点に関しても考察を行いたい。

FEB. 7, 1990 START TIME 15:59:00

ELECTRON

ION



# G12-P44 ディフューズオーロラ帯で観測された イオンエネルギー分散現象のピッチ角及び組成分布

\* 平原 聖文 (京都理/宇宙研) 向井 利典 (宇宙研) 佐川 永一 (通総研) 三宅 互 (通総研) 賀谷 信幸 (神戸大工) 早川 基 (宇宙研) 鶴田 浩一郎 (宇宙研) 西田 篤弘 (宇宙研)

Pitch Angle and Ion Composition Distributions of Ion Energy Dispersion in the Diffuse Auroral Region

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

We investigate the pitch angle and ion composition distributions of ion energy dispersion phenomena (ion band) observed on AKEBONO satellite (EXOS-D) in the diffuse auroral region. The distributions are important clues to study the source or mechanism of the ion band. The ion bands presented here have the field-aligned distributions. These observations mean the beam-like distributions near the equator in the magnetosphere. The precipitation by the pitch angle scattering in the equatorial CPS region is not adequate to explain such a pitch angle distribution or flux. When the ion band originates from the conjugate ionosphere by the upward electric field parallel to the magnetic field, we expect that the pitch angle distribution becomes beam-like in the magnetospheric equator. The relatively sharp distributions are consistent with the observed results. Then the ion composition measurement plays a significant role to determine the source of the ion band.

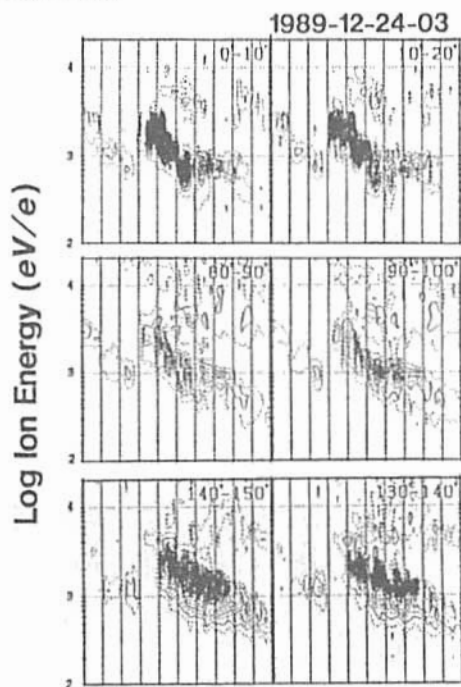
我々は、あけぼの衛星により1989年11月から1990年2月までの間に、MLT=20~7のディフューズオーロラ帯(CPS領域)で観測されたイオンエネルギー分散現象(イオンバンド)の起源、及び成因に関心を持っている。従来説では、磁気圏内で朝方から夕方に向いている対流電場と地磁気によるE×Bドリフトが、地球磁場と平行な電場成分により上向きに加速されたイオン流(UFI: Upward Flowing Ions)を緯度方向に分散させる、という速度フィルター効果が考えられている。ところが、あけぼの衛星の電場データを調べてみると、前回の学会で報告した様に、イオンバンドが観測されるような低緯度領域では、緯度方向ではなく、ほとんど経度方向の対流を示す電場である事は明らかである。この観測結果が意味するのは、もしイオンバンド現象が電離圏起源であるならば、そのソース分布は緯度・経度両方向に延びたアーク状でなければならない、という事である。また、イオンバンドの発生頻度に関しても、対流電場が共回転電場に連続的に移行し、比較的安定した電場構造の方が、速度分散したDFI(Downward Flowing Ions)を発生させやすいと考えれば、朝方側が夕方側よりも頻度が高いのは自然であるし、電場データもこれを支持している。

ここで、イオンバンドの起源が電離圏からのビーム状UFIであるならば、そのピッチ角分布、及びイオン組成がそれを裏付ける重要な手がかりになる。つまり、電離圏起源の上向きビームが反対半球に降下する場合、そのピッチ角分布は、散乱により多少の広がりがあるにせよ、共役点でも概ね沿磁力線分布になると予想される。また、分散したDFIが再び電離圏高度まで突入し、そこでミラーされると、衛星高度では、上下両方向のイオン流が観測されるはずである。この分布が、今問題としているイオンバンドのピッチ角分布(右図参照)とはほぼ一致する、という事は、ビーム状UFIがその起源であるという主張に合致するものである。

更には、イオンバンドが、アーク状に分布した平行電場により加速されたUFIが速度分散を起こしながら衛星高度まで降下する事により引き起こされる、との説が正しいならば、イオン組成にも、ある傾向が期待される。主成分として考えられるH<sup>+</sup>の他に、O<sup>+</sup>が有意に存在すれば、電離圏起源である事を示唆する事になる。また、その成分間に速度分散の違いがあれば、それらは何らかの速度フィルターを經過していると思わなければならない。この場合、電場データに示される経度方向の対流がその役割を担っている

のであろう。このような質量分散現象は、非熱的イオンの観測では佐川,他(第88回学会)、比較的高いエネルギー領域では賀谷,他(第86、87回学会)で既に発表されているが、イオンバンドの起源・成因の同定にも有用である。

今回の発表では、以上に述べたピッチ角及び組成分布を詳細に検討し、イオンバンドが、高高度電離圏起源であるビーム状UFIの速度分散によるもの、という仮説の妥当性を議論する。



イオンバンド現象のピッチ角別のエネルギー・時間変化  
上図: 下向き、中央図: 捕捉、下図: 上向き、のイオン流  
下向き、上向き、捕捉粒子の順で、強度が小さくなる。

# G12-P45 夜側オーロラオーヴァルにおける エレクトロン・バーストの統計的解析

\*高橋幸弘<sup>1</sup>、福西浩<sup>1</sup>、向井利典<sup>2</sup>

1: 東北大学理学部 2: 宇宙科学研究所

Statistical Analysis on Electron Bursts Observed at the Nightside Auroral Oval

Y. Takahashi<sup>1</sup>, H. Fukunishi<sup>1</sup>, T. Mukai<sup>2</sup>

1: Upper Atmosphere and Space Research Laboratory, Tohoku University

2: Institute of Space and Astronautical Science

In the nightside auroral oval burst like electrons, which play an important role as upward and downward field-aligned current carriers, are often measured by the low energy particle detector onboard the Akebono satellite. In order to examine the dependence of these electron bursts on geomagnetic activity and magnetic local time, we analyzed 160 electron burst events observed from December 1989 to February 1990. During this period, the satellite traversed the nightside auroral oval in the magnetic local time sector of 04 h - 19 h and in the altitude range of 5,000 - 10,000 km. The electron burst events were classified into three groups based on flux intensities. It is found that electron burst events with intense fluxes are observed less frequently as Kp becomes larger, except for Kp=1.

夜側のオーロラオーヴァルの中ではバースト状の電子が頻りに観測されるが、それは上向き及び下向きの沿磁力線電流のキャリアーとして重要な役割を果たしていることが多い。この電子のバースト現象は、極側境界部分から CPS 的な粒子の見られる領域までのかなり広い緯度で観測されているが、本研究ではポーラーキャップとオーヴァルとの境界領域に於けるバーストに注目して解析を行った。使用したデータは 1989 年 12 月から 1990 年 2 月にかけての 3 カ月間に、あけぼの衛星によって取得された北半球の観測データである。この時期、衛星は夜側のオーロラオーヴァルを横切る位置を、朝側から夕方側に変えながら周回しており、19 h - 04 h MLT をカバーしている。観測地点が北半球にあるため高度は 5000 - 10,000 km である。オーヴァルを横切る 230 パスのうち、極側境界が判別でき、バースト現象の見られたものは 160 例であった。これらのバーストをフラックス強度により 3 段階に分類し、それぞれについて地磁気活動度 (Kp) 及び MLT に対する依存性を調べた。フラックス強度の弱いものは、Kp が上がるにつれ頻度が増し、Kp=4 にピークを持つのにに対し、フラックス強度が強いものは逆に Kp=2 にピークがあり、Kp 値の増加とともに頻度は低下する傾向にあることが示された (Fig.1)。

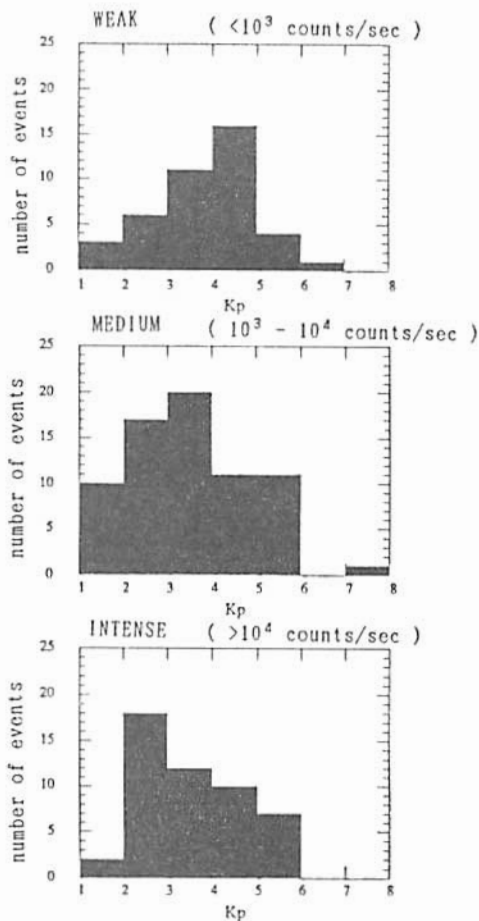


Fig.1. Dependence of occurrence of electron burst events on geomagnetic activity for weak, medium and intense fluxes is shown in top, middle and bottom panel, respectively.

◦Y. Tonegawa<sup>1</sup>, H. Fukunishi<sup>2</sup>, and H. Hayakawa<sup>3</sup>  
Akebono MGF and EFD teams

1. Department of Aeronautics and Astronautics, Tokai University
2. Upper Atmosphere and Space Research Laboratory, Tohoku University
3. The Institute of Space and Astronautical Science

A distinctive Pc 4 pulsation was observed by the fluxgate magnetometer (MGF) and the electric field detector (EFD) onboard the Akebono satellite on October 21, 1989 during a great magnetic storm. The pulsation was detected as the satellite was gradually passing the magnetic field line of  $L \approx 3$ ,  $MLT \approx 10h$ . The magnetic oscillation is dominant in the azimuthal component with a period of  $\sim 100s$ , which is about double as long as a usual fundamental period of field line resonance at  $L=3$ . We examine the oscillation mode and the generation mechanism of this unique pulsation by analyzing both the observed magnetic and electric fields.

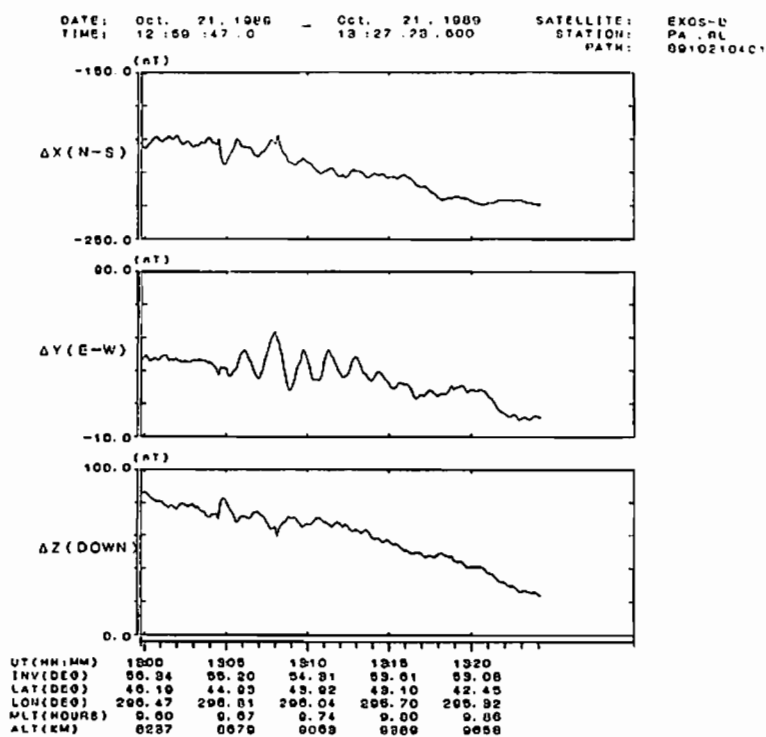


Fig.1 Wave form of the magnetic field observed on October 21, 1987 by AKEBONO.

# 静止軌道におけるPi2脈動の振動モードの経度依存性

竹内 仁<sup>1</sup>・斎藤尚生<sup>1</sup>・桜井 亨<sup>2</sup>・高橋忠利<sup>1</sup>・松岡 均<sup>1</sup>

1.東北大理 2.東海大工

## LONGITUDINAL MODE CHARACTERISTICS OF Pi2 PULSATIONS AT SYNCHRONOUS ORBIT

H. Takeuchi<sup>1</sup>, T. Saito<sup>1</sup>, T. Sakurai<sup>2</sup>, T. Takahashi<sup>1</sup>, and H. Matsuoka<sup>1</sup>

1.Tohoku Univ. 2.Tokai Univ.

Three component (H, D and V) magnetic field data obtained with the two geosynchronous satellites, GOES 5 (76°W) and GOES 8 (108°W) during April 1988 are examined to study the wave mode of Pi2 pulsations at synchronous orbit. Wave mode analysis is performed by means of the minimum variance method. The compressional mode appears around 23hLT, while the occurrence of the azimuthal transverse node shows two peaks near 21hLT and 01hLT, respectively, as shown in Figure 1. Sequential events observed simultaneously by both of the two satellites also show such spatial distribution of wave mode as the statistical result. It is inferred from these observational results that the compressional mode is related to the Pi2 source region in the magnetotail and the azimuthal transverse mode corresponds to the torsional field line oscillation on both longitudinal sides of the source region.

静止衛星 GOES 5 (76°W) 及び GOES 6 (108°W) で得られた 1988年4月の磁場データを用いてPi2脈動の振動モード解析を行い、その経度依存性を調べた。Pi2の発生頻度を考慮して19hLTから05hLTを調べ、卓越周期40-150秒程度のものを選んで解析した。minimum variance methodを用いて磁場の最大振動方向を計算し、振動モードを決定した。結果は以下のようにまとめられる。

(1) Figure 1 に local time に対するモードの分布を示すが、compressional mode は 23hLT 付近に現れ易く、一方 azimuthal transverse mode は 21hLT 付近と 01hLT 付近の二つの領域で発生の peak を持っている。

(2) compressional mode の発生頻度分布は、今回解析した Pi2 全体の発生頻度分布とよく似た傾向にある。

(3) GOES 5, GOES 6 の両衛星で同時に観測された現象を解析してみると、個々の現象でも統計的に得られた結果 (1) とよく似た空間的なモード分布を示した。

以上より compressional mode は Pi2 の発生域、すなわち磁気圏尾部の再結合領域に関係してその経度付近で観測されることが考えられる。一方、azimuthal transverse

mode は その両側の経度の磁力線が torsional oscillation を起こしていることに対応していると考えられる。

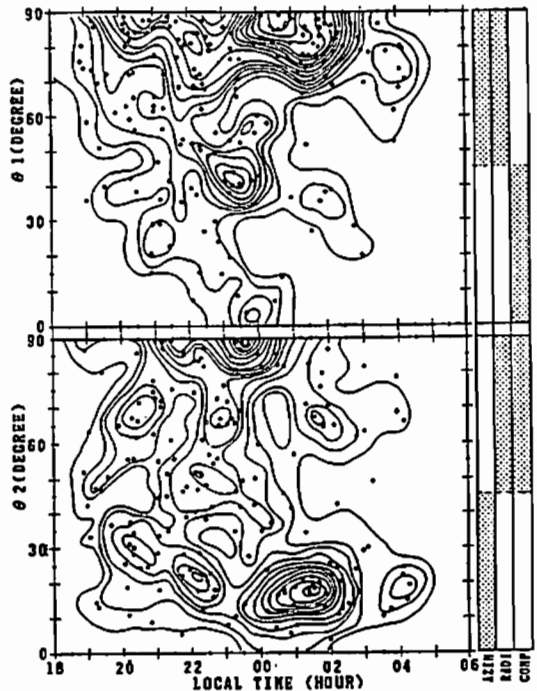


Fig.1. 振動モードの地方時依存性

静止軌道における Pc 3 - 4 帯  
振動モードの IMF 依存性

○松岡 均・斎藤尚生・高橋忠利  
東北大学大学院理学部地球物理学教室

DEPENDENCE OF THE WAVE NODE OF Pc3-4 PULSATIONS  
AT SYNCHRONOUS ORBIT ON THE IMF ORIENTATION

H. Matsuoka, T. Saito, and T. Takahashi  
Geophysical Institute, Tohoku University, Sendai 980.

Statistical study on Pc 3-4 pulsations at synchronous orbit revealed characteristic local time distributions of the three wave modes; azimuthally transverse, radially transverse, and compressional, respectively. These wave modes are further compared with the IMF parameters. It is concluded that upstream waves propagate into the magnetosphere and are observed possibly as the compressional waves.

磁気圏で観測される Pc 3-4 磁気脈動は、定在 Alfvén 波であると考えられている。衛星を用いた多くの研究がこれまでになされてきたが、磁力線共鳴をひき起こす波がどこで発生してどの様に伝わるのか、その機構はまだ完全にはわかっていない。そこで、静止軌道と惑星間空間の磁場 data を比較することにより、磁気圏 Pc 3-4 磁気脈動の発生原因について考察した。

まず、静止衛星 GOES-5 により観測された Pc 3-4 の振動 mode を、minimum variance法で求めた。event は spectrum 解析をして選ばれた。harmonic 構造を持つものについては、それぞれの peak に対応する波を取り出した。Pc 3 周波数域での各 mode の発生分布は図 1 のようになった。

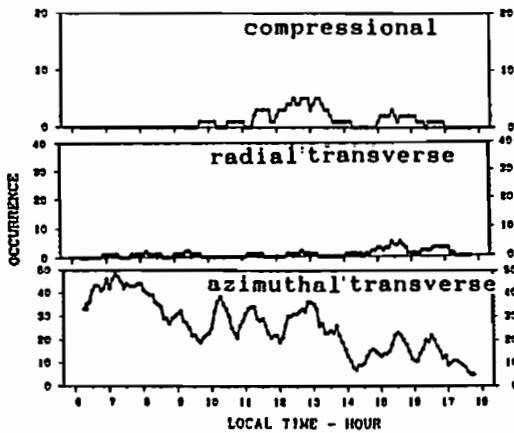


図 1 Pc 3 領域での各モードの発生分布

次に、compressional mode が太陽風領域に起源を持つか波か否かを調べた。その結果、IMP-8 で測定された IMF の方向と、compressional wave の発生には、図 2 に示すような次の関係があることがわかった。

- (1) IMF の cone angle が 30° の時に最も観測された。
- (2) IMF azimuthal angle の極性が午前と午後で反転する。

これらのことから、太陽風起源の波が磁気圏の内部に侵入してきたものを、compressional wave として観測している可能性がある。

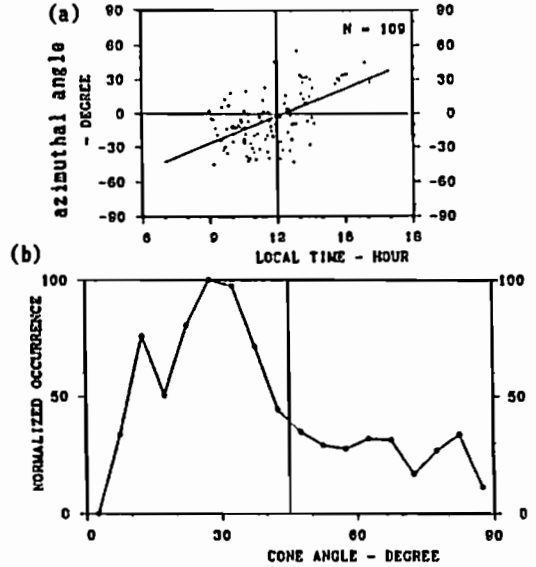


図 2 compressional mode と (a) IMF cone angle, (b) IMF azimuthal angle の関係



## G12-13

### Typical storm-time magnetic field variations observed at synchronous orbit and ground

Tohru Sakurai (Tokai Univ.)

Magnetic field responses at synchronous orbit in the magnetosphere to interplanetary shock, and interplanetary Bz negative excursion observed as storm sudden commencement (ssc) and substorm onset during the storm time are discussed with an inclusion of ground-based magnetic field observations. The magnetic storm, commenced at 09 24 UT at synchronous orbit on April 30, 1985, was a typical magnetic storm, which occurred during quiet magnetic condition prevailed for 12 hours before the ssc, and showed a prolonged initial phase for about 2 hours, and followed a typical substorm, in which the large amplitude magnetic field oscillations in the period range of Pc 5 magnetic pulsations were observed during about two hours from 12 to 14 UT, which were simultaneously observed by both synchronous satellites, Goes 5 and Goes 6, located around 07-09 MLT and 05-07 MLT respectively in the morning sector. The large amplitude Pc 5 oscillations were measured at high latitude ground station, Syowa in the midday sector. The storm recovered gradually from 14 UT. During this recovery phase there were observed a lot of interesting magnetic field variations indicating different response-characteristics with a global and a localized signature, which were typically exhibited in storm-time phenomena as SI and Pc 4,5 type pulsations. These phenomena were analyzed with a cross-spectral technique. The degree of coherency of these storm-time phenomena in the magnetosphere will be discussed in the presentation. In addition, another important point as regards the magnetic pulsations will be discussed by using the observations of different type pulsations generated in the storm-time and in the quiet period prevailed before the ssc at synchronous orbit that the radially transversal Pc 4 type pulsations in the quiet period ( $k_p = 0$ ) stopped at ssc and followed by azimuthally transversal oscillations dominant in the storm-time magnetic field condition in the magnetosphere.

## 210度磁気子午面多点 で観測されたPc3の波動特性

湯元 清文, 磯野 晋児, 吉村 保孝, 田中 毅人, B.J. Fraser, F.W. Menk,  
(名古屋大学 太陽地球環境研究所) (ニューカースト大学 物理学科)  
ULF波動解析グループ

### WAVE CHARACTERISTICS OF Pc 3 MAGNETIC PULSATIONS OBSERVED ALONG 210° MAGNETIC MERIDIAN

Yumoto K., A. Isono, Y. Yoshinura, Y. Tanaka, B.J. Fraser, F.W. Menk,  
(STE Lab., Nagoya Univ.), (Phys. Dept., Univ. of Newcastle)  
and ULF Analysis Group

In order to study excitation and propagation mechanisms of low-latitude Pc 3 magnetic pulsations, we analyze multi-national project data from globally coordinated stations at  $L = 1.1-2.1$  along 210° magnetic meridian. From the preliminary data analysis, we found the following wave characteristics of low-latitude Pc 3's; (1) Pc 3's with dominant period of 15-20 s have a demarcation line with polarization reversal and maximum amplitude, indicating the fundamental standing oscillation around  $L \sim 1.8$ . (2) Long-period (30-50 s) Pc 3's with larger amplitude at  $L \geq 2.1$  show characteristics of standing-like and propagating-like modes. In this paper, we will present wave and occurrence characteristics of higher harmonic modes of Pc 3 magnetic pulsations observed at  $L = 2.1$ .

太陽風電磁波動エネルギーの低緯度までの輸送過程を解明するために、日本の母子里 (MSR;  $\lambda = 142.28\text{E}$ ,  $\phi = 44.36\text{N}$ ,  $L = 1.57$ )、父島 (CBI;  $142.30\text{E}$ ,  $27.01\text{N}$ ,  $1.10$ )、鹿児島 (KAG;  $130.71\text{E}$ ,  $31.49\text{N}$ ,  $1.15$ )とオーストラリアのウェイバ (WEP;  $141.88\text{E}$ ,  $12.7\text{S}$ ,  $1.15$ )、母子里の磁気共役点であるバズビル (BSV;  $139.33\text{E}$ ,  $25.83\text{S}$ ,  $1.58$ )、そして同子午線上のアデレード (ADE;  $138.65\text{E}$ ,  $34.00\text{S}$ ,  $2.11$ ) における地上多点観測が1990年7月20日から始まった。観測機器はフラックス計・磁気計、JJY・WWVH電波校正時刻発生器とデータロガー部から成り、地磁気3成分の1秒サンプル値を( $\pm 300$  nT/14 bits)でデジタル記録している。

210度磁気子午線多点観測データの中でPc3のアクティブな1990年7月20日から1カ月間について、スペクトル・位相・波動パラメータの波動解析を行った。その結果、(1)低緯度Pc3のスペクトルの中には $L \geq 2.1$ と $L \sim 1.8$ に最大振幅をもつ長周期成分( $T = 30-50\text{s}$ )と短周期成分(15-20s)がある。(2)短周期Pc3の緯度に対する位相関係を調べると、 $L = 1.8$ 付近の磁力線共鳴定在振動の振舞いを示す。(3)長周期Pc3は、振幅・位相の緯度特性から、 $L \geq 2.1$ の定在振動的モードと低緯度から高緯度への位相差のある伝播モードから成っている。

講演では、アデレードでよく観測される高周波モードのスペクトラム特性を持つPc3に関する、その発生・波動特性についての統計結果も報告する。

G12-15

脈重力型オーロラと長周期地磁気脈重力

山本達人・林幹治(東大理), 中村るみ(極地研)

## Pulsating Auroras and Concurrent Long-Period Geomagnetic Pulsations

Tatsundo Yamamoto, Kanji Hayashi

*Geophysics Research Laboratory, University of Tokyo*

and

Rumi Nakamura

*National Institute of Polar Research*

Pulsating auroras frequently appear in the postmidnight auroral zone, showing both temporal and spatial fluctuations in their luminosity. Pc 4-5 geomagnetic pulsations detected on the ground are seen predominantly in the daytime hours. During the period of Global Aurora Dynamics Campaign, it is found that active region of pulsating auroras in the morning hours sometimes shows recurrent poleward propagations with period 2-5 minutes in association with geomagnetic pulsations in Pc 4-5 ranges. It is noted that these propagations are different from auroral patch drifts. Each of pulsating auroral patches usually drifts eastward at a few tens to hundred m/s in the morning hours, while the activity propagates poleward much faster. The poleward propagation velocities range in 500m/s - 1km/s, which agree well with those of Pc 5 pulsations obtained from radar measurements [Walker et al., 1978]. The background eastward drift motions are sometimes overlapped with the fluctuations in the drift speed which is synchronized with the ground magnetic pulsations.

A possibility is that Pc 4-5 magnetic pulsations in the magnetosphere could govern the pulsating auroral activities there. If this is the case, we can obtain the temporal and spatial structures of Pc 4-5 pulsations by means of TV observations of auroras. Detailed relationships between them will be reported.

Another point, which we must claim here, is that these propagations of auroral activities should bring forth the ionospheric conductivity fluctuations which also move poleward. The recurrent propagations of higher conductivity region could be detected as magnetic pulsations on the ground. Therefore, ground magnetic signatures of Pc 4-5 pulsations would be a combination of results from fluctuations in the ionospheric conductivity and from those in electric fields induced by Alfvén waves coming from the magnetosphere. This suggests that the ground magnetic signatures do not always reflect the wave fields in the magnetosphere.

# G12-P28

Geomagnetic pulsation study using data from  
Scandinavian Magnetometer Array and North American IMS Magnetometer Network

H. Shimazu,<sup>1</sup> T. Araki,<sup>1</sup> T. Kamei<sup>2</sup> and H. Hanado<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Department of Geophysics and <sup>2</sup>Data Analysis Center for Geomagnetism and Spacemagnetism  
Faculty of Science, Kyoto University

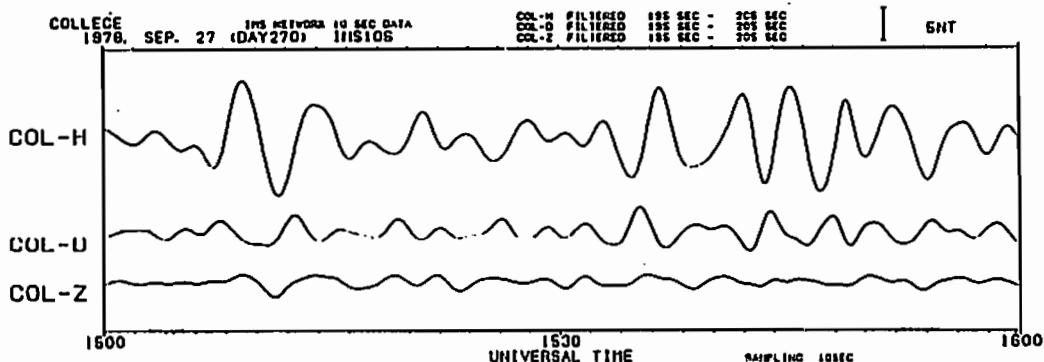
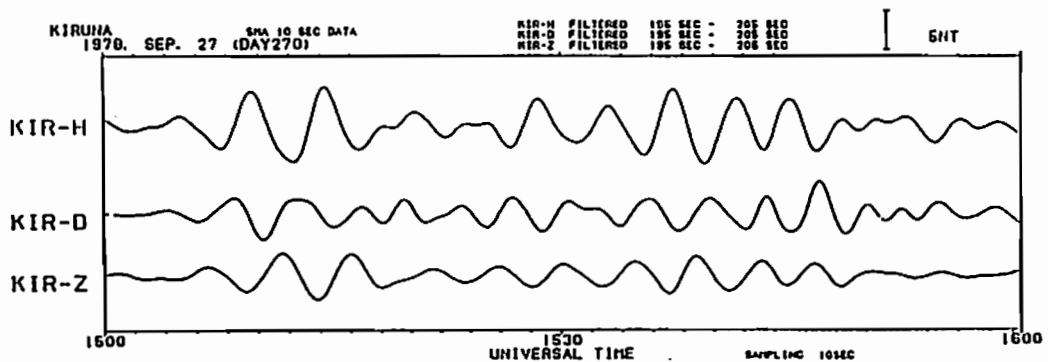
<sup>3</sup>  
Kashima Space Communication Center, Communications Research Laboratory

For the operation during the IMS period (1977-1979) a research group of the Geophysical Institute, University of Münster installed a two dimensional magnetometer array in Scandinavia which consisted of 36 Gough-Reitzel type magnetometers buried in the ground. Deflections of three wire-suspended magnets were optically recorded on 35 mm film every 10 sec (20 sec at some of the stations). Some of the observation sites began operation earlier than the IMS period (the earliest starting date was August, 1974).

One set of the back-up film which had been reserved at the Geophysical Institute, University of Göttingen was transferred to the World Data Center C2 for Geomagnetism, Kyoto University, in 1989. The original back-up data accommodated in 42 large film reels were copied and classified by the stations and data period into 567 small reels so as to be read by ordinary film readers-printers. A grant-in-aid for scientific research from the ministry of education was used to make copies of the data. The data have been open to the public.

The data seem to be useful to study fine structure of geomagnetic rapid variations. Dependence of the rapid variations upon longitude or local time will also be effectively studied by combining 10 sec sampled digital data from the North American IMS Magnetometer Network which consists of 26 stations along the Alaska, Fort Churchill, East-West and Mid-latitude chains.

In this paper the SMA data are briefly introduced and results of simultaneous analysis of the data from the SMA and the North American IMS Network will be shown. A geomagnetic pulsation event observed at Kiruna of the SMA array in the afternoon and College of the Alaska chain in the morning is shown in Figure below.



# G12-P29

Ground induction effect on the geomagnetic variations around Syowa  
 S.Tsunomura (Kak. Mag. Obs. ), N.Sato ( Natl. Inst. Polar Res. ),  
 K.Kato ( Tokai Univ. ) and O.Saka ( Kyusyu Univ. )

Ground induction effect on the geomagnetic observation around Syowa is investigated on the basis of geomagnetic three second sampling records at Syowa, Skarvsness and H100, where unmanned fluxgate magnetometer observation systems were operated on October, 1988 by the 29th wintering party of JARE. CA coefficients obtained at these stations show different signatures at Syowa from other stations for periods shorter than 128 seconds, while for longer periods similar features showing coast line effect by Lutzow Holm Bukata can be seen (Fig.1).

Considering the distances of the stations from the coast line and comparing the spectrum features among these stations, it is deduced that the horizontal component is enhanced more strongly at Syowa and Skarvsness than H100. In the paper, the influences of the ground induction on the characteristics of geomagnetic pulsations will be discussed.

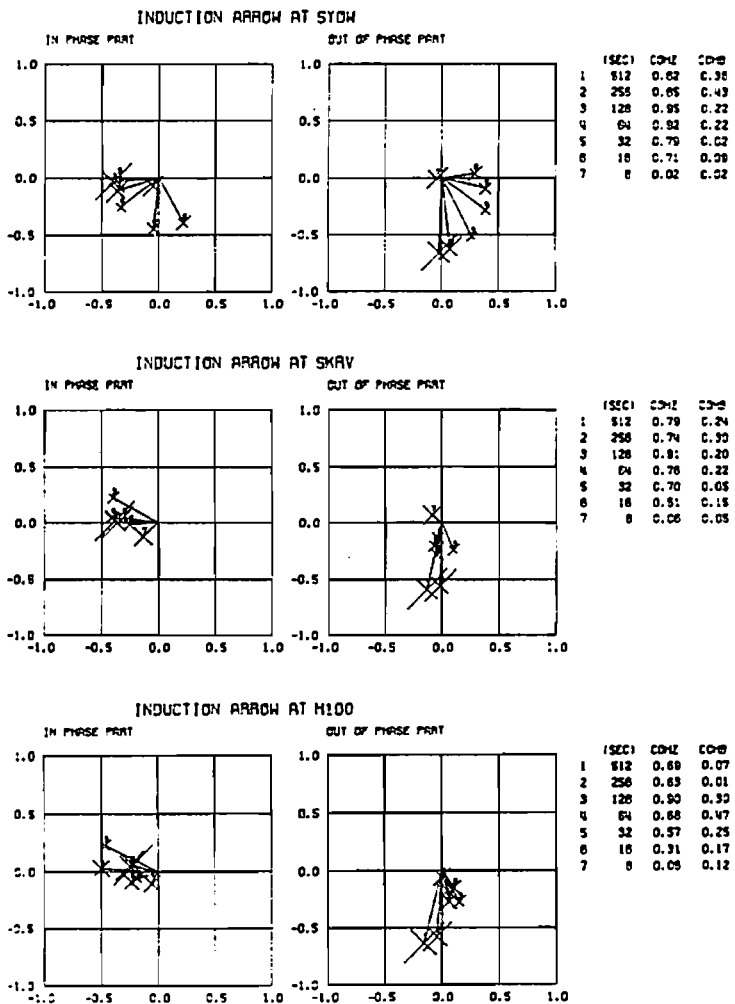


Fig. 1 Induction arrows at Syowa, Skarvsness and H100.

## G12-P30

GADCの磁場データを用いたPc-3,  
4, 5の偏波, 主軸の解析

林 希一郎, 林 幹治, 山本 達人 (東大理)

The analysis of the polarization and major  
axis of Pc-3, 4, 5 waves observed in GADC

Kiichirou Hayashi, Kanji Hayashi, Tatsundo Yamamoto  
Geophysics Research Laboratory, Univ. of Tokyo

GADC was carried out from Dec. 1989 to Feb. 1990. The coverage of the network of induction magnetometer stations is about 12 hours extent in local time and from 58 to 78 in MLAT. We use the f-t spectrum of polarization, power and major axis to examine the structures of geomagnetic pulsations with frequency between 0 and 100 mHz.

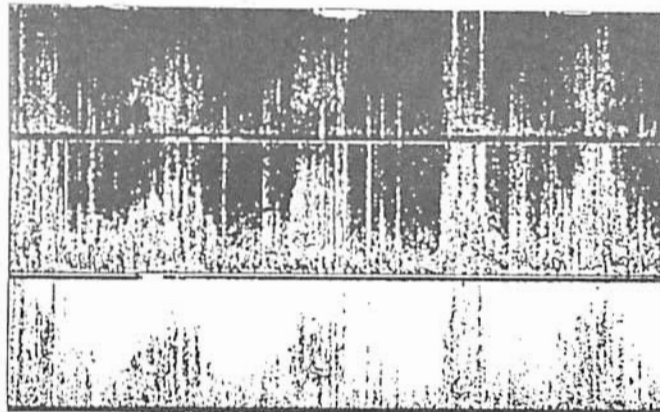
1989年12月末から1990年2月にかけてGADC(Global Aurora Dynamics Campaign)が行われた。磁場観測では誘導磁力計の観測点が約20箇所あり、一部の観測点では半恒久的に長期間の観測を行っている。今回の観測ではカナダ、アラスカを中心にMLAT60°付近の経度方向に広がる観測点網と、MLAT65°付近のオーロラ帯の観測点からのデータが得られている。このオーロラ帯とサブオーロラ帯のデータの比較、MLAT60°付近の現象の地方時依存性について周波数0~100mHz帯の脈動について調べた。データを周波数解析し偏波、パワー、主軸のそれぞれをf-tスペクトラムで表示する。そして以下の性質を中心に解析を行った。

- ・ Pc 3帯のオーロラ帯とサブオーロラ帯の偏波の変化パターン
- ・ 降下粒子の影響
- ・ 脈動の周波数の傾向と緯度との関係
- ・ k pによる主軸の変化の様子

偏波

パワー

主軸



G12-P31

内部磁気圏における磁気流体波結合振動の固有モード  
解析(II)

藤田 茂 (気象大) - V.L. Patel (米国海軍研究所)

Eigenmode Analysis of Coupled Hydromagnetic Oscillations in the Inner Magnetosphere (II)

S. FUJITA (Meteorological College, Kashiwa 277)

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

We performed 3-dimensional eigenmode analysis of the coupled hydromagnetic oscillations in the inner magnetosphere with dipole magnetic field. The two model magnetospheres are employed; one has a trough in the radial distribution of  $V_A$  (the plasmopause) and the other does not have it. The numerical results has been presented in this meeting so far. Essential results will be published.

We summarize important results from our numerical eigenmode analysis of the coupled hydromagnetic oscillations in the magnetosphere.

1) Discrete spectrum of the Alfvén wave is generated by resonance with the fast magnetosonic wave. After Chen and Cowley (1989), the coupled Alfvén wave has infinite intensity (singular solution) even when there is field-aligned inhomogeneity as well as the cross-field direction inhomogeneity. The present numerical results supports their results as far as there is no fixed boundary at the end of the field lines. Namely,  $\delta B_\mu$  (the field-aligned magnetic field) of the coupled hydromagnetic oscillation does not show resonant feature at the equator where the influence from the boundary is minimized.

2) When there is no coupling between the Alfvén wave and the fast magnetosonic wave, say, the azimuthal wave number is null, the field-aligned distributions of both waves are different. The former has wide-spread over the field line in comparison with the latter. On the other hand, the both has similar shapes along the field line on the special field line where the resonance occurs.

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

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

磁気脈動の出現に伴い、日出・日没線に沿って励起される  
赤道越えの電離層電流

坂 翁介 (九大・理)

A TRANS-EQUATORIAL IONOSPHERIC CURRENT SYSTEM  
TRIGGERED BY HM WAVES

O.SAKA

DEPARTMENT OF PHYSICS, KYUSHU UNIVERSITY, FUKUOKA, 812, JAPAN

Magnetometer data with the amplitude and timing resolution of  $6\text{nT/LSB}$  and  $0.1\text{ sec}$  has been obtained at Huancayo; Peru ( $0.8\text{N}$ ,  $335.6$  in geomagnetic coordinates) from Dec. 1985 to Dec. 1986. Previous analyses of the orientation angle of the pulsations (Saka et al(1988)) suggested that the HM waves trigger the trans-equatorial ionospheric currents along dawn and dusk terminator. The present data have been subjected to a study of a seasonal variation of those current systems. We found that the trans-equatorial current consists of a northern and southern parts with opposite flow direction. Each part would close horizontally in the sunlit hemisphere forming northern and southern current cells. Middle of the two cells was found to coincide with the latitude of the FoE peak.

低緯度から赤道帯の範囲に入射する脈動に伴う東西電場が、電離層電気伝導度の変化の最も大きい日出線に沿って、電離層内に南北電流を励起することがわかった。この電流は地上において、入射磁場と等しい程の東西方向の磁場を作り出す。電流は、それぞれ逆方向へ流れる北と南の2つの部分に分けることが出来る。それぞれの部分の電流は昼間側の電離層内で閉じ、南北に分かれた二つ目玉の電流系を形成すると考えられる。目玉の接点の緯度は、FoEの最大電子密度の緯度に一致し、季節により南北に移動する。

日没線に沿っても南北電流が励起されるが、それは常に出現するとは限らない。これは、午後側の脈動に伴う電場の空間的な一様性が、午前側に比べ悪いことを示唆すると考える。

高緯度での場合、異なった電気伝導度の接する境界からは磁力線沿いにAlfven波を励起しつつ、電流が磁気圏から流入あるいは磁気圏へ流出する。低緯度、赤道域では磁力線が水平に近いため、その電流は電離層内に閉じ込められる。その一つの例が、この【Trans-Equatorial Current System】と考えられる。



## 極域現象 (II)

G21 01~05, P36,37

座長 菊池 崇 (通総研)  
西野 正徳 (名大STE研)

## 極域現象 (III)

G21 06~11

座長 山本 隆 (東大理)  
中村 るみ (極地研)

## オーロラの分光特性の時間変化

岡村 宏<sup>1</sup>、江尻 全機<sup>2</sup>、芳野 起夫<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>電気通信大学、<sup>2</sup>極地研究所

## Time Variations of Auroral Spectral Features

Hiroshi Okamura<sup>1</sup>, Masaki Ejiri<sup>2</sup>, Yoshino Takeo<sup>1</sup> <sup>1</sup>Denki-Tsushin Univ., <sup>2</sup>NIPR

A new two dimensional auroral spectrometer that measures both wavelength and spatial auroral luminosity gives the different auroral spectroscopic features corresponding to typical auroral forms, that is, diffuse aurora, stable arc, active aurora, and red aurora. These results suggest auroral generation mechanisms closely related to the auroral particles. The data used in this analysis were taken at Syowa Station by the 30th Japanese Antarctic Research Expedition in 1989. The detailed characteristics of auroral spectroscopy and their time evolutions relevant to the substorm development will be discussed.

新しく波長方向と距離方向の二次元のオーロラ分光器を用いdiffuse aurora, stable arc, active aurora, red auroraなどの形態の異なるについてそれぞれ特徴的な分光学的な特長を観測した。この結果はオーロラ粒子と密接に関係しているオーロラの発生機構を示している。この解析に使用されたデータは1989年に第30次南極地域観測隊によって昭和基地で得られたものです。ここではサブストームの発達に関連したオーロラの詳細な分光学的特性とその時間発展について議論する。例として1989年6月9日02時40分UTに出現した赤いオーロラについて3914Å, 4278Å, 5577Å, 6300Åの波長の発光強度の時間変化を図1に、また同時刻の昭和基地における地磁気3成分、ULF3成分とCNAの変化を図2に示す。図1を見ると6300Åの輝度は時間とともに一様に現象するのに対して5577Åの輝度変化は6300Åの輝度変化とは全く異なる変化を示していることがわかる。この事はオーロラを発光させているオーロラ粒子のフラックスが5577Åと6300Åを発光させるエネルギー域とは全く異なる変化を示した事が予想される。そこでこの様な分光特性の変化と図2に示すような地磁気3成分、ULF3成分とCNAやその他の同時観測のデータとの比較を行いその関係について調べる。



Fig.1 Time evolutions of auroral spectral features of red aurora

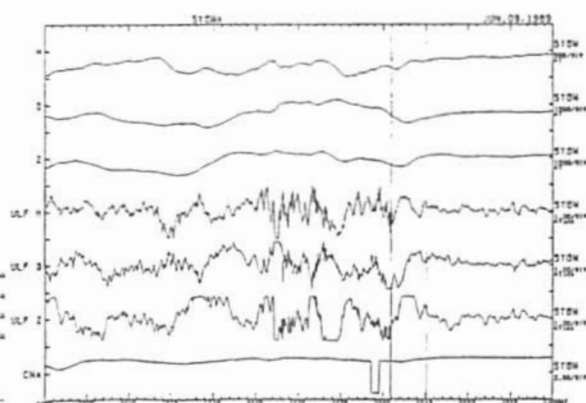


Fig.2 Time developments of geomagnetic components

1989年10月21日の低緯度オーロラと低エネルギー電子流による励起過程

斎藤文一・木山喜隆(新潟大理)・高橋利保(新潟大教養)

Excitation Processes due to Low Energy Electrons  
in the Low Latitude Aurorae on October 21, 1989

B. Saito, Y. Kiyama (Faculty of Science, Niigata Univ.) and

T. Takahasi (Faculty of General Education, Niigata Univ.)

From the spectral characteristics observed, we show that OI 6300A and 5577A emissions are produced by the precipitating low energy electrons from 5 eV to 300 eV.

1989年10月21日に新潟(磁緯 27.7° N)で北の空に観測された低緯度オーロラの分光学的特性を、表 1. に示す。これは大気減光補正、鉛直コラム換算値である。図 1. は、波長 6300A, 6364A, 5577A の各輝線について、観測された強度 (Iobs, 観測方向は北方、天頂角 76°) と背光強度 (Iref) を示す。表 1. については、ここに示した値は、オーロラの輝度の 30 分間平均値で、決してピーク値ではないこと、さらに、観測された方向は、オーロラの低緯度側面、しかも比較的上部に対応することに注意が必要である。

このオーロラについては、DMSP-F8 によって、10 eV ~ 数 100 eV の低エネルギー電子の流入が報告されていて、きわめて重要である。今この結果を参照しながら、地上 300 km と 250 km にモデル電子束として図 2. のようなものを仮定して、電子衝突によるオーロラの発光率 (emission rate  $i_{6300}$ ,  $i_{5577}$  ( $1/cm^3 \cdot s \cdot sr$ )) を求める。図 2. の  $\Lambda$  は電子束のパワー・スペクトル ( $\propto E^\Lambda$ ) の指数である。

表 2. で見られるように、とくに 250 km 以下では電子束のエネルギー・スペクトルが急速にソフト化するので、このようなモデルでは、O(1S) の増強は困難であることがわかる。

Element	Wavelength	Intensity
N <sub>2</sub> <sup>+</sup> l. N. (0,0)	3914 A	< 100 R
N <sub>2</sub> <sup>+</sup> l. N. (0,1)	4278 A	< 100 R
NI ( <sup>2</sup> D- <sup>4</sup> S)	5200 A	< 100 R
OI ( <sup>1</sup> S- <sup>1</sup> D)	5577 A	1.4 kR
OI ( <sup>1</sup> D- <sup>3</sup> P)	6300 A	6.7 kR
OI ( <sup>1</sup> D- <sup>3</sup> P)	6364 A	2.0 kR
H $\alpha$ ( <sup>2</sup> D- <sup>2</sup> P)	6563 A	< 200 R

表 1. Emission Rates (Rayleighs)

高度	$\phi_e$ °	$\Lambda$	$i_{6300}$	$i_{5577}$
300 km	$3.57 \times 10^9$	-0.07	500	67
		0.00		76
250 km	$1.07 \times 10^9$	-1.17	81	8.5
		-0.36		15

表 2.  $\phi_e$  : ( $1/cm^2 \cdot s \cdot sr \cdot eV$ )  
 $i$  : ( $1/cm^3 \cdot s \cdot sr$ ),  $\Lambda$  : Power ( $E^\Lambda$ )

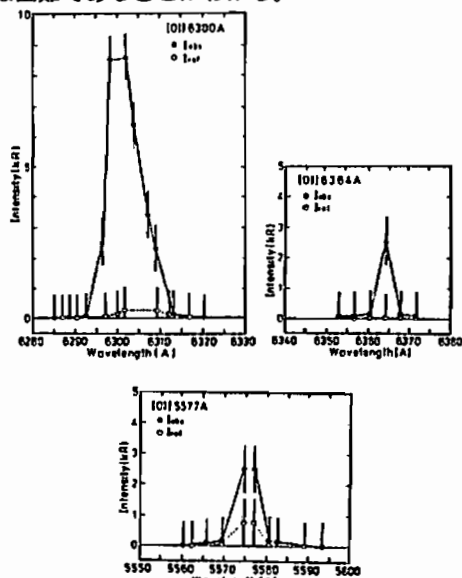


図 1.

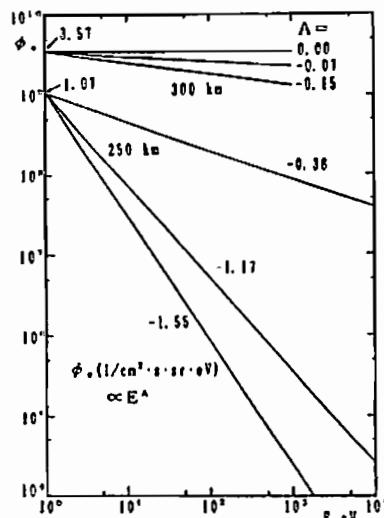


図 2.

# G21-03

## 南極ロケット観測による電子密度分布 平澤威男 (国立極地研究所)

Electron Density Profiles observed by rocket Experiments at Syowa Station, Antarctica

Takeo Hirasawa (National Institute of Polar Research)

To date, 35 sounding rockets were launched into the lower ionosphere from Syowa Station (Geomag. lat. =  $-70.0^\circ$ , Geomag. Long. =  $79.4^\circ$ ), Antarctica, for the purpose of measuring the electron number density profile at various stages of polar substorm. The apex height of 4 rockets of the S160JA type is about 90km, whereas that of 20 rockets of the S210JA type is about 220km. Eleven S310JA type (max. altitude, about 220km) were also launched mainly during the polar nights. The electron density profiles during the day (12 rockets) and night (23 rockets) hours obtained by the experiment are separately summarized. Referring to Kp-index, K-index, magnetic variations (H), and cosmic noise absorptions (CNA), the dependence of electron density profiles on the magnetospheric disturbances are estimated statistically.

1970年2月南極昭和基地で超高層観測用ロケット第1号機 (S160JA-1) が打ち上げられて以来、3度にわたるロケットキャンペーンを通じ、S160JA型 (最高到達高度約90 km) 4基、S210JA型 (約130km) 31基、および S310JA型12基、計47機のロケット実験が実施された。これ等によりさまざまな観測結果が得られているが、なかでも極域電離層中の電子密度高度分布データは35回の実験により上昇時、降下時あわせて70のプロファイルが取得されている。

まず、これ等のデータの電算機によるファイル化を行い、ロケット飛行中の極域現象の擾乱度 (Kp-index、昭和基地 K-index、 $\Delta H$  および  $\Delta CNA$  など) により電子密度分布がこれ等によりどのように変化するかを統計的に調べた。その結果は図1、2および3のように、擾乱度の性質により異なった様相を示すことがわかった。

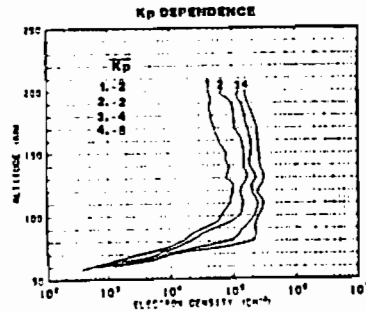


図1

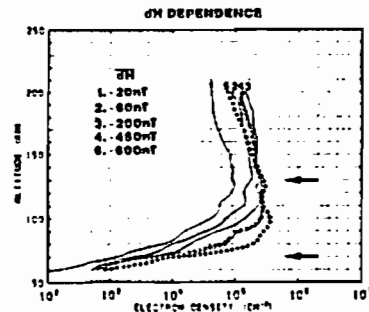


図2

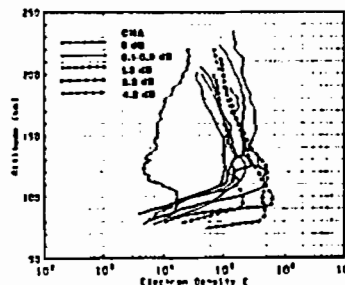


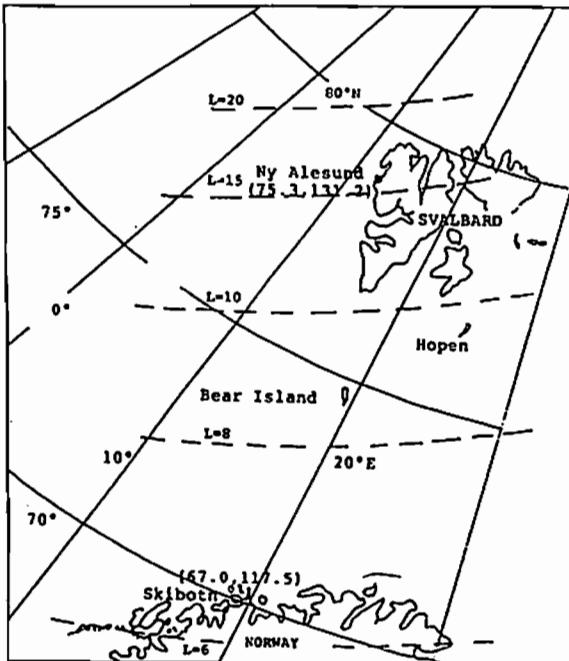
図3

Movement and Spatial Form of Auroral Absorption  
in the Polar Cap during Substorms

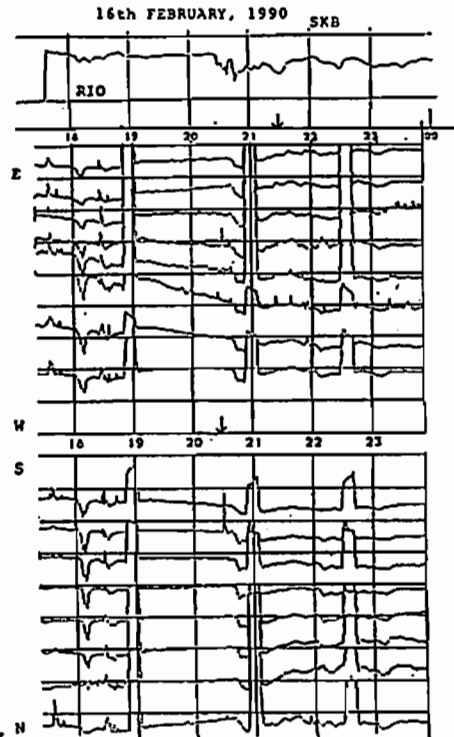
M.Nishino<sup>1</sup>, Y.Tanaka<sup>1</sup>, T.Oguti<sup>1</sup>, S.Kokubun<sup>2</sup>, A.Egeland, A.Brekke<sup>4</sup>

1: STE Labo., Nagoya Univ. 2: G.R.L.Univ.Tokyo 3:Univ. Oslo 4:Univ.Tromso

Movement and spatial form of 30 MHz cosmic noise absorptions observed by a 2-dimensional multi-beam riometer in the polar cap (geomagnetic latitude, 75°) are presented, based on four events associated with substorms, referring to simultaneous observations by means of a wide-beam riometer in the auroral region(67°). The auroral absorption images produced by the 2-dimensional riometer are characterized in terms of the magnetic local time. In the pre-midnight, the absorptions of arc-type first appear at the south border in the field of view at the station extending in longitude, and are intensified in the south-west region in the arc. Successively, the intense absorptions extend poleward at a relatively high speed(>1 km/s). In the post-midnight, arc-type absorptions first appear extending toward the zenith from the west, and are wholly intensified. Then the intense arc moves poleward with relatively low speed(<1 km/s), and finally expands equatorward across the zenith. From the comparison between onset times of the absorption events in the auroral region and the polar cap, it is estimated that the absorption events in the polar cap are not continuously propagated over the long distance from the auroral region, but are poleward excursion from a different absorption occurring in the pole side region of auroral oval.



Ny-Alesund and Skibotn stations in Norway indicated in the geographic coordinates. Geomagnetic coordinates are given in brackets.



CNA events observed at Skibotn and Ny-Alesund.

○山岸久雄(極地研), 西野正徳, 佐藤 貢, 小島正宜(名大・STE研),  
菊池 崇(通総研・平磯), 佐藤夏雄(極地研)

Imaging Riometer Observation In Iceland

-- Comparison of Auroral Form and CNA Image --

Hisao Yamagishi(NIPR), Masanori Nishino, Mitsugi Sato, Masayoshi Kojima(STE Lab. Nagoya Univ.), Takashi Kikuchi(CRL Hiraiso), Natsuo Sato(NIPR)

An 8x8 beam imaging riometer was installed at Tjornes(66.0°N,17.4°E,L=6.4) in Iceland in July 1990. This system is very similar to IRIS system(Detrick and Rosenberg,1989) except for using a simplified wire dipole antenna array, and can obtain 8x8 pixel CNA image with temporal resolution of 4s and spatial resolution of 20km. This is the first 2-dimensional CNA imager installed in the auroral zone where most intense absorption is often observed.

In the night time, CNA is mainly caused by auroral electrons in the energy range of several tens of keV. On the other hand, auroral optical emission is most efficiently excited by several keV electrons. Therefore, CNA image can be very similar to auroral form in certain type of aurora in which precipitating electrons show hard energy spectrum.

In this paper, we compare CNA images observed by the imaging riometer at Tjornes with auroral form simultaneously observed by an all-sky TV camera. Figure 1 shows a time series of auroral form(negative image) and CNA image observed on September 16, 1990 in the time interval of 02:19:09 to 02:37:49 UT(≈MLT). CNA image show strong similarity to auroral form, although small scale structure such as multiple arcs cannot be distinguished in the CNA image due to a limited spatial resolution. This similarity of the both images guarantees the possibility of obtaining auroral image under sunlit, or cloudy sky by the imaging riometer.

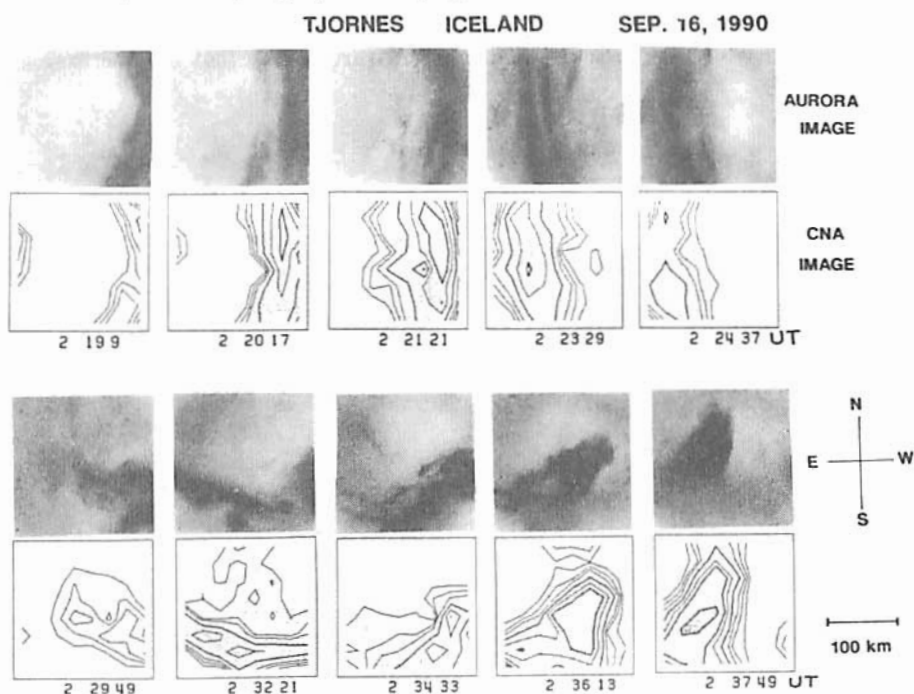


Fig.1 Time series of aurora and CNA images observed by an all-sky TV camera and the imaging riometer at Tjornes in Iceland on September 16, 1990 in the time interval of 02:19:09 to 02:37:49 UT.

CNA IMAGE OF WESTWARD TRAVELING SURGE  
OBSERVED WITH IMAGING RIOMETER IN ICELAND

by

Takashi KIKUCHI<sup>1</sup>, Hisao YAMAGISHI<sup>2</sup>, Natsuo Sato<sup>2</sup>,  
Masanori Nishino<sup>3</sup>, and Mitsugu Sato<sup>3</sup><sup>1</sup> CRL/Hiraiso Solar Terr. Res. Center<sup>2</sup> National Inst. Polar Res.<sup>3</sup> Solar Terrestrial Environment Res. Inst.

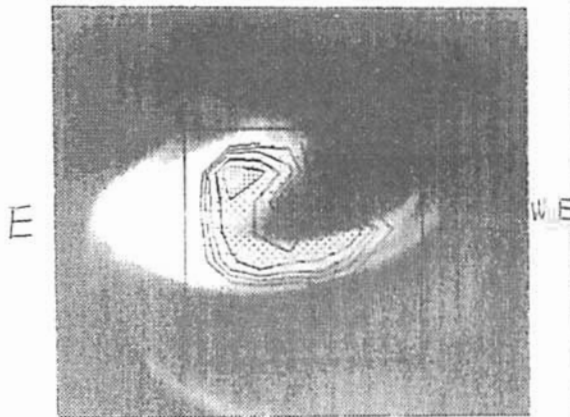
The imaging riometer in Tjornes, Iceland is capable of taking auroral absorption images in an area of 200 x 200 km at the ionospheric height of 90 km. This system has a phased array antenna with 64 narrow beams. Details of the system are presented by Yamagishi et al. in this meeting.

Auroral observations were made with the imaging riometer and auroral TV camera during a period of December 13 - 26, 1990. An auroral substorm occurred in the pre-midnight on December 24. This event was characterized by a westward traveling surge which came into the field of view of the imaging riometer, and was preceded by short-term (5 minutes) substorms.

Figure 1 shows the auroral TV image and overlaid CNA image of the westward traveling surge which moved from the east (near midnight). It is observed that strong absorption took place in the auroral surge, while less intense absorption was associated with the discrete aurora extending in the east-west direction. It should be noted that the CNA associated with the auroral surge is less intense than CNA associated with diffuse aurora appearing at the post-breakup phase of the substorm. Figure 2 shows auroral image of the short-term substorm preceding the major substorm (Figure 1), where x indicates an occurrence of intense CNA. No significant CNA was associated with the east-west auroral arc southward of the major arc. This event may have common features as of the major substorm accompanying the westward traveling surge. It will also be pointed out that CNA was enhanced in the auroral arc moving fast and increasing its brightness.

Fig. 1

N

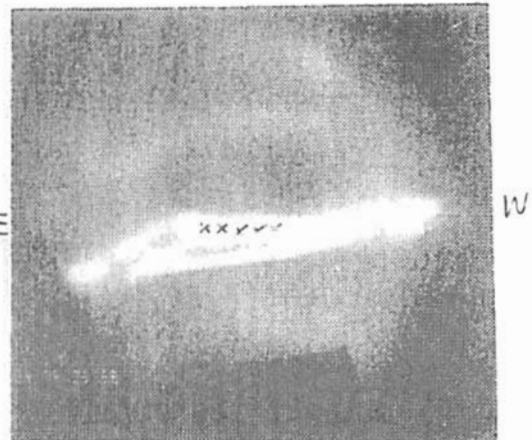


S

22 45 20

Fig. 2

N



S

14 03 30

# 広域オーロラ画像によるサージの研究

六山 弘<sup>1</sup>, 平澤 威男<sup>2</sup>, 小野 高幸<sup>2</sup>

<sup>1</sup>電通大 <sup>2</sup>極地研

## THE DEVELOPMENT OF AURORAL SURGES BY WIDE-VIEW IMAGES

K. Rokuyana<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>NIPR

We combined all-sky images at every 30sec. step observed at Syowa and Asuka Stations using ARSAD system. These transformed images by the system can produce wide-view of about 1400km×1100km in which we can observe the whole surge with high-spatial resolution. Using these auroral image data and the geomagnetic data, we analysed the dynamics of auroral surges.

### 概要

1987年の昭和・あすか両基地における全天写真画像を、オーロラ画像解析システムARSAD<sup>1</sup>によって結合させ、約1400km×1100kmレンジの連続画像として取得した。これらの画像は、オーロラサージ構造を把握するのに十分なレンジと、多重アークを1本ずつ識別するのに十分な解像度をもつ。また、両基地における地磁気3成分のデータもあわせて取得した。

これらのデータを基に、サージの発生・伝搬・消滅のプロセスと、その電流構造について考察する。

<sup>1</sup>Automatic Retrieval System for Auroral Data (極地研)

### データ

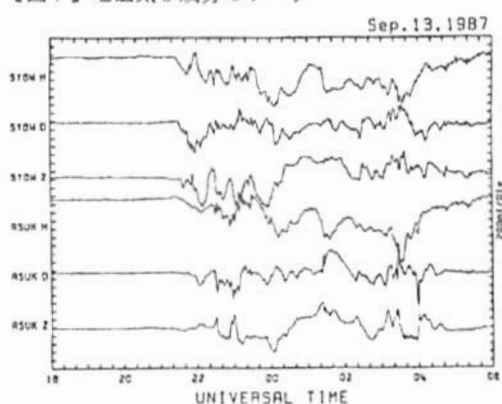
1987.9/13 21:00～翌1:10 UT

#### a. 画像データ

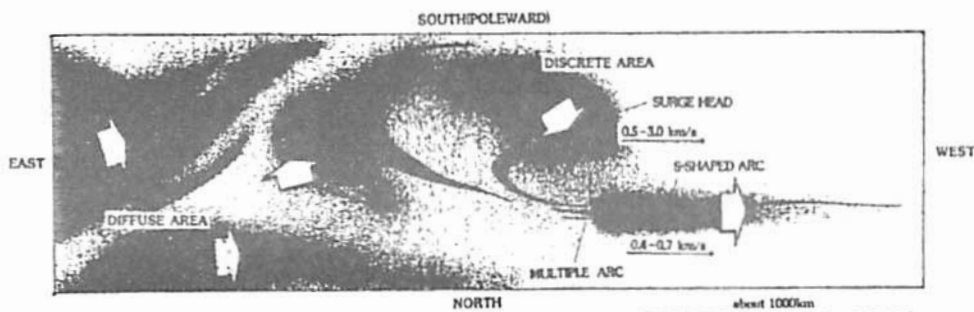
昭和基地・あすか観測拠点におけるオーロラ全天写真【魚眼レンズ式、35mmモノクローム、30秒ステップ、1987年】を疑似カラー化及び座標展開【地磁気直交座標系(48°～80°M-Long.)×(-61°～-71°M-Lat.)】

#### b. 両基地における地磁気3成分データ

【図1】地磁気3成分のデータ



【図2】両データにより求められた電流構造の一部





FORMATION OF THE ARM-STRUCTURE  
OF THE WESTWARD TRAVELING SURGE

O Takashi Yamamoto<sup>1</sup>, K. Makita<sup>2</sup> and C.-I. Meng<sup>3</sup>

1: University of Tokyo 2: Takushoku University

3: Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory

The westward traveling surge (WTS) sometimes extends filamentary auroras outward from the main body of the surge. This structure is called the arm-structure. From the DMSP (Defense Meteorological Satellite Program) aurora images, one can identify three principal directions of the outward extension of filamentary auroras, i.e., the northwest, east and southeast directions for the surges in the northern hemisphere (see Figure 1).

In the present paper, the formation of the arm-structure of a surge is numerically simulated in the frame of the dipole model which was earlier presented by Yamamoto et al. [1991]. The simulation is performed by using the two-dimensional electrostatic particle code, which is capable of studying plasma dynamics in a plane perpendicular to the geomagnetic field  $B$ . The perpendicular motion is approximated by the electric drift and magnetic drift (gradient- $B$  and curvature drifts). In the dipole model, the deformation of discrete arcs identifiable with the WTS is reproduced as a natural consequence of azimuthal plasma injection into the large-scale inverted-V structure in the magnetosphere. The previous simulation by Yamamoto et al. [1991] has demonstrated only the formation of the simple kink structure of a surge without arms. The present simulations show that the arm-structure of a surge is also formed by the azimuthal plasma injection. This is attained by assuming randomness and spread in the initial distribution of injected protons and slower magnetic drifts of the injected particles than in the previous simulations. A remarkable similarity between the numerically produced arm-structure of a surge and the observed ones supports the dipole model that the westward traveling surge is driven by local westward injection of a hot plasma along the outer boundary of the closed region.

(a) ARM-STRUCTURE OF AURORA SURGE

(b) SIMULATED ARM-STRUCTURE

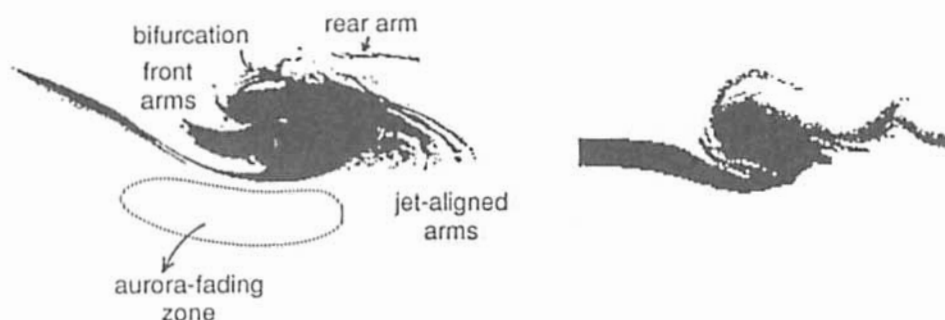


Figure 1. Arm-structure of an auroral surge; (a) from the DMSP photograph and (b) from the particle simulation.

## 極域電離層における Alfvén 波反射効果

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

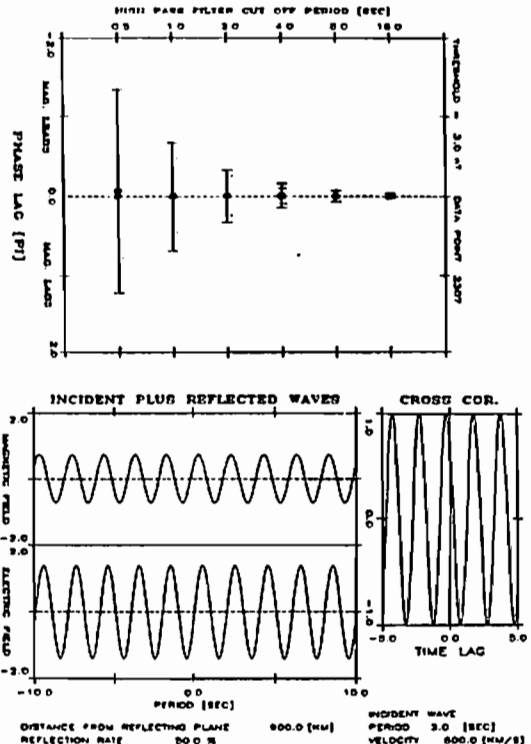
### REFLECTION EFFECT OF ALFVEN WAVE BY THE POLAR IONOSPHERE

<sup>1</sup>H. Ishii, <sup>2</sup>M. Suglura, <sup>3</sup>T. Iyemori, <sup>4</sup>R. C. Haynard, <sup>4</sup>J. A. Slavin

<sup>1</sup>Faculty of Science, Kyoto University, Kyoto 006, Japan  
<sup>2</sup>Institute of Research and Development, Tokai University, Tokyo 151, Japan  
<sup>3</sup>Air Force Geophysics Laboratory, Hanscom Air Force Base, MA 01731, U.S.A.  
<sup>4</sup>Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD 20771, U.S.A.

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

これまでは極域電離層磁場・電場擾乱の間に高い相関があり、両者の比  $\Delta B_z / E_x$  の値が擾乱の scale によって変化し、scale が小さくなると比の値も小さくなることについて述べてきた。この変化の原因の一つに、Alfvén 波の電離層による反射が考えられる。この研究はその可能性についての検証である。この擾乱が Alfvén 波によるものであれば、電離層による反射波の影響で磁場・電場擾乱の間に位相差が生じる可能性がある。前回の学会では、磁力線に沿って伝播する Alfvén 波が電離層による反射波と干渉することで比の値がどの程度影響を受けるかを解析した。(第88回地球電磁気・地球惑星圏学会)  
 今回は、この位相差の関係が波動の scale に依存するかを、いくつかの filter を用いて解析した。これまでの解析結果では、どの filter を用いても解析した 2307 例のうち多くの例で位相差が見られなかった。また簡単なモデルを用いた計算結果によると、比の値が反射から受ける影響は観測から得られる結果と必ずしも一致しない。これらの結果から、比の値の scale 依存性を、Alfvén 波の電離層による反射で説明することは困難と思われる。講演ではこの他に、反射の衛星高度依存及び、太陽天頂角依存の有無等についても目及する予定である。



Upper panel : Standard deviation of peak distribution of cross-correlation using some high-pass filters  
 Lower panel : Model calculation of Alfvén wave reflection

## 広域多点観測・地上—あけぼのキャンペーン

林 幹治<sup>1)</sup>、国分征<sup>1)</sup>、山本達人<sup>1)</sup>、湯元清文<sup>2)</sup>、西野正徳<sup>2)</sup>、塩川和夫<sup>2)</sup>、田中義人<sup>2)</sup>、小口高<sup>2)</sup>、巻田和男<sup>3)</sup>、渡部富也<sup>4)</sup>、R.E.Horita<sup>5)</sup>、D.McEwen<sup>6)</sup>、A.Brekke<sup>7)</sup>、A.Egeland<sup>8)</sup>、福西浩<sup>9)</sup>、向井利典<sup>10)</sup>

1)東大理、2)名大STE、3)拓殖大工4)UBC、5)UVic、6)USask、7)UTronso、8)UOslo、9)東北大理10)宇宙研

### Global Multi-Point Observation: Ground-AKEBONO Campaign

K.Hayashi<sup>1)</sup>, S.Kokubun<sup>1)</sup>, T.Yamamoto<sup>1)</sup>, N.Yoshida<sup>1)</sup>, K.Yumoto<sup>2)</sup>, M.Nishitani<sup>2)</sup>, K.Shiokawa<sup>2)</sup>, Y.Tanaka<sup>2)</sup>, T.Oguit<sup>3)</sup>, K.Makita<sup>4)</sup>, T.Watanabe<sup>4)</sup>, R.E.Horita<sup>5)</sup>, D.McEwen<sup>6)</sup>, A.Brekke<sup>7)</sup>, A.Egeland<sup>8)</sup>, H.Fukunishi<sup>9)</sup>, T.Mukai<sup>10)</sup>

1)U.Tokyo, 2)Nagoya U, 3)Takushoku U, 4)UBC, 5)U.Vic., 6)U.Sask., 7)U.Tromso, 8)U.Oslo, 9)U.Tohoku, 10)ISAS

Global Auroral Dynamics Campaign, 1989-90 winter, was held as global multi-station network to observe magnetospheric dynamics with auroral TV cameras at 11 sites, flux-gate magnetometers at 12 sites and induction magnetometers at 25 sites and was planned in consideration of conjunction study with AKEBONO satellite measurements. The apogee of the satellite was located high in latitude in the northern hemisphere during the period. Eight of key stations where both TV camera and magnetometers were operated were spaced with longitudinal spans of well dense in North America compared with the orbital period of AKEBONO, 3.5 hours. Three other key stations were set up in Greenland, Spizbergen and northern Norway. The orbital foot prints of the satellite on the ionosphere were roughly an arc crossing auroral zone from afternoon to early morning with the apogee around midnight. We could have three lucky stations, Skibotn(Norway), Kuujjuarapik(East Canada) and Fort Nelson(West Canada) where daily encounter of the satellite traces about midnight took place within 100 km radius range during more than one month. 30 cases of ground auroral data during clear-sky night under such passes were recorded in all-sky TV tapes. In the low latitude side of the last two stations the foot print traced orbits also nearby another magnetometer station. In the dayside part of orbits which is low in altitude there were another set of ground-satellite correspondence.

Ground fluxgate magnetometers recorded with sensitivity of 125 pT and with a rate of one sample per each second. Induction magnetometers provided analog record of the frequency range below 5 Hz and with an amplitude range between 1 nT and 5pT at 1Hz. Fluxgate and search-coil magnetometers on board AKEBONO sampled data 16 and 160 times every second, respectively. Canadian magnetometer network, CANOPUS, provided 5 second sample data of 25 pT resolution continuously from 12 sites with a satellite link system.

Correspondences between magnetometer data from ground networks and AKEBONO in the magnetosphere are examined when magnetic field-lines conjugacy is expected. Short period phenomena will be focused first, presumably being temporal change even on the orbiting vehicle. Several types of auroral forms will be compared with particle measurements on board of AKEBONO near midnight and apogee.

## G21-09

‘あけぼの’衛星による磁気嵐時のオーロラの特徴

\* 金田栄祐\*, 山本達人\*, 林幹治\*, 門倉昭+, 藤井良一+, 江尻全機+, 巻田和男#, 小口高#

\* 東大理・地物研, + 国立極地研, @ 拓殖大・工, # 名大・STE研

### Features of Storm-Time UV-Auroras Observed by AKEBONO Satellite

\* Kaneda, E.\*, T.Yamamoto\*, K.Hayashi\*, A.Kadokura+, R.Fujii+, M.Ejiri+, K. Makita#, and T. Oguti#: \* GRL, Univ. of Tokyo, + Nat. Inst. of Polar Res., @ FacI.of Eng., Takusyoku Univ., # STE Lab., Nagoya Univ.,

UV-aurora imager on ‘AKEBONO’ satellite has been favored with observing opportunities for storm-time aurora displays during 1989-90 period. It has been able to take global aurora images on every continuous orbit revolutions covering the full course of earth storm with some of these events. In this presentation features of storm-time auroras are mainly discussed about the oval size and developing modes of substorm.

科学衛星 ‘あけぼの’ に搭載された、紫外オーロラ撮像装置 (ATV-UV) の実効視野は 36 度 X 36 度である。これに因り、衛星軌道の遠地点 (10000km) から 5000 Km 程度の高度範囲で、オーロラ・オーヴァルの全容乃至は主要部分に対する観測が可能である。

1989-90 年前半の観測期間中、ATV-UV は、観測史上最高と言われる極大期の太陽活動に因って、地球嵐時のオーロラを、かなり頻繁に観測する機会に恵まれた。これ等の地球嵐時のオーロラ観測の一部は、磁気嵐急始 (SSC) 以前から終息後迄の期間を、毎衛星周回のパスに於いて連続的に実行する事が出来た。これに依り従来観測例の乏しさの為、その様相が十分に把握し得なかつた地球嵐時のオーロラのグローバルな発達・減衰過程に対する新たな知見を加える事が出来た。亦、地球嵐の直前・直後の観測に依って、以下の重要な現象を捕捉する事が出来た。即ち、太陽フレアから放出された高エネルギー粒子の直撃を受け、polar-cap glow 等の発生を見て居る擾乱状態の極冠とオーロラ・オーヴァルとの相互関係、嵐時のオーヴァルから平常時のオーヴァルへの移行等の現象であり、磁気圏のダイナミックス研究に重要な手がかりを与えるもので

ある。

ATV-UV が観測を行った地球嵐は、その数に恵まれた事もあって、顕著な低緯度オーロラ現象を伴う大ストームから、SSC に弱いメイン・フェーズの続く小ストーム、更には、SSC を伴わない SG 型のストームと、その規模・種類に於いて多種多様なものが含まれて居る事も重要な事実である。

地球嵐時のオーロラの様相は、通常的位置から数度~十数度低緯度側に移動した活発なオーヴァルと、特徴的に記述が可能である。唯、北海道に於て低緯度オーロラが観測された、89年10月20日、11月17日の、大ストームでは SSC 生起以前からオーヴァルが既に十度近く低緯度に移動して居る事実がある。

今回は上記の如き傾向をも含めて、磁気嵐時に観測されるオーロラの特徴の i) 磁気嵐規模に対する依存性、ii) 平常時オーロラとの対比、に重点を置いて発表を行う。

## G21-10

サブストムの発達に伴う降下粒子特性の変化

○中村 るみ (極地研)、GADC グループ

### Relationships between precipitation of energetic particles and auroral particles at different phase of substorms

Rumi Nakamura (NIPR),  
GADC group

Dynamical change in the discrete auroral distribution during substorms indicates that precipitation pattern of electrons with energy about a few keV significantly changes both spatially and temporally. This is expected also for energetic particles (> a few tens of keV) since observational evidence for acceleration of particles in a broad energy range have been obtained in the magnetosphere. These energetic particles, whose energy is an order larger than the parallel potential energy, could be used as an indicator of the magnetospheric structure.

In general, electron precipitation region can be divided to BPS corresponding to discrete auroral region and CPS corresponding to diffuse auroral region. Accordingly, the energetic electron precipitation show two peaks in the latitudinal profile; one at the central latitude of BPS and the other at that of CPS. On the other hand, there are also two regions where strong precipitation of energetic proton is observed; one at the poleward region of the expansion aurora and the other at the region between CPS and low latitude BPS. The former precipitation (we call it here "high latitude ion precipitation") is characterized by energy dispersion. In the previous study, we found that during expansion phase, energetic particle precipitations have significant longitudinal dependence relative to the location where an auroral expansion takes place.

In this study we infer temporal change of the precipitation pattern of energetic particles by examining the data for different phases of substorms. The data used in this study are precipitation flux of electrons and ions with energy in a range from 0.03 keV to 30keV and auroral images obtained from DMSP satellites together with ground all-sky TV and ground magnetogram data. We select DMSP events when the satellite passed close to one of the ground geomagnetic observatories. Ground magnetograms provide us with phase of the substorm at the time of the DMSP observation. Further, from local magnetogram near the satellite orbit, we infer relative longitude of the DMSP path to the onset region. We show that the high latitude ion precipitation is rarely observed before expansion onset even close to the onset region. We discuss change in magnetotail structure, including its longitudinal structure, deduced from the precipitating particles for different phase of substorms.

# G21-11 DMSP衛星によるサブストーム前後の 粒子降り込みと沿磁力線加速の観測

塩川和夫、湯元清文

名大STE研

DMSP observations of the Global  
Characteristics of Particle Precipitations  
and Field-Aligned Electron Accelerations  
During Isolated Substorms

K. Shiohara, K. Yumoto

Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya Univ.

We have analyzed particle data obtained from the DMSP-F6 and -F7 satellites to study the global dynamics of auroral particles associated with substorms. The substorm time for 9 isolated magnetospheric substorms was defined using P12 onsets observed at low latitudes on the ground. Based on these data, we will discuss the characteristics of particle drift in the magnetosphere and field-aligned electron acceleration processes.

サブストームに関連したGlobalな粒子の降り込みの分布が、時間と共にどのように変化して行くかという問題は、人工衛星観測が常に1点観測であるために、なかなか全体像が見えてこないのが現状である。そこで本研究ではP12脈動とAU, ALインデックスを用いて、 $AL_{min} \sim 500-800$  nT程度のIsolated Substormを1983-1986の間で9個ピックアップし、同時に観測されたDMSP衛星の粒子データを統計的に解析した。図1はその解析例である。得られた結果は以下のようにまとめられる。

- ・30 eV - 30 keVの電子、イオンの降り込みの低緯度側境界におけるエネルギー変化は、Ejiri et al. (1980)の粒子ドリフトシミュレーションの結果とよく一致する。(図1参照)
- ・サブストームのRecovery phaseで

は、降り込み電子でみたCPSの低緯度側境界はより低緯度に広がり、CPS中にもinverted-V型の加速された電子の降り込みが現れる。

- ・サブストームが起こると、沿磁力線加速電場、磁気圏電子密度に逆の朝夕非対称性が生じる。すなわち、

		朝側	夕方側
沿磁力線電場	サブストーム前	小	小
	recovery	小	大
電子密度	サブストーム前	小	小
	recovery	やや大	小

これはconstant-current generatorを考えた磁気圏-電離圏結合過程を考えるとreasonableな結果である。

## Reference

Ejiri et al., JGR, 85, pp.653-663, 1980.

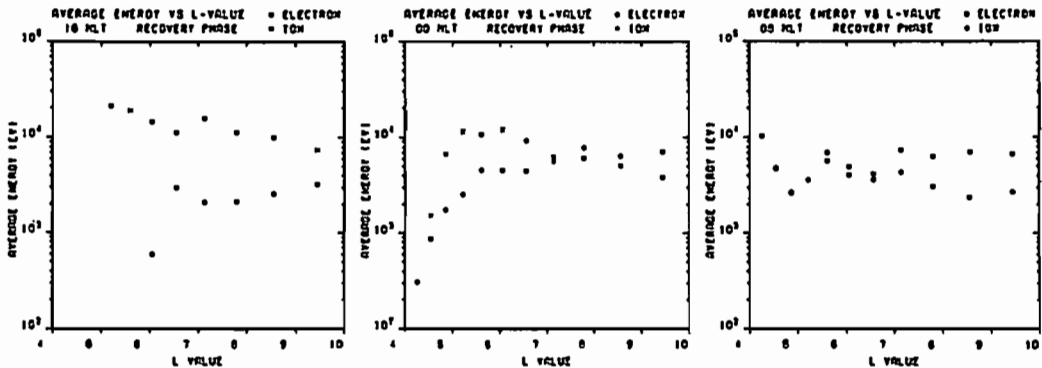


Fig. 1 Dependences of electron and ion average energy upon L-value in substorm recovery phase (~0.5-2 hour after substorm onset). The average energies are estimated from DMSP particle data and averaged within  $\pm 1$  hour for each MLT. (See the simulation results of Fig.14 in Ejiri et al., 1980.)

# 特別講演会

(G22)

日本の月探査計画

水谷 仁 (宇宙科学研究所)

ペネトレーターによる  
南極人工地震計画

渋谷 和雄 (国立極地研究所)

## 極域現象 (IV)

G32 01~04, P34

座長 家森 俊彦 (京大理)  
中川 朋子 (宇宙研)

## 磁気圏構造 (I)

G32 05~08, P39,41,47

座長 中村 正人 (宇宙研)  
大谷 晋一 (東大理)

## 磁気圏構造 (II)

G32 09~15, P27,38,40,42,46,54

座長 長井 嗣信 (気象研)  
竹田 雅彦 (京大理)



A UNIFIED VIEW ON CONVECTION AND  
FIELD-ALIGNED CURRENT PATTERNS IN THE POLAR CAP

Y. Kanide

Kyoto Sangyo University, Kyoto 603

O. A. Troshichev

Institute of Space and Astronautical Science, Sagamihara 229 and  
Arctic and Antarctic Research Institute, Leningrad, U.S.S.R.

The area that we normally refer to as the polar cap is connected with the most distant and outer boundary regions of the magnetosphere. Electrodynamic processes occurring in the polar cap including the dayside cusp region are perhaps directly influenced by the magnitude and orientation of the interplanetary magnetic field (IMF) as well as by solar wind conditions. In particular, field-aligned currents and plasma convection play a central role in magnetosphere-ionosphere coupling. In fact, a considerable number of different types of observations of electric and magnetic fields and currents at this highest latitude region of the ionosphere have been carried out during the last two decades, revealing the essential character on the large-scale patterns of plasma convection and the extent to which the polar cap and the magnetosphere/the solar wind are coupled. This region has also attracted considerable theoretical interest because the field-aligned currents and convection there relate in a unique way to a variety of unique and exciting phenomena, such as the polar cap auroras (the  $\theta$  auroras) and the so-called four-cell convection pattern.

Most of the past studies, however, tend to discuss the morphology of electrodynamic processes in the polar region with no efforts in trying to combine the effects of the IMF  $B_y$  and  $B_z$  components. As a result, some studies have dealt with the entire polar cap region, some others are for dayside polar cap; and still others are concerned primarily with the cusp region. The main purpose of the present presentation is to attempt to show that it is possible to order the observed polar cap currents and their associated convection patterns in a way that is consistent with recent satellite observations. In particular, it is demonstrated that various current systems in this region can be accounted for in terms of a simple picture in which the size of the field-aligned current region changes and the current region moves in different directions, depending upon different orientations of the IMF. The empirical model of the field-aligned currents can be extended to the associated convection patterns for all IMF conditions. Some particular features of convection patterns can also be predicted.

Ground-based and spacecraft observations during the last two decades of ionospheric electric fields and currents, field-aligned currents, and global auroral forms in the polar cap are combined to propose a unified empirical model. In this new view, plasma convection patterns and the corresponding electrodynamics in the polar cap can consistently be ordered by the orientation of the interplanetary magnetic field (IMF). The different patterns depend on where the main interaction between the terrestrial and interplanetary fields occurs, on the morning or evening side of the central polar cap, or on the dayside portion of the 'closed' cusp region, or on the nightside portion of the 'open' cusp region. One of the essences of the new model is that it is possible to account for the existence of various convection patterns and associated complicated field-aligned currents, from the four-cell pattern (during periods of northward IMF), the three-cell pattern (during large  $B_y$  periods), to the conventional two-cell pattern even with a deformation of flow called the throat near the dayside cusp (during southward IMF).

In summing up the body of observations describing the characteristics of field-aligned currents and the associated convection patterns, it is important to realize that the IMF vector never changes suddenly from one  $B_z$  state to the other  $B_z$  state, or from one  $B_y$  state to the other  $B_y$  state. When  $B_z$  values become very small,  $B_y$  becomes the dominant component, taking over the IMF. Also, if one mechanism, such as the merging of the IMF and the magnetospheric magnetic field, is important for southward IMF conditions, it must be effective also to  $B_y$  conditions. Since the magnetosphere has a unique and quite complicated configuration in the polar cap and cusp region, the location where the merging occurs most efficiently can change for different IMF orientations. Accordingly, the size of the merging region can vary from time to time. Because of different plasma characteristics, the time scale for the particular magnetospheric region to respond to the IMF condition through the merging processes may also change, depending on IMF conditions.

One of the key elements of our unified view is that the so-called Svalgaard-Mansurov currents, the various types of the cusp currents, and the NBZ currents may represent different faces of the same current system. It is not too difficult to find that most of the characteristics are common in the three types of currents, including their IMF  $B_y$  dependence and seasonal changes. The relative importance of these in the 'visible' effects in magnetic disturbances or convection depends on the orientation of the IMF.

### Dayside magnetospheric substorms

T. Hijiya and M. Watanabe

Faculty of Science, The Univ. of Tokyo

By using the simultaneous measurements of the magnetic field and precipitating ions and electrons (within 30 eV to 30 keV) acquired with the DMSP-F7 satellite at an altitude of about 840 km in the prenoon magnetic local time sector, we have investigated the following questions during substorms:

- Much of the traditional Region 1 FAC (field aligned current) system is collocated with the most intense fluxes of the magnetosheath-like low energy plasma that have traditionally defined polar cusp and cleft with ions exhibiting the tailward-convecting signature during substorms.
- Dayside Region 1 system is thought to be located with the interface between the outermost plasma sheet convection boundary and a plasma mantle-like boundary, located inside the magnetopause, and associated with charged particles from the dayside magnetospheric boundary layer.
- Traditional Region 2 FAC system coincides with the region of high-energy electron population which are usually used to identify the plasma sheet domain.
- Traditional Cusp FAC system is almost entirely poleward of the most intense fluxes of the plasma mantle.

## STRUCTURES OF FIELD-ALIGNED CURRENTS IN THE DIFFUSE AURORA REGION

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

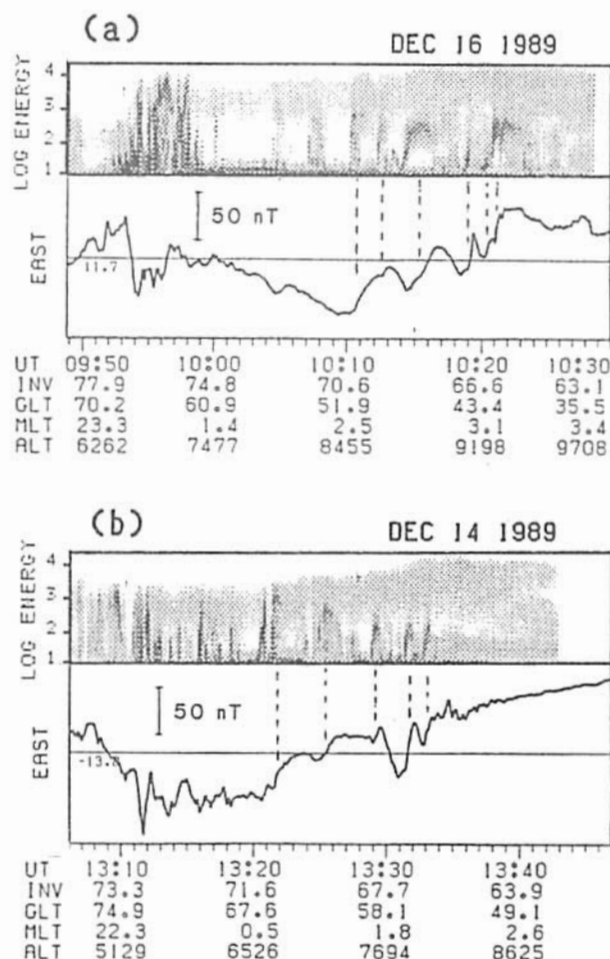
Magnetic field and charged particle data obtained from the Akebono satellite located in the diffuse aurora region from the midnight to morning sector have clearly demonstrated that localized, inverted V-like electron precipitation events with peak energy of 0.1 - 1 keV occur superposed on continuous precipitation of 1 - 10 keV electrons. These localized electron precipitation events show one-to-one correspondence with localized upward field-aligned currents. It is further found that the peak energies of localized electron precipitation events decrease toward low latitudes. These results suggest that convection electric field and inhomogeneous cold plasma density distribution in the CPS region cause localized upward field-aligned currents and field-aligned acceleration of electrons.

あけぼの衛星の磁場および粒子データを用い post-midnight (0 ~ 3 MLT) におけるディフューズオーロラ帯の沿磁力線電流構造と粒子構造の関係を調べた。その結果以下のことが明らかとなった。

- 1) ディフューズオーロラ帯に対応すると思われる 1 - 10 keV 電子の連続的な降り込み領域の中に、inverted V 的な降下電子が出現し、この領域は上向き電流領域となっている (図 1 a)。
- 2) ディフューズオーロラ帯に出現する inverted V 的な降下電子のピークのエネルギーは 0.1-1 keV 程度であり、一般に低緯度側に向かってピークエネルギーが徐々に低くなる (図 1 b)。

これらの結果から、CPS 領域の対流電場が、沿磁力線電流と inverted V 的な降下電子をつくり出していることが強く示唆される。また inverted V 的な降下電子のピークエネルギーがかなり低いことから、これらの粒子はプラズマシート起源ではなく、電離層起源であると思われる。

Fig. 1 Examples of inverted V-like electron precipitation events and field-aligned currents in the diffuse aurora region: a) December 16, 1989 event, b) December 14, 1989 event.



三宅 互、佐川 永一、向井 利典、町田 忍、平原 聖文  
 ( 通 信 総 研 ) ( 宇 宙 研 )

## ELECTRON FLUX OBSERVATIONS IN A PULSATING AURORA

W.MIYAKE, E.SAGAWA, T.MUKAI, S.MACHIDA, and M.HIRAHARA  
 ( C R L ) ( I S A S )

S-520-14 sounding rocket was launched at Andoya Rocket Range into a pulsating aurora. A quadri-spherical electrostatic analyzer and a magnetic analyzer were fabricated and boarded to study the source and mechanisms for electron precipitation producing pulsating auroras. The electrostatic analyzer aims to obtain the pitch angle distributions and the energy spectrum of electrons in a energy range of 0.03 - 30 keV. The magnetic analyzer is used for the high-time resolution analysis of precipitating electrons at 4-fixed energies (1.2, 4, 10, and 25 keV). In this presentation we give a summary of the instrumentaion and preliminary results of electron observations.

1991年 2月にノルウェー・アンドーヤ基地 (磁気緯度67.15) から打ち上げられる S-520-14号機に搭載された低エネルギー粒子計測器と、それにより得られた結果の速報を行う。パルセーティングオーロラをターゲットとする今回の北欧ロケット実験で低エネルギー粒子計測として行うのは、以下の3項目である。

## ① 降下電子スペクトル

1/4球静電分析器により、オーロラの基本量である低エネルギー電子のスペクトルをロケット機軸に対し3方向 (30°, 90°, 150°) について測定する。0.03 - 30 keVのエネルギー範囲を32 stepsに分割し、640 msecで掃引・計測する。

## ② 降下電子の高速変動

固定磁界型分析器によりパルセーティングオーロラを発光させる降下電子フラックスの変動を、4ch (1.2, 4, 10, 25 keV) の固定エネルギーで、高速 (20 msec) サンプルする。電子フラックス変動の位相解析から磁気圏中の電子散乱の起こる場所を求める。

## ③ 熱的イオン分布関数測定

10 eV以下の熱的イオンの速度分布関数を円筒型静電分析器で測定する。この観測では、プラズマのドリフト速度、非熱的分布の検出を目的とする。

本講演では、上記のうち①、②の電子フラックスの測定についてのべる。

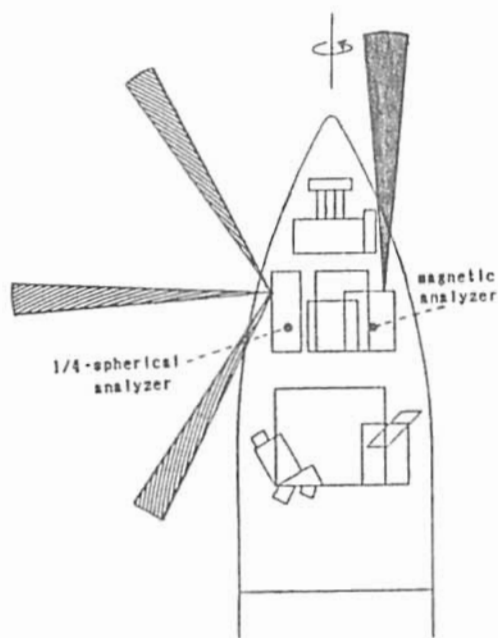


Fig.1 Schematic drawing of the fields of view of the electron analyzers on S-520-14.

G32-05

プラズマシート境界域に於けるイオンの分布関数

\* 中村正人、バッシュマン、バウムヨーハン、スコプケ

マックスプランク研究所

Ion Distributions and Flows In and Near the Plasma Sheet Boundary Layer

\* M. Nakamura, G. Paschmann, W. Baumjohann, and N. Sckopke

Max-Planck-Institut fuer extraterrestrische Physik  
Federal Republic of Germany

We have studied three-dimensional ion distribution functions obtained with high time resolution (every 8 seconds) in and near the plasma sheet boundary layer with the plasma instrument on AMPTE IRM spacecraft during all phases of magnetic activity. Regardless of activity, the high-speed components of the distribution reduce their speed, increase their angular extent, and eventually become virtually isotropic, when the spacecraft moves from the boundary layer towards the central plasma sheet. The high-speed components, often deviate from simple crescent-shaped distributions and exhibit significant structure. During disturbed times, substantial flows perpendicular to the magnetic field were observed. In several of the reported cases, an extra cold ion component of comparable density was observed whose bulk velocity perpendicular to the magnetic field sometimes differed dramatically from that of the high-speed components (figure 1). It is speculated that these differences might be a signature of gyro-phase bunching.

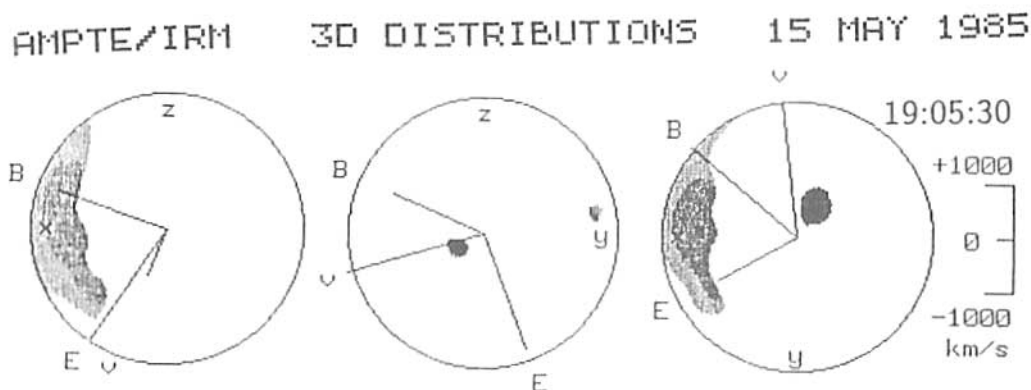


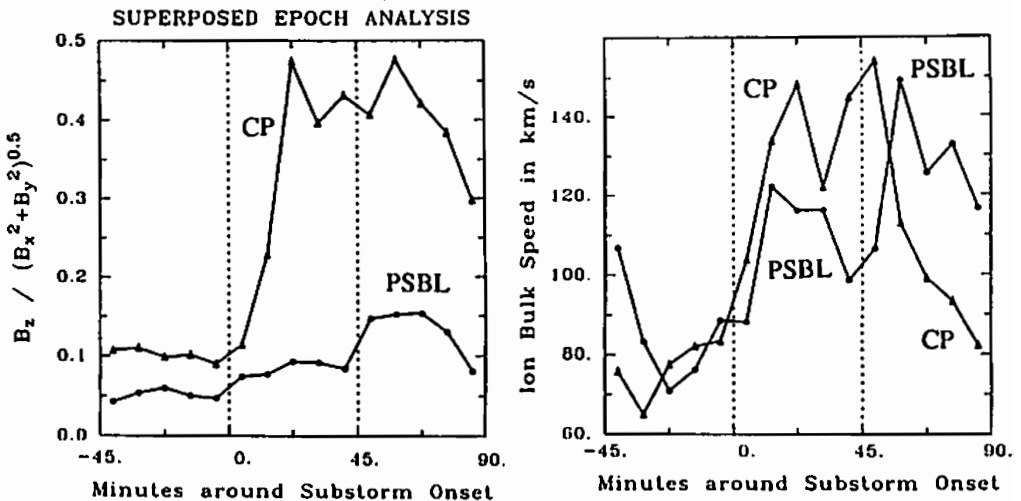
Figure 1 Ion phase-space distributions. The three-dimensional distributions are represented in terms of cuts along three mutually orthogonal planes (in GSM coordinates),  $(V_x, V_y)$  on the left,  $(V_z, V_y)$  at center, and  $(V_x, V_y)$  on the right. Zero velocity is at the center, the circle marks the velocity corresponding to the maximum energy displayed, in this case 40 keV/e. The velocity scale is illustrated by the vertical bars on the right. The lines labelled v, B, and E refer to the projections of unit vectors along the bulk velocity, magnetic field, and electric field ( $= v \times B$ ).

## Superposed Epoch Analysis of the Substorm Plasma Sheet

W. Baumjohann and G. Paschmann  
 Max-Planck-Institut für Extraterrestrische Physik, Garching  
 T. Nagai  
 Meteorological Research Institute, Tsukuba  
 H. Luhr

Institut für Geophysik und Meteorologie, Technische Universität

More than 43,000 plasma and magnetic field measurements with the AMPTE/IRM satellite in the magnetotail are used for a superposed epoch analysis of the conditions in the near-Earth plasma sheet around 39 major substorm onsets. In the central plasma sheet, the magnetic field elevation, the ion bulk speed, and the ion temperature all show marked rise during the substorm expansion phase. Somewhat less pronounced increases of all three parameters are found in the plasma sheet boundary layer. But here the substorm effects are typically seen during the recovery phase. In the near-Earth neutral line model, the latter finding would indicate that the recovery phase begins when reconnection has proceeded to plasma sheet boundary layer field lines. Since the temporal evolution of ion temperature and ion density are anticorrelated especially in the central plasma sheet, we argue that the strong plasma sheet heating during substorms occur in a nonadiabatic fashion.



## THE DEVELOPMENT OF TAIL CURRENT PRIOR TO THE CURRENT DISRUPTION

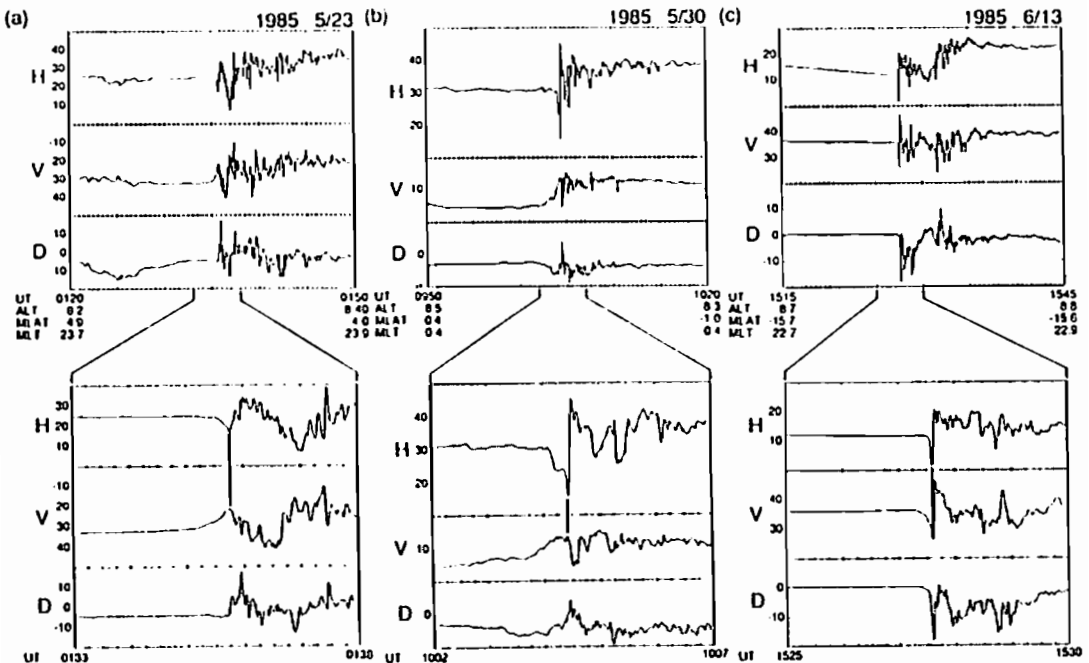
S. Ohtani<sup>1,2</sup>, K. Takahashi<sup>2</sup>, L. J. Zanetti<sup>2</sup>, T. A. Potemra<sup>2</sup>, R. W. McEntire<sup>2</sup>, and T. Iijima<sup>1</sup>

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

2: The Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory, Laurel, MD 20723

We examine initial signatures of magnetic field and energetic ion fluxes associated with the tail current disruption with a time resolution on the order of seconds. It is found that there is a distinctive interval (explosive growth phase) just prior to the current disruption; the duration of this phase is typically 1 min, much shorter than the so-called growth phase. During this interval the tail current intensity is enhanced explosively, accompanied by the energization of the plasma sheet plasma. We suggest that a feedback mechanism is responsible for this enhancement.

Figure shows three tail reconfiguration events observed with AMPTE/CCE; the upper panels are 30-min plots of the magnetometer data, and the lower panels show the commencement of the tail reconfiguration by expanding several minutes centered at the initial sharp recovery of the north-south component (H). H and IVI (V: radial component) tended to increase and decrease, respectively, during the events (see the upper panels), indicating that the tail field changed from a stressed configuration to a more dipolar one. It should be noted that the H component was depressed just prior to the initial sharp recovery. The start of the H increase is marked by the vertical lines in the high-resolution plots. As can be found easily, IVI decreased during the period of the H depression, and the commencement of the H increase coincided with that of the increase in IVI. The H and IVI signatures are correlated strikingly well on the order of a second. The anisotropy of ion fluxes (not shown) indicates that the energetic particle population increased on the tailward side of the spacecraft during the interval of the H depression, suggesting that the tail current intensity changed tailward/poleward of the spacecraft. Hence the phase relationship between H and IVI can be understood in terms of the explosive enhancement and the following sudden disruption of the tail current.



## 朝方プラズマ・シート境界域の構造

西田篤弘、向井利典、早川 基 (宇宙科学研究所)

## Boundary Region of the Plasma Sheet in the Dawn Sector

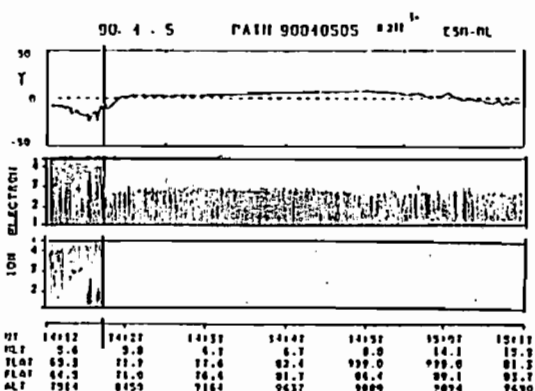
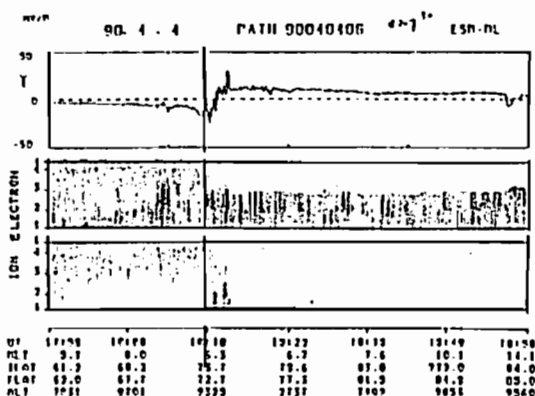
A. Nishida, T. Mukai, and H. Hayakawa (ISAS)

According to low-altitude observations of EXOS-D, the convection reversal in the dawn sector often does not coincide with the plasma-sheet boundary and occurs about 100 km poleward of the latter. Sometimes plasma-sheet-like ions are observed outside the sharp boundary of the plasma-sheet electrons in the region of sunward convection. We discuss the origin of this structure.

プラズマ・シートと極冠域の境界は閉じた磁力線と開いた磁力線の境界に対応し、電場と対流はこの境界において、あるいはそれよりも低い緯度において、方向を変えるものと考えられている。しかし、「あけぼの」の粒子・電場データにはこの考えと矛盾する例が多く見られる。付図はいずれも朝方の観測例で、縦線は電子データによってプラズマ・シートおよび閉じた磁力線の高緯度側境界であると判断される位置を示す。電場データをこの縦線と比較すると、y成分の反転する位置、すなわち対流が太陽向きから反太陽向きに変わる位置は、明らかにそれよりも高緯度側において、開いた磁力線の領域にも太陽向きの流れが張りだしている。イオンについては、上の例では数百から数千eVのイオンが縦線的位置よりも高緯度側に100 kmほど張りだしていて、極冠のなかで太陽向きの対流が張りだしている領域とほぼ対応している。下の例ではそのような張り出しはなく、電子とイオンのプラズマ・シートの境界が一致している。(100 eVより低いエネルギーに見られるコニックスについてはここではふれない。)

この現象の解釈として次の可能性を考えたい。

1. 開いた磁力線のなかでも、反太陽方向に引っ張られて行くのは最近リコネクトしたのみである。極から遠い朝側には、比較的古い時期に開かれ、そのまま閉じずに極冠に留まっている磁力線があり、これらは最近リコネクトした磁力線の流れに押し退けられる形で太陽向きに流される。2. イオンはプラズマ・シートから(太陽向きに流れる)開いた磁力線上へと流出することがある、あるいは、3. イオンを加速する機構はプラズマ・シートの中だけでなく境界面のすぐ外でも働いていることがある。



朝側プラズマ・シート境界領域の観測例。上から、電場y成分、電子のE-I図、イオンのE-I図で、緯度は右に向かって増している。電子もイオンも90°を中心とするピッチ角の成分である。



同一の IMF 条件下の極域電場

○中川 朋子、鶴田 浩一郎、向井 利典、西田 篤弘、松岡 彩子、早川 基、R. Lepping  
(宇宙科学研究所) (NASA/GSFC)

Electric field in the Earth's polar region under the same IMF conditions

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

The electric field data obtained by EXOS-D satellite during different period on various orbits but under the same interplanetary magnetic field (IMF) conditions are examined in order to investigate whether the IMF is always the most important controller of the Earth's magnetosphere. For the purpose of this analysis, EXOS-D data obtained during the period from October 2, 1989 to April 2, 1991 are sorted according to three components of the IMF observed by IMP-J at about 30-40 RE from the Earth.

極域磁気圏の電場の構造をコントロールするものとして、太陽風磁場(IMF)が重要であると考えられてきた。確かに強い南向き IMF のときは、ほぼ例外なくポーラーキャップ内で dawn-to-dusk 電場が観測され、地磁気活動度が上がっており、太陽風と磁気圏の磁力線のつなぎ替えなどの過程によってあまり矛盾の無いイメージを作ることができる。しかし大きな南向き成分を持った IMF は、通常の太陽風の状態からみればむしろ稀である。それ以外の、北向き IMF や Bz 成分のほとんど無い IMF 状態の時でも、IMF が地球の磁気圏の動きを決める上で最も重要なのだろうか。

そこで本研究では、IMF が全く同じ状態で時期の異なるデータを集め、同一の IMF 状態が現われたときに極域磁気圏に同一の電場構造が再現されるかどうかを調べた。ここでは Bz だけでなく、Bx、By、Bz すべての成分について完全に場合分けを行った。このことは、IMF の変化によって極域電場がどう変わるかを研究する以前にまず確かめられるべきことであろう。もしも同じ IMF 条件下で、どうしても矛盾する電場が観測されるとしたら、IMF 以外の要因、例えば太陽風の速さ、密度、あるいはそれまでの IMF の履歴、地球の磁気圏尾部の活動等が極域磁気圏の電場構造の決定に、より重要な役割を果たしていると考えられる。

太陽風データとしては、地球からおよそ 30-40RE の位置を周回している IMP-J のデータを用いた。1989年10月2日-1990年4月2日(北半球で冬季)の期間内で IMF が1時間以上変化しない場合のデータを選んで解析を行った。

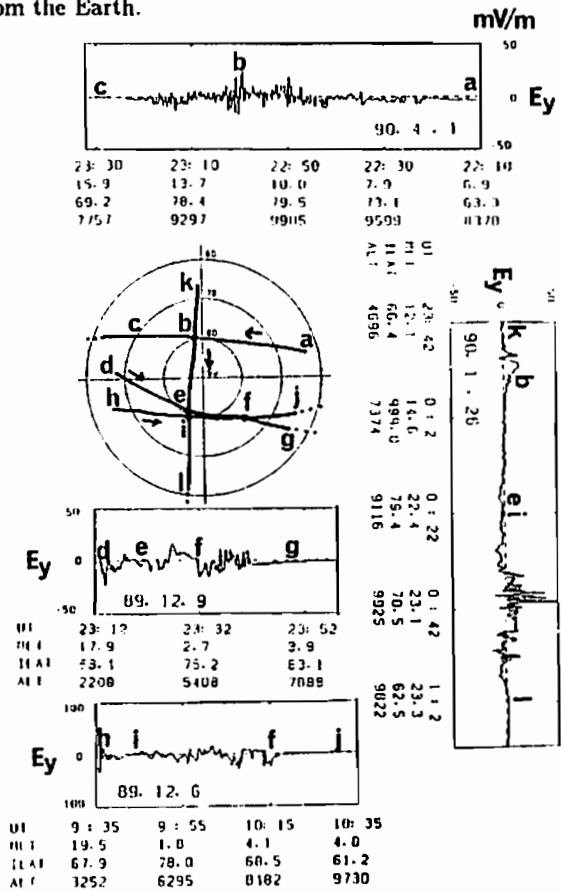


Figure: An example of EXOS-D data sets under a certain IMF condition ( $3 < B_x < 5$ ,  $-1 < B_y < 1$ ,  $-1 < B_z < 1$  nT).

## 夜側オーバル近傍の対流電場

鶴田 浩一郎(宇宙研)、金田 栄祐(東大理)、早川 基(宇宙研)  
山本 達人(東大理)、「あけぼの」EFD・ATVチーム

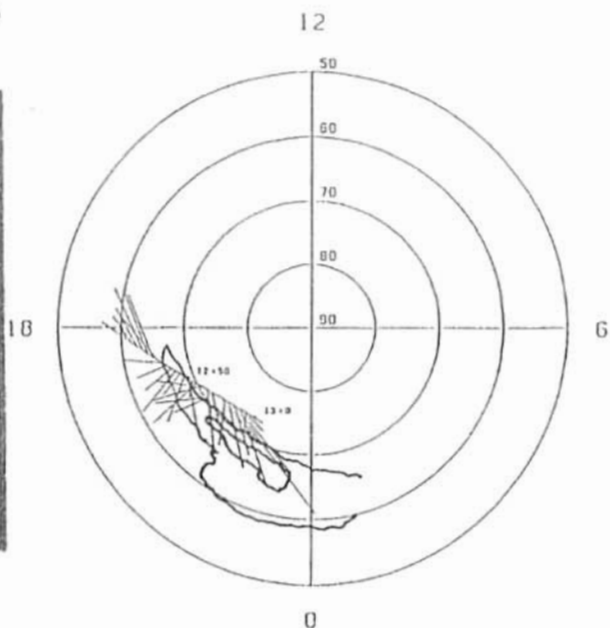
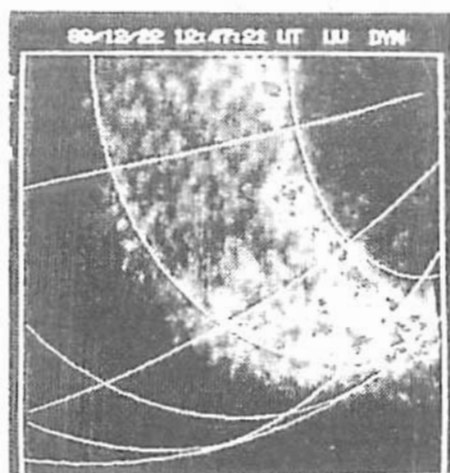
## Convection Electric Field near the Nightside Oval

K.Tsuruda(ISAS), E.Kaneda(Tokyo Univ.), H.Hayakawa(ISAS),  
T.Yamamoto(Tokyo Univ.), and AKEBONE EFD/ATV team

Convection electric field observed on the EXOS-D satellite near the nightside auroral oval is discussed. The convection inferred from the electric field often flows from high latitude to low latitude across the oval suggesting that field line merging is taking place in the tail plasma sheet. In this paper, we will discuss the merging processes in the tail plasma sheet by analysing convection speed relative to the oval position.

極冠域に見られるプラズマの対流がオーバルの位置でどの様に流れるかということは磁気圏の構造とそこでのプラズマの運動を考える上で重要な意味を持っている。特に、夜側のオーバル近傍で対流がどうなっているのかということは磁気圏尾部でのプラズマ運動と関連して興味があることである。「あけぼの」衛星に搭載されているオーロラ撮像装置と電場計測機のデータを組み合わせることでこの種の研究が可能となる。

今回発表する内容はまだ、初歩的なものであるが、オーバルをよぎる対流の例をいくつか示すことが出来た。下に示した例はその一つで、対流は毎秒数キロメートルの速さで高緯度側から低緯度側へ流れているにもかかわらず、オーバルの緯度は殆ど変化をしない。オーバルの位置をオープン/クローズの境界と考えるとオーバルとの相対運動は尾部でのリコネクションの速さと関係するはずである。



## 夜側オーロラオーバル付近の IMF By に依存する沿磁力線電流

田口 聡 (京大理)

IMF By-dependent Field-Aligned Currents  
Near the Nightside Auroral Oval

Satoshi Taguchi

Department of Geophysics, Faculty of Science, Kyoto University

We examined the IMF By-dependent field-aligned currents near the nightside auroral oval using Magsat magnetic field data obtained over the southern hemisphere. A By-dependence is identified in the magnetic structures which consist of the perturbations toward nightside at lower latitudes and those toward dayside at higher latitudes within the narrow latitudinal range. These magnetic perturbations appear in the postmidnight (premidnight) region when By is positive (negative). This By-dependence comes from a By dependent intensification of the region 1 current and occurrence of the two field-aligned currents poleward of it.

昼側ポーラーキャプヤカスプ領域では沿磁力線電流が IMF By の強い依存性を示すことはよく知られている。こういった領域とはまったく異なる夜側のオーロラオーバル付近の沿磁力線電流の IMF By に依存する構造に着目し解析した。

図1は Magsat によって南半球上空でえられた磁場の水平成分のポーラープロットである。(a)は  $B_y > 0$ ,  $B_z > 0$ 、(b)は  $B_y < 0$ ,  $B_z > 0$  の時に観測されたものである。これらの図は、 $B_y > 0$  の時には午前側の磁場変動が強くなり、 $B_y < 0$  の時には午後側の磁場変動が強くなることを示している。これらの磁場変動は、(a), (b)とも狭い緯度幅において高緯度側で太陽向き、低緯度側で夜側向きであり、主に3つの電流シートによってつくられている。電流の向きは、(a), (b)の場合それぞれ低緯度側から順に、電離層に対して(入、出、入)、(出、入、出)である。従って、両方ともこれらの磁場変動は、Region 1 向きの電流とその極側の2つの電流によってつくられていることになる。図2は、上のような構造を持つイベントを一定の判断基準のもとに取り出して、その出現と IMF By,  $B_z$  との関係プロットしたものである。イベントは、79年11月から80年1月までに得られた南半球のデータのローカルタイム20時から4時の間から選ばれている。統計的にも確かにこの沿磁力線電流の出現には IMF By 依存性があり主として IMF  $B_z$  がプラスの時に観測されることがわかる。

IMF By がプラスの場合に、夜側の沿磁力線電流の強度に朝夕の非対称性があることはすでに Iijima et al. [1987] により指摘されてきた。ここでは対象をすべての IMF By

に広げ、特に、By の正負に応じて強められる Region 1 の向きの電流に重点をおいて解析した結果を報告する。電流強度と各種パラメーターとの関係性を評価し、それに基づいてこの電流の成因についても議論する。

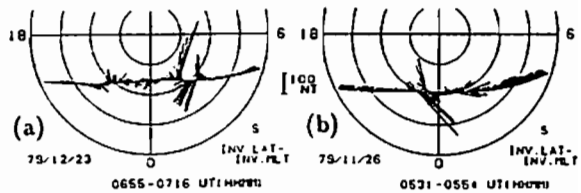


Fig.1. (a) Polar plot of horizontal magnetic field vectors over the southern hemisphere for IMF  $B_y > 0$  and  $B_z > 0$ , and (b) for IMF  $B_y < 0$  and  $B_z > 0$ .

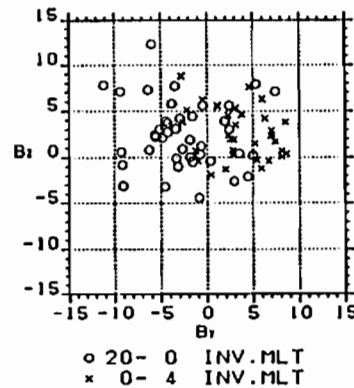


Fig.2. Relationship between occurrence of the field-aligned current structure and IMF  $B_y$  and  $B_z$ .

# G32-12

Energy transport through the plasmasphere and polar ionosphere  
in the large magnetic storm on Oct. 20, 1989

H. Oya, A. Morioka and M. Iizima  
Geophys. Institute, Tohoku Univ., Sendai 980, Japan

In the time of large magnetic storm on Oct. 20, 1989, the fairly wide data coverage was obtained by Akebono ( EXOS-D ) satellite to study the energy transport processes from the magnetosphere to the ionosphere through low latitude plasmasphere and polar region ionosphere. The energy transport processes are sensitively observed by PWS onboard the satellite ( see Fig.1 for an example ).

- i) The broad band electrostatic plasma waves can be observed in the latitude range  $50^{\circ} \sim 53^{\circ}$  corresponding to the low latitude aurora.
- ii) Plasmasphere structure shows highly irregular nature.
- iii) Plasmapause feature becomes gradual and hard to recognize as sharp edge but dominated by very gradual variation.
- iv)  $(n+1/2)f_c$  emissions can be observed suggesting the free energy input from outside.
- v) Large enhancement equatorial turbulence takes place; the enhancement of ET suggests the large input of free energy through equatorial region as well.

These results suggest that the energy is transported in the form of i) energetic particle injection, and ii) heating of plasma through wave particle interaction processes.

The input of energy becomes origin of the irregular distribution of the plasmasphere. Plasmapause structure becomes very gradual suggesting that the plasmapause is largely controlled by the pressure of the plasmasphere rather than the convection motion in the plasma sheet.

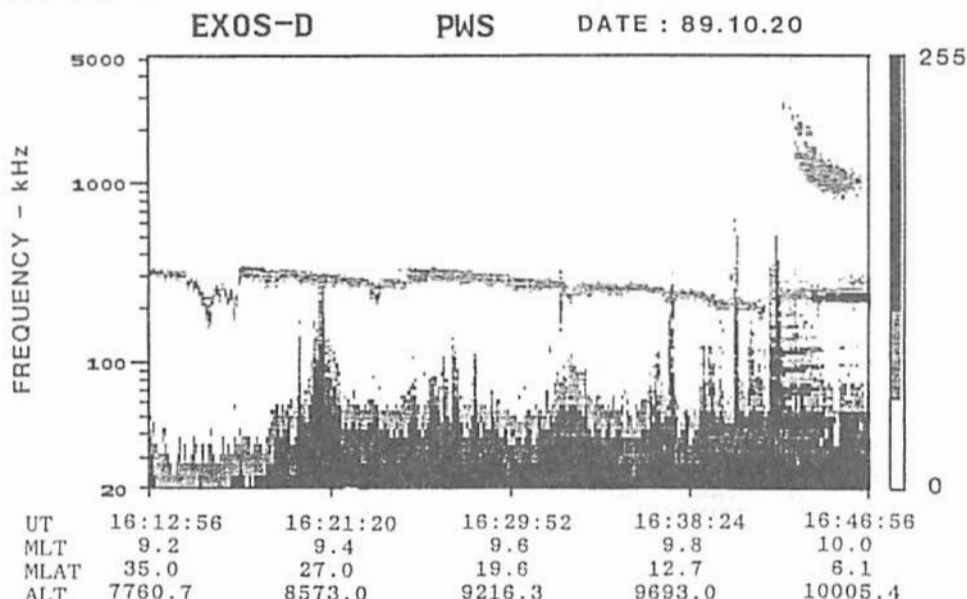


Fig. 1 Example of PWS dynamic spectrum observed on Oct. 20, 16:12:56 to 16:46:56.

## Direct detection of geomagnetic effect of solar wind dynamic pressure

T. Araki<sup>1</sup>, N. Funato<sup>1</sup> and T. Iguchi<sup>2</sup><sup>1</sup>Department of Geophysics, Faculty of Science, Kyoto University  
<sup>2</sup>Mitsubishi Electric Company

An attempt was made to find out directly effects of the dynamic pressure ( $P_d$ ) of the solar wind in the geomagnetic field observed on the ground. The procedure was based upon the following assumptions.

- (1) Variations of the geomagnetic H-component observed in low latitudes are caused by 3 main source electric currents; the ionospheric current, ring current and magnetopause current (due to  $P_d$ ).
- (2) The geomagnetic effect of the ionospheric current vanishes or is minimized at night during geomagnetically quiet time because of low electrical conductivity of the ionosphere.
- (3) The ring current produces a negative variation in the H-component.

In Figure 1 hourly values of the H-component at Kanoya for 9 months (Jan.-Sep.) are plotted versus  $P_d \cdot 0.5$ . The upper envelope of the data points in this Figure seems to increase linearly with increasing  $P_d \cdot 0.5$ . Our interpretation is that this upper envelope corresponds to zero level of the ionospheric current and the ring current and therefore shows the relationship between the dynamic pressure in the solarwind and the geomagnetic variation on the ground. Figure 2 is a similar plot for the Dst index for 3 years. The result is consistent with Figure 1. Figure 2 also shows clearly that Dst does not well develop when  $P_d$  is small.

These considerations will be important also in determination of the base value of the geomagnetic field.

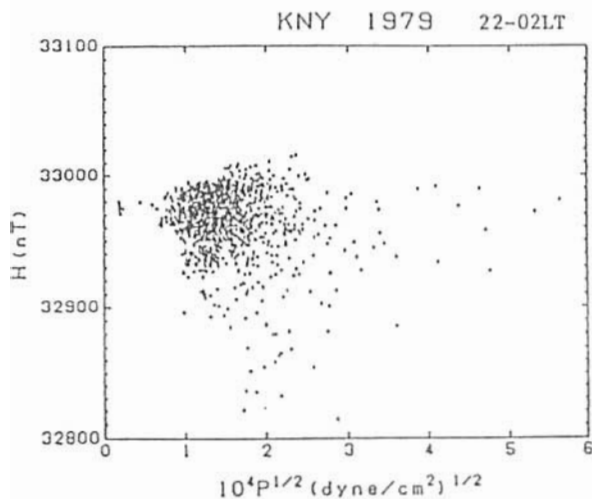


Fig. 1

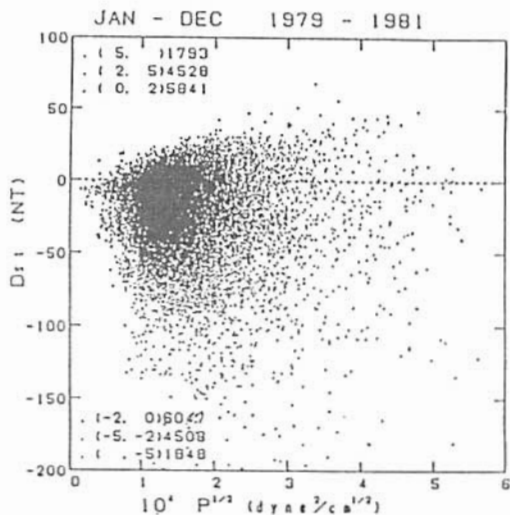


Fig. 2

# 地磁気静穏日日周変化の夏冬差から 推察される低緯度沿磁力線電流

福島 直

INTERHEMISPHERIC FIELD-ALIGNED CURRENTS AT LOW LATITUDES IN THE DAYSIDE  
MAGNETOSPHERE INFERRED FROM SEASONAL VARIATION OF GEOMAGNETIC  $S_q$ -FIELD

Naoshi FUKUSHIMA

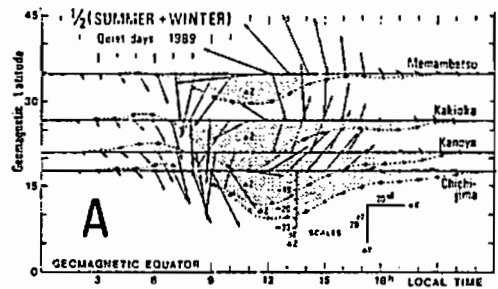
This memorandum proposes a method of analysis of the ground geomagnetic variations that will enable us to infer (by no means to obtain) the field-aligned currents flowing at low latitudes on the sunlit side from the winter to the summer hemisphere. The data used in this analysis are those at four magnetic observatories (Memambetsu, Kakioka, Kanoya and Chichijima) in Japan.

電離層・磁気圏にわたる三次元電流系を地上の地磁気変動観測結果だけから求めることはできないが、それをある程度推察することは可能である。夏季と冬季における地磁気  $S_q$  日変化を比較して、南北両半球の  $S_q$  電流中心部付近を結ぶように流れる磁気圏内沿磁力線電流の様相を推察するに役立つような地磁気観測資料解析法を筆者は考えてみた。

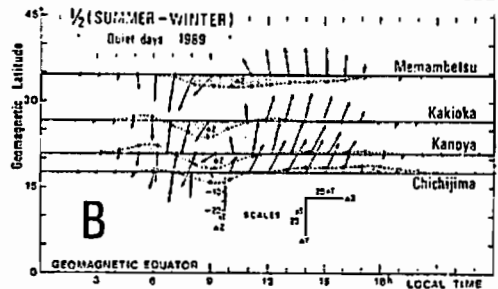
解析に使用した資料は、国内4観測所(女満別、柿岡、鹿屋、八丈島)における1989年の各月の地磁気三成分(X, Y, Z) 静穏日平均毎時値である。地方時 22-02時における各成分観測平均値からの差を  $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$  と記し、夏季(5, 6, 7, 8月の平均)および冬季(11, 12, 1, 2月の平均)の夫々について、 $(\Delta X, \Delta Y)$  から equivalent overhead current arrows の日周変化を、また  $\Delta Z$  値の日変化を縦軸に示す図を作った上、さらに  $\frac{1}{2}(\text{Summer} + \text{Winter})$  および  $\frac{1}{2}(\text{Summer} - \text{Winter})$  を求めてみると右に示すA図とB図が得られる。A図中の地磁気  $S_q$  電流渦が電離層内の Hall 電流であれば、電流渦中心部では電位が大きく負になっている筈である。

もしA図とB図のパターンが全く同じであれば、夏季と冬季では地磁気  $S_q$  日変化のモードは変わらず振幅だけが異なるといえる。しかし現実には、B図のパターンはA図とかなり異っており、低緯度地域において冬半球側から夏半球側に電流が流れ込んでいと思わせるような地磁気変化が地上の観測結果に現われていると云ってよいのではなかろうか。今後世界各地の低緯度地域における地磁気観測結果をこの方法によって解析してみる必要があろう。

OVERHEAD CURRENT for  $(\Delta X, \Delta Y)$ , and  $\Delta Z$ -VALUE



OVERHEAD CURRENT for  $(\Delta X, \Delta Y)$ , and  $\Delta Z$ -VALUE



## 中低緯度地球磁場水平成分への IMF-By 効果

竹田 雅彦  
京大 理IMF-By dependent variations in the geomagnetic field  
in middle and low latitude regionsMasahiko Takeda  
Data Analysis Center for Geomagnetism and Space Magnetism,  
Faculty of Science, Kyoto University

Effects of IMF-By component on the variations of the geomagnetic horizontal component in middle and low latitudes in quiet periods are examined. Analysed data are geomagnetic H-components at 27 observatories in the period from 1974 to 1982, and we used the data in the days in which maximum Kp index is less than 3-. It was found that there are two types in the fields caused by the variation of IMF-By. The one was positive (negative) in the morning and negative (positive) in the afternoon in the northern hemisphere when  $By > 0$  ( $< 0$ ), and anti-symmetric with the equator. The other is positive (negative) in the daytime when  $By > 0$  ( $< 0$ ). This field is symmetric with the equator, but the sense is different for longitudinal zones. That is, it is positive in the East-Asian zone, but negative in the American and Euro-African regions. The first seems to be the variation caused by the low latitude side field aligned currents dependent on the IMF-By, but the other may be caused variation of the ionospheric currents.

IMF-By成分の中低緯度地磁気変動への効果をL/T別に調べた。用いたデータは1974-1982年の27カ所の観測所の1時間値でKp indexが2+以下の時のみを採用した。その結果、地磁気H-成分への効果は2通りの場からなることがわかった。一つは $By > 0$ のとき、北半球午前側で正、午後側で負。南半球では逆となるもので、これは日本付近の観測所についてはShiraki, H. (1977)が指摘したものと同一である。もうひとつは、 $By > 0$ のとき南北両半球で、日本・オーストラリア・インドで昼間正、ヨーロッパ・アフリカ・アメリカで昼間負となるものでありこれは低緯度にい

くほど顕著にみられる。前者の原因としてはIMF-By依存性沿磁力線電流が作る磁場が考えられる。後者の原因は赤道増大がみられることから、電離層電流と思われるが地磁気軸のズレが関与しているようで、問題は複雑である。

講演時には、他の成分や、季節変化についても議論する。

## 文献

Shiraki, H., Mem. Rikiooka magnetic Obs., 17, 1-6, 1977.

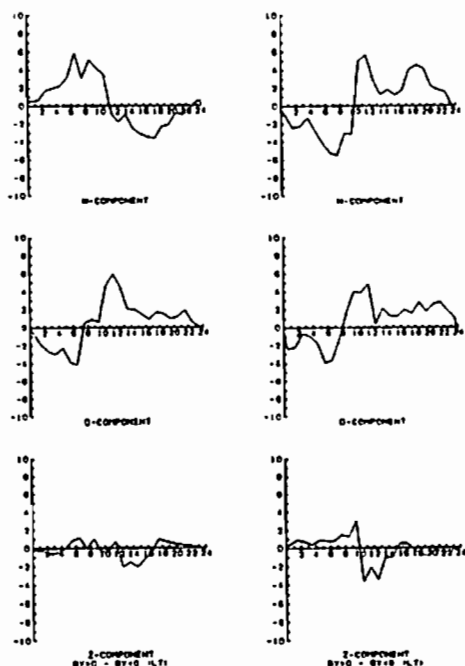


Fig. 1. Difference of the geomagnetic H (top), D (middle) and Z (bottom) components when IMF-By  $> 0$  and  $< 0$  at Boulder (geomagnetic lat.  $49^{\circ}$ N, left) and Argentine Island ( $54^{\circ}$ S, right) in 1980.

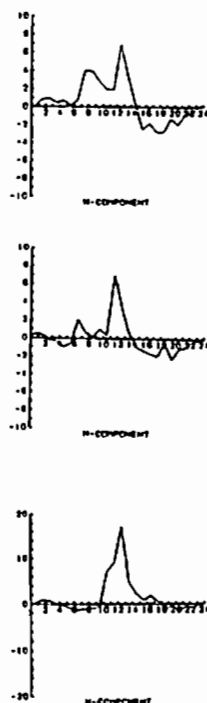


Fig. 2. Difference of the geomagnetic H component, when IMF-By  $> 0$  and  $< 0$  at Sabhawara (geomagnetic lat.  $21^{\circ}$ N, top), Aibag ( $10^{\circ}$ N, middle) and Trivandrum ( $1^{\circ}$ S, bottom) in 1980.

## Polarization of the Magnetospheric Magnetic Field at Sudden Impulse

Hideaki Kawano, Tatsundo Yamamoto and Susumu Kokubun  
Geophysics Research Laboratory, Univ. of Tokyo, Tokyo 113, Japan

Sudden Impulse (SI) is the compression or expansion of the magnetosphere caused by the discontinuity in the solar wind. The magnitude of the magnetic field increases (decreases) rapidly as a result of the compression (expansion) of the magnetosphere. Moreover, the perturbation field of SI not simply increases(decreases) in the direction of the initial unperturbed magnetic field but shows systematic rotation. The rotation of the SI signal in the magnetosphere has not been surveyed fully and the sense of rotation has not been made clear. Thus we have examined the rotation of SI in the magnetotail lobe by using IMP-H, I, J magnetometer data as an initial step. The results of the examination are as follows.

- The magnetic field before the compression (expansion) and the field after that are roughly parallel.
- The perturbation field of SIs in the tail lobe mainly rotates in the plane which includes the initial unperturbed magnetic field.
- Rotation in the plane perpendicular to the initial field is not clear.
- The plane in which the SI field rotates includes the tail lobe axis, indicating the axially symmetric compression (expansion).
- The sense of polarization is consistent with the expected sense when we assume that the increase (decrease) in the lateral pressure of the solar wind causes the magnetic field perturbation.

These properties suggest that the observed perturbation is mainly caused by the arrival of the solar wind discontinuity at the tail surface closest to the observing site.

Moreover in the course of the study, we have found the events in which the magnitude of the magnetic field makes two-step increase. The two-step events have the following features.

- The magnitude increases gradually in the first step, and then sharply increases in the second step.
- The sense of the polarization in the first step is opposite to that in the second step. The sense of polarization in the second step is the same as that of the other SI events with one-step increase.
- The two-step events are not observed in the range  $X_{GSM} > -15R_E$ .
- The duration of the first step tends to increase with increasing distance from the earth.

It is suggested from these features that the first step is caused by the compressional wave which is generated at the dayside magnetopause due to the solar wind discontinuity and travels downtail inside the magnetosphere. The properties of the SI magnetic field are further investigated from the point of rise time and amplitude. In addition, the region of survey of the polarization is extended toward the near-earth magnetosphere and distant magnetotail.



## バルセーティングオーロラ中のELF-HF帯プラズマ波動および電子密度観測

### --ノルウェー・アンドーヤでのS-520-14号機実験速報--

宮岡 宏、森岡 昭、大塚 寛、岡田 敏英、鶴田 浩一郎  
(極地研) (東北大理) (東北大理) (富山県立大) (宇宙研)

#### PRELIMINARY RESULTS OF ELF-HF PLASMA WAVES AND ELECTRON DENSITY MEASUREMENT IN PULSATING AURORAS BY S-520-14 ROCKET LAUNCHED FROM ANDOYA, NORWAY

H. Miyooka, A. Morioka, H. Oya, T. Okada, K. Tsuruda

\*1 NIPR, \*2 Tohoku Univ. \*3 Toyama Prefec. Univ. \*4 ISAS

To investigate wave-particle interactions in pulsating auroras, we carried out plasma wave measurements in the wide frequency range (from ELF to HF) and electron density measurement with S-520-14 sounding rocket launched from Andoya, Norway in February 1991. In this paper we will present preliminary results obtained by three instruments, ELF, PWH and NEI with the data of pulsating aurora observed from ground.

本講演では、本年2月中旬にノルウェー・アンドーヤから打ち上げられたS-520-14号機による、バルセーティングオーロラ中のELFおよびHF帯プラズマ波動および電子密度観測の結果について速報する。

#### 1. 観測目的

バルセーティングオーロラの生成には、磁気圏内プラズマ波動とエネルギー電子による波動粒子相互作用が本質的な役割を果たしていると考えられているが、その詳細は観測的・理論的にも未解決の問題である。我々は、ELF~HF帯にわたる広帯域のプラズマ波動スペクトルを、同時に搭載されるオーロラ粒子、光、X線および沿磁力線電流等と併せて高時間分解能で計測することにより、バルセーティングオーロラ中でおきている波動粒子相互作用の解明を目的としている。特に下記のサブテーマに焦点をあてた観測を行う。

- (1) バルセーティングオーロラ中の降下電子ならびに沿磁力線電流によって励起される静電的イオンサイクロトロン (EIC) 波の解明。特に  $O^+$ ,  $NO^+$ ,  $He^+$  等のEIC波の検証。
- (2) 静電的イオンサイクロトロン波が関与する波動粒子相互作用の解明。低高度イオンコンニクス、イオン加熱、低高度E (Anomalous Resistivity) などとの関連。
- (3) バルセーティングオーロラの生成に密接に関係するELF帯コーラスやヒスエミッションの直接観測。
- (4) バルセーティングオーロラに伴って励起されるLF~HF帯ホイスターモード波、Zモード (UHR) 波およびESCH波の実証。(12号機による脈動性LFホイスターモード波の追試)
- (5) バルセーティングオーロラ中の詳細な電子密度構造の解明。(オーロラパッチ・カラムの構造)

#### 2. 装置の概要

##### ELF

ELFでは、大きなDC電場に重畳する微小なAC電場成分(1Hz~3kHz)の計測を、できる限りシンプルな観測器で実現する。アンテナおよびブリア

ンプはPWHと共用とし、tip to tip 2.8mのダイポールアンテナを用いる。メインアンプで差動増幅した後、波形を直接16bit (96dB)でA/D変換し、高いサンプリングレートのテレメータチャンネルを用いて伝送する。

- (1) アンテナ tip to tip 2.8mのダイポールアンテナ (PWHと共用)
- (2) 観測周波数 1Hz~3.2kHz (サンプリングは6.4kHz)
- (3) ダイナミックレンジ 96dB (16bit)
- (4) テレメータ出力 デジタル出力 32W/Frame (16D×2ch) (AC電場波形データ)

##### PWH

PWHでは、1対のダイポールアンテナで受信した電界成分を、2段のヘテロダイン受信機により機上で周波数分析し、地上に伝送する。

- (1) アンテナ tip to tip 2.8mのダイポールアンテナ (ELFと共用)
- (2) 観測周波数 20kHz~5MHz
- (3) 感度 -120dBm/50Ω
- (4) 周波数分解能 1kHz
- (5) 掃引時間 1.28sec.
- (6) テレメータ出力 デジタル出力 1W/Frame (ND×1ch) (スペクトルデータ+PLステータス)

##### NEI

- (1) アンテナ 1.2mリボンアンテナ
- (2) 掃引周波数 200kHz~10MHz (500/cc~10<sup>8</sup>/cc)
- (3) 掃引時間 0.32sec.
- (4) テレメータ出力 アナログ出力 4W/Frame (2A×2ch)

この他、ロケット観測にあわせて地上からのオーロラ支援観測として、全天および広角TVカメラ観測および掃天フォトメータ観測等を実施した。これらのオーロラ観測データと併せて、ロケット観測データの速報を行う。

The relationship between polar cap AE index and interplanetary magnetic field

Sarimoko Saroso ( Department of Geophysics, Faculty of Science, Kyoto University)  
 M. Sugiura ( Institute of Research and Development, Tokai University)  
 T. Iyemori ( Data Analysis Center for Geomagnetism , Kyoto University)  
 T. Araki ( Department of Geophysics, Faculty of Science, Kyoto University)  
 T. Kamei ( Data Analysis Center for Geomagnetism, Kyoto University)

We have examined the relationship between magnetic variations in the southern polar cap and the IMF By and Bz components. The polar cap AE index has been derived by using presently available data from Scott Base, Dumon Durville, Vostok and Mirny, in the same way as the AE index is derived. The statistical analysis shows that the highest correlation coefficients between the polar cap AE, AU, AL indices and the AE index for northward and southward IMF are obtained in the winter season. Figure 1 shows the correlation between the polar cap AU index and the AE index for southward IMF during winter 1980. We believe that the main source of the polar cap AE index during winter probably is field-aligned currents because the polar cap is in darkness and the ionospheric conductivity is very low. The relationship between the IMF By component and the polar cap AU index seems to be quadratic during summer as shown in figure 2; the convection pattern at this time is shown in figure 3. The result indicates that both signs of By enhance the value of the polar cap AU index due to an enhancement of the By dependent currents in the polar cap. From these results we plan to estimate the signs of IMF By and Bz from the polar cap AE index.

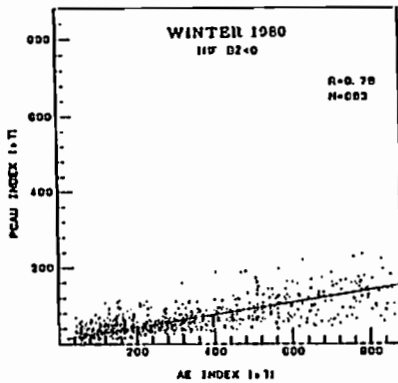
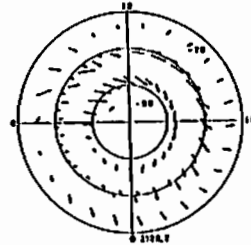


Figure 1

CONVECTION PATTERN AT :  
 SOUTHERN POLAR CAP - SUMMER 1980  
 IMF: Bz > 0, By > 0



1000

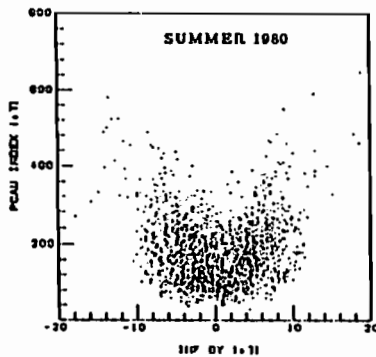
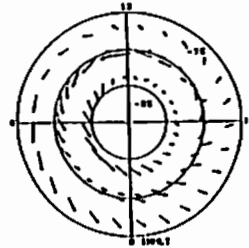


Figure 2

IMF: Bz > 0, By < 0



1000

Figure 3

## DATA HANDLING SYSTEM FOR GEOTAIL SATELLITE

Takahiro Obara ( ISAS )  
 GEOTAIL data handling WG

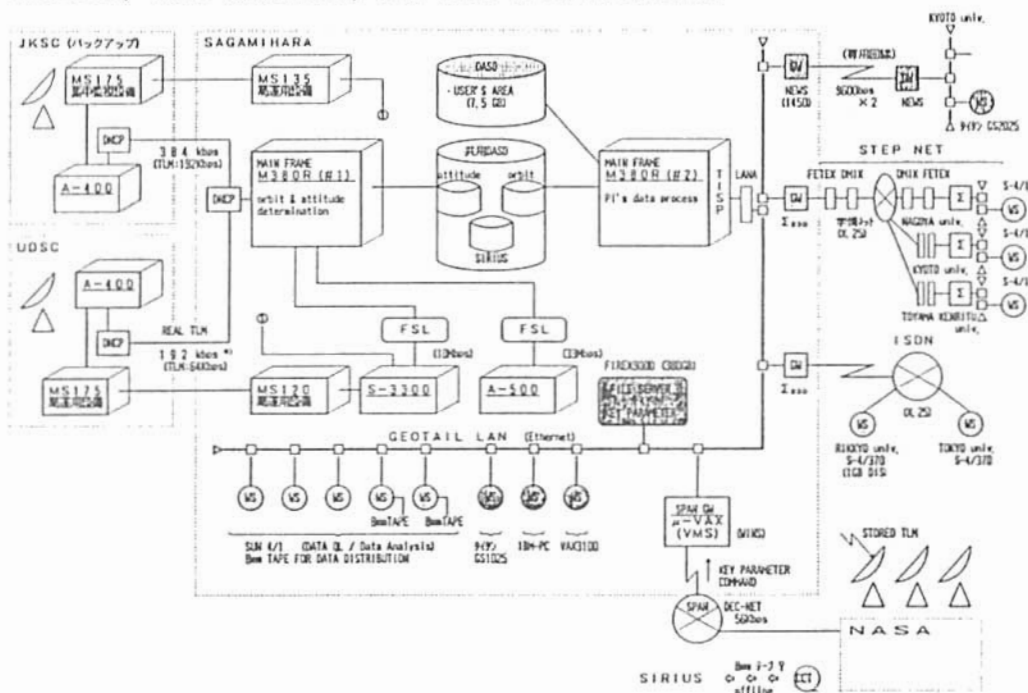
The GEOTAIL satellite is remote-controlled from Sagamihara Satellite Operation Center ( SSOC ) at ISAS. The telemetry rate of GEOTAIL is so high ( 65 kbps / 16 kbps ) that the volume of the data is expected to be 150 GB/year. Other data such as orbit and attitude data also require additional volumes.

We have to address these important issues.

- (1) How shall we keep such large amount of data online access ?
- (2) What kind of equipments are suitable for analyzing data ?
- (3) How do we exchange data with other researchers ?

We have surveyed various possibilities and candidates. In conclusion we have established a dedicated local area network called GEOTAIL LAN in ISAS, to which the huge data bases are attached and engineering work stations are also connected. For the communication with researchers, we have joined to Space Physics Analysis Network ( SPAN ) which is supervised by NASA and also Solar Terrestrial Energy Program ( STEP ) network.

In this paper, we will report on the data base, local area network, work stations, and wide area networks.



- References T. Obara; Ground data handling system for scientific instruments, GEOTAIL interim report, ISAS, 672-676, 1990  
 小原隆博; GEOTAIL衛星のデータ処理システムとその運用,  
 太陽地球系探査計画-国際協同研究計画, STEP, 440-448, 1990

The triaxial sensor of high sensitive fluxgate magnetometer (MGF) on board the AKEBONO satellite is mounted on a 5-m extension mast. From magnetometer data, the changes of sensor axes orientation were observed. Small changes of the satellite attitude were also obtained from a 2-dimensional solar aspect sensor (TSAS) which is mounted on the satellite itself. We present a characteristics of oscillation for the mast and discuss a method for improvement of accurate analysis.

科学衛星『あけぼの』に搭載されている磁場計測 (MGF) では沿磁力線電流やULF波動の検出がなされているが、微小磁場変動の解析精度向上のためには衛星からの磁気的影響を除去するだけでなく、センサの微小運動による影響を差し引かなければならない。そのためには衛星本体の微小な姿勢変動とセンサを取り付けている5mのマストの固有振動を検出する必要がある。すでに磁気オフセット量やMGFセンサ座標系における衛星スピン軸方向のずれについては昨年春の学会で述べたが、今回はさらにこれらの経年変化のほかに、衛星本体に搭載されている二次元太陽センサ (TSAS) のデータを詳しく解析して、衛星の微小姿勢変化とMGFデータによる微小変化の比較による5mマストの振動について考察した結果を報告する。8Hzのサンプリングで取得したTSASデータから衛星の姿勢変化を解析した結果、1~数Hzで約 $0.04^\circ$ の大きさの変動が認められる (図1)。これはTSASの分解能に近く、マストなどの振動の影響がどの程度含まれるのかを解析しなければならない。

この程度の振動があるとすると磁場変動に及ぼす磁気量は2nT程度だが、マストの振動によってさらに大きくなる。このためMGFデータの微小変動との位相比較、周波数解析を行った (図2)。また、衛星の姿勢変化は約360秒の周期で大きさ約 $0.07^\circ$ のプレセッションを呈しており、姿勢変化のドリフトも見られるので (図3)、この変化が衛星の軌道高度や日陰とどのような関係があるかも検討する。

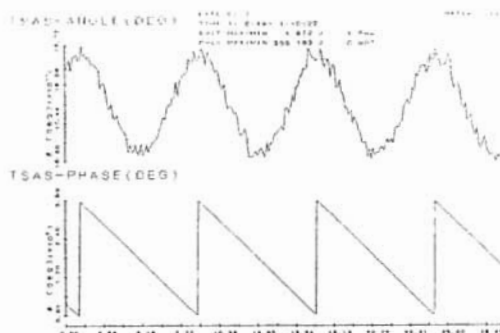


図1 太陽センサによるスピン角変化

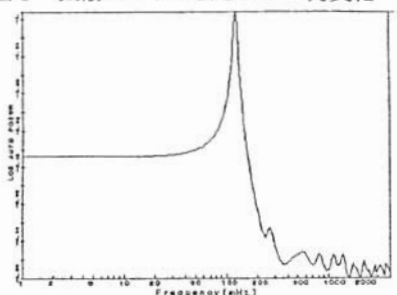


図2 TSASの卓越周波数

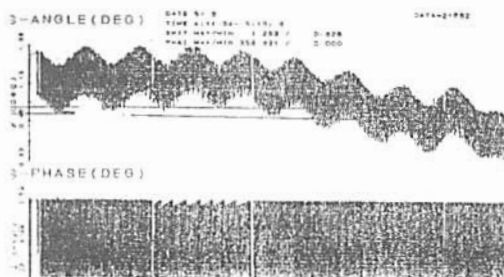


図3 衛星の姿勢変化ドリフト例

Magnetotail plasma sheet substorm manifested by  
field-aligned currents and plasma precipitation at low altitudes  
○ M. Watanabe and T. Iijima, Faculty of Science, the Univ. of Tokyo

We have investigated the substorm-associated characteristics of the FACs (field-aligned currents) and the precipitating ions and electrons (within the 30eV to 30 keV energy range) at an altitude of about 840 km in the premidnight MLT (magnetic local time) sector, by using the magnetic field and the plasma measurements acquired with the DMSP F7 satellite. Principal characteristics determined here include the following: (1) The plasma precipitation characteristics during substorms conform to three distinctive parts that are denoted here as "C", "B", and "A" from the lowest latitude, respectively, for both the ions and electrons; (2) The part C of the electron precipitation is characterized by an arch-shaped structure in E-t diagram with its high-latitude limit being bounded by a sharp, dispersionless spectrum, suggestive of the outer boundary of the earthward injecting electron plasma. The part C of the ion precipitation is characterized by a double-energy composite structure that comprises the high-energy and the low-energy component. This low-energy component exhibits a dispersion-like trend in the E-t diagram that is indicative of the filter effect of the earthward convective flow, especially after the onset. The high-latitude limit of the part C is the outer boundary of the earthward injecting plasma, which move dynamically toward the earth throughout the course of substorm. The part C is thought to be the quasi-persistent core part of the plasma precipitation; (3) The part B occurs poleward of the part C. The part B ion precipitation consists exclusively of the high-energy component, which is very contrastive to the double-energy composite structure of the part C. The part B electron precipitation is characterized by an intermittent dispersionless enhancement. The velocity distribution functions  $f(v)$  corresponding to the part B, include a well-defined Maxwellian for both the ions and electrons, an enhanced electron  $f(v)$  suggestive of a presence of upward  $E_{\parallel}$ , and an enhanced ion  $f(v)$  suggestive of an existence of downward  $E_{\parallel}$ . The part B is thought to be the explosive part of the plasma precipitation that develops drastically over a much wider latitudinal span especially after the onset; (4) At the polewardmost latitude of the plasma precipitation, there exists a distinctive part, the part A, that is principally characterized by its association of the earthward bulk flow of the ions. This part A is not recognizable during the growth phase but occurred exclusively after the onset of substorm expansion phase; (5) A relatively general relationship between the FACs and the plasma precipitation holds for both the northern and southern hemisphere. The traditional Region 2 system almost collocated with the part C, traditional Region 1 with the part B, and the reversed Region 1-sense FACs poleward of the Region 1 mostly with the part A; (6) The generators of the FAC systems are thought to be ascribable, not to the fine structures of the quantities that are arranged in magnetic latitude as seen in the plasma precipitation, but rather to the large-scale structures occurring in the azimuthal direction in the magnetosphere; (7) In nearly the same MLT sector, the evening-type domain of traditional FAC systems occurred and intruded further into the morningside above the northern polar ionosphere, whereas the morning-type domain of traditional FAC current systems occurred and intruded further into the eveningside above the southern polar ionosphere. This is suggestive of the presence of basically separated or dislocated source region of FAC systems above the north and the south of the effective geomagnetic equatorial plane in the magnetosphere.

○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

Magnetic Local Time Dependences of Field-Aligned Current Structures  
 in The Midnight to Morning Sector  
 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

In order to study magnetic local time dependences of field-aligned current structures, we use magnetic-field and low energy particle data obtained from the Akebono satellite. In midnight, it is found that ion precipitation events with spatial dispersion and burst-like electron precipitation are often observed at the poleward boundary of the auroral oval. These precipitating particle structure corresponds to fine-scale field-aligned current structure. However, in the local time sector after 2 MLT, region 1 and region 2 current structure is dominant. These local time dependences of field-aligned current and precipitating particle structures strongly suggest that the source regions of upward and downward field-aligned currents in the night side are different in magnetic local time.

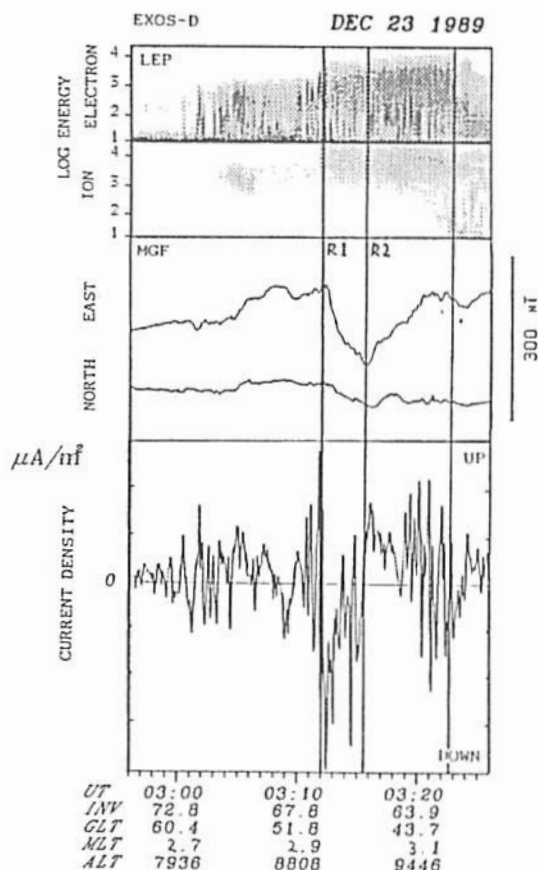
我々はあけぼの衛星の磁場データ (MGF) と粒子データ (LEP) を用い、夜側から朝側にかけての電流構造の変化を調べた。

真夜中付近では、高緯度境界付近にイオンの分散構造が観測され、このやや低緯度側に広いエネルギースペクトルを持つ電子のバースト的な降り込みが起きている。この領域では非常に強い (数  $\mu A/m^2$ ) 上向き電流が観測され、その高緯度側には、弱い逆向きの電流が流れている。このような電流構造の低緯度側にも、沿磁力線電流は存在しているが、あまりはっきりした大規模構造は見られない。

これに対し、MLT 2 時付近より朝側では、この真夜中特有の電流構造は不明瞭になり、Region 1, Region 2 の 2 重構造が観測される (図 1)。

この電流構造の変化は、磁気圏側のソース領域が真夜中側はテイル中心部、朝側ではテイルフランクと異なっているためと考えられる。講演ではこの MLT 依存性に関して大量の磁場データ・粒子データを用いた統計結果を報告する。

Fig. 1. Example of localized upward and downward field-aligned currents observed by the EXOS-D satellite in the postmidnight auroral oval region. (MLT 3h)



あけぼの衛星観測 --- 1989年3月の磁気嵐時に於ける  
プラズマポーズ外側の強い電場およびその磁気共役性

岡田 敏夫 (高知県立大・工)、早川 基 (宇宙研)、松岡 敦子 (宇宙研)  
河野 祐一 (宇宙研)、鶴田 浩一郎 (宇宙研)、西田篤広 (宇宙研)

AKEBONO Observation of Intense DC Electric Field Outside the Plasmapause  
and its Magnetic Conjugacy During the Magnetic Storm March 1989

Otada T.<sup>(1)</sup>, H. Hayakawa<sup>(2)</sup>, A. Matsuoka<sup>(2)</sup>, Y.-I. Kohno<sup>(2)</sup>, K. Tsuruda<sup>(2)</sup> and A. Nishida<sup>(2)</sup>  
(1) Faculty of Engineering, Toyama Prefectural University  
(2) The Institute of Space and Astronautical Science

The double probe onboard AKEBONO satellite often detected the enhanced DC electric field up to 100 mV/m during the magnetic storm in March 1989. This electric field is found to be directed poleward and to be outside the plasmapause. In some cases, the intense electric fields are observed at the magnetic conjugate regions in both hemispheres on a satellite traverse from the south- to north-hemisphere, but not in the other cases. In this paper, we study the generation mechanism of such a storm-related intense electric field.

The discussion is mainly based on the following observed results.

Figure 1 shows the histogram of the observed DC electric field in March 1989. The parameters from the top in the figure are the peak intensity of the electric field, invariant latitude, altitude, magnetic local time of the satellite, and K-Index at Kakioka. The electric field is clearly seen to be enhanced after the SSC on 13th March.

Figure 2 shows an example of the poleward components of the vector electric field with magnetic conjugacy which are observed on the same traverse of satellite from the south- to north-hemisphere on 14th, March 1989. These electric fields are detected at nearly the same magnetic invariant latitude, but the magnitude is different by factor 2. The location of the electric field is found outside the plasmapause from the comparison of electron density shown at the bottom of Figure 2 (from the PWS observation of Professor Oya, Tohoku University).

Acknowledgements - The authors wish to express their sincere thanks to Professor H. Oya and PWS team for providing us the data of electron density on the satellite orbits mentioned in the text.

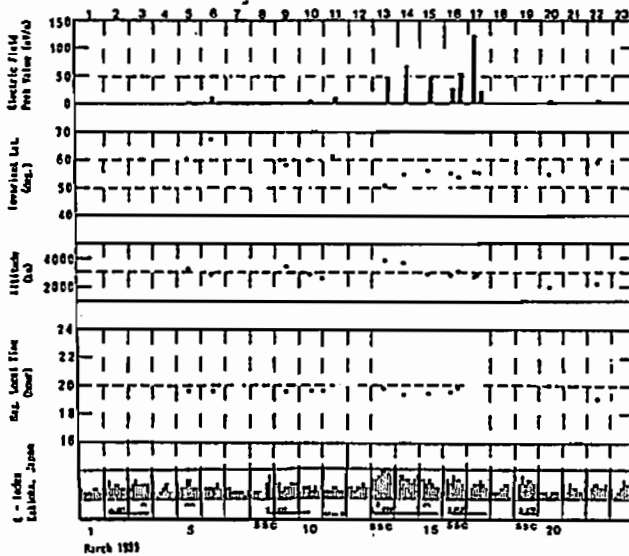


Figure 1. Histogram of Electric Field Measurement in March 1989

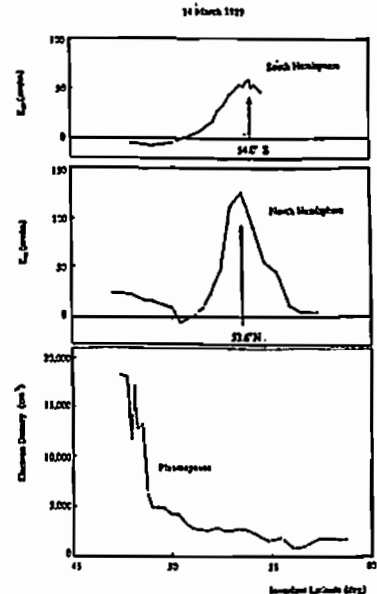


Figure 2. Poleward Electric Field Detected in Both Hemispheres on a Satellite Trajectory in 14th March, 1989

高橋俊 (京大理, 現在、日立エネルギー研究所)

A SIMULATION OF CHARGED PARTICLE MOTIONS IN THE MAGNETOSPHERE  
A CAUSE OF OBSERVED PROTON FLUX INCREASE EVENTS DURING STORMS  
Shun Takahashi

Department of Geophysics, Faculty of Science, Kyoto University  
Now at Energy Research Lab., Hitachi Ltd.

It was observed in the duskside magnetosphere during storm that protons of lower pitch angle arrive earlier than those of higher pitch angle and that protons of higher energy arrive earlier than those of lower energy in the proton flux increase event. We simulate the proton trajectories injected from nightside and the energy variation of protons using a realistic magnetospheric model. In the stationary electric field, higher energy and lowerpitch angle protons drift closer to the earth. The difference of drift shell between the protons of pitch angle  $90^\circ$  and those of  $60^\circ$  become wider drifting toward dayside magnetosphere. If we observe this spatial distribution at geosynchronous orbit, we observe protons of higher energy and lower pitch angle first.

磁気嵐時、静止衛星で観測されるプロトンフラックス増加イベントは、磁気嵐の発生に伴って、磁気圏の南極側から北極側へとドリフトするプロトンのエネルギーとピッチ角の分布が変化する。本研究では、現実的な磁気圏モデルを用いて、静止電場中のプロトンの運動をシミュレーションし、観測された現象を説明する。特に、異なるピッチ角とエネルギーのプロトンのドリフト速度と到達時刻の差を調べ、それが観測される現象と一致するかどうかを確認する。シミュレーションの結果、高エネルギーかつ低ピッチ角のプロトンは、低エネルギーかつ高ピッチ角のプロトンよりも早く地球に到達する。また、異なるピッチ角のプロトンのドリフト速度は、エネルギーが増えるにつれて遅くなる。これは、磁気圏の構造と電場分布によるものである。観測された現象は、このシミュレーションの結果とよく一致している。これは、磁気嵐発生時のプロトンフラックス増加イベントのメカニズムを説明する上で重要な手がかりとなる。

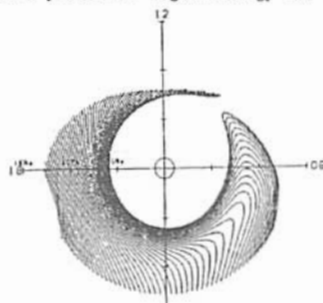


Fig.1 Proton trajectories mapped on the equatorial plane (0.7keV/nT,  $60^\circ$ )

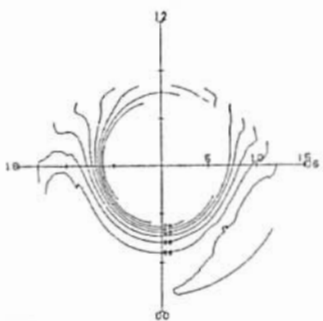


Fig.2 Kinetic energy contour of drifting protons of 0.7 keV/nT,  $60^\circ$ .

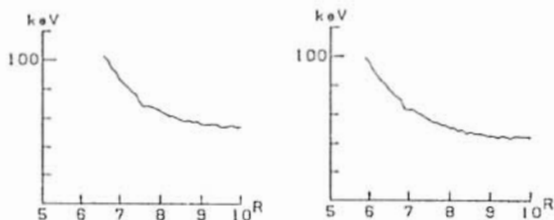


Fig.3 Profiles of Fig.2 for protons of 0.7keV/nT,  $90^\circ$  and  $60^\circ$  at 1800LT.



山田 雄二  
地磁気観測所

VARIATION OF THE GEOMAGNETIC QUIET-DAY CURRENT SYSTEM

YUJI YAMADA  
KAKIOKA MAGNETIC OBSERVATORY

The method of the principal component analysis is applied for the multi-station geomagnetic records as previously reported. We derive basic patterns of the quiet daily variation and their time variation for each season. The first component represents the north-south movement of the focus of Sq current system and shows a clear 11-year variation.

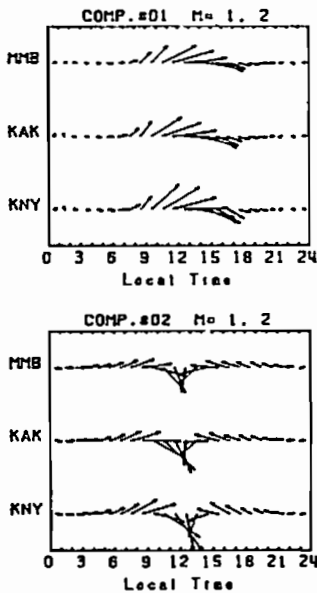


図1 冬の主成分固有ベクトル(第1, 2主成分)。ただし90度回転して等価電流ベクトルとして表現している。

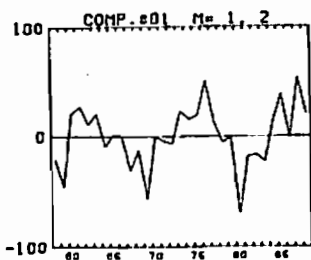


図2 冬の第1主成分量の長期変動。

主成分分析法を用いて地磁気静穏日日変化の電流系の2次元的な変動の解析を行なった。前回(SGEPSS, 1989秋)の報告で長期的な変動の様子が明らかになったが、今年度は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・鹿屋における国際5日静穏日のH, D成分の毎時値の夜間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。それぞれの期間について、310個(31年×2カ月×5日)の144次元(24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。

図1は冬(1・2月)の第1, 2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である。また図2に第1主成分量の年平均値の変化を示す。昼間側の電流系に注目すると、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。これは前回の結果と大きく異なっている。これらの特徴は他の季節についても同様である。

第1主成分量の長期変動(図2)は太陽活動度に依存した変化(11年周期変化)が明瞭であり、太陽活動が活発(不活発)な時期に変動量は負(正)となっている(図2)。図1で明らかのように、第1主成分量が増加(減少)するとSq電流系の渦中心が高(低)緯度側へ移動する。従って太陽活動が活発(不活発)ならば、電流渦中心は低(高)緯度側へ移動することを示している。その物理的意味は検討中である。

地殻活動に関連した電磁現象  
(特別セッション)

G41 01~11

座長 住友則彦 (京大防災研)  
大志万 直人 (日大理)

G42 01~08

座長 河野 芳輝 (金沢大理)  
歌田 久司 (東大 地震研)

G41-01

地殻活動に関連した  
電磁気現象の研究の概観

住友 則彦

(京大防災研)

A brief overview of electromagnetic studies related to  
earth crustal activities

Norihiko Sumitomo

Research Center for Earthquake Prediction

Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

Various types of electromagnetic phenomena related to earthquake occurrences and volcanic eruptions have been currently reported. Some are well reliable and others seem to be difficult to accept because mechanisms of their appearances have not yet been well known. It has been, however, considered that some electromagnetic phenomena associated with micro-fracturing may occur in and around the earthquake source region before main fracture. So, it is important to summarize such electromagnetic phenomena reported so far in order to develop methods of observation and utilize them as reliable precursors.

近年、地震発生や火山噴火に伴った電磁氣的異常現象の報告が増えてきている。これらの中には、オーソドックスな磁場や電場の観測によるものもあれば、電磁放射の観測やいわゆるギリシャ方式による地電流観測など様々である。後者の場合、前兆の出現は従来の観測の常識からは理解し難いことが多い。これらの報告が出始めた頃には否定的な見方が多かった。しかし、電磁放射の場合、室内実験のデータや野外での観測事実が蓄積するに連れ、何か有るのではとの見方も出始めてきた。とは言え、仮に、震源域で電磁波が発

生したとしても、地殻の中の伝播経路は依然として謎に包まれている。また、ギリシャ方式の場合、予報の的中率は異常に高いとされつつも、いわゆるSES (seismic effect signal) の発現の機構がほとんど分かっていない。特にSESの出現にきわめて地域的な選択性が強いことなどが問題視されている。これらの異常現象について様々なモデルも提案されている。今後このような観測を続けるに当たって、観測の方法や現象の解釈について整理をして置くことは大切と考える。ここでは観測事実や提案されているモデルについて簡単なレビューを行なう。

# G41-02\* 地 電 位 異 常 変 化 の リ ア ル タ イ ム 検 出 に つ い て

森 俊 雄 ( 気 象 庁 地 震 観 測 所 )

## On the Real-Time Detection of the Anomalous Geoelectric Variation

Toshio HORI (Hatsushiro Seismological Observatory)

気象庁では海底地震常時観測システムを用いた海底地震常時観測所では、1978年より、NTTより従来の高安定に地球潮汐さされた東豆地電位変化が

しかしながら、地震や火山噴火の前兆的地電位変化の形態が現れる法に、間の降また、直電降、さらなる地電位変化の近水理論的地球内部的シグナルを検らる。従って、

変化を常におくすリアル手法を方程を地電位変

比較的近変化を、め、度以下常現象も、が

今回改ら始めわつと考

を

ABIC  $\leftrightarrow$  K index の相関が直 ..  
 この分析は 77 年 7 月 15 日 7 月 ..  
 夏は 2 成分の Z, Y 成分が小さくなる ?

G41-03

Analysis of the geoelectric field with BAYTAP-G

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

° M. Ozima<sup>1)</sup>, T. Mori<sup>2)</sup>, and H. Takayama<sup>3)</sup>

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

We have reported the results of the analysis of the geoelectric field near Mito which was observed using the telegraphic facilities of NTT. This report is situated on the continuation of the previous one at 1990 spring meeting, on the role of the Z-component of the geomagnetic field as associated data. We analyzed the hourly mean values of the geoelectric field at KSM-MTO (Fig. 1) with the use of the hourly mean values of the X-, Y-, and Z-component of the geomagnetic field at Kakioka.

Fig. 2 shows minimum ABIC values determined at each interval of 31 days for the two cases. i. e., the one case where X-, and Y-component, and the other where X-, Y-, and Z-component of the geomagnetic field were adopted as associated data. For both cases, we found that ABIC value does not stay constant but varies in the similar manner as the geomagnetic activity. That is, when the geomagnetic field is the more disturbed, the larger ABIC value we obtain.

As far as our analysis is concerned, ABIC value is always lowered by the addition of the Z-component as associated data. Fig. 3 shows the difference in ABIC values between two cases. This indicates that the Z-component of the geomagnetic field does not have a significant role for the geoelectric field at KSM-MTO in summer. On the other hand, we found that the 'error' of the transfer function derived using the hourly mean values of the geomagnetic field at Kakioka is comparatively large in summer. These two seem to be contradicted with each other. We obtained alternative implication for this.

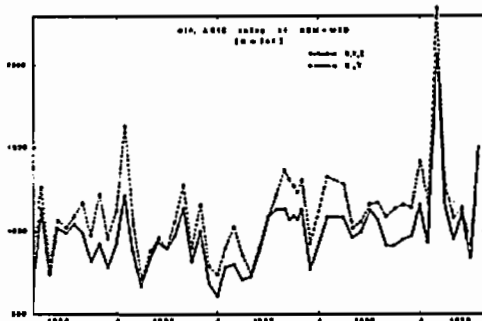


Fig.2 Monthly variation of ABIC values of KSM-MTO for the two cases.

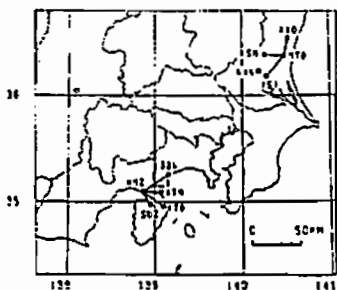


Fig.1 Observation networks for the geoelectric field with a long electrode span and the Kakioka Magnetic Observatory.

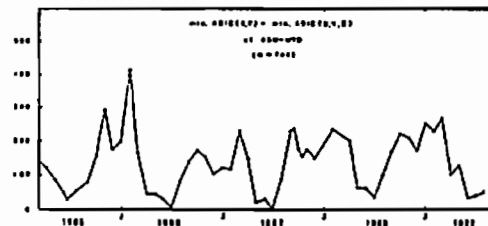


Fig.3 Monthly variation of the difference in ABIC values between the above two cases.

# G41-04\* 長基線観測による地電位差異常変化と地震活動との対応

○木下正高・上田誠也(東海大海洋)

上嶋 誠(防災科研)、川瀬隆治(東大地震)

Anomalous changes in long-span electrical potential measurements and their correlation with seismicity

M. Kinoshita<sup>1</sup>, M. Uyeshima<sup>2</sup>, T. Kawase<sup>3</sup> and S. Uyeda<sup>1</sup>

1 School of Marine Science and Technology, Tokai Univ.

2 National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention

3 Earthquake Research Institute, Tokyo University

Since 1987, long-span electrical potential measurements using NTT telephone network have been conducted. We have tried measurements at 20 stations, each of which consists of six dipoles with several kilometers. Although some dipoles include large artificial noise, records obtained at almost all stations have relatively good S/N ratio for variation caused by geomagnetics. There exist a number of unidentified anomalous changes with a duration of one minute to several hours, and we have tested possible correlations between some of them and seismicity. Further analytic studies for selecting anomalous changes and correlating it with seismicity, using a computer, is necessary, as well as specifying the source of such changes by short-span measurements in the vicinity of long-span dipoles.

1987年以来、NTTの電話回線と交換局アースを用いた長基線地電位差観測が、全国20の観測点で行われている。各観測点での電極配置は、ダイポールがなるべく平面的に広がり、また同方向に基線長の異なるものを設けるように展開した。基線長はほぼ数kmである。

いくつかの観測点では、直流電車で近いなどの理由でノイズが大きい。しかし多くの観測点では磁場の誘導による変動の良好な記録が得られており、基線長が長いことによるS/N比の向上の効果と考えられる。S/N比の小さいところでは観測を中止・変更し、現在TES(弟子屈)、OSM(大島)、KNY(鹿屋)など8地点で観測を行っている。

得られた地電位差記録から、磁場の誘導や背景ノイズとは異なる周期数分から数時間の電位変化に注目し、地震との対応について調べた。これはギリシャで行われているVAN法と同じ変化であり、日本でも同様の観測を行って同法の日本における適用の可能性を探るという目的である。6つのうち1つの基線にのみこのような変化が現れ

ることが多く、発生源を特定することが困難であるが、これまでTES、OSM、NAH(那覇)、KIS(木更津)などでこのような変化が見つかっている。

OSMでは伊豆東方沖地震との対応づけを試みている。ここでは、これまで人間の目で行っていた異常変化の抽出を、計算機により客観的に行う手法について検討している。TESでは釧路沖の地震活動との異常変化との対応づけを行う過程の研究を行い、最も対応がよくなるように震源の深さの下限を与えた。以上2観測点では、注目している異常変化の源を特定するため、長基線観測網とあわせて自作電極による基線長100m程度の短基線観測も行った。

今後は、長・短両基線観測により異常変化源の特定；記録から異常変化を抽出するプログラムの開発；異常変化と地震活動を対応づける手法の開発、を行うとともに、地震発生前の震源域での電氣的メカニズムという理論的側面も考察する必要がある。

# G41-05 確立差分法による伊豆大島での 地電位差データ解析

○川瀬 隆治 上田 誠也

東大地震研 東海大海洋

Analysis of geoelectrical potential data observed in Izu-Oshima Island using deterministic differential method.

T. Kawase<sup>1</sup> S. Uyeda<sup>2</sup>

1 Earthquake Research Institute, Tokyo Univ.

2 School of Marine Science and Technology, Tokai Univ.

We tried to eliminate the changes caused by geomagnetic variation in geoelectrical data of every one minute observed in Izu-Oshima Island using deterministic differential method. And we found that more response coefficients are needed to get a condition which makes AIC minimum. It is thought to be caused by disturbances in the data.

N T T 長基線を用いた伊豆大島での地電位差データから短周期の地電位差異常変化を取り出すために、確立差分法を用いて地磁気の誘導成分を除去する試みを行った。データは1分値を用い、入力データは柿岡で観測された地磁気水平2成分を用いた。

入力データからの最良線形予測を行うための応答係数の数は、通常AIC (Akaike Information Criterion) を最小にするように決められるが、応答係数を1分毎に決めようとした場合、データ中の地磁気の誘導成分以外の擾乱が大きく影響してかなりの数の応答係数が必要になり、計算機のメモリや計算時間などによる制約を受ける。この場合、限られた応答係数の数で、長時間の入力データから線形予測をするための手段が必要になるが、今回は、特定の周波数帯だけをフィルターで抽出し、応答係数を3分毎に決めることによって、擾乱による影響を少なくすることを試みた。

結論は、依然AICを最小とする条件は見つからず、係数の数が120個の付近では係数の数にともなう残差分散の減少が大きいいため、この方法でAICが最小となる条件を得るには係数の数をかなり多くしなければならないことが予想される。

A Basic Study for Earthquake Prediction Using Self Potential Observation.

— Starting Basic Experiment of Greece Method —  
 Yoshiya Asai, ° Toshiyasu Nagao, and Yoshiteru Kono  
 (Faculty of Science, Kanazawa University)

A basic study for earthquake prediction using electric self potential change has been started in Ishikawa Prefecture since August, 1989. Three observation points are settled in south-western parts of the prefecture. The most notable features of our experiments are that every site has two sets of double-length observation lines like those in Greece. Our records are obtained without serious electric disturbances. To use the observation network, we are trying to detect a precursor of earthquakes of magnitude greater than 5.

#### はじめに

金沢大学理学部では、ギリシャにおける自然電位変化を用いた地震予知研究の成否を検証するために、石川県内の3箇所で一方向複数測線をもつ自然電位観測点を設置し、観測を開始した。今回は金沢大学を中心としたギリシャ方式による観測についての発表を行なう。

これまでも地電位観測による地震予知の研究は色々行なわれてきたが、特筆すべきは1981年よりギリシャで行なわれているVAN法と呼ばれる実験である。VAN法による地震予知は、マグニチュードおよび震央が報告され、予知の成功率は、予知成功の定義をマグニチュード誤差が0.5以下、震央誤差が100km以下とした場合、約65%とかなり高い。日本でもこの方法の検証を試みるべくギリシャ方式の観測を開始した。さらにNTT北陸の協力を得て、電話局間のアースを用いた長基線の観測も同時に開始された。これまでの電話局アースのみを用いた観測は忠実なVAN法とは言い難かった。我々は一方向複数短基線の観測こそ重要と考え、実験を開始した。

VAN法による観測システムは、東西・南北方向にそれぞれ100mから300m程度の異なる基線長(L)をもつ2組以上の電極対を深さ約2mに埋設し、地電位変化の常時観測を行なう。それに時折現われる地震電流信号(SES)によって地震予知を行なうが、シグナル(SES)とノイズ(雨や人工ノイズなどによる変化)の識別は、地電位変化量 $\Delta E$ に対して $\Delta E/L$ を求めることにより可能としている。 $\Delta E$ は、観測点からの震央距離に反比例し、 $\log M$ に比例すると言われている。

#### 観測システム

このようなVAN法による地電位観測を能美郡辰口町、小松市小松高校、小松市尾小屋の3観測点において開始した。電極は、鉛-塩化鉛電極を使用し、深さ約1mに埋設した。辰口観測点では、打点式記録計(20秒サンプリング)とデジタル記録計(10秒サンプリング)による観測、尾小屋観測点では、打点式記録計(20秒サンプリング)とデジタル記録計(20秒サンプリング)による観測を行なっている。また小松高校では、打点式記録計(30秒サンプリング)による観測を行なっている。

#### これまでの結果

ここでは、デジタル・データを中心に検討を行なう。ノイズレベルは辰口観測点では0.2mV/100m以下であるのに対し、尾小屋観測点では、0.5mV/100m以上のものもかなり含まれている。しかし、両観測点とも、昼夜におけるノイズレベルの差がほとんどないことから、人工ノイズによる影響は極めて少ないと言える。ギリシャの観測点におけるノイズレベルは0.1~0.2mV/100m、シグナル(SES)の $\Delta E$ は約1.0mV/100mと報告されている。このことから特に辰口観測点におけるノイズレベルはVAN法を行なうのに適していると思われる。地震と地電位変化の相関については、観測点からの震央距離100km以内で $M > 4$ クラスの地震が発生していないため、シグナルを得ることができる観測点であるかは、まだ不明である。



Uyeda et al. reported that the anomalous changes of the telluric potential observed at Izu-Oshima using NTT telegraphic facilities are possibly precursors ('SES' of VAN) of earthquake swarms off the east coast of the Izu-Peninsula. The fact, however, that almost all the "signals" appear from 6 to 22 o'clock (Fig.1) indicates that those "signals" are man-made origin. The author found that the traffic index (Fig.2) varies similarly as the cumulative number of the anomalous changes in Fig.1 and that the occurrence of those anomalous changes are well correlated with the precipitation at Izu-Oshima (Fig.3). The author claims that those anomalous changes are not related with earthquakes but are possibly caused by the precipitation and the telephone exchange repeaters at the observation station.

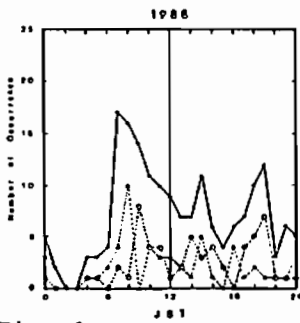


Fig. 1  
Hourly cumulated number of the anomalous changes (original data after Uyeda et al.).

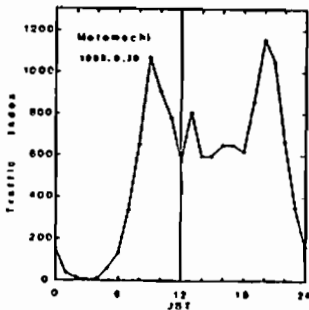


Fig. 2  
An example of the daily variation of the traffic index.

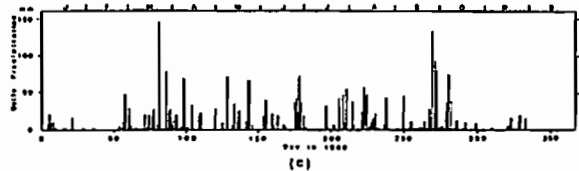
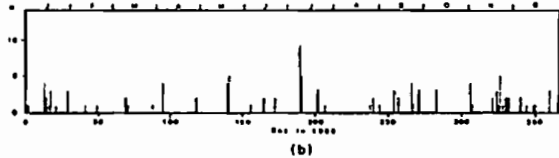
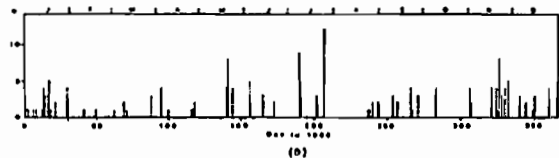


Fig. 3  
Time series of the number of the anomalous changes in 1988,  
(a) including all types,  
(b) "signal",  
and  
(c) Daily precipitation at Oshima Meteorological Observatory in 1988.

○ 宮腰潤一郎, 西田良平, 堀崎一郎 (鳥取大学教養部)

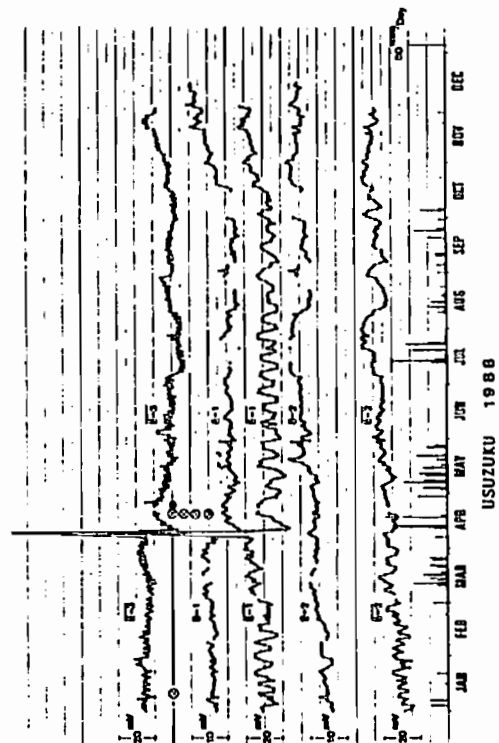
Case Studies on the Time Variation of the Electric Potential Differences between Electrodes of Short Span done in the Seismically Active Regions

○ J.Miyakoshi, R.Nishida, I.Shiozaki  
(Inst.Earth Sciences, Tottori Univ.)

This is a report of case studies on the time variation of the electric potential differences between carbon lod electrodes of short span, with emphasis on finding a precursory change to the earthquake occurrence. Observation sites are Usuzuku, in the underground tunnel constructed in the fractured zone of the Yamasaki fault, and Misasa in the hot spring area and Sugesawa dam site, both are in the weathered granitic rock geology. There were seismically active periods during the years of observation in each observation case and precursory changes were observed in some cases and some were not.

磁場変化により誘導された電場変化を観測して地下電気伝導度分布を知るいわゆるMT法の立場に立つ電場観測は従来「地電流観測」と呼ばれている。これに対して電場の非被誘導成分—従来はドリフト、ノイズ或は単なる異常変化として見過ごされていた部分—に地殻活動に関連する変化が含まれているらしいことが近年明らかになり、この面に着目して行われる観測は(手法的には地電流観測と全く同じであるが)「地電位差観測」と呼ばれるようになった。

我々は1975年以来兵庫県山崎断層において地電流観測を行ってきたが、1982年以後は断層付近に発生する地震活動との関連性に留意しつつ、地電位差観測の視点に立つ観測を行っている。また、1983年からは鳥取県中部の三朝町で、1989年からは鳥取県西部の日南町菅沢ダムにおいて同様の観測を開始した。使用電極は何れも炭素棒である。山崎断層において電極は破砕帯内の地下トンネル側壁に埋め込まれているが、他は何れも風化花崗岩の地表に埋設されている。これら3地点の近傍ではこれまでにそれぞれ顕著な地震活動があったが、これに先行或は随伴して異常電場変化が観測された場合とそうでない場合がある。今回はそれらの結果を比較して報告する。



大志万 直人

日大文理

Seismomagnetic observation for monitoring changes  
in crustal stress

N. Oshiman

Department of Earth Sciences, Nihon Univ.

A general theory of piezomagnetism in a uniform medium leads to a conclusion that 1nT change in the geomagnetic total intensity represents that of  $1.8 \times 10^{-5}$  in strain. Empirically, however, a much larger seismomagnetic change  $\Delta F$  in units of nT has been observed for a strain.

It turns out that, unlike the uniform distribution, the magnetic field arising from stress-induced magnetization is enhanced at some portions on the earth's surface depending on non-uniform distribution of rock magnetization. This point is important for detecting seismomagnetic effect because a geomagnetic change considerably larger than that expected for a uniform earth may possibly be anticipated for actual cases.

地殻活動に関連した局所的な地球磁場変化を研究する分野は、Nagata (1969) 以後 Tectonomagnetism と呼ばれている。そして、さらに、この Tectonomagnetism 内の大きなブランチとして Volcanomagnetism と Seismomagnetism の 2 つが存在している。Volcanomagnetism は火山現象に伴う地球地場変化を扱い、Seismomagnetism では、主に地震活動に関連した地磁気変化を扱う。後者の Seismomagnetism における地磁気変化の主たる原因としては、次の、2 つが考えられる。① 応力変化による岩石の磁化変化。② 多孔性媒質中を流れる水による界面動電現象。ここでは、①によるものにしばって話を進める。

長期にわたって、高精度観測を安定に維持できるプロトン磁力計の普及に伴い、世界中で広く観測が行なわれるようになり、前兆的な地磁気変化、他の地殻変動の観測項目との相関の良い地磁気変化、また、Coseismic な変化等が検出されている。こういった、地磁気変化は、岩石磁化の応力変化により引き起こされるわけであるから、地磁気を観測するということは、とりもなおさず、地殻応力変化を、地表においてモニターしていることになると言える。

Sasei (1983) は、理論的に、プロトン磁力計の“歪計”としての感度を見積っている。それによると、 $\beta$  (応力磁化係数) =  $1.0 \times 10^{-10} \text{ cm}^2 / \text{dyne}$ 、 $J$  (岩石の磁化) =  $1.0 \times 10^{-3} \text{ emu/cc}$ 、 $\lambda = \mu = 3.5 \times 10^{11} \text{ cgs}$  の場合に全磁力値で 1 nT の変化は、 $1.8 \times 10^{-5}$  の歪みの変化に対応する。ところで Rikitake (1987) は、過去観測された地磁気における前兆現象を調べ、全磁力変化は、歪の変化で、およそ  $10^{-7} - 10^{-6}$  に対応していることを示している。また Johnston (1986) はサンアンドレ

アス断層で観測された、重力、歪み、上下変動等と非常に良い相関を示す地磁気変化から、地磁気変化 1 nT は歪変化  $1.02 \times 10^{-6}$  に相当することを示している。つまり実際のプロトン磁力計は、理論的予想よりもかなり感度の良い“歪計”なのである。このように、実際に観測された地磁気変化は、理論値よりも大きいことがしばしばある。

しかし、一方では、地震の前兆変化、さらには、Coseismic な変化さえ検出されなかったという例も多い。

こういったことは、そもそもどのようなことに由来しているのだろうか。もちろん理論的見積は各種の物性値の取りかたに依存するわけだし、地震断層から観測点の距離が離れていたり地震自体のマグニチュードが小さければ、Seismomagnetic な変化を期待することは難しくなることは言うまでもない。

しかし忘れてならないのは、その応力場内での磁気構造である。これは、漠然とはあるが、よくいわれる“つぼ”と言うことであろう。古くは、Stacey (1954)、また最近では Zlotnicki and Cornet (1986)、Oshiman (1990)、Oshiman et al. (1990) の研究によれば、磁化の非均質な構造が存在する場合には、均質な磁化構造の場合に比べて、期待される変化が大きくなるが示されている。また逆に、非均質構造の存在のため、ある測点においては、その変化が小さくなってしまふ場合も考えられる。

したがって、測点配置を決定する場合に、その地域での非均質な磁化構造を考慮に入れば、地磁気を観測することで、効率よく地殻応力変化をモニターできる可能性がある。

長屋好治 (水路部) · 本蔵義守 (東工大理工) · 大志万直人 (日大文理)

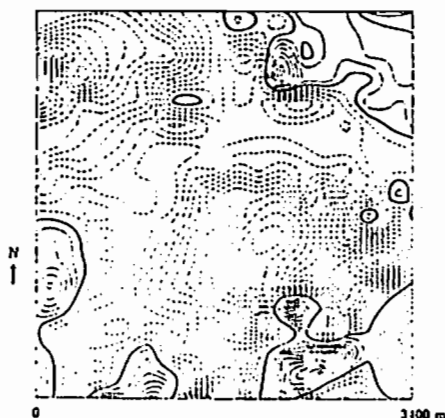
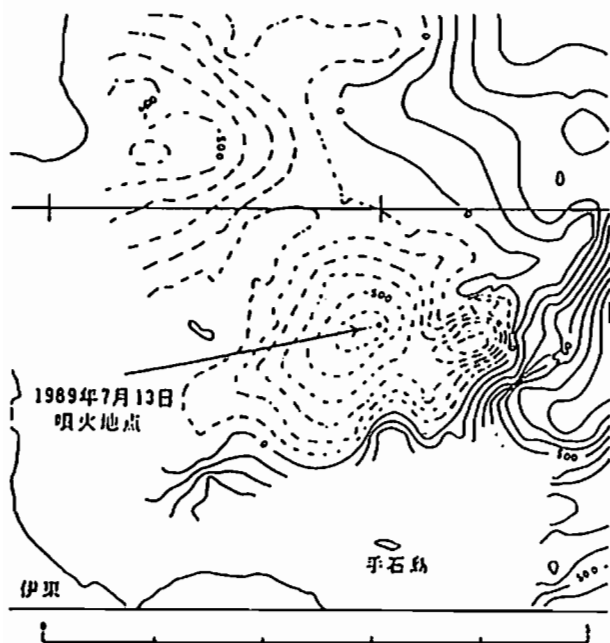
## Distribution of the Geomagnetic Total Intensity in the Vicinity of the Sea-Floor Eruption Site off Ito

Koji NAGAYA<sup>1</sup>, Yoshimori HONKURA<sup>2</sup>, and Naoto OSHIMAN<sup>3</sup><sup>1</sup>Hydrographic Department, Maritime Safety Agency<sup>2</sup>Department of Applied Physics, Tokyo Institute of Technology<sup>3</sup>Department of Earth Sciences, Nihon University

One of the difficulties in marine magnetic survey has been the precise measurement of sensor location. Recently, the GPS technique has been drastically improved and we can now use a portable GPS system for marine magnetic surveys. The system is easy to handle and can be used even for navigation during the survey. In fact, during our survey over the sea-floor eruption site off Ito, the system turned out to be very effective for the navigation of a small ship.

The purpose of our survey is to examine whether the distribution of the geomagnetic total intensity underwent a change during one year after the eruption; the Hydrographic Department had conducted a marine magnetic survey in the region on Oct. 16, 1989. Our survey was conducted on Oct. 16-17, 1990. If any changes are detected, we can ascribe them to the aftereffect of the eruption, such as cooling of magma beneath the eruption site.

The left-hand-side figure below shows the distribution of the geomagnetic total intensity derived from the 1989 survey. The contour interval is 100 nT. The result of our 1990 survey is shown in the right-hand-side figure. We should note that the contour interval here is 50 nT. Since the survey tracks are not the same, slight discrepancies between these two are insignificant. We may conclude that the pattern remains unchanged and hence the eruption is unlikely to have been accompanied by a substantial magma rise near the seafloor.



G41-11\*

火山活動に伴う地磁気変化

京都大学理学部

田中良和

Review of Geomagnetic Changes  
On Active Volcanoes.

Yoshikazu TANAKA

Faculty of science KYOTO University

Volcano magnetic effects have been detected on many volcanoes. Some were supposed to be caused by thermo-magnetic effects and others were related to stress magnetic or electro-kinetic effects. Some examples will be reviewed and discussed relating to those effects.

On the eruption of Izu-Oshima volcano in 1950 to 1951, a significant decrease in the geomagnetic inclination amounting to 30 minutes of arc was detected and explained as due to a dipole just beneath the center of the Oshima island at a depth of 5.5Km(RIKITAKE,1951). After the 1983 eruption of Miyake-jima volcano, magnetic changes less than 10nT were observed at 14 survey points in the interval of 4 months.

The change was interpreted by a thermal demagnetization at a depth of 2.5Km(NAKAGAWA et al.,1984). DAVIS et al.,(1979) reported a volcano-magnetic effect of 2nT in the daily averages of the difference field during a flank eruption of Kilauea volcano in 1973. JHONSTON et al.,(1981) detected a 9nT change related to the eruptions of Mt.St.Helens on May 18,1980. ZLOTNICKI et al.,(1988) detected several volcano-magnetic changes on Piton de la Fournaise Volcano(Reunion Island) in 1985-1987. They discussed the possible relations of piezomagnetic effects,electro-kinetic effects and electrical resistivity changes.

Recently very clear volcano magnetic effects were reported associated with the eruptions of Izu-Oshima Volcano in 1986 to 1987(YUKUTAKE,1990;YUKUTAKE et al.,1990;SASAI et al.,1990;HAMANO et al.,1990). Since June,1989 fine geomagnetic changes have been detected by TANAKA on ASO volcano. He revealed thermal state of the crater floor. Also the changes at Kusatu-shirane and Unzen volcano were obtaining. Such many geomagnetic changes will be reviewed and discussed.

# G42-01\* 地殻破壊の前兆現象としての電磁界 中長波領域変動

藤縄幸雄 (防災科研) 高橋耕三 (通総研)

Electromagnetic field variations in the frequency less than LF as  
a precursory phenomena of crustal ruptures

Yukio Fujinawa  
(NIED)

Kozo Takahashi  
(CRL)

## ABSTRACT

There have been several reports of electromagnetic field changes in the LF, VLF, ELF and ULF ranges detected in the air/or underground imminently before large earthquakes and volcanic eruptions. These phenomena seem to be effectively useful for a practical method of prediction of disastrous crustal events. Here we will state a view about present state of art in this fascinating new field of research.

1. 地震や火山噴火の予知は、地震活動、地殻傾斜、地殻歪、地下水位、ラドン濃度等の前兆現象の多項目観測による総合判断により行われるのが通常である。従って、より前兆現象として確度が高く、他の項目に対してより独立な現象が見つかれば、総合判断の確度は実質的に向上することになる。近年ソビエト連邦、中国、ギリシャ等で、長波帯 (LF, VLF, ELF, ULF) の電磁界変動が、新たに有望な項目となりそうであるという報告が出され、ギリシャでは、予知の公表の試行さえ行われている。我々の鋼管深井戸を用いた試験観測においても、1989年7月の伊東沖群発地震・海底噴火活動や以後の顕著な地殻の際に、前兆と思われる電界変動を観測しており、地殻浅部で起きる地震や火山噴火の直前数時間～数日前に発生すると考えられるマイクロな破壊との関連を強く印象づけている。

2. この方面の研究はようやく緒につこうとしているのが現状であり、現象自体に疑いを持つ人も少なくない。従って現在なすべき事は、地殻の大規模破壊の準備過程において、電磁放射があるのか、又、その原因となる現象が起き得るのか、更にそれ等の現象の効率的な計測方法がいかなるものであるかを明らかにすることであろう。電磁界変動の微小クラック・本破壊との時間的關係、電磁界変動の特性 (周波数帯、偏波、強度、伝播経路、減衰特性) を明らかにするべく、理論的解析、室内実験研究、野外観測研究が有機的に実施される必要がある。

3. 解析的な方面からは、有限な電気伝導度を有し、しかも空間的に異方性の強い媒質中において、発生源における微小クラック等の為に生じた帯電の緩和現象に伴って生じる地表近くでの電磁界変動の特性を明らかにする必要がある。考えられる周波数、地殻の電気伝導度から判断すると、基本方程式は、MT法で使う変位電流項を無視した Maxwell の方程式となり、拡散型のものとなる。

4. 室内岩石実験の方面からは、試料の破壊試験によって、本破壊前の微小クラックの発生段階における歪集中域での帯電・荷電粒子放出・電磁界変動のメカニズムと、それ等現象の時空間特性を明らかにする必要がある。試料と実際の地殻のスケールの相違が大きな影響を及ぼすであろうから、出来るだけ実スケールでの観測実験も必須であろう。

5. 野外における観測に基づいて、電磁界変動と地震等の破壊事象との統計的關係、すなわち、予知率・適中率を求めることが行われなければならない。問題は、この現象が未だにその実態が明らかでない為に、計測方法が試行錯誤的に選択されていることである。空中・地中において、電場/磁場の水平/垂直成分がLFからULF帯まで、種々の計測方法により観測されているのが現状である。断片的な観測から、VLF/ULF帯の地中電界鉛直成分の計測が、S/Nの高い観測となるように思える。最大の課題は、発生源の固定であり、偏波特性、方位決定の計測により、かなりの見通しが得られると期待される。

# G42-02\*

## LF帯およびELF帯電磁波ノイズと地震発生との関係について 尾池和夫(京大理) 村上寛史(防災科研)

### On the Relationship between Electromagnetic Noises Radiated in LF/ELF Bands and the Occurrences of Earthquakes

Kazuo OIKE (Geophysical Institute, Faculty of Science, Kyoto University)

Hiroshi MURAKAMI (National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention)

Crustal rocks produce electricity and radiate electromagnetic waves when they are shocked or fractured. Electromagnetic radiation in the LF and ELF ranges have been continuously observed since 1983 and 1987. The increases in anomalous noises of electromagnetic radiation are accompanied before and after shallow earthquakes that occur inland or shallow sea area. The digital waveform observations at the widely distributed stations are arranged to confirm the relationship between the earthquake occurrence and the electromagnetic radiation.

地震の発生にともなう、あるいは前兆として、多くの自然現象(地殻応力場の変化、電磁波の発生、地電流の変化、降雨量の増加、地下水位・水温の変化、動物の異常行動、等)が報告されている。

電磁気現象と地震発生の相関を研究する目的で、京都府宇治において1983年からLF帯(163kHz)、1987年からELF帯(1k~10kHz)で、パルスノイズ頻度の連続観測を行なっている。

室内実験を行ない、岩石試料の破壊に伴って、帯電あるいは圧電効果により、電磁波が発生することが確認された(OGAWA et al., 1985)。LF帯での連続観測データから、内陸や浅い海域の地震が発生する数日ないし数時間前から地震発生後の間に、異常なノイズの増加が認められた(OIKE and OGAWA, 1986)。1990年7月のフィリピン地震(マグニチュード(M)=7.8)の際に、ELF帯では電磁放射ノイズが数時間前より増加した(尾池・小川, 1990)。

Fig.に1990年9月、兵庫県西部地震(M=5.4)の発生前後の、LF/ELF帯の電磁放射ノイズ数の変化と、他の地球物理学的現象の変化を示す。地震発生の10日程前の降雨量の増加と破碎帯の歪と共に、LF帯では数時間前からのノイズの増加が見られる。

一方で、観測されているノイズの大部分は気象現象による空電により起こされており、これらと地震にともなうノイズとの判別がなされなければならない。今後はそのために、連続デジタルデータの周波数解析による波形の判別を行なうと同時に、多地点同時観測により異常電磁放射の発生源を確定し、地震発生と電磁波発生との関係を明らかにしていく。

#### REFERENCES:

- OGAWA, T., K.OIKE and T.MIURA, Electromagnetic Radiations From Rocks, J.Geophys.Res., 90, 1985.
- OIKE, K. and T. OGAWA, Electromagnetic Radiations from Shallow Earthquakes Observed in the LF Range, J.Geomag.Geolectr., 38, 1986.
- OIKE, K. and T. OGAWA, Anomalous electromagnetic noises observed before and after the large earthquake on July 16, 1990 in the Philippines, Prog. Abstr. Seismol. Soc. Jpn., No.2, 1990 (in Japanese).

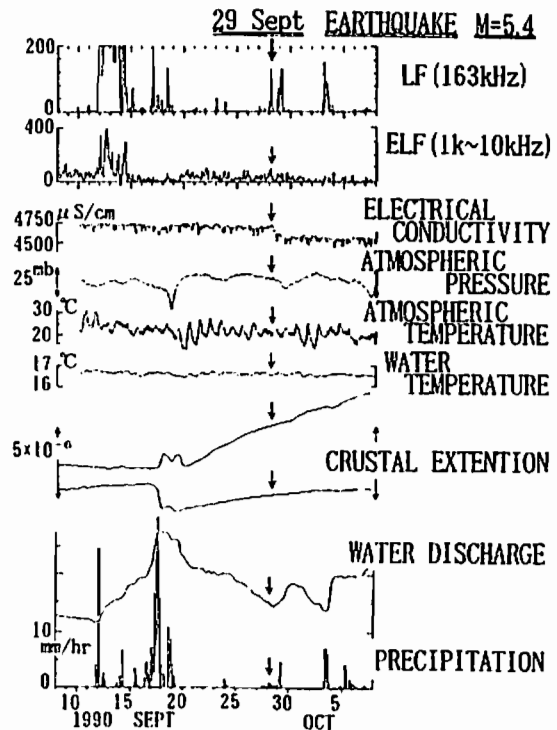


Fig. Hourly numbers of electromagnetic pulse type noises on LF and ELF ranges and the variations of the other geophysical phenomena accompanied with the Western Hyogo Prefecture Earthquake with magnitude 5.4, occurred on 29 Sept. 1990, near active Yamasaki Fault with focal depth of 12km, determined by J.M.A..

## G42-03

Detection and direction-finding of electromagnetic radio emissions associated with earthquakes

M. Hayakawa<sup>1</sup>, K. Ohta<sup>2</sup>, and S. Shimakura<sup>3</sup>

1. Solar-Terrestrial Environment(STE) Laboratory, Nagoya Univ.
2. Dept. Electronic Engineering, Chubu Univ.
3. Dept. Electrical & Electronic Engineering, Chiba Univ.

### Abstract:

An observation plan is proposed to detect and carry out the direction finding of the precursor electromagnetic radio emissions associated with earthquakes. This direction finding method is just an application of our sophisticated technique we have developed and currently used for ground- and satellite-based direction finding for magnetospheric VLF/ELF plasma waves. The system is composed of the measurements at two frequency ranges, VLF/ELF and ULF. In the VLF/ELF range, we continuously measure the waveforms (100Hz-6kHz) of five field components ( $B_x, B_y, E_z, E_x$  (above ground) and  $E_z$  (borehole)), and the similar waveform measurement (five field components) is made at ULF (0-10Hz). The observation equipments are nearly completed, and will be installed at Tsukuba Disaster Research Center. These direction finding results (i.e. if the wave is coming from below or from above the ground, and its arrival direction etc) would be of great importance in the study.



Source mechanisms of electromagnetic phenomena induced by rock fracture  
I. Yamada (Nagoya Univ.)

## はじめに

最近、地震の前に電磁波の放射や地電位の変化が観測されたという報告が多くある。我々はこのような現象が起こる可能性を探るため岩石の破壊実験を行い、微小破壊に伴う電磁氣的現象を観測した。その結果、岩石が最終的に破壊してしまう前の微小破壊活動によって電磁氣的現象が観測されることが分かった。図-1に岩石の微小破壊に伴い観測された電磁波の記録を示す。その他の多くの実験から、岩石の破壊に伴って電磁氣的な現象が起こっていることは確かなようである。しかし、その発生メカニズムについてはあまり議論されていない。

## 微小破壊に伴う電磁氣的現象の特徴

岩石の破壊に伴う電磁氣的現象はある時は電場の変化として、ある時は電波として観測されるが、今は発生源は同じと考える。これらの現象の特徴は(1)サンプルにいろいろな岩石を用いてもこの現象は観測されるが花崗岩等のように斑晶としての石英を含む時に顕著、(2)この現象の発生時刻は微小破壊の発生時刻に一致する、(3)微小破壊に伴うこの現象の発生源での大きさは電位差の変化の観測から $10^{-15} \text{C}\cdot\text{m}$ 程度である、ということである。

## 発生機構のモデル

花崗岩の破壊実験での破壊面の大きさは、観測される弾性波(地震波)の観測から直径1mm程度と推測されるので、これを電磁氣的な現象の発生源の面積とする。これに対していくつかの発生メカニズムについて電磁氣的な現象の大きさを見積もってみる。

(1) 圧電効果 花崗岩は500MPa程度で破壊する。この時、直径1mm程度の石英のような圧電鉱物がこの歪の降下によって分極すると $10^{-12} \text{C}\cdot\text{m}$ 程度と見積られる。これは観測より四桁も大きい。

(2) 粒界分離 異種の鉱物が微小破壊によって離れると薄層電位が発生する。これは二つの物質の仕事関数の差によって現されるので、直径1mm程度の微小破壊での分極は $10^{-14}$

$\text{C}\cdot\text{m}$ 程度となる。

(3) 結晶破壊 微小破壊は結晶構造をも切る。たとえば、結晶中のSi-Oの配列が切れ、それぞれ相向かう破壊面に分かれる。石英の新しい面でのchargeの測定から、直径1mm程度の破壊では $10^{-15} \text{C}\cdot\text{m}$ 程度と見積られる。

(4) 結晶構造欠陥 もとは完全な結晶でも、例えば放射線等が当たることによって電子が価電子帯からはじき出され不対電子の状態を生ずる。捕獲中心に捕獲された電子は外部から歪や熱に加えられることによって、伝導帯を通過して価電子帯に落ち再び正孔と結合する。電子が伝導帯をさまよっている過程で外部から電場が加えられていると電流が流れることが期待される。

モデルとしてはこのようなものが考えられるが、どのメカニズムが我々が観測した電磁氣的な現象の発生源であるのかはこれまでの実験から特定できない。

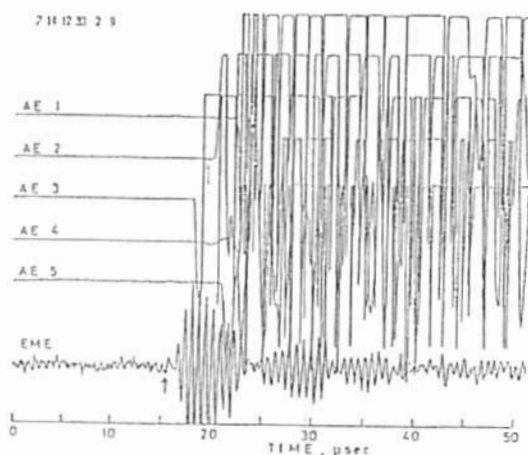


図-1 微小破壊による電磁波の記録の例  
AE 1 - AE 5 は AE センサーによる弾性波の記録  
EME は電磁波の記録

本蔵義守 (東工大理)

## Theoretical Background of Electromagnetic Radiation Associated with Earthquake Occurrences

Yoshimori HONKURA

*Department of Applied Physics, Tokyo Institute of Technology*

Anomalous electric fields have been reported in association with earthquake occurrences. The most typical example is SES (seismic electric signal) which is supposed to have been detected in the VAN method before many earthquakes in Greece. One of the characteristics of SES is the dependence of its magnitude on the epicentral distance;  $\Delta E$  is proportional to  $1/r$ .

This dependence is expected for the electric field distribution in the conductor due to a direct current source in the two-dimensional case. From the viewpoint of electromagnetic radiation, one may claim that it corresponds to the electromagnetic field distribution at locations sufficiently far from a charge or current source, as expected from

$$\mathbf{E} = -\frac{\mu}{4\pi} \int \frac{1}{r} \left[ \frac{\partial \mathbf{j}}{\partial t'} - \left( \frac{\partial \mathbf{j}}{\partial t'} \cdot \frac{\mathbf{r} - \mathbf{r}'}{r} \right) \frac{\mathbf{r} - \mathbf{r}'}{r} \right] dv'$$

In the case of the electric field from a transient source within the Earth's crust, however, the above arguments are both incorrect. In the former case, the static treatment is obviously inappropriate unless for some reason, charge separation is maintained against decay in the conducting crust. The above equation holds for a non-conducting region and hence it cannot be applied directly to the electric field distribution in the crust.

The problem is directly related to an electromagnetic induction problem in the conducting Earth. In three-dimensional induction problems, Green's tensor is used when the integral equation method is applied. Then the electric field is given by

$$\mathbf{E}(\mathbf{r}) = \mathbf{E}_n(\mathbf{r}) + \int \sigma_a(\mathbf{r}') \sum_{i,j=1}^3 \hat{x}_i G_{ij}(\mathbf{r}, \mathbf{r}') \hat{x}_j \cdot \mathbf{E}(\mathbf{r}') dv'$$

We should recall that  $G_{ij}(\mathbf{r}, \mathbf{r}')$  denotes the  $x_j$  component of the electric field at  $\mathbf{r}$  due to an oscillating dipole source of unit strength located in the  $x_i$  direction at  $\mathbf{r}'$ . Therefore, this formulation is applicable to problems of electromagnetic radiation in the crust; any sources can be approximated by the combination of dipoles. Elements of Green's tensor can be calculated numerically for a layered-Earth. In the present problem  $\mathbf{E}_n$  can also be derived from  $G_{ij}$  and therefore, the equation becomes a general one and can be applied even to the inhomogeneous Earth as specified by  $\sigma_a$ .

In practice, the inverse Fourier transformation must be performed so that time-dependent features of anomalous electric fields can be examined for a specified source time function. Numerical computation is in progress and some typical examples will be shown.

A number of electrical resistivity changes has so far been reported associated with tectonic activities, i.e. earthquakes and volcanic eruptions. This paper summarizes the results from several regions by various kinds of observation method. Some results observed precursory changes to the events and the others simultaneous ones. This review is made for the purpose of picking up and solving problems in the resistivity measurements to provide future progress.

これまで、地殻活動(地震・火山噴火)に関連して、さまざまな電磁気現象が観測されたことが報告されている。ここでは、わが国で行われてきた電気抵抗変化観測について、レビューしてみることにする。過去の事例を既観すると、地震予知を目的とした観測が圧倒的に多いことがわかる。手法的に分類すると、電磁誘導法によるものと直流法によるものがある。

地震活動に関連した電気抵抗変化観測は、1970年代に飛躍的に観測手段の開発・観測点の拡充がなされた。特に地磁気変化や地電位差変化の観測から、地殻深部の電気抵抗の変化をとらえようという試みがなされ、いくつかの観測例も報告された。しかしながら、最近におけるこの分野の観測・研究の活動レベルはきわめて低調で、むしろ地殻の表層に近い部分に焦点が絞られるようになってきている。このため、観測手段としては、直流法など人工電流法が用いられるようになった。このような推移の背景には、前兆現象の物理モデルがいまだに十分に確立されていないことがある。地殻深部の電気抵抗変化は、ディラタンシー・拡散

モデルによって期待されたものである。浅部の電気抵抗変化、特に断層破砕帯のそれを測定する試みがなされるようになったのは、地殻表層の地下水の挙動に注目が移ったことに対応する。

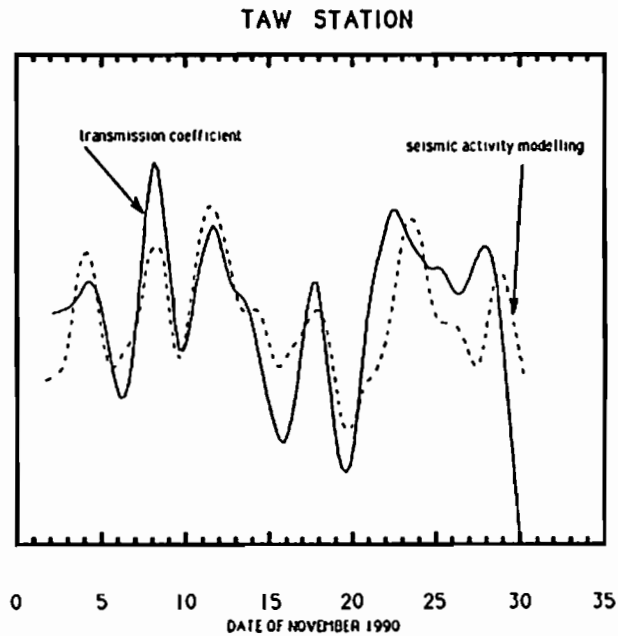
現在は、従来の観測の継続がなされているのみで、目だった進展はほとんど見られない。このような状況をもたらしたのは、従来のこの分野、特に観測研究のあり方に反省すべき点が多いように思われる。理論が確立されていない状況では、観測は、室内実験と併用して、理論の検証・修正などにもちいられるものである。一方的に観測の説明に理論的モデルを「利用する」という態度はとるべきではない。例えば、ディラタンシー・拡散モデルは、電気抵抗変化の観測事実に「あうのか、あわないのかを示すこと」が観測に求められるのである。地下水の挙動との関連についても、理論・実験・観測の3者間のフィードバックが十分になされているとはいえない。

現状は、理論・実験・観測いずれの研究も活発とはいいがたく、あらゆる意味から今後の研究の方向付けがなされるべき好機であるといえよう。

## G42-07 An Another Approach to Magneto-Telluric and Seismic Data Relationship

Cezary Piotr Rozluski\*  
Takesi Yukutake  
(Earthquake Research Institute, the University of Tokyo)

The magneto-telluric and seismic data for June-November 1990 period in Chubu District have been analysed. The purpose was to find possible correlation between magneto-telluric and seismic activity. The transmission coefficient has been defined for natural geomagnetic and electric variation in the presence of the artificial noises. Simple model of conductivity changes due to seismic activity has been proposed to explain observed effect. Possible example relation is presented below:



As a preliminary result, the following conclusions can be given:

- (1) Some correlation between changes of transmission coefficient and seismic activity has been found. This can be explained in terms of very simple model.
- (2) More precise model of conductivity changes due to seismic activity must be involved to give unique interpretation.

---

\* Formerly in Institute of Geophysics, Polish Academy of Sciences, Warsaw, Poland.

半田 駿<sup>1</sup>・田中良和<sup>2</sup>・鈴木 亮<sup>1</sup>

1. 佐賀大 教養部 2. 京大 理学部

The electrical conductivity structure around the active crater of Aso volcano  
and its changes associated with the volcanic activityShun Bando<sup>1</sup>, Yoshikazu Tanaka<sup>2</sup> and Akira Suzuki<sup>1</sup>

1. College of Liberal Arts, Saga University, Saga, 840.

2. Faculty of Science, Kyoto University, Kumamoto, 869-14.

The CSMT surveys were made around the active crater of Aso volcano on Aug. 1989 and Oct. 1990. The 1-dimensional modeling reveals that the extremely low-resistive layers appeared at a depth of 50 to 300m on Aug. 1989. Some of them disappeared as the volcanic activity decreased. Thus, this extremely low-resistive layer is caused possibly by the ion-riched underground water supplied with the volcanic gas and rain fall.

我々は阿蘇カルデラ下の電気伝導度構造を知るために、1983年以降200カ所でELF-VLF-MTを実施してきた。1989年8月、1990年10月には火口周辺でCSMT法による調査も実施した。また、1989年10月にはELF-MT法による火口周辺の再測も行った。ここでは主として2回のCSMT観測結果について述べる。

1987年のELF-MT調査の結果から、800m高度では火口周辺で約30Ω・mの低比抵抗層が分布していることが分かっていた。ところが、火山活動が活発化した89年での結果は（この時は若干の火山灰を伴う活発な噴煙活動が見られた）、これが0.1~10Ω・mと、より低比抵抗になったことを示している（第1図）。なお、火口北端を通る東西の線を境として北部では高比抵抗であることには変わりはなかった。この極端な低比抵抗層は、火口北部周辺の観測点では、表層または深度50~80m以下に、火口南部では100m、200~300mの2層に分かれて分布する。

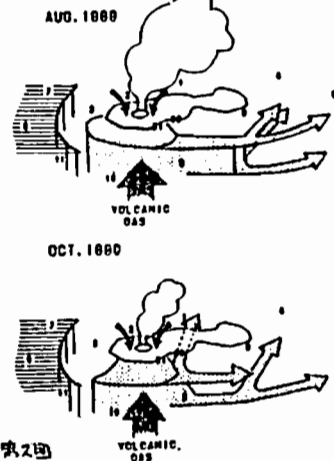
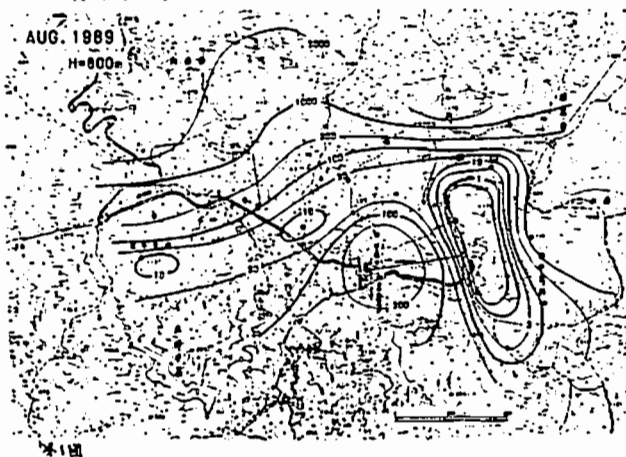
火山活動は、1989年9~11月に最も激しい噴火活動を経た後鎮静化しており、第2回目の観測時（1990年10月）では、火口に湯だまりが出来、噴煙もそれほど活発ではなかった。この時の結果を、89年の結果と比較すると

- ・ 降灰による、表層（~1m）が0.1~1Ω・mの極端な低比抵抗。
- ・ 深さ約100mまでがやや高比抵抗化する。
- ・ 南部の極端な低比抵抗層は、上層が消滅、下層のみになる。

という変化が見られた。

89,90年にみられる極端な低比抵抗層は、極端な低比抵抗値、噴煙量の低下に伴い分布が狭くなることから、硫化水素等を含む火山ガスが溶け込んだ地下水によるものと思われる（第2図）。

本観測で用いたCSMT装置は御建設企画のご好意によるものです。ここに感謝の意を表します。



## 磁気圏波動 (I)

H11 01~05, P35

座長 中村 義勝 (通総研)  
森岡 昭 (東北大理)

## 磁気圏波動 (II)

H11 06~09, P33

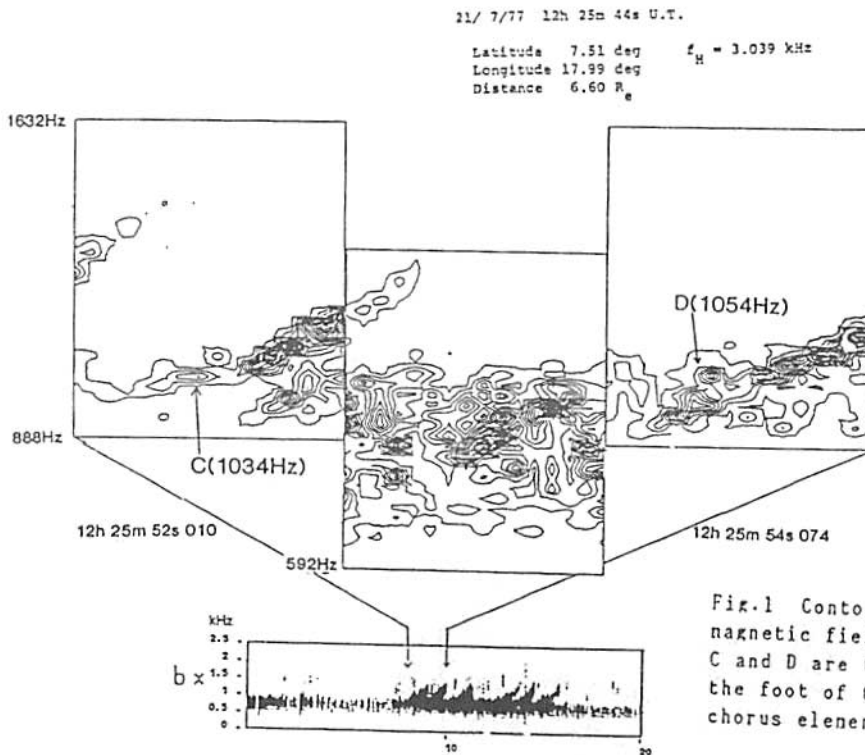
座長 佐々木 進 (宇宙研)  
宮岡 宏 (極地研)

On the Conditions of Generating  
Hiss-Triggered Chorus

Katsuni HATTORI<sup>1</sup>, Masashi HAYAKAWA and Shin SHIMAKURA

- 1) Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University
- 2) Department of the Electrical and Electronic Engineering,  
Chiba University

**Abstract** The satellite and ground VLF data have indicated that chorus is often accompanied by a background of hiss. The purpose of this study is to clarify the possible association between hiss and chorus. We have already presented some detailed experimental results on the cause and relationship between hiss and chorus and some important findings through the direction finding measurements and fine structure analysis. In this paper, we will refer to the relationship between a monochromatic wave component (that is a wavelet) in the hiss band and a respective chorus element and required conditions for this wavelet to trigger chorus.



references

- (1)Hattori et al., SGEPS 84 abstracts, . III-23, 1988.
- (2)Hattori et al., SGEPS 86 abstracts, 11a-III-5, 1989.
- (3)Hattori et al., Proc.,NIPR. Synp.on Upper Atmosphere Phys., in press

中村義勝、恩藤忠典 通信総合研究所

## WHISTLER TRIGGERED HISS OBSERVED BY DE-1

Yoshikatsu Nakamura and Tadanori Ondoh

Communications Research Laboratory, Tokyo, 184

As shown in Fig.1, Whistler triggered hisses are observed at high altitudes in the magnetosphere by DE-1. We examine the characteristics of these whistler triggered hisses for invariant latitude and altitude on three DE-1 passes. We also compare the characteristics of the whistler triggered hisses observed by DE-1 with those of the whistler triggered emissions observed by ISIS-1 and ISIS-2 in the topside ionosphere.

第1図に示すようなホイストラ誘起ヒスが1990年5月11日、5月17日、5月19日にDE-1衛星によって高高度の磁気圏で観測された。第1図は磁気地方時6時16分に高度11103 km, GMLAT 5.8度, INLAT 52.8度,  $L = 2.73$ において観測された例である。この例では誘起されたヒスの最高周波数は10 kHzに達している。又、この例ではホイストラの発生と誘起ヒスの発生との間に時間遅れが観測されている。本講演では、これらの3パスについて、不変地磁気緯度及び高度に対するホイストラ誘起ヒスの諸特性について調べた結果を報告する。又、ISIS衛星高度で発生するホイストラ誘起放射との比較を行う。

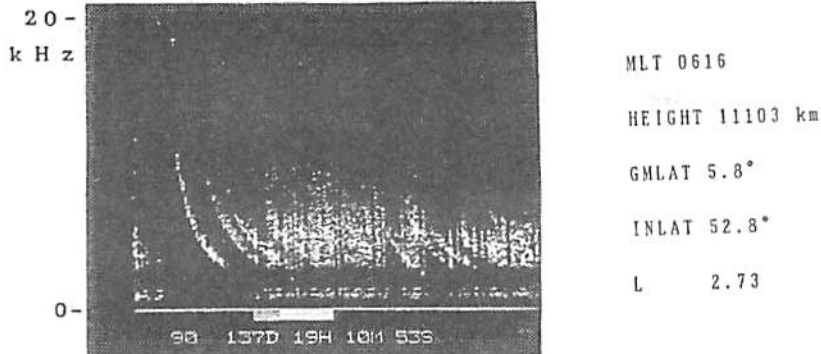


Fig.1  
第1図



## 衛星で観測された中緯度ヒスのスペクトル

恩藤忠典、中村義勝 通信総合研究所

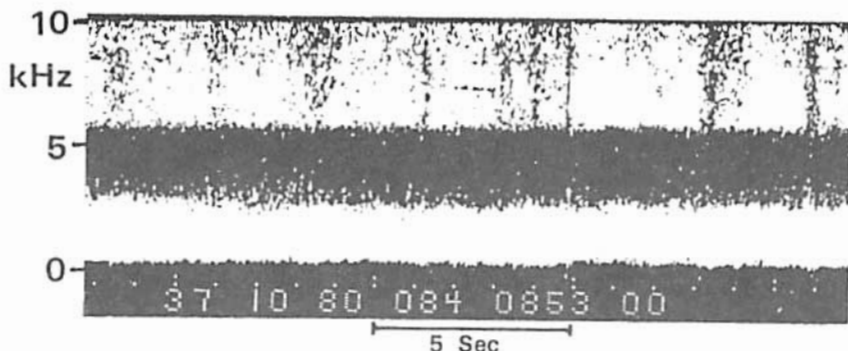
## SPECTRA OF MID-LATITUDE HISS OBSERVED BY SATELLITES

T. Ondoh and Y. Nakamura Office for Space Science, Communications Res. Lab., Tokyo

Mid latitude-hiss observed on the ground appears often in a frequency band between 3 kHz and 6 kHz. Ondoh et al.(1980) have reported from narrow-band ISIS VLF data that the mid-latitude hiss occurs most often in the vicinity of the plasmapause latitude(invariant latitude  $60^\circ$ ). But, they did not show f-t spectra of the mid-latitude hiss observed by ISIS satellites. Figure shows f-t spectra of mid-latitude hiss observed by ISIS-1 at 0853 UT on March 24, 1980. The mid-latitude hiss appears in a frequency band from 2.6 kHz to 5.4 kHz at invariant latitude  $60.4^\circ$  ( $L = 4.08$ ), and its frequency is steady in frequency as observed on the ground.

地上で観測される狭帯域の中緯度ヒスは、しばしば3 kHz - 6 kHz帯に現れる。恩藤等(1980)は、ISISの狭帯域VLFデータを解析して、5 kHz付近の狭帯域ヒスがプラズマポーズ緯度(不変緯度 $60^\circ$ )付近で最もよく発生することを報告した。しかし衛星で観測された中緯度ヒスのf-tスペクトルについては、報告しなかった。この点を昨年のお金沢会議でHalliwell教授に指摘された。

ISIS衛星で観測された中緯度ヒスのf-tスペクトルは、下図のように地上と同様に5 kHz付近に周波数に関して定常的に3 kHz - 6 kHz帯に現れる。この例は昭和基地で受信されたもので、1980年3月24日( $Kp = 2-$ )の0851-0856 UT(1250-1231 MLT)間に、ISIS-1によって不変緯度 $57.5^\circ - 64.6^\circ$ 、磁気緯度 $S49.6^\circ - S59.8^\circ$  ( $L = 3.47 - 5.44$ )、高度2597-2327 kmで観測された中緯度ヒスの一部で、0853 UTに不変緯度 $60.3^\circ$  ( $L = 4.08$ )、磁気緯度 $S53.6^\circ$ 、高度2492 kmで観測されたものである。このヒスは最初5.2 kHzに細い線状に現れ、図の0853 UTでは2.6-5.4 kHzの帯状ヒスに発達し、最後は再び4.9 kHzの線状に終わっている。ポーラヒスは、一般には不変緯度 $67^\circ$ 以上に現れるが、ポーラヒスの低緯度端は、しばしば中緯度ヒスの高緯度端と重合し、又低緯度端付近のポーラヒスの低周波数端は、しばしば中緯度ヒスの周波数と一致している。



ISIS衛星で観測された  
15-20kHz帯のVLF放射

安宅 孝(電気通信大学), 恩藤 定典, 中村 義勝(通信総合研究所)

VLF emissions in 15-20 kHz band observed by ISIS satellite

M. Ataka(Electrocommunications Univ.), T. Ondoh and Y. Nakamura(Communications Res. Lab.)

VLF hisses and risers in 15-20 kHz band were found at geomagnetic latitudes below the auroral zone from VLF electric field data(30 Hz - 30 kHz) of 44 ISIS passes received at Syowa station, Antarctica for 1980 to 1982. These VLF emissions were mostly observed for geomagnetic local time 22-08 hours at invariant latitudes from 50° to 60° at Kp = 4-5. So, they are geomagnetic disturbed-time phenomena. These VLF emissions are classified into three types; 1) Steady hiss with no latitudinal dependence. 2) The upper and lower limit frequency of the VLF hiss decrease with increasing latitude. 3) The lower limit frequency of the riser decreases with latitude.

昭和基地で受信されたISIS衛星のVLFデータのうち、極光帯より低緯度において15-20kHz帯の電界強度が大きくなっているパスを選び、スペクトル解析をおこなった。

1980年から82年までのこれらのデータでは、ISIS-1, -2の44パス中13パスにおいて、この周波数帯にヒス性、あるいはライザー性のスペクトルがみられた。これらは全てISIS-2号のパスであり、高度は1400km程、磁気地方時は22-08時の間である。そして、そのほとんどが磁気不変緯度で55°(L=3.04)を中心に、55°-60°(L=2.42-4)の範囲でみられた。また、このときの地磁気活動度Kpの値は、13パス中10パスにおいて4-5と比較的高いため、これらの現象は地磁気擾乱の効果によるものと思われる。

スペクトルの型は、5-30kHzの周波数帯で帯域5-15kHz程の、緯度に依存しない定常ヒス、緯度と共に上下辺周波数の減少するヒス、及び、緯度と共に下辺周波数の減少するライザー、の3者であった。

EXOS-D 衛星観測に基づく  
 プラズマ分布モデルによる  
 上昇型及び下降型

帯域性ホイッスラーモード波の伝播の解析

菊池雅行・大冢 寛・森岡 昭・小林 香・飯島雅英  
 (東北大・理)

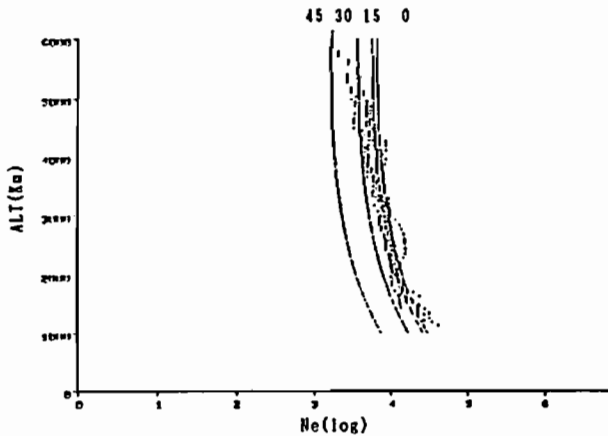
Ray path tracing of Banded Rising LF (BRLF) and Banded Faling LF (BFLF) Emissions based on plasmasphere model deduced from the EXOS-D(AKEBONO) satellite result

M. Kikuchi Hiroshi, Oya Akira, Morioka Kaori, Kobayashi Masahide, Iizima Tohoku univ.

The model for the plasmaspheric electron density has been proposed for the precise confirmation of the banded LF emissions. That are generated at L=1.3-1.6. For this purpose the model electron density in the plasmasphere is established as

$$\begin{cases} N = N_0 \cos^a \theta \exp\left(-\frac{r-r_0}{H(r)}\right) \\ H(r) = \frac{kT_0}{mg_0} \left(\frac{r}{r_0}\right)^2 \left\{1 + A\left(\frac{r_0}{r}\right) + B\left(\frac{r_0}{r}\right)^2\right\} \end{cases}$$

あけぼの (EXOS-D) 衛星によって上昇型及び下降型帯域性 LF 帯電波が観測されている。本研究ではあけぼの衛星で観測されたプラズマ圏の電子密度モデルに基づき上昇型及び下降型帯域性 LF 帯電波伝播を解析した結果この電波が L=1.3~1.6 で発生する事を確認した。この場合の電子密度モデルは上記の式で表される。図にこの LF 帯上昇型及び下降型帯域性電波の観測された時に得られた電子密度の実測値及びモデル式によってフィッティングを行なった曲線を示す。プラズマ圏での電子密度の実測値は磁気緯度がパラメータとして混入していて、本論ではこの緯度変化を  $\cos^a \theta$  で単純化した。この場合  $a=4$  という結果が得られている。実測値に基づくモデルにより得られた伝播路の解析は上昇型及び下降型帯域性ホイッスラー波の源及び衛星で観測される時の周波数特性に対して一層確かな結果を与えているがさらにプラズマ圏電子密度分布のモデルの改良及びそのモデルを生む物理的背景についての研究が将来に残されている。



観測された電子密度に対して曲線をフィッティングしたもの。緯度が高くなってくると密度は高度依存性の他に緯度依存性が生じ高度に対しての変化が急峻になってゆく。

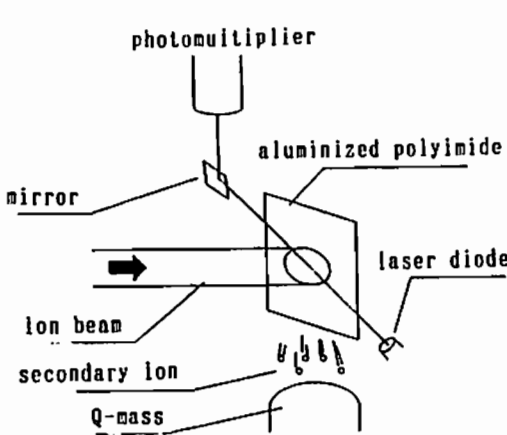
佐々木進、臼井基文<sup>△</sup>、横田俊昭<sup>□</sup>、宮武貞夫<sup>△</sup>、太田正廣<sup>□</sup>、河島信樹  
宇宙研、電通大<sup>△</sup>、愛媛大<sup>□</sup>、都立大<sup>□</sup>

A STUDY OF PLASMA ENVIRONMENT AROUND A CHARGED SPACECRAFT

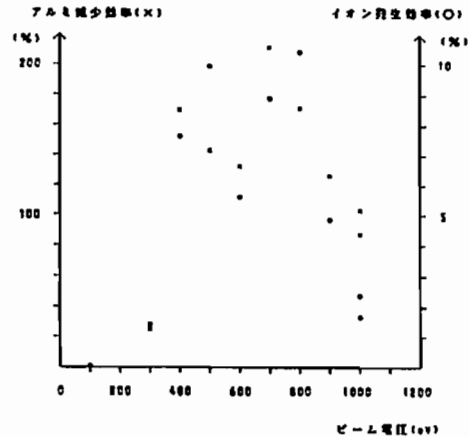
S.Sasaki, M.Usui<sup>△</sup>, T.Yokota<sup>□</sup>, S.Niyatake<sup>△</sup>, M.Ohta<sup>□</sup>, N.Kawashima,  
ISAS, U. of Electro-Comm.<sup>△</sup>, Ehime U.<sup>□</sup>, Tokyo H.U.<sup>□</sup>,

Satellites at geosynchronous orbit are often negatively charged to high levels. Negative charging results in ion bombardment on the satellite surface, generating secondary ions, electrons and neutral gas(sputtering effect). The effect plays an important role in the formation of plasma environment surrounding the charged satellite. The sputtering effect has been studied by irradiating an oxygen ion beam to an aluminized polyimide. It has been found that the generation of secondary plasma and gas is maximum at the ion energy between 400eV and 900eV. The maximum production rate reaches 2 particles/incident ion for gas and 0.1 secondary ion/incident ion for secondary plasma. The results will be applied to the model of plasma environment surrounding a negatively-charged satellite.

静止衛星軌道付近では高エネルギー電子により、衛星は負の高電圧にしばしば帯電する。この場合、衛星表面への高エネルギーイオン衝撃により、二次イオン、二次電子、ガス放出が発生し（スパッタリング効果）、衛星周辺の電磁環境の形成に重要な役割を果たす。二次イオンは放出後、軌道運動の後、衛星の電場により衛星に再度吸収される。二次電子は、シース外に放出され、ガスはシース内で一部電離され、生成されたイオンは再び衛星表面を衝撃する。これらプラズマの運動にともなって、低周波帯の静電ノイズが発生する。帯電体周辺の電磁プロセスの問題は、イオンスター等天体現象にかかわっているだけでなく、今後、静止衛星軌道に投入される大型衛星周辺の環境、寿命評価にも関連している。帯電体周辺の電磁現象を定量的に取扱い、実際の観測データと比較するため、宇宙材料として通常使用されるアルミ蒸着ポリイミドを用いてスパッタリング現象の実験室実験を行なった。照射イオンは、ストーム時スパッタリングに重要な役割を果たす酸素を用いた。第1図に実験装置を示す。第2図に示すようにイオン、ガスともに酸素イオンのエネルギーが400-900eVの時、放出率が最大となり、最大放出率は、アルミイオンで約0.1ヶ/ion、アルミガスで約2ヶ/ionに達した。この結果を帯電衛星に適用すると、入射イオンフラックスが $10^7/cm^2 \cdot sec$ の場合、衛星表面から、 $10^6/cm^2 \cdot sec$ のイオンと、 $2 \times 10^7/cm^2 \cdot sec$ のガスが放出されることになる。今後このデータを基に帯電体周辺のプラズマ環境を解析することになっている。



第1図 実験装置



第2図 アルミのスパッタリング率

H11-07

低周波電磁流体波からの  
高周波電磁波発生機構

南部充宏、羽田亨（九大教養）  
寺沢敏夫（京大理）

Plasma-maser theory of ordinary mode  
in the presence of MHD turbulence

M.Nambu, T.Hada (Kyushu University) T.Terasawa (Kyoto University)

In space and astrophysical plasmas, the most of the turbulent fluctuation energy is contained in low-frequency MHD wave. However, all of the previously studied mode coupling processes (Kadomtsev, Plasma Turbulence, 1965; Davidson, Methods in Nonlinear Plasma Theory, 1972) show the energy down conversion from the high-frequency mode to the low-frequency mode. Accordingly, the standard mode-mode coupling processes may not play a significant role in space plasma.

According to the recent plasma turbulence theory, the lowest-order mode coupling processes are composed of three parts (Nambu, Space Science Review 1986). They are the resonant three-wave interaction, nonlinear Landau resonance and plasma-maser interaction. Recently, the basic physics of the plasma-maser is well established (Isakov et al., Sov.Phys.JETP, 1986; Tsytovich, Comments Plasma Phys. Controlled Fusion, 1987; Nambu et al., Phys. Rev.A, 1987; Krivitsky and Tsytovich, Contrib. Plasma Phys., 1990; Nambu et al. Phys.Fluids B, 1990).

In this paper, we consider the emission of ordinary mode radiation in a plasma with kinetic Alfvén wave turbulence driven by an electron beam. The process of emission considered in this paper is the plasma-maser effect which is essentially an energy up-conversion process. The energy necessary for the growth of the ordinary mode is derived from the kinetic Alfvén turbulence. The nonlinear dispersion relation of the ordinary mode in the presence of the kinetic Alfvén wave turbulence is obtained and its growth rate calculated. The plasma-maser is effective only for open system (magnetized plasma system) such as space and astrophysical plasmas. The emission of ordinary mode is a familiar feature of the radio planets. It is probable that the mechanism of the plasma-maser considered in this paper to obtain the growth rate of electromagnetic emission in the ordinary mode from the kinetic Alfvén wave turbulence may also be one of the probable generation mechanism of ordinary mode from the radio planets.

## Z-mode AKR in the Source Region

A.Morioka and H.Oya

Geophysical Institute, Tohoku University  
Sendai, 980, Japan

By PWS experiment onboard the Akebono (EXOS-D) satellite, the spectra of AKR have been studied just inside the source region of AKR. The observed AKR spectra are characterized with the association of the enhanced local upper hybrid emissions (UHR AKR) of the electrostatic mode (see Figure 1) in the acceleration region. Further, in the frequency range lower than the local upper hybrid emission, there are signatures of the weaker broad band emissions which are frequently observed relating with the UHR AKR in the source region. Detailed investigation of the spectra shows that these waves belong to Z-mode waves (see Figure 2). In Figure 2, a typical example of the spectrum of this Z-mode wave is indicated for a single sweep of the frequency ranging from 20 to 1340 kHz, corresponding to the data at the time of 11:39:22 in Figure 1.

The detection of AKR whose spectrum is continuously extending to UHR and Z-mode waves associated with incoming beam suggests that AKR is related to the process of the conversion of electrostatic plasma waves into the electromagnetic waves.

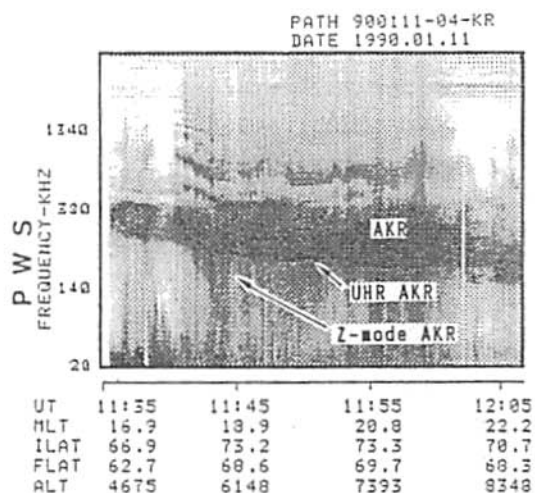


Figure 1

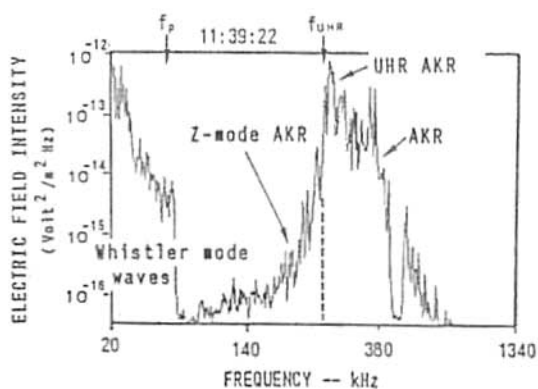


Figure 2

## H11-09

The non-uniform profiles of electron density  
observed at source region of auroral kilometric radiation

°K. Kobayashi, H. Oya, A. Morioka  
Geophysical Institute, Tohoku Univ.

For understanding the origin of the auroral kilometric radiation (AKR) two different categories of works have been proposed. One theory is traditionally accepted theory of the direct generation of the electromagnetic waves by the cyclotron maser process (Initially proposed by Wu and Lee). The other theory is the conversion processes of the electrostatic waves into electromagnetic waves; the first general theory was presented by Oya (1971). The idea has also been used by Jones and Budden afterward. The proposal has finally been adopted to AKR (Oya, 1990).

In direct theory, the plasma media requests small value of  $f_p/f_c$  ratio (especially  $f_p/f_c < 0.1$ ) along the long distance of ray pass. The inhomogeneity of plasma distribution is therefore significant problem for the direct theory because of its long wave-length in the generation media. While the conversion theory, however, require the density gradient to convert the generated electrostatic waves to electromagnetic waves effectively. In the present paper, the plasma parameters are investigated in the particle acceleration region, by PWS onboard the EXOS-D satellite.

Where sounder experiment (SPW) is made effectively to measure the plasma frequency and the electron cyclotron frequency in the acceleration region. The detailed variations of the electron density distributions are measured by operating "low sweep mode" and " $f_p$ -tracking mode" also in the AKR source region. The low sweep mode is designed for transmission of RF pulse with 600W (MAX) swept in frequency range from 20 to 890kHz with 16sec; the results are displayed in the form of plasmagrams. In the  $f_p$ -tracking mode, the RF pulse transmission is made in frequency range from 20 to 170kHz within 1sec. By the data of tracking of the  $f_p$  resonance, the electron density profile can be measured every 1sec. In the mode of combined operation, natural plasma wave observation is made with the sounder mode time sequentially so that we can study in-situ density profiles with AKR dynamic spectrum and also the Poynting vector.

The observation results show that in the cavity region plasma frequency becomes lower than 20kHz along the satellite pass indicating that the electron density is lower than 5/cc. The results of  $f_p$ -tracking mode operation show that the electron density changes from 5 to 20/cc within 15km; i.e., the  $f_p/f_c$  ratio changes from 0.1 to 0.2 within 15km corresponding to the AKR wave-length. The results also show that in the region of AKR source the "density wall" where the  $f_p/f_c$  ratio approach to the value of 0.5.

The present results show that the plasma media in AKR source region is favorable to the mechanism of short wave-length generation suggesting the importance of the conversion theory.

# H11-P33 極域の氷上ダイポールアンテナによる ELF 波の磁気圏尾部伝搬

長野 勇

北岸 陽一

八木谷 聡 (金大工)

ELF propagation in magnetotail excited by a dipole antenna  
located on the icy ground in Earth's polar region

Isamu NAGANO,

Yonichi KITAGISHI,

Satoshi YAGITANI

Dept. of Electr. Eng., Kanazawa Univ.

We have developed a numerical calculation technique which can provide the electromagnetic intensity in the ionosphere excited by a dipole antenna located on an icy ground surface. To test the hypothesis that ELF transmissions from this dipole are large enough to cause the wave-particle interaction phenomena or can be measured by a satellite in Earth's geomagnetic tail, we estimated the dipole moment value of the antenna located in Earth's polar region. Results indicate that ELF waves can propagate to the tail region in the case that the moment is greater than  $10^6$  Am, and that a satellite should be capable of measuring them. Numerical results are shown as functions of frequency and depth of the ice.

筆者らは、地上に置かれたダイポールアンテナより放射される VLF-ELF 波の電離層中の電磁界強度を計算する方法を開発してきた。近年、極域のオープンフィールドの領域にアンテナを置き、それから放射される ELF 電波が磁気圏尾部まで伝搬するのに十分な強度があるか等について検討されている (図 1)。しかし、この場合 ELF 波の波長が長いため、電離層途の伝搬には、アンテナの近傍解を考慮しなければならない。筆者らの Full Wave 計算法では、アンテナから放射する静電、誘導、そして放射項をすべて含んでいるのでこの検討に適している。表 1 はこの計算に用いたパラメータである。ダイポールモーメントの  $10^6$  は長さ 30km で電流が 30A に相当し、実用送信機の能力としては可能なものと考えられる。図 2 に、高度 100km における全放射電力を縦軸に、そして、横軸には周波数を示す。○、×、△ はそれぞれ、氷厚が 2km、氷厚が 1km、氷厚が 1km で大地が湿土の場合である。この計算は、高度 100km での Poynting Flux の z 成分を半径 500km にわたって積分したものである。図 3 は、周波数 200Hz で氷の厚さを変えたときの電離層中の全放射電力を示す。

磁気圏尾部におけるジャイロ周波数は、300Hz 程度であるから、200Hz の ELF 波は地上から磁気圏尾部へ伝搬可能である。図 2 における 200Hz の Poynting Flux の最大強度は  $11.6 \mu\text{W}/\text{m}^2$  であり、その -3dB 以内の領域は約 30km 以内である。もし、磁力線に沿ってこれが磁気圏尾部まで伝搬するとすれば、その境界強度は尾部中で、約  $0.7\text{pT}$  と推定される。これは、衛星のサーコイルで測定可能な強度である。

講演では、氷上の鉛直ダイポール及びマグネティックダイポールからの ELF 波の電離層への放射電力についても検討する。

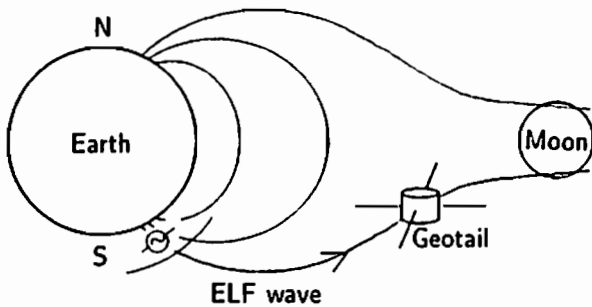


図 1 問題にしている概念図

表 1 計算に用いたパラメータ

周波数	100Hz ~ 1kHz
ジャイロ周波数	1.20MHz
磁気伏角	-05.0度
full wave 計算の範囲	56km-100km
電離層の分割数	11層
ダイポールモーメント	$10^6$ Am
水平ダイポールの地上高	5m
氷の厚さ	1km
大地の導電率	$10^{-4}$ S/m
大地の比誘電率	8

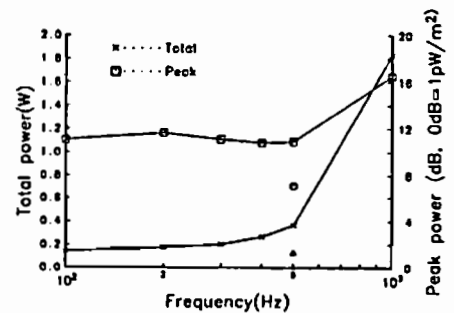


図 2 下部電離層透過電力及び強度の周波数依存性

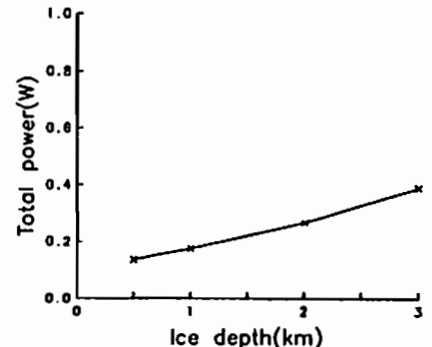


図 3 下部電離層透過電力の氷厚依存性



# 電力線誘導放射電磁界分布の 東北地方横断気球観測(II)

冨澤一郎(電気通信大学)

## Balloon-borne Observation of Electromagnetic Fields Induced and Radiated from Power Lines over the Northern Japan (II)

Ichiro TOMIZAWA

Univ. of Electro-Communications, 1-5-1 Chofugaoka, Chofu-shi, Tokyo 182

The balloon-borne experiment was conducted to observe electromagnetic fields at the fundamental frequency (50 or 60Hz) of power lines over the northern Japan on August 26, 1990. The balloon passed over the power lines located in the northern suburb of Morioka-city. Both the vertical electric and the horizontal magnetic field-strengths show the peaks over the power line network. On the westward flight, the peaks of two field components coincide over the one-element of the network. On the eastward flight, however, the peak of the horizontal magnetic field shifts to west compared to that of the vertical electric field. The difference in the location of the peaks indicates the difference of induction in each power line or the horizontal variation of the synthesized induction field of the network.

### はじめに

筆者は、飛翔体を用いて日本列島に張りめぐらされた電力線から誘導放射される50及び60Hzの商用周波数電磁界強度の分布を観測し、実際の地上の電力線分布との対応関係・誘導放射効率・誘導放射の方向性・誘導放射の時間変化・遠方への伝搬特性を明らかにすることを目的とした観測を行っている。前回の学会では、昨年8月に実施した大気球B15-75による観測の概要および観測システムについて報告した[1]。

今回は、大気球が東北地方、特に盛岡市付近の電力線網上空を飛翔したときの50Hz電磁界強度変化の様子から、電力線誘導電磁界の特徴および地上の電力線との対応関係について報告する。

### 盛岡市付近の電力線分布と強度変化の対応

図の中段に盛岡市付近の高圧電力線の分布と気球の飛翔経路を示す。気球B15-75は、11時30分ごろ盛岡市の北側を高度30kmで東から西に飛翔し、16時ごろ少し北側を高度18kmで西から東に飛翔した。この時の垂直電界強度および水平磁界強度の時間変化をこの図の上下に示す。

図の下段は東から西に飛翔した場合の強度変化である。垂直電界強度は10時から11時10分にかけて増加し、その後緩やかに減少している。水平磁界強度も、これとほぼ同様な強度変化を示している。最も電磁界強度が強くなる地点には、東西方向に張られた高圧電力線が存在していることから、この強度のピーク誘導電磁界を発生する電力線と対応していると考えられる。しかし、この西側にある他の高圧電力線上を飛翔した場合は、このような強度の上昇がないことから、この西側の電力線との相違があるはずである。

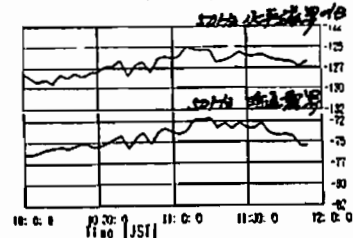
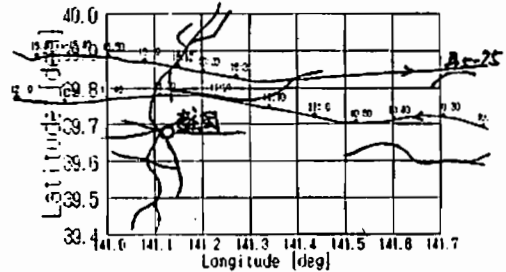
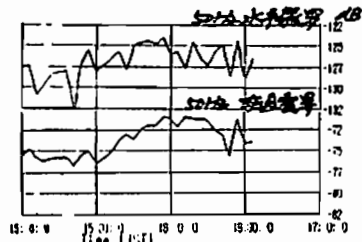
一方、気球が西から東に飛翔した場合の垂直電界および水平磁界強度の時間変化を図の上段に示す。垂直電界強度は、15時頃から上昇し16時から16時15分にかけてなだらかなピークを示している。このピークはほぼ地上の電力線位置と対応している。これに対して、水平磁界強度は時間的に早く、つまり西側でピークを示し、電力線と対応していない。

垂直電界と水平磁界のピークの位置が地上の電力線の位

置と一致する場合と一致しない場合があることがわかった。この相違は、誘導電磁界発生源である各々の電力線の誘導電磁界の強度または電力線網全体の形成する水平面強度分布によるものの何れかと考えられる。今後、他の特徴を調べることにより原因を明らかにしていきたい。

### 参考文献

- [1] 冨澤一郎：“電力線誘導放射電磁界分布の東北地方横断気球観測(1)”，1990年秋季学会予稿集、P-21



電離圏・VLF

H12 01～06

座長 早川 正士 (名大STE研)  
長野 勇 (金沢大工)

電離圏

H12 07～14, P48～53

座長 前田 佐和子 (京芸短大)  
國武 学 (通総研)

°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)国立極地研 3)名大STE研

## On the Estimation of the Ionospheric Exit-region of Magnetospheric VLF Waves Observed at High Latitudes

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)Natl. Inst. of Polar Res.

3)STE Lab., Nagoya Univ.

A method to estimate the ionospheric exit-region of magnetospheric VLF waves observed at high latitudes is discussed based on computer simulation. Maximum entropy method is very useful for the estimation of the ionospheric exit-region of VLF radio waves observed at high latitudes, which is much wider compared to that of low latitudes.

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、極めて重要である。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、高緯度帯では数倍の大きさを持つと考えられる。電離層透過域が比較的狭い中低緯度帯では、最大エントロピー法による波数空間の波動エネルギー分布推定に基づいた透過域推定法が有効であることが、シミュレーション及びホイッスラの解析結果から明らかにされているが、広い透過域を持つと考えられる高緯度帯ではその有効性は明らかではない。更に、透過域が比較的狭い場合には観測点に達する電離層透過波の偏波は右廻り円偏波を中心に比較的集中していることが確かめられているのに対し、広い場合には偏波の分散が大きいと考えられること、また多重反射波の影

響も無視できないということが考えられる。このような意味から、極域におけるVLF波動の電離層透過域推定法を十分検討する必要がある。

図1は波源の広がり大きい場合についての透過域推定のシミュレーション結果の例を示している。このうち a), b)は右廻り円偏波で偏波の分散が異なる波源、そしてc)は楕円偏波を中心とする波源を与え、それを推定したものである。波源の位置及び広がりほぼ同じものである。これらの比較から、波源の広がり大きい場合でも広がり推定することは可能だが、偏波のばらつきが大きい場合や楕円偏波の場合には波源の中心の推定が悪くなっている。

このほか波源が複数存在する場合や多重反射波による影響を考慮したシミュレーションを行い、高緯度帯VLF波動に最大エントロピー法を適用する場合の有効性及び問題点について発表する予定である。

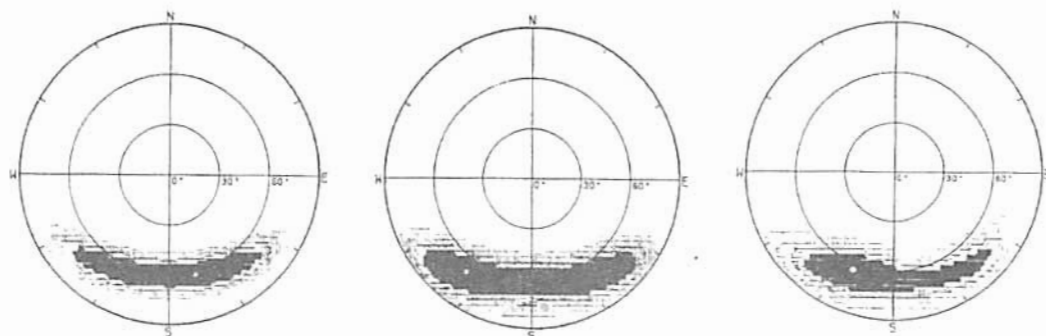
a)波源:  $(\theta, \phi) = (60^\circ, -90^\circ)$ , $P = (1.0, -90^\circ)$ ,  $\Delta P = (0.1, 10^\circ)$ b)波源:  $(\theta, \phi) = (60^\circ, -90^\circ)$ , $P = (1.0, -90^\circ)$ ,  $\Delta P = (0.5, 30^\circ)$ c)波源:  $(\theta, \phi) = (60^\circ, -90^\circ)$ , $P = (1.0, -70^\circ)$ ,  $\Delta P = (0.5, 30^\circ)$ 

図1 最大エントロピー法による電離層透過域推定のシミュレーション

The correlation of whistler occurrence rate  
at a low latitude with thunderstorm activity  
at its conjugate region and with solar activity

M. Hayakawa (Solar-Terrestrial Environment Laboratory,  
Nagoya Univ.)

and

K. Ohta (Department of Electronic Engineering, Chubu  
Univ.)

**Abstract:** The correlations of occurrence rate of whistlers in January during one solar cycle (1977-1987) at a low latitude station (Yamaoka, geomagnetic latitude,  $25^{\circ}$ ;  $L=1.26$ ) with thunderstorm activity near its conjugate region and also with solar activity have been investigated, and it is found that the occurrence rate has no correlation with the lightning flashes near the conjugate point, while it is negatively correlated with solar activity. On the basis of these findings it is suggested that the ionospheric absorption is of major importance in the long-term variation of whistler occurrence rate, with the duct formation being of secondary effect, while the lightning activity is only a necessary condition for whistler occurrence.

Which factor, either the source or propagation effect is more influential in determining the occurrence rate of whistlers at a given latitude, or the relative importance of these two factors, is the most fundamental subject in whistler studies since the beginning of whistler research, but no definite answer to this problem at any latitudes has been given. The correlations of whistlers (mainly long whistlers) and causative lightnings at medium latitudes was investigated by several earlier works (Storey, 1953; Morgan and Dinger, 1956; Morgan, 1958), but it seems that they could not give any definite answer to the above problem. Norinder and Knudsen (1961) found that strong lightnings could produce whistlers, but no discussion on the relative importance of the propagation vs source was made. Hayakawa et al. (1986) have investigated the cloud distribution in the conjugate area when interpreting the direction finding data at lower latitudes (Yamaoka and Moshiri), but the relative importance between the source activity and propagation effect is not elucidated.

This paper attempts to study statistically (not by case studies as mentioned above) the above fundamental problem at low latitudes, based on the correlative study of the whistler data at Yamaoka during one solar cycle and the corresponding data of lightning activity near the conjugate point of Yamaoka and of solar activity. Although this kind of statistical investigation has been made by some workers (Corcuff et al., 1966; Hayakawa et al., 1971) who have studied only the correlation between the whistler occurrence rate and solar activity.

## Regularization in ground-based direction finding of magnetospheric VLF/ELF waves

M. Shimizu<sup>1</sup>, K. Hattori<sup>1</sup>, M. Hayakawa<sup>1</sup>, N. Iwama<sup>2</sup>,  
and S. Shimakura<sup>3</sup>

1. STE Laboratory, Nagoya Univ. 2. Department of Electrical  
Engineering, Nagoya Univ., and 3. Department of Electrical  
Engineering, Chiba Univ.

**Abstract:** The use of the Philips-Tikhonov regularization is proposed for numerically stabilizing the ill-conditioned reconstruction of wave energy distributions of magnetospheric VLF/ELF radio waves at the ionospheric base on the basis of the simultaneous measurement of three possible field components (two horizontal magnetic and one vertical electric). An objective function to be minimized, leads to a linear estimator of the wave energy distribution and, with the aid of the singular value decomposition, makes it possible to use the generalized cross validation for optimizing a regularization parameter. The effectiveness of this proposed method will be demonstrated by using the simulated wave sources.

Ground-based direction finding for magnetospheric VLF/ELF radio emissions and waves is of great importance in studying their generation and propagation mechanisms. Several direction finding methods have been proposed such as goniometer, field-analysis method etc, but these are all based on the hypothesis of a single plane wave. Hence, the results from these methods are of no use when the ionospheric exit region of VLF waves is extremely large or when there are a few exit regions. In order to solve this difficulty, we have developed a new direction finding system called "wave distribution function method" which allows us to determine the wave energy distribution at the ionospheric base by means of the simultaneous measurement of the three field components. However, in this method there is no objective way of having the optimum reconstruction.

In this paper a new idea is applied to the above wave distribution function method, which requires no subjective judgement in the decision of the number of propagation peaks on the basis of the application of Philips-Tikhonov regularization with the generalized cross validation. The effectiveness of the method is demonstrated by using the simulated wave sources (a single wave source and a two-wave source model).

森泉 英穂子<sup>1)</sup> 島 倉 信<sup>1)</sup> 早川 正士<sup>2)</sup>

1) 千葉大・工 2) 名大・STE研

On the observation of large scale disturbances of the lower ionosphere at low- and middle-latitudes

M. Morizumi<sup>1)</sup>, S. Shinakura<sup>1)</sup> and M. Hayakawa<sup>2)</sup>

1) Dept. of Electrical Eng., Chiba Univ. 2) STE Lab., Nagoya Univ.

The waveform of tweek atmospheric can be given by three parameters of the Earth-ionosphere waveguide such as cut-off frequency and propagation distance and propagation time. These parameters can be estimated by minimizing the frequency or phase difference between tweek and pseudo-tweek. This method is very useful for the estimation of large scale disturbance of the lower ionosphere at low- and middle-latitudes.

電離層-大地導波管モデルを用いてTweek波形を表すと、cut-off周波数、空電の発生時刻、伝搬距離の3つのパラメータによって表されることが知られている。これらのパラメータを高精度に推定することによって中低緯度帯の下部電離層高度を測定するための観測システムを開発中である。既に赤道帯から日本わたる太平洋上の広い領域の下部電離層はKpやDs1に強く依存していることを明らかにしてきたが、観測システムの完成によって連続観測を可能にすれば、中層大気との関連をも明らかにできるものと考えられる。

現在、これらのパラメータを空電信号と疑似空電信号との差の周波数が信号の継続時間にわたって最小となるように定めているが、周波数分解能を数10Hz以下にとることは難しく、測定精度に限界があること、また実時間測定を実現するためには、フーリエ変換の操作を省略し、時系列データのまま処理することが重要である。そこで空電信号と疑似空電信号との位相差を信号の継続時間にわたって最小とする解析法の検討をおこなった。

表1は電離層-大地導波管のパラメータ推定シミュレーション結果のうち、最も推定精度の悪

い1例を示したものである。即ち初期値に依存する結果となっている。表1より明らかなように、位相差による解析法は周波数差による解析法に比べてより高精度なパラメータの推定を可能にしている。しかしながら、雑音が大きいと位相は著しく影響を受け、解析が困難になるという問題を含んでくる。現在、観測されたTweek波の解析にこれらの方法をどう適用すれば良いか、観測システムの検討を行っている。

方法	変化させたパラメータ	推定値					
		与えた周波数	発生時刻	伝搬距離			
周波数	与えた周波数	1720.0	120	9.22	-0.78	6081.0	191
位相	-20Hz	1702.0	12	9.98	-0.02	6001.0	11
周波数	発生時刻	1691.0	-9	7.19	-2.81	6510.0	-160
位相	-2ms	1700.0	0	10.37	+0.37	5909.0	-91
周波数	伝搬距離	1716.0	116	14.03	14.03	5100.0	-1910
位相	-300km	1702.0	12	9.98	-0.02	6010.0	110

表1.シミュレーション結果  
(縦差は最大誤差)

与えたパラメータ

$f_c=1700\text{Hz}$ ,  $t_0=0.01\text{s}$ ,  $d=6000\text{km}$

アイスランドにおける三地点同時観測オメガ電波を用いた下部電離層擾乱解析

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> 荒木壽<sup>3)</sup> 早川正士<sup>4)</sup>  
 1)千葉大・工 2)国立極地研 3)弘前大・教育 4)名大・STE研

Analysis of the lower ionospheric disturbance by use of Omega signals observed simultaneously at three stations in Iceland

N. KWAKAMI<sup>1)</sup>, S. SHIMAKURA<sup>1)</sup>, N. SATO<sup>2)</sup>, H. YAMAGISHI<sup>2)</sup>, T. ARAKI<sup>3)</sup> AND M. HAYAKAWA<sup>4)</sup>  
 1)Dept. of Electrical Eng., Chiba Univ. 2)National Institute of Polar Research  
 3)Faculty of Education, Hirotsaki Univ. 4)STE Lab., Nagoya Univ.

Omega signals transmitted from Aldra, Norway have been continuously recorded at three stations (Tjörnes, Isafjörður and Husafell) in Iceland since 1985. The ionospheric reflection points of Omega signals observed at three stations only separated by ~ 100 km from each other. However, the perturbation of intensity and phase of Omega signals are different from each other. So it is possible to estimate the scale, velocity and propagation direction of the lower ionospheric disturbance.

下部電離層擾乱によってVLF局電波の強度と位相が変化することは良く知られている。アイスランドの3観測点(Tjörnes, Isafjörður, Husafell)では、1985年以來ノルウェーのAldra局から送信されているオメガ電波(12.1kHz)の磁場強度と位相の観測を行っている。Fig.1に送信局と観測点の位置関係及び電離層反射点(Mt, Mi, Mh)を示した。それぞれの観測点の間の距離は約1600kmであることから、観測されているオメガ電波の強度及び位相は電離層での1回反射波の影響を強く受けているものと考えられる。図より明らかに各反射点間の距離は極めて近く約120kmである。このように電波伝搬路及び電波反射点が極めて近いのにも拘らず、3地点で観測される擾乱信号には3地点で同時観測されないものや、形状の違うものがある。これは、反射点付近での擾乱の発生領域の大きさや擾乱の変動によるものと考えられ、電離層擾乱を解析する上で非常に興味深い。本研究は、3地点で観測された擾乱の速い、特に発生時刻の差に注目した。3地点で観測された電離層擾乱信号について相互相関係数を計算し、時間差をより詳しく求めることで、電離層擾乱の変動を推測した。Fig.2に示すのが3点同時観測した擾乱信号の相互相関係数と時間差の関係である。図の中でCMXは相互相関係数の最大値を示し、TMXは相互相関係数がCMXとなる時差である。得られた3つの時差からこの擾乱はまず、1sで観測され、その40秒後にHuで、さらに20秒後にTjで観測された事になる。このように、相互相関係数が最大となる時差TMXを求めることで擾乱の発生時刻が秒単位で判る。さらに擾乱が平面波と仮定することで、この時差と反射点間の推定距離から擾乱の進行方向と伝搬速度を求める事が可能となる。Fig.2で用いた擾乱の場合、擾乱は反射点Mi-Mh方向より1.1度程度Mh寄りに速度約2km/sで進行する事が推定された(Fig.3参照)。この推定された擾乱伝搬速度が物理的に正当なものかどうか、そしてこのオメガ電波で観測された電離層擾乱がどのような種類のものかまだ確認していないが、さらに多くの擾乱について解析を行い、それらの点を明らかにしていく。

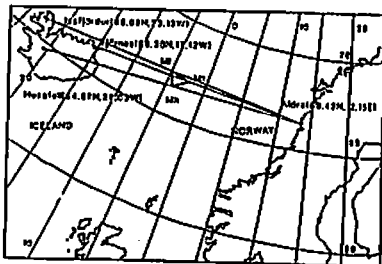


Fig.1 Propagation path of VLF signals: Omega Aldra-Tjörnes, Isafjörður and Husafell, Iceland. Mt, Mi and Mh are the middle points of Tjörnes to Aldra.

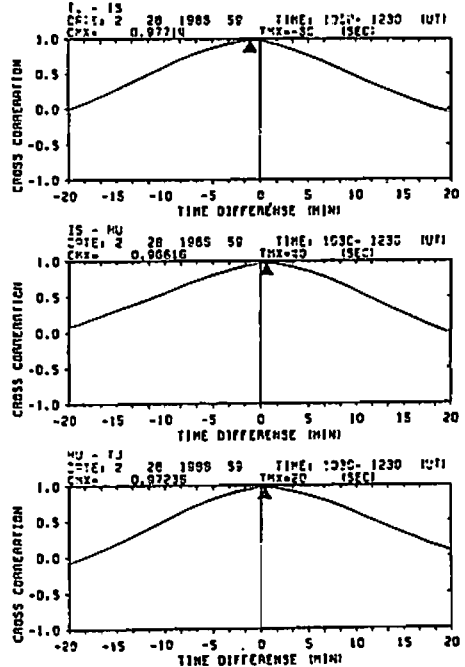


Fig.2 Cross correlation coefficients of disturbance signals which observed simultaneously at three stations.

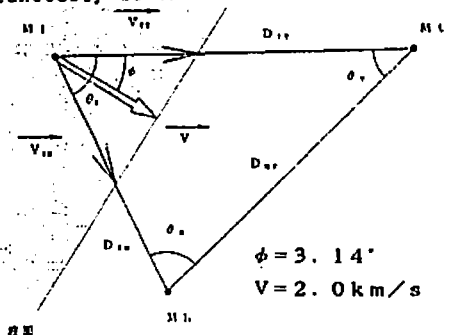


Fig.3 The presumption of the propagation velocity of disturbance in the lower ionosphere.

## 有限要素法による V L F 電波の地球 — 電離層導波管内不連続問題の解法

馬場清英 (中部大工)

### FINITE ELEMENT SOLUTION OF VLF RADIO WAVE PROPAGATION IN THE EARTH-IONOSPHERE WAVEGUIDE DISCONTINUITY

Kiyohide BABA (Chubu University)

Finite element method is presented for VLF propagation problems in the Earth-ionosphere waveguide with arbitrary discontinuities. The waveguide is divided into three regions in the direction of propagation, one of which is a finite region that contains arbitrarily shaped all inhomogeneities. The others are semi-infinite and homogeneous regions. In these uniform waveguide regions radio waves are represented analytically in terms of the mode sum of uniform waveguide. Therefore it is possible to treat both infinite regions as bounded configurations using Wexler's method. Upper unbounded region of the waveguide is assumed to be homogeneous, so that the fields can be represented in terms of upward progressive waves. This condition makes possible to treat upper unbounded region as bounded configuration. The finite element method is applied to the bounded regions above mentioned above. To illustrate the validity of this method a simplified discontinuity problem has been solved.

#### 1. はじめに

超長波電波の地球-電離層間での伝搬を有限要素法を用いて解析しその有効性について検討をする。伝搬方向に一樣でない領域を部分的に有している導波管の不連続問題の定式化を行い、超長波電波の電離層の下方部分にある不均質、不規則構造等による散乱の効果等の計算を目的としている。また、電波の下部電離層の突き抜けにも応用できる。

#### 2. 原理及び方法

著者は異方性電離層による地球-電離層導波管でのモード伝搬の解析を有限要素法で行っている。不連続問題の取扱では通常の伝搬方向、及び電離層の上方への伝搬に対して、無限領域を有している場合の境界条件を処理する必要がある。その為に、一樣導波管内でのモード解析による固有関数による展開を利用する。図1のような  $C_1-C_4$  の境界で囲まれた2次元領域を考える。 $C_1$  は地球表面であり、 $C_4$  より上は  $z$ -方向について一樣であるとする。 $C_2-C_2'$ 、 $C_3-C_3'$  間は、 $x$ -方向に一樣であり、 $x$ -方向に不均質な領域は  $C_2'-C_3'$  間に限られるものとする。 $C_2$  より  $x$ -方向に入射してきた波がどのように  $C_3$  を通過し、また、 $C_2$  の方向に反射されるか、と言う問題である。同様な幾何学による問題は、光導波路はじめ様々のところで扱われており<sup>1)-3)</sup> それらを参考にして、我々は異方性不均質電離層を含んだ場合に拡張して有限要素法による表示式を求める。 $C_1$  は完全導体とする。 $C_4$  より上部は解析解で与えられ、 $C_4$  上で有限要素解と接続する。 $C_2-C_2'$  間、 $C_3-C_3'$  間は有限要素解と解析解を重ねることにより処理する。媒質が、異方性かつ損失性であることを考えて、有限要素法による離散化は、ガラーキン法による。又、境界条件よ

り生ずる方程式は、上述の離散化と整合するように離散化する。これらの離散化方程式を連立することにより、領域内の電磁界分布を求めることができる。

#### 3. まとめ

この方法は、少なくとも半波長内を要素の次数に応じて数個以上の要素に分割しなければならず、計算可能なものは周波数が比較的lowくて大きな領域を必要としない場合である。図2には不連続導波管内で有限要素法によって得られる電磁界分布の例を示す。5KHz の 1,2 次モード電波の等方性導波管 (電離層は ionospheric conductivity  $\omega_p = 2.5 \times 10^4 / S$ , 高さは 70km, 及び 80km, 上部境界は 100km, 伝搬距離は 200km, 不連続は 100km の地点) の磁界  $H_y$  の分布である。

#### 参考文献

- (1) B.H. MacDonald and A. Wexler IEEETRANS. MTT-20, 841, 1972
- (2) 鷲巢慎他 信学論(B), J64, 1981
- (3) 加川幸雄他 有限/境界要素法, オーム社, 1984

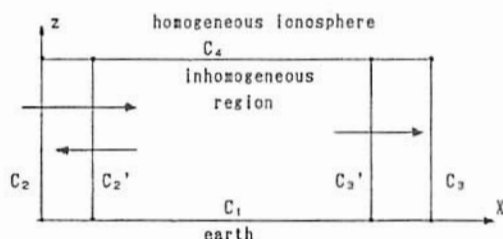


図1 不連続問題

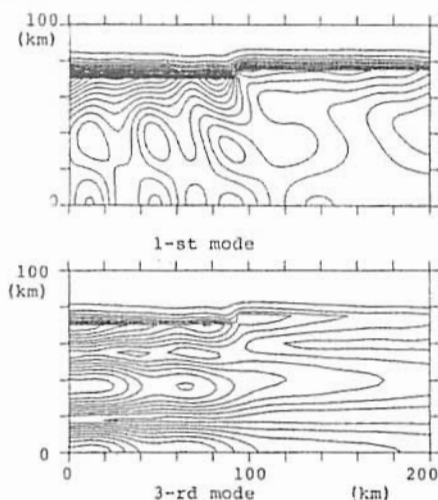


図2 磁界  $H_y$  分布



MU レーダーによる電離圏擾乱時の  
F 領域イオンドリフト速度観測

山本 泰史、深尾昌一郎、高見 友幸  
加藤 進、津田 敏隆、山本 衛、中村 卓司  
(京都大学超高周波電波研究センター)

MU Radar Measurements of the F-region Ion-Drift Velocity  
in a Disturbed Condition

Yasufumi Yamamoto, Shoichiro Fukao, Tomoyuki Takami, Susumu Kato,  
Toshitaka Tsuda, Mamoru Yamamoto, Takuji Nakamura  
(Radio Atmospheric Science Center, Kyoto Univ.)

Incoherent scatter measurements of the F-region ion drift velocity with the MU radar have been made routinely since September 1986 at monthly intervals. Averaged daily variations of the ion drift velocity were reported elsewhere. We have here attempted to obtain temporal variations of ion drift velocities in an ionospheric disturbed condition.

MU レーダー電離圏標準観測 (ダブルパルス観測、パルス幅=256 $\mu$ s) により得られたイオンドリフト速度の解析においては、これまで主にデータの統計処理にもとづいた平均的日変動について研究がなされてきた。イオンドリフト速度の推定は通常、時間分解能 45 分でなされるが、SN 比が良好でないため推定誤差は大きい。このため特定日における日変動についての解析はほとんどなされていない。そこで今回、電離圏擾乱時におけるイオンドリフト速度の大きい時間帯を解析の対象とし、イオンドリフト速度の時間変動の抽出を試みた。

イオンドリフト速度の 3 成分 (磁力線平行上向き成分、磁力線垂直北向き成分、磁力線垂直東向き成分) は同時観測される 4 ビーム方向 (東西南北、天頂角 20 度) の視線ドリフト速度に基づいて決定される。この際、比較的 SN 比の良好な観測データのみを選び出し、さらに、3 方向の視線速度を用いて決定されたドリフト速度が残る 1 方向の視線速度と対応のついた場合にのみデータとして使用することでデータの信頼性を高めた。

図 1 の○印は静穏日におけるイオンドリフト速度の磁力線平行上向き成分  $V_{para}$  であり、1987 年に行なわれた電離圏標準観測データ (合計 16 日) の中から上述の基準で選び出されたものである。同図の×印は 1989 年 3 月 6 日の地磁気擾乱時における観測で得られた  $V_{para}$  を示している。20 時 30 分の値が静穏日の平均的な値と比べて約 50 m/s 増加しているのがみられる。本講演では他の電離圏擾乱日のデータにも言及し、またパワープロファイルとの比較、検討を行ない、中緯度擾乱時電離圏の振舞いを議論する予定である。

DRIFT VELOCITY  
(UPWARD-PARALLEL)

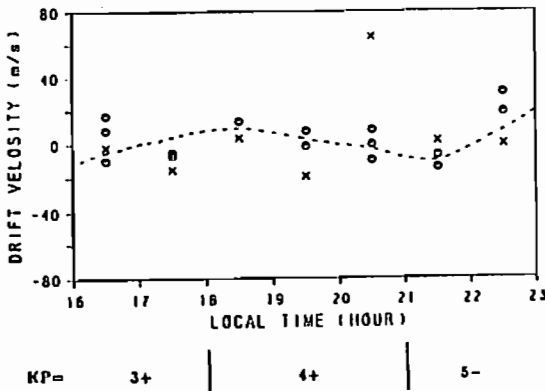


図 1: イオンドリフト速度磁力線平行上向き成分の時間変動。  
○印は静穏時の値、×印は擾乱時の値、KP 値はそれぞれ 1989 年 3 月 6 日 15-18 時、18-21 時、21-24 時の値である。

山本 衛<sup>1</sup>、深尾 昌一郎<sup>1</sup>、小川 忠彦<sup>2</sup>、津田 敏隆<sup>1</sup>、加藤 進<sup>1</sup>  
(<sup>1</sup>京大超高層、<sup>2</sup>通総研)

## Mid-Latitude E-Region Field-Aligned Irregularities Observed with the MU Radar (3)

Mamoru Yamamoto<sup>1</sup>, Shoichiro Fukao<sup>1</sup>, Tadahiko Ogawa<sup>2</sup>, Toshitaka Tsuda<sup>1</sup>, and Susumu Kato<sup>1</sup>  
(<sup>1</sup>RASC, Kyoto Univ., <sup>2</sup>Communications Res. Lab.)

The MU radar (34.9°N, 136.1°E) can observe intense field-aligned irregularities in the ionospheric E-region by steering the antenna main beam northward with zenith angle of 51–52°. The occurrence frequency obtained in 18–25 June 1990 shows that the echoes mainly appear at 2000–0030 LT in 90–120 km altitude, and after 0400 LT in 90–100 km altitude, which is quite similar to that in June 1989. The occurrence frequency in the winter solstice is obtained by using the data in 25–28 December 1989, 27–30 November 1990, and 25–27 December 1990. The irregularities are less active in this season than in the summer solstice.

電離圏 E 領域の沿磁力線イレギュラリティは、従来、主に磁気赤道及びオーロラ帯の現象として観測・研究が行われてきた。しかしながら、中緯度に位置する MU レーダーにおいてもアンテナビーム方向を北へ天頂角 51°～52°の方向に傾けることによって、高度 100 km 付近で磁力線と直交させることができ、通常のインコヒーレント散乱に比較して数十 dB 以上強い、イレギュラリティからのコヒーレントエコーを受信することができる。我々は、1989 年 6 月に初めて電離圏 E 領域の沿磁力線イレギュラリティの多ビームドップラー観測を実施し、中緯度域の E 領域イレギュラリティの構造について日没後と日出後にそれぞれ“筋状”と“層状”の形状を示す違った種類のエコーが生じることなどを明らかにしてきた。

図 1 に 1990 年 6 月 18 日から 25 日の観測で得られたイレギュラリティエコーの出現頻度の時間高度分布を示す。ここでは出現頻度を、“時間 30 分間×レンジ 2.4 km”の範囲内に現われた SN 比 0 dB 以上のエコーの出現確率と定義する。エコーは、日没の時刻である 20 時頃から高度 100～110 km を中心として現れはじめ、0 時 30 分ごろに一旦弱

くなる。その後 2 時付近の短時間の増大を経て日出時刻である 4 時頃以降は高度 90～100 km の範囲に分布する。20 時から 2 時にかけてはいわゆる筋状のエコーが現われており、日出以後には主に層状のエコーが見られる。これらの分布は 1989 年 6 月 16 日から 26 日の観測で得られた結果ときわめてよく一致しており、夏至ごろのイレギュラリティの活動度の時間高度分布が明らかとなった。図 2 に 1989 年 12 月 25～28 日、1990 年 11 月 27～30 日、1990 年 12 月 25～27 日の観測データより作成した冬至期のイレギュラリティエコーの出現頻度を示す。各日の観測時間が地方時の 18 時から翌朝 6 時までに限られているが、全体にエコーの出現頻度が低く、夏至に比べてイレギュラリティの活動度が低いことが分かる。18 時から 22 時の高度 90～95 km 付近と 23 時から 6 時までの高度 100 km 付近にエコーが現われているが、その形状は層状のものが主であって筋状のエコーはほとんど見られなかった。エコーの出現高度は、20 時付近は夏至よりも低い方が 4 時付近はむしろ高くなっている。

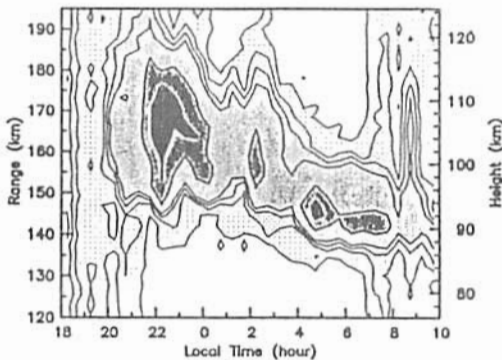


Fig. 1. Occurrence frequency of field-aligned echoes with signal-to-noise ratio above 0 dB found within a time-height bin of “30 min × 2.4 km range”. The data obtained during the nights were averaged over the period of 18–25 June 1990.

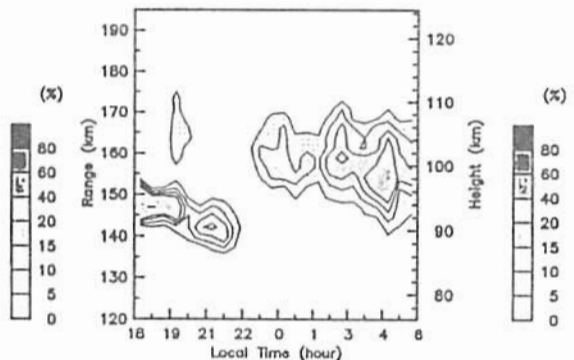


Fig. 2. The same as Fig. 1, except for the data observed in 25–28 December 1989, 27–30 November 1990, and 25–27 December 1990.

○ 前田佐和子<sup>1</sup>, T.J. Fuller-Rowell<sup>2</sup>, D.S. Evans<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 京都芸術短大, <sup>2</sup> Space Environment Laboratory/NOAA

Thermodynamical coupling between the upper and lower thermosphere  
associated with time variations of auroral activity

○ S. Maeda<sup>1</sup>, T.J. Fuller-Rowell<sup>2</sup>, D.S. Evans<sup>2</sup>

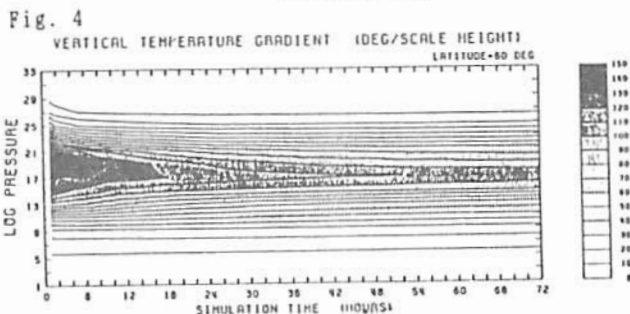
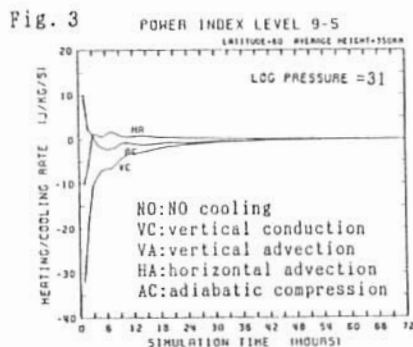
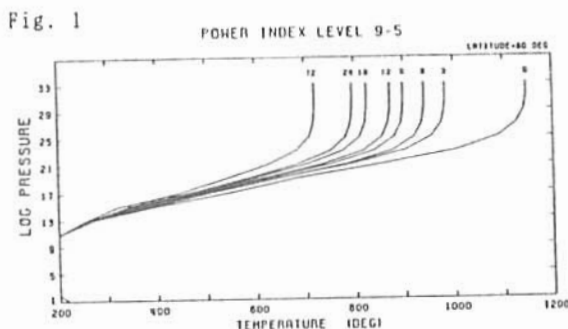
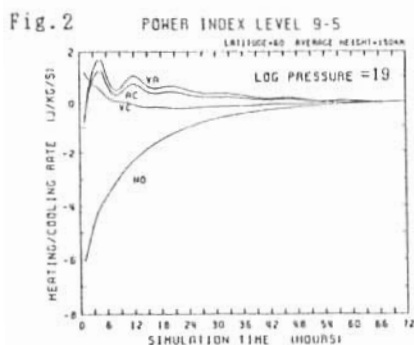
<sup>1</sup> Kyoto College of Art, <sup>2</sup> Space Environment Laboratory/NOAA

An analysis of the thermospheric temperature calculated by using a numerical model of coupled dynamics and composition has been performed in order to study relaxation of the temperature after auroral activity subsides.

Fig. 1 shows the recovery of the temperature after the NOAA auroral activity level falls down from 9 to 5. The figures labeling the profiles denote the time in hours since the auroral activity quietens. The associated time constant lies in the range between 10 and 20 hours.

Figs. 2 and 3 illustrate important mechanisms which dominate the recovery of the temperature. The most important cooling mechanism in the lower region around 150 km height is the infra-red NO cooling. The heat advection and adiabatic heating, associated with the downward winds, slow down the recovery around these heights. The vertical temperature gradients shown in Fig. 4 approach the quiet-time values about 48 hours later. In the upper region, the cooling is mainly caused by the downward heat conduction. Owing to the very large conduction coefficient, the isothermal layer is retrieved quickly. Since then, the relaxation of the temperature is basically controlled by the lower thermospheric temperature variation.

In conclusion, the relaxation of the temperature after the auroral activities is controlled by the thermodynamical coupling between the upper and lower thermospheres.



小林 敬生 (通総研沖縄)

Observation of Ionospheric Irregularities by an FM/CW Radar  
at Low Latitude (II)

T. Kobayashi (CRL, Okinawa)

A method of analysis of ionospheric irregularity drift velocity is proposed. Taking a combination of different sweep rates of transmission frequency one can determine the true range and the velocity in the beam direction of a target or an irregularity region with an FM/CW radar.

FM/CWレーダの実際の観測量である送・受信信号の差周波数  $\Delta f$  には、目標物がビーム方向の速度成分  $v$  を持つ場合、

$$\Delta f = 2(fR_0 - v f_0) / c$$

のように二つの未知数、距離  $R_0$  と速度  $v$  を含むため、そのひとつである  $R_0$  を一意に決めることは原理的にできない (ここで  $f$  は周波数掃引速度、 $f_0$  は送信周波数)。前回の学会では、 $\dot{f}$  を変えて独立した二つの条件の下で  $\Delta f$  を観測するというこゝでこの難点を回避し相互相関解析の要領で擾乱域全体の平均ドリフト速度を求めたが、今回我々はこの問題に更に一步踏み込んで擾乱域内部のドリフト速度分布を求める解析手法について考察した。

FM/CWレーダの観測による目標物の見かけの距離  $R$  は

$$R = R_0 - v f_0 / \dot{f}$$

と表わされる。 $R_0$  と  $v$  を知るためには  $\dot{f}$  を変えて独立した条件の下で  $R$  を観測し、連立方程式を解く要領で  $R_0$  と  $v$  を定めれば良い。しかし、実際の観測ではA-scope上のエコーが距離方向に連続して現われ、しかも各エコーの現われる位置はドリフト速度に応じた大きさでA-scope上をずれるために正確に対応する二種の  $R$  を見定めることは難しい。そこで我々は二種の周波数掃引データから得たA-scope上の連続エコーの各点の対応をmorphologicalと同じと見なされる領域同士で行なうことにした。

図は解析のシミュレーション結果である。図1で距離500~600kmの擾乱域に曲線で表わされるようなドリフト速度分布を与え、図2で同領域内のレーダ散乱断面積の分布を与えてある。図3、図4はこれらの条件の下で得られる異なる周波数掃引速度によるA-scopeである。そして図5が二つのA-scopeデータから得たドリフト速度分布であるが、図1と良い一致を見せている。

講演では、本手法の有効性と限界について言及する。

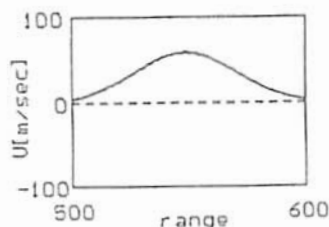


図1

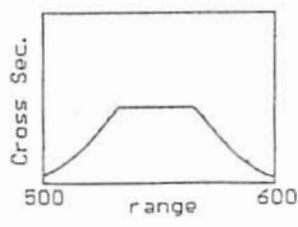


図2

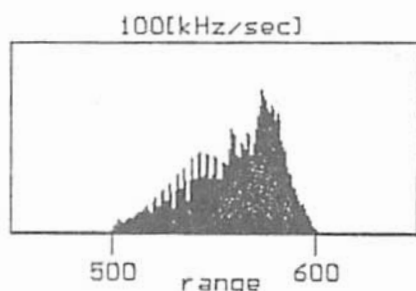


図3

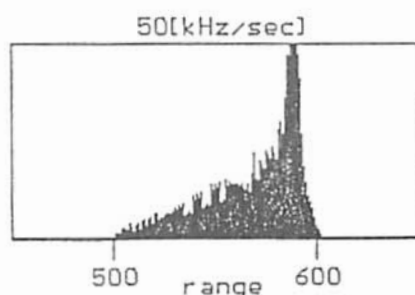


図4

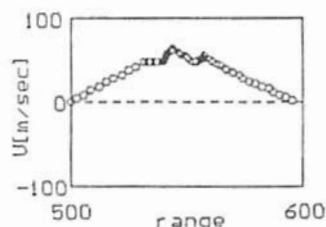


図5

N P E 法の中波到来方向探知機による  
E 層領域と F 層反射の合成波の観測

〇 深見 哲男<sup>1</sup> 高保 正喜<sup>2</sup> 長野 勇<sup>3</sup> 定川 宏樹<sup>4</sup> 中川 章<sup>4</sup>  
<sup>1</sup>石川高等 <sup>2</sup>金沢大学工学部 <sup>3</sup>PFU <sup>4</sup>島津製作所

OBSERVATION OF WAVES REFLECTED FROM BOTH E REGION AND F LAYER  
 USING AN MF DIRECTION FINDER BASED ON THE NPE METHOD

Tetsuo FUKAMI Masayoshi MAMBO Isamu NAGANO Hironobu JOHDA Akira NAKAGAWA  
 Ishikawa Coll. of Tech. Kanazawa Univ. Corp. PFU SHIMAZU, Ltd

Recently, a comparison of measured and predicted field strengths of MF sky waves showed that the Es layer affects MF wave propagation on a short path at nighttime in Japan. To decide directly whether an MF wave is reflected by the E region or the F layer, we observed MF waves with an NPE-type direction finder. We obtained an example of dispersively variable directions in both an azimuthal angle deviation of 30° and an incident angle deviation of 38° in a 30 second observation. To compare with theory, we assumed that the direction finder looked upon a mixture of two different polarized waves, one reflected from E region and another from the F layer. The wave polarizations were obtained two full wave calculations, one using the IRI model with the Es layer, the other without. Fair agreement between the observed and theoretical values confirms the existence of two polarizations.

1. まえがき 近年、国内の中波放送の夜間の電離層反射強度が近距離において長期間観測され<sup>(1)</sup>、国際参照電離層 (IRI) モデル<sup>(2)</sup>を用いた full wave 計算法<sup>(3)</sup>による理論電界強度と観測値との比較から、我国周辺では E、F 層の外に E<sub>s</sub> 層を加味すべきであるという結果を得た<sup>(1)</sup>。そこで、反射層が E 層や E<sub>s</sub> 層か、或いは F 層かを直接的に調べるため、VLF 帯の NPE 法を応用した 1 波到来方向の方向探知機<sup>(4)</sup>を試作・観測したが、その際、分散的な到来方向を示す観測例が得られた。この原因として E<sub>s</sub> 層反射波と F 層反射波が複合して到来することを示唆する結果が得られたので報告する。

2. 実験結果 金沢大学工学部グラウンド上に設置した試作中波方向探知機は、微小垂直ダイポールと直交ループの各アンテナを用いた電磁界測定値から、NPE 法によって到来方向を求める。一例として、大阪の朝日放送 (1008 kHz) を昭和 63 年 11 月 22 日 18 時 58 分に観測した例を図 1 に示す。図の同心円は受信点での入射角  $\theta$  を表し、この  $\theta$  の 51°, 31° はそれぞれ E、F 層の高度 100km, 200km に相当する。W は地理的西であり、方位角  $\phi$  は W から反時計回りに表す。放送局の位置 ( $\phi = 63^\circ$ ) も示した。観測は 0.15 秒毎に 200 回計 30 秒間行われ、到来位置に小円を打点した。図 1 の到来方向は E 層領域での散乱な反射を示し、方位角  $\pm 15^\circ$ 、入射角  $40^\circ \sim 78^\circ$  とばらついた。電離層の急激な変動を示すドブプラ効果による受信周波数の変動は、観測中の周波数モニターには現れなかった。又、図分等のイオノグラムでは、18 時 30 分、19 時 00 分には F 層反射のトレースのみだが、19 時 30 分になると E<sub>s</sub> 層反射のトレースも表れた。

3. 考察 そこで、分散的である原因は E<sub>s</sub> 層反射と F 層反射の存在にあるとして考察する。理論的には偏波の形は極限偏波で決まる。IRI モデルとそれに E<sub>s</sub> 層を付加したモデルを用いて full wave 計算法により求めた朝日放送の到来波の偏波 (電界の入射面に平行成分 / 電界の入射面に垂直成分) は、E<sub>s</sub> 層反射 ( $\theta = 51^\circ$ ,  $\phi = 63^\circ$ ) の場合  $1.07 \exp(-j96^\circ)$ 、E<sub>s</sub> 層を除いた F 層反射 ( $\theta = 32^\circ$ ,  $\phi = 63^\circ$ ) の場合  $1.09 \exp(-j88^\circ)$  となり、ほぼ円偏波である。これらの偏波を用いて、E<sub>s</sub> と F 層反射の強度比 (F 層反射の入射面に平行成分 / E<sub>s</sub> 層反射の入射面に平行成分)  $\rho \exp(j\delta)$  をパラメータとして E<sub>s</sub> と F 層反射波が同時に到来した場合の合成電磁界から到来方向を求めたものが図 2 である。図 2 で、 $\rho$  をある一定値、 $\delta$  を  $0^\circ$  から  $360^\circ$  まで  $5^\circ$  毎に打点したとき到来方向特性は円状を示した。又、O は、E<sub>s</sub> 層反射波が強いと E<sub>s</sub> 層反射領域、F 層反射が強いと F 層反射領域を示すが、 $\rho$  が 0.5 ~ 1.4 では  $\delta$  の値によっては E<sub>s</sub> 層、F 層の正規反射からかなりづれて到来するように見えることがわかる。図 1 と比較すると E<sub>s</sub> 層反射波と F 層反射波の強度比が

0.1 を示す点の濃度が強く、この部分は E<sub>s</sub> 層反射を示し、その他の部分でも  $|\rho| < 0.5$  であり、E<sub>s</sub> 層反射が F 層より強く、 $|\rho| > 0.5$  の曲線に沿って E<sub>s</sub> 層反射と F 層反射波の位相差が徐々に変化している様子が現れる。

4. まとめ 1 地点に設置したアンテナ 3 基で構成された方向探知機で得られた資料を解析し、E<sub>s</sub> 層と F 層反射の合成波の存在と、両反射波の成分比を示した。本報告は 1 例にすぎないが、2 波が複合して到来する問題を把握する上で示唆的であると思われる。

参考文献 [1] M. Mambo et al: IEEE Trans. A&P, AP-34(1986).  
 [2] K. Rawer and D. Bililitza: J. A. T. P., 51(1989).  
 [3] I. Nagano et al: Radio Sci., 10(1975).  
 [4] T. Fukami et al: Proc. of ISAP' 89, 3D1-5(1989).



図1 分散的な到来方向の観測例

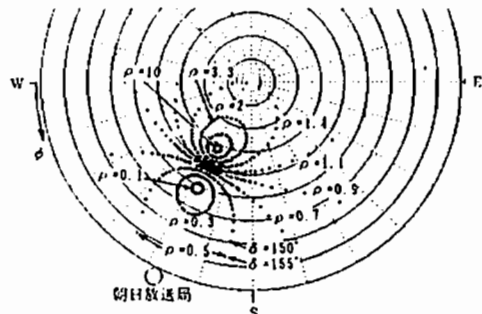


図2 E<sub>s</sub> 層と F 層反射波が混在したときの理論的方向探知機が示す到来方向

# RIOMETERで観測された 30MHzの混信の性質

<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

Characteristics of 30MHz interference signals observed by riometer

<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

It was found that interference noises observed by 30MHz RIOMETERS in Antarctica show systematic diurnal and seasonal variations. By using data from Syowa Station, Asuka Camp and other middle and high latitude stations in the northern hemisphere (Japan, Iceland, Greenland and Alaska), detailed characteristics of the noises were analyzed. It is concluded that artificial radio waves reflected in the F-region with sufficiently high foF2 produced the noises.

簡易型リオメータ(30MHz帯)の観測では、CNAの解析には邪魔となる混信がしばしば現われる。この混信の出現のしかたが規則的な日変化や季節変化を示しているのを、系統的に調べてみた。

データは、昭和基地、あすか観測拠点 (by JARE30) の30MHzリオメータ記録、三重県柘植町での30MHz電界強度計記録 (by 兵庫医科大物理、前田 耕一郎氏)、IcelandのTjoernes, Alaska chain及びGreenland networkのリオメータ観測データ(1989)と、それ以前の昭和基地でのリオメータデータである。更に、函分寺と昭和基地その他の電離層データを用い、JARE30の通信記録、アマチュア無線記録を参考とした。

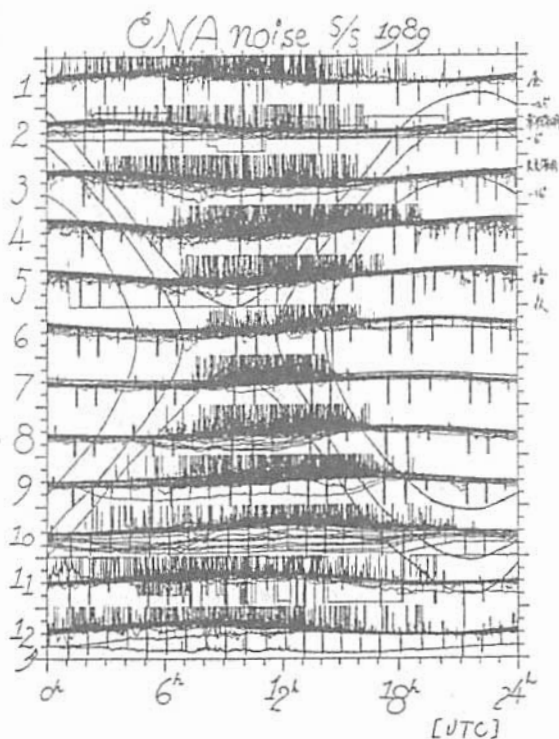
30MHzの混信の性質をまとめると、次のようになる。

1. 基本的に昼間に出るが午前午後非対称で、夕方部は夜側に食い込む。
2. 夏季は極域では殆ど見られず、中緯度ではレベルが下がる。
3. 地磁気擾乱時から数日間、極域では消失することがある。
4. SCの直後消失することがある。(極域)
5. PCA likeな吸収時には、極域では消失する。
6. 柘植の混信は函分寺のfoF2と良い相関がある。
7. 長期間で見ると、太陽活動度依存性がある。
8. 日曜日には出現頻度が減少する。

本講演では、混信のこれらの性質を示し乍ら、電離層(特にF層)との関係について考察する。

## 《謝辞》

今回の講演に関して、柘植のデータを提供して下さり貴重な助言を賜った兵庫医科大物理の前田耕一郎氏に、南極での観測及びアイスランドとグリーンランドのデータに関して助言して下さった極地研究所の山岸久雄氏に、又昭和基地のデータ及び通信、アマチュア無線記録に関し、JARE30電離層隊員山本伸一氏をはじめとする通信総合研究所の方々、及び日本アマチュア無線連盟に、それぞれ謝意を表します。



高橋忠利 大家 寛 斎藤尚生 (東北大・理)

LARGE SCALE STRUCTURES OF POLAR IONOSPHERE OBSERVED BY THE SATELLITE OHZORA

Tadatoshi TAKAHASHI, Hiroshi OYA, and Takao SAITO  
(TOHOKU UNIV.)

The Ohzora satellite observed various characteristic signatures of the polar ionosphere; polar cap enhancement, cusp region irregularities and enhancement, high latitude trough, auroral region enhancement and main trough. Sometimes these event are observed continually during succeeding orbits. Steepening of the high latitude trough are observed in very quiet condition of the polar ionosphere and these observation suggests important role of the dynamical process in the development of the high latitude trough. The spatial characteristics of the cusp region enhancement and their relations to the geomagnetic activities are also given.

極域の電離圏には、磁気圏との対応により、極冠域、カスプ領域、オーロラ域、トラフ領域等、特徴的ないくつかの領域があり、人工衛星による観測にはこれらの領域の特徴を反映した大域的な構造が観測される。科学衛星「おおぞら」による観測によっても、極冠域の大規模な不規則構造、カスプ領域に於ける enhancement や小規模不規則構造、オーロラ域での enhancement、main trough 等、様々な現象が観測されている。本報告では、こうした大域構造の空間的あるいは時間的変動を示すと考えられるいくつかの特徴的な観測例を示し、その

連続的な構造変化の推移が持つ意味について考察を加える。

Fig. 1 は高緯度トラフの連続観測例を示す。磁気圏活動度の非常に低い時の観測であり、時間の経過とともにその構造が発達して行く様子が示されている。特にその低緯度側の境界が鋭くなっていくのが認められるが、この推移は、高緯度トラフの形成に於けるダイナミカルなプロセスの役割を示唆している。

Fig. 2 は昭和基地での連続観測例で、カスプ領域の電子密度の enhancement を示している。この一連の結果からは地磁気活動度との関係、領域の午後側への偏り等が明確に示されている。

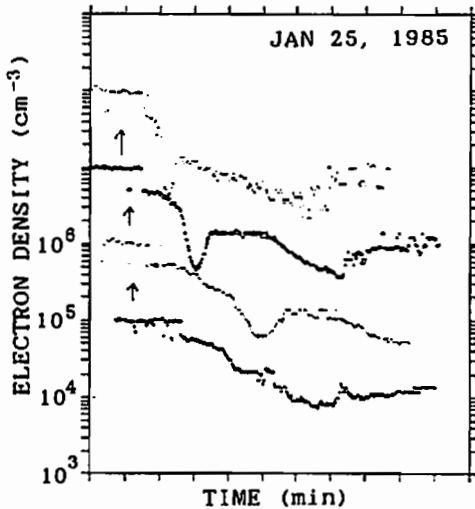


Fig. 1 Development of the high latitude trough observed during the successive orbits on January 25 and 28, 1985.

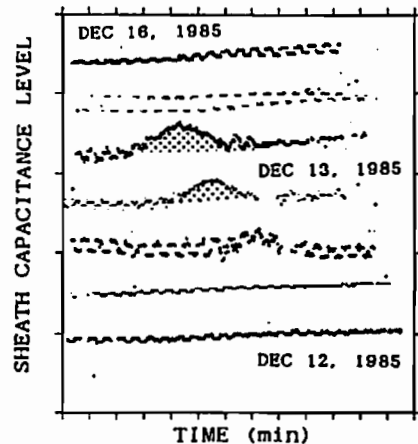


Fig. 2 Ionospheric enhancement near the dayside cusp region observed at the Antarctic Syowa Base.

阿部琢英<sup>1</sup>、渡部重十<sup>2</sup>、小山孝一郎<sup>3</sup>、奥沢隆志<sup>1</sup>  
 (電気通信大学) <sup>2</sup>(NRC、カナダ) <sup>3</sup>(宇宙科学研究所)

Heating of Thermal Electrons in the Field-Aligned Current Region

Takumi ABE<sup>1</sup>, Shigeto WATANABE<sup>2</sup>, Koh-ichiro OYAMA<sup>3</sup>, and Takashi Okuzawa<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Denki-Tsushin University <sup>2</sup>NRC of CANADA <sup>3</sup>Inst. of Space & Astronaut. Sci.

We have investigated an effect of the field-aligned current (FAC) on the electron temperature in the high-latitude ionosphere. Characteristic features of the temperature variation were obtained in the upward and downward FAC region by the TED instrument onboard the AKEBONO satellite. The observations have revealed that there is a significant difference of the heating mechanism between the higher and lower altitudes. A possible candidate was advocated as an explanation of this relationship in terms of Joule dissipation and/or energetic particle precipitation. Our estimation yielded that Joule dissipation is responsible for the heating at the lower altitudes, while at the higher altitudes the particle heating is effective.

我々は高緯度沿磁力線電流域での電子温度に注目し『あけぼの』搭載のTEDの観測データを用いて、下向き・上向き電流に対応した温度変化について解析を行ってきた。その結果、比較的高い高度(>800km)において下向き電流域での温度の減少、上向き電流域での温度の増加が高い頻度で観測されるという結果が得られた(阿部他、第88回本学会講演会予稿集)。特に上向き電流域での電子温度の変化が、高度に応じて微妙に異なる領域で観測されたことは熱的電子の加熱を考える上で意義深い。結論として2つの加熱過程(ジュール加熱と降下粒子による加熱)およびこれらの熱伝導が温度変化を説明する機構として示された。今回の発表では高度に依存した温度変化の特性を定量的に議論するために、まずheating rateをジュール加熱と粒子加熱の双方について計算し比較を行なった(Fig. 1)。計算に際しては中性大気モデルとして外圏大気温度が900KのCIRA 1972を、電離層モデルとしてはIRI 1986を用い、磁力線が地表面に垂直であるという仮定のもとに行なった。図のように降下粒子によるheating rateは高度に対して比較的緩い勾配をもつのに比べ、ジュール加熱は特に低高度において急な勾配をもつ。また、絶対値に関してはこのモデルにおいて高度470km以下でジュール加熱が大、470kmより高い領域では粒子加熱が卓越している。

この結果は先の学会で提案した次のような加熱機構を支持するものである。

1. 高い高度(>800km)では降下粒子による加熱が支配的なため上向き電流域で加熱が生じ、温度増加の境界は鋭い。
2. 低い高度(<400km)においてはジュール加熱が卓越(粒子加熱も共存している)するため、上向き電流域だけでなく周囲の領域においても加熱が起こる。

次にこれらの加熱過程に基づいた電子温度変化を得るために数値計算を行なった。用いたエネルギー方程式は次のとおりである。

$$\frac{3}{2} N_e k (dT_e/dt) = -N_e k T_e \nabla \cdot U_e$$

$$-N_e k U_e \cdot \nabla T_e - \nabla \cdot q_e + \Sigma Q - \Sigma L$$

ここで $N_e, k, T_e, U_e, q_e, Q, L$ はそれぞれ電子密度、ボルツマン定数、電子温度、電子ドリフト速度、熱エネルギー流の速度ベクトル、加熱、冷却率の総和を表わす。加熱(Q)の過程としてはここでは、太陽EUV、降下粒子による加熱およびジュール損失を、冷却(L)には分子( $N_2, O_2$ )の振動および回転励起、中性粒子( $O, N, O_2$ )の電子励起、電子-中性粒子および電子-正イオン間の弾性衝突を考えている。

計算結果は中性粒子および電離層プラズマのモデルや、降下粒子のエネルギースペクトルとフラックス、磁力線に垂直方向の電場の絶対値などに依存するが、一般に上向き電流域で電子温度が有意に増加することを示している。『あけぼの』には各種の測定器が搭載されておりこれらのデータを利用しての解析は加熱機構の詳細を把握する上で重要である。講演では電子温度変化の高度に対する依存性についても報告する。

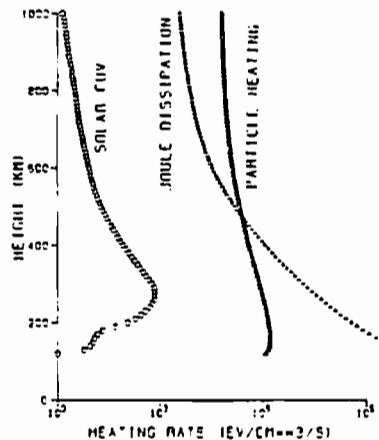


Fig.1. Altitude profiles of solar EUV, Joule, and particle heating rates.



# H12-P48

高度1000~8000kmにおける電子温度の地方時依存性について  
 小山幸一郎<sup>1</sup>、ディータ ヒリッツア<sup>2</sup>、酒井宏明<sup>3</sup>、  
 阿部琢美<sup>3</sup>、相沢宏行<sup>4</sup>、奥澤隆志<sup>3</sup>

1. 宇宙科学研究所, 2. NASA NSSDC, 3. 電気通信大学, 4. 東海大学

The first systematic observation of electron temperature in the altitudes above 3000km.

K-I. Oyama<sup>1</sup>, D. Bilizer<sup>2</sup>, H. Sakai<sup>3</sup>, T. Abe<sup>3</sup>, H. Aizawa<sup>4</sup> and T. Okuzawa<sup>3</sup>

1. Institute of Space & Astronautical Scine, 2. NASA NSSDC,

3. Univ. of Electro communication, 4. Tokai Univ.

Electron temperature ( $T_e$ ) measured by a Satellite 'AKEBONO' up to 8000km, is investigated in terms of local time, magnetic latitude invariant latitude and  $K_p$  index.  $T_e$  at the heights of ~8000km stays at ~9000K during daytime (10-16 local time) and  $T_e$  is 5000K during nighttime (22-3 local time). During dawn/dusk periods, time variation of  $T_e$  is quite rapid. It should be stressed that  $T_e$  still increase above the height of 8000km. This fact is totally different from the previous conclusion drawn by Rich et al. Magnetic disturbance appears to change  $T_e$  profile in the whole altitude range.

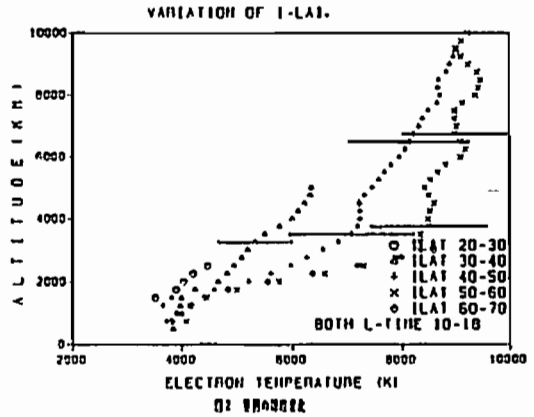
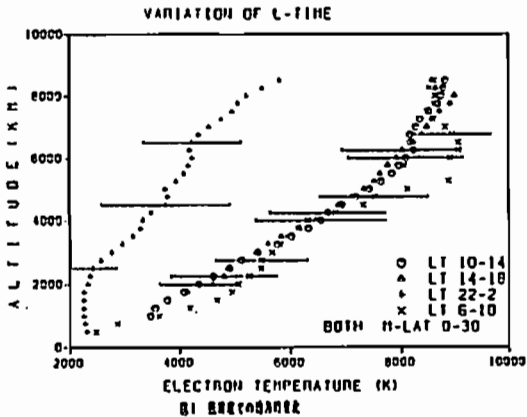
まえがき: あけぼの衛星に搭載された熱的電子エネルギー分布測定器から8000kmまでの電子温度に関する情報が得られた。このような高い高度における熱的エネルギー領域の電子温度を測定することはおもに両極からの太陽光放射による二次電子による電圧-電流特性汚染のため、困難で、過去にRich等の報告があるのみである。幸いにあけぼのにおいては二枚の円型平板プローブが太陽電池パドルの先端にパドル面に垂直取り付けられた。このことは両極表面が、直接太陽光に照射されるに従って電子温度の測定ができる事を意味する。これまで、あけぼの衛星が打ち上げられた1989年2月より1990年12月までのデータが処理され計算機中に記憶されており、ここに報告するのは、このファイルから読んだデータの解析結果である。

結果: 一例として磁気緯度  $0 \pm 30$  度以

内で得られた  $T_e$  の高度プロファイルの地方時依存性を図1に示す。この図では、夜と昼で  $T_e$  が大きく違う。昼間の  $T_e$  高度勾配は約  $1 \text{ K/km}$  である。夜側は高度約  $2000 \text{ km}$  まで一定でその後徐々に増加する。図2に地方時10~18時(この間  $T_e$  は、ほぼ一定)における  $T_e$  の invariant latitude をパラメータとして高度プロファイルを示した。高緯度になるにつれ、 $T_e$  は上昇する。

講演では、 $K_p$  依存性についても述べ、プラズマガスの熱伝導の立場かつ、やや定量的な検討を加えた結果を述べる。

参考: Rich, F. J., R. C. Sagalyn, and P. J. L. Wildman, Electron Temperature Profiles Measured Up to 8000km by S3-3 in the Late Afternoon Sector, J. Geophys. Res., **84**, 1328-1332, 1979



國武 学 (通総研)

Kristian Schlegel (Max-Planck-Institut für Aeronomie)

## NEUTRAL WIND IN THE E-REGION AT A HIGH LATITUDE FROM EISCAT DATA (ii)

Manabu Kunitake (Communications Research Laboratory)  
Kristian Schlegel (Max-Planck-Institut für Aeronomie)

Neutral wind estimates in the auroral E-region have been calculated from EISCAT CP-1 (invariant lat.  $66^{\circ} \sim 67^{\circ}$ ) data of 1985-1990 at 101/102km, 109/110km, and 117/120km altitude levels. Observation days were classified in several groups according to the geomagnetic activity ( $K_p$ ). After the neutral wind velocities at the same local time in each group were averaged, fundamental variations (semidiurnal and diurnal variations and mean winds) were estimated by a least squares fit. The altitude profile and seasonal variations of each estimated component were analysed. Our values in the low  $K_p$  group were compared with theoretical models.

1985~1990年にわたるEISCATレーダのCP-1観測データをもとに、高緯度E領域の中性風特性の解析を続けている。CP-1モードではイオンドリフトのfull vectorが得られる。101/102km, 109/110km, 117/120km 高度 (地理緯度  $66^{\circ}$  N, 経度  $19^{\circ}$  E, invariant latitude  $66 \sim 67^{\circ}$ ) において、(1) 式 (Brekke et al. 1974)

$$\vec{u} = \vec{v} - \frac{\Omega}{\nu_{in}} \times \frac{(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B})}{B} \quad (1)$$

を用いて、中性風の速度ベクトルが求められる。衝突周波数  $\nu_{in}$  は (2) 式 (Schunk & Walker 1973)

$$\nu_{in} = 4.34 \times 10^{-10} \times n(N_2) + 4.28 \times 10^{-10} \times n(O_2) + 2.44 \times 10^{-10} \times n(O) \quad (2)$$

から、求めた。  $n(N_2)$ ,  $n(O_2)$ ,  $n(O)$  の各密度はMSIS86モデルの値を用いた。

高緯度E領域の中性風速度の変動においては、一日周期変動、半日周期変動、平均風が主要成分である。求められた中性風速度変動に対して、最小二乗fittingにより、半日周期変動の振幅  $A_{24}$ 、位相  $P_{24}$ 、一日周期変動の振幅  $A_{24}$ 、位相  $P_{24}$ 、及び平均風  $A_0$  の5成分を推定する。ここで留意すべきことは、一日周期変動、半日周期変動は、global tideのみならず、local variationを含み、day to day 変化も行なうことである。global tide 以外の変動の中には、磁気圏からの影響もあると考えられる。

今回は、一日のデータ毎に、最小二乗fittingをおこなった。磁気圏の現象が中性風に及ぼす影響をみるため、各成分と  $K_p$  との相関を調べた。その結果、117/120 kmでは、一日周期変動の振幅 (南北、東西) 及び、半日周期変動の振幅 (南北) に関して、 $K_p$  と正の相関が、明らかに見出された。それより低い高度109/110km, 101/102km では、このような傾向は見られなかった。

今回は、global tideに重点をおいて、解析をすすめた。global tideを抽出するためには、4~10日の平均値 (local variationを除くために) を求めたうえで、fittingを行なうことが望ましい。(Hanson and Heck, 1984) しかしながら、EISCAT CP-1 モード観測は、一か月に数日しか行なわれず、観測日は連続したとしても、3日以下である。このため、次層の策として、あらかじめ  $K_p$  の大きさを観測日をいくつかの群に分けたうえで、各群において各時刻の中性風速度の平均値をもとめ、それに対してfittingを行なった。推定された各成分について、高度分布、季節による違いを調べた。地磁気活動度が低い ( $K_p$  が小) 群に関しては、semidiurnal tide についてのモデル (Forbes and Gillette 1982, Forbes and Vial 1989), diurnal tide についてのモデル (Forbes and Hagan 1988) との比較結果についても報告する。

EISCAT CP-1 モードでは、電子密度、電子温度、イオン温度も、同時に観測されている。今後、これらの値と中性風との関係についても、解析をすすめていく予定である。広域的な視点に立って中性風のふるまいを解析していくためには、さらに他の観測データとの組み合わせが切望される。

## References

- Brekke, A., J.R. Doupnik, and P.H. Danks (1974) *J. Geophys. Res.*, vol. 79, 2448-2456  
 Forbes, J.H. and D.F. Gillette (1982) A.F.G.L. Report No. AFGL-TR-82-0173(1)  
 Forbes, J.H. and M.E. Hagan (1988) *Planet. Space Sci.*, vol. 36, 579-590  
 Forbes, J.H. and F. Vial (1989) *J. Atmos. Terr. Phys.*, vol. 51, 640-661  
 Johnson, R.H., V.B. Vickar, R.G. Roblo, and J.G. Luhmann (1987) *Ann. Geophysicae*, vol. 5A, 383-404  
 Johnson, R.H. (1990) *Adv. Space Res.*, vol. 10, (B) 261-(C) 275  
 Kunitake, M. and K. Schlegel (1991) *Ann. Geophysicae*, (in press)  
 Hanson, A.H. and C.E. Heck (1984) *Planet. Space Sci.*, vol. 32, 1087-1099  
 Schunk, R.V. and J.C.G. Walker (1973) *Planet. Space Sci.*, vol. 21, 1875-1880  
 國武, Schlegel (1990) 第88回地球電磁気・地球惑星間科学会講演予稿集 21p-111-5

# H12-P50 中緯度のスプレッドF層発生率の緯度依存性

・ 五十嵐喜良<sup>1</sup>、片岡弘幸<sup>2</sup>、加藤久雄<sup>1</sup>

1: 通総研、 2: 電通大

Latitudinal dependence of mid-latitude spread F occurrence probability

・ K. Igarashi<sup>1</sup>, H. Kataoka<sup>2</sup> and H. Kato<sup>1</sup>

1: CRL, 2: Denki-tushin Univ.

This is a statistical study of mid-latitude spread F occurrence on ionogram using 20 years of ionosonde observations in Japan. We used the data base made from 5 observatories, Wakkanai(35.3° N), Akita(29.5° N), Kokubunji(25.5° N), Yamagawa(20.4° N) and Okinawa(15.3° N). The spread F occurrence properties are shown to be (1) Long time variation: Occurrence inversely correlated with sunspot number, especially manifesting at Akita observatory. (2) Seasonal variation: Remarkable occurrence peaks appear from June to July and from December to January. (3) Diurnal variation: Maximum occurrence appears in postmidnight(0~5 h LT). (4) Latitudinal dependence: Occurrence probability of spread F varies with station location strongly. Lower latitude observations show a different features with higher latitude observations.

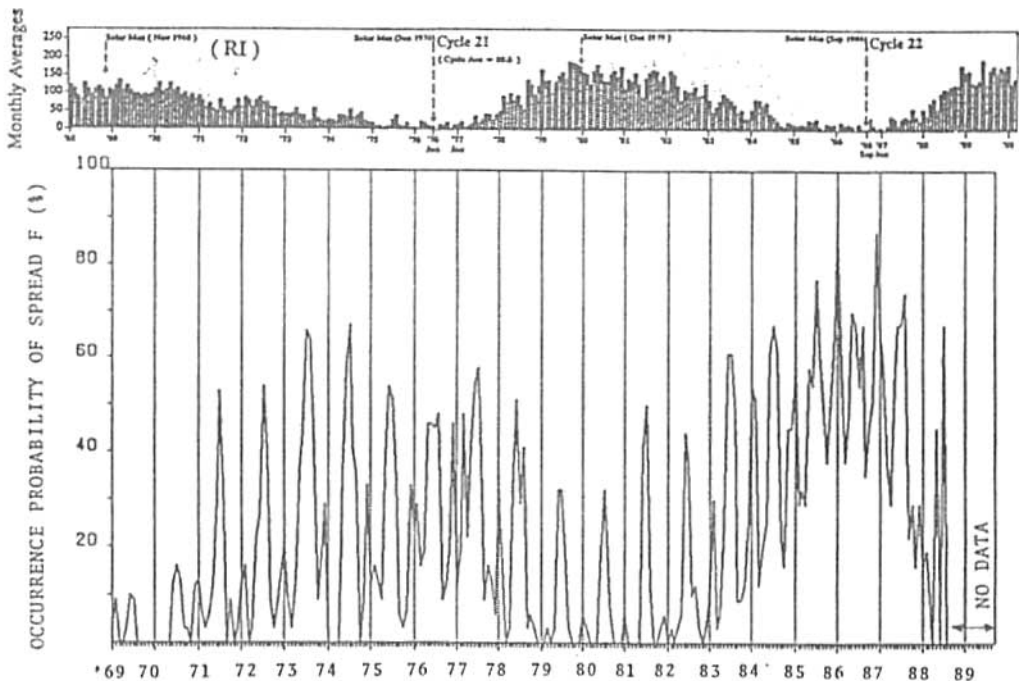


Fig. 1. Long time variations of spread F occurrence probability at 0 h LT for Akita observatory, anticorrelating with sunspot number.

○前野英生、小川忠彦、山本伸一、大塚敦  
(通信総合研究所)

A RELATION BETWEEN POLAR IONOSPHERIC DISTURBANCE  
AND GPS SATELLITE POSITIONING ERROR

by  
Hideo MAENO, Tadahiko OGAWA, Shinichi YAMAHOTO, Atsushi OHTSUKA  
(The Communications Research Laboratory)

GPS positioning data at Syowa Station from September 1988 to January 1990 were analysed. The mean radial distance and its standard deviation between fixed positions and the mean position increases with increasing geomagnetic disturbance level (local K-index). Satellite distribution affects the positioning. It is found that the lower GDOP (Geometrical Dilution of Precision) is less influenced by geomagnetic disturbance.

現在、人工衛星による測位システムは、GPS衛星が広く利用されており、その単独測位による精度は、水平面内で100m、垂直方向は150m程度とされている。GPSによる単独測位の方法は、上空にいる4個の衛星の電波を同時に受信し受信機内の計算機で測位結果を取得する。GPS衛星の電波は、C/AコードのL1帯(1.6GHz)とPコードのL2帯(1.2GHz)の2周波であるが、Pコードは、秘密になっており2周波を利用して電離層の影響の補正をする事ができない。よって、C/Aコードのみを使って測位を行う。

電離層の補正は、衛星から送られてくる情報の中に電離層の状態も入っており、それを標準的な電離層の状態を仮定して計算を行う。電離層が測位精度に与える影響は、50m程度とされている。オーロラ電離圏では電子密度不規則構造(irregularities)による激しいシンチレーションが頻発するため、1.6GHzの電波であってもその影響は大きい。シンチレーションに加えて、電子密度の大きな空間勾配の存在も見逃せない。ここでは、多数のデータを統計解析することによりこれら電離圏擾乱の測位誤差への影響を調べる。尚、GNSS衛星による同様の誤差解析はすでに報告されている。

1988年に、昭和基地地学棟内に設置されたGPS受信機により、総測位数7439個の地学棟測位のデータが得られた。観測期間中(1988年9月から1990年1月)、4つの衛星を2つの組み合わせで1日30分から1時間程度2分毎に、測定条件(同時刻に4つの衛星が仰角15度以上になったとき)が満たされれば、地学棟屋上にある受信アンテナの位置(緯度、経度、高さ)が決定された。

7439個のデータの中には、明らかに異常と思われるデータ(南緯69°00'~01'かつ東経39°34'~36'以外)を除いたデータを使用し平均位置をきめそこから水平面内100m、地上高100m内のデータを使用し、かつ、衛星配置の影響(GDOP: Geometrical Dilution of Precision)がG以下(数値が小さいほど4つの衛星の配置が良い)のデータ4015個を用いた統計結果は以下のようになる。

- (1) 昭和基地地学棟の平均位置は、(69°00' 17.12" S, 39°31' 43.97" E 高さ44.80m)。緯度の標準偏差は、8.61m。経度のそれは、18.26m。高さのそれは、17.57m。
- (2) 上記平均位置からの各測位点の水平面内の距離の平均は、15.67m(Fig. 1)。
- (3) 地磁気擾乱度(昭和基地K-指数)が大きくなると標準偏差や平均距離等が増加する。
- (4) K-指数の増大とともに、平均緯度はあまり変化するが平均経度と高さの平均は、はらつきが大きくなる(衛星の配置による測定誤差の影響が大きくGDOPが低いほど地磁気擾乱の影響を受けにくい)。
- (5) K-指数の増大とともに、平均位置からの各測位点の平均距離もはらつきが大きくなる(Fig. 2)。

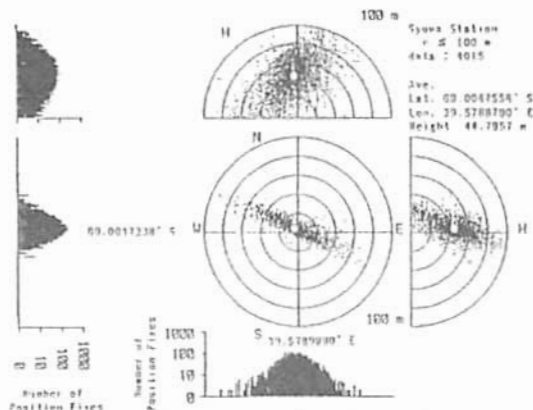


Fig.1 Scatter plots of fixed position from the mean position of the Earth Science Laboratory. The center was derived by averaging data except unusual cases. Data for  $r \leq 100$  and  $GDOP \leq 5$  are plotted and used for deriving the mean value (open circle).

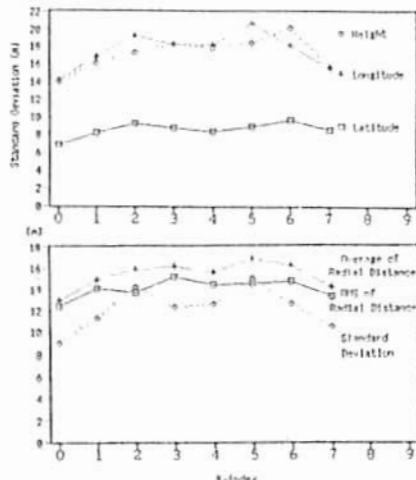


Fig.2 Variations of standard variation of latitude, longitude and height function of K-index at Syowa Station (upper panel); variations of averaged value, standard deviation and RMS of radial distance between fixed position and the mean position on the horizontal plane (lower panel).

## H12-P52

# Latitudinal variation of enhancements in mid-latitude ionospheric total electron content detected in the recovery phase of the geomagnetic storm on March 15, 1989

Hiromitsu Ishibashi<sup>1)</sup>, Takashi Maruyama<sup>1)</sup>, Kazuhiro Ohtaka<sup>2)</sup> and Tadahiko Ogawa<sup>3)</sup>

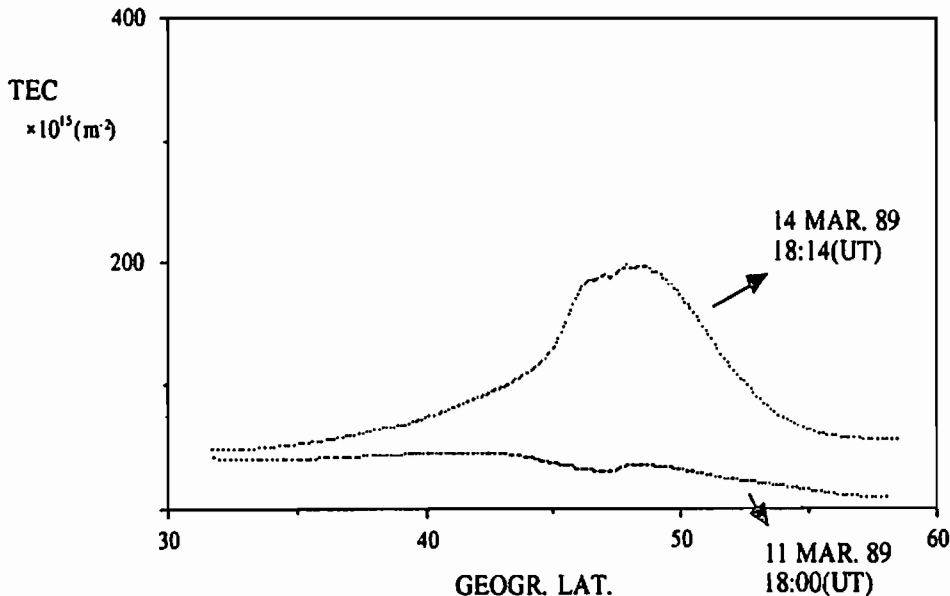
1) CRL/Wakkanai Radio Wave Observatory

2) CRL/Kokubunji

3) CRL/Hiraiso Solar Terrestrial Research Center

An analysis of latitudinal dependence of mid-latitude ionospheric total electron content (TEC) during the geomagnetic storm which occurred on March 13, 1989 is presented. TEC was estimated from the simultaneous differential Doppler measurements of signals from NNSS (Navy Navigation Satellite System) satellites at Wakkanai (45.23°N, 141.4°E) and Kokubunji (35.42°N, 139.29°E).

Unusual enhancements in TEC were observed in the north of Wakkanai during the recovery phase. They have considerable characteristics of (1) a factor of 10 increase at peak relative to the background at peak, (2) large-scale latitudinal structures (~ 500 km), (3) long lifetime (~ 6 hours), and (4) slow equatorward propagation (~ 60 m/sec) which clearly differs from well-known ionospheric disturbances such as TID. Using ionosondes at five stations of Wakkanai, Akita, Kokubunji, Yamagawa and Okinawa, we also examined F<sub>2</sub>-layer maximum electron densities ( $N_{max}$ ) and h'F of each station. Time variation of  $N_{max}$  is consistent with one of TEC estimated from the differential Doppler measurements and shows that Wakkanai was in the positive phase of ionospheric storm, on the other hand, the negative phase were still in progress in lower latitudes.



## MU レーダー 4 ビーム IS 観測による 低緯度オーロラ発生時の電離圏構造

高見 友幸<sup>1</sup>、深尾 昌一郎<sup>1</sup>、W.L.オリバー<sup>2</sup>、  
加藤 進<sup>1</sup>、津田 敏隆<sup>1</sup>、佐藤 亨<sup>3</sup>、山本 衛<sup>1</sup>、中村 卓司<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>京大超高層 <sup>2</sup>ボストン大、米 <sup>3</sup>京大工学部

### Four-Beam Measurements of Ionospheric Structure with the MU Radar During the Low-Latitude Auroral Event of 20-23 October 1989

T.TAKAMI<sup>1</sup>, S.FUKAO<sup>1</sup>, W.L.OLIVER<sup>2</sup>, S.KATO<sup>1</sup>,  
T.TSUDA<sup>1</sup>, T.SATO<sup>2</sup>, M.YAMAMOTO<sup>1</sup>, and T.NAKAMURA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Radio Atmospheric Science Center, Kyoto Univ.  
<sup>2</sup>Boston Univ., U.S.A. <sup>3</sup>Dept. of Electr. Eng., Kyoto Univ.

The MU radar was used to observe the ionospheric F region electron density behavior above Shigaraki, Japan simultaneously in four separate oblique beams during the strong geomagnetic storm of 20-23 October 1989, when the first significant auroral display over Japan was observed since 1960. The four beams, separated by about 250 km horizontally at normal F layer heights, observed drastically different behavior, with independent and extreme changes occurring on time scales on the order of one minute during the period of peak activity.

1989年10月21日の低緯度オーロラ発生時に行なわれたMUレーダー・パワープロファイル観測の結果はそのときの電離圏擾乱が非常に奇異なものであったことを示していた。図1に10月21日20時における4点同時観測(天頂角20度、東西南北、4ビーム・シングルパルス観測)で得られたエコーパワー強度の高度プロファイル時間変動を各ビーム方向別に示す。各ビーム方向のプロファイルが非常に相違していることがわかる。各ビーム方向の観測空間はF領域において200-500kmの水平距離となるが、この空間スケールでF層最大電子密度は2倍程度変化し、F層ピーク高度は約200kmの変化をしていることになる。しかしながら、通総研アイオノゾンデ・ネットワークの観測結果(五十嵐、丸山、第5回STE研究連絡会、1991)からはこのような様相を読み取ることはできない。

今回のMUレーダー・パワープロファイルデータを解析する上で最も問題となるのはF領域沿磁力線レギュラリティからのコヒーレントエコーがパワープロファイルに混入し、その除去が不可能であるという点である。本講演ではこの問題点を考慮あるいは回避しつつ、MUレーダーで得られたデータをアイオノグラムとも対照させて、電離圏F領域の構造が図1に示されるほどに擾乱しているという事実について確認したい。

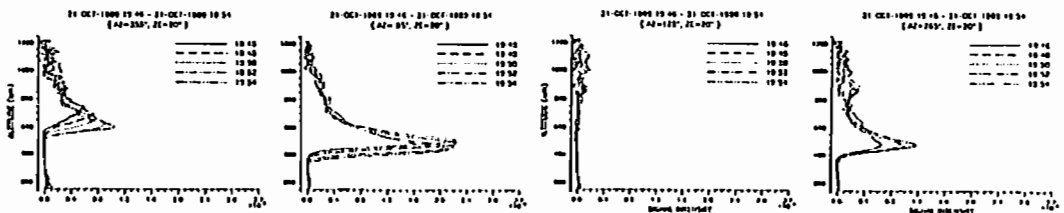


Fig.1 The MU radar power profile observations in the four beam directions during the period 1944-1954 JST on 21 October 1989.

# 大気圏力学

H41 01~09

座長 山中 大学 (京大超高層)  
前川 泰之 (大阪電通大)

橋口浩之<sup>1</sup>、山本衛<sup>1</sup>、深尾昌一郎<sup>1</sup>、森田敏隆<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>、浜津亨助<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

°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 are developing a radar to observe a height profile of three-dimensional wind vector in the planetary boundary layer. We will start observations in 1992, and plan to make routine observations in Indonesia from 1993. This radar will have time resolution of about 1 min and height resolution of about 100m. Considering  $C_n^2$  observed with the MU radar, we expect that the boundary layer radar can observe the wind vector in the height range up to 2600m with the time resolution of 1 min.

VHF 帯大型レーダーを用いて風速三成分を連続観測する技術はほぼ完成されており、京都大学超高層電波研究センターでは MU レーダーを用いて観測を続けてきた。しかし、MU レーダーでは高度 2km 以下を観測することが不可能であり、大気境界層(地上~高度 1.5km)における大気運動の特性を解明することができない。観測高度の下限は主に、強いグラウンドクラッターやアンテナの内部反射による受信線の飽和から決まる。そこで我々は大気境界層を含む高度 3km 程度までを時間分解能 1 分程度で連続観測可能な小型可搬式の UHF 帯レーダー (BLR) を開発中である。同レーダーは、平成 4 年度に国内で試験観測を行い、平成 5 年度からインドネシアにおいて観測を行う予定である。同種のレーダーは、米国 NOAA の環境研究所と我が国の通信総合研究所が開発に成功しているのみである。

BLR の主要諸元を表 1 に示す。MU レーダーによる標準的な対流圏観測データを用いて、BLR の観測高度の上限および時間分解能について検討した。まず MU レーダー観測による SN 比のデータから屈折率の揺らぎに対する乱流構造定数  $C_n^2$  を求め、2~10km の範囲で  $C_n^2$  が高度とともに log-linear で減少するとして高度分布のモデルを求めた。次にレーダー方程式を用いて、BLR で送信パルス幅 0.67 $\mu$ s(高度分解能約 100m)、パルス繰り返し周期 50 $\mu$ s、コヒーレント積分 48 回(観測可能最大水平風速約 90m/s)

および FFT 点数 128 点(水平風速分解能約 1.4m/s)の条件で detectability=3 とする線を出した。これを図 1 に実線で示す。鎖線は  $C_n^2$  が一定の場合の観測高度の上限を表している。この図からインコヒーレント積分 30 回するとき、観測高度の上限は約 2600m であり、1 方向の観測に要する時間は約 9s であることが読み取れる。このとき 3 方向の観測に要する時間が 9 $\times$ 3=27s、データ転送に要する時間が約 15s であるから、風速三成分の高度分布を時間分解能 1 分以下で観測可能である。

表 1. 主要諸元(予定)

送受信周波数	1350~1400MHz の一波	
占有周波数帯幅	4MHz	
送信電力	1000W(尖頭値)	
送受信ビーム幅	9°以下	
空中線利得	25dB 以上	
送信パルス幅	0.67, 1.0, 2.0 $\mu$ s	切替
パルス繰り返し周期	50, 100, 1000 $\mu$ s	切替
コヒーレント積分	1~16 回	切替
A/D 変換	2MHz (12bit)	最大
FFT 点数	4096 点 (16bit 複素数)	最大
観測高度範囲	100~2600m	
距離分解能	100m	最小

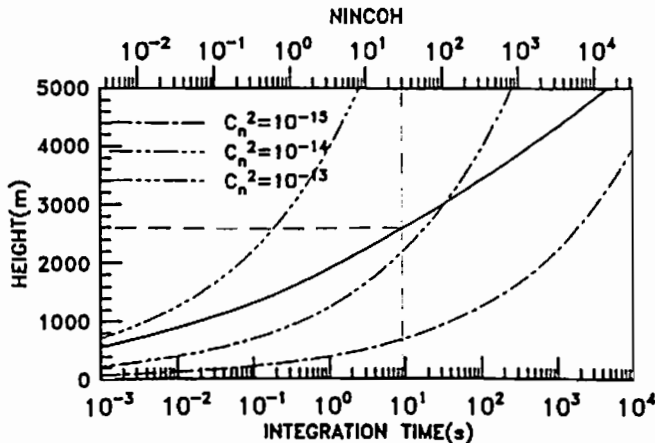


図 1. インコヒーレント積分回数(積分時間)と観測高度の関係



# H41-02 MU レーダー観測に基づく梅雨期中間規模低気圧の力学的構造

小谷玄哉<sup>1)</sup>・山中大学<sup>1)</sup>・深尾昌一郎<sup>1)</sup>・佐藤亨<sup>2)</sup>・山本衛<sup>1)</sup>・津田敏隆<sup>1)</sup>・加藤道<sup>1)</sup>・上田博<sup>3)</sup>・渡辺明<sup>4)</sup>・住明正<sup>5)</sup>  
<sup>1)</sup>京大超高層・<sup>2)</sup>京大工・<sup>3)</sup>北大理・<sup>4)</sup>福島大教育・<sup>5)</sup>東大理

## Dynamical Structure of Medium-scale Cyclone along the Baiu Front Based on the MU Radar Observations

G. Kotani<sup>1)</sup>, M. D. Yamanaka<sup>1)</sup>, S. Fukao<sup>1)</sup>, T. Sato<sup>2)</sup>, M. Yamamoto<sup>1)</sup>,  
 T. Tsuda<sup>1)</sup>, S. Kato<sup>1)</sup>, H. Uyeda<sup>3)</sup>, A. Watanabe<sup>4)</sup> and A. Sumi<sup>5)</sup>  
 (1)RASC, Kyoto University, 2)Kyoto University, 3)Hokkaido University,  
 4)Fukushima University, 5)University of Tokyo)

We can observe three-dimensional wind fluctuations associated with meso-, medium- and cumulus-scale (horizontal scale :  $10^1$ - $10^3$  km) structures moving eastward along the Baiu front, by using the MU radar. In 1990, we observed two medium-scale cyclones along the Baiu front with the MU radar, Ku/C-band radar and the meteorological Doppler radar simultaneously. When an occluded front passed on 4 July, typical stratiform precipitations with upward velocity events below the frontal surface changed into convective cells with a period of 1-1.5 hour in the lower troposphere. In case of another medium-scale cyclone passed during 12-13 July, layered clouds were observed at first, and convective clouds became more remarkable near the cold front. On the basis of these observational features, we shall present a model of the dynamical structure of an occluded medium-scale cyclone along the Baiu front.

日本付近の梅雨期対流圏には積雲(水平スケール:  $\sim 10^1$  km)が中~中間規模(水平スケール:  $10^2 \sim 10^3$  km)に組織化した力学的構造が顕著にみられる(前回の報告ならびに Kotani et al., 1991)。ここでは京大 MU レーダー(滋賀県信楽町)、Ku/Cバンドマイクロ波レーダー、および北大 Xバンドレーダーを用いた1990年7月2~16日の同時観測の結果を、特に台風崩れの閉塞した中間規模低気圧の構造に注目して報告する。

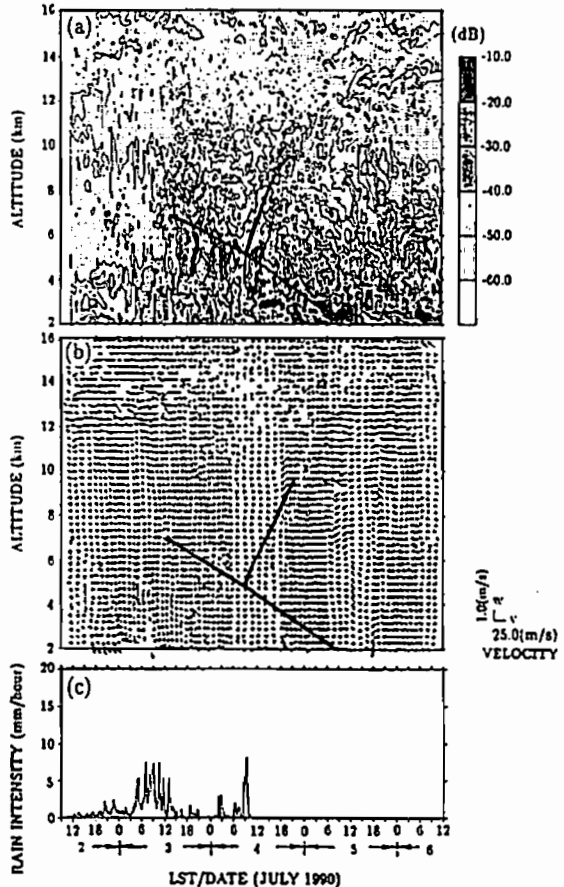
1990年7月4日に日本海を台風6号崩れの中間規模低気圧が通過した。このとき、信楽付近を閉塞前線が通過するのがMUレーダーによって観測された(図(a))。この前線通過前後を詳しく解析すると、前線通過前は長時間にわたって層状性降雨がみられ(図(c))、上昇流が生じているのが観測された(図(b))。この上昇流の領域は前線面付近で頭打ちになっていた。また、閉塞前線通過後は降雨は観測されず、下部対流圏で周期1~1.5時間程度の対流セルがみられた。

さらに、7月12日から13日にかけて、台風7号崩れの中間規模低気圧がやはり日本海を通過した。このときは上述の例よりもやや中心から離れたところを観測した。このときも長時間にわたり層状性降雨が顕著であり、寒冷前線が接近するにたがって、対流性が強くなっていく様子を観測された。以上の結果から、梅雨前線における閉塞した中間規模低気圧中心付近の3次元力学モデルを提案する。

図(a) 7月2-6日の鉛直方向エコーパワーの強さの時間-高度変化

図(b) 同観測期間中の南北鉛直風

図(c) 信楽における地上降雨量



# H41-03 均質圏および対流圏の生成・維持に関する飽和重力波の役割について

山中 大学  
京都大学超高層電波研究センター

## On the Role of Saturated Gravity Waves in the formation and maintenance of the Homosphere and the Troposphere

Manabu D. YAMANAKA  
Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University

Classical theories of formation of the homopause and the tropopause are reconsidered on the basis of recent development on the saturated gravity wave studies. The homopause level is determined by using a vertical eddy diffusivity induced by breaking of "quasi-monochromatic" internal gravity waves. The tropopause level is determined by using a stochastic process of saturations of gravity waves with wavefronts parallel to the mean isentropic surface. The results are compared with observational evidence in the atmospheres of Earth and other planets.

前回に引続き、飽和重力波が大気圏の基本的鉛直構造の決定に果たす役割について述べる。

そもそも大気圏の生成に関しては、主に惑星本体の表面状態と重力ならびに太陽放射の3つの外的作用の兼ね合いにより、以下の4条件が考えられている。(1) 大気圏の外圏からの分離: 惑星重力圏の内側に脱出速度以下の遅い気体分子運動をもつ低温領域が生じる;(2) 均質圏の熱圏からの分離: 大気圏の内側に分子自由運動より巨視的運動が卓越する高密度領域が生じる;(3) 対流圏の成層圏からの分離: 均質圏の内側に放射より対流による熱輸送が卓越する鉛直温度勾配大の領域が生じる;(4) 境界層の自由大気からの分離: 対流圏の内側に惑星の表面状態に直接影響される領域が生じる。以上のプロセスは少なくとも地球型惑星には本質的に共通のはずであるが、惑星本体の共通性に比べて大気の状態つまり気候は極めて多様である。地球の場合、水の凝結による海洋の大気圏からの分離、オゾン光化学反応による中間圏の成層圏からの分離があることは周知の通りである。ここでは(2)と(3)つまり均質圏界面ならびに対流圏界面の決定と維持における、飽和重力波の役割について考える。

まず均質圏界面については、Lettau (1951) 以来の分子拡散係数  $D$  と鉛直渦拡散係数  $K$  との等しくなる高度という考え方に従う。但し  $K$  として飽和重力波の碎波乱流による

$$K = \beta \frac{\epsilon}{N^2}; \quad \beta = \left(1 + \frac{m'}{m}\right)^{-1}, \quad \epsilon = \frac{\dot{\omega} \cdot N^2}{2m^2 H_{\text{dis}}}, \quad H_{\text{dis}} = \left(\frac{1}{H} + \frac{3m}{N} \left| \frac{\partial \bar{u}}{\partial z} \right| \right)^{-1}$$

(ここに  $m$  および  $\dot{\omega}$  は飽和重力波の鉛直波数および本来周波数、 $m'$  は乱流層の厚さの逆数の  $2\pi$  倍、 $H$  は大気密度スケールハイト、 $N$  は Väisälä-Brunt 周波数、 $\bar{u}$  は平均東西風速、 $z$  は鉛直座標) を用いる (Lindzen, 1981; Holton, 1982; McIntyre, 1989; Yamanaka, 1991)。上式で  $\beta$  は乱流生成効率、 $\epsilon$  は力学的エネルギー消散率、 $H_{\text{dis}}$  は消散距離と呼ばれる慣用のパラメータを単色非慣性内部重力波の対流圏理論によって表現したものである。ここでは  $\beta \sim 1$ 、 $\dot{\omega} \sim \sqrt{2}f$ 、 $m \sim 1/2H$ 、 $H_{\text{dis}} \sim H$  (ここに  $f$  は Coriolis 周波数) と近似して、均質圏界面の高度を議論する。

次に対流圏界面については、基本的には Emden (1913)、Goody (1949)、Manabe and Strickler (1964) のような対流調節の考え方を用いる。但し、調節後の温度分布として経験的な標準大気温度分布 ( $-6.5$  K/km) を用いず、飽和重力波の対流飽和による断熱温度分布 (乾燥大気で  $-9.8$  K/km、湿潤大気では常温常圧で  $-4.7$  K/km) を与える。また、 $N$  が南北に変化したり東西風鉛直シアが無視できない場合の単色波理論の補給である平均等温位面にほぼ平行な波面をもつモードの卓越 (Olbers, 1981; Yamanaka and Tsuruta, 1984; Yamanaka, 1985) を用いて、このモードが飽和するとき前述の断熱温度分布が実現するとする。この考え方で雲などの対流現象の効果も表現できることが示される。飽和重力波の出現確率と対流圏界面高度の関係、圏界面高度で卓越すべき重力波の波動要素について議論する。

# H41-04

## MU レーダーによるレーダーインタフェロメトリー法を用いた鉛直風の測定

深尾昌一郎<sup>1</sup>、R. D. Palmer<sup>2</sup>、M. F. Larsen<sup>2</sup>、山中大学<sup>1</sup>、  
山本 隆<sup>1</sup>、中村 卓司<sup>1</sup>、津田 敏隆<sup>1</sup>、加藤 進<sup>1</sup>

1. 京大超高層 2. Clemson 大

### ESTIMATION OF *TRUE* VERTICAL VELOCITY USING RADAR INTERFEROMETRY

S. Fukao<sup>1</sup>, R. D. Palmer<sup>2</sup>, M. F. Larsen<sup>2</sup>, M. D. Yamanaka<sup>1</sup>,  
M. Yamamoto<sup>1</sup>, T. Nakamura<sup>1</sup>, T. Tsuda<sup>1</sup>, and S. Kato<sup>1</sup>

1. RASC, Kyoto Univ. 2. Clemson Univ.

At VHF wavelength, aspect sensitivity may result in an apparent beam direction that is off vertical even for a nominally vertically-pointing beam direction if the refractivity surfaces responsible for the scatter are tilted with respect to the horizontal plane. MU radar measurements obtained by using the system in a standard multi-receiver configuration typical for radar interferometry (RI) and spaced antenna (SA) measurements have been analyzed for evidence of such effects. The analysis is based on the linear variation of the cross-spectral phase as a function of the radial velocity in the frequency domain for the RI cross-spectra. True-vertical velocity estimates are obtained by using the fact that the phase difference between two antennas should be equal to zero when the echoes are being received from the vertical direction. The tilt angles of the refractivity surfaces were obtained from the phase of the cross-correlation function at zero lag, and the radial velocity in that direction was determined from the cross-spectra. The results indicate that the vertical velocity derived from standard Doppler analyses is actually the velocity perpendicular to the refractivity surfaces, and thus can be biased by the projection of the horizontal wind along the effective pointing direction (Fig. 1).

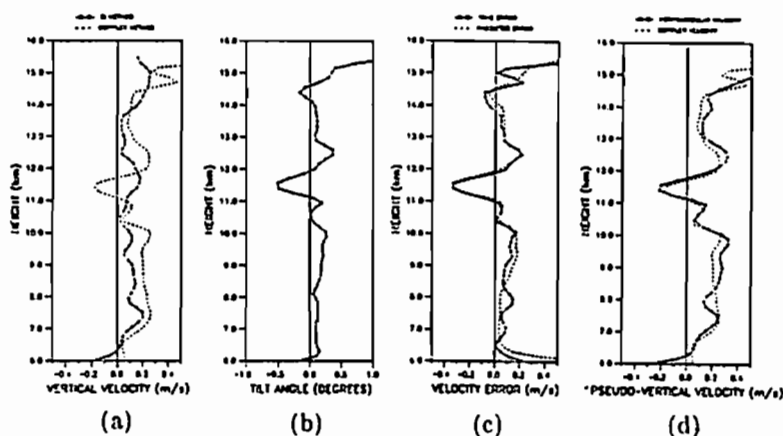


Fig. 1: (a) Vertical velocity derived from the Doppler technique compared to the RI method, (b) refractivity layer tilt angles obtained from the cross-correlation function, (c) error between the RI and Doppler techniques (true error) compared to contribution of the horizontal wind on the Doppler derived vertical velocity (predicted error), and (d) velocity perpendicular to refractivity layers compared to the Doppler derived vertical velocity.

# H41-05

## DYANA 期間のロケット・レーダー観測による中層大気重力波の解析

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

1. 京大超高度 2. 宇宙科学研究所 3. ウッパータール大学, 西独

### Analysis of Gravity Waves in the Middle Atmosphere by Rocket and Radar Observations during DYANA Campaign

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

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

During DYANA campaign, profiles of horizontal wind velocity and temperature were collected on 17 January - 26 February 1990 by means of eight rockets launched from KSC, Kagoshima, Japan. Using data on 17 January, vertical wavenumber spectra of normalized temperature fluctuations were obtained in the upper stratosphere and lower mesosphere, which suggests that gravity waves are saturated in the upper stratosphere and not fully in the lower mesosphere.

1990年1月15日-3月15日に行なわれたDYANAキャンペーンでは、西ヨーロッパを中心として世界各地の観測点から気象ロケットが打ち上げられ、また地上観測網で同時観測が行なわれた。DYANA計画は、これらの全球規模の中層大気観測によって惑星波、重力波、乱流などの現象を明らかにすることを目的としている。計画の一環として1月17日から2月26日の間に宇宙研鹿児島宇宙空間観測所(KSC)から打ち上げられた8機のロケットによって風速・温度などが観測された。今回はMUレーダーの同時観測も含めた風速、温度データを用いて中層大気中の内部重力波の解析を行なった。

1990年1月17日2110JSTに打ち上げられたデータゾンデ(SL02号機)によって温度プロファイルが高度約20-60 kmにおいて観測されており、そのデータから、正規化された温度の変動分( $T'/\bar{T}$ )の鉛直波数スペクトルが下図のように得られた。図中の太実線はそれぞれ(a)上部成層圏(高度~35-45 km)、(b)下部中間圏(~47-55 km)で観測されたスペクトルを覆っており、細破線は飽和重力波のスペクトルモデル  $F_{T'/\bar{T}}^2(m) = (2\pi)^2 N^4 / 10g^2 m^3 (N$ は背景のプラント・バイサラ周波数( $\text{sec}^{-1}$ ))、 $g$ は重力加速度、 $m$ は鉛直波数(1/m)を示している。プラント・バイサラ周波数の値は観測値を用いた。

上部成層圏では、 $m > 2 \times 10^{-4}$  1/mの波数領域でスペクトルの傾きはほぼ-3に等しく、密度はファクター3以下で飽和重力波モデルの値に一致する。また下部中間圏では、 $m < 9 \times 10^{-4}$  1/mで傾きは-3に近いが、密度は飽和モデルのほぼ1/10となっている。従って1月17日の観測からは、重力波

は上部成層圏(35-45 km)でほぼ飽和しており、下部中間圏(47-55 km)では完全に飽和していないことが示唆される。講演では他のロケット観測とMUレーダーの同時観測による温度、風速についての解析結果について述べる。

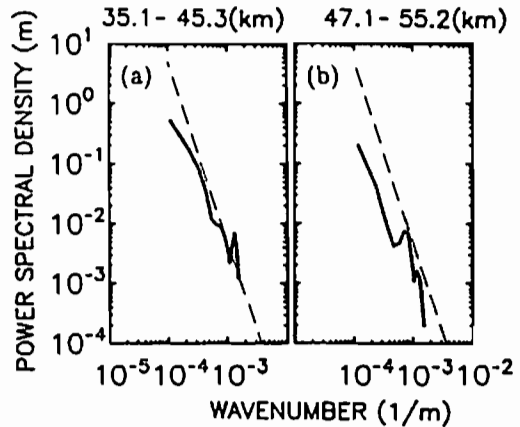


Figure: Vertical wavenumber spectra of normalized temperature fluctuations observed by a rocketsonde on 17 January 1990. Solid lines indicate observed spectra in (a) the upper stratosphere and (b) lower mesosphere, while dashed lines show the model spectrum.

# H41-06 中間圏重力波の伝搬方向の MU 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>  
 (<sup>1</sup>京大超高層)

## MU Radar Observations on the Propagation Directions of Mesospheric Gravity Waves

Takiji Nakamura<sup>1</sup>, Toshitaka Tsuda<sup>1</sup>, Yasuhiro Murayama<sup>1</sup>, Susumu Kato<sup>1</sup>, and Shoichiro Fukao<sup>1</sup>  
 (<sup>1</sup>RASC, Kyoto Univ.)

The comparison of the two series of mesospheric observations with the MU radars (Oct 1986 and June 1987) showed that the horizontal propagation directions of the dominant gravity waves in the vertical profiles of winds ( $\lambda_z : 5 \sim 15 \text{ km}$ ) are quite different between these two months (87th SGPSS, 1990). In order to study the seasonal variation of the propagating directions, we have extended the analysis to our regular observations in 1986-1988 (4~5 days a month). Fig. 1 shows the distributions of horizontal phase and group velocities of the dominant gravity waves. Each season clearly shows polarization in azimuthal distribution, although it is not so regularly repeated year by year. However, by considering momentum flux of each wave together, we can summarize that; in summer the propagation directions are centered towards north-eastward, while in winter they are also likely to be north-eastward although some are in the opposite side. Those results suggest these azimuthal anisotropies are due to the source distribution rather than the filtering effect by mean winds.

第 87 回の本学会では、MU レーダーによる中間圏重力波の 1986 年 10 月の長期観測 (19 日間) と 1987 年 6 月の長期観測 (23 日間) の 2 つの期間の観測の比較を行った結果、鉛直プロファイルでしばしば卓越して観測される重力波 (鉛直波長 5~15km、内部周期 4~15 時間) に関して、ホドグラフ解析からその水平伝搬方向が両期間で大きく異なることを示し、風速の時系列解析において運動量フラックスから得た短周期の重力波の伝搬方向との比較や、南半球の地理的共役点である Adelie (35°S) の観測との比較等を行った。今回は、以上のような伝搬方向の変化がどの様な季節変化をしているのかさらに詳しく捕らえるため、MU レーダーで毎月 4~5 日行っている定常観測 (GRATMAP/GRATMAC 観測) に解析範囲を広げ、1986 年~88 年の 3 年間のデータから卓越重力波の水平伝搬方向を調べた。図 1 は、各観測日の風速鉛直プロファイルから卓越した重力波を取り出し、その水平位相速度及び水平群速度を比較したものである。各年ともそれぞれの季節で伝搬方向には偏りが見られる。しかしながら、年々の間の方向の違いも見られる。さらに、

個々の卓越重力波の持つ運動量フラックスを考慮に入れて、これらの季節変化をまとめると、夏 (6~8 月) には北東を中心とする方向に伝搬し、冬 (12 月~1 月) にも逆方向のものが相当数 (おもに 88 年) 見られるが、やはり北東を中心とする方向に偏っている。これは、2 時間から 5 分までの短周期の重力波の運動量フラックスが、夏は東向き、冬は西向きといった明確な季節変化をするのとは対照的である (Tsuda et al., GRL, 1990)。今回取り出したような卓越重力波は、平均風でのフィルタリングによる伝搬方向の偏りよりも、むしろ励起源の位置による伝搬方向の偏りを反映しているのではないと思われる。また、春 (3~4 月) は、顕著な傾向は見られないが、秋 (9 月~10 月) は、南東方向に相当の運動量フラックスを持っている等、複雑な特徴を示している。以上のような、卓越重力波の持つ運動量フラックスは、しばしば  $2 \text{ m}^2/\text{s}^2$  前後と大きく、2 時間より短い周期の重力波の運動量フラックスと同じオーダーになる。

そのほか、Adelie との同時観測の結果や、カナダの Saskatoon のデータとの比較も行う予定である。

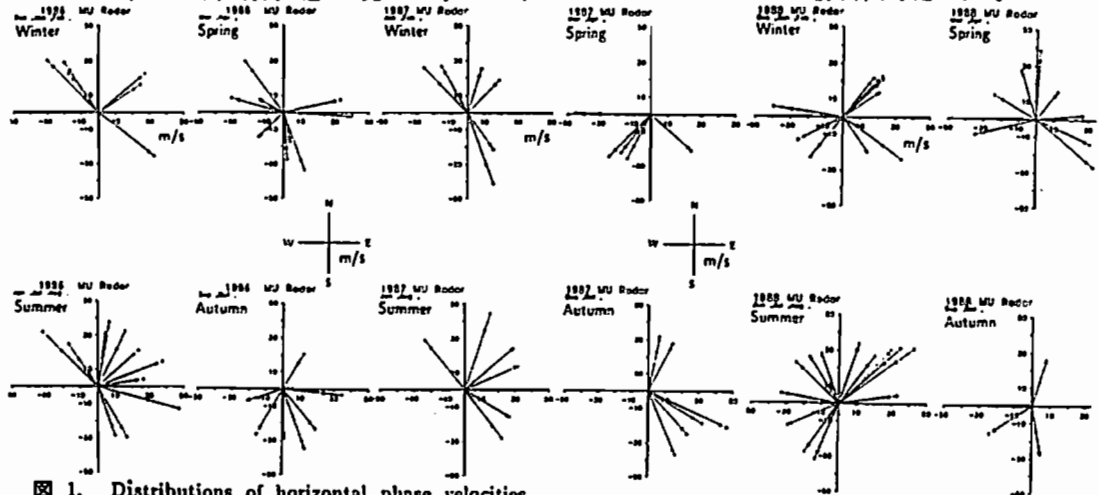


図 1. Distributions of horizontal phase velocities (closed circles) and group velocities (open circles) of the gravity waves observed by MU radar in 1986-1988. Each

of the waves is determined with the vertical profiles of the winds averaged for 2 hours.

# H41-07 ヒカマルカ VHF 帯レーダーによる 中層大気の高高度分解能観測 (速報)

前川泰之<sup>1</sup>、山本衛<sup>2</sup>、深尾昌一郎<sup>2</sup>、津田敏隆<sup>2</sup>、山中大学<sup>2</sup>、中村卓司<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

High-Altitude-Resolution Observation of Middle Atmosphere using Jicamarca VHF Radar: Quick Looks

Y.Maekawa<sup>1</sup>, M.Yamamoto<sup>2</sup>, S.Fukao<sup>2</sup>, T.Tsuda<sup>2</sup>, M.D.Yamanaka<sup>2</sup>, T.Nakamura<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

High-power VHF radar technique is a powerful tool to investigate winds and turbulence in the middle atmosphere. However, an entire wind or power profile from the upper troposphere to the lower thermosphere (10-100 km) has not yet been obtained. Especially, it is very difficult to observe so-called "gap region" from 30 to 60 km due to weak echo power. Recently, the Jicamarca VHF radar facility (50 MHz) in Peru has been largely improved, and the height resolution of 250-500 m is now achieved by pulse compression technique using 16- or 32-bit complementary codes. This paper presents a preliminary result of Jicamarca radar observations of the stratosphere and the mesosphere including the "gap region", which were conducted on Sept. 24-28, 1990.

Figure 1 depicts an example of the spectrum contours of Doppler velocities received by the co-polarized (co-pol; a) and cross-polarized (x-pol; b) antenna arrays, respectively. Each array forms a square of 288 m and contains 9216 half-wave (3 m) dipoles. In this experiment, only the co-pol antenna array is excited by the transmitter with the peak output power of 1.3 MW. The x-pol array is used to monitor clutter components which may come from antenna sidelobes and have random polarizations. Fig.1 (a) indicates that the spectral peaks are found up to 42 km in the stratosphere and down to 57 km in the mesosphere. Note that these peaks are not found in the x-pol spectrum of Fig.1 (b). This evidence proves that the Jicamarca radar detects "real" atmospheric echoes other than the clutter. On the other hand, the x-pol spectra seen at the heights with strong echoes both in the lower stratosphere and the upper mesosphere are explained in terms of leakage of the received co-pol power due to comparatively poor isolation of the cross dipoles and the power divider. That is, these spectral shapes are quite similar to those of the co-pol component except for 10-15 dB lower values.

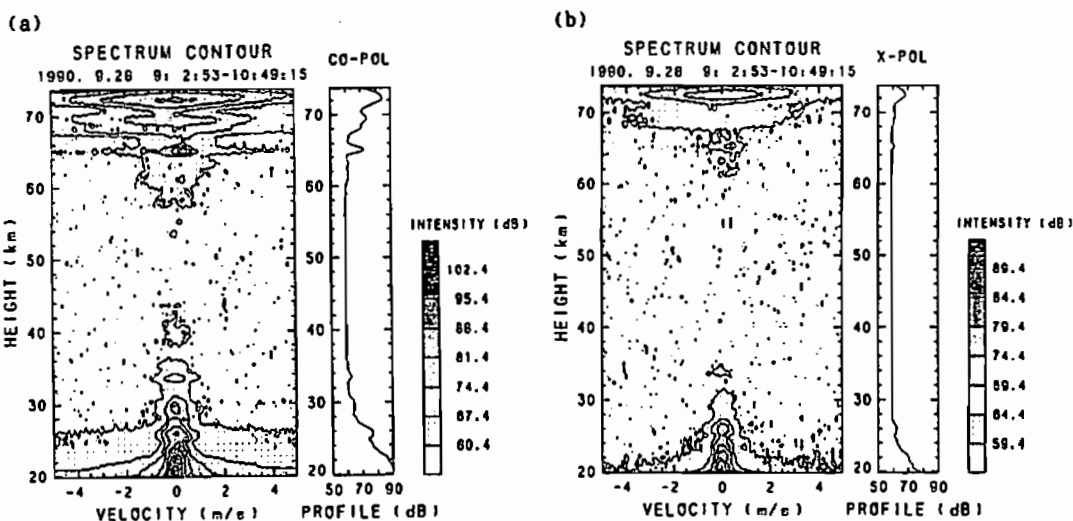


Fig.1 Spectrum contours of Doppler velocities received by (a) co-pol and (b) x-pol arrays.

○ 麻生武彦\*・小川忠彦\*\*・田中高史\*\*\*・前野英生\*\*\*・山本伸一\*\*\*\*  
\*京大工、\*\*通総研平塚、\*\*\*通総研、\*\*\*\*通総研鹿島

## ATMOSPHERIC TIDES OBSERVED BY THE METEOR RADAR AT SYOWA STATION

T. Aso\*, T. Ogawa\*\*, T. Tanaka\*\*\*, H. Maeno\*\*\* and S. Yamamoto\*\*\*\*

\* Kyoto University, \*\*Communication Res. Lab. (CRL) Hiraiso, \*\*\* CRL, \*\*\*\* CRL Kashima  
Analysis of 50 MHz meteor radar data at Syowa Station during 1984 - 1985 has been under way to extract atmospheric tidal components at Antarctica. The results should contribute to cooperative research program related to the dynamics of Arctic and Antarctic polar middle atmosphere.

極域中層大気風の観測は、レーダ観測網の充実に伴い近年盛んに行われるようになり、磁気圏と密接につながった重力波の消長や、汎地球スケールの大気潮汐波の構造を明確にする手がかりを与えることが可能となりつつある。わが国では、MAP期間中に南極中層大気風の観測を行うため、50 MHz帯のレーダが昭和基地に設置され観測が開始された[1]。このレーダは、オーロラに伴うイレギュラリティをターゲットとする所謂オーロラレーダと流星レーダとしての動作モードをもち、後者のモードにより80 - 100km領域の流星飛跡のドリフトが観測される。解析結果の例として、87-90 kmにピークをもつエコーの高度分布や、1983年1月の平均風が、夏の北半球高緯度地方の風系とconsistentであること[1]、風速が重力波の寄与と考えられる大きな短周期変動を示し、一日および半日周期成分を凌駕していることなどが示された[2]。本稿では、1984 - 1985年の2年間にわたって得られた観測データをもとに、これらの一日および半日周期成分の解析と“大気潮汐波”の同定に対する問題点について述べる。レーダは方位方向のビーム幅 $4^\circ$ で2つの異なる方位を向くアンテナビームを1分ないし5分の時間間隔で切り替えており、視線の方位角はビーム方向とし、高度は decay-height法により算出している。適当な高度および時間の bin で一様な水平ドリフトを仮定することによりその大きさと方向が推定され、関和解析を行って直流分および一日、半日周期成分が計算される。しかし、上述のようにオーロラ帯のエコーはオーロライレギュラリティや乱流によるエコーが混入するので適当な基準でこれを除去する必要がある。また地磁気擾乱時の磁気圏電場等の流星跡ドリフトへの影響やオーロラ電流による短周期波動の励起による localな影響とそれらの一日変化乃至潮汐成分そのものの変動等を考慮する必要がある。このため、地磁気指数を考慮したデータの取捨選択や長期間の local timeに対する平均操作により、明確な励起源をもち、緯度方向に定在波をなす波動として存在する global migrating tideの極域における平均像を抽出するとともに、短期間の変

動を明らかにする。また、反対半球極地方のデータとの全球的比較、Mawsonでの分反射レーダ観測との直接比較等も必要である。これらはまたIAMA P/ICMUAの極域の潮汐波についての国際共同研究に資することを目指している。図1は1985年のequinoxにおける静穏時のデータから得られた南北風の平均の local time値をプロットしたものである。これに直流分と一日および半日周期成分の和をフィッティングした結果を×印で示している。高度によってデータの数で十分でなく、比較的大きなばらつきを示すが、それぞれの成分の位相についてはほぼ潮汐の理論値に対応した結果が得られている。

謝辞 データ解析に協力された京大工学部特研究生 金原弘明君に感謝する。

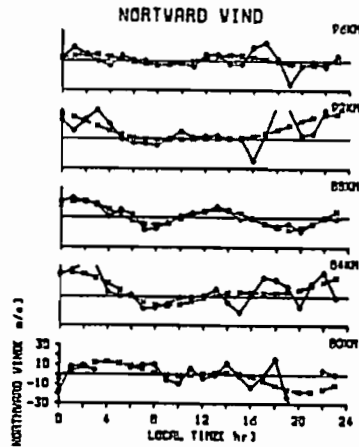


図1

## 参考文献

- [1]Ogawa, T. et al. (1985), Mon. Natl. Inst. Polar Res., Spec. Issue, 36, 254.  
[2]Tanaka, T. et al. (1988), Proc. NIPR Symp. Upper Atmos. Phys., 1, 84.

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

## Meteor trail observations with the MU radar

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

We have observed the echoes from meteor trails with the MU radar, measuring their arrival angle precisely by interferometry. We can also determine the ambipolar diffusion coefficient by the decay constant of received meteor echo power. Figure 1 shows the time series of the ambipolar diffusion coefficient observed in 18-23 May 1990. Diffusion coefficient varies not only diurnally, but also with the period of several hours with their phase propagating downward, which indicates the contribution of atmospheric tides and gravity waves to the ambipolar diffusion coefficient. However, the amplitude of these fluctuations, which is about 30% of the mean value, is much larger than the previous results by Kyoto Meteor Radar. Although their difference is understood by the good time and height resolutions of MU radar, closer consideration is necessary about the relation between the diffusion coefficient and decay constant of echo intensity.

MU レーダーを用いた流星エコー観測では、干渉計法により散乱体の位置を決定しているのが特徴であり、高い精度で出現高度が求められる。さらに取得エコー数が約3000個/日と多く一日を通して観測可能であり、高い時間高度分解能(高度90kmで30分・2km程度)が得られる。今回は特に流星飛跡の拡散係数についての解析結果を報告する。

下図は1990年5月18～23日の観測データより、拡散係数の高度別の時系列を示したものである。ここで拡散係数は、次の関係式から求めている。

$$\tau = -\frac{32\pi^2 D}{\lambda^2} t \quad (1)$$

ここに  $D$  は(両極性)拡散係数、 $\lambda$  は電波の波長、 $\tau$  はエコー強度減衰の時定数である。図を見ると各高度ともに顕著な日周変化が認められ、細かい時間スケールの変動も上下高度間で一致している。また周期数時間の変動が下方に位相伝搬している様子がわかる。これらのことから拡散係数の変動には、内部重力波や大気潮汐波などの波動現象が関与

しているものと推測できる。さらに特徴的なことは、同一高度におけるその時間変動の振幅が平均値の3割前後であることであり、過去の京都大学流星レーダーでは1割程度の変化であったことと比べ、際立っている。これは時間分解能の高い観測により、正確な変動がわかるためと考えられる。ここで拡散係数  $D$  は、温度  $T$  と大気密度  $\rho$  に対して

$$D \propto T^{1/2} \rho^{-1} \propto T^{3/2} \quad |_{\text{pressure=const.}} \quad (2)$$

が成立することが一般に知られているが、この関係を用いると非常に大きな温度変動がおきていることとなり、現実大気と大きな食い違いが生じる。このことから、エコー減衰の時定数と拡散係数の関係を示した式1の再考が必要か、あるいは拡散係数の変動には式2で表わされる以外の要因があると考えられる。

講演ではさらに拡散係数の季節変化等についても報告予定である。

8-AUG-1990 - 12-AUG-1990

Height Resolution :4km

Time Resolution :120min

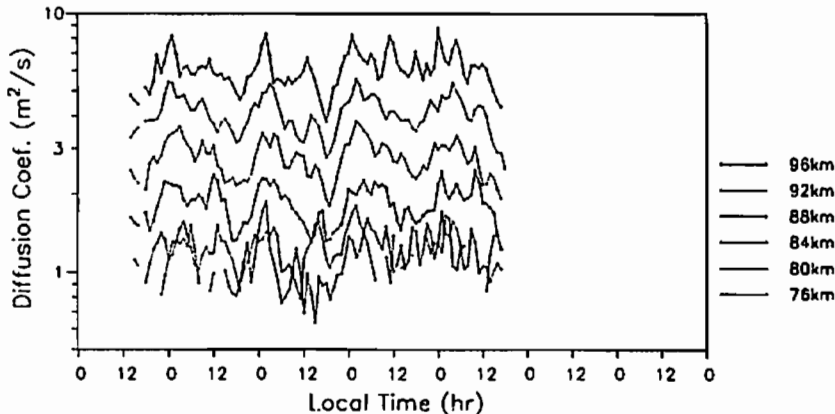


Fig1: Time series of diffusion coefficient observed with the MU radar in 18 - 23 May 1990.



## 大気圏組成放射

H42 01~06

座長 小池 真 (名大STE研)  
岡野 章一 (東北大理)

H42 07~14, P55,56

座長 小山 孝一郎 (宇宙研)  
北 和之 (東大理)

# H42-01 NOAA衛星TOVSデータ による日本上空オゾン全量の導出(3)

・高橋 修二、川村 宏\*、亀卦川 幸浩、岡野 章一、福西 浩(東北大理)

ESTIMATION OF TOTAL OZONE AMOUNTS OVER JAPAN USING NOAA/TOVS DATA(3)

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

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

FACULTY OF SCIENCE, TOHOKU UNIVERSITY

Since the multiple linear regression method using only the brightness temperatures observed at channels 1, 2, 3, 8 and 9 of HIRS/2 sensor can not represent the changes of transmittance of the ozone layer, we explicitly added the transmittance term to the regression equation. The transmittance was calculated by using the radlance data measured by channels 2, 8 and 9 of HIRS/2 sensor. Comparisons between total ozone amounts retrieved from HIRS/2 data and TOMS data showed a considerable improvement for the retrieval of horizontal distribution of total ozone amounts.

我々はNOAA衛星TOVSデータを用いて日本上空におけるオゾン全量水平分布の導出を試みている。前回の学会ではHIRS/2センサーの1、2、3、8、9チャンネル輝度温度値による線形回帰法ではオゾン全量の南北方向の分布を再現できないことを述べ、それは1組の(固定された)回帰係数がオゾン量の変化によるオゾン層の透過率の変化を表しきれないことに原因があることを指摘した。そこで、新たに2次の回帰項を加えて回帰を試み、導出されるオゾン全量水平分布をTOMSと比較した。その結果、中高緯度域ではかなり良くあってくるものの、日本付近の地上データのみを用いて回帰係数を決定したのでは、低緯度域で導出されるオゾン全量に不安定が生じてしまうことがわかった。そこで今回、オゾン層の透過率自体を回帰に組み込む手法を試みた。この場合の回帰式は次のようになる。

$$\Omega = \bar{\Omega} + \sum C_i (T_i - \bar{T}_i) + C_t (\tau - \bar{\tau})$$

ここで、 $\Omega$ 、 $T$ 、 $\tau$ 、 $C$ はオゾン全量、輝度温度、透過率および回帰係数を表し、 $i$ はチャンネル、 $-$ は平均値である。この手法はもとの回帰式がオゾン層の透過率の変化を表せないのなら、最初から透過率の情報を加えておこうという趣旨に基づいている。このように透過率の項を最初から回帰式に加える手法はすでにLIENESCH(1988)において報告されているが、それによると有為な改善がみられている。オゾン層の透過率 $\tau$ は今回 LIENESCH(1988) の手法により次のように求めた。まず、放射伝達方程式を

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

と近似し、これを透過率 $\tau$ について解く。すなわち、

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

ここで $R_{ch.9}$ はチャンネル9(オゾンチャンネル)が観測する放射量である。 $T_s$ 、 $T_{str}$ は地表面温度及び成層圏有効温度であり、ここではチャンネル8及び2の輝度温度をそれぞれ用いた。この手法により1989年冬について札幌、館野、鹿児島における地上観測オゾン全量値を用いて回帰係数を決定し、この回帰係数から導出されるHIRS/2オゾン全量値をもとの地上観測オゾン全量値と比較すると、80例の比較で相関係数0.94という良い相関がみられた。また、回帰係数をTOMSデータを用いて決定した結果を見ても、この手法が有効であることがわかった。チャンネル9輝度温度及び透過率を前回の本学会の予稿集で述べた手法により衛星直下での値に変換後、この回帰係数を適用してみるとオゾン全量水平分布は、前回の発表時よりさらに進歩を示している。なお、導出されるオゾン全量に最も寄与する項を見ると、透過率項が最も大きいことがわかった。このことは、透過率の決定法が非常に重要であることを示しており、今後の課題であると言えよう。講演では、上記の結果及び導出されたオゾン全量水平分布を示す。

参考文献 LIENESCH, J. Atmos. Oceanic tech.,  
vol. 5, no. 5, 625-630, 1988

# H42-02 太平洋域における上部対流圏のNO<sub>y</sub>分布

小池 真・近藤 豊・岩坂 泰信・岩田 晃 (名大・STE研)

杉村 行勇・牧野 行雄 (気象研)

## Measurements of Total Reactive Nitrogen in the Upper Troposphere

M. Koike, Y. Kondo, Y. Iwasaka, A. Iwata

Y. Makino, Y. Sugimura

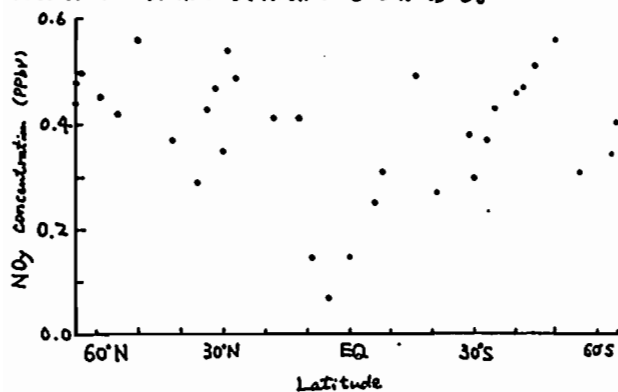
(Solar-Terrestrial Environment Lab., Nagoya Univ.) (Meteorological Research Institute)

Total reactive nitrogen (NO<sub>y</sub>) at altitudes around 12 km was measured over the Pacific Ocean between 65°N and 65°S from an aircraft in October, 1990. Preliminary results indicate that the volume mixing ratio of NO<sub>y</sub> in the tropical region has been about 0.1 ppbv, which is about one fourth of those at the middle and high latitudes. This suggests that an upward motion of the air in the tropical region brings NO<sub>y</sub> poor air from the lower to the upper troposphere.

1990年10月に行なわれたINSTAC IIIの航空機観測では、世界で初めて高度11~12 kmの全窒素酸化物(NO<sub>y</sub>)が太平洋全域に渡って観測された。観測は日本を出発してアラスカ、そして北緯65°までいった後、シアトル、ハワイを経由してニュージーランド、南緯65°までいき、オーストラリアそして日本へ帰るという空路で行なわれた。全窒素酸化物は、NO、NO<sub>2</sub>等の活性な窒素酸化物とそれらのリザーバーであるHNO<sub>3</sub>やClONO<sub>2</sub>を含んだもので、対流圏・成層圏で1ヵ月以上の非常に長い化学的時定数を持っている。観測の行なわれた高度は中高緯度の対流圏界面高度に対応し、対流圏と成層圏の大気化学系の接点となるため、そこでの大気成分分布は非常に興味深いものがある。

実際の観測は、まだ気象データなどを解析中であるが、ほとんど対流圏上部で行われたと考えられる。

図には、今回の観測で得られた、北緯65°(アラスカ)から南緯65°(ニュージーランドの南)のNO<sub>y</sub>の体積混合比をプレリミナリーな結果ながら示した。この図を見ると中高緯度に比べて非常に低い値が赤道付近でみられる。これは赤道帯付近の活発な対流活動によって、対流圏下部のNO<sub>y</sub>の少ない大気が上層まで運ばれてきた結果と考えられる。中高緯度については詳しい解析を行っていないとはっきりしたことが言えないが、北半球の対流圏上部では緯度に関わらず0.4~0.5 ppbvぐらいの一定の値を取っているように見える。



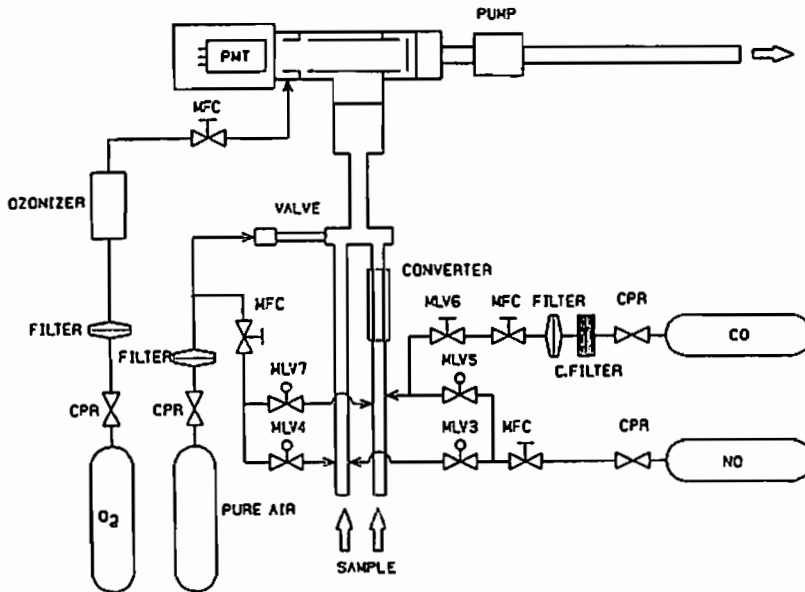
Volume mixing ratio of the total reactive nitrogen (NO<sub>y</sub>) at altitudes around 12 km over the Pacific Ocean.

# H42-03

成層圏NO<sub>y</sub>、NOの同時気球観測  
近藤 豊・小池 真・岩坂泰信  
(名古屋大学太陽地球環境研究所)  
P.Aimiedieu(CNRS), W.R.Sheldon (ヒューストン大)

Balloon borne measurements of NO<sub>y</sub> and NO were made from Aire sur l'Adour, France(44° N) on September 14, 1990. Profiles of NO<sub>y</sub> and NO from 12 to 40km will be presented and discussed.

1990年9月14日、フランスのAire sur l'Adour(44° N)より600000mの気球により、NO<sub>y</sub>とNOの同時観測を行った。気球は約3mbの圧力高度に達し、12-40kmの間のNO<sub>y</sub>とNOの高度分布が得られた。今回用いたシステムのダイアグラムを図に示す。この高度領域での高精度のNO<sub>y</sub>とNOの同時測定として初めてのものである。NO<sub>y</sub>は35km付近に約17ppbvの最近値をもつ。この観測により、NO<sub>x</sub>、NO<sub>y</sub>化学を詳細に議論できることになる。会場でNO<sub>y</sub>とNOの観測結果を報告する。



°K. Shibasaki<sup>1</sup>, K. V. Chance, D. G. Johnson, and W. A. Traub  
Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics, Cambridge, MA 02138

We have analysed atmospheric emission spectra obtained with the balloon-borne FIRS-2 far infrared Fourier transform spectrometer during balloon flights on May 12-13, 1988 at Palestine, Texas and September 26-27, 1989 at Fort Sumner, New Mexico. Vertical profiles of stratospheric HCl and HF from 15 to 50 km are derived from analyses of rotational transition lines in 100-205  $\text{cm}^{-1}$  region. 7 transition lines including both chlorine isotopes are used for analysis of HCl and 2 lines for HF.

We obtain both the daytime and nighttime average profiles. We compare these results with those obtained during the BIC-2 campaign in 1983 to reveal long term trends of these two species. For HCl we see no difference in profiles between 1983 and 1989 within experimental uncertainties. On the other hand, the 1989 HF profile shows increased mixing ratios at almost all altitudes compared with 1983; the increase in average mixing ratio is about 18% from 1983 to 1989, or about 3% per year which is much less than those reported by other authors (*Mankin and Coffey, 1983; Zander et al., 1987*). This fact reflects an increase in chlorofluorocarbons (CFCs) of anthropogenic origin in the stratosphere, because HF is the sink for stratospheric fluorine whose significant sources are CFCs.

The HF/HCl ratio can provide us with a useful indication of the abundance of the OH radical in the lower stratosphere, because the sources of HCl and HF are similar but their loss rates are quite different as a result of the reaction of OH with HCl at low altitudes. The average HF/HCl ratio from our 1989 observation is about 0.3 as compared with the value of about 0.2 obtained from our 1983 observation. This result provides further validation of our current understanding of stratospheric halogen chemistry.

<sup>1</sup>On leave from Kokugakuin University, Tokyo, Japan

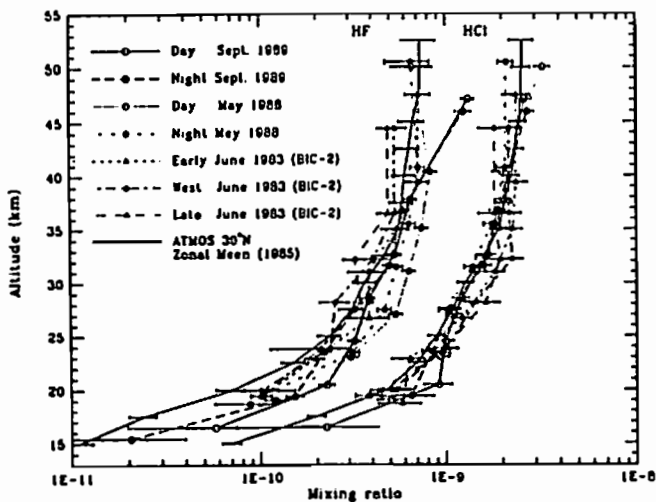


Fig.1 HCl and HF profiles

# H42-05 Development of a Portable Laser Heterodyne Spectrometer for Remote Sounding of Atmospheric Minor Constituents

°M. Taguchi, S. Okano, T. Ohnuma, H. Fukunishi

Upper Atmosphere and Space Research Laboratory, Tohoku University

The laser heterodyne spectrometer of Tohoku University has been successfully operating for remote sounding of atmospheric ozone at Sendai since 1989. Two periods of annual cycle of total ozone amounts and drastic variations in vertical profiles of ozone mixing ratio around tropopause altitudes have been observed by this new remote sounding technique.

The next step of the application of laser heterodyne spectroscopy to atmospheric chemistry is simultaneous observations of atmospheric minor species relating to the ozone chemistry and the greenhouse effect. We have been developing a new portable laser heterodyne spectrometer. The block diagram of the optical system of this new heterodyne spectrometer is shown in Figure 1. The basic performance of the spectrometer is equivalent to that of the currently operating one, however, several practical improvements are made as follows.

- i) The spectrometer is a portable type for using it at field observations. The dimensions of the optical system are 600mm x 800mm and 500mm height, and the weight is about 45kg.
- ii) Several atmospheric species can be measured by switching the local oscillator lasers which are installed in a large liquid nitrogen Dewar vessel. The operating wavenumber regions of the diode lasers are  $910\text{--}980\text{cm}^{-1}$  and  $1105\text{--}1150\text{cm}^{-1}$ , respectively.
- iii) The operating temperature of the diode lasers can be stabilized at any temperature between 60 and 85K with an accuracy of 0.01K using a heater and a temperature sensor installed near the lasers. Therefore, the available modes of the diode lasers remarkably increase compared with the system without temperature control.
- iv) The holding time of liquid nitrogen in the Dewar vessel in which two lasers, a HgCdTe photomixer, and a HgCdTe detector are installed is longer than 48 hours, keeping the correct optical alignment throughout long-time continuous observations.

The initial targets of this newly developed spectrometer are  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{CH}_4$ , together with  $\text{O}_3$ ; they are very important species in the ozone hole chemistry and the greenhouse effect.  $\text{NO}_2$ ,  $\text{ClO}$ , and  $\text{ClONO}_2$  can be also measured in solar occultation geometry using a platform such as an airplane or a balloon.

At present, several preliminary spectra have been obtained by the new portable heterodyne spectrometer. Experimental observations will be started early in 1991.

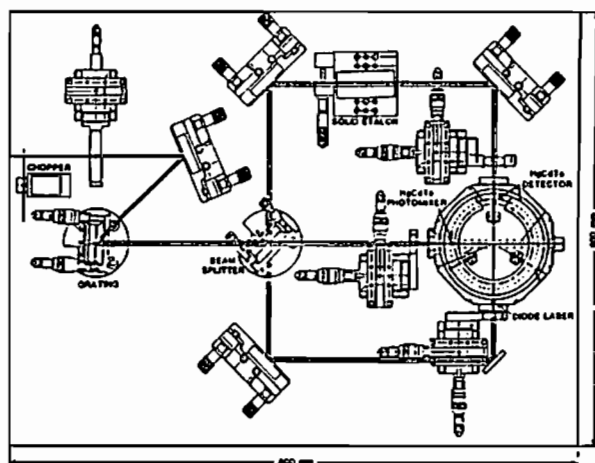


Figure 1. The block diagram of the optical system of a newly developed portable laser heterodyne spectrometer.

○米村 正一郎、岩上 直幹、小川 利紘・東大理

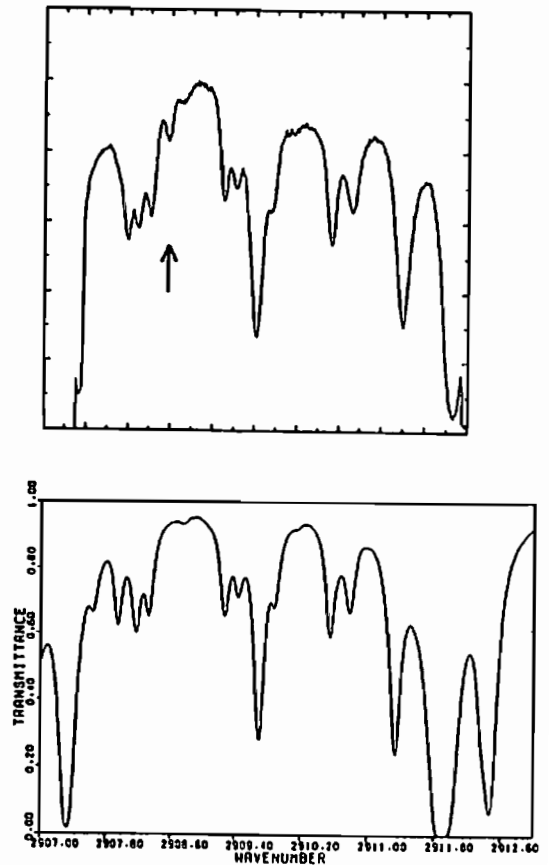
UNIDENTIFIED ATMOSPHERIC ABSORPTION LINES IN THE 3~5 $\mu\text{m}$  REGION

Yoneura, S., Iwagami, N., Ogawa, T · GRL U Tokyo

We found some terrestrial atmospheric absorption lines which is not included in the HITRAN 1986 DATABASE. Since we are measuring the solar IR spectrum at the bottom of the most wet and dirty air in the world, we have an advantage to find out those absorption features.

我々は東京都心に近い大学構内において3~5 $\mu\text{m}$ 域の太陽赤外スペクトルを測定し、HCl, COなど大気微量気体のコラムの定量を行っている。微量気体コラムの自然状態を測定するには良い環境とは言えないがウラを返せば我々は世界で最も湿った、最も汚い大気化で赤外吸光測定を続けるグループのひとつであり、他の多数のグループが感知しえない吸光線を発見する可能性は大きい。この波長域には太陽大気吸光線が多数存在し、地球大気吸光線との区別が以前は困難であった。しかし、ATMOSによる太陽吸光線の測定が1989年に出版され、現在は容易に区別できる。我々が測定している領域は3~5 $\mu\text{m}$ のうちのおよそ2%程にすぎないが、そのなかで現在世界で最もよく使われている分子定数データベースHITRAN 1986で説明できない吸光構造をさがしてみた。一例を右図に示す。

図. 測定スペクトル(上)と合成スペクトル(下)の比較  
2908.53 $\text{cm}^{-1}$ に未同定線がある。



# H42-07

## 中間圏雲の形成にともなう極域中間圏夏期エコー層について Formation of PMSE layer in the PMC condition

杉山卓也 (京大・理) 村岡良和 (兵庫医大)

We discuss the origin of the Polar Mesospheric Summer-time Echo (PMSE) in relation to the Polar Mesospheric Cloud (PMC) condition. Observations of Proton Hydrates (PH) with the hydration order up to 20 induce us to consider that the ice particles are formed through the ionic nucleation against the recombination with electrons. We discuss the whole scheme of the formation of ice particles from PHs. Then, we interpret that PMSE is originated at the accumulation region of nucleous PHs, which are falling down from the PH formation region just above and making up strong gradients of electrons by recombination.

極域中間圏夏期エコー (PMSE) の発生を極域中間圏雲 (PMC) の形成に関連して議論する。PMCの可視領域が夜光雲 (NLC) であると考えられている。これらの雲の形成において核と成るもの候補は3つある。

1. meteor smoke or dust,
2. hydrate clusters of meteor ions,
3. Major ion から形成される Proton Hydrate:  $H^+(H_2O)_n$ .

以下のような最近の観測は Proton Hydrate を核とする、過程全体がその場で起こっている氷粒子の形成論を考えることが無駄でないことを強く示唆する。PH の n の最大 20 までが夜光雲時に高度 90 km で観測され、NLC はこれより低い 83 km 付近に見られた。同時に、電子密度は 90 km 以下で急減している。

以下に示すように、この電子密度急減域は、PMC の核となる PHs が沈降し集積した領域であり、この電子密度勾配の大きな領域が PMSE を発生させていると、我々は考える。密度の希薄な中間圏では、核形成の全体過程が大きく鉛直に展開されていることが大変おもしろいところである。

### 1. 下層から上層へのアプローチ

上層での核生成から、PH は成長しながら沈降し、NLC 領域で粒子サイズ  $r \sim 1000 \text{ \AA}$ , concentration  $\sim 10 \text{ cm}^{-3}$  となる。沈降の terminal velocity  $v \propto r$  である。後にもるように、核のサイズは  $8 \sim 10 \text{ \AA}$  程度であるから、成長沈降時に粒子消滅がなければ、NLC の 100 倍の nucleous PHs が上層に集積していると予想される。この領域を accumulation region と名づける。なお、その場での成長による  $dr/dt$  は  $r$  に依存せず過飽和度に比例するから、過飽和度一定のもとでは、沈降粒子の見かけの重力が  $g' \neq 0.1 \times (\text{H}_2\text{O mixing ratio}) \times g$  となる。90 km から 83 km への降下に 1 日強を要し、これは NLC の持続時間 days ~ weeks と矛盾しない。(球状を仮定すると  $r \sim 1000 \text{ \AA}$  に届かないから needle or disk 状だろうという議論がある。)

### 2. 上層から下層へのアプローチ

Recombination をともなう Ionic Nucleation の理論は今のところない。以下の考察からモデルをつくる。

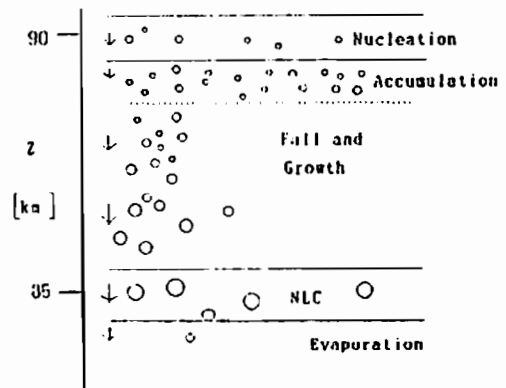
- a.  $n = 6 \sim 8$  までの実験室データ,
- b. cluster のエネルギー状態の考察
- c. NLC 時の温度、水蒸気量の観測、生き残った nucleous PHs が 1. で要求される核生成率と突き合わされる。

### 3. PMSE について

VHF エコーをもたらす refractive index  $n$  のゆらぎ  $\delta n$  は  $\delta n_e$  に比例する。電離度が  $\sim 10^{-11}$  である中間圏では、電子密度ゆらぎは中性乱流運動の passive scalar である。

$$\delta n \propto \delta n_e \sim \frac{\partial n_e}{\partial z} \delta z$$

ここで、 $\delta z$  は中性乱流による鉛直変位である。乱流散乱エコーの生成において、平均電子密度勾配と乱流強度の 2 つの要素が必要である。これより、accumulation region の大きな電子密度勾配は PMSE に重要な寄与をしていると考えられる。





# H42-08 長野市における中間圏ナトリウム原子層のライダー観測

野村彰夫 藤森幸光 原博文 齊藤保典 鹿野哲生  
信州大学工学部

## Lidar Measurements of the Mesospheric Sodium Layer over Nagano-shi.

A.Nomura, Y.Fujimori, H.Hara, Y.Saito and T.Kano.  
Fac. of Eng., Shinshu Univ.

Lidar measurements of the mesospheric sodium layer have been made at Shinshu University, Nagano-shi (36°40' N, 138°12' E) since February, 1990 as a part of Solar Terrestrial Energy Program (STEP). During the period from February to December, 1990, data of 20 nights were obtained. In this reports, we describe the lidar system and discuss the nightly and seasonal variations of the sodium layer and atmospheric wave activities on the bases of these results.

### 1. はじめに

1991年から5か年計画で開始される予定の国際協同観測計画(STEP)の一環として中間圏ナトリウム原子層のライダー観測が信州大学で行われている。1990年2月5日から12月8日の期間に20日の夜間観測に成功した。ここでは、そのライダーシステム及び、観測結果について報告する。

### 2. ライダーシステム

信州大学のライダーシステムは、送信系に同軸型フラッシュランプ励起色素レーザー(波長589nm, 出力100mj, 繰り返し0.2Hz)を基本とし、受信系に直径1mのニュートン型望遠鏡を用いた光子計数法のシステムを用いている。解析処理はコンピュータを用いて原子密度分布解析とFFTによる空間スペクトル解析を行い、ナトリウム層の変化と大気波動活動の解析を行っている。

### 3. 観測結果

観測例として、12月5～6日の観測結果を以下に示す。ナトリウム原子密度の高度分布の夜間変化を図1に示す。ナトリウム層は明け方に向い次第に広がっている。このプロファイルに空間スペクトル解析を行い、スペクトル強度分布を静穏夜との比で表したものが図2である。20時～22時にかけて波長域5km～7kmに強い波動活動がみられる。さらに逆FFTによるフィルタリング処理を行ったものが図3、図4である。図3では20時～22時にかけて短波長の大气波動が下方に伝播しており、図4では0時から5時にかけて長波長の大气波動が下方に伝播しているのがわかる。これらは内部重力波によるものと思われる。この日のナトリウム層の変動の様子をまとめると次のようになる。

- ①ナトリウム層は次第に広がり午前4時に幅25kmに達している。
- ②20時から22時にかけて約6km付近の鉛直波長をもった大气波動が活発で、内部重力波と思われるものが位相速度2km/hで伝播している。
- ③0時から5時にかけて鉛直波長約12kmの大气波動が位相速度5km/hで伝播している。

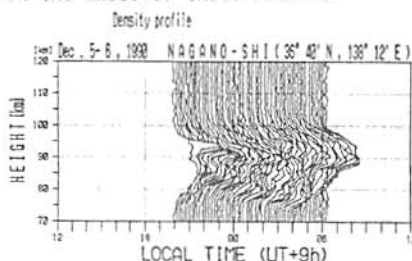


図1 ナトリウム原子密度プロファイル

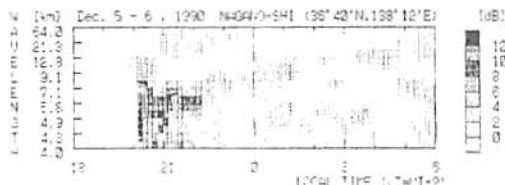


図2 スペクトル強度分布

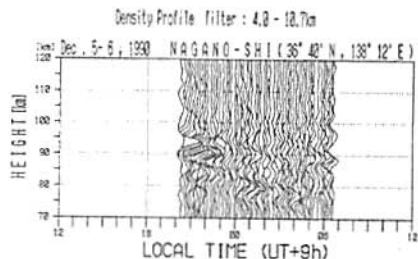


図3 フィルタリングプロファイル(短波長域)

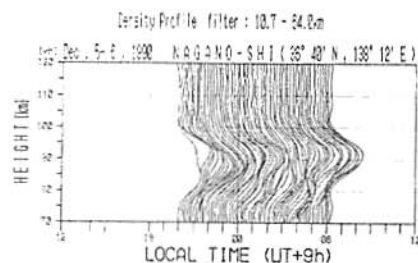


図4 フィルタリングプロファイル(長波長域)

# H42-09 夜間大気光 $O_2$ , OHのロケット観測 (Ⅲ)

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

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

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

Rocket borne measurements of the OH(9,6) band and  $O_2$  1.27  $\mu m$  night-glow have been made on Jan. 28, 1990. If integrated overhead intensity and volume emission altitude distribution are homogeneous, symmetrical data must be observed in one spin. Observed data for  $O_2$  1.27  $\mu m$  emission was not symmetry, and  $O_2$  emission was inhomogeneous. But for OH 1.38  $\mu m$  emission it was not evident, because the signal-to-noise ratio was poor.

1990年 1月28日 04:30 JST に内之浦に於て打ち上げられた観測ロケット S-310-20号機により夜間大気光  $O_2$  1.27  $\mu m$  ならびに OH 1.38  $\mu m$  の観測を実施した。

天頂角補正の影響を避けるために、天頂角55度以下のデータを抽出し、その発光強度の高度分布を求める。そして、その強度分布を空間的に一様であると仮定し、ロケットの姿勢・観測器の視野の拡がり等を考慮した計算値(破線)と観測値(実線)の比較を図1に示す。大きな食い違いは、天頂角が大きく、酸素分子によ

る自己吸収が効いている部分である。さらに、観測値のピークの左右非対称は、明らかに発光強度が空間的に非一様であることを示している。

図2に、観測高度60km付近での、図1の観測値と計算値の比(○)と高度92kmの発光層からの透過率の計算値(●)を示す。観測値のばらつきは空間的非一様性によるものであり、両者の一致は良いと言える。

$O_2$  1.27  $\mu m$  の空間分布の解析を現在進めており、講演時に報告する予定である。

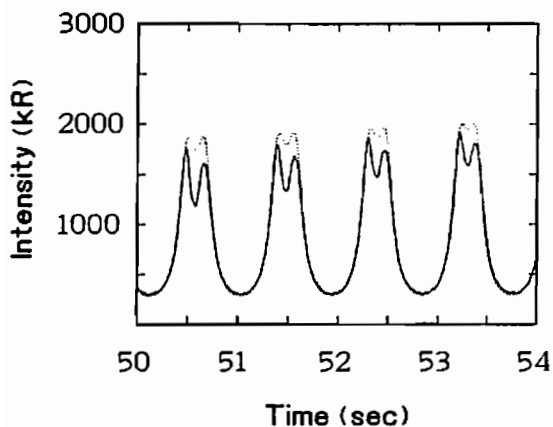


図 1

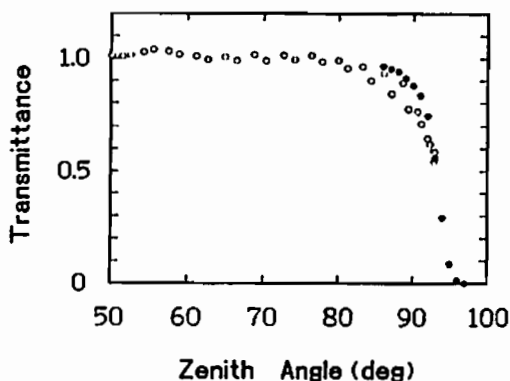


図 2

北 和之, 岩上直幹, 小川利敏 (東京大・理)

THE EXCITATION MECHANISM OF THE OXYGEN NIGHT AIRGLOWS AND ESTIMATION OF THE ATOMIC OXYGEN CONCENTRATION IN THE LOWER THERMOSPHERE FROM AIRGLOW EMISSION RATES.

Kita, K., N. Iwagami, and T. Ogawa  
Geophysics Reserch Laboratory, University of Tokyo.

The altitude profiles of volume emission rates of the oxygen night airglows, O<sub>2</sub> Herzberg I bands and OI 557.7 nm green line, were simultaneously observed by using sounding rockets. By examining the excitation and quenching mechanisms of the O<sub>2</sub> Herzberg I bands, the altitude variation of the oxygen atom concentration in the lower thermosphere (85-110 km) can be estimated. On the basis of the estimated oxygen atom concentration profiles, the OI green line is suggested to be excited via the two-step energy transfer mechanism.

熱圏において酸素原子は主成分の一つであり、その量はこの高度領域において最も重要なパラメーターの一つであると考えられている。高度 80-120km の下部熱圏域においては、これまで種々の方法で酸素原子密度の測定が試みられてきたが、まだ十分信頼性のある結果は得られていない。これは、共鳴線ランプや質量分析器などによる直接測定ではロケットの作る衝撃波の影響が避けがたく、また酸素族大気光、特に酸素原子緑線の強度から推定する方法では大気光の励起機構が不確定であることによるものである。

我々は、これまで3回のロケット観測で酸素族大気光、酸素分子ヘルツベルグI帯および酸素原子緑線の高度分布の測定を行ってきた。その結果、以前の学会講演会でも発表したように、酸素分子ヘルツベルグ帯は  $O+O+M$  の三体再結合にて直接励起され主に大気分子  $M (=O_2, N_2)$  との衝突で脱励起を受けることが確認でき、脱励起反応係数の範囲も定量的に決定することができた(図1)。このことから、O<sub>2</sub> ヘルツベルグI帯の発光強度から酸素原子密度の推定が可能であるただし、反応係数決定の精度から、絶対値については  $\sim$ factor 2 (最大4) 程度の精度である。しかし、その高度分布の形については、反応係数の不確定さを考慮にいれても  $\pm 20\%$  以内の精度で決定できた。図2に、3回のロケット観測で得られた酸素原子密度の高度分布を示す。

酸素原子 557.7 nm 緑線大気光の励起機構は1920年代より議論が続いてきた。近年、緑線大気光は直接励起ではなく、二段階励起で生じるという説が有力となってきているが、まだ最終的な決着はついていない。ここで得られた、酸素原子密度と緑線大気光の高度分布から、緑線大気光は二段階励起機構で励起されることが確定できた

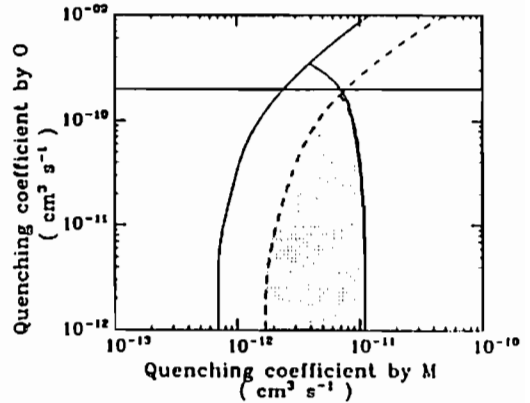


図1. O<sub>2</sub> (A) の脱励起反応係数の範囲。

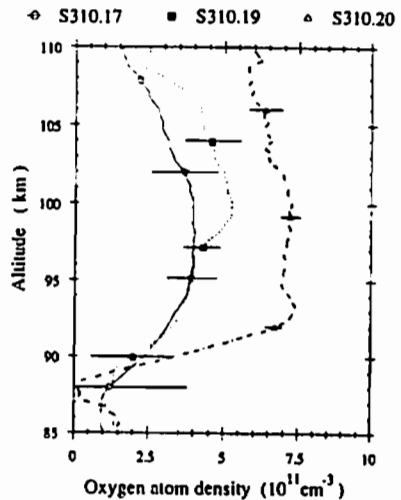


図2. 観測から推定された酸素原子高度分布。

水町勇一郎\*, 小山孝一郎\*\*, 鈴木勝久\*\*\*, 鈴木茂\*\*\*\*, 堤井信力\*\*\*\*, 小野茂\*\*\*\*, 野口信夫\*\*\*\*, 椎木陽次\*\*\*\*  
 \*) 東海大学航空宇宙学科, \*\*) 宇宙科学研究所, \*\*\*) 横浜国立大学, \*\*\*\*) 武蔵工業大学  
 \*\*\*\*\*) 東京理科大学

Measurement of vibrational temperature  
 Y. MIZUNACHI\*, K-I. OYAMA\*\*, K. SUZUKI\*\*\*, S. SUZUKI\*\*\*\*, S. TEII\*\*\*\*, S. ONO\*\*\*\*  
 N. NOGUCHI\*\*\*\*, Y. SHIIKI\*\*\*\*  
 \*) Department of Aeronautics and Astronautics, Tokai Univ\*\*) Institute of Space and Aeronautical Science\*\*\*\*) Yokohama national Univ\*\*\*\*\*) Department of electrical engineering, Musashi Institute of Technology\*\*\*\*\*) Science Univ of Tokyo

Abstract: A method to measure vibrational temperature of molecular nitrogen gas is being developed. Intensity of two emissions from  $B_2\Sigma_u^+$ / $X_2\Sigma_g^+$  transition, 4278 Å and 4236 Å are measured in order to know the population of  $N_2$  at  $v=0$  and  $v=1$  of  $B_2\Sigma_u^+$  state and then population of  $N_2$  of various levels at  $X_1\Sigma_g^+$  is calculated by using Franck-Condon factor. The results are being compared with that obtained by a different method.

まえがき

宇宙空間における窒素の振動温度は多くの研究者により議論されてきたが、実際に測定したのは唯一 O'Neil 等によるものである。この場合彼らはオーロラ中での振動温度に関して、上限値を示したのみにとどまっている。筆者らは、 $N_2$  振動温度を測定するための室内実験を始めたが測定できる見通しが得られたので、ここに第 1 報として報告する。

測定法：現在 2 種類の方法で窒素振動温度計測法を開発しつつある。その 1 つは  $N_2$  の  $C^3\Pi_u^- - B^3\Pi_u^-$  遷移の 4 つの光 3804, 3754, 3707 Å 及び 3671 Å の強度から  $C^3\Pi_u^-$  でのそれぞれの振動レベルにおける  $N_2$  の個数を計算し、これをもとに  $X^1\Sigma_g^+$  におけるそれぞれの振動レベルを持つ  $N_2$  の個数を求めて、最終的に振動温度  $T_v$  とする方法である。その第 2 は、 $N_2$  を電子ビームにより電離し

$B_2\Sigma_u^+ - X_2\Sigma_g^+$  遷移光のうち 4278, 4236 Å の 2 波長の強度を測定することにより  $B_2\Sigma_u^+$  の各振動レベルにおける  $N_2$  の個数を推定し、これらを  $X^1\Sigma_g^+$  における各レベルの個数を推定する方法である。それぞれのレベルにおけるすべての遷移がフランク・コンドンの原理に従うものとして計算する。ここでは後者について報告する。

システムの構成：実験の構成を図 1 に示す。タングステン線のフィラメントより放出した電子を数 keV に加速し、窒素分子を電離する。電子ビームに垂直な方向から分光計に導かれた光は光電子増倍管によりパルスカウント方式で検出する。波長スキャン幅は 500 Å、波長分解能は 7.5 Å である。図 2 に得られた波長スペクトルの一例を示す。

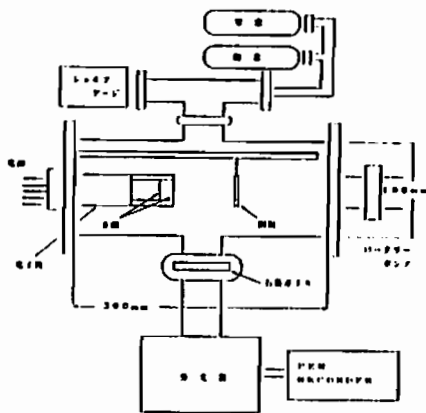


図 1. 実験装置

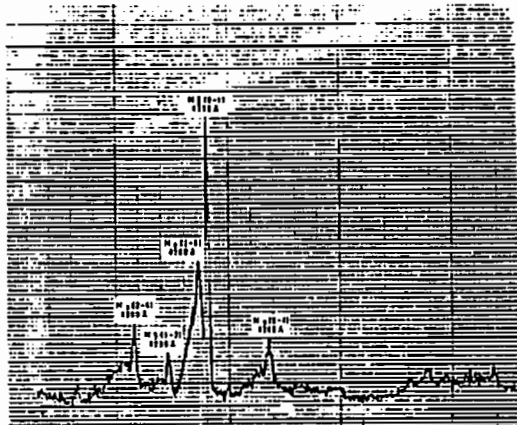


図 2. 得られたスペクトル

全天単色イメージ撮像による  
01557.7nm大気光変動の観測

○ 岡野 章一、久保田 実、田口 真、大沼利弘、福西 浩  
東北大理

MEASUREMENTS OF 01557.7NM AIRGLOW VARIATION OBSERVED  
WITH MONOCHROMATIC ALL-SKY IMAGING TECHNIQUE

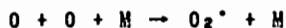
S. Okano, M. Kubota, M. Taguchi, T. Ohnuma, and H. Fukunishi  
Upper Atmosphere and Space Research Laboratory, Tohoku University

All-sky imaging observation of 01557.7nm airglow has been carried out at Mt. Zao Observatory of Tohoku University to detect variation of atomic oxygen density which is caused by atmospheric dynamics at the altitude of meso-thermospheric transition region. The instrument employed in the observation consists of an imaging optics with a full field of view of 150°, an interference filter with a FWHM of 2.0nm, and a 2-dimensional photon detector whose phosphor output is optically coupled to a CCD camera. Variations of irregular structures with a time scale of a few tens minutes and large day-to-day variations have so far been obtained.

酸素原子大気光 01557.7nm( $^1S-^1D$ )の励起は、酸素原子の再結合反応



および/または



によると考えられているので、中間圏から熱圏にかけての遷移層における酸素原子密度に敏感に反応することが予想される。またこれらの酸素原子再結合反応の時定数がいちじるしく長いことから 01557.7nm 大気光強度の変動は様々な時間的・空間的スケールの大気力学現象による酸素原子密度の変動を襲わずものと考えられる。従って全天にわたる 01557.7nm 大気光強度分布を撮像してその変動を高い時間分解能で測定することができれば、大気力学現象にともなう酸素原子密度の変動を知ることが可能となる。

このような目的で我々は 01557.7nm 大気光の全天単色イメージ撮像観測を蔵王観測

所において開始した。観測装置は、魚眼レンズを用いた光学系に半値全幅 2.0nm の干渉フィルターを挿入し、視野全角 150° の全天単色像を 2次元光子計数管(フォトンイメージングヘッド)に結像し、その蛍光面出力を CCDカメラで撮像するものである。フォトンイメージングヘッドはフォトンカウンティングモードで使用し二値化された画像を5分間にわたり積分してひとつの画像データとしている。こうして得られる画像データ上での検出限界感度は約 10R である。

1990年12月より現在までに得られた数晩の観測結果から、一晚以内にみられる数10分の時間スケールでの不規則構造の変動と大きな日々変動がとらえられている。現在観測で得られた生の画像データに対して Van Rhijn 効果および大気減光の補正を加えて解析を行っている。講演では本予稿以後の観測例を含めて解析結果を紹介する。

H42-13

南極昭和基地における  
熱圏ダイナミックスの  
ドップラーイメージング観測

中島英彰<sup>1</sup>、岡野章一<sup>1</sup>、小野高幸<sup>2</sup>、塩川和夫<sup>3</sup>、福西 浩<sup>1</sup>  
1 東北大理、 2 国立極地研、 3 名古屋大STE研

DOPPLER IMAGING OBSERVATIONS OF THERMOSPHERIC DYNAMICS  
AT SHOWA STATION, ANTARCTICA

H. Nakajima<sup>1</sup>, S. Okano<sup>1</sup>, T. Ono<sup>2</sup>, K. Shiokawa<sup>3</sup>, and H. Fukunishi<sup>1</sup>  
1 Upper Atmosphere and Space Research Laboratory, Tohoku University  
2 National Institute of Polar Research  
3 Solar Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University

Observations of thermospheric temperatures and winds have been made at Syowa station, Antarctica with a Fabry-Perot Doppler Imaging System for 46 nights covering various auroral conditions from quiet arc to active aurora. Although comprehensive analysis of Doppler imaging data stored in optical disks will be made after arriving of the data in Japan, preliminary results show that F region temperatures derived from profiles of auroral OI 630.0nm emission increase with a rapid response to auroral activity enhancement.

我々は昭和基地での第31次南極地域越冬観測においてファブリーペロドップラーイメージングシステムを用い熱圏も温度と風の空間分布の観測を実施した。観測は46夜にわたって行われ、その中には昭和基地でのKインデックスが0の静穏時から7の擾乱時まで含まれ、またオーロラのタイプもクワイエットアーク、ディフーズオーロラ、パルセーティングオーロラ、アクティブオーロラと様々な条件の下での観測が行われた。

オーロラ中の01557.7nmおよび01630.0nm輝線より得られた干渉フリンジはドップラーイメージングデータとして画像データの形で光ディスクに収納されており、これらのフリンジデータのドップラー幅・変位より熱圏温度・風の2次元分布およびその変動を求めるための本格的なデータ解析は1991年4月にデータが国内に持ち帰られた後に開始される。現在までに昭和基地で行われた予備的な解析では、01630.0nmによる干渉フリンジのドップラー幅から求

められるF層領域の熱圏温度が、オーロラ活動に対応して10分程度の特性時間で急激な上昇を示すような結果が得られている。熱圏風については、2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に画像歪の存在がみられるために風によるドップラー変位量を正確に求めるには今後画像歪の補正を施す必要がある。この補正は、既に得られている精密グリッドスケールを撮像したときの画像データを用いて行われる。

講演では昭和基地におけるオーロラドップラーイメージング観測の概況とデータ解析の現状について報告を行う。

# H42-14 D/H比測定用吸収セル付き 真空紫外分光計の開発 [IV]

° 川原琢也、岡野章一、福西浩  
東北大理

## DEVELOPMENT OF A VUV SPECTROMETER EQUIPPED WITH ABSORPTION CELLS FOR D/H RATIO MEASUREMENT [IV]

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

We are developing a vacuum ultraviolet spectrometer equipped with a set of absorption cells for D/H ratio measurements. The absorption cells are used to separate HLy $\alpha$  line and DLy $\alpha$  line whose separation is only 0.033 nm. Temporal changes of absorption amount for 2-hour duration were measured using an improved absorption cell in order to study the stability of absorption. The measurements were carried out for four combinations of H<sub>2</sub> lamp - H<sub>2</sub> gas, H<sub>2</sub> lamp - D<sub>2</sub> gas, D<sub>2</sub> lamp - H<sub>2</sub> gas, and D<sub>2</sub> lamp - D<sub>2</sub> gas. The absorption level changes greatly in the first ten minutes and gradually approaches to a constant level thereafter for each combination of the lamp and the gas.

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

前回の発表では、これまで用いていたバイレックス製吸収セルを以下のように改良して行なった実験の結果を示した。

①セル内で、熱解離により生成した水素原子のロスの原因となる金属部分をなくすために、吸収セルにテフロンバルブを取り付け、ガス供給部のステンレス管と、セルとを分離した。また、フィラメントのステム部分をガラスでカバーした。

②脱ガスによる残留気体分子と水素原子との反応が問題となるために、吸収セルにガスを封入する前にベークによるガス出しが可能な構造にした。

今回の実験ではさらに、吸収セルを高真空に引けるように、セルをポンプに近い位置にとりつけた。また、その位置で吸収反応実験が行えるように真空チャンバーにランプ、フォトマル、Ly $\alpha$ 干渉フィルターを納めて配置し、セルとは別のポンプで真空に引けるようにした。

現在までに、H<sub>2</sub>ランプ、D<sub>2</sub>ランプとH<sub>2</sub>ガス、D<sub>2</sub>ガスの全組合せについての吸収反応実験と、セルにガスを封じて一定温度でフィラメントを加熱した状態で、Ly $\alpha$ 線の吸収量の時間変化を見る実験を行なった。図1には H<sub>2</sub>ランプ、H<sub>2</sub>ガスを用い、フィラメント温度を1100℃に保ち、データ取得時のみ一時的に加熱を停

止する方法で得られた吸収量の時間変化を示す。縦軸はフォトマルに入射する全信号に対するHLy $\alpha$ の吸収の割合を表わす。吸収量は、時間とともに減少してきていることがわかる。

本講演では、この改良されたセルと高真空システムを用いて行なった、吸収量の時間変化についての実験結果とその考察について述べる。

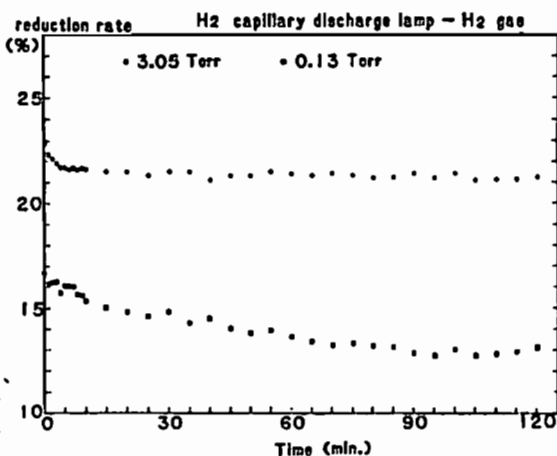


Figure 1 Temporal change of absorption with keeping a filament temperature at 1100°C. The data in the figure were obtained by using a H<sub>2</sub> capillary discharge lamp as a source and H<sub>2</sub> gas in a cell.

### OBSERVATION OF STRATOSPHERIC OZONE DISTRIBUTION BY ROCKET-OZONESONDE

Takashi WATANABE<sup>1</sup> and Toshihiro OGAWA<sup>2</sup>

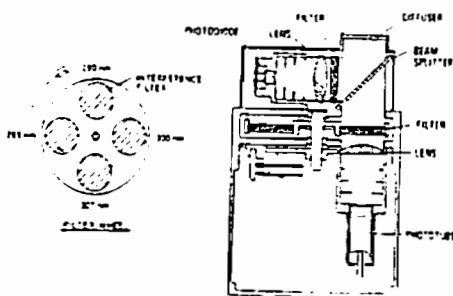
<sup>1</sup>:Tsukuba College of Technology

<sup>2</sup>:Geophysics Research Lab., University of Tokyo

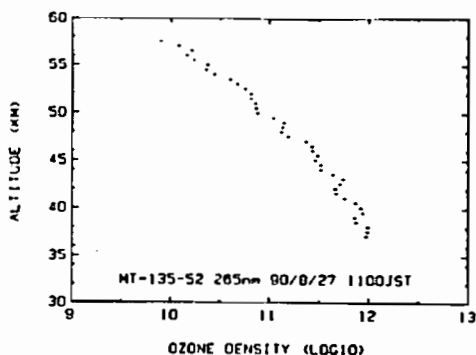
Altitude distribution of the stratospheric ozone density has been obtained using rocket-ozonesonde aboard a meteorological rocket MT-135. The ozone sensor consisted of four-color UV filter radiometers which measured the absorption of the solar radiance by ozone between 59 and 20 km at its descending stage with the parachute.

上部成層圏高度のオゾンはNO<sub>x</sub>やハロカーボン等の自然あるいは人工起源の成分の変動に対して非常にsensitiveであることが光化学理論により指摘されており理論の正否を観測のよって確かめることが必要である。また長期的変動についても現在観測データが十分とはいえこれをモニターすることも重要である。この成層圏オゾンを観測するために我々は以前よりロケットを用いた成層圏オゾン測定装置の開発を行ってきたが、昨年8月の実験において満足できる結果が得られたのでその結果を報告する。

オゾン観測装置(第1図)は拡散板を光入射部に用いた4チャンネルフィルタ回転式紫外放射計で観測波長は4波長(266,291,300,307nm)である。レファレンス波長としてオゾンの吸収の無視できる420nmの強度を測定。4色のフィルタフォトメーターは4枚のフィルタを乗せたフィルタホイールの回転により観測波長の切り替えをおこなう。観測器のデータはこれら4波長の光強度データ、及びレファレンス波長の光強度データの5種類と、温度センサーからの温度データの合計6種類のデータである。またパラシュート(ペイロード)の下降中の速度からは風のデータが得られる。第2図に265nmで得られたオゾン密度高度分布を示す(予備的な解析結果)。



第1図 観測装置光学系



第2図 265nmチャンネルのオゾン密度高度分布(予備的な解析結果)



# H42-P56

## Model calculations of the $N_2^+$ 1N vibrational Population Excited by Energetic $O^+$ Incident from the Ring Current

M. Ishimoto  
Computational Physics Inc., Annandale, Virginia U.S.A.

G. J. Romick  
The Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory,  
Laurel, Maryland U.S.A.

The  $N_2^+$  first negative (1N) emissions from anomalously populated high vibrational levels in the  $B^2\Sigma_u^+$  state have often been observed in subauroral regions during large storms. Energetic  $O^+$  from the ring current has been inferred to cause this anomalous vibrational enhancement. Using an  $O^+$  transport model, we have used various  $O^+$  energy spectra to calculate the intensities in this band system.

### Introduction

Anomalous optical spectra taken at mid-latitudes have been reported during large magnetic storms. One of the spectral characteristics is the drastic change in the vibrational and rotational distributions in the  $N_2^+$  first negative band system compared to that expected from pure auroral electron excitation (Figure 1).

A Lockheed instrumented satellite observed the precipitation of oxygen ions with energies less than 12 keV during a number of large storms in 1970. The energy flux reached  $1 \text{ erg cm}^{-2}\text{s}^{-1}$  around  $60^\circ$  geomagnetic latitude. More recently, TIROS/NOAA satellites have observed the precipitation of ions with energies greater than 30 keV up to total energy flux of  $30 \text{ erg cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ .

Our objective is to see whether these types of energetic  $O^+$  fluxes can produce the observed vibrationally enhanced 1N emissions. The atmospheric consequences (ionization and heating) due to such energetic particles will also be considered.

### Results

The 1N emission spectra are highly sensitive to the shape of the incident  $O^+$  energy spectra. Our calculation shows that an  $O^+$  synthetic spectrum similar to that observed, can produce a 1N emission distribution with vibrational populations close to that observed at mid-latitudes. The emission ratio of the (1-1)/(0-0) and (2-2)/(0-0) bands are a factor of two and eight, respectively, larger compared to the ratios at the Frank-Condon limit. A total energy flux of  $10 \text{ erg cm}^{-2}\text{s}^{-1}$  would produce emission intensities similar to those observed at mid-latitudes. This quantity of incident energetic  $O^+$  results in atmospheric heating three times larger than that produced by noon solar EUV radiation. Figure 2 shows the altitude distribution of the emission rate and the total column emission ratio of the (1-1) to (0-0) band.

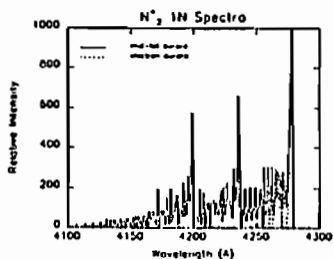


Fig. 1

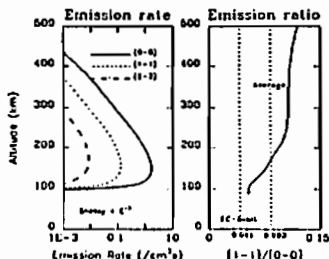


Fig. 2

固体惑星

P57~59

(P31: P会場)

# P31-P57 FORMATION ANALYSIS OF SHOCKED QUARTZ

Y. MIURA

Faculty of Science, Yamaguchi University, Yamaguchi, 753.

The purposes of the present study are (1) silica mineral change by shock metamorphism, and (2) application of the formation process to natural impact craters and Cretaceous-Tertiary (K/T) boundary samples.

Impact metamorphism of silica minerals can be analyzed by (1) volume percentage of shocked quartz width [1], and (2) change of the calculated density. From the structural data shocked silica minerals, the following formation stages are considered in this study [2,3].

1) Compression stage of shock impact. High pressure type silica minerals of stishovite and coesite are formed during this stage. However, immediately after the compression due to shock impact, the silica phases are transformed to quartz of lower pressure silica type. Thus high pressure type silica is very difficult to find.

2) The initial release stage. Shocked quartz grains with shock lamellae were formed at the release from the compression stage. The difference in volume between stishovite (or coesite) and quartz is the mechanism for generating the lamellar formation which indicates shock lamellae after expanding in volume (<1 vol.%) from the stishovite (or coesite) fields.

3) The later release of contamination stage. This type of shocked quartz shows a lower density and a decorated planar texture and is formed at the later release of the contamination stage. The planar lamellae are replaced by a fluid solution which is the main cause of the lowering of the measured density of quartz grain at the final stage. It is difficult to clearly differentiate between the formations generated by impact and igneous (i.e. volcanic) process at the later stage.

The above results can be applied to the formation processes of shocked quartz minerals in impact craters and K/T boundary samples. Relation between shock lamellae percentage (i.e. x vol.%) and shock pressure (i.e. y kbar) is expressed by the following equation.

$$y = 6.3 \cdot x + 50.0 \quad (r=0.96)$$

Relation between density deviation  $\Delta \rho$  (%) obtained from cell-parameters of quartz grains (i.e. x %) and shock pressure obtained from shock lamellae of Charlevoix crater [4,5] (i.e. y kbar) is expressed by the following equation.

$$y = 0.15 \cdot x \quad (r=1.00)$$

The present research is supported by the Grant-in-Aid for Scientific Research on Priority Areas (Shock Wave Research) of the Japanese Ministry of Education, Science and Culture.

## References:

- [1] Bohor B. F. et al. (1986): Science, 224, 867-869.
- [2] Miura, Y. and Imai, M. (1990): Intern. Workshop on Meteoritic Impact on the Early Earth (Perth). LPI Contribution, No. 746, 30-31.
- [3] Miura, Y. (1991): Shock Wave, an International Journal (in press).
- [4] Robertson, P.B. (1975): Geol. Soc. America Bull., 86, 1630-1638.
- [5] Miura, Y., Ashida, T. and Okamoto, K. (1990): Intern. Workshop on Meteoritic Impact on the Early Earth. LPI Contribution, 746, 34-35.

## Experimental Demonstrations of Formation of Tetraetaenite Phase

Chihiro Kaito and Yoshio Saito

Kyoto Institute of Technology, Matsugasaki Sakyo ku Kyoto 606

The magnetization of tetraetaenite containing meteorites is practically important in the paleomagnetic reserach of the primordial solar system, because of the unuseally high magnetic coersivity of the tetraetaenite. These meteorites have been cooled slowly  $100^{\circ}\text{C}/10^8\text{yr}$  and Fe-Ni regions have been developed a characteristic structure. It is impossible to produce the tetraetaenite phase in the laboratory by conventional heating of laboratory Fe-Ni alloy. The man-made tetraetaenite due to neutron radiatlion and high energy electron radiation is considered to be due to the enhance the diffusion of Fe and Ni by irradiation of the taenite (disordered phase). In the present report, we would like to show three production methods of the ordered phase grains. Small grains can be produced by the gas evaporation technique, in which a material is heated in an atmosphere of inert gas. Since the crystallite grains are grown in an atmosphere without any substrate in many cases, they form three-dimentional solid grains from the gas phase. The most important mechanism in this technique is the coalescence growth. The coalescence depends on the particle size and particle temperature. Some of the nature of small grain may be appeared.

(i) Production of tetraetaenite phase by coalescence between Fe smoke and Ni smoke grains. The grain sizes of Fe and Ni were  $10 \sim 50 \text{ nm}$ . The ordered phases can be produced above  $200^{\circ}\text{C}$  by coalescence between Fe solid grain and Ni solid grain.

(ii) Production of tetraetaenite phase by evaporating the disordered alloy of  $\text{Fe}_{50}\text{Ni}_{50}$  by ordinary gas evaporation method. A new collection method and formation condition of the tetraetaenite grains have been elucidated.

(iii) A new production method of tetraetaenite phase by the reaction between film and grain. The ordered phase can be produced by the reaction at  $300^{\circ}\text{C}$ . Our res ults show that the formation of vacancy is an important aspect of the formation of ordered phases at low temperature.

佐納康治 (京都大学理学部)

Yasuharu SANO (Faculty of Science, Kyoto Univ.)

A new scaling law for the planetary magnetism was developed on the assumption that the Lorentz force balances the Coriolis force in the planetary core. We will also assume a steady  $\alpha\omega$ -dynamo model. In deriving the scaling law we decomposed the vector fields into the toroidal and poloidal components, and dealt with them separately. The poloidal and toroidal parts of the induction and Navier-Stokes equations suggest that the following relations roughly hold between poloidal magnetic field  $B_P$ , toroidal magnetic field  $B_T$ , poloidal velocity field  $v_P$ , and toroidal velocity field  $v_T$  in the core:

$$B_T \sim \mu\sigma r_c v_T B_P \quad (1)$$

$$B_P \sim \mu\sigma r_c \alpha B_T \quad (2)$$

$$B_P B_T \sim 2\mu\rho r_c v_P \Omega \quad (3)$$

$$B_P^2 + B_T^2 \sim 2\mu\rho r_c v_T \Omega \quad (4)$$

where  $\mu$ ,  $\sigma$ ,  $\Omega$ ,  $\rho$  and  $r_c$  respectively denote the magnetic permeability, the electric conductivity, the angular velocity, the mean density, and the radius of a planet's core. The coefficient  $\alpha$  is related to the mean electromotive force arising from turbulence in the core. The above equations lead to

$$v_T \sim \frac{2\rho\Omega}{\mu r_c (\sigma B_P)^2} \quad (5)$$

$$B_T \sim \frac{2\rho\Omega}{\sigma B_P} \quad (6)$$

$$v_P \sim \frac{1}{\mu\sigma r_c} \quad (7)$$

It is seen that the ratio of the toroidal to the poloidal magnetic field, which shall be denoted by  $\gamma$ , also gives the toroidal/poloidal ratio of the velocity field:

$$\gamma \equiv \frac{B_T}{B_P} = \frac{v_T}{v_P} \sim \frac{2\rho\Omega}{\sigma B_P^2} \quad (8)$$

For the earth, we obtain

$$\begin{aligned} v_P &\sim 2 \times 10^{-7} [\text{ms}^{-1}], & v_T &\sim 3 \times 10^{-6} [\text{ms}^{-1}], \\ B_T &\sim 5 \times 10^{-3} [\text{T}], & \gamma &\sim 16, & \alpha &\sim 1 \times 10^{-8} [\text{ms}^{-1}] \end{aligned} \quad (9)$$

If we set up a simple assumption on the coefficient  $\alpha$  that it depends on  $\Omega$  by

$$\alpha \propto \Omega^\nu \quad (10)$$

we can express the dipole moment of a planet by the combination of four basic parameters:

$$M \propto r_c^{7/2} \rho^{1/2} \Omega^{(1+\nu)/2} \quad (11)$$

The prediction agrees well with the observations in both cases where  $\nu = 0.5$  and  $\nu = 1.0$ .