

山岸

第16回  
極域における電離圏磁気圏  
総合観測シンポジウム  
プログラム

The Sixteenth Symposium  
on Coordinated Observations of the Ionosphere  
and the Magnetosphere in the Polar Regions

Programme and Abstracts

1992年12月15日（火）－ 12月16日（水）

December 15 - 16, 1992

国立極地研究所

National Institute of Polar Research  
Tokyo, Japan

第16回

極域における電離圏磁気圏

総合観測シンポジウム

プログラム

1992年12月15日（火） 9時50分 — 17時45分  
12月16日（水） 9時30分 — 18時00分

会場： 国立極地研究所 管理棟6階講堂

主催： 国立極地研究所

第16回 極域における電離圏磁気圏総合観測シンポジウム

9: 50	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
所長 挨拶	I. HF波動	II. VLF波動	昼 食	III. ULF波動	IV. サブストーム 関連現象	休 憩	V. 磁気圏・電離圏結合	VI. 磁気圏・電離圏結合	VII. 磁気圏・電離圏結合	VIII. 磁気圏・電離圏結合	懇親会 研究棟2階 講義室

12月15日  
(火曜日)

9: 30	10	11	12	13	14	15	16	17	18
VI. 太陽圏、 磁気圏境界面	VII. 磁気嵐	昼 食	ポスター セッション	VIII. オーロラ関連現象	休 憩	IX. PPB・ 大気球 観測	X. 将来計画	XI. 将来計画	XII. 将来計画

12月16日  
(水曜日)

講演時間： 口頭発表 講演12分 討論3分

国立極地研究所  
第16回極域における電離圏磁気圏総合観測シンポジウム

1992年12月15・16日

国立極地研究所

12月15日 (火曜日) 9:50~17:45

挨拶 星合孝男 国立極地研究所長

I. HF波動 (10:00~10:45) 座長 宮岡宏(極地研)

1. 高周波電磁波の伝搬における不均一プラズマの影響  
上田裕子(千葉大・工) 松本紘、大村善治(京大・超高層)  
奥沢隆志(電通大)
2. あけぼの衛星で観測された極冠域静電的プラズマ波動 Burst 現象のスペクトル解析  
松本英児、大家寛(東北大・理)
3. あけぼの衛星によって観測された極域外圏域における地球ヘクトメートル波のモード変換過程  
飯島雅英、大家寛(東北大・理)

II. VLF波動 (10:45~12:15) 座長 木村磐根(京大・工)

4. 空電による大規模下部電離層擾乱観測システム  
本郷義太加、島倉信(千葉大・工) 早川正士(電通大)
5. あけぼの衛星で観測された VLF 波動の振幅・位相変化の微細構造  
笠原禎也、大前拓也(京大・工) P. A. Rosen (J. P. L. NASA, USA)  
秦穰、長野勇(金沢大・工) 大森康伸(宇宙研) 木村磐根(京大・工)
6. あけぼの衛星で観測された VLF 波動の伝搬ベクトルの向きの決定  
吉田健一郎、剣持秀紀、笠原禎也、木村磐根(京大・工)
7. 極域電離層中での非線形波動-波動相互作用の観測  
大浪哲、早川正士、(電通大) 恩藤忠典(通総研) T. F. Bell(Stanford Univ.)



8. デザー・ロケット実験 (CHARGE-2B) で観測された VLF 波動  
白井基文 (電通大) 阿部琢美 (NRC) 佐々木進、小山孝一郎、  
河島信樹 (宇宙研) W. J. Raitt (ユタ州立大)
9. LF デッカ局電波のホイスラ・モード波の共役点観測  
田中義人、高橋文明、西野正徳、加藤泰男 (名大・STE研)

---

---

昼食 (12 : 15 ~ 13 : 00)

---

---

III. ULF波動 (13 : 00 ~ 14 : 15) 座長 桜井亨 (東海大・工)

10. Pi 2 Cavity は存在するか？  
北村泰一、篠原学 (九大・理)
11. 太陽風圧力振動に起因するグローバル Pc 5 振動  
坂翁介 (九大・理) 飯島健 (東大・理)
12. 汎世界的に現れる Pc 5 脈動の性質について  
藤谷攝子、荒木徹 (京大・理) 湯元清文、塩川和男 (名大・STE研)  
L. Chang-Fa (中国科学院) H. Luhr (ブラウンシュヴェイク工科大)  
D.Orr (ヨーク大) D.K.R.Rao (インド地磁気研究所)
13. 最外殻境界面を横切るエネルギー流を考慮した空洞内磁気流体波  
藤田茂 (気象大) K.-H.Glassmeier (Braunschweig Univ.)
14. ゴッドハブで観測したポーラカスプ ULF 波動および磁場変動の昼側励起、およびこれに関連したオーロラ活動  
桜井亨 (東海大・工) 卷田和男 (拓大・工) 加藤賢一 (東海大・工)  
山岸久雄 (極地研)

IV. サブストーム関連現象 (14 : 15 ~ 15 : 45) 座長 上出洋介 (名大・STE研)

15. RELATIONSHIP BETWEEN IMF By AND GEOMAGNETIC ACTIVITY IN THE SOUTHERN POLAR CAP  
S. SAROSO (京大・理)
16. ポーラー・シャワーの IMF By 成分依存性とトランスポーラー・アーク  
篠原育 (東大・理) 山本達人 (宇宙研) 金田榮祐、國分征 (東大・理)

17. 極冠サイズのサブストーム依存性  
伊藤勝尚、上出洋介、小口高、荻野龍樹、西谷望（名大・STE研）  
J. S. Murphree（カルガリー大） J. D. Craven（アラスカ大）  
L. A. Frank（アイオワ大）
18. 地磁気静穏時におけるオーロラ・オーバルの形態変化  
平澤威男（極地研）
19. The Substorm-Associated Evolution of Plasma Regime and Birkeland Currents in the Dayside High Latitudes  
渡辺正和、飯島健（東大・理）
20. 磁気圏サブストームに同期したプラズマ圏の変動と電磁圏結合  
森岡昭、大家寛（東北大・理）

---

---

休憩（15：45～16：00）

---

---

V. 磁気圏・電離圏結合（16：00～17：45） 座長 藤井良一（名大・STE研）

21. Auroral Electrojet の電場、Conductivity 依存性  
佐藤真理子、上出洋介（名大・STE研） 野澤悟徳、A. Brekke（トロムセ大）
22. 地上で観測されたオーロラ輝度と電離層電気伝導度との比較  
石井守、家森俊彦（京大・理） 杉浦正久（東海大開発技研）  
J. A. Slavin（NASA/GSFC）
23. 沿磁力線電流の向きと  $\text{div}E$  との関係について  
藤井良一（名大・STE研）
24. あけぼの衛星で観測されたカスプ領域の沿磁力線電流構造  
福西浩（東北大・理） 向井利典、早川基、鶴田浩一郎（宇宙研）
25. 夜側オーロラ・オーヴァル極側境界域における電離圏－磁気圏結合過程  
長妻努、福西浩（東北大・理） 向井利典、早川基、松岡彩子（宇宙研）
26. あけぼの衛星で観測された沿磁力線電位差空間分布に関する考察  
坂野井健、福西浩（東北大・理） 向井利典（宇宙研）

27. Akebono/SMS で観測された極域電離圏のイオン温度  
佐川永一（通総研） 渡部重十（北海道情報技研）

懇親会（18：00～20：00）

12月16日（水曜日） 9：30～17：45

- VI. 太陽圏、磁気圏境界面（9：30～10：30） 座長 丸橋克英（通総研）

28. 太陽圏外圏極域構造

鷺見治一（名大・STE研）

29. 太陽 CORONA 領域の磁場構造変化とそのSUBSTORMへの影響

斎藤尚生、高橋忠利（東北大・理） 常田佐久（東大・理） 小塚幸央、  
渡辺堯（名大・STE研）

30. GEOTAIL 衛星による昼間側磁気圏境界面の観測

鶴田浩一郎（宇宙研） 國分征（東大・理） 山本達人、早川基、中村正人、  
松岡彩子（宇宙研） 林幹治（東大・理） 岡田敏美（富山県立大）  
Forest MOZER（U.C.Berkeley）

31. 成層圏、対流圏における太陽活動の影響

渡辺堯（名大・STE研） 藤田恵理子（愛知教育大）

- VII. 磁気嵐（10：30～12：15） 座長 菊池崇（通総研）

32. 磁気嵐に関する統計

丸橋克英、大高一弘（通総研） 宮岡宏（極地研）

33. D-REGION OBSERVATIONS OF POLAR CAP ABSORPTION EVENTS IN 1981-1989

H.RANTA（Geophysical Observatory, Finland）

34. 地磁気嵐における熱圏中性気体の力学的応答 一子午面内大循環と大気重力波の相  
対的役割一

前田佐和子（京都造形芸術大） 藤原均（東北大・理）

35. 1992年2月27日の磁気嵐時の TID 現象に伴う OI630.0nm 大気光の急増光  
久保田実、大久保一郎、岡野章一、福西浩（東北大・理）
36. 1989年3月ストーム時における中緯度電場構造  
岡田敏美（富山県立大・工） 早川基、鶴田浩一郎、西田篤弘、松岡彩子  
（宇宙研）
37. CHARACTERISTICS OF MAGNETIC VARIATIONS CAUSED BY LOW-LATITUDE  
AURORAE OBSERVED AROUND 210° MAGNETIC MERIDIAN  
遠藤崇行、湯元清文、塩川和男、田中義人、小口高（名大・STE研）
38. DMSP and ground photometric observations of the low-latitude aurora  
宮岡宏、平澤威男（極地研） 湯元清文、田中義人（名大・STE研）

---

---

昼食（12：15～13：00）

---

---

---

ポスターセッション（13：00～14：30）

---

- P 1. イメージングリオメータによるオーロラ吸収画像の地磁気共役点観測  
山岸久雄（極地研） 山崎一郎（通総研） 西野正徳（名大・STE研）  
菊池崇（通総研） 佐藤夏雄（極地研）
- P 2. ニーオルスン（L=16）のイメージングリオメータによる昼間側オーロラ吸収画像の  
特性  
西野正徳、田中義人、小口高（名大・STE研） 山岸久雄（極地研）
- P 3. PPB-1,2号機による磁場の全磁力データ解析の一考察  
松橋直人、高村直也、遠山文雄、桜井亨、利根川豊（東海大・工）  
藤井良一（名大・STE研） 江尻全機（極地研）
- P 4. Pc1 waves observed by DE-1  
岡亜伊子、家森俊彦（京大・理） 杉浦正久（東海大開発技研）  
J. A. Slavin (NASA/GSFC)
- P 5. 人工衛星 EXOS-D により観測した磁気圏 ULF 波動の特性  
町屋広和、利根川豊、桜井亨（東海大・工）



- ✓ P 6. イメージングリオメータと地上多点観測による Pc5 地磁気脈動と CNA  
加藤賢一 (東海大・工) 山岸久雄 (極地研) 利根川豊 (東海大・工)  
 佐藤夏雄 (極地研) 坂翁介 (九大・理)
- ✓ P 7. 赤道域 ULF pulsations とプラズマシート粒子のインジェクション  
渡辺修、坂翁介 (九大・理)
- ✓ P 8. ホイッスラおよび空電の到来方位測定について  
嶋直樹 (電通大) 渡辺雄一、島倉信、(千葉大・工) 早川正士 (電通大)
- ✓ P 9. 位相解析と周波数解析による非定常 VLF 波動の到来方位推定の比較  
大矢浩代、本郷義太加、上田裕子、島倉信 (千葉大・工)
- ✓ P10. 磁気圏 VLF/ELF 波の波動分布関数方位測定法  
 山口勝 (電通大) 服部克巳、岩間尚文 (富山県立大) 早川正士 (電通大)
- ✓ P11. あけぼの衛星で観測されたノーズホイッスラーの伝搬特性  
早田卓益、笠原禎也、松尾敏郎、木村磐根 (京大・工)
- ✓ P12. Theoretical Consideration of hiss-triggered chorus emission  
服部克巳 (富山県立大) 早川正士 (電通大)
- ✓ P13. Estimation of Wave Distribution Function of Magnetospheric VLF Waves : Solution independent of Wave polarisation  
 島倉信 (千葉大・工、BAS) A. J. Smith (BAS) 奈良久美子 (千葉大・工)  
 早川正士 (電通大)
- ✓ P14. Transpolar Arc の特性  
金田榮祐、篠原育 (東大・理)
- P15. 女川ー仙台磁場変動データモニタシステム  
高橋忠利 田村忠義 斎藤尚生 (東北大・理)
- ✓ P16. 露点ゾンデの開発  
岩坂泰信、林政彦、松永捷司、村井康裕 (名大・STE研)
- ✓ P17. インフラソニック波関連の大気波動観測  
南繁行、鈴木裕 (大阪市大・工)
- P18. 南極昭和基地ー日本間 GPS 時刻比較実験  
小竹昇、相田政則、洪水政昭、佐藤得男 (通総研)
- P19. 混信の発生源について  
行松彰 江尻全機 門倉昭 (極地研) 荒木徹 (京大・理)

VIII. オーロラ関連現象 (14:30~16:00) 座長 麻生武彦(京大・工)

39. オーロラステレオ観測画像のトモグラフィー解析手法について(IV)  
麻生武彦、藪哲郎、橋本岳、阿部稔(京大・工) 江尻全機、宮岡宏、小野高幸、  
山岸久雄(極地研)
40. オーロラ光学観測による降下電子エネルギーパラメータの推定とオーロラ粒子ダイ  
ナミックス理解への応用  
小野高幸(極地研) 守嶋圭、國分征(東大・理) 平澤威男(極地研)
41. オーロラ輝線強度比から推定される降下電子の平均エネルギー、数フラックス、全  
エネルギーフラックスの関係  
守嶋圭(東大・理) 小野高幸(極地研) 國分征(東大・理)  
平澤威男(極地研)
42. 多点観測 TV データを用いた南北共役オーロラの解析  
港屋浩一(電通大) 小野高幸、佐藤夏雄、山岸久雄(極地研)  
藤井良一(名大・STE研) 卷田和男(拓殖大) 芳野赳夫(電通大)
43. オーロラアークに伴う50MHzレーダのダブルスピードスペクトル  
五十嵐喜良(通総研) 小川忠彦(平磯宇宙環境センター)
44. カस्प近傍でのHFドップラ観測  
野崎憲朗、菊池崇(通総研)

---

---

休憩 (16:00~16:15)

---

---

IX. PPB・大気球観測 (16:15~17:15) 座長 矢島信之(宇宙研)

45. 極域大気球観測について  
小玉正弘(理研)
46. 南極周回気球(PPB)実験  
江尻全機(極地研) 矢島信之(宇宙研) PPBチーム
47. 第34次隊によるPPB実験における磁場観測計画  
遠山文雄、利根川豊(東海大・工) 佐藤夏雄、門倉昭、江尻全機(極地研)  
並木道義、矢島信之(宇宙研) PPBチーム

48. JARE34PPBによる電離層電場観測（計画）

門倉昭、江尻全機（極地研） E. A. Bering、J. R. Benbrook（ヒューストン大）  
藤井良一（名大・STE研） 利根川豊（東海大・工） PPBグループ

X. 将来計画（17:15~18:00） 座長 江尻全機（極地研）

49. ミリ波、サブミリ波電波望遠鏡による南極成層圏大気観測計画

落合啓、増子治信、丸橋克英（通総研） 長谷川哲夫、林正彦（東大・理）  
江尻全機（極地研）

50. 南極大陸におけるサブミリ波天文観測の可能性の検討

長谷川哲夫、林正彦（東大・理） 落合啓、増子治信、丸橋克英（通総研）  
江尻全機（極地研）

51. 電離層トモグラフィー観測計画

國武学、大高一弘、田中高史、小川忠彦、近藤哲朗、今江理人、石橋弘光、  
菊池崇、五十嵐喜良、丸橋克英（通総研） 小野高幸（極地研） 森岡昭、  
大家寛（東北大・理）

第16回  
極域における電離圏磁気圏総合観測シンポジウム  
講演要旨（口頭発表）

The Sixteenth Symposium  
on Coordinated Observations of the Ionosphere  
and the Magnetosphere in the Polar Regions

Abstracts  
(Oral Presentation)

1992年12月15日（火）－ 12月16日（水）  
December 15 - 16, 1992

国立極地研究所

National Institute of Polar Research  
Tokyo, Japan



## 高周波電磁波の伝搬における不均一プラズマの影響

上田 裕子<sup>1</sup> 松本 紘<sup>2</sup> 大村 善治<sup>2</sup> 奥沢 隆志<sup>3</sup>

<sup>1</sup>千葉大工 <sup>2</sup>京大超高層 <sup>3</sup>電通大

### Influence of Density Irregularity on High-Frequency Wave Propagation

H. Ueda<sup>1</sup> H. Matsumoto<sup>2</sup> Y. Omura<sup>2</sup> T. Okuzawa<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Chiba Univ. <sup>2</sup>RASC Kyoto Univ. <sup>3</sup>Denki-tsushin Univ.

To study an effect of microscale density irregularity on propagation of electromagnetic waves, we performed computer experiments using electromagnetic particle code. In a model region, Gaussian density distribution is assumed for both ion and electron along the direction parallel to  $B_0$ , which scale length is several times larger than wave length of O-mode wave. It is found that wave field becomes nonuniform according to electron density distribution changed by  $\nabla P$  effect, and the phenomena depends on  $\nabla n$  and wave frequency.

電離層プラズマ中にはイオン音波によるものをはじめとしてさまざまなスケールの密度不均一が存在する。このようなプラズマ中を伝搬する電磁波は非線形相互作用による散乱、静電波の励起、プラズマの加熱などを引き起こし、また一方密度勾配に起因する  $\nabla P$  効果により電子密度分布そのものを変化させると考えられる。太陽発電衛星 (SPS) 計画にとってはこのような影響をあらかじめ定量的に検討することは重要である。

そこで計算機実験により電磁波の波長に対して数倍から数十倍程度のミクروسケールのイレギュラリティをもつプラズマの電磁波に対する影響を調べた。図1に示すような電子およびイオン密度が共に O モード波の伝搬方向と垂直方向にガウス分布をもつプラズマを仮定して行った計算機実験の結果、電子密度分布に電磁波の波長に応じて局所的に高密度となる領域が生じ (図2)、それに伴って電磁波の波形も変化することなどが明らかになった。発表ではこのような現象における  $\nabla n$ 、および周波数依存性などについて考察する。

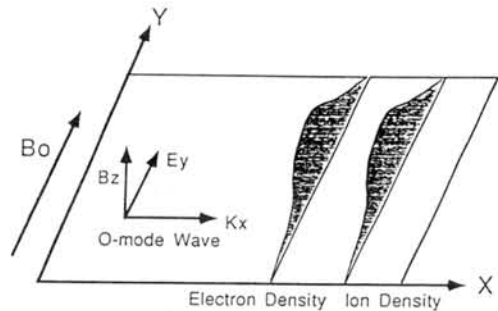


Fig.1 Model of computer experiment

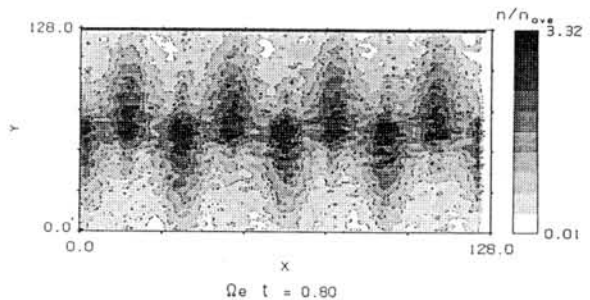


Fig.2 Spatial distribution of electron density

あけぼの衛星で観測された  
極冠域静電的プラズマ波動Burst現象のスペクトル解析

・ 松本 英児・ 大家 寛 (東北大理)

The analysis of electrostatic bursts  
observed by the Akebono satellite in the polar cap region

・ E.Matsumoto and H.Oya ( Geophysical Institute, Tohoku Univ. Sendai 980 Japan )

Using the high frequency resolution plasma wave detector, PWS, onboard the EXOS-D (Akebono) satellite, intense plasma wave bursts have been detected in the polar region in the magnetic latitude range from 75° to 80°. The observed spectra show three types, i.e., (1) Broadband spectra ( beyond electron plasma frequency up to UHR frequency ), (2) Coupling spectra between UHR frequency and electron plasma frequency, (3) Enhancement at 2nd and 3rd harmonics of UHR frequency. The generation of these plasma wave bursts is closely related to the precipitating energetic particles at the polar cap edge (or inside), and indicates the strong non-linear wave-particle interaction process.

1 序

磁気圏尾部においてIMP6/7などの衛星により発見された広帯域静電Burst現象 (BEN) は、多くの研究者によって研究されてきたが、あけぼの衛星やViking衛星によって地球極域上空においても静電的Burst現象が観測された。このBurst現象は、数Hzから数kHzにまで及ぶ広帯域性を示しており、あけぼの衛星に搭載されている波動観測装置PWSによってこのBurstの高周波成分のスペクトル解析を行った。

2 データ解析

この静電的プラズマ波動Burst現象は、そのスペクトルの形から3つのタイプに分類された。それは、

(1) 連続的なスペクトル (プラズマ周波数を越えてUHR周波数にまで至る。細かい構造が重畳している。)

(2) UHR周波数とプラズマ周波数とがカップリングするスペクトル

(3) 第2、第3までのびるUHR周波数の高調波成分を持つスペクトル

の3種類で、これら3つとも共通してパルス性を持っており、降下粒子によって励起されin situに観測している現象と結論される。図1に(2)のタイプの1例を示す。Whistler mode波とUHR波、そして $f_p$ と $f_{UHR}$ に第3のピークがあらわれている。静電的プラズマ波動の発生場所は、高度8000kmから10000km、磁気緯度70度から80度で、昼側のLocal timeで多く発生することが明らかにされた。

3 発生機構の考察

本質的に非線形現象であるこの極域静電Burst現象の発生は、電子ビームによる単なる線形範囲のビーム不安定でなく、強い高次の非線形現象である三次非線形波動-粒子相互作用、即ち $(\omega_{UHR} \pm \omega_p - \omega_{Event}) - (\vec{k}_{UHR} \pm \vec{k}_p - \vec{k}_{Event}) \cdot \vec{v}_b = 0$ が生じていると結論される。これにより線形領域では正の成長率を持たないビームモードに対し、高次の非線形波動-粒子相互作用によってエネルギーの供給が行われていると考えられる。

これを定量的に示すため、J.Teichmann(1968)によって発展されたWave kinetic eq.を3次の項まで考慮した。

$$\frac{\partial N_k}{\partial t} = \gamma_k N_k + \sum_{k_1, k_2} [L_{k_1, k-k_1} N_{k_1} N_{k-k_1} + L_{k, k_1} N_k N_{k_1} + M_{k_1, k_2, k-k_1} N_{k_1} N_{k_2} N_{k-k_1} + M_{k, k_1, k_2} N_{k_1} N_{k_2} N_k]$$

現在この3次非線形波動-粒子相互作用の式の数値解を求め、ビームモードの波のエネルギーについて成長する過程を明らかにしようとしている。

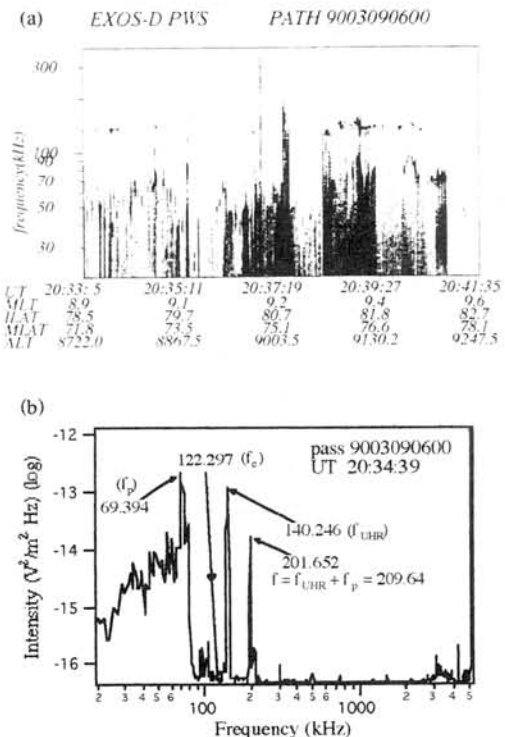


Figure 1 Example of Dynamic Spectra(a) and cross section of spectrum for type 3 ( coupling between UHR and Whistler ) BEN.

あけぼの衛星によって観測された極域外圏域における  
地球ヘクトメートル波のモード変換過程

飯島 雅英、大家 寛（東北大・理）

Mode Conversion Processes of Terrestrial Hectometric  
Radiation Observed by Akebono (EXOS-D) satellite

M. Iizima and H. Oya (Tohoku Univ.)

Since the initial study by Oya(1971), mode conversion processes from electrostatic plasma waves into electromagnetic waves have been considered to be one of the main processes to produce electromagnetic waves in the space plasma.

Terrestrial Hectometric Radiations (THR) observed by the Akebono satellite show frequently the nature of discrete multi-band emissions in their spectra in the polar region. To understand the origin of these banded structure of the THR emission spectra, the mode conversion processes are analyzed for the model of the multiple slab plasma which is very likely to be formed in the region of auroral particle precipitations. The effects of slab density distribution for THR spectra have been clarified in the present numerical calculations; i.e., the energy conversion rates to the escaping electromagnetic waves become large periodically indicating that these finite slab effects can be the origin of discrete multi-band emissions in the THR spectra. Sometimes the formation of slabs are intimately related to the ion cyclotron waves in the polar topside ionosphere.

[序]

宇宙空間における電磁波放射の機構として、静電的プラズマ波動から電磁波へのモード変換が Oya (1971) によって提唱されて以来、木星デカメートル電波 (Oya, 1974)、プラズマボーズからの continuum radiation (Jones, 1976)、さらに、オーロラキロメートル波 (Oya, 1990b) にその放射機構として適用されている。あけぼの (EXOS-D) 衛星搭載の PWS (Plasma Wave Sounder) によって、このモード変換過程が宇宙空間プラズマ中に実存するプロセスであることを示す多くの観測例が得られているが、そのいずれもが、発生域の強い UHR モード波が存在しそれに顕著な密度不均一を伴っている (Oya, 1990a, 1990b)。

[地球ヘクトメートル波の観測例]

これらのモード変換にかかわる観測の中で、地球ヘクトメートル波 (THR) はすでに、おおぞら (EXOS-C) 衛星でその存在が発見されていたが、あけぼの衛星によって多数の観測例が得られ、AKR とともに地球が極域から宇宙空間に向けて放射している電磁波であることが確認され、さらにその詳細が明らかになりつつある。観測された THR のスペクトルには、普遍的にみられる特に構造を持たない広帯域放射とともに、それに重なって、ディスクリートのバンド構造を示す場合がある。この THR のディスクリートエミッションは

- (1) 地磁気活動度が高い場合に多く発生する。
- (2) 衛星下方に位置する電離層  $f_oF_2$  より低い周波数で観測され、発生源がトップサイド電離層にあることを示す。
- (3) 周波数は比較的安定であるが緩やかに変化する。
- (4) その強度は、電離層高度でのプロトンサイクロトロン周波数で変調を受けている観測例がある。

[マルチレイヤーによる数値計算]

これら、THR の諸性質にかかわるモード変換過程を解明するため、マルチレイヤーモデルによる数値実験を実施した。数値実験の結果は、密度分布がスムーズな勾配を示す構造の場合には、広帯域にわたる弱い放射を生じるが、スラブ状にエンハンスした密度構造を与えた場合には、そのスラブの中で定常波を満たす UHR モードの成分のみが選択的に電磁波へ高い変換効率で変換され、結果としてディスクリートなバンド状の放射を生じることが示された。THR のディスクリートエミッションの発生には、電離層トップサイドでのスラブ状密度不均一が関係し、その密度不均一形成にはプロトンサイクロトロン波が関わっていると結論される。

References

- Oya, H. Radio Sci., 6, 1131, 1971.  
 Oya, H., Planet. Space Sci., 22, 887, 1974.  
 Jones, D. Nature, 260, 686, 1976.  
 Oya, H. et al., J. Geomag. Geoelectr., 37, 237, 1985.  
 Oya, H. et al., J. Geomag. Geoelectr., 42, 411, 1990a.  
 Oya, H., Proc. Japan Acad., 66, 1990b.

## 空電による大規模下部電離層擾乱観測システム

° 本郷 義太加<sup>1)</sup>、島倉 信<sup>1)</sup>、早川 正士<sup>2)</sup>

1) 千葉大・工 2) 電通大

THE OBSERVATION SYSTEM OF LARGE SCALE DISTURBANCE OF THE LOWER IONOSPHERE  
BY THE USE OF ATMOSPHERICS.

° Y.HONGO<sup>1)</sup>、S.SHIMAKURA<sup>1)</sup> and M.HAYAKAWA<sup>2)</sup>

1) Dept. of Electrical Eng., Chiba Univ. 2) Univ. of Electro Communications

It is possible to estimate the effective height of the lower ionosphere and to locate the sources of atmospherics with sufficient accuracy. This method is based on the phase of atmospherics.

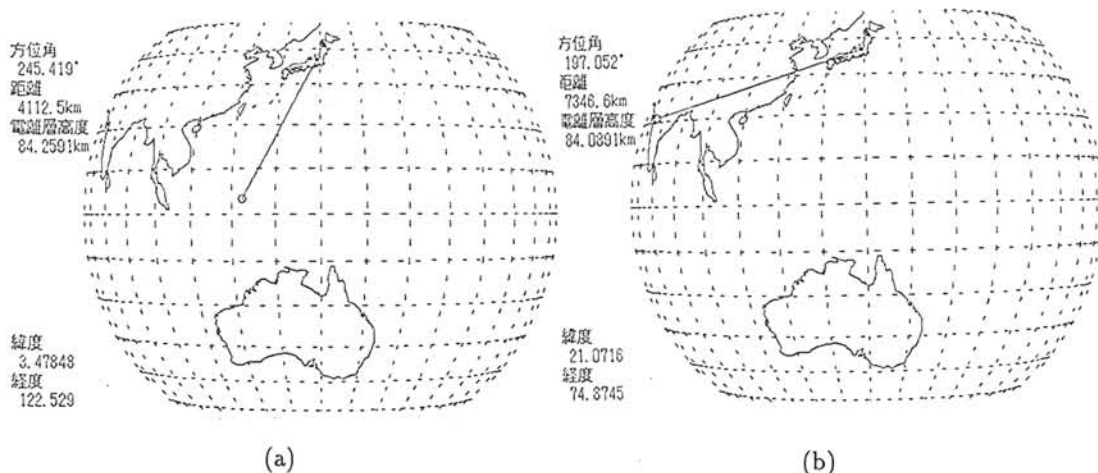
空電の位相解析をして、遮断周波数、伝搬距離、および、到来方位を推定することが可能である。遮断周波数からは、伝搬路における平均下部電離層高度を、伝搬距離と到来方位から空電の発生源である雷のロケーションを得ることができる。

推定方法を簡単に説明する。まず、擬似空電を作成し、実際の空電との位相差を抽出する。位相差が0になったとき、擬似空電と空電が一致したことになるので、このとき、推定が終了する。ただし、推定では、時系列データを時空間で(つまり、そのまま)信号処理する。

これまでにコンピュータによるシミュレーションにより周波数解析との比較やガウス性白色ノイズ、データ数(信号継続時間)による影響を調べた。これから空電の位相解析をすれば、十分な精度で電離層高度、伝搬距離、到来方位を推定できることが示されている。

図1は、1991年冬、群馬県沼田市で夜間に観測した空電を用いた解析結果の例である。白丸は推定した雷の発生領域を、線分は伝搬路を示している。また、電離層高度は、約84kmと推定されている。

今後の課題は、観測は2地点で行っているので、各地点でのデータ解析をすすめて、雷のロケーションの妥当性を検討していく。さらに、統計的な解析も検討したい。



(a) (b)  
fig1. The result of the estimation with atmospherics which observed at Numata, Japan on winter in 1991.



## Estimation of Wave Distribution Function of Magnetospheric VLF Waves: Solution independent of Wave polarisation

S. Shimakura<sup>1,2</sup>, A. J. Smith<sup>2</sup>, K. Nara<sup>1</sup> and M. Hayakawa<sup>3</sup>

1. Dept. of Electrical and Electronics Engineering, Chiba Univ.
2. British Antarctic Survey
3. Dept. of electronics Engineering, Univ. of Electro-Communications

It is most important to know not only the wave-normal direction but also the spatial distribution of wave energy in order to discuss the propagation and generation mechanisms of magnetospheric VLF waves received on the ground. These waves can be expressed in terms of the sum of plane waves with various wave-normals and polarizations except for the case in which the ionospheric exit-region can be considered as a point source. In general, it is invalid to assume a point source at the ionospheric base, especially at high latitudes. In this paper we discuss a method for estimating wave distribution function (WDF) independently of wave polarisations, and simulation results with the method. We also intend to analyse VLF waves observed at Halley, and present results on the day of the symposium.

As we can express wave field components with any polarisation as the sum of right-handed and left-handed circularly polarised waves, the energy distribution of waves is illustrated below separately; energy distributions of left-handed and right-handed polarised waves are shown at the left and right sides in each figure, respectively. Figure 1 shows the energy distribution of the assumed wave source, and Fig. 2 the results for WDF method.

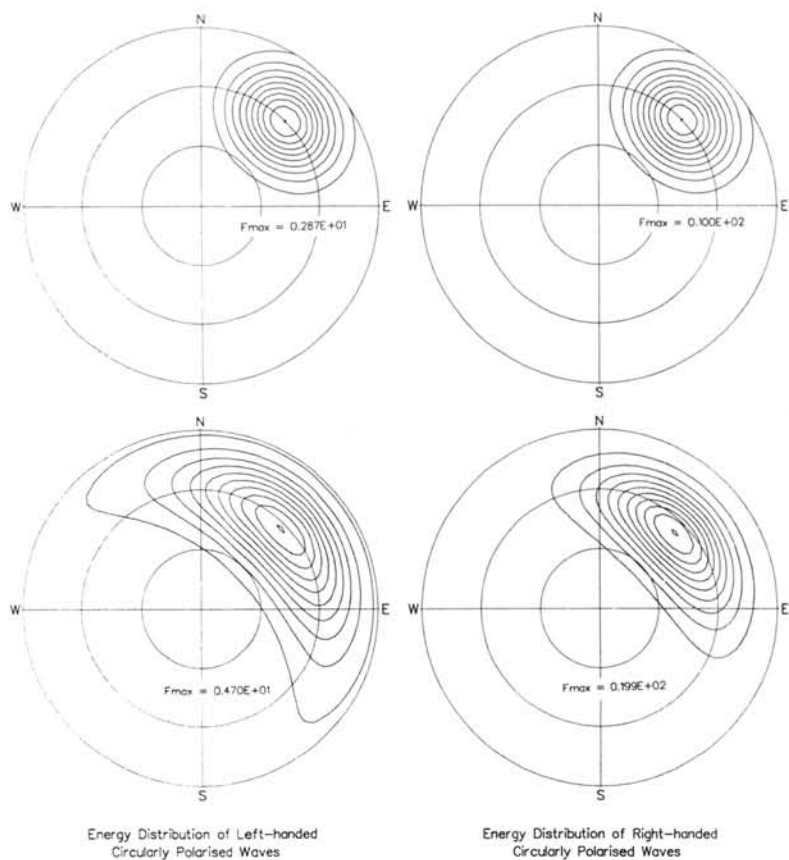


Fig. 1. Simulation model: Wave energy distributions of left- and right-handed circularly polarised field components in the case that the ratio and angle of polarisation are 1.0 and  $-30$  degrees respectively.

Fig. 2. Simulation results for the wave distribution model shown in Fig. 1.

## あけぼの衛星で観測された VLF 波動の振幅・位相変化の微細構造

°笠原 禎也<sup>1</sup> 大前 拓也<sup>1</sup> Paul A. Rosen<sup>2</sup> 秦 穰<sup>3</sup> 長野 勇<sup>3</sup> 大森 康伸<sup>4</sup> 木村 磐根<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>京都大学工学部 <sup>2</sup>J.P.L. NASA, USA <sup>3</sup>金沢大学工学部 <sup>4</sup>宇宙科学研究所

### Time Variation of Amplitude and Phase of VLF Waves Observed by Akebono Satellite

°Y. Kasahara<sup>1</sup> T. Ohmae<sup>1</sup> P. A. Rosen<sup>2</sup> M. Hata<sup>3</sup> I. Nagano<sup>3</sup> Y. Ohmori<sup>4</sup> I. Kimura<sup>1</sup>  
<sup>1</sup> Dept. of Electr. Eng. II, Kyoto Univ. <sup>2</sup> J.P.L. NASA, USA  
<sup>3</sup> Dept. of Electr. Eng., Kanazawa Univ. <sup>4</sup> Inst. of Space and Astronautical Science

Wideband dynamic spectra in the frequency range from 100Hz to 15kHz are observed by WBA (Wideband Receiver) subsystem onboard Akebono satellite for either the electric or magnetic field component. In order to analyze the time variation of amplitude and phase of VLF signals, analytic signal method (ASM)<sup>1)</sup>, which yields the instantaneous amplitude and phase of the signal, has been applied to WBA data<sup>2)</sup>. Precise analyses of the time variation of amplitude and phase shift of the VLF signal such as Omega signal and triggered emissions are performed (Fig.2). ASM has distinct advantages for not only computation time but also time resolution of the observed data.

あけぼの衛星搭載の広帯域スペクトル受信器 (WBA) は、100Hz から 15kHz までの周波数帯の波動の電磁界どちらか 1 成分を観測する。そのデータはアナログテレメトリで地上伝送され、DAT (Digital Audio Tape) に録音される。本研究では、DAT を再生して得た出力を A/D 変換のみ施した時系列データを用いることにより、細かい時間・周波数分解能の解析を行ない、オメガ信号やそれに付随するトリガードエミッションなどの波動の振幅・位相の時間変化の微細構造を調べた結果について報告する。

従来の解析法では、時系列中で FFT を施す範囲を 1 点ずつずらすことにより、時間・周波数分解能を共に細かい振幅・位相情報を求めていた。しかしこの方法で得られた結果は、時間平均を求めているため瞬時的な振幅・位相変化を調べるには適さず、また FFT 処理にかかる計算時間が膨大である。

この問題を克服するため今回我々は、A/D 変換によって得られた時系列データに、Analytic Signal Method<sup>1)</sup> を適用することを試みた<sup>2)</sup>。この方法を用いると、実数である時系列  $a(t)$  が、複素時系列  $Z(t)$  として表現され、時々刻々の波動の振幅および位相情報はそれぞれ、 $|Z(t)|$  および  $\angle Z(t)$  として定義される。これによって、オメガ信号などの単一平面波に関する微細な振幅の変化やドップラースhift、位相成分の変化などを、精密に求められる。

Fig.1 は、1989 年 4 月 5 日に WBA によって観測された、オーストラリア局のオメガ信号およびそれによって励起されたトリガードエミッションである。図中、0739:44UT 付近にオメガ信号の固定周波数である 10.2kHz の信号が見られるが、この信号成分を含む 0739:43.617UT から約 2.4sec 間の時系列データを複素時系列に変換し、その振幅の変動と位相変化を表したものを Fig.2 に示す。図中、位相変化 (Relative Phase) は、受信されたオメガ信号の中心周波数からの相対的な位相変化分を示している。この図より、オメガ信号は 0739:43.9UT 頃から受信されているが、その約 400msec 後からトリガードエミッションが励起されるにつれ、その振幅は急激に大きくなり、最終的に 20dB 近く増加していることがわかる。また位相変動量は、

トリガードエミッションの励起に先だって、一旦位相が遅れ、その後徐々に進んでいく傾向が見られている。このような位相変化は、近年京都大学超高層電波研究センターで行なわれた、トリガードエミッションの発生機構の計算機実験においても得られており、発生機構の解明において非常に有用であると考えられる。謝辞 あけぼの運用に関し、追跡チームの方々に感謝する。

参考文献 1) Paul A. Rosen 他, 第 90 回地球電磁気・地球惑星圏学会予稿集, 1991. 2) 笠原 他, 第 92 回地球電磁気・地球惑星圏学会予稿集, 1992.

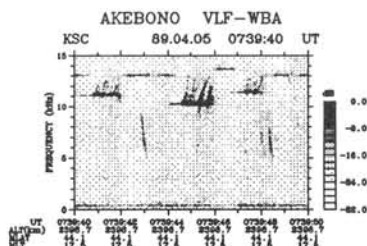


Fig.1 A  $f-t$  diagram of Omega signals from Australia station observed by WBA on April 5, 1989.

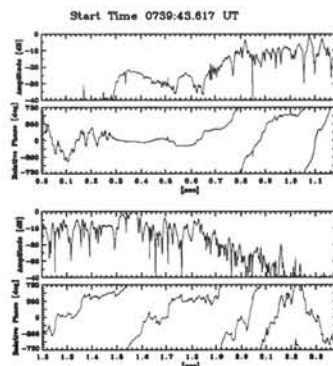


Fig.2 Amplitude and relative phase of an Omega signal with a triggered emission observed at 0739:44UT on April 5, 1989.

あけぼの衛星で観測された VLF 波動の伝搬ベクトルの向きの決定

°吉田 健一郎 剣持 秀紀 笠原 禎也 木村 磐根  
(京都大学工学部)

DETERMINATION OF THE SENSE OF K-VECTOR FOR VLF WAVES OBSERVED BY AKEBONO

° Ken-ichirou YOSHIDA Hideki KENMOCHI Yoshiya KASAHARA Iwane KIMURA  
(Dept. of Electr. Eng. II, Kyoto Univ.)

Akebono's PFX data consists of 2 electric components and 3 magnetic components. We have used PFX data to estimate the k-vector of VLF emissions or signals by Wave Distribution Function (WDF) method. To apply WDF method, we used to calculate on geomagnetic coordinate (fig.1). But due to lacking of one component of the electric field, we could not convert the coordinate system of electric field data. So for we used magnetic data only and could not determine the sense of the k-vector. If the wave consists of one wave like as most omega signals, we can know the sense of k-vector by the sign of refractive index. But most natural emissions consist of several waves. So, in order to know the sense of k-vector, we must use the information of both magnetic and electric fields. In this study, we try to use not only 3 magnetic components but 2 electric components in the 'despun' coordinate system (fig.2). As is shown in an example (fig.3) and (fig.4), the sense of k-vector is clearly determined.

あけぼの衛星には、ある設定された周波数の電界 2 成分、磁界 3 成分を観測する PFX 装置がつまれている。当研究室では、波動分布関数を用いた伝搬ベクトル決定にこの PFX データを利用してきた。波動分布関数として、1-2 方向モデルを適用した場合、伝搬ベクトルは次式を 0 に近付けることによって計算できる。

$$S_{ij} - \frac{\pi}{2} \sum_{l=1}^m \alpha_l a_{ij}(\theta, \phi) \quad (m = 1 \text{ or } 2) \quad (1)$$

ここで、 $S$  はスペクトルマトリクス、 $a$  は積分核である。積分核は (Fig.1) のような地磁気座標系で計算できているので、観測された電磁界を地磁気座標系に変換してからスペクトルマトリクスを構成すればよい。しかしながら、PFX データは電界成分が 1 成分欠けているため座標変換ができない。このため、これまでは磁界成分のみの解析を行ってきた。磁界成分のみの解析では伝搬ベクトルの方向は決まるが向きまでは決まらない。それでも波動がオメガ信号のように単一波である場合は、屈折率を利用するなどしてやれば向きを判断することができた。一方、ヒスなどの自然に発生するエミッションは一般に複数の波を含むため、この方法は使えない。向きの決定には電界成分の利用が不可欠なので、今回これを実現した。観測値の方を座標変換することが不可能なので、逆に積分核の方を衛星側の座標系 ((Fig.2) にこれを示す。以下これをデスパン座標系と呼ぶ)へ変換する。これは電磁界 6 成分によるベクトルを地磁気座標系からデスパン座標系に変換する行列  $A$  が計算できれば可能である。以下にこのことを示す。ここで、 $e$  は電磁界 6 成分からなるベクトルであり、添字は  $s$  がデスパン座標系、 $b$  が地磁気座標系に相当する。積分核は電磁界の自己相関、相互相関に比例した量なので、

$$e_s = Ae_b \quad a_s \sim e_s \cdot e_s^* \quad a_b \sim e_b \cdot e_b^* \quad (2)$$

であることを使って、

$$a_s \sim e_s \cdot e_s^* \sim (Ae_b)(e_b^* A^t)^* \quad (3)$$

$$\sim Ae_b e_b^* A^t \sim Aa_b A^t \quad (4)$$



最後にこのような手法で実際に伝搬ベクトルの向きが決定されている例を示す。(Fig.3) は、あけぼの衛星で頻繁に観測されているオメガ信号の解析例である。図のようにはっきりと伝搬ベクトルの向きが決まっている。このオメガ信号は、ほぼ一波であるときみなせるので、屈折率を利用してからその向きを決定することも可能である。(Fig.3)の結果はこれと一致している。また、(Fig.4) は極域でしばしば観測されるファネルシェイプヒスの解析例である。伝搬ベクトルが 2 つ見られる。

謝辞 あけぼの運用に関し、追跡チームの方々に感謝する。尚、この研究は岸 洋司 氏の修士論文、西村秀隆 氏の卒業論文をさらに進めたものである。

参考文献 1) L.R.O.Storey & F.Lefeuvre *Geophys. J.R.astr.Soc.*(1979)56,255-269

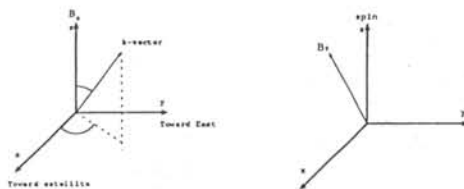


Fig.1 geomagnetic coordinate Fig.2 'despun' coordinate

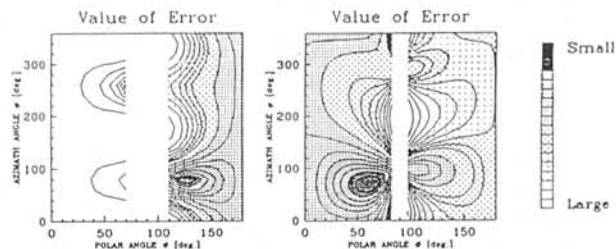


Fig.3 Value of eq.(1) [omega] Fig.4 Value of eq.(1) [hiss]

## 極域電離層中での 非線形波動-波動相互作用の観測

大浪 哲、早川 正士（電気通信大学）  
恩藤忠典（通信総合研究所）、Timothy F. Bell（スタンフォード大学）

### OBSERVATION OF NONLINEAR WAVE-WAVE INTERACTIONS IN THE SUBAURORAL IONOSPHERE

Satoru OHNAMI, Masashi HAYAKAWA (The Univ. of Elec. Commun.)  
Tadanori ONDOH (Commun. Res. lab.), Timothy F. Bell (Stanford Univ.)

#### Abstract

Nonlinear interaction between signals from a ground-based VLF transmitter and ELF emissions in the auroral ionosphere is studied by means of the bispectrum analysis. A bicoherence analysis has indicated that the sideband structure around the Siple transmitter signal received onboard the ISIS satellite is due to the nonlinear interaction between the Siple VLF signal and the pre-existing ELF emission.

#### 1. はじめに

電離層・磁気圏のような宇宙プラズマ中では、様々な電磁波放射が発生しているが、その発生機構として、波と粒子との相互作用が主なものであることが分かっている。しかし、非線形三波過程によるもの考えも提案されている。前者に関しては、既に多くの実験的及び理論的論文が発表されているが、後者に関しては、実験的にその存在を検証する報告は田中、早川らの Arcad 衛星でのデータについてのみであり、その解析箇所についても非常に少ない。そこで本研究では、このような非線形三波過程の研究を進展させるため、初めて別の衛星を用いて、しかもより多くのデータを用いて解析、検討を行った。

#### 2. 本研究使用データと解析結果

本研究使用データは、南極サイプルス局 VLF 信号を用い、その上空を飛翔する ISIS-2 衛星にて受信したものであり、観測は 1987 年 12 月と 1988 年 1 月の 2 カ月間に実施された。ISIS-2 衛星はほぼ高度 1400km 前後を飛翔しており、アンテナとしては電界アンテナのみを搭載している。本研究ではこのデータに対し、非線形三波過程の解析に有効なバイコヒーレンス解析を適用し、極域電離層中にて非線形三波過程が発生しているかどうかを検証した。観測は 9 パスに対して行われ、2 パスは信号が観測されず、7 パス中 4 パスに非線形相互作用を示唆するデータが得られた。その内の 1 パスについてのサイドバンドがみられる部分での解析結果を右図に示した。図 1 のパワースペクトル解析結果より、ELF 放射、サイプルス VLF 信号、そしてサイドバンドが見取れる。また、図 2 のバイコヒーレンス解析結果を見ると、ELF 放射 (0.47kHz) とサイプルス VLF 信号 (2.34kHz) との間のバイコヒーレンス値が  $b^2(k, l) = 0.800$  となっている。バイコヒーレンス値は 0 ~ 1 の間の値を取り、非線形結合が起こっている場合、1 に近い値になることから、この解析箇所でのサイドバンドは ELF 放射とサイプルス送信信号との非線形三波過程により生じたものであると言える。

#### 3. 結論

バイコヒーレンスを用いて解析を行った結果、7 パスのうち 4 パスに対し観測された VLF 送信信号の周りに生じたサイドバンド構造は、強力な VLF サイプルス信号と自然 ELF 放射との非線形波動・波動相互作用によっていることが明らかになった。

30 DATA RECORDS  
1024 SAMPLES PER RECORD  
RESOLUTION 46.875 Hz

January 6, 1988  
00<sup>h</sup>34<sup>m</sup>31<sup>s</sup> UT

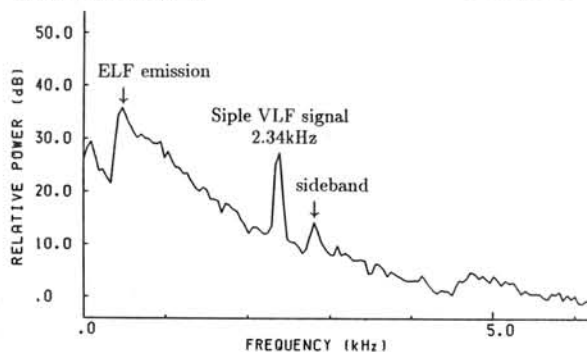


図 1 パワースペクトル解析結果

64 DATA RECORDS  
512 SAMPLES PER RECORD  
RESOLUTION 93.75 Hz

January 6, 1988  
00<sup>h</sup>34<sup>m</sup>31<sup>s</sup> UT

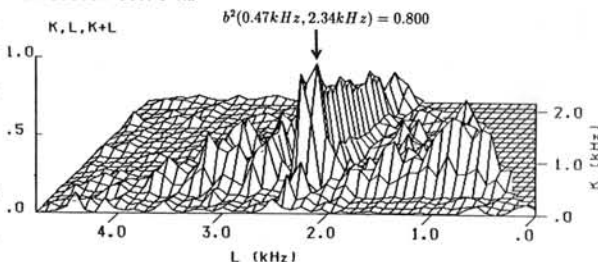


図 2 バイコヒーレンス解析結果



## テザー・ロケット実験(CHARGE-2B)で観測されたVLF波動

○臼井基文(電通大・院), 阿部琢美(NRC), 佐々木進(宇宙研), 小山孝一郎(宇宙研),  
河島信樹(宇宙研), W. J. Raitt(ユタ州立大)

## VLF Wave Observed in the Tethered Rocket Experiment (CHARGE-2B)

○M. Usui(Graduate Student, Univ. of Electro-Comm.), T. Abe(NRC), S. Sasaki(ISAS),  
K.-I. Oyama(ISAS), N. Kawashima(ISAS), W. J. Raitt(Utah State Univ.)

The tethered rocket experiment was carried out in March 1992. It named CHARGE-2B(Cooperative High Altitude Rocket Gun Experiments). The experiment had two purposes. The first was to clarify the possibility to stimulate Very Low Frequency(VLF) electromagnetic waves by modulating a propagating electron beam at an energy of 3 keV with a current of 2 Amperes. Second was to study the charging of vehicle and beam propagation over a wide altitude range. The effect of vehicle charging on electron collection, possibilities of wave generation by modulated electron beam were studied by these experiments.

1992年3月に日米の共同によるテザー・ロケット実験がアラスカで行なわれた。この実験は、ロケットを上空で分割し、分割したロケット間を導電性のワイヤーで結び、親子ロケット間に最大500Vの電圧を印加するとともに電子ビームの放出を極域で行うというものである。実験の目的は

- 1・電子ビーム及びテザー電流によるVLF電波放射の可能性を探る
- 2・広い高度範囲における飛翔体の帯電現象を調べる

ことであった。ロケットの到達高度は約267kmであった。飛行中ロケットの機軸は、まず頭部を地球磁場の東に向くように、かつ、電子ビームと磁力線が平行になるように姿勢制御され、それ以後、親ロケットに軸方向の回転を加え地球磁場に対する角度を変化させて、図1のように親ロケットから電子ビームの放出が行なわれた。電子ビームは4471, 8972, 14008, 17944Hzに変調されて放出された。それと同時に、窒素ガスの放出も行なわれ、中性ガスの放出が波動励起に与える影響も計測されるようになっていた。

搭載観測器により、両ロケット間の電位差、電子ビーム放出にともなう電磁波動の変化など、様々な計測が行われた。図2は日本側が用意した計測器のうちのVLF波動測定の結果である。横軸は電子ビームの地球磁場に対する放射角度で、縦軸は励起されたVLF波の高調波の強度である。特定のピッチ角のとき、強い高調波が観測された。

今回はこの実験で得られたデータの解析結果について報告する。

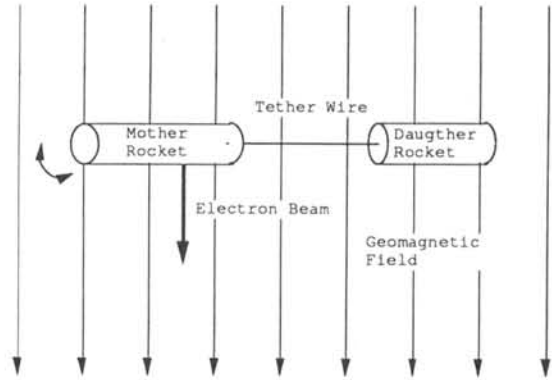


Fig. 1 Electron Beam Emission Configuration

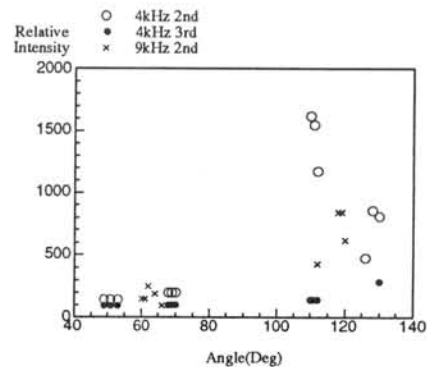


Fig. 2 VLF Harmonics Wave against Pitch Angle

## Pi2 Cavity は存在するか

°北村泰一, 篠原 学 (九大理)

## Does the Pi2 Cavity really exist?

T.Kitamura and M.Shinohara

Dept. Phys, Kyushu University

## Abstract

Based on a result  $m=0$  in our earlier investigation of the equatorial Pi2's, we had suggested a possible existence of "Pi2 cavity" in the magnetosphere. Sutcliffe and Yumoto (1989), Yumoto(1990) have also emphasized a nature of the Pi2 cavity resonance. The data they used, however, include a problem concerning the time resolution of the data. Thus the question that "Does the Pi2 cavity really exist in the magnetosphere?" has been left unanswered yet since then.

In the present paper, we show that Pi2's never has the cavity resonance character, but has the propagation character, showing several examples of the data.

赤道 Pi2 研究の初期に, 赤道 Pi2 の特質として, われわれが  $m=0$  を提唱していたことがあった. このことから一時, Pi2 が Cavity Resonance の性質を持つのではないかと提案したことがあった.

その後, Sutcliffe and Yumoto(1989), Yumoto(1990), などにより Pi2 の Cavity Resonance 性が強調されてきた. しかし, これらの論文では, 使用されたデータが果たして Cavity Resonance を議論できる時刻精度か否かという点に問題があり, この問題は決着がつかないままに残されてきたと筆者達は考えている.

われわれの立場では, Pi2 は Cavity Resonance の性質は持たず, あくまで伝搬性であると主張する. 本論文では, 種々の例を表示してこの問題を明らかにしたいと考えている.

太陽風圧力振動に起因するグローバルPc5脈動

坂 翁介 (九大・理)、飯島 健 (東大・理)

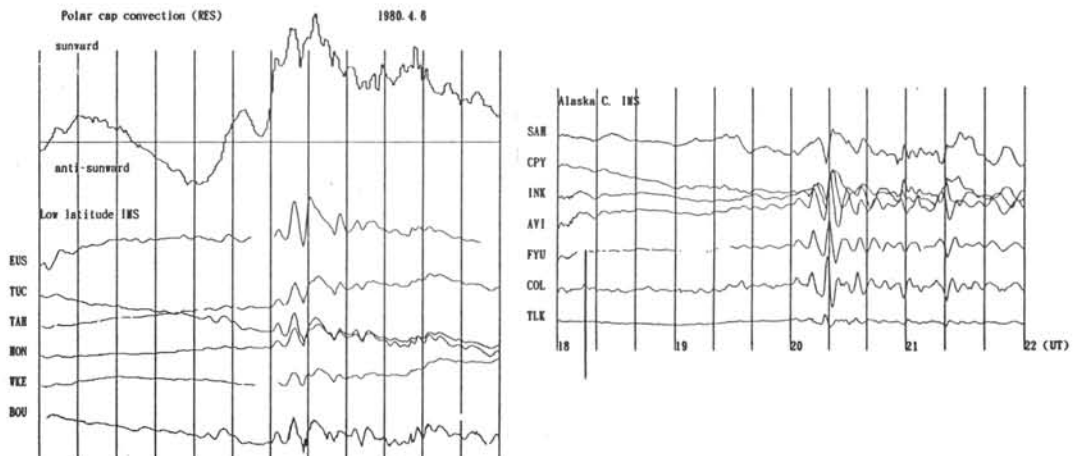
An excitation of global Pc 5 pulsation by dynamic pressure change  
in the Solar wind

O.Saka (Dept. Earth & Planetary Sciences, Kyushu Univ.)

T.Iijima (Dept. Earth & Planetary Phys., U.Tokyo)

We study a nature of the Pc5 band pulsations excited in the magnetosphere by its encounter with the oscillatory dynamic pressure change of the Solar wind. We found that the Solar wind interaction during the northward IMF polarity excites global Pc5 band pulsations in the magnetosphere. They were observed as a compression mode wave in the low- to equatorial latitudes, as a toroidal mode wave in auroral latitudes, and as a modulation of a polar cap convection, respectively.

緯度、ローカルタイムに関係なくPc5周期帯の脈動が広域的に観測される場合がある。1980年4月6日20UTの脈動(下図参照)は、その顕著な例の一つであろう。この現象の励起の原因は太陽風の動圧変化であったと言える。しかし周期は同じでも物理的には異なった機構でそれぞれの緯度帯に出現する。このような現象の出現には、IMF南北成分の向きも大きな役割を果たしていると考えられる。



汎世界的に現れるPc5脈動の性質について

藤谷攝子、荒木徹(京大理)、湯元清文、塩川和夫(名大STE)、L. Chang-Fa  
(中国科学院)、H. Lühr (Braunschweig工科大学)、D. Orr  
(ヨーク大学)、D. K. R. Rao (インド地磁気研究所)

Properties of global Pc5

S. Fujitani, T. Araki (Dept. Geophys., Kyoto Univ.), K. Yumoto, K. Shiokawa (STE Lab., Nagoya Univ.)  
L. Chang-Fa (Inst. of Geophys., Academia Sinica)  
H. Lühr (Inst. of Geophys. and Meteorology, Tech. Univ. of Braunschweig)  
D. Orr (Dept. of Physics, York Univ.), D. K. R. Rao (Indian Inst. of Geomagnetism)

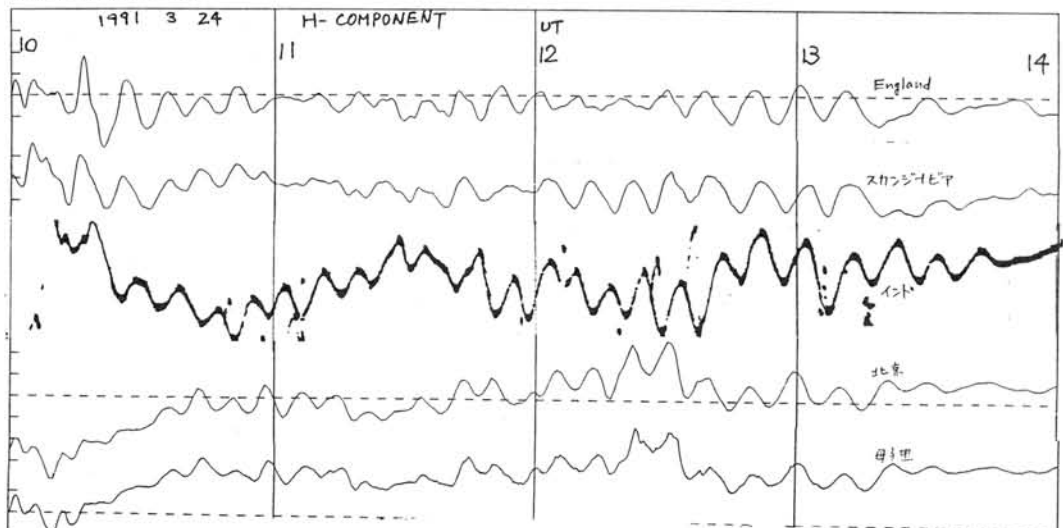
By using global geomagnetic data we have analyzed Pc5-pulsations observed globally on March 24, 1991. The results are as follows: The variations of H-component are in phase globally. The phase of the D-component was reversed across LT14h. Similar phase difference is found between the northern and the southern hemisphere. The equatorial enhancement exists in the dayside equator. The amplitude of H-component observed at Trivandrum (Geomag. (-1, 148)) is three times as large as that at Ujjain (14, 149) around 17hLT. To study properties of global Pc5, other Pc5-pulsations which have observed globally since 1957 will be investigated.


1991年3月24日、観測史上最大級のSC(柿岡で200nT)が、世界各地で観測された。この6時間後に、地磁気脈動(Pc5)が汎世界的に現れた。各地のデータを用いた解析の結果、このPc5脈動は以下のような性質を持つことがわかった。

- ・ LT 14 h付近を境界として、H成分 同位相  
D成分 逆位相
- ・ 赤道を境界として南北で、H成分 同位相  
D成分 逆位相
- ・ インド(磁気赤道)での equatorial enhancement H成分で約3倍

H成分では世界的に位相が非常に良くそろっており、D成分ではLT 14 hに境界はあるが、各々の側では位相が非常に良くそろっている。

今回は、過去におけるこの様な汎世界的Pc5脈動の存在とその性質について、IGY以後のmagnetogramを用いて調べた結果を報告する。



  
 最外殻境界面を横切るエネルギー流を考慮した空洞内磁気流体波  
 藤田茂 (気象大)・K.-H. Glaßmeier (Braunschweig Univ.)

**Cavity-mode MHD oscillations with energy flow across the outermost L-shell**  
**S. Fujita (Meteorological College) and K.-H. Glaßmeier (Universität Braunschweig)**

The magnetopause has been treated as a perfect reflector of energy of magnetospheric MHD oscillations [Fujita and Patel, 1992 and references therein]. However energy of the oscillations transfers to interplanetary space through the magnetopause as discussed qualitatively by them. Such energy transfer occurs also across the plasmopause for plasmaspheric cavity oscillations. Therefore it is important to consider the effect of energy transfer to the cavity-mode MHD oscillations.

We employ a dipole model with the perfectly conducting ionosphere [Fujita and Patel 1992]. This model includes the effect of energy flow across the outermost L-shell.

The basic equation based on a variational formulation is

$$\int_V \left\{ \frac{\omega^2 |\delta \vec{E}_\perp|^2}{V_A^2(s, L)} - |\nabla \times \delta \vec{E}_\perp|^2 \right\} dV + \int_S \hat{n} \cdot \{ \delta \vec{E}_\perp \times (\nabla \times \delta \vec{E}_\perp) \} dS = 0. \quad (1)$$

The first term correspond to electric and magnetic field energy associated with the oscillation. The last term means Poynting flux across the outermost L-shell. We use several boundary conditions at the outermost L-shell.

Free Boundary There are no constraint of  $\delta \vec{E}_\perp$ . The numerical results show two characteristic behaviors; one is an oscillatory wave with a pure real frequency and the other is a damping wave with a pure imaginary frequency. The net Poynting flux averaged in one wave period is cancelled when the frequency is pure real. The latter is a surface wave whose wave amplitude is confined near the outermost L-shell. Direction of the Poynting flux depends on the sign of the imaginary frequency. When wave grows/decays, the Poynting flux is inward/outward.

Open Boundary We assume  $(\hat{n} \nabla) \delta E_\phi = 0$  at the outermost L-shell. The frequency is pure real in this case. This is because there is no net Poynting flux averaged in one wave period.

Energy Absorbing Boundary We employ a parameter for the wave energy absorber,  $\alpha$ , where  $\delta B_\parallel = \alpha \delta E_\phi$  at the outermost L-shell. For the magnetopause, the wave incident to the magnetopause transmits to the interplanetary space. This is equivalent with a wave absorber on the magnetopause. When we assume the energy across the plasmopause does not return to the plasmasphere, the situation is the same as that mentioned above. The Poynting flux term of Eq. (1) becomes, assuming that  $\alpha$  is constant

$$\int_S \hat{n} \cdot \{ \delta \vec{E}_\perp \times (\nabla \times \delta \vec{E}_\perp) \} dS = i\omega\alpha \int_S |\delta E_\phi|^2 dS. \quad (2)$$

We intend to present numerical results at the meeting.

References

Fujita, S. and Patel, V. L. (1992), *J. Geophys. Res.*, 97, 13777.



MIDDAY ACTIVITY ENHANCEMENT OF POLAR CUSP ULF WAVES  
AND MAGNETIC FIELD VARIATIONS OBSERVED AT GODHAVN,  
AND ITS RELATION TO DAYSIDE AURORAL ACTIVITY

SAKURAI, T.<sup>1)</sup>, K. MAKITA<sup>2)</sup>, K. KATOH<sup>1)</sup>, and H. YAMAGISHI<sup>3)</sup>

1) Tokai University

2) Takushoku University

3) National Institute of Polar Research

**Abstract**

Polar cusp has been believed to be one of the important regions in the magnetosphere in relation to a mechanism of intrusion of the solar wind energy into the magnetosphere. By using both data of the magnetic field and aurora obtained at Godhavn in the period of three months from November, 1989 to January, 1990, such a role of the polar cusp has been examined. The observations show that a close association of ULF wave activities with characteristic negative field variations of H component magnetic field, which means an enhancement of convection motion in the cusp ionosphere, occurring in the daytime, has been well recognized. The negative field variations of the H component magnetic field occurred in close association with high frequency variations of the interplanetary magnetic field. The very quiet condition of the interplanetary magnetic field produced no any negative field variations of the magnetic field and associated no activities of the ULF waves in the polar cusp. Thus, such a high frequency variation of the interplanetary magnetic field might suggest to have some important agency leading the solar wind energy into the magnetosphere. A very weak intensity auroral activity was also observed in association with the magnetic field and ULF wave activities. The period of the intensity variation of the aurora was very similar to that of the ULF waves observed simultaneously. The interrelation of these phenomena will be discussed in more detail.

RELATIONSHIP BETWEEN IMF By AND GEOMAGNETIC  
ACTIVITY IN THE SOUTHERN POLAR CAP

Sarmoko Saroso

Department of Geophysics, Faculty of Science, Kyoto University, Kyoto 606, Japan

We have examined the magnetic variations at Mirny (geomag. coord.  $-76.80^\circ$ ,  $151.15^\circ$ ), Scott Base ( $-78.84^\circ$ ,  $293.24^\circ$ ), Dumont d'Urville ( $-75.06^\circ$ ,  $232.15^\circ$ ), and Vostok ( $-89.31^\circ$ ,  $139.62^\circ$ ) in the southern polar cap, for its dependence on the IMF By in 1980 (near solar activity maximum). We have found that the correlation between the average values of the disturbance field in the H component from the four stations and IMF By is higher during local summer than during local winter and the correlation is better with average values of the disturbance field in the H component ( $\Delta H'$ ) than in the D ( $\Delta D'$ ) and Z components ( $\Delta Z'$ ). We express the relationship between the 4-station average in the H component ( $\overline{\Delta H'}$ ) and the IMF By as  $\text{IMF By} = a \overline{\Delta H'} + b$ , where  $a$  is the regression coefficient and  $b$  is the constant term. The regression analysis was carried out only for  $\overline{\Delta H'}$  taken during summer because the correlation coefficient between the IMF By and the average disturbance field is higher in the H component than in the D and Z components and because the highest correlation occurred in summer. Figure 1 shows the scatter plot between the observed values and the predicted values of the IMF By during summer 1980, where the correlation coefficient is 0.80. Also, we have plotted the average disturbance field in the H component ( $\overline{\Delta H'}$ ), the IMF By from observation (BY) and from prediction (BYP), the IMF Bz (BZ), and the AU and AL indices during November 1-10, 1980 as is shown in Figure 2. Based on these results we propose a method of estimating instantaneously the sign and the magnitude of IMF By, from ground-based magnetic observations.

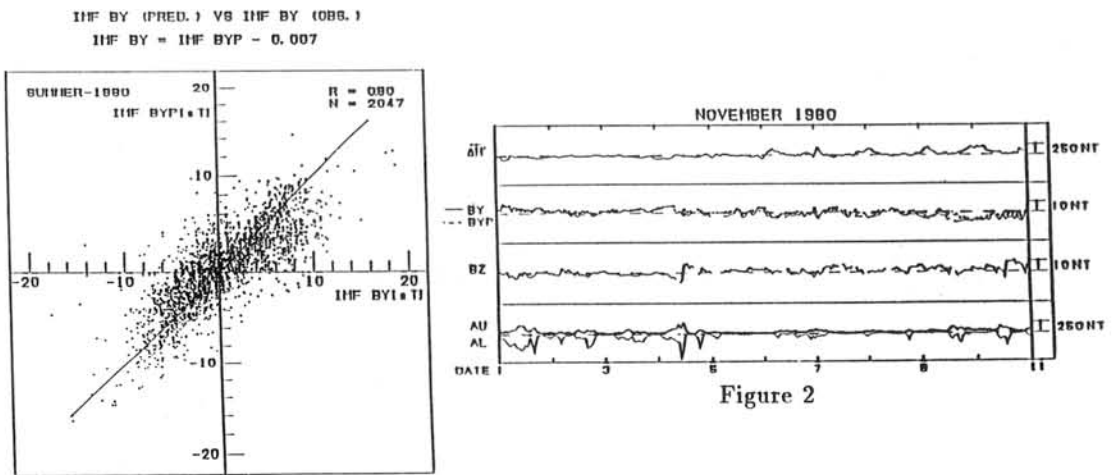


Figure 1

Figure 2



## IMF By dependence of “polar shower” and transpolar arc

°I.Shinohara<sup>1</sup>,T.Yamamoto<sup>2</sup>,E.Kaneda<sup>1</sup>,T.Mukai<sup>2</sup>,S.Kokubun<sup>1</sup>

1: *The Department of Earth and Planetary Physics, The University of Tokyo*

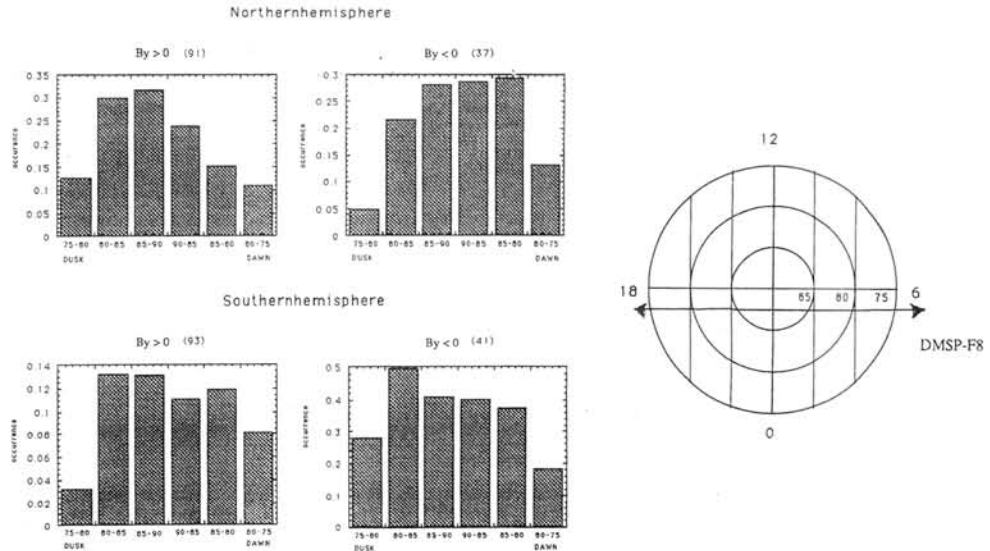
2: *The Institute of Space and Astronautical Science*

The electron precipitation over the polar cap region was first reported by *Winningham and Heikkila*[1974]. They classified its characteristics into 3 types : (1) a uniform soft electron precipitation, “polar rain” (2) structured localized fluxes of more energetic electrons ( $\sim 1\text{keV}$ ), “polar showers” (3) intense “polar shower” activity “polar squalls”. The “polar shower” electrons usually appears when the IMF Bz component is positive and fall without ion precipitations. However when the transpolar arc appears, both energetic electrons and ions (plasma sheet like) are observed to precipitate. Thus we further classify according to the coexistence of ion precipitations, and we call them “polar showers” if they are accompanied with no ion precipitation.

To investigate the IMF By dependence of “polar shower”, we have taken statistics of the occurrence of it, using DMSP-F8 satellite particle data.(Fig.) As a result we have found that intense “polar shower” depends on the IMF By component.

Because the electrons observed in both sides of the transpolar arc are very similar except its intensity and they are accompanied with no ion precipitation, it is likely that they are coming from the same source and we prefer the model suggested by suggested by *Frank et al.*[1982] in which the magneto-tail lobe is bifurcated by plasma bulge from the plasma sheet boundary layer. We suggest that one side of the transpolar arc region is filled with electrons because of the dawn-dusk asymmetry of the “polar shower” intensity.

Fig. The occurrence of “polar shower”: top two pannels show precipitation over the northern hemisphere, and bottom two pannels corresponding to the southern hemisphere. The criteria of “polar shower” we have used are : electron number flux  $> 5 \times 10^6(1/\text{cm}^2\cdot\text{str}\cdot\text{sec})$ , electron average energy  $> 500(\text{eV})$ , ion number flux  $< 2 \times 10^5(1/\text{cm}^2\cdot\text{str}\cdot\text{sec})$



## 極冠サイズのサブストーム依存性

°伊藤勝尚・上出洋介・小口高・荻野龍樹・西谷望 (名大・STE研)

J.S. Murphree (カルガリー大学), J.D. Craven (アラスカ大学), L.A. Frank (アイオワ大学)

### Dependence of the Size of the Polar Cap on the Substorm Phases: Viking and DE-1 Observations

K. Itoh<sup>1</sup>, Y. Kamide<sup>1</sup>, T. Oguti<sup>1</sup>, T. Ogino<sup>1</sup>, N. Nishitani<sup>1</sup>, J.S. Murphree<sup>2</sup>, J.D. Craven<sup>3</sup>, and L.A. Frank<sup>4</sup>

1. Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University, 2. Department of Physics, University of Calgary, 3. Geophysical Institute, University of Alaska Fairbanks, 4. Department of Physics and Astronomy, University of Iowa

The dependence of the size of the polar cap on substorms on is examined on the basis of auroral image data obtained from the Viking and DE-1 satellites. This study indicates that the polar cap 'size' ( i.e., the poleward boundary latitude of the auroral luminosity ) varies considerably, depending on different local times and on the substorm phases.

極冠 (polar cap、磁力線が open の領域) のサイズは、太陽風-磁気圏相互作用の効率の尺度となるだけでなく、サブストームが磁気圏尾エネルギーをどのように消費しているかについてのグローバルな情報を与える。本研究では、人工衛星 (Viking、DE-1) によるオーロラ・イメージのデータから、オーロラ・オーバルの極側の境界、すなわち極冠の赤道側境界、を決定し、その位置のサブストームに伴う時間変化を調べる。

極冠サイズのサブストーム変化を調べる場合には、粒子データを使うか、イメージ・データを使うかについては、それぞれ一長一短がある。DE-1 イメージ・データを使う場合、イメージの輝度 (luminosity) は、threshold (例えば 1 kR) の選び方によって境界緯度が違ってくるが、極冠全体像が同時に見ることができるという特徴がある。Threshold 輝度による境界緯度の差は、IMF やサブストーム時間についての相対運動を問題にする限り、影響は小さいと思われる。今回使用したデータは CDAW 9 のもので、人工衛星 (Viking、DE-1) の UV オーロラ・イメージのデータを用いて以下のことを行った。

1. ある地方時 (MLT) に注目して、その MLT での輝度 (luminosity) の緯度変化をオー

ロラ・イメージごとに調べる。

2. 1 で調べたグラフの変化から、極冠の境界緯度を決定する。

3. この操作を全期間について行い、図 1 のようなサブストーム変化を調べる。

この研究から、極冠は朝側・真夜中・夕方で一様に拡大・縮小するのではなく、極冠のサイズを問題にするときは、MLT による違いを考慮に入れることが必要であることが判った。

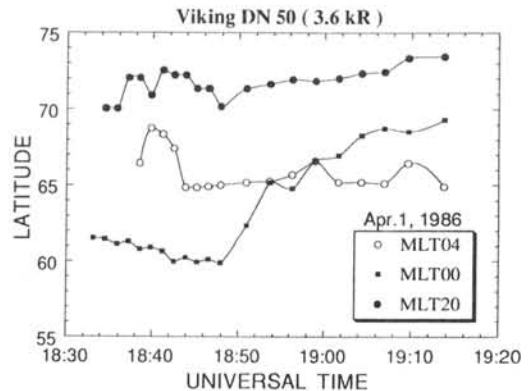


図1 Vikingによるオーロラ・オーバルの極側境界の時間変化 (1986.4.1の例) 3つのカーブは、3つの地方時 (04,00,20) での値を示している。



## 地磁気静穏時におけるオーロラ・オーバルの形態変化

平澤威男

国立極地研究所

1985年11月12月、1986年11月12月、および1987年1月計5ヶ月間に取得されたDMSP衛星のオーロラ画像(約500例)を用い、主として夕方-夜-朝方でオーロラ・サブストームの各phaseに出現するオーロラの種類およびその時間的変化を調べ、地磁気静穏時からサブストーム発生・発達および回復時にいたるオーロラ・オーバルの変化の概要を報告した。今回は、DMSPによる衛星データに加え、南極昭和基地で取得されたオーロラ地上データをも用い、地磁気静穏時からサブストーム発生にいたるまでのオーロラオーバルの変化を更に詳しく調べた。

その結果、

- a. 地磁気静穏時(AEインデックス $\leq 10$  nT以下、 $K_p \leq 0+$ 、 $B_z \geq 0$ )にはオーロラ・オーバルは殆どその存在が判定できぬか又は弱いディフューズオーロラよりなるオーバル(又はベルト)が存在する。また、衛星の粒子データで判定すると電子とプロトンの降り込みはどのような静穏時にも存在し、オーロラ・オーバルは常時存在するものといえる。
- b. この静穏時のオーロラ・オーバルは電子・オーロラ(高緯度側)とプロトン・オーロラ(低緯度側)よりなるディフューズオーロラオーバルである。
- c. このオーロラ・オーバルのIMF- $B_z$ への依存性は非常に高く、 $B_z$ が南向きになるとともにそのサイズが急激に大きくなり、低緯度へと拡大する。その速度は300~1000km/secで、ほぼ $B_z$ の変動量に比例している。
- d. 地磁気活動度が上昇しだす(サブストームGrowth Phase)時にはこのディフューズオーロラベルトがその強さを増すとともに、その高緯度側(極側)にディスクリート状のオーロラが発生する。このディスクリート状のオーロラには2種類存在する。一つはサブストームの発生に関係がないもので、時に輝きを増し、その形状を変え、サージ状(ホールディング)を示す。このオーロラの特徴はその位置がディフューズオーロラベルトからある距離においてその高緯度側に存在すること、またこのディスクリートオーロラが活動度を増しても、ディフューズオーロラベルトは殆ど変動しない。即ち、この種のディスクリートオーロラとディフューズオーロラベルトとの間にははっきりした相関は認められない。地磁気変動にも大きな影響を与えない。他方のディスクリートオーロラはサブストームと直接相関するもので、サブストーム発生前にディフューズオーロラベルトの高緯度側に殆ど密接する形で観測される。このディスクリートオーロラがサブストーム発生を事前に示す可能性がある。

## The Substorm-Associated Evolution of Plasma Regime and Birkeland Currents in the Dayside High Latitudes

○ M. Watanabe and T. Iijima (Faculty of Science, Univ. of Tokyo)

Using the precipitating particle and magnetic field data acquired with the DMSP F7 satellite (altitude of about 840 km), we have determined the plasma regime and associated FACs (field-aligned currents) in the midday to the dawn sector as a function of substorm phases: pre-substorm (weakly northward IMF (interplanetary magnetic field)), growth phase, expansion phase, early recovery phase, and late recovery phase. Principal results are summarized as follows:

(1) The basic precipitation pattern of dayside high latitude region consists of cusp, cleft, and "hotter cleft". Hotter cleft defined here is the plasma regime of cleft-like ion precipitation with higher temperature than cleft in either ion or electron population. This hotter cleft seems to constitute the transition layer between the cleft and inner plasma sheet.

(2) The cleft region exhibits phase-dependent behavior. During the pre-substorm stage the cleft-like precipitation extends further nightside, although it admits some discussion whether this wide region is really mapped to the LLBL (low latitude boundary layer). During growth phase, the cleft precipitation retreats dayside (MLT > 6 hours) and shifts equatorward. After expansion onset the cleft precipitation shifts further equatorward and the latitudinal width becomes less thinner. Above feature could be interpreted in relation to dayside reconnection as that the flux tube in the LLBL is eroded and conveyed to the mantle. According to the traditional scenario for the substorm development, after the expansion onset, with drastically enhanced reconnection rate in the tail region, the flux returns to dayside. Our present results indicate that even after the expansion onset, dayside reconnection rate is still high and exceeds the return rate of fluxes from the magnetotail. This is consistent with the cusp signature which exhibits enhanced energy dispersion of ions after the expansion onset.

(3) The cleft region associates downward FACs except for few cases, which is consistent with the traditional boundary layer dynamo model. But, not different from the conventional understanding, the cleft precipitation is not identical to but a part of so called Region 1. We must clarify the source region when we consider causation mechanisms of Region 1 currents. During the growth phase, we often observed in the mantle region a pair current sheets that flows into the ionosphere at lower latitudes and flows away from the ionosphere at higher latitudes. This pair is interpretable as the eroded flux tube being convected tailward.

Plasmaspheric Disturbances Synchronized with the  
Magnetospheric Substorm

A.Morioka and H.Oya

Department of Astronomy and Geophysics  
Tohoku University, Sendai Japan

When Akebono(EXOS-D) satellite was located near the plasmopause, energy injection phenomena associated with magnetospheric disturbances were detected. The characteristics of these phenomena are summarized as follows.

- (1) Sudden plasma density depressions are observed near the nightside plasmopause region on magnetically active days. These density depression phenomena are concluded to be the time dependent phenomena.
- (2) The in-situ upper hybrid mode waves are enhanced simultaneously with the plasma depression. This means that some kind of free energy is injected into the plasmopause region, which make enhancement of the plasma wave generation.
- (3) Being synchronized with these plasma density depression and upper hybrid mode wave enhancement, intensification and spectral broadening of AKR generated in the auroral acceleration region, is observed(see Figure 1). This indicates that the activation of the auroral phenomena above the auroral oval is synchronized with the energy injection into the plasmasphere.
- (4) The time difference between the AKR enhancement and the local plasma depression at the plasmopause is within a few seconds.
- (5) It is confirmed that these phenomena are closely associated with onset of substorms from the evidence that plasmaspheric plasma depressions are often accompanied with Pi-2 pulsations.

These evidences suggest that the quasi-pulsive energy injection possibly by the fast stream of plasma into the plasmasphere is taking place being synchronized with the magnetospheric disturbances.

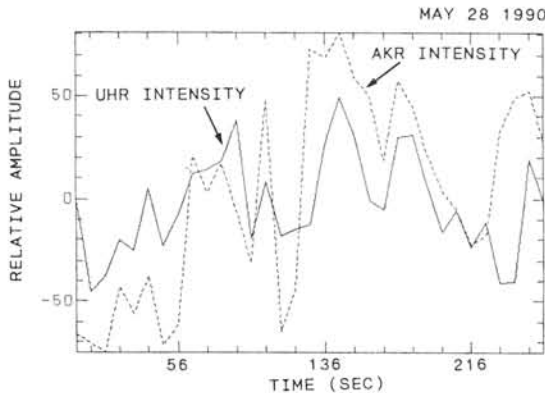


Figure 1. Concurrent time variation between intensity of UHR waves at the plasmopause and AKR intensity generated at the auroral acceleration region.

# Auroral Electrojet の電場、Conductivity 依存性

◦ 佐藤真理子、上出洋介 (名大 STE 研)、野澤悟徳、A. Brekke (Tromsø 大)

## The Relative Importance of the Electric field and the Hall conductivity in the Auroral Electrojets

Mariko Sato and Y. Kamide (STE Lab., Nagoya Univ.)  
S. Nozawa and A. Brekke (Univ. of Tromsø)

By using EISCAT radar data, it is shown that altitude profiles of the current density change drastically, depending on the electrojet phases. This means that the main physical process that causes electrojet current enhancements is quite different at different phases. The present report shows how the relative importance of the electric field and the Hall conductance changes during substorms. The Cowling system in the ionosphere is also discussed.

EISCAT レーダーの CP-1 モード観測データを使った高度 90-125km での 6 つの高さにおける電流密度の計算により、電流密度の高度分布は local time、electrojet の phase に依って特徴的な変化があることが示された (1992 SGEPS)。このことから、electrojet current を流す main parameter が、expansion/recovery で変化するのではないかと考えられる。

これに関して、electrojet の phase ごとに conductance と electric field の比がどのように変化するかに注目した (Fig.1)。Fig.2 は electrojet のはじまりから recovery にかけて conductivity の分布を示したものである。同様に 6 例解析し、Fig.1 に示した比の変化の特徴は、conductivity の高度分布の変化の特徴と関係があることがわかった。

Electrojet の電場、conductivity 依存性を議論する上で Cowling システムは重要である。Cowling メカニズムは、Electrojet の生成機構として大きく寄与している (Yasuhara et al., 1985)。今回は、各高度で Cowling システムによると思われる電流が全体の何パーセント占めているかを計算し、それが各高度、あるいは substorm phase によってどう変わるかについて報告する。

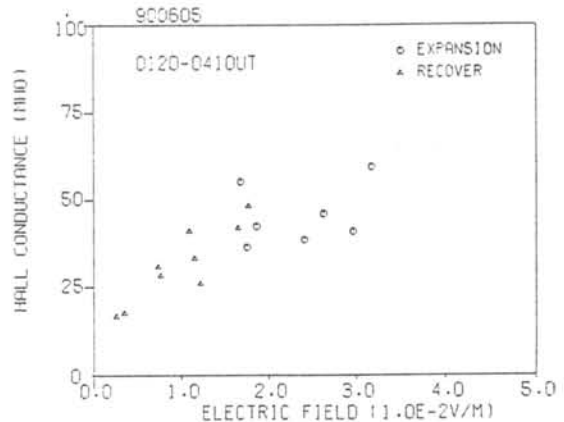


Fig.1 Dependence of the north-south electric field on the Hall conductance

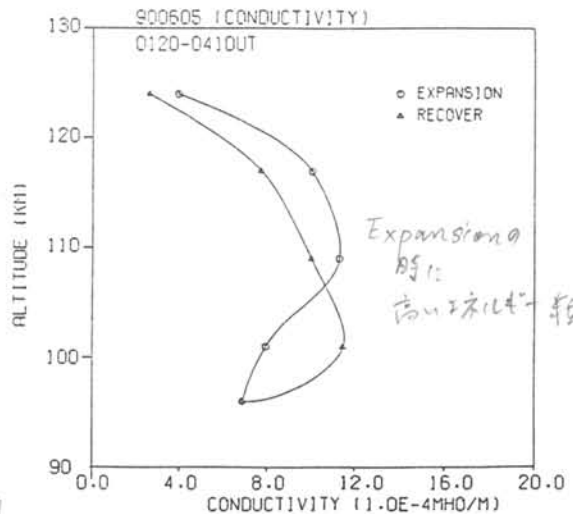


Fig.2 Altitude profiles of the Hall conductivity

	Expand	Recovery
midnight	$E_H/\Sigma K$	小
morning	小	大

地上で観測されたオーロラ輝度と  
電離層電気伝導度との比較

石井 守・家森俊彦 (京都大理)、杉浦正久 (東海大開発技研)、J.A.Slavin (NASA/GSFC)

Comparison between the ground-based observations of the auroral luminosity and the ionospheric conductivity deduced from DE-2 observations

M.Ishii, T.Iyemori (Both at: Kyoto Univ.), M.Sugiura(Tokai Univ.), J.A.Slavin (NASA/GSFC)

Several recent papers have indicated that the auroral luminosity is correlated to the ionospheric conductivity (e.g., Kamide et al.[1986], Robinson et al.[1989]). We have investigated the relationship between the auroral luminosity observed by DE-1 and the height-integrated Pedersen conductivity deduced from the magnetic and electric field perturbation observed by DE-2.

In addition, we use in this study auroral luminosity data taken by the all sky camera at Syowa Station. The DE-2 spacecraft passed over Syowa Station and observed magnetic and electric field perturbations during the period 19:48 - 19:57 UT on Nov.22, 1982. Simultaneously, the all sky camera at Syowa Station observed an auroral arc. These luminosity data are converted from analog to digital data and transformed from all-sky coordinates to geomagnetic coordinates using ARSAD of NIPR.

1982年9月22日19:48-19:57UTにかけて、極軌道衛星 Dynamics Explorer-2(DE-2)が南極昭和基地上空約600kmを通過し、磁場・電場等の観測を行った。同時刻に地上昭和基地では全天カメラによる可視オーロラ光の観測が行われ、強度の高いオーロラ・アークの存在が確認されている。本研究ではこれらの同時観測データを用いて、地上観測によるオーロラ輝度とDE-2によって求められた電離層電気伝導度との比較を行う。

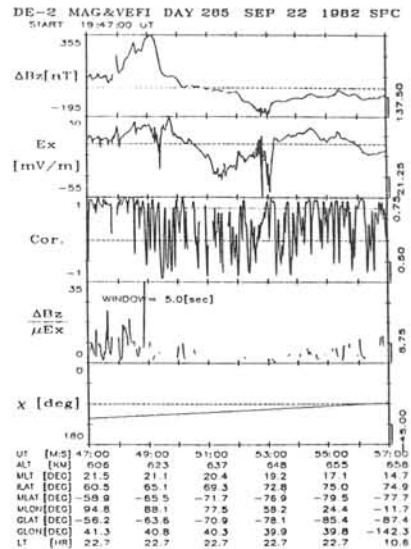
オーロラ画像データのデジタル化及び地磁気座標への変換については、極地研オーロラ画像データ変換システム(ARSAD)を用いた。

我々はこれまで、衛星観測によるオーロラ輝度と電離層電気伝導度との関係を調べてきた。地上観測によるオーロラ輝度と電気伝導度との関係が、衛星観測によるものとどのような違いがあるかについて検討する。

謝辞 ARSADを利用するに当たり、ご指導いただいた国立極地研究所の小野高幸助教授並びに六山弘一氏に感謝します。

We thank Dr. N.C.Maynard (AFGL) for permitting us to use his DE-2 electric field data.

上図 昭和基地で観測されたオーロラ・アーク  
下図 同時刻に昭和基地上空でDE-2が観測した磁場・電場擾乱





沿磁力線電流の向きと  $\text{div}\mathbf{E}$  との関係について

藤井良一 (名古屋大学太陽地球環境研究所)

Are Birkeland current flow directions consistent with  $\text{div}\mathbf{E}$ ?

Ryoichi FUJII STE Laboratory, Nagoya University

**Abstract** Relationships between the flow direction of Birkeland currents and the sign of the divergence of the electric field ( $\text{div}\mathbf{E}$ ) are investigated in the nightside region. Upward currents are, as expected, associated with negative values of  $\text{div}\mathbf{E}$ . On the contrary downward currents are not necessarily accompanied by positive values of  $\text{div}\mathbf{E}$ , but by negative values. In this case a part of excess charges due to a nonuniformity of the ionospheric conductivity flows out of the ionosphere and produces a downward Birkeland current (secondary currents) where the divergence of the resultant electric field is opposite to the expected sign of  $\text{div}\mathbf{E}$ .

磁気圏の中のプラズマ対流のローテーション ( $\text{rot}\mathbf{v}$ ) 即ち電場の発散 ( $\text{div}\mathbf{E}$ ) は電荷に対応し、沿磁力線電流 (FAC) の源に成りうる。磁気圏の中にFACの源がある場合は、 $\text{div}\mathbf{E} > 0$  ( $< 0$ ) の領域は電離層に入り込む (から出てゆく) FACをつくる。実際Sugiura et al. [Geophys. Res. Lett., 1982]で示されたように、昼間側の、電気伝導度が空間的に一様と考えられる領域では、上記の関係は、良く保たれている。しかし、夜側オーロラオーバルの、強い電子降り込み領域では、この関係は必ずしもいつも満たされている訳ではない。上向き電流は負の  $\text{div}\mathbf{E}$  領域に対応しているが、下向き電流領域の一部分は正ではなく、負の  $\text{div}\mathbf{E}$  に対応する場合がしばしば見られる。本講演では、この負の  $\text{div}\mathbf{E}$  領域は、大元の磁気圏を源とする電流 (primary FAC) は上向き電流であるが、電気伝導度の空間非一様性により、電離層起源の下向き電流がつくられ (secondary FAC)、結果として下向き電流が観測されている事を、観測データ及び簡単なシミュレーションにより示す。

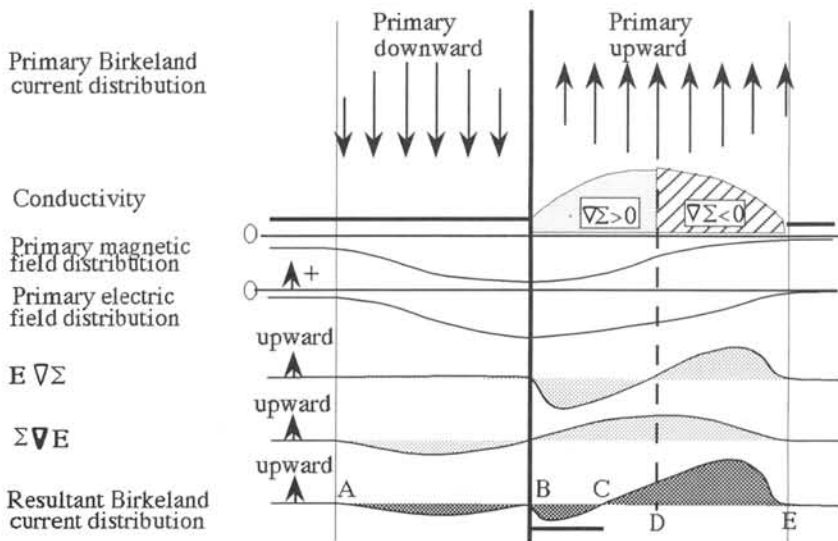


Fig.1. Schematic diagram of relationships among the primary FAC, ionospheric conductivities, magnetic and electric fields due to the primary FAC, the source and polarization terms, and the resultant FAC distribution.

あけぼの衛星で観測された  
カusp領域の沿磁力線電流構造

福西 浩<sup>1</sup>、向井 利典<sup>2</sup>、早川 基<sup>2</sup>、鶴田 浩一郎<sup>2</sup>

<sup>1</sup>東北大学理学部 <sup>2</sup>宇宙科学研究所

Spatial Structures of the Cusp Field-Aligned Current System  
Observed by the Akebono Satellite

H. Fukunishi<sup>1</sup>, T. Mukai<sup>2</sup>, H. Hayakawa<sup>2</sup>, K. Tsuruda<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Upper Atmosphere and Space Research Laboratory, Tohoku University

<sup>2</sup>Institute of Space and Astronautical Science

Spatial structures of field-aligned currents in the northern-hemisphere dayside cusp region have been studied using the Akebono MGF, LEP and EFD data obtained from 52 passes in February 1990. It was found that the current system of the cusp/mantle region located at  $\sim 75^{\circ}$ - $80^{\circ}$  invariant latitude in the midday sector of  $\sim 1000$ - $1400$ MLT is characterized by a double sheet type current system, and that the current flow direction is controlled by IMF  $B_y$ . This cusp/mantle current region was collocated with the region of high-velocity convection flows. Polar rain electrons were also observed in this current region. These results strongly suggest that the cusp/mantle current system is driven by tailward plasma convection in the open field line region connected to the cusp and the mantle.

1990年2月に北半球カusp領域を通じた52軌道のあけぼの衛星で観測された磁場、粒子、電場のデータを用い、カusp領域の沿磁力線電流の詳細な解析を行なった。その結果以下のことが明らかとなった。

1) 10-14MLTの磁気緯度 $75^{\circ}$ - $80^{\circ}$ にペアのカレントシートが観測される。電流の向きはIMFの $B_y$ によってコントロールされており、 $B_y < 0$ では赤道側が上向き、極側が下向きとなり、 $B_y > 0$ では赤道側が下向き、極側が上向きとなる。

2) 電流領域で観測される電子・イオンの特徴から赤道側の電流シートはカuspに、極側の電流シートはマントルにマッピングされると考えられる。

3) 電場のGSE-X成分とGSE-Y成分の変化はそれぞれ磁場の東西及び南北成分の変化ときわめてよく似ている。従って強い沿磁力線電流領域は強いプラズマ対流の領域と一致する。電場から推定されるプラズマ対流の向きはカusp領域では一般にIMFB $y < 0$ では東向き、IMFB $y > 0$ では西向きとなる。マントル領域に入る

とプラズマ対流の向きは極向きに近づく。

4) カusp領域の赤道境界付近ではプラズマ対流の速度はかなり下がり、よどみ領域となっている。この領域では緯度幅の狭い上向き及び下向き電流が交互に出現しネットの沿磁力線電流密度は小さい。

5) カusp領域の赤道側ではディフューズな電子およびイオンの降下が観測されるが、12MLT付近ではそのフラックスは午前側や午後側に比べかなり少なく、この領域の沿磁力線電流強度も低い。しかし、サブストーム時はこの領域の降下粒子フラックスが上昇し、それに対応して電流強度も強まる。そのためカusp/マントルの2重電流シート構造にRegion 2の電流系が加わり、3重あるいは4重構造の電流系が出現する。

6) 電子のPolar rainがカusp/マントル領域でしばしば観測されるのでこの領域はOpen field lineの領域にあると思われる。

これらの結果からカusp/マントル領域の沿磁力線電流はカusp領域に流入し、マントル領域を通して夜側に流れ去る太陽風起源のプラズマの渦流やシア流によって駆動されていると考えられる。

夜側オーロラ・オーヴァル極側境界域における  
電離圏-磁気圏結合過程

長妻 努<sup>1</sup>、福西 浩<sup>1</sup>、向井 利典<sup>2</sup>、早川 基<sup>2</sup>、松岡 彩子<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>東北大学理学部 <sup>2</sup>宇宙科学研究所

Magnetosphere-Ionosphere Coupling Process in the Poleward Boundary Region  
of the Nightside Auroral Oval

T. Nagatsuma<sup>1</sup>, H. Hukunishi<sup>1</sup>, T. Mukai<sup>2</sup>, H. Hayakawa<sup>2</sup>, and A. Matsuoka<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Upper Atmosphere and Space Research Laboratory, Tohoku University  
<sup>2</sup>Institute of Space and Astronautical Science

Magnetosphere-Ionosphere coupling processes in the poleward boundary region of the nightside auroral oval have been examined using the Akebono magnetic field, low-energy particle and electric field data. It was found that the flow direction of plasma convection switches from dusk to dawn in the downward current region at the poleward side to dawn to dusk in the upward current region at the equatorward side. The fine structure in the north-south component of electric field was found to show one-to-one correspondence with variations of field-aligned current density.

我々はあけぼの衛星の磁場、粒子、電場のデータを用いて、夜側オーロラ・オーヴァル極側境界域に特有な沿磁力線電流構造 (Boundary Current System) に関してその電流の生成機構について研究を進めている。この領域の対流の平均的な特徴としては、Boundary Current System内の高緯度側の下向き電流領域ではdusk to dawn、低緯度側の上向き電流領域ではdawn to duskの対流が現れており、プラズマのシア流で沿磁力線電流電流が駆動されていることを示唆している。

またこの夜側境界領域では、しばしば Fig.1 に示すように沿磁力線電流密度の変動に1対1に対応するような電場のGSE-Z成分 (南北成分にはほぼ対応) の強い変動が現れることがある。この現象を調べるために電場のGSE-Z成分と電流密度の4秒値データに対してスペクトル解析を行なった結果、電

離層高度に投影して20~200 km程度の波長スケールにおいて、電場の南北成分と電流密度のフェイズはほぼ0となっていることがあきらかになった。このことは磁場変動と電場変動の直交成分の位相が90°ずれていることを示しており、夜側境界領域の沿磁力線電流の生成機構として従来考えられているようなDC的な機構だけではなく、定在的なアルヴェン波によるAC的な生成機構を考慮する必要性を示唆している。

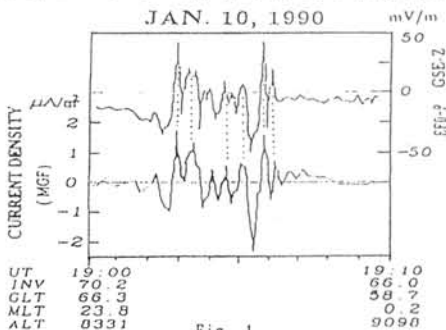


Fig. 1

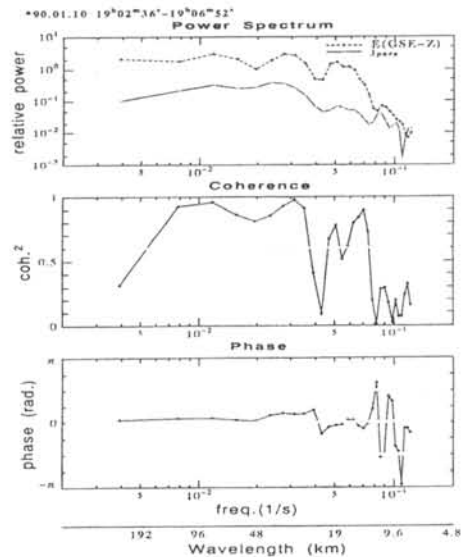


Fig. 2

# あけぼの衛星で観測された 沿磁力線電位差空間分布に関する考察

○坂野井 健<sup>1</sup>、福西 浩<sup>1</sup>、向井利典<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>東北大学理学部 <sup>2</sup>宇宙科学研究所

Field-Aligned Potential Drop Structure Observed by the Akebono Satellite

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

<sup>1</sup>Upper Atmosphere and Space Research Laboratory, Tohoku University  
<sup>2</sup>Institute of Space and Astronautical Science

Auroral field-aligned acceleration processes have been examined using the Akebono particle and magnetic field data. We analyzed the Akebono data from 22 orbits in the altitude range of 5000-10000km and various MLT sectors. The Potential drop above the satellite was derived from the peak energy of precipitating electrons. The potential drop below the satellite was calculated in two ways, one from the width of electron loss cone and the other from the peak energy of upward ions. In most cases, it is evident that the potential drop calculated from loss cone is greater than that derived from ion peak energy. That difference becomes greater when the potential drop above the satellite is large. It is suggested that turbulent processes on auroral field lines cause these discrepancies.

あけぼの (EXOS-D) 衛星が極域沿磁力線電場加速領域中を通過した場合、加速された下向き電子と、上向きのイオンビームが観測される。磁気圏の様々な場所を起源とするプラズマの沿磁力線加速過程を明らかにするために、期間は1989年11月-1990年2月、高度5000-10000kmでMLTの異なる22例の、加速領域中のあけぼの衛星の磁場・粒子データの解析を行い、沿磁力線電位差と電流密度の空間分布を調べた。このうち7例は、DMSP-F8/F9衛星が低高度 (~850km) でほぼ同時刻に粒子観測を行っており、そのデータも解析した。

沿磁力線電位差の導出は、衛星より高高度の領域について降下電子ピークエネルギーから、また低高度の領域については上向きイオンピークエネルギーと電子ロスコーン分布の広がりから別々に計算した。また、磁場観測から得られる電流密度分布と加速領域の対応を調べた。

この解析から次のことが明らかになった。

(1) 電子ロスコーンと上向きイオンピークからそれぞれ求められた電位差の緯度に対する変化の傾向はほぼ一致するが、その値は多くの場合前者から求めた方が大きい (Fig. 1)。また、この傾向に関しては、MLTや高度による違いは特にみられない。  
 (2) 粒子加速領域と微細な上向き沿磁力線電流はよく対応する (Fig. 1)。

電子ロスコーンとイオンピークからそれぞれ求めた電位差が一致しない原因として、解析の誤差に加え、イオン、電子ともに、ピッチ角散乱やエネルギー拡散の効果も考慮する必要があると思われる。この事に関して、電位差が大きい場所、特に衛星より高高度の部分の電位差が大きい場合で違いが大きくなる (Fig. 1) 傾向があり、これらの領域で波動粒子相互作用が大きいことを示唆している。

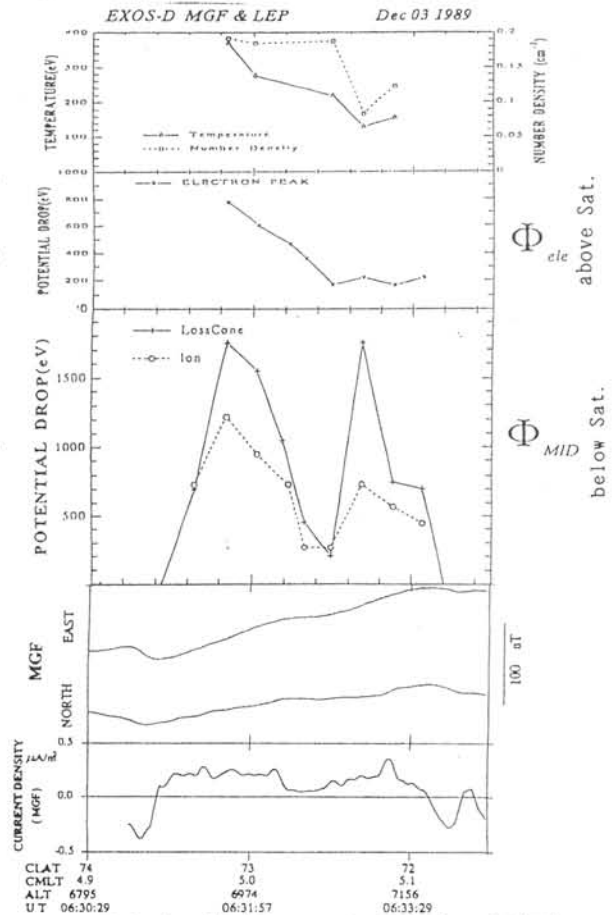


Fig. 1 Relationship between potential drop derived from the the Akebono particle data and current density.

## Ion Temperature in the Polar Ionosphere Observed by Akebono/SMS

E. Sagawa (CRL), S. Watanabe (HIIT)

SMS on board the EXOS-D satellite measures ion distribution functions, for various ion species, projected on to the spin plane. By calculating moments of the observed two dimensional ion distributions, we can estimate various physical quantities, eg., densities, velocities, temperatures, and heat flow.  $T_{\perp}$  and  $T_{\parallel}$  can be calculated when the instrument samples near the field line. A statistical analysis of the SMS observations for one and half years indicates that ion temperature at the Akebono altitudes is much higher than those predicted by theories.

### 1 Introduction

The Suprathermal Ion mass Spectrometer (SMS) on board the Akebono spacecraft has a capability to measure two dimensional ion distribution functions of major ion species in the plane perpendicular to the satellite spin axis. The spacecraft's orbit is designed to cover the polar ionosphere at altitudes below 11,000 km in order to investigate physical processes associated with polar phenomena including aurora. Most of previous *in-situ* observations of thermal plasma at these altitudes have been done by using the plasma probe technique, which can only provide information on plasma as a bulk, eg., plasma density, temperature. However, in the polar ionosphere at the Akebono altitudes where physical processes that are not seen in the middle and low latitude ionosphere determines plasma property, plasma may differ from the simple Maxwellian distribution. In order to measure plasma properties in this region correctly, the SMS instrument was designed to measure complete two dimensional distribution function of ions from the lowest energy observable from a spacecraft.

We report here on preliminary results from analysis of ion temperatures calculated from the SMS's ion distribution function. Results of the ion drift velocities parallel to the field line were already reported[1].

### 2 Ion Temperature Calculation

From two dimensional ion distribution function measured by SMS, we are able to see phenomena specific in the polar ionosphere such as *Transverse Ion Heating* and *Ion Conics*. In addition to investigate those characteristic features, we can also estimate bulk plasma properties by calculating moments of the observed ion dis-

tribution function. The procedure for calculating moments from the SMS data was described in detail in other paper [1]. In the moment calculation, it is essential to estimate the satellite potential by assuming all ions have a common drift velocity perpendicular to the local magnetic field, in order to define the zero-energy of measured ion distribution function. After this estimation, the following procedure to estimate various plasma properties are fairly straightforward. The first order moment of distribution function gives us information on plasma drift, the second is related to temperature of ions, and the third corresponds to heat flow. Also we can estimate  $T_{\parallel}$  and  $T_{\perp}$ , separately. Fig.1 is an example of the SMS's ion distribution function for  $H^+$  and  $O^+$ . The abscissa and ordinate are velocities perpendicular and parallel to the field line, respectively.

### 3 Ion Temperature Data

We analyzed the SMS data from April, 1990 to October, 1991. Although details of analysis will be reported at the conference, it should be noted here that ion temperature at the Akebono altitudes is about  $10^4$  K, which is higher than those used in the most simulations of polar ionosphere.

### References

- [1] S. Watanabe, B. A. Whalen, and A. W. Yau, *J. Geophys. Res.* **97**, 1081, 1992.

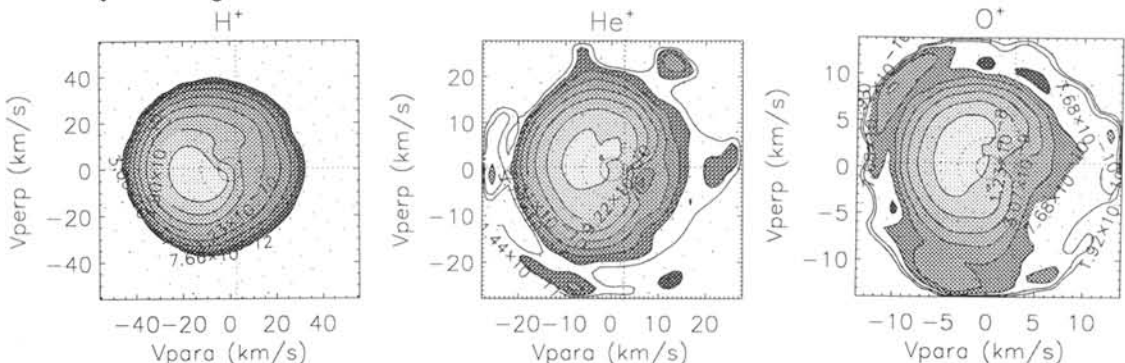


Figure 1: Ion distribution function observed by SMS

## 太陽圏外圈極域構造

鷲見治一 (名大STE研)

## Structure of the Polar Region of the Outer Heliosphere

H. Washimi (STE-Lab., Nagoya University)

The global structure of the outer heliosphere under the interaction of the solar wind plasma with the interstellar medium is studied by means of MHD computer simulation in the axisymmetric system. The effects of the interplanetary magnetic field is taken into account in our simulation. The interplanetary helical magnetic field is found to play an important role in the outer heliosphere. Because the intensity of the helical field is maximum near the equator, and because the magnetic energy becomes of comparable order of magnitude to the flow energy just beyond the terminal shock, the direction of the subsonic solar wind flow in this region is distorted polewardly by the magnetic pressure. Thus a collimated plasma flow channel is formed in the heliosheath along the polar axis. This plasma flow is confirmed to be trapped and pinched by the surrounding helical magnetic field. The plasma flow moves outward along the axis and thus the domain of the heliosheath is found to be elongated along the axis. We have also examined the effect of the 11-year solar cycle variation on the heliospheric structure. It is confirmed that the terminal shock is contracted by a few 10 percents by the effect of helical magnetic field which brings an expectation to the encounter of the terminal shock in the near future by the deep space missions.

This MHD analysis of the axisymmetric system also suggests what happens when the interstellar medium flow is oblique to the polar axis. Both the northern and southern collimated flows along the axis will be also formed near the terminal shock in the heliosheath even for this case. But the orientation of these two flows will not be kept parallel to the axis for long distances but will be bent toward the down-stream of the interstellar medium flow. Accordingly, a binary parallel flow structure will be formed in the tail of the outer heliosphere or even the tail itself will be split into the two parts.



## 太陽CORONA領域の磁場構造変化とそのSUBSTORMへの影響

° 斎藤尚生・高橋忠利(東北大・理)・常田佐久(東大・理)・小塚幸央・渡辺堯(名大・STE研)

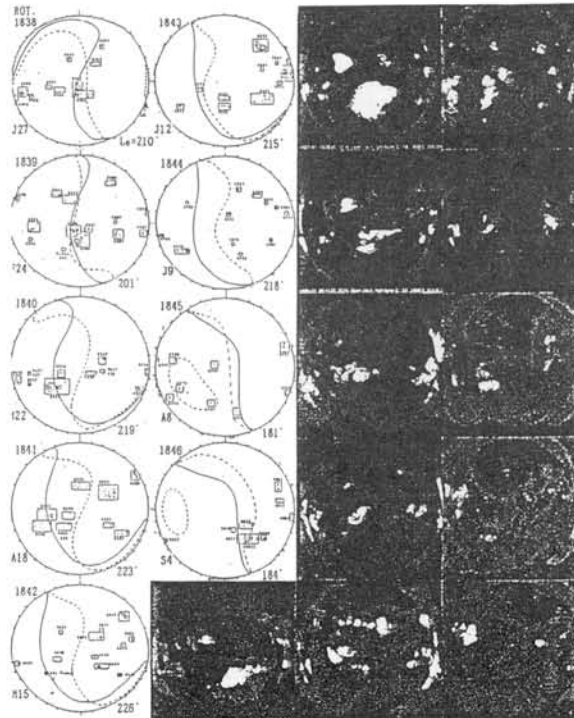
### MAGNETIC STRUCTURE CHANGE IN THE SOLAR CORONAL REGION AND ITS EFFECT ON SUBSTORM

T.SAITO, T.TAKAHASHI (Tohoku Univ.), S.TSUNETA (Univ. Tokyo), Y.KOZUKA, and T.WATANABE (Nagoya Univ.)

The authors have studied the generation mechanism of substorm as an interaction between the heliomagnetosphere and the geomagnetosphere. Our triple-dipole model on the interaction will be substantiated by analyses of the Yohkoh SXT images.

著者等はこれまで SUBSTORM 群の発生を、太陽圏と地球圏の相互作用として捉え、相互作用に見いだされた法則性をあらわす太陽圏回転反転 MODEL、その法則性を生み出す三双極子 MODEL などを提唱してきた。これらは「現在の」「地球」がむしろ特殊環境にあるため、そこに住む我々の日常性からは理解されにくい面があった。このような折、「ようこう」が打ち上げられて膨大な資料がもたらされ、抽象的な上記 MODEL が「手にとるような、見える形で」次々に実証されてきた。著者らによるようこう資料解析に基づく成果は、次の6項目に要約されよう。1. 選択的活動領域と3双極子MODEL。2. 活動領域の成長消滅と相対回転。3. EW型内部CORONAとNS型外部CORONA。4. 4-SECTOR構造の生成消滅機構。5. CORONAL HOLE CHANNEL の法則性とその解釈。6. 「ようこう」による外部CORONAの観測と PSEUDO-ALIGNED PHASE。

本講演ではこのうち、SUBSTORM 群発生に影響の深い3双極子 MODELと、それを実証する事実に焦点を置いて発表する。



## GEOTAIL衛星による昼間側磁気圏境界面の観測

○鶴田 浩一郎(宇宙研)、国分 征(東大 理)、山本 達人(宇宙研)、  
早川 基(宇宙研)、中村 正人(宇宙研)、松岡 彩子(宇宙研)、  
林 幹治(東大 理)、岡田 敏美(富山県立大)、Forest MOZER(U.C.Berkeley)

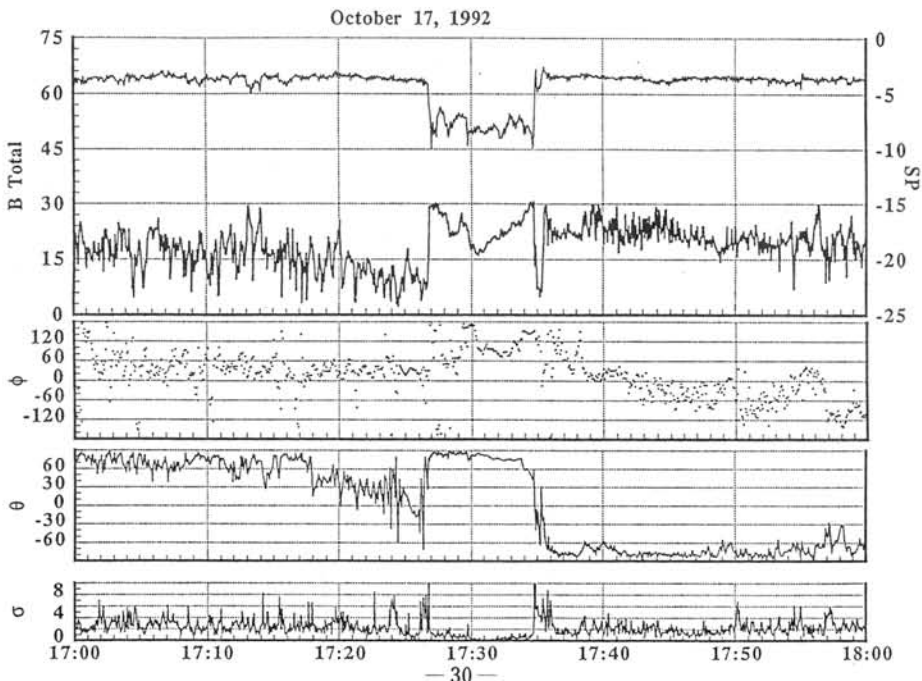
## Observation of Dayside Magnetopause made by GEOTAIL

Koichiro TSURUDA(ISAS), Susumu KOKUBUN(U. Tokyo), Tatsundo YAMAMOTO(ISAS),  
Hajime HAYAKAWA(ISAS), Masato NAKAMURA(ISAS), Ayako MATSUOKA(ISAS),  
Kanji HAYASHI(U. Tokyo), Toshimi OKADA(Toyama Pref.U), Forest MOZER(U.C.Berkeley)

GEOTAIL's orbit crossed the magnetopause more than 10 times before the spacecraft finally entered the magnetosphere at around 20:30 UT on October 17, 1992. We studied the structure and motion of the magnetopause using magnetic field, electric field and plasma flow data observed by the MGF and EFD. Though the analysis is still preliminary, the plasma flow velocity deduced from E and B field suggests the existence of thin boundary layer flow.

本年7月に打上げられたGEOTAIL衛星は約3ヵ月後の10月17日磁気圏前面のマグネトポーズに沿う軌道を通った。この時、十数回マグネトポーズクロッシングを行い磁気圏境界研究に好都合な条件が成立した。この報告ではGEOTAIL搭載の電場計測器、磁場計測器の観測を中心にして磁気圏境界面の性質について現在までに判明したことについて述べる。観測項目は、磁場(DC, AC)、電場(DC, AC)及びプーメラン方式の電場計測器の粒子検出器で測定した太陽風イオンの観測である。図はこの時のシングルプローブ(プラズマ密度)、全磁力、磁場の方位角、天頂角、及び変動成分をプロットしたものである。シングルプローブ(プラズマ密度の指標)の値が負の大きな値を示しているところが衛星が磁気圏内に入ったところである。300電子ボルトのエネルギーでモニターしていた太陽風イオンもこの部分で消滅し、衛星が磁気圏内に入ったことを示している。予備的な電場の解析の結果では境界層とおぼしいところで電場の値が大きくなり境界に沿った流れがあるように見える。更に解析を続けてその結果を報告する。

## 図磁気圏境界通過時の電場(シングルプローブ)、磁場のデータの例



**Stratospheric and Tropospheric Changes Associated with Solar Proton Events**

Takashi Watanabe (STELAB, Nagoya Univ., Toyokawa 442, Japan)  
 Eriko Fujita (Aichi Univ. of Education, Kariya 448, Japan)

We examined radiosonde data in Japan (18 places) to find influence of solar activities on the lower atmosphere. The source of the radiosonde data is the magnetic tape provided by the Meteorological Agent of Japan, including the data obtained in 1988-1992. The response to solar-terrestrial events such as solar flares, solar proton events, and geomagnetic storms is examined by the superposed epoch method in such a way that the date of their individual occurrence is taken as the key day. We estimated the difference between averages of the temperature at each pressure level in 5 days after and those in 5 days before the key day. We obtained the most significant changes when we selected the key day with respect to the initiation of energetic proton events (>40 pfu) on the geostationary orbit (GOES), as shown in Fig. 1 for the events in 1988 - 1989 (Nov. - March). It is seen that the temperature increase in the stratosphere and decrease in the troposphere. On the other hand, as shown in Fig. 2, a complete opposite tendency, temperature decrease in the stratosphere and increase in the troposphere, is obtained for 1990 - 1992 (Nov. - March). The interval of 1988 - 1989 corresponded to the interval of positive SOI phase, and years 1990 - 1992 were those of the negative SOI phase. Other parameters such as wind speed also showed significant changes. No clear correlation was found for the QBO phases at the 50 mb level. The changes in temperature showed clear latitudinal dependence; larger temperature change was seen at the higher latitude. It is suggested that the influence of changes in the high-latitude circulation pattern induced by solar proton events, e.g. the increase in the vortex area, appeared in the mid-latitude region.

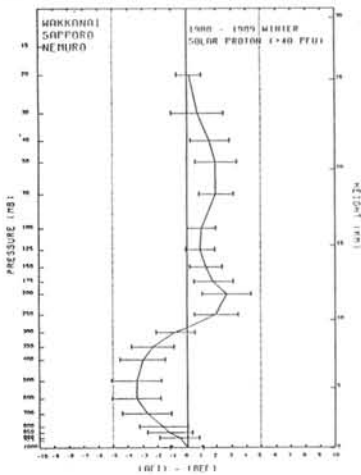


Fig. 1: Mean temperature difference at each pressure level in 1988-1989 (Nov.-March). The data obtained at 3 stations in Hokkaido are averaged.

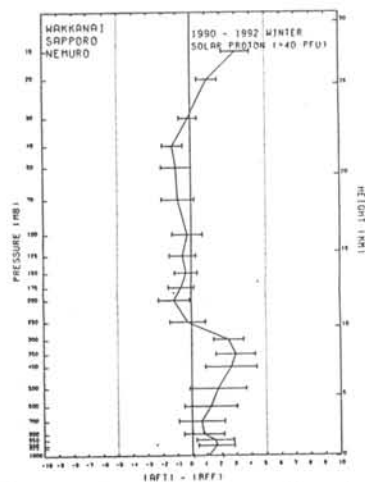


Fig. 2: Same as Fig. 1 but for 1990-1992.

Storm - particle 1:13 ice crystal  
 ionization - cluster 潜熱放出 温度上昇

Southern Oscillation index

## 磁気嵐に関する統計

丸橋克英、大高一弘（通総研）、宮岡 宏（極地研）

## Statistics on Geomagnetic Storms

K. Marubashi, K. Ohtaka (CRL), and H. Miyaoka (NIPR)

In Solar Cycle 22, we have had a number of severe geomagnetic storms. A simple question arises then. What rank does each of those storms occupy in the history? Apparently, the answer to this question depends on how we define the rank of geomagnetic storms. Should we use the lowest Dst index to define the rank of severeness of geomagnetic storms? How does the rank of one particular storm change by using other geomagnetic activity indices such as Kp or Ap, or by taking durations of storms into account? Related questions include: (1) how often geomagnetic storms of a given severeness occur, (2) how such occurrence frequencies change with solar cycle, season, and other conditions. We tried to answer these questions statistically by using a database of geomagnetic indices compiled since 1957. The result will provide a new database for studies of more physical questions such as determination of threshold levels for some particular activities to take place during the course of storms.

太陽活動第22周期に、多くの大磁気嵐が発生し、低緯度オーロラをはじめとして数々の大磁気嵐に特徴的な現象の研究が進められている。

ここで簡単な疑問が生じる。これらの磁気嵐は、過去の記録にてらして、史上何番目に位するものであったらう。大磁気嵐という以上、この質問に対して答えを用意しておくことが望ましい。（外国ではこれに答えるデータベースを用意している機関があるが、国内にはない。）明かに、その答は磁気嵐の大きさの定義に依存する。そこで問題を以下のように整理する。

- (1) 磁気嵐の大きさを表すのに適当な地磁気指数は何か。
- (2) 地磁気指数によって磁気嵐のランク付けはどのように変化するか。
- (3) 地磁気指数がある値を超える継続時間をどの様に考慮に入れるか。

(4) 磁気嵐の大きさの定義によるランク付けの差をどのように解釈するか。

さらに、これらの問題を解決した上で次のような統計も興味を引く。

- (1) ある大きさの磁気嵐の発生確率はどのような分布を示すか。
- (2) この発生確率は太陽活動の変化や季節によってどのように変化するか。

我々は、1957年以降の地磁気指数データを使ってこれらの疑問に答えることを試みる。この単純な統計結果は、もっと物理的な研究を進める上で重要なデータベースとなるであろう。

例えば、

- (1) 磁気嵐に伴い、いろいろな現象が発生するための磁気嵐の大きさに関する条件
- (2) 特に、サブストームと磁気嵐の大きさとの関係

などについて、何がしかの結果が得られることを期待している。

induction field

Dst. IMF control or 磁気嵐

## D-REGION OBSERVATIONS OF POLAR CAP ABSORPTION EVENTS IN 1981-1989

H. Ranta Geophysical Observatory  
SF-99600 Sodankylä, Finland

## ABSTRACT

During the years 1981-1989 altogether 71 solar proton events were observed. Dividing the events into strong,  $\text{pfu} > 1000$  ( $\text{pfu}$ , proton flux measured at geosynchronous satellite orbit in units of  $(\text{cm}^2 \text{ s sr})^{-1}$ ), medium  $100 < \text{pfu} < 1000$  and weak events  $\text{pfu} < 100$ , only the strong and medium events have a considerable effect on the lower ionosphere. The mean daily absorption at 30 MHz (A), measured in the auroral zone, is  $>2$  dB during strong events,  $< 2$  dB during medium events and  $< 1$  dB during weak events. The most active year was 1989 when 23 solar proton events were observed including 6 strong events. Diurnal variation of the electron density in the D-region during PCA is a function of the solar zenith angle. However, south of  $L=5$  a minimum in absorption is observed during the noon hours. During sunrise the absorption increases simultaneously with solar elevation angle, but during sunset there is about 2 hours delay between the decrease of absorption and the solar elevation angle.

Proton flux (pfu) classify

• Decrease Abs. after SSC.

daytime decrease.

地磁嵐における熱圏中性気体の力学的応答  
 - 子午面内大循環と大気重力波の相対的役割 -

° 前田佐和子 (京都造形芸術大学) ・ 藤原 均 (東北大学理学部)

Dynamical response of the thermosphere to a major geomagnetic storm  
 - Relative importance of general circulation and atmospheric gravity waves -

S. Maeda (Kyoto Univ. Art and Design) ・ H. Fujiwara (Tohoku Univ.)

The dynamical response of the neutral gases to geomagnetic disturbances is simulated by using a two-dimensional, time-dependent model of coupled dynamics and composition. The high-latitude energy input originated in the magnetosphere/ionosphere drives general circulation in the meridional plane and atmospheric gravity waves. Relative importance of the two dynamical processes in the case of a major geomagnetic storm is investigated from a spectral analysis of the model simulation results.

空間2次元時間依存性の熱圏力学・化学結合モデルを用いた数値実験により、地磁嵐および電離層サブストームに対する熱圏応答を調べてきた。その結果、地磁嵐回復期の中性気体の緩和時間とそれを決定づけるエネルギー素過程が特定された<sup>(1)</sup>。本講演では、地磁嵐擾乱に対する中性気体の力学的な応答を調べるために行った数値実験の結果を報告する。地磁嵐擾乱時に熱圏に印加された電離圏・電離圏起源のエネルギーによって熱圏中性気体の子午面内大循環と大気重力波が駆動される。この力学的応答によって、エネルギーが熱圏全体に拡散される。高緯度電離層に流入したエネルギーが、子午面内大循環と大気重力波に、どのような割合で分配されるのか、その分配率を決定づける物理的要因は何かを明らかにすることが目的である。現在までに行った計算結果から、地磁嵐に対する応答では、子午面内大循環へのエネルギー分配の割合が多く、サブストームの場合では殆どのエネルギーが大気重力波の励起へ消費されることが推察される<sup>(2)</sup>。今回の報告では、大規模な地磁嵐に対する熱圏応答の数値シミュレーション結果に対してスペクトル解析を行い、上記の推察の妥当性を検討する。

1時間内の  
熱注入  
のとき  
重力波  
励起  
その周期  
は何か  
決まる?

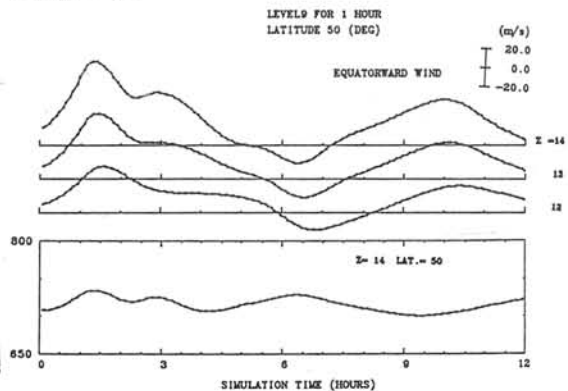


図2 1時間のサブストームに対する緯度風と温度の変化<sup>(2)</sup>

24時間  
熱注入  
のとき  
重力波  
励起  
大循環

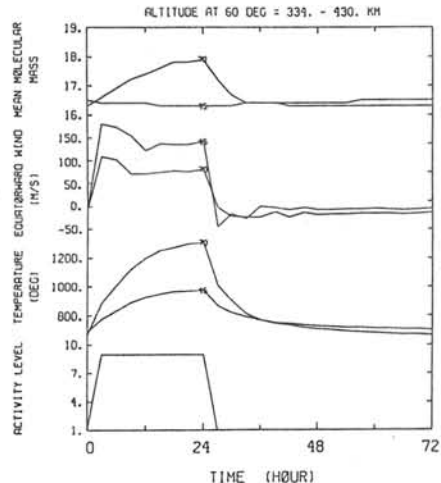


図1 24時間擾乱が継続した場合の緯度70°と45°における熱圏の変動<sup>(3)</sup>

参考文献

- (1) S. Maeda et al., Heat Budget of the Thermosphere and Temperature Variations During the Recovery Phase of a Geomagnetic Storm, J. Geophys. Res., vol. 97, No A10, 1992.
- (2) 藤原均 他、サブストーム時の熱圏風系変化のシミュレーション、第92回地球電磁気・地球惑星圏学会、1992.
- (3) S. Maeda et al., Thermospheric Structure Associated with Discrete Levels of Auroral Activity, Proceedings of the NIPR Symposium on Upper Atmosphere Physics, 1988.



1992年2月27日の磁嵐時の  
TID現象に伴う01630.0nm大気光の急増光

久保田 実、大久保一郎、岡野章一、福西 浩 (東北大理)

01630.0nm Airglow Emission Enhancements Associated  
with TID Events during the February 27, 1992 Storm

M. Kubota, I. Ohkubo, S. Okano, H. Fukunishi  
(Upper Atmosphere and Space Research Laboratory, Tohoku University)

The Multicolor All-sky Imaging System (MAIS) has been developed as a remote sensing tool for the study of atmospheric dynamics at altitudes from the mesopause to the F region. Rapid enhancements of 01630.0nm airglow emission associated with TID events, which were identified from the CRC ionospheric and HF-doppler network data, were observed at Zao observatory around 1530 UT on February 27, 1992 during a magnetic storm. On the same day, the second sudden commencement occurred at 0848 UT, and low-latitude aurora appeared in Hokkaido at 11 UT.

多波長全天撮像装置 (MAIS) を用いた観測は 1991年12月以降蔵王観測所で新月期間の晴夜に行われている。

今回は1992年2月27/28日の晩に起った TID の伝播に伴う 01630.0nm の急増光について発表する。地磁気活動は前日の夜から活発で、27日 0848UT(1748JST)にこの日2度目のSCがおこり、それと同時に極域ではオーロラ活動が活発になり、その状態が19UT(04JST)頃まで続いている。また、27日11UT(20JST)には北海道で低緯度オーロラが観測された。我々は27日1325UT(2225JST)に蔵王で01630.0nm大気光のイメージング観測を開始し、以後ほぼ5分おきに撮像を行った。1410UT(2310JST)までやや強い発光をしていた01630.0nm大気光は、1510UT(0010JST)に北の方から急激に増光した。但し1410-1510UT(2310-0010JST)の間は観測を休止しているため01630.0nm大気光がこの間のどの時刻から急増したかは同定できない。1530UT(0030JST)には増光部は視野全体に広がった。この時点で大気光強度はピークに達し、その後は18UT(03JST)の観測終了まで一様に減光した。

01630.0nm大気光の強度  $I(630.0nm)$  は Barbier の実験式

$$4\pi I(630.0nm) = A(foF2) \exp\{- (h'F - h)/H\} + C$$

に良くしたがう事が知られている ( $A, h, H, C$  は実測値から求めるパラメータ)。この式によると  $I(630.0nm)$  は、F層の見かけの高度を表す  $h'F$  とは逆相関、F2層の最大電子密度に対応する  $foF2$  とは順相関をとることが判る。この晩の秋田と国分寺の  $h'F$  と  $foF2$  を Fig. 1 に示す。上の太い実線は、 $I(630.0nm)$  が増光している時刻で、 $h'F$  が急に低くなった時刻と一致しており、 $foF2$  もピークに近づいている (破線は上述したデータギャップを示す)。この日は  $foF2, h'F$  ともに1~2時間周期の変動をしており、これは国分寺のHF doppler で観測されたTIDによると思われる周期的変動とも良く一致する。

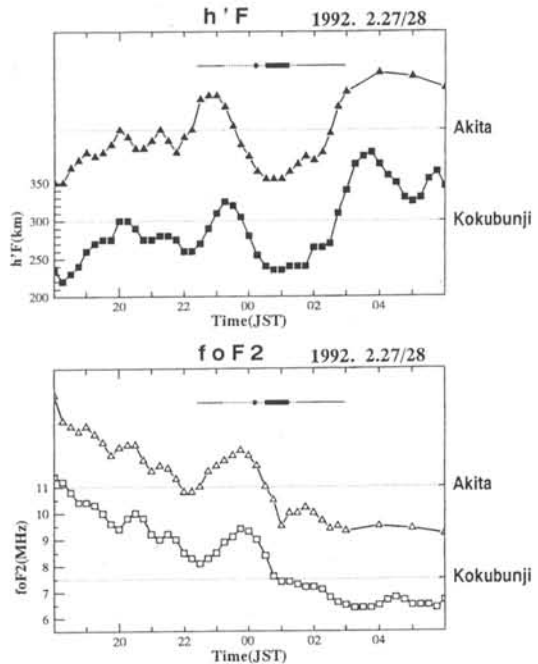


Fig. 1 Variations of  $h'F$  and  $foF2$  on February 27/28, 1992 observed at Akita and Kokubunji. Thick lines denote the period of 01630.0nm airglow emission enhancements. Broken lines show data gap.

Exos-D Observations of Enhanced Electric Fields  
during the Giant Magnetic Storm in March 1989

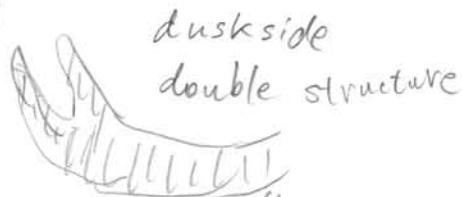
T. Okada (Faculty of Engineering, Toyama Prefectural  
University, 939-03, Japan)

H. Hayakawa, K. Tsuruda, A. Nishida, and A. Matsuoka  
(The Institute of Space and Astronautical  
Science, Kanagawa, 229, Japan)

Abstract

Intense electric fields were observed in the evening MLT sector at middle latitudes at around 3000 km altitude during the great storm on March 13-14, 1989, by the Exos-D satellite which has been in an elliptic orbit with a  $75^\circ$  inclination and with initial perigee and apogee of about 275 km and 10,500 km, respectively. During the main phase on March 13 intense poleward directed electric fields were detected and the plasma convection were found directed sunward at wide latitudes ranging from  $48^\circ$  to  $57^\circ$  geomagnetic latitude. At the equatorward boundary of the electric field region sharply enhanced electric field were seen, the maximum value of which was 48 mV/m at 3900 km, being equivalent to the electric field intensity of 100 mV/m and the plasma drift velocity of 1.8 km/s at an ionospheric altitude of 120 km. The equatorward boundary of the enhanced electric field moved toward higher latitudes during the recovery phase. It is found from the comparison with the Exos-D geomagnetic data analysis by Fujii et al. (1991) that the sharply enhanced electric field is consistently located with the equatorward boundary of the region 2 field-aligned current which is closely linked to the ion distribution in the ring current. Using the electron density profiles along the satellite passes provided by Oya and Morioka (Oya et al., 1990), the location of intense electric fields were found to be in the low density region outside the well-defined plasmopause during the recovery phase. This fact is indicative that the outer plasmasphere had been eroded during the early part of the storm main phase and had not recovered when the observations were made so that the it was located far inside the inner edge of the plasmashet protons.

18

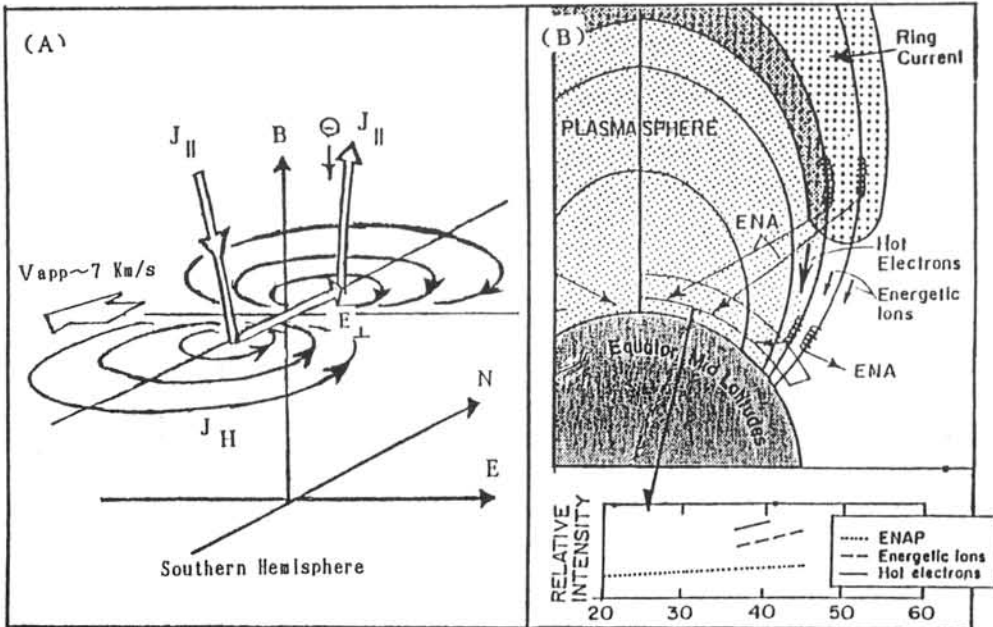


CHARACTERISTICS OF MAGNETIC VARIATIONS  
CAUSED BY LOW-LATITUDE AURORAE OBSERVED AROUND 210° MAGNETIC MERIDIAN

Endo, T, K. Yumoto, K. Shiokawa, Y. Tanaka, and T. Oguti

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

Optical and magnetic observations at the Moshiri Observatory ( $L=1.6$ ) of Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University, indicated that invisible low-latitude aurorae appear frequently in concert with H-component magnetic positive excursions with  $\geq 50$  nT and large-amplitude PI pulsations during the main phase of ordinary magnetic storms, e.g., on February 9, 26, 27, and 29, and May 10, 1992, even with the minimum Dst index of  $\geq -150$  nT. From sets of H- and D-component magnetograms of the 210° MM chain stations, it is found that the positive excursions in  $\Delta H$  observed near the same longitude begin almost simultaneously in the northern and southern hemisphere, but there are large northern-southern asymmetries in the H- and, especially, D-component magnetic perturbations, indicating the presence of an additional asymmetric ionospheric current system localized around the low-latitude aurorae. The H- and D-component magnetic variations show phase delays, i.e., spatial movements of the ionospheric current patterns from the midnight toward the evening side during the pre-midnight and from the midnight toward the morning side during the post-midnight. The apparent longitudinal moving velocities of the ionospheric current patterns are about 7 km/s around 40° in the magnetic latitude. The magnetic field variations caused by the low-latitude aurorae also give a clear picture of ionospheric Hall current vortex in which localized field-aligned current of  $5 \times 10^{-8}$  A/m<sup>2</sup> flows upward as shown in Fig. (A), and must be associated with a precipitation of hot electrons at the most earthward part of the ring current along the magnetic field lines that thread the ring current and the outer plasmasphere and mid/low-latitude region during a moderate magnetic storm as illustrated in Fig. (B).



## DMSP satellite and ground-based photometric observations of the low-latitude aurora

H. Miyaoka, T. Hirasawa(NIPR), K. Yumoto and Y. Tanaka (STE Lab.)

In order to identify the generation mechanism contributing to the low latitude aurora event on October 21, 1989, we examined precipitating particle data measured by DMSP-F9 satellite which passed through the auroral region during its maximum enhancement and the scanning photometer data which were recorded simultaneously at Moshiri Observatory of STE Laboratory. The primary feature of the ground-based observations on Oct 21, 1989 is summarized as follows;

- 1) Extremely bright red aurora I(6300A): Max 90kR(after optical corrections)
- 2) Superposed ray structures(5577A aurora)
- 3) Short duration time(~ 1hr)
- 4) Spatially localized structure
- 5) Corresponding to large(>200nT) magnetic positive bay

Fig. 1 shows the precipitating electron data across the auroral oval almost along the meridian of about 20 degrees east of Japan, (a) before, (b) just during and (c) after the brightening of the low latitude aurora. The top panels in Fig. 1 indicate energy-time spectra of precipitating electrons, the middle panels show the electron energy flux integrated over the range of 30eV - 30keV, and the bottom panels are electron count rates of four energy channels for 30eV, 300eV, 3keV and 30keV, respectively. We find here a region of low energy precipitating electrons(almost registered in 30eV and 300eV count rates) just on the low latitude side of the ordinary auroral oval defined by an enhancement of keV electrons, only for the short interval of the red aurora brightening. As for ion precipitation, there was no significant flux in the energy range above 1keV, thus a possible mechanism for red aurora excitation by ion/neutral atoms precipitation must be excluded in this case. In this paper we examine and verify the enhanced low energy (10eV-1keV) electrons precipitating at the equatorward boundary of auroral oval as the most probable excitation source for the low latitude red aurora.

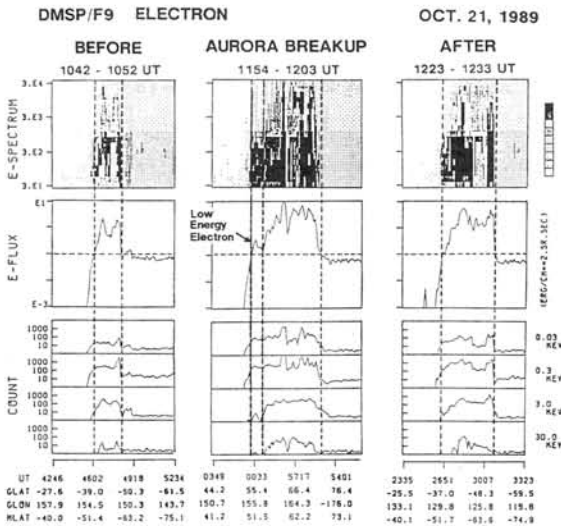


Fig. 1 Characteristic electron precipitations during low latitude aurora breakup measured by DMSP-F9 satellite on Oct. 21, 1989

## オーロラステレオ観測画像のトモグラフィ 解析手法について (I V)

麻生武彦\*・薮哲郎\*・橋本岳\* 安倍稔\*

江尻全機\*\*・宮岡宏\*\*・小野高幸\*\*・山岸久雄\*\*

(\*京大工, \*\*極地研)

### ON THE METHOD OF TOMOGRAPHY ANALYSIS FOR THE AURORA STEREO OBSERVATION (IV)

T. Aso, T. Yabu, T. Hashimoto, M. Abe ( Kyoto University )

M. Ejiri, H. Miyaoka, T. Ono, H. Yamagishi( National Institute of Polar Research)

In our CAT (computed auroral tomography) analysis, effort on the sophistication of model function for the aurora volume emission rate has been undertaken. Some aurora arcs in Iceland are retrieved in terms of undulant or overlaid aurora curtain model. Also, pulsating aurora in the diffuse aurora in Antarctica has been re-analysed based on the cell model in the horizontal plane. Reconstruction based on these models conform more reasonably to observed stereo image pair.

オーロラステレオ観測画像の CAT (computed auroral tomography) 解析として、我々はこれまで主にカーテン状の発光層を基本としたモデル関数を仮定し、これらのパラメータを推定する手法を採ってきた。即ち高さ方向の広がりについては、モノエナジエティックなオーロラ粒子による発光層としてチャップマン関数或はその変形された形を、また水平の厚さ方向についてはガウス関数、ボックスカー関数による記述を用いてきた。ここではさらに、オーロラの形状が複雑な場合に対応して、カーテン層のうねりや重なり等を考慮した関数形として新たにアークの長さ方向についてべき多項式、スプラインや準エルミート補間式を、水平の厚さ方向について同様にスプライン、準エルミート補間式、アーク終端部について水平面 2 次元ガウス関数、また水平面で特に関数形を規定しない水平面 2 次元セルなど種々のモデルを導入し、よりリアリスティックな復元を可能とするモデル化を試みた。これらのモデルを用いてアイスランドでのステレオ観測 [1],[2] における波長  $5577\text{\AA}$  のステレオ画像解析がなされ、強いオーロラアークの空間構造の推定を行なった [3],[4],[5]。また、これまでに解析を行なった南極昭和レープスネス間のステレオ観測に於けるバルセーティングオーロラ [6],[7] について水平面セルモデルにより再度解析したところ、やはりベースライン長が水平方向の厚みの推定値に比して十分大でなく、高度方向の広がりについての曖昧さのない推定が困難であった。図 1 は 1985 年 8 月 17 日 23:44:58 のバルセーティングオーロラを抽出した前処理後の画像 (この時刻と 23:44:09 における画像の差画像) と再構成された高さ方向の広がりそれぞれ 28km と 6km のオーロラモデルから得られた画像であるが、双方の残差が同程度で有意な差が

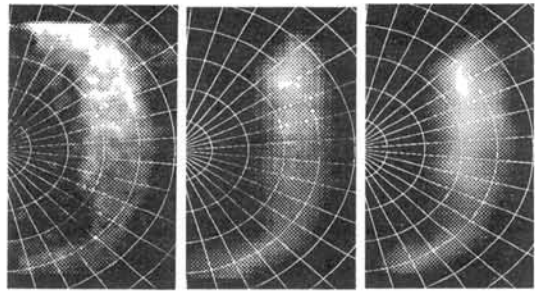


図 1: 1985 年 8 月 17 日 23 時 44 分の Syowa における画像 (前処理後) (左) および 3 次元発光構造の高さ方向の広がりそれぞれ 28km (中) と 6km (右) の再構成結果にもとづく再生画像。

見られない。講演に於いては新しいモデルを用いたこれらいくつかの解析結果について述べる。

謝辞 データ解析には安倍研学生六車君の協力を得、またデータ処理の一部は京大工学部附属高度情報開発実験施設の計算機により行なわれた。

#### 参考文献

- [1] 江尻他, 第 15 回極域における電離圏磁気圏総合観測シンポジウム講演要旨, 1992. [2] 麻生他, 同, 1992. [3] 麻生他, 第 92 回 SGEPS 講演予稿集, 1992. [4] Aso, T. and M. Ejiri, Abstract for 19AM, 1992. [5] Aso, T. et al., Proc. NIPR Symposium on Upper Atmos. Phys., 1992. [6] 麻生他, 第 13 回極域における電離圏磁気圏総合観測シンポジウム講演要旨, 1990. [7] 麻生他, 第 14 回極域における電離圏磁気圏総合観測シンポジウム講演要旨, 1991.

(第 16 回極域における電離圏磁気圏総合観測シンポジウム講演予稿 1992 年 12 月)

オーロラ光学観測による降下電子エネルギーパラメータの推定と  
オーロラ粒子ダイナミクス理解への応用

○ 小野高幸（極地研）、守島 圭（東大理）、国分 征（東大理）、平澤威男（極地研）

Characteristics of the auroral particles measured by using a photometric observation technique

○ Takayuki Ono (1), Kei Morishima (2), Susumu Kokubun (2) and Takeo Hirasawa (1)  
(1: Natl Inst. of Polar Res., 2: Univ. of Tokyo)

**Abstract :**

Energy parameters of precipitating auroral particles were measured by using a photometric observation technique based on the intensity ratios of auroral emissions. As it has been shown by preliminary data analysis, the present optical method is useful for obtaining the information of precipitating auroral particles in active auroras. In this paper, we would like to discuss the dynamics of the auroral particles inferred by using the present method. Extending the optical method using a multi-channel photometer, we started to develop a fast speed scanning photometer for multi-wavelengths which was designed to obtain a spatial distribution of auroral particles along the magnetic meridian plane. We would like to introduce the new type photometer tested in Iceland.

序 我々はこれまで、オーロラの光学観測より降下電子のエネルギーパラメータ（平均エネルギー及び全エネルギーフラックス）を求める手法について、酸素原子輝線(844.6nm)と窒素分子イオン輝帯(427.8nm)あるいは窒素分子輝帯(670.5nm)との強度比を用いた観測結果例を示してきた。これまでの解析結果からは、これらの輝線強度比を用いる方法は、活発な活動を呈するオーロラについては特に優れたものであることが明らかにされつつある。ここではこれまでの初期解析をさらに進めて、オーロラ粒子の特性及び分布並びにこれらのダイナミックな変化における新たな知見について述べたい。またこの観測及び解析手法がオーロラ粒子の地上からのモニターとして極めて有望であることから、現在開発並びに試験観測が始められている、多色掃天フォトメータの概要及び試験観測の結果の一部についても触れておきたい。

**降下電子エネルギーパラメータ推定手法の評価**

ここで使用されている手法は、酸素原子許容線と窒素分子あるいはイオン輝帯との強度比を用いるものであることから、古くから行われてきた酸素原子禁制線(630.0nmあるいは557.7nm)を用いる手法に比べて、活発なオーロラ活動に伴う降下電子エネルギーパラメータを評価できるという、重要な特徴を持っている。特に酸素原子輝線(844.6nm)と窒素分子輝帯(670.5nm)強度比による観測では、ブレイクアップ時のオーロラについても不要光入射の影響を受けることなく観測が可能であることが示されている。一方安定なオーロラに対する従来の解析手法との比較（パルセーティングオーロラについて、 $I(844.6nm)/I(427.8nm)$ による結果と $I(630.0nm)/I(427.8nm)$ によるものとの比較）によれば、両者は非常によい一致を示している。このことから、ここで使用されている手法は、定量的にも信頼性の高いものであ

ると評価される。ただしモデル計算にて使用される大気モデルに於いて、酸素原子の絶対量に並びにその変動については未だ議論のあるところである。このため、酸素原子密度変化に敏感な557.7nm (OI)輝線強度についての解析が始められている。

**降下電子パラメータの特徴**

降下電子の特性はオーロラの形態に対応して以下のような性質を呈している。

- 1) Red Auroraにおける降下電子はエネルギーが約100eVと極めて低い。しかしながら全エネルギーフラックスは9月5日18日の例では約5erg/cm<sup>2</sup>/sec/sr程度と通常の明るいオーロラに匹敵している。さらに重要な事柄は、これらの値より推定される数フラックスの大きさである。この例で見られる数フラックスは $3 \times 10^{10}$ /cm<sup>2</sup>/sec/srとブレイクアップ時のアークの中心において観測される大きさ（例えば9月13日の事例： $6 \times 10^{10}$ /cm<sup>2</sup>/sec/sr）を大きく上回るものである。これは強いフラックスを持つ電子が強い加速は受けていないことを物語っている。
- 2) ブレイクアップに伴うアークにおける降下電子は約10keVと高いエネルギーを持ち、これにともない、非常に強いエネルギーフラックスを呈する。またアーク1本1本の通過に対応して、平均エネルギー、全エネルギーフラックスが逆V型のスペクトル変化をしている。アークの厚さは数km程度であり逆V型のスペクトルが粒子加速に対応しているとすれば加速域は非常に狭い領域に分布し、毎秒1~2kmのスピードで水平に移動する領域であることになる。



オーロラ輝線強度比から推定される、降下電子の  
平均エネルギー、数フラックス、全エネルギーフラックスの関係

○ 守嶋 圭 (東大理)、小野高幸 (極地研)、国分 征 (東大理)、平澤威男 (極地研)

Relations between energy parameters and number flux of precipitating auroral electrons  
derived from intensity ratio of auroral emissions

○ Kei Morisima (1), Takayuki Ono (2), Susumu Kokubun (1), and Takeo Hirasawa (2)  
(1: Univ. of Tokyo, 2: National Institute of Polar Research)

Abstract :

Energy parameters of precipitating auroral particles have been derived from ground based photometer data obtained at Showa Station, Antarctica in 1990. For obtaining energy parameters in active aurora, we have used the intensity ratio of OI(844.6nm) and N<sub>2</sub><sup>+</sup>(427.8nm) or N<sub>2</sub>(670.5nm). We would like to discuss the relations between energy parameters and number flux inferred by this method in several auroral events.

序 オーロラの光学観測より、降下電子のエネルギーパラメータ (平均エネルギー、及び全エネルギーフラックス) を推定する手法の中で、酸素原子輝線 (844.6nm) と窒素分子イオン輝帯 (427.8nm)、或いは、窒素分子輝帯 (670.5nm) との強度比を用いる方法は、これまでの解析結果より、オーロラ活動が活発な時にも適用できる優れたものであるということが示されてきた。ここでは、1990年の昭和基地基地に於けるフォトメータのデータを用いて、いくつかのオーロラのイベントに対して、この手法から推定された降下電子の平均エネルギー、全エネルギーフラックス、数フラックスの関係の考察を行った。

解析結果

図1~3は降下電子の平均エネルギー、全エネルギー

フラックス、数フラックスの関係をそれぞれ示したものである。ブレイクアップ時のアークに於いては、平均エネルギーが高く、数フラックスと共に、全エネルギーフラックスも増加する傾向がみられる。これは、inverted V型の沿磁力線加速領域に於いて降下粒子が加速されているためと思われる。630.0nm 光が強いアークでは、数フラックスの増加にともない平均エネルギーは減少している。Pulsating Auroraでは、平均エネルギーが高いにもかかわらず、数フラックス、全エネルギーフラックスとも少ない傾向がみられる。従って、630.0nm 光の強いオーロラ、Pulsating Auroraにおいては、ブレイクアップ時とは異なる加速機構、或いはオーロラ粒子降下プロセスが働いていると考えられる。

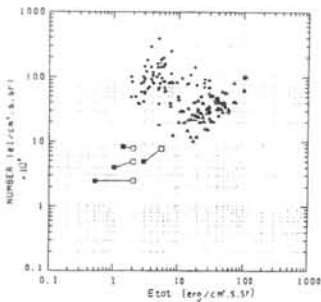


図1 降下電子の全エネルギーフラックスと数フラックスの関係

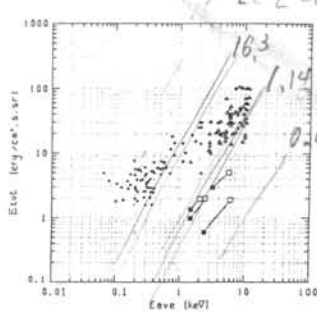


図2 降下電子の平均エネルギーと全エネルギーフラックスの関係

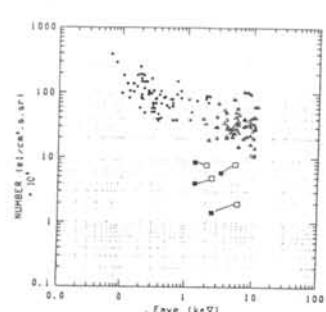


図3 降下電子の平均エネルギーと数フラックスの関係

- △ ... オーロラブレイクアップ時のアーク
- ... 630.0nm 光が強い時のアーク
- ... Pulsating Aurora (on)
- ... Pulsating Aurora (off)

$K=2 \rightarrow$  ohmic law

$E = KV^2 \rightarrow$

$E = k E_{av}^2$

Total energy - 加速電位

数100 plasma sheet + 加速電位の Gaussian の high energy tail Gaussian で fitting した平均値



多点観測 TV データを用いた南北共役オーロラの解析

°港屋浩一<sup>1</sup>、小野高幸<sup>2</sup>、佐藤夏雄<sup>2</sup>、山岸久雄<sup>2</sup>、  
藤井良一<sup>3</sup>、巻田和男<sup>4</sup>、芳野越夫<sup>1</sup>

1:電気通信大学、2:極地研、3:太陽地球環境研究所、4:拓殖大学

Analysis on Auroral Conjugacy using TV data of Multi-stations  
°H. Minatoya<sup>1</sup>, T. Ono<sup>2</sup>, N. Sato<sup>2</sup>, H. Yamagishi<sup>2</sup>, R. Fujii<sup>3</sup>, K. Makita<sup>4</sup>, T. Yoshino<sup>1</sup>

Auroral conjugacy was analyzed by using TV-data of 4 stations (HUSAFELL [66.0MN, 68.9ME], TJORNES [67.0MN, 73.3ME] in ICELAND and SYOWA [66.6MS, 71.8ME], ASUKA [65.4ME, 58.8ME] in the Antarctica). Usage of auroral data from multi-stations made it possible to investigate with a wider field view and more possibility to obtain simultaneous events than one pair stations. We identified conjugate auroras with auroral shapes and motions. We found longitudinal displacement of  $\sim 13^\circ$  ( $\sim 650$  km) which could not be identified in previous observations based on the one-pair conjugate stations. At the presentation, we will show more detailed feature of auroral conjugacy by analyzing statistically.

はじめに

オーロラの共役性を調べることは、その背景にある磁気圏の状態、オーロラ粒子のドリフト経路及び加速機構を知る手がかりとなる。

1991年3月5～18日、9月1～10日にSIT-TVカメラ(全天、パンクロ画像)によるオーロラ同時観測がほぼ磁気共役点に位置する4観測点—北半球(HUSAFELL [66.0MN, 68.9ME], TJORNES [67.0MN, 73.3ME]), 南半球(SYOWA [66.6MS, 71.8ME], ASUKA [65.4MS, 58.8ME])で行われた。これらの観測点における同時観測データを用いて、オーロラの共役性を調べることが行われた。多点データによるオーロラ共役性の研究には次のメリットがある。即ち、1)南北半球のそれぞれ2点はお互い隣接していて、各点で得られたオーロラ全天画像はオーロラ発光高度( $\sim 100$  km)では、ある範囲でオーバーラップするため、広範囲のオーロラ共役現象を調べることができる。2)観測点が増えるために必然的に同時観測例が多い。—ということである。つまり、今まで南北1ペアの観測点(SYOWA, HUSAFELL)による解析結果以上に広範囲に、多くのオーロラ現象について共役性を明らかにすることができる。

1991年の共役点オーロラ観測期間において、両半球で3点同時観測が1例、2点同時観測が9例得られた。

解析

画像データはVTR形式(30FRAMES/SEC)で記録されている。ここでは、解析に用いたのは、9月9日22:00

～10日2:00UTの3点同時観測データ(SYOWA, HUSAFELL, ASUKA)について解析結果を示す。まず、南北半球における共役オーロラの同定を以下のように行った。

- 1) 1分毎に編集された両半球のオーロラ全天画像を比較して、形の相似の有無を調べる。
- 2) オリジナルデータを用いて両半球のオーロラの動きの相似性を調べる。
- 3) デジタル化された全天画像をIGRF1990年モデルに従って磁気緯度-経度の座標展開表示を行い、両者の共役性を定量的に明らかにする。

解析結果

10日00:22～00:28UTに以下のような興味深い解析結果が得られた。①HUSAFELLとASUKAで同じ形のオーロラアークがみられたが、SYOWAではみられなかった。②HUSAFELLとASUKAのアークの動きは同様の東へのドリフトがみられた。このことにより両者は共役オーロラであるといえる。③画像データを磁気座標展開し、両者の形、位置を比較した結果、HUSAFELLの方がASUKAに比べてIGRF共役点より東側に $\sim 13^\circ$  ( $\sim 650$  km)ずれていることが判明した。

以上、両半球のオーロラの同定を行うことができ、今までの研究(SYOWA & HUSAFELL:1981;K.Makita,1987:N.Sato,1987:R.Fujii)では得ることができなかった新事実が明らかになった。

発表では、以上の方法を用いて、オーロラの共役性を統計的に明らかにする予定である。

↑sh breakup lat 1° long 1°  
recovery lat 1° long 40° ) この位の同-オーロラ  
と同定できるのか否か?  
↑shの大きさは連続的に変わるのか

オーロラアークに伴う50 MHzレーダのダブルスピードスペクトル

°五十嵐喜良<sup>1</sup>、小川 忠彦<sup>2</sup>

1: 郵政省 通信総合研究所、2: 平磯宇宙環境センター

DOUBLE SPEED SPECTRUM OF THE 50 MHz RADAR ECHO ASSOCIATED WITH AURORAL ARC

Kiyoshi IGARASHI<sup>1</sup> and Tadahiko OGAWA<sup>2</sup>

1: Communications Research Laboratory, 2: Hiraiso Solar Terrestrial Research Center

ABSTRACT: Near auroral arc two spectral components were observed, one at near ranges at about 200 to 250 m/s and a narrow peak at 500 m/s (double speed) at larger ranges. An idea of a horizontal wind velocity shear might be an explanation of these spectrum type.

オーロラアーク付近における50 MHzオーロラレーダエコーのスペクトル中に、距離に依存して2つのスペクトル成分を示す観測結果が得られたので報告する。図1にGGSビーム（磁南方向から32.8度西向き）のドップラスペクトルの距離特性を示す。22時27分44秒のスペクトルに着目すると、R=300-330 kmまでは、ドップラー速度Vd=200-300 m/sに鋭いピークを示すスペクトルが見られる。これより遠距離のR=330-390 kmまでは、この約2倍の速度の鋭いスペクトル（以下ダブルスピードスペクトルと呼ぶ）が現れている。この遠距離のスペクトルは、長く継続し、強く安定で狭いスペクトル形をしている。これは、典型的な2流体不安定スペクトル形である。ダブルスピードスペクトルの説明として、以下の2つが考えられる。①中性風による効果、②局所的な電子加熱効果。レーダに近い距離で、中性風がレーダから離れる方向に吹くか、遠距離でレーダに近づくような方向に中性風が吹けば、通常300-400 m/sのドップラー速度からシフトして、イオン音波速度のピークが観測者に対して500 m/s程度に偏移する可能性がある。期待される中性風の速度は、100-150 m/sであり、強いE領域の中性風としては、リーズナブルな値である。②の場合は、局所的に増加した電場により、電子加熱が起こり、イオン音波速度の閾値が約500 m/sになるケースが考えられる。今回のケーススタディでは、GGSビームの方だけでなく、GMSビームの方にもダブルスピードスペクトルが確認されている。

Reference

Igarashi K. and K. Schlegel, Electron temperature enhancements in the polar E-region measured with EISCAT, J. Atmos. Terr. Phys., 49, 3, 273, 1987.

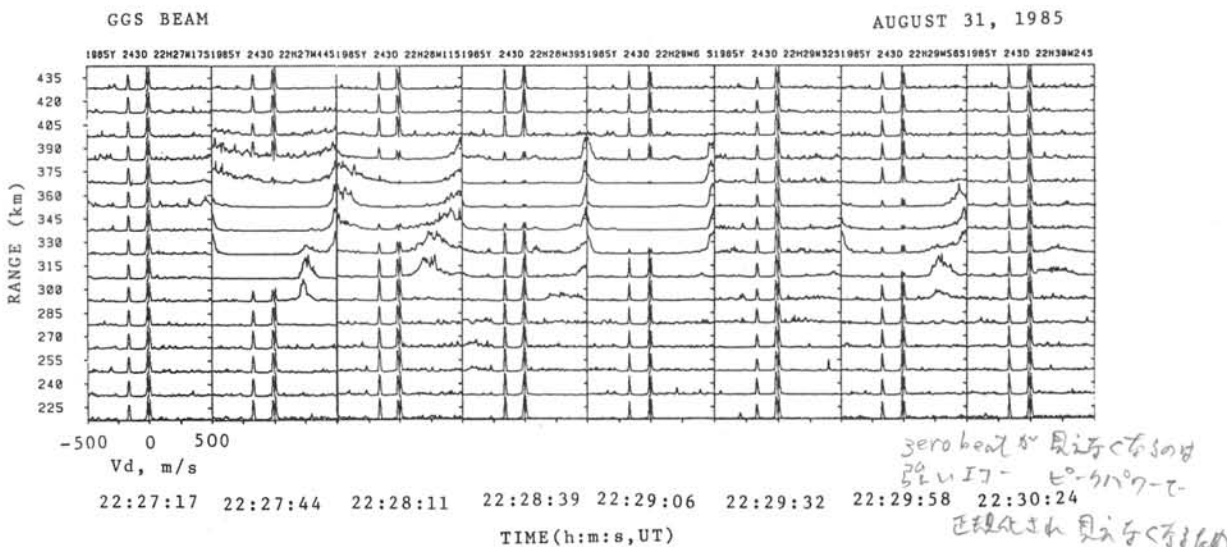


Figure 1. Doppler spectrum display of 50 MHz radar echo along the GGS beam direction  
Typical double speed spectrum appear at larger ranges in the spectrum at 22:27:44.

ジャンプするの

## カस्प近傍でのHFドップラ観測

野崎 憲朗、菊池 崇  
通信総合研究所H.F. Doppler observation near the cusp  
K. Nozaki and T. Kikuchi  
(Communications Research Laboratory)

Continuous HF waves transmitted from Vostok Station (78°28'S, 106°48'E) were received at Syowa Station (69°00'S, 39°35'E). The transmitted frequencies were alternated in daytime with 14.985 MHz and in nighttime with 9.18 MHz. Midpoint of the circuit approaches the cusp at the end of daytime transmission. F-t diagrams show that the Doppler structures tend to spread and oscillate simultaneously with the stable backgrounds in daytime. They seem to indicate plasma flow of several hundreds m/s near the cusp.

日ソ共同研究としてポストーク基地(78°28'S, 106°48'E)で送信された短波電波のドップラシフトを昭和基地(69°00'S, 39°35'E)で観測する実験が32次南極観測から開始された。カस्प付近のプラズマ対流の観測と、オーロラに伴う大規模TIDを発生領域で観測することが本実験の目的である。

ポストーク基地の通信型送信機により、1 kWの無変調波が毎月のRWD(Regular World Day)3日間のUT 7時~9時に14.985 MHzで、UT 16時~18時に9.18 MHzで送信された。昭和基地では受信信号をリアルタイムにFFT処理してダイナミックスペクトルを作成した。処理結果は周波数分解能1 Hz, 時間分解能1秒のデジタルデータとしてパソコンの光磁気ディスクに記録された。ドップラスペクトルのS/Nとして約40 dBが得られた。この処理方式により、表示方法を適当に選ぶとドップラスペクトルの広がり、パワーの時間変化も観測できる。

右図に示すように両基地間の距離は2170 kmであり、F層反射とすると1回反射の限界に近い伝搬距離になる。ポストーク基地は磁軸の近くにあるので、極冠を縦断する回線となる。UT午前、午後の送信時間に対応する反射点のローカルタイムはそれぞれ、11~13時、20~22時となり、ローカルタイム日中の観測時間にカस्पが反射点に接近する。

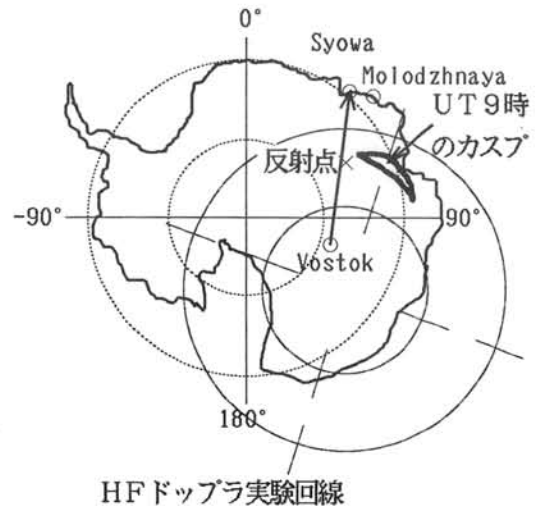
観測は1991年9月から開始され、32次隊での観測期間中、地磁気活動は比較的静穏であった。昼夜のドップラスペクトルを比較すると、一般に夜間より日中の方が周波数の偏移量が大きく、不規則な波動現象の発生も多く観測される。波動現象が発生すると、ドップラスペクトル幅が広が

る。最大で40 Hz程度の周波数偏移が生じ、これは反射する領域の移動速度400 m/sに対応する。また、正負のドップラが同時に観測されることがあり、反射点付近のプラズマの動きが一樣でないことを示している。波動現象が観測される時にも、大半はバックグラウンドとしてステープルなドップラシフトの線が存在し、この周波数は時間とともに変化しない。

夜間のドップラシフトはシフト量が日中の1/10程度に減少する。周期約10分の連続的な波動現象が卓越し、スペクトルの広がり少ない。

特異な現象としてドップラ周波数が時間に対して鋸歯状に変化することがある。

マラジョージナヤ基地(67°40'S, 45°50'E)でも同様な観測が続けられており、後日両基地のデータの相関をとる事により、極域での電離層波動のモードの同定、伝搬速度の測定ができる。



## 極域大気球観測について

小玉正弘（理化学研究所）

Some Comments to Stratospheric Balloon Experiments in Polar Regions

Masahiro Kodama

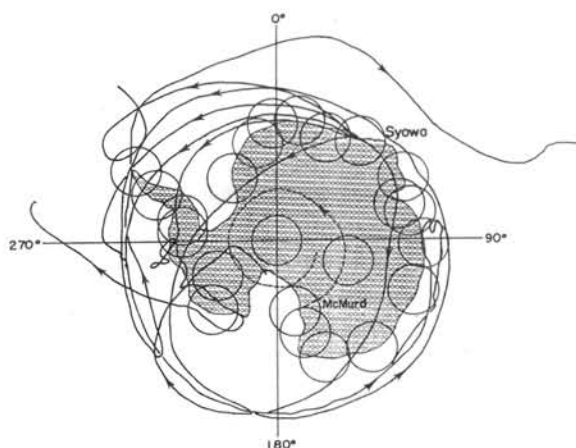
Institute of Physical and Chemical Research

Future directions to stratospheric balloon experiments in the both polar regions are discussed taking into account a number of balloon flights performed over the quarter-century since 1968. The following three basic points are emphasized: 1) efficient choice between the northern and southern hemisphere flights, 2) establishment of the international cooperative work and 3) importance of the Earth environment science. An improved telemetry system of the Polar Patrol Balloon (PPB) over the Antarctic continent is proposed for the extension of PPB facility along these directions.

1968年以来の四半世紀間に、昭和基地および北極域において我が国が行ってきた大気球観測はそれぞれ40-50機に達する。観測項目の大部分はオーロラ科学に関係した電場、X線、電磁波動で、他に若干のオゾン、宇宙線粒子を含む。これらを振り返り、今後の両極域における大気球観測の方向づけを試みる。その基本的問題は次の3点に要約される。

- 1) 北半球・南半球気球の効率的な使い分け
- 2) 国際協力の重要性とその体制の確立
- 3) 地球環境科学へのより広範な貢献

これらのすべてに対応できるような南極周回気球(PPB)用テレメトリーの改善案の一つとして、Station to Stationバトンリレー方式の可能性を検討する。この方式のポイントは下図に要約される。



Flight trajectories of PPBs launched from Syowa Station (solid lines) and McMurdo (broken line), and telemetry regions from some Antarctic Stations (assumed by a circle with 500km radius). Westward and eastward trajectories are for austral summer and winter flights, respectively.

## POLAR PATROL BALLOON PROJECT IN JAPAN

°Masaki EJIRI<sup>1</sup>, Nobuyuki YAJIMA<sup>2</sup> and PPB WG team

<sup>1</sup> National Institute of Polar Research, 9-10 Kaga, 1, Itabashi, Tokyo 173, Japan.

<sup>2</sup> Institute of Space and Astronautical Science, 1-1 Yoshinodai, 3, Sagami-hara, Kanagawa 229, Japan.

### ABSTRACT

Since 1984, the National Institute of Polar Research and the Institute of Space and Astronautical Science have studied the feasibility of a long-term circumpolar balloon experiment, called Polar Patrol Balloon (PPB) project. This project aims at establishing a PPB system to bring scientific payloads in the stratosphere over the Antarctic region. Three test flights in 1987 and 1990 at Syowa Station convinced us that the PPB would have a good chance of coming back to the launching area. The PPB experiments were consequently made in 1990 to 1991. PPB #1 which was launched on 25 Dec 1990 passed 400 km north of Syowa Station at 22:30 (UT) on 8 Jan 1991; this means that the PPB accomplished a complete circumpolar flight over the Antarctica. Second flight (#2) was successively conducted on 5 Jan 1991. A further 3rd flight (#3) was carried out on 23 Sept 1991 when an Antarctic ozone hole was well developed.

The first PPB test flight was carried out at Syowa Station (69°00'S, 39°35'E), Antarctica by the 28th Japanese Antarctic Research Expedition (JARE) in Dec 1987 to obtain the data of stratospheric radiation environments and to test the PPB system including an auto-ballast controlling system, a command and telemetry system etc. This test gave the flight trajectory of about one third of the circumpolar circle over the Antarctica. In 1990 another PPB test flight was performed at Syowa Station by the 30th JARE and made almost complete circumpolar trajectory (about 7/8 of the circle). These three test flights at Syowa Station convinced us that the PPB would have a good chance of coming back to the launching area.

Having a success of the past test flights of the PPB at Syowa Station, two PPB experiments for scientific observations were consequently made by the 32nd JARE during the austral summer season in 1990 to 1991 as one of the STEP (Solar Terrestrial Energy Program) projects in Antarctica. PPB #1 which was launched on 25 Dec 1990, reached a height of 30 km, and drifted westwards. At 22:30 (UT) on 8 Jan 1991, the PPB passed the longitude of 39°35'; this means that the PPB accomplished a complete circumpolar flight over the Antarctica. The PPB floated for 38 days over the Antarctic region. A proton magnetometer on board measured the total force of the geomagnetic field, giving us useful information on the polar region anomalies and the high-latitude geomagnetic variations over the auroral-zone, polar cap and the region near the geomagnetic south pole.

The PPB #2 flight was successively conducted on 5 Jan 1991 with scientific payloads for auroral X-rays, magnetic and electric fields. Though this balloon did not complete a circumpolar trajectory, it floated for a long period, approximately one month.

A further 3rd PPB flight (#3) was planned in the austral winter season when an Antarctic ozone hole was well developed. It is noticeable that the zero-pressure balloon is floating along with an air, thus this Lagrangian type in-situ observation can offer a very useful opportunity to record chemical source and sink. The launching was conducted on 23 Sept 1991 and directed eastward to the inside of the polar vortex for about 5 days, where Nimbus 7/TOMS (total ozone mapping spectrometer) confirmed the Antarctic ozone hole. Ozone concentration, size distribution of aerosols which are closely related to the polar stratospheric clouds (PSCs), and temperature were measured.

To float two PPB payloads simultaneously for a long period at different local times at the high latitude is one possible way to utilize the unique and noted characteristics of the PPB. In the coming austral summer (1992-1993) we have a plan to launch the PPB #4 and #5 (both 40,000 m<sup>3</sup>) sequentially with a few days separation, in order to study a vector magnetic field variation, a vector quasi-static electric field and X-rays. Second project (PPB #6: 60,000 m<sup>3</sup>) is to study the elemental and isotopic composition of galactic cosmic rays, solar energetic particle and cosmic gamma ray bursts using three detection systems.

This paper describes the experimental results together with their flight behaviors of the balloons, and also gives the coming campaign program planned as an Antarctic STEP project in 1992 to 1993.



### 第34次隊によるPPB実験 における磁場観測計画

\* 遠山文雄<sup>1</sup> 利根川豊<sup>1</sup> 佐藤夏雄<sup>2</sup> 門倉 昭<sup>2</sup> 江尻全機<sup>2</sup> 並木道義<sup>3</sup> 矢島信之<sup>3</sup> PPB W.G.  
<sup>1</sup>東海大学工学部 <sup>2</sup>国立極地研究所 <sup>3</sup>宇宙科学研究所

Measurement System for Geomagnetic Field Planned by the JARE-34  
in the Polar Patrol Balloon (PPB) Experiments

F.Tohyama<sup>1</sup> T.Tonegawa<sup>1</sup> N.Sato<sup>2</sup> A.Kadokura<sup>2</sup> M.Ejiri<sup>2</sup> M.Namiki<sup>3</sup> N.Yajima<sup>3</sup> and PPB W.G.  
<sup>1</sup>Tokai Univ. <sup>2</sup>NIPR <sup>3</sup>ISAS

We are preparing a magnetometry by a proton magnetometer and a fluxgate magnetometer in the next PPB experiment project planned to be performed by the 34th JARE on December in 1992. Two PPBs are planned to be launched within a week from Syowa Station and the observation will be continued for 28 days. The sensor of fluxgate magnetometer is mounted on a rigid boom installed above the gondola. Attitude sensors are two orthogonal component clinometers and two sun-crossing sensors. Tri-axial components of the magnetic field are measured at the moment that the Sun instantaneously crosses on a narrow slit and the inclination of the gondola from the horizon are measured by clinometers. At the same time, absolute intensity of the magnetic field are measured by proton magnetometer. We report a new system for vector measurement of the magnetic field planned by the JARE-34 PPB experiments.

#### 1. 序

今秋出発した第34次南極観測隊では昭和基地到着直後の12月末から3機の南極周回気球(PPB)を打ち上げる。そのうち2機には、電場測定、オーロラX線測定とともに磁場を測定するプロトン磁力計とフラックスゲート磁力計が搭載されていて、ベクトル計測を行う計画である。第32次隊では磁場の全磁力をプロトン磁力計で観測し、PPB-1号機では磁南極を通過して南極大陸の完全周回に成功し良好なデータが得られている。今年の12月に打ち上げ予定のPPB-4, 5号機の磁場測定計画について報告する。

#### 2. 観測

PPB-4, 5号機は約40,000m<sup>3</sup>の気球で約4週間の観測時間で第34次隊の昭和基地到着直後に続けて放球する計画である。観測機器や送信機を含めたペイロードは約151kg, バラストは150kg, 全重量483kgである。高度28km以下の高度に下がると自動的にバラストを投下して高度を上げるオートバラスト装置が搭載され、気球位置やデータはアルゴス・システムによって取得される。

#### 3. 測定機器の概要

磁場の全磁力を絶対値計測するプロトン磁力計センサーは gondola 下方15mに吊るし、フラックスゲート磁力計センサーは gondola の上方80cmのセンサーマスト先端に置かれている。3軸

フラックスゲート磁力計の姿勢は、センサーマストに取りつけられた太陽センサーと傾斜計によって決定される。太陽センサーはスリットからの太陽光の入射を検知して、その瞬間の磁場3成分を出力し、同時に gondola の水平からの傾きを傾斜計で測定して出力する。太陽センサーは180°反対方向に2台搭載して、 gondola の1スピンあたり2回の太陽光信号を得る。スピンモーターにより、 gondola は約1rpmのスピンのかけられているので、30秒に1ベクトルの磁場測定が出来る。傾斜計は水平面の直角2成分を搭載し、 gondola の傾斜を測定する。また、磁力計出力は電場測定の方角検知の情報として提供する。主な仕様を下表に示す。

表 フラックスゲート磁力計の仕様

測定範囲	X, Y: ±32,700, Z: 20,000-85,536 nT
感 度	各軸 1 nT/LSB
測定周期	30 sec/vector
電源容量	10 V × 270 AH (28 日間観測)
太陽検出	太陽光入射信号検出方式
傾斜精度	±0.005° (±16°範囲)
全重量	15 kg (センサーマスト含む)

## JARE34PPBによる電離層電場観測（計画）

門倉昭、江尻全機（極地研）、エドガー・A・ベリング、ジェームズ・R・ベンブルック（ヒューストン大）、  
藤井良一（名大・STE研）、利根川豊（東海大）、PPBグループ

### Ionospheric Electric Field Observation (plan) by using the Polar Patrol Balloon of JARE34

A.Kadokura, M.Ejiri(NIPR), Edgar A.Bering, James R.Benbrook (Houston Univ.),  
R.Fujii(STE lab.), Y.Tonegawa(Tokai Univ.), and PPB group

We plan to observe ionospheric electric field with an instrument installed in the JARE34's PPB. This instrument consists of three component probes. We execute an on-board processing to calculate the amplitude and the phase of the electric field. We also measure relaxation time constant and current at each 10 minutes.

第34次南極地域観測隊（JARE34）では、1992年12月から1993年1月にかけて、合計3機のポーラパトロール気球（PPB）実験が計画されている。それぞれJARE32実験からの通し番号を用いて、PPB4, 5, 6号機と呼ぶ。Fig.1に4, 5号機に搭載される電場観測器の外観、寸法を示す。直径6インチのスチロホームの球の表面にアクアダグコーティングを施したものをプローブとして用い、これらの球プローブにより、垂直1成分、水平2成分の直流～低周波電場を観測する。観測機にはモーターにより1rpmの回転が与えられる。水平成分については、この回転に同期した出力が得られるわけだが、アルゴシステムによるデータ取得、という制限から、データサンプリングは30秒毎となり、出力値をそのまま送り、後に振幅、位相を計算するという方法はとれない。そのためFig.2に示す機上でのCPU（Z80）による計算を行う。この計算には1秒値を用いる。まず、直前256秒間（256個）の磁力計データより回転周期を求め、直前60秒間の電場データのうち、その周期を持つ正弦波成分の振幅、及び、磁力計データからの位相差を計算する。垂直成分については、正弦波フィットした結果のオフセット値を送信データとする。これらの処理を30秒毎に行う。以上は通常の観測モードであるが、10分間隔でクロックジェネレータより3秒間CALパルスが送られ、リレーが動作し、電場プリアンプへの入力に規定の電圧を与える、というCALモードがある。このモードが直前60秒間の電場データ中に生じた時は、規定入力値から観測値への回復時定数、リレー動作時の電流測定値、等を求める処理を行う。国内でのダミーデータを用いた動作チェックでは、上記の処理が正常に行われていることが確認されている。

PPB4, 5号機は全く同じ観測機構成であり、オーロラ帯からポーラーキャップにかけての広範な領域での同時・長時間観測により、興味深い結果が得られることが期待される。

Fig.1 Schematic figure of the E-field instrument

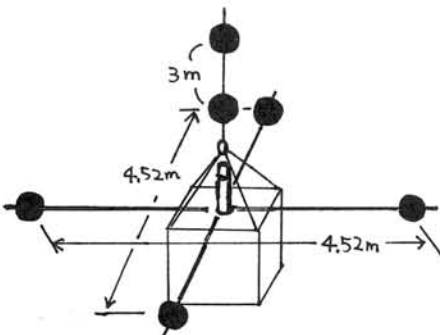


Fig.2 Abstract of the on-board CPU calculation

calculate rotation period (T) from magnetometer data  
↓  
fit horizontal electric field data to sine-curve with T  
↓  
calculate the sine-curve amplitude and phase difference from the magnetometer data



ClOの観測計画

ミッション または 太陽光を使った観測で測る。

### ミリ波、サブミリ波電波望遠鏡による 南極成層圏大気観測計画

° 落合 啓<sup>1</sup>、増子 治信<sup>1</sup>、丸橋 克英<sup>1</sup>、長谷川 哲夫<sup>2</sup>、林 正彦<sup>2</sup>、江尻 全機<sup>3</sup>  
(<sup>1</sup> 通信総研、<sup>2</sup> 東大・理、<sup>3</sup> 極地研)

### Observation plan of stratospheric chemical species in Antarctica with millimeter / sub-millimeter wave telescope

° Satoshi Ochiai<sup>1</sup>, Harunobu Masuko<sup>1</sup>, Katsuhide Marubashi<sup>1</sup>,  
Tetsuo Hasegawa<sup>2</sup>, Masahiko Hayashi<sup>2</sup>, Masaki Ejiri<sup>3</sup>  
(<sup>1</sup> Commun. Res. Lab., <sup>2</sup> Univ. of Tokyo, <sup>3</sup> NIPR)

A millimeter and sub-millimeter wave radio telescope is being developed in Commun. Res. Lab. Receivers of the frequency range from 200 to 230 GHz and from 250 to 280 GHz for the telescope are now being tested. We intend to observe stratospheric ClO, ozone, and other minor gases with this telescope in Antarctica. The telescope will be able to observe two chemical species simultaneously and make a great deal of contribution to atmospheric chemistry. We hope to take the telescope to Antarctica in 1995.

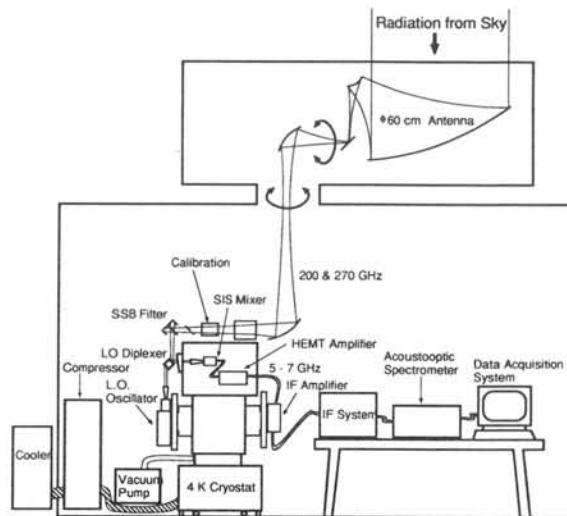
南極の成層圏に生成するオゾンホールは、塩素化合物や臭素化合物の触媒的な反応によるオゾンの破壊が原因である。活性な塩素化合物、臭素化合物のひとつである ClO、BrO のリモートセンシングには、ミリ波、サブミリ波の分光観測がもっとも適している。

現在、私たちは 200 から 230 GHz 帯と、250 から 280 GHz 帯の 2 周波の、南極にも移動可能な、電波望遠鏡を作製している。この周波数帯には、ClO の強い放射のラインが含まれている。また、この周波数帯では、O<sub>3</sub>、HO<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>O、HNO<sub>3</sub>、NO、NO<sub>2</sub>、HCN、CO などの観測も可能である。

受信機には、この周波数帯ではもっとも低雑音と期待される超伝導ミキサを使用し、観測を短時間で行なえるようにしているが、ClO の成層圏の濃度を得るためには、数時間の観測を必要とする。受信機は、2 周波で同時に観測ができるようにし、2 種の分子の濃度変動の比較ができるようにしている。BrO はサブミリ波帯で観測が可能である。私たちの望遠鏡のアンテナは、サブミリ波帯でも使用することを考えて設計している。

オゾンは、成層圏に多量に存在するので、他の分子に比べて、精度よいデータを得るのに必要な観測時間は短く、数 10 秒から数 100 秒程度で十分である。オゾンの放射ラインは、多くの周波数帯で観測が可能で、既に野辺山にある 230 GHz 電波望遠鏡で私たちは観測を行なっている。

電波望遠鏡は、図のような、2 m x 3 m 程度の床面積の建物内に収められたものになる。受信機のフロントエンドは、4 K 冷凍機内の超伝導ミキサ (SIS mixer) と HEMT IF アンプと、その冷凍機の上に付けられた、SSB のフィルタ、ローカル信号との混合器、キャリブレーションの機構などを含む準光学系で構成される。現況は、4 K 冷凍機内で SIS mixer の性能試験をしているところである。来年度中に、アンテナと建物、できれば、音響光学スペクトロメータまでそろえる予定である。



200 - 280 GHz Radio Telescope  
for Atmospheric and Astronomical Observation

口径 60cm ポリエチレン望遠鏡

2m x 3m の箱

1分間に 2000  
ワード

毎年~再来年完成 1994 or 1995年設置

ミッションステータス

## 電離層トモグラフィー観測計画

。 國武 学\*<sup>1</sup>、大高 一弘\*<sup>1</sup>、田中 高史\*<sup>1</sup>、小川 忠彦\*<sup>1</sup>、近藤 哲朗\*<sup>1</sup>、今江 理人\*<sup>1</sup>、石橋 弘光\*<sup>1</sup>、  
菊池 崇\*<sup>1</sup>、五十嵐 喜良\*<sup>1</sup>、丸橋 克英\*<sup>1</sup>、小野 高幸\*<sup>2</sup>、森岡 昭\*<sup>3</sup>、大家 寛\*<sup>3</sup>

\*1 通信総合研究所、 \*2 国立極地研究所、 \*3 東北大理学部

### IONOSPHERIC TOMOGRAPHY BY USING NNSS BEACON WAVES

M. Kunitake, K. Ohtaka, T. Tanaka, T. Ogawa, T. Kondo, M. Imae, H. Ishibashi, T. Kikuchi, K. Igarashi,  
K. Marubashi (CRL), T. Ono (NIPR), A. Morioka, H. Oya (Tohoku Univ.)

By using ionospheric tomography technique, vertical and horizontal electron density distribution can be reconstructed from TEC observation. It is very useful for the study of large scale structures in high-latitude ionosphere.

#### 1. はじめに

トモグラフィー手法は、一般的に、多方向から計測された断面の射影から、断面の像を再構成する手法である。トモグラフィー手法を応用し、NNSS衛星電波を用いた全電子数観測値から電子密度の水平・垂直分布構造を推定する試みが始められている。いわゆる電離層トモグラフィーである。

#### 2. 極域での電離層トモグラフィー観測の意義

極域の比較的大きなスケールの電離層不規則構造（ここでは、大規模不規則構造と呼ぶこととする）としては、auroral blob, boundary blob等がある。これらの構造の生成・発展・移動・衰退に関して、磁気圏対流との関係やE層電気伝導度の影響等について研究が進められてきている (Tsunoda 1988, Kelley 1989)。電離層トモグラフィーは、大規模不規則構造の特性を研究するために有効な方法である。昭和基地ではオーロラレーダ観測やシンチレーション観測が定常的に行なわれており、これらの観測から、より小さなスケールの不規則構造を見ることが出来る。したがって、様々なスケールの構造を比較解析することにより不規則構造の発展・衰退の動態が調べられる。大規模不規則構造に対するE層電気伝導度の影響に関する研究には、オーロラ観測データとの比較が有効である。ところで、昭和基地に大型短波レーダの設置が提案されている。昭和基地周辺の電離層不規則構造を、大型短波レーダにより観測されるポーラーキャップ内の不規則構造や推定される磁気圏対流パターンと比較検討することにより不規則構造の生成・移動・衰退に関する研究が行える。

#### 3. 方法

地上数点でのNNSS衛星受信による全電子数観測データから、逆変換の手法を用いて（イオノゾンデデータや電離層モデルを参考にしつつ）、電子密度の水平・垂直分布構造を再構成する。逆変換の手法としては、MART法、stochastic inversion法等がある。受信点間の距離については、距離を短くとると水平方向の推定分解能が良くなり、距離を長くすると垂直方向の推定分解能が良くなる (Yeh and Raymund 1991)。受信点間は短く、かつ受信点の数を多くすることにより北端から南端までの距離を長くすることができれば、理想的であり、水平・垂直とも高い分解能が得られる。現実的には、受信点は少なくとも3点、できれば4～5点が望ましい。ただし、Pryse and Kersley (1992) は2点の観測データからpreliminaryな結果を出している。

#### 4. 極域での電離層トモグラフィーの可能性

昭和基地ではすでにNNSS受信機が稼働している。みずほ基地及び無人観測可能な受信点が確保されれば、南極での電離層トモグラフィーが可能となる。再構成においては、電離層モデルと昭和基地のイオノゾンデデータを援用する。もしも、ドーム基地でも受信できれば精度が高まる。さらに、アイスランド・グリーンランドにも数カ所受信点が設置できれば、世界初の南北共役トモグラフィー観測が可能となる。通信総合研究所は、国立極地研究所、東北大理学部と共同で、1992年5月から、日本国内での電離層トモグラフィー観測を開始した。この観測及び今後の解析の経験が極域でのトモグラフィーにも生かされると思われる。

#### 参考文献

- Kelley, M. C. The earth's Ionosphere, Academic Press (1989)  
Pryse, S.E., and L.Kersley, J. Atmos. Terr. Phys. vol. 54, 1007-1012 (1992)  
Tsunoda, R. T., Rev. of Geophys. Vol. 26 719-760 (1988)  
Yeh, K.C. and T.D.Raymund, Radio Sci. vol.26, 1361-1380 (1991)

NNSS ビーコン

台湾が衛星を上げ。

GPSを受信し、onboard ログを取る。

第16回  
極域における電離圏磁気圏総合観測シンポジウム  
講演要旨（ポスター発表）

The Sixteenth Symposium  
on Coordinated Observations of the Ionosphere  
and the Magnetosphere in the Polar Regions

Abstracts  
(Poster Presentation)

1992年12月15日（火）－ 12月16日（水）  
December 15 - 16, 1992

国立極地研究所

National Institute of Polar Research  
Tokyo, Japan

イメージングリオメータによる  
オーロラ吸収画像の地磁気共役点観測

○山岸 久雄 (極地研), 山崎 一郎 (通総研), 西野 正徳 (名大STE研),  
菊池 崇 (通総研), 佐藤 夏雄 (極地研)

Conjugacy of Auroral Absorption Images Observed by a  
Geomagnetic Conjugate Pair of Imaging Riometers

H. Yamagishi (NIPR), I. Yamazaki (CRL), M. Nishino (STE Lab., Nagoya Univ.),  
T. Kikuchi (CRL), N. Sato (NIPR)

Conjugacy of auroras in the both hemisphere is studied by a pair of imaging riometer installed at Tjornes, Iceland (66.2N, 17.1E, L=6.4) and its geomagnetic conjugate point at Syowa Station in Antarctica (69.0S, 39.6E, L=6.1). The imaging riometer observes the absorption with 64 narrow antenna beams arranged in 8 by 8 array within a square view field of 170 km by 170 km. It is found from the conjugate observation in May 1992 that a better conjugacy is attained in the morning hours as compared with evening to night; hours in accordance with the field line mapping of the conjugate point using Tsyganenko 1987 model (Fig. 1). There is a tendency that the lower portion of the Iceland riometer images correspond to the upper part of the Syowa riometer images as shown in Fig. 2. This feature also agrees with the model calculation that the conjugate point of Syowa is always located at the lower latitude side of Tjornes by several tens of km in the morning hours so that the Syowa riometer always see low latitude side of the field of view of the Iceland riometer. For pulsative absorption events in the morning hours, a good correspondence is found between the conjugate point when taking into account of the above-mentioned dislocation of the field of view. There is, however, a time lag of several minutes between the appearance of the absorption in the conjugate point. This time lag varies in the consecutive pulsations. This feature suggests a longitudinal fluctuation of the conjugate point in the order of 100 km within a time period of 10 minutes.

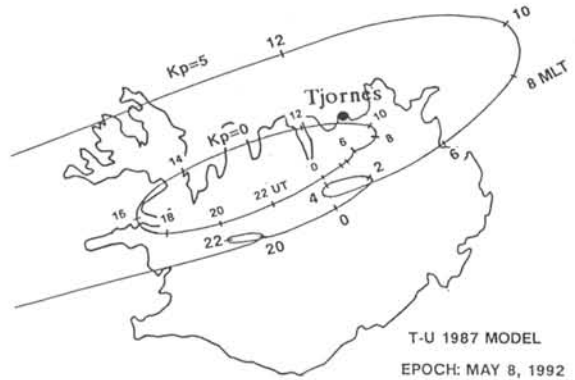


Fig.1 Local time variation of the conjugate point of Syowa Station mapped on Iceland using Tsyganenko 1987 model for Kp=0 and Kp=5 condition.

MAY 4, 1992

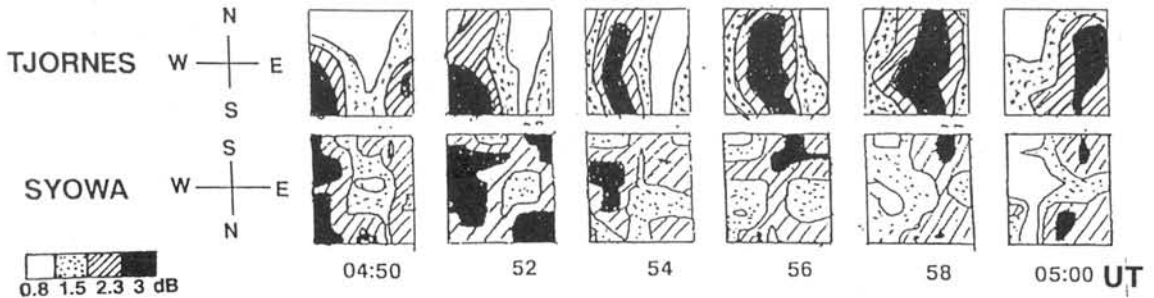


Fig.2 Comparison of a time series of the absorption images observed by the imaging riometers at the conjugate point.

ニールスン (L=16) のイメージングリオメータによる  
 昼間側オーロラ吸収画像の特性

西野 正徳<sup>1</sup>、田中 義人<sup>1</sup>、小口 高<sup>1</sup>、山岸 久雄<sup>2</sup>、  
 J. A. Holtet<sup>3</sup>、P. Stauning<sup>4</sup>

1：名古屋大学太陽地球環境研究所 2：国立極地研究所  
 3：オスロ大学 4：デンマーク気象研究所

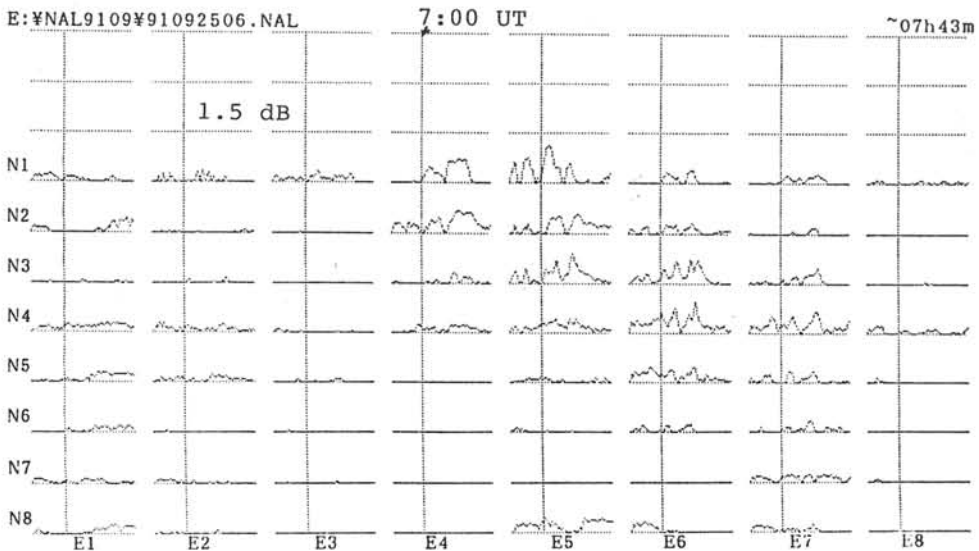
Characteristics of Dayside CNA Images obtained  
 by Imaging Riometer at Ny-Alesund(L=16)

M. Nishino, Y. Tanaka, T. Oguti, H. Yamagishi,  
 J. A. Holtet and P. Stauning

(1:STE Labo., Nagoya Univ., 2: NIPR 3:U. Oslo 4:DMI)

Dayside ionospheric absorption observed by the imaging riometer (30 MHz) at Ny-Alesund (Inv. lat., 75.4°) are presented for two cases before and after the magnetic noon. The absorption with an arc-like structure showed an extension of the magnetic north-west and north-east directions in the field of view at pre-noon and post-noon, respectively. This characteristics seem to be related to the reversal of plasma convection in the cusp ionosphere.

昼間側磁気圏への粒子流入にともなうカスプ/クレフト電離層へのオーロラ粒子降下を観測するため、1991年9月ノルウェー・ニールスン北極基地（磁気緯度75.4°）にイメージングリオメータを設置し、以後、観測を継続して実施している。8×8素子の半波長ダイポールアンテナで作られる64方向のペンシルビームで受信される銀河電波強度（30MHz）から電離層2次元吸収画像を得るシステムについては前回のシンポジウムで報告した。今回は、磁気正午（～8:30UT）前後に観測された電離層吸収画像を示し、その特性を考察する。図1は1991年9月25日10h～11hMLTの64方向の吸収の時間変動を示す。7h～7h30mUTに吸収領域が天頂の北側（高緯度）の視野境界から南西方向へ弧状に延びる様子が見られる。アークの幅は20～30kmで比較的狭い。画像で見るとアークの中で局所化された強い吸収（～0.8dB）も見られる。1991年10月6日9h20mUT（～13hMLT）頃の吸収画像ではアーク状吸収が視野内の北西側から南東へ方向と延び、前述した午前側と反対である。この特性はカスプ周辺のプラズマ対流との関連を示唆する興味深い現象であるが、この説明には最近（1992年9月）設置されたグリーンランド東岸のデンマークハウ（ほぼ同一不変緯度でLTで約3時間早い）のイメージングリオメータの電離層吸収画像データが大層価値あるものと期待される。



## PPB-1, 2号機による 磁場の全磁力データ解析の一考察

\* 松橋直人<sup>1</sup> 高村直也<sup>1</sup> 遠山文雄<sup>1</sup> 桜井 亨<sup>1</sup> 利根川豊<sup>1</sup> 藤井良一<sup>2</sup> 江尻全機<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>東海大学工学部 <sup>2</sup>名大STE研 <sup>3</sup>国立極地研究所

An analysis for Total Intensity of the Geomagnetic Field obtained  
 by the Polar Patrol Balloon (PPB) -1 and -2

N.Matsuhashi<sup>1</sup> N.Takamura<sup>1</sup> F.Tohyama<sup>1</sup> T.Sakurai<sup>1</sup> Y.Tonegawa<sup>1</sup> R.Fujii<sup>2</sup> and M.Ejiri<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>Tokai Univ. <sup>2</sup>STE Lab, Nagoya Univ. <sup>3</sup>NIPR

Two scientific balloon experiments of the Polar Patrol Balloon (PPB) project were performed by the 32nd JARE in December 1990 and in January 1991. We have observed total intensity of the geomagnetic field around the Antarctica by proton magnetometers. We infer some models of the underground geoelectro-magnetic structures by measuring magnetic anomalies by use of the Talwani method and we report some preliminary results of spectrum analysis for geomagnetic pulsations.

第32次南極観測隊によって、南極周回気球(PPB)実験が実施され1990年12月にPPB-1号機が、1991年1月にPPB-2号機が打ち上げられた。磁場観測の目的でプロトン磁力計が搭載され磁場の全磁力のデータが得られたが、磁気異常や磁気脈動も検出されている。特に今回は、磁南極を通り南極大陸を完全周回した1号機のデータから磁気脈動の周波数解析についてと、2号機の停滞ぎみのフライトをしている領域での磁気異常データから地下構造の推定解析について考察する。PPB-1, 2号機は西経60°~120°においてほぼ近い領域を通過し、また2号機はこの領域で停滞した飛行をした。従ってこの付近の磁気異常データが複数得られ、TALWANI法による地下構造のサイズ、深さ、磁化率などの推算を行った。また、PPB-1号機が磁南極を通過した際に多くの磁気脈動らしき磁場変動が検出された。周波数分解能に優れた自己回帰法(AK法)を用いた周波数解析を行った結果について考察する。

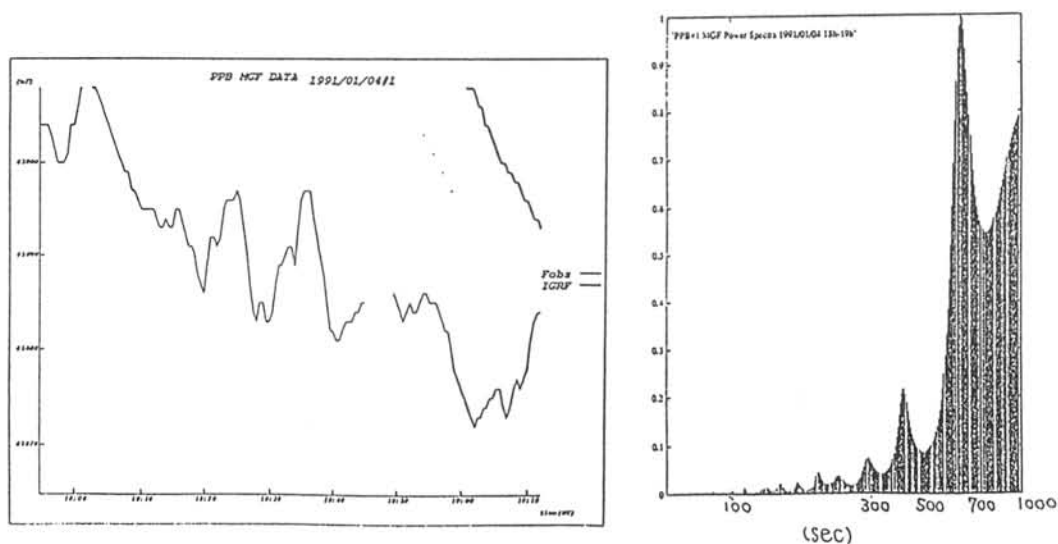


Fig. A sample of observed pulsating phenomena and periodic spectrum



# Pc1 Waves Observed by DE-1

\*岡 亜伊子<sup>1</sup>、家森俊彦<sup>1</sup>、杉浦正久<sup>2</sup>、J. A. Slavin<sup>3</sup>

<sup>1</sup>京都大学、<sup>2</sup>東海大開発技術研、<sup>3</sup>NASA/Goddard Space Flight Center

Oka A., T. Iyemori (Kyoto Univ.)

M. Sugiura (Institute of Research and Development, Tokai Univ.)

J. A. Slavin (NASA/Goddard Space Flight Center)

In this paper, we report the characteristics of Pc-1 waves observed by DE-1. The results of the analysis are as follows;

1. Twenty-three Pc1 events were found in the afternoon sector.
2. In most cases, Pc-1 waves are detected in frequency range below  $\Omega_{He^+}$  and the sense of their polarization tends to be left-handed. However, there are events having right-handed or linear polarization.
3. Some of the events occur in association with a decrease in the magnitude of the ambient magnetic field in the dusk sector and night time sector.

我々はDE-1の磁場データを用いてPc-1波動の周波数及び偏波についての特徴を調べた。DE-1は遠地点24000Km、近地点500Kmの極軌道衛星である。プラズマポーズ付近の磁気赤道から磁気緯度40°に至るまでの領域においてほぼ磁力線に沿って通過するpassがあるため波動の発生領域から伝搬領域の特徴を見ることが出来る。Pc-1波動の発生の機構と伝搬の特徴についてはこれまでに数多くの報告がなされてきた。それらによるとPc-1 rangeの波動がイオンサイクロトロン不安定によって励起されることはよく知られているがその不安定の引き金となる要因によって励起周波数及び伝搬過程での偏波に変化が起きることが指摘されている。(e.g. Fraser and McPherron 1982, Young et al. 1981, Ishida et al. 1987) それらの理論的予想及び観測の結果をふまえた上で解析を行った。

これまでの解析の結果を下にあげる。

1. 午後側の領域で23例のPc1波動を検出した。  
そのうち4例は昼側(MLT12-14.6)、10例は夕方側(MLT16-19)、9例は夜側(MLT20-22)。
2. 多くのeventsの周波数は $\Omega_{He^+}$ よりも小さい値を持ち主に左偏波の傾向がある。しかし線形もしくは右偏波も混在していることもある。
3. 夕方側及び夜側でのいくつかのeventsは主磁場の急激な減少とともにみられた。  
まだ解析の途中段階であるので、今回の発表ではこれらの解析をさらに進めた結果を報告する。

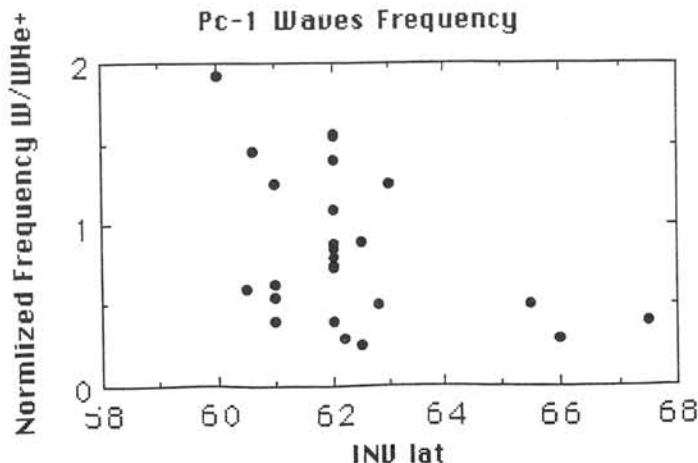


図1  $\Omega_{He^+}$ で規格化された周波数のINUlat分布



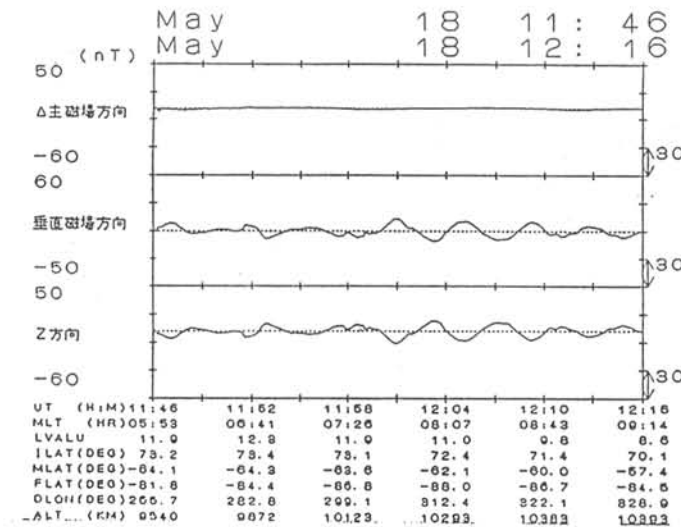
CHARACTERISTICS OF ULF WAVES IN THE  
MAGNETOSPHERE OBSERVED BY THE EXOSD  
SATELLITE

Machiya, H. Y. Tonogawa and T. Sakurai  
Tokai University

The distribution of occurrence of ULF waves in the magnetosphere has been examined by using magnetic field data obtained from the EXOSD spacecraft. The examined data are gathered for 8 months from March to October 1989. The period of the ULF wave is covered from 20sec to 200sec. The analysis has been carried out by classifying the wave mode into two groups, i. e., transverse and compressional waves. Occurrence dependency of these waves both on the Magnetic Local Time (MLT) and on the Invariant LATitude (ILAT) has been clarified.

1989年3~10月の期間に得られた準極軌道衛星「あけぼの」の磁場データを用いて、transverse wave (以下T wave) と compressional wave (以下c wave) の双方に対して、Magnetic Local Time (MLT) と Invariant LATitude (ILAT) への依存性を周期別そして storm時について分けて調べた。そこで得た結果を以下に記す。

- 1, T WAVEとC WAVE共に20~60秒、70~110秒、120~170秒ぐらいの3つの領域に多く出現する。
- 2, 全体のT WAVEとC WAVE共に出現頻度が3~6時、8~12時、15~21時ぐらいの3つの領域に多く出現する。緯度は共に72~75度ぐらいが多い。
- 3, STORM時のULF波動はNON STORM時のULF波動より低緯度側に多く、また朝側側に少なく夕方側に多く出現する。
- 4, 周期20~50秒(ほぼPc3)において、T WAVEが午前側から午後側(9~16時)に多く正午側にも多いのに対し、C WAVEは全く逆で正午側において1番少なく夕方夜朝側(18~9時)に多い傾向がある。
- 5, 周期50~140秒(ほぼPc4)において、周期全体的にT WAVEは朝側(2~6時)夕方側(15~20時)に多い。周期50~80秒に関しては昼側(9~14時)にも多く分布する。C WAVEは朝(4~6時)午後から夜側(15~22時)に多い。しかし、Pc4は周期により大きく変わった頻度分布を示す。
- 6, 周期140~200秒(ほぼPc5)において、T WAVEもC WAVEも共に、朝側(4~7時)に非常に強く分布し、続いて夕方夜側(17~21時)に多く分布する。
- 7, 感想としてPc4やPc5を30秒毎に分けて見ると、その中でいろいろな特徴を示すのにPc4やPc5の特徴と一口にまとめていいのか、疑問に残る。



イメージングリオメータと地上多点観測による  
Pc5地磁気脈動とCNA脈動

加藤賢一<sup>1)</sup> 山岸久雄<sup>2)</sup> 利根川豊<sup>1)</sup> 佐藤夏雄<sup>2)</sup> 坂翁介<sup>3)</sup>

1) 東海大学・工 2) 国立極地研究所 3) 九州大学・理

Studies of CNA pulsations observed with an Imaging Riometer  
and Pc5 geomagnetic pulsations by multi-stations

KATO, Ken-ichi<sup>1)</sup> YAMAGISHI, Hisao<sup>2)</sup> TONEGAWA, Yutaka<sup>1)</sup>  
SATO, Natsuo<sup>2)</sup> and SAKA, Osuke<sup>3)</sup>

1) Tokai univ. 2) NIPR 3) Kyushu univ.

CNA pulsations associated with Pc5 geomagnetic pulsation was observed by an Imaging Riometer at Tjornes on Aug. 17 in 1990. The North-South ward phase variation of the CNA pulsations was compared with the H component of the Pc5 geomagnetic pulsations that was observed at three stations in Iceland including Tjornes.

The North-South ward phase gradient of the CNA pulsation increased at 0700-0715 UT, i.e. a beam in high latitude, zenith and low latitude was 340 sec, 250 sec and 160sec. Because the period increase as the latitude of a beam increase. But the phase gradient of the Pc5 geomagnetic pulsation did not change noticeably such as the CNA pulsation, and its period was 240 sec.

1990年8月17日06~09UT, アイスランド チョルネス(MLat. 66.97, MLon. 73.27)のイメージングリオメータ(170km四方を8×8の空間分解能を持っている)によって, Pc5地磁気脈動をともなったCNA脈動が観測された。また, それらと同時にチョルネスを含めたフッサフェル(MLat. 66.02, MLon. 68.88), アエデ(MLat. 67.44, MLon. 68.55)の計3点で地磁気脈動が観測されている。

今回は, このイメージングリオメータで観測されたCNA脈動の磁気子午面付近を通るビームから南北方向の位相構造と, そして3観測点からの地磁気脈動の南北方向の位相構造, 特にH成分, について比較を行った。

図は, 1990年8月17日07~08UTに観測されたCNA脈動と地磁気脈動をプロットしたものである。上は, イメージングリオメータで観測された磁気子午面付近を通るビームを南北方向のスキヤニングイメージでプロットした。下は, 3観測点で観測された地磁気脈動のH成分である。

この図より, CNA脈動は0700~0715UTでは高緯度方向に伝搬する様子が表れている。その位相勾配は, 時間とともに徐々に大きくなっている。つ

まり, 低緯度から高緯度に行くほど周期が長くなっていくと考えられる(低緯度のビームでは160sec, 天頂では250sec, 高緯度では340sec)。その時, 3点で観測された地磁気脈動からの位相勾配は, CNA脈動に見られるような顕著な変化はない。チョルネスでのその周期は, 240secである。ところが, CNA脈動の0715~0730UTと0730UT以降の高緯度側の位相勾配や周期は, 地磁気脈動のものとはほぼ同じである。

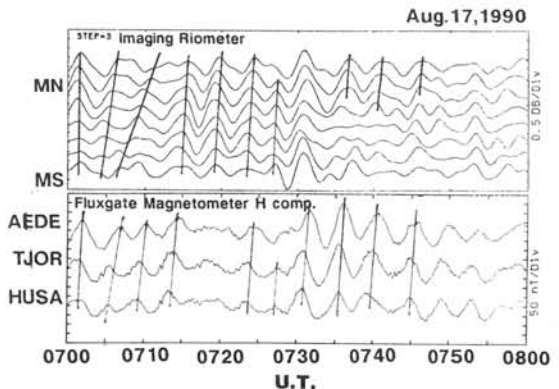


Fig. CNA pulsation observed with an Imaging Riometer and the Pc5 geomagnetic pulsation on Aug.17,1990

## 赤道域 ULF pulsations とプラズマシート粒子のインジェクション

渡辺 修, 坂 翁介 (九大・理)

D.N.Baker (NASA/GSFC)

## Occurrence of equatorial ULF pulsations correlated with plasma sheet particle injections

Osamu.WATANABE, Osuke.SAKA

Department of Earth and Planetary Sciences, Kyushu University

and D.N.BAKER

NASA/Goddard Space Flight Center

## Abstract

It has been suggested at auroral and subauroral latitudes that Pi type activities appears to be related closely to injection of energetic plasma sheet electrons. On the other hand, it has been established that low- and mid-latitude Pc 3-4 pulsations are correlated well with upstream waves. We used ground data obtained during two-month interval in March and April 1986 (part of the PROMIS, Polar Region Outer Magnetosphere International Study period) from the magnetometer at HUANCAYO (dip-equator, local noon 17UT) to compare with energetic particle data from geosynchronous satellites S/C1982-019, 1984-129, 1984-037 ( $L=6.6$ ) and interplanetary magnetic field data from IMP-J in the upstream solar wind. We found significant correlations between equatorial ULF pulsations and plasma sheet particle injections. The present result does not exclude the well known "IMF control" mechanism of the Pc 3-4 excitation.

今回、我々は PROMIS 期間中 (1986 年 3,4 月) に geosynchronous satellites (S/C1982-019, 1984-129, 1984-037) によって観測された low-energy electrons のインジェクションのデータと、HUANCAYO (dip-equator, local magnetic noon 17UT) の地上磁場観測データとを比較し、それらに相互関係が認められたイベントに関してまとめてみた。

右に挙げた図は、plasma sheet particle のインジェクションと Pi タイプの activity との間で明かに相関が認められるイベントの一つである。

0630UT から 0800UT にかけて HUANCAYO で観測された pulsations は、若干の時間差はあるものの、衛星が捉えたインジェクションの様子と見事に一致している (0700UT における衛星および HUANCAYO の位置はそれぞれ 2048MLT、0200MLT)。

また、energetic particle のインジェクションは、時としてより継続的な pulsation (Pc 3-4) をも引き起こしている事が分かった。

Pc 3-4 activity に関しては、同じ時期に IMP-J によって得られた IMF データを用いて、その発生と IMF cone-angle との相関も調べてみた。

その結果、中・低緯度に関して一般に言われている Pc 3-4 pulsations と IMF cone-angle との良い相関が、赤道域でも確認できた。

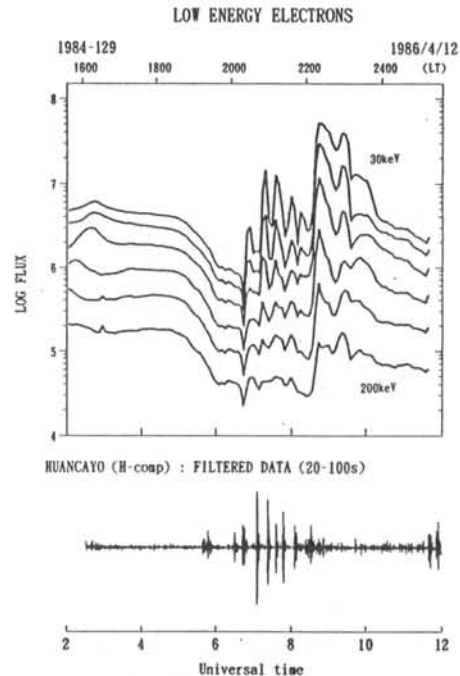


Fig. Upper panel show low-energy electron flux data on April 12, 1986, observed at geosynchronous satellite S/C1984-129. And the lower show band passed data from the magnetometer at HUANCAYO (dip-equator, local magnetic noon 17UT).

# ホイッスラおよび空電の到来方位測定について

嶋直樹<sup>1)</sup> 渡辺雄一<sup>2)</sup> 島倉信<sup>2)</sup> 早川正士<sup>1)</sup>

1) 電気通信大学 2) 千葉大学工学部

## A New Direction Finding Technique for Whistlers and Atmospherics

N. SHIMA<sup>1)</sup> Y. WATANABE<sup>2)</sup> S. SHIMAKURA<sup>2)</sup> M. HAYAKAWA<sup>1)</sup>

1)The Univ. of Electro-Communications 2)Dept. of Electrical Eng., Chiba Univ.

A new direction finding technique is shown, which is very effective for nonstationary signals, such as whistlers and atmospherics. This method does not require Fourier Transform and is independent of wave polarization.

### 1. はじめに

ホイッスラや空電のように周波数変動が大きく、継続時間の短い電磁波動の到来方位測定法としては、フーリエ変換を必要とする周波数領域における到来方位測定法は必ずしも適当でない。

そこで、本報告では時系列のまま到来方位を推定する方法(以下、時系列法)の原理を示し、従来の到来方位測定法(以下、B-method)と時系列法による比較を行う。

### 2. 時系列法

時系列法の原理を簡単に示す。まず、似信号を用いて観測された電磁場3成分の速い位相変動を取り除く。この電磁場3成分から方位角 $\phi$ および入射角 $\theta$ を求めることができる。結果を示すと、

$$\tan \phi = \frac{B_{zs}B_{yc} - B_{zc}B_{ys}}{B_{zs}B_{xc} - B_{zc}B_{xs}} \quad (1)$$

$$\sin \theta = \frac{B_{zc}}{B_{yc} \cos \phi - B_{xc} \sin \phi} \quad (2)$$

$$= \frac{B_{zs}}{B_{ys} \cos \phi - B_{xs} \sin \phi} \quad (3)$$

となる。但し、 $B_x, B_y, B_z$ は一般化された磁場3成分であり、これの添字 $c$ および $s$ は、疑似信号の位相を $\eta(t)$ とすると $\cos\{\eta(t)\}$ および $\sin\{\eta(t)\}$ を演算することによって得られた時系列データであることを表している。物理条件 $\sin \theta > 0$ から、 $\phi, \theta$ は一意に定まる。 $B_x, B_y, B_z$ は緩やかに変動しているので $\phi$ および $\theta$ は安定してもとまることが期待できる

### 3. まとめ

図1は空電を例に2つの方法による測定結果を比較したものである。図1より明らかなように時系列法はB-methodに比べ推定値は安定であり、またその分散は極めて小さい。しかし、ここに示した時系

列法は原理的に偏波依らない方法であるにもかかわらず、図2に示すように楕円偏波の信号に対しては約2°の系統誤差が生じている。この系統誤差を取り除くことが今後の重要課題であり、計算法も含め、その原因を明らかにする必要がある。

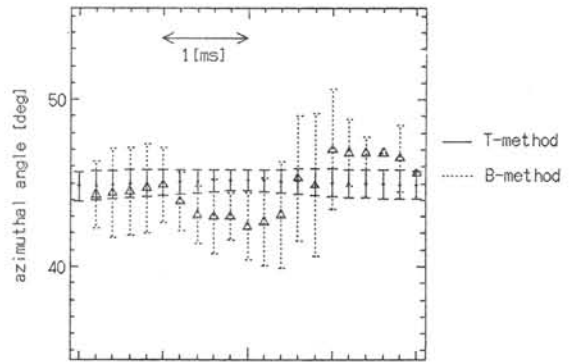


図1: 到来方位推定シミュレーション  
S/N比 30db 方位角 45° 偏波角 90°

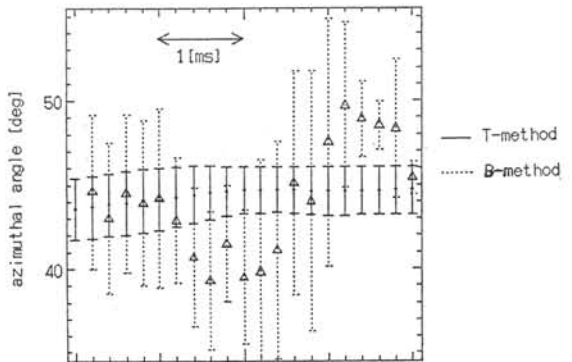


図2: 到来方位推定シミュレーション  
S/N比 30db 方位角 45° 偏波角 30°

## 位相解析と周波数解析による非定常VLF波動の到来方位推定の比較

° 大矢浩代、本郷義太加、上田裕子、島倉信 (千葉大・工)

Comparison between Frequency Analysis and Phase Analysis on Direction Finding of non-stationary VLF waves.

° H.OHYA, Y.HONGO, H.UEDA and S.SHIMAKURA (Dept. of Electrical Eng., Chiba Univ.)

A new direction finding technique, which is effective for non-stationary signal, is shown in this paper. Azimuthal angles and locations, for atmospheric, are shown which are estimated by frequency analysis and phase analysis. These results show that phase-analysis method is much more effective compared with frequency-analysis method, in estimating wave-normal directions of non-stationary VLF waves.

磁気圏VLF波動の多くはhissを除けば、継続時間が短く、速い位相変動をもつ非定常信号である。このような信号に対しては到来方位測定には従来から使われてきたフーリエ変換を必要とする方法は適当ではない。そこで時系列のまま位相解析によって到来方位を推定する方法が考案された<sup>1)</sup>。本研究では位相解析と周波数解析による結果を空電を例に比較し、その精度を評価した。

シミュレーションデータは方位角 270°、距離 6000 km から到来した空電を想定し、雑音源の無い場合とガウス性白色ノイズが重畳した場合の2種類とした。Fig.1にS/N比を 0 - 10 dB の範囲で変化させたときのそれぞれの解析法によって推定した方位角を示す。周波数解析で推定した場合、S/N比が 0 dB のときには方位角が 345.6° と誤差が大きくなるが、位相解析で得られた結果では、方位角は 271.6° とかなり精度よく求めることができる。

また、Fig.2には同様のシミュレーションデータを用いてそれぞれの解析法から得られた雷の発生源の位置を示す。原点は観測点である。それぞれの解析法から求めた位置の誤差は周波数解析では最大で 7359 km、位相解析では最大 169 km である。またFig.2から明らかなように周波数解析による結果はS/N比によってかなり値にばらつきが出るのに比べて位相解析による推定値は安定している。

以上のことから明らかなように、継続時間の短い非定常信号に対しても、位相解析による到来方位は有用である。

1) ホイッスラおよび空電の到来方位測定について、嶋 他、地球惑星科学関連学会1992年合同大会発表

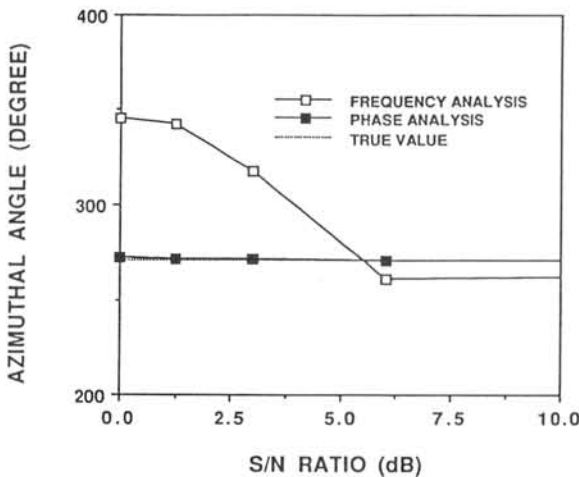


Fig.1 Azimuthal angles by both methods, phase analysis and frequency analysis, with simulation signals (azimuth angle = 270° ; amplitude ratio = 0.5, phase difference = -90° ; cut-off frequency = 1700 Hz and distance = 6000 km ).

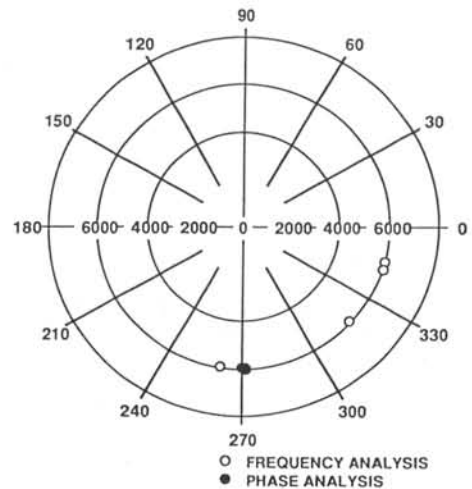


Fig.2 Locations of sferics estimated by both methods of phase analysis and frequency analysis.

# 磁気圏 VLF/ELF 波の波動分布関数方位測定法

山口 勝† 服部 克己†† 岩間 尚文†† ○早川 正士†

† 電気通信大学 †† 富山県立大学

## Direction Finding of Magnetospheric VLF/ELF Waves Based on Wave Distribution Function Method

Masaru YAMAGUCHI† Katsumi HATTORI†† Naofumi IWAMA†† Masashi HAYAKAWA†

† The Univ. of Elec. Commun. †† Toyama Pref. Univ.

### Abstract

The ground-based direction finding to locate the ionospheric exit regions of magnetospheric VLF/ELF radio waves is extensively used to investigate the generation and propagation mechanisms of those waves.

In this paper, we present a new direction finding method to yield the wave distribution functions(WDF) how the wave energy of magnetospheric VLF/ELF waves is distributed at the ionospheric base, based on Phillips-Tikhonov regularization method and its optimization, GCV(Generalized Cross Validation). From some simulation results, it is concluded that the most optimum WDF is obtained at the regularization parameter  $\gamma$  with the minimum GCV.

#### 1. はじめに

地球磁気圏内では、さまざまな特性をもつプラズマ波動が発生・伝搬しているが、そのうち最もポピュラーなのが VLF/ELF 電磁波動であるが、これらの波動の解明には、その伝搬方向 (k ベクトル) を測定する方位測定が非常に重要である [1]。本研究では、電磁波動の電離層下端面での透過域が広がりをもっている場合や複数存在する場合にも適用可能な波動分布関数方位測定法の一つとして、フィリップス-ティコノフ正則化法およびその客観的評価法である Generalized Cross Validation(GCV) を提案する。

#### 2. スペクトルマトリクスと波動分布関数

まず地上で観測された信号を、単一平面波ではなく異なる振幅、位相、周波数、伝搬方向をもつ無数の平面素波の和ととらえ、地上で観測された電磁界 3 成分 ( $B_x, B_y, E_z$ ) 間の平均自己、相互パワースペクトルであるスペクトルマトリクスを作成する。スペクトルマトリクス  $S_{ij}$  と波動分布関数  $F$  (波数空間における電磁波のエネルギー分布) は以下のような積分方程式で記述される。

$$S_{ij}(\omega) = \frac{\pi}{2} \int_0^{2\pi} \int_0^1 a_{ij}(\omega, \theta, \phi) F(\omega, \theta, \phi) d(\cos \theta) d\phi$$

つまりスペクトルマトリクス  $S_{ij}$  から波動エネルギー密度分布  $F$  を求める逆変換問題の一つとなるので、本研究では上式を離散化し代数的に計算を行なっている。これは弱制約問題 (ill-posed problem) の一つとなるため、本研究では正則化の一つであるフィリップス-ティコノフ正則化法により逆変換を行い GCV により求められた解を客観的に評価している。

#### 3.1 波源および 2 波源でのシミュレーション

本方式の有効性を確かめるために、電離層下端に波動分布関数 (波源) を仮定し逆変換を行って、もとの分布と比較を行なうシミュレーションを行った。これらの結果から、GCV が最小となる  $\gamma$  における再生像は仮定像をよく推定している。従って GCV は解の有効な評価手段となることが確かめられ、従来の方法では方位の測定が困難であった複数のダクトが存在する場合にも本方式が適用可能であることが示された。

#### 4. おわりに

今後はオーロラヒスなどの実際の磁気圏 VLF/ELF 電磁波動について本方法を適用し、地上方位測定を行なう予定である。

#### 参考文献

1. 服部, 早川; 「磁気圏コーラスの方位測定とその発生・伝搬機構」, 信学会論文誌, Q-2, J-75-B-2, pp.217-228, 1992

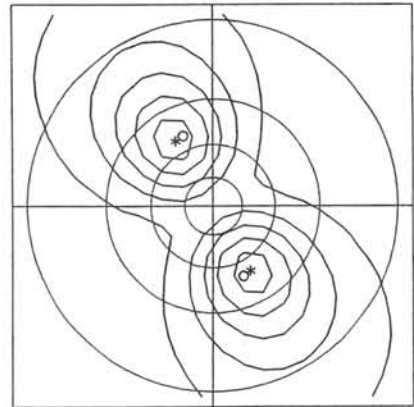


Fig.1 Assumed sources  $(\theta, \phi) = (50, 300) (50, 120)$  [deg]  
S/N:10[dB] Width of source:20[deg]

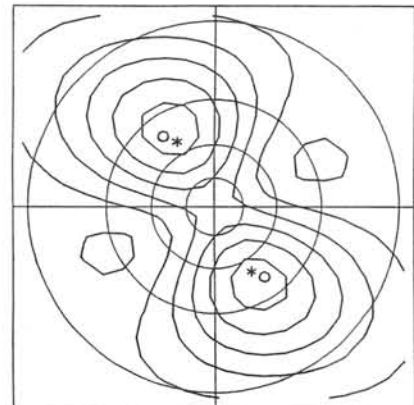


Fig.2  $\log \gamma = 3.48$  : Minimize GCV



あけぼの衛星で観測されたノーズホイスターの伝搬特性

°早田 卓益 笠原 禎也 松尾 敏郎 木村 啓根  
(京都大学工学部)

A Discussion of Propagation Characteristics of Nose Whistlers Observed by Akebono Satellite in the Magnetosphere

°Takumi SOUDA Yoshiya KASAHARA Toshio MATSUO Iwane KIMURA  
(Dept. of Electr. Eng. II, Kyoto Univ.)

Many whistlers have been detected by Akebono satellite since 1989. And we have found several nose whistlers. First, we have studied the relation between the nose frequency and  $L$ -value of the duct using (1). However the  $L$ -values of observed nose whistlers are smaller than  $L$ -value of the duct. Hence the nose whistlers observed by Akebono satellite do not propagate along the ducts passing through the satellite location. Next we have used a backward ray tracing method to determine the source point of nose whistlers observed on December 12, 1989. From the result we have found that the source point was around  $55^\circ$  S in GM-latitude. And we did forward ray tracing initiated from  $55^\circ$  S with wave normal angle from  $-5^\circ$  to  $5^\circ$  in the same meridian plane. Then we picked up paths which reached the satellite from calculated paths. The pairs of calculated time delay and frequency of calculated whistler wave become those of a nose whistler (Fig.3). But the nose frequency of the calculated nose whistler is higher than the observed. This result implies that this nose whistler propagate in non-ducted mode after leaking out from the duct, or the plasma distribution is rather complex.

あけぼの衛星ではホイスターが数多く受信されているが、ノーズホイスターについても数十例の観測が認められている。

さて、衛星上で観測されるホイスターは地上観測の場合と異なり、ノンダクト伝搬とダクト伝搬の両方の伝搬形式が考えられる。

ここでは、まず、ダクト伝搬だと仮定した場合のダクトの  $L$ -value を

$$f_n = 0.38 f_{HE}^{(1)} \quad (1)$$

( $f_{HE}$  は磁気赤道面上のジャイロ周波数)

を用いて計算し、ノーズホイスター (50 例) の観測地点の Nose Frequency、 $L$ -value と比較した。(Fig.1) 観測地点はいずれの場合もダクトの位置より内側にあることから、あけぼの衛星で観測されるノーズホイスターはほとんどがノンダクト伝搬であることがわかった。

次に、1989年12月12日10時59分に観測されたノーズホイスター (Fig.2) について解析を試みた。まず、観測点 (衛星の位置) から初期伝搬角を磁気子午面内の全方向に向けて逆レイトレイシングを行ない、ホイスターの波源の位置の推定を行った。逆レイトレイシングで得られたレイバスの地表への到達点から、波源は地磁気緯度で南緯  $55$  度付近と推定できたので、南緯  $55$  度の地点から初期伝搬角を  $-5$  度から  $5$  度まで振って、順方向のレイトレイシングを行なった。Fig.3 はそのうち観測地点に到達したレイバスについて周波数を縦軸に、伝搬時間を横軸にとったものである。この時、ノーズは、約  $9$  kHz、あるいは約  $13$  kHz のところに現れている。しかし、実際に観測されたノーズホイスターの Nose Frequency は約  $6$  kHz であり、計算結果と異なる。この説明としては、ダクト伝搬してきたホイスターがダクトから洩れ出て、そこからノンダクト伝搬で衛星に到達することや、電子密度分布の微細構造が関係していることなどが考えられる。

謝辞 あけぼの運用に関し、追跡チームの方々に感謝する。

参考文献 1) A.J.Smith et al., *J.atmos.terr.Phys*, 1975

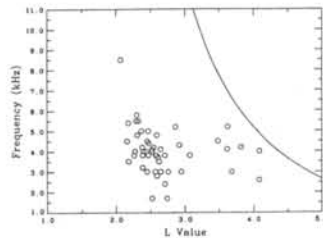


Fig.1 Relation between  $f_n$  and  $L$  value. Each symbol indicates  $f_n$  observed by Akebono satellite (50 samples). Solid line indicates  $f_n$  theoretically calculated by equation (1).

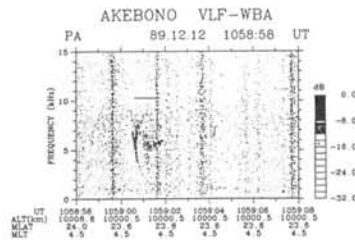


Fig.2 A  $f$ - $t$  diagram of nose-whistlers observed by Akebono on Dec.12, 1989.

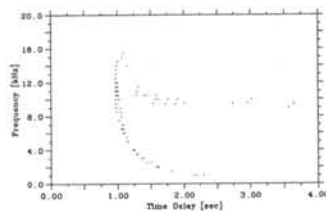


Fig.3 Results of forward ray tracing calculation. Each symbol indicates the propagation time at the observation point of Akebono satellite at 1059 UT December 12, 1989.



## Theoretical consideration of hiss-triggered chorus emission

Katsumi Hattori<sup>1</sup>, Masashi Hayakawa<sup>2</sup>,  
Dominique Lagoutte<sup>3</sup>, Michel Parrot<sup>3</sup> and Francois Lefeuvre<sup>3</sup>

*1 Dept. of Electronics and Informatics, TOYAMA Kenritsu University.*

*2 The University of Electro-Communications.*

*3 Laboratoire de Physique et Chimie de l'Environnement, CNRS, France.*

According to our previous experimental study on hiss-triggered chorus emission observed onboard a satellite in the outer magnetosphere, following important results have been obtained.

(1) Each chorus element has a tendency to be originated from the underlying hiss band and is asymptotic to the upper edge of the hiss band.

(2) When the intensity of the underlying hiss band exceeds a certain threshold value, the excitation of chorus emission is effective.

(3) Hiss has so far been considered to be incoherent and turbulent, but some parts of the hiss band exhibit some structures or wavelets, that is monochromatic wave components with duration of more than several tens msec. Furthermore, these wavelets associated with chorus generation exist at the upper edge of the hiss band or at the foot of each chorus emission.

(4) The direction finding results indicate similar values for the azimuthal angle for hiss and chorus, which suggests that both phenomena come from the same source region. As for the wave normal angle, frequency variation for each chorus element has been recognized.

Through the experimental analysis, observed chorus emission associated with hiss considered to be generated through the Coherent Electron Cyclotron Instability in the outer magnetosphere. And we propose the following generation mechanism which is composed by two steps. The first is the phase bunching of the energetic electrons which resonate with a wavelet in the hiss band at the magnetic equator. The second is the coherent radiation by the phase bunched electrons. The phase bunched electrons move toward higher latitudes along the magnetic field line, therefore the interaction region shifts from the equator to the higher latitude. And the electrons radiate the wave satisfied cyclotron resonance condition at each latitude. Based on this generation model, we reconstruct the chorus emission which is triggered by hiss with paying special attention to the spectral shape and the observed wave normal angles. And we will report the theoretical results compared with the experimental results.

## LF デッカ局電波のホイスラ・モード波の共役点観測

田中義人<sup>\*</sup>、高橋文明、西野正徳、加藤泰男（名大STE研）

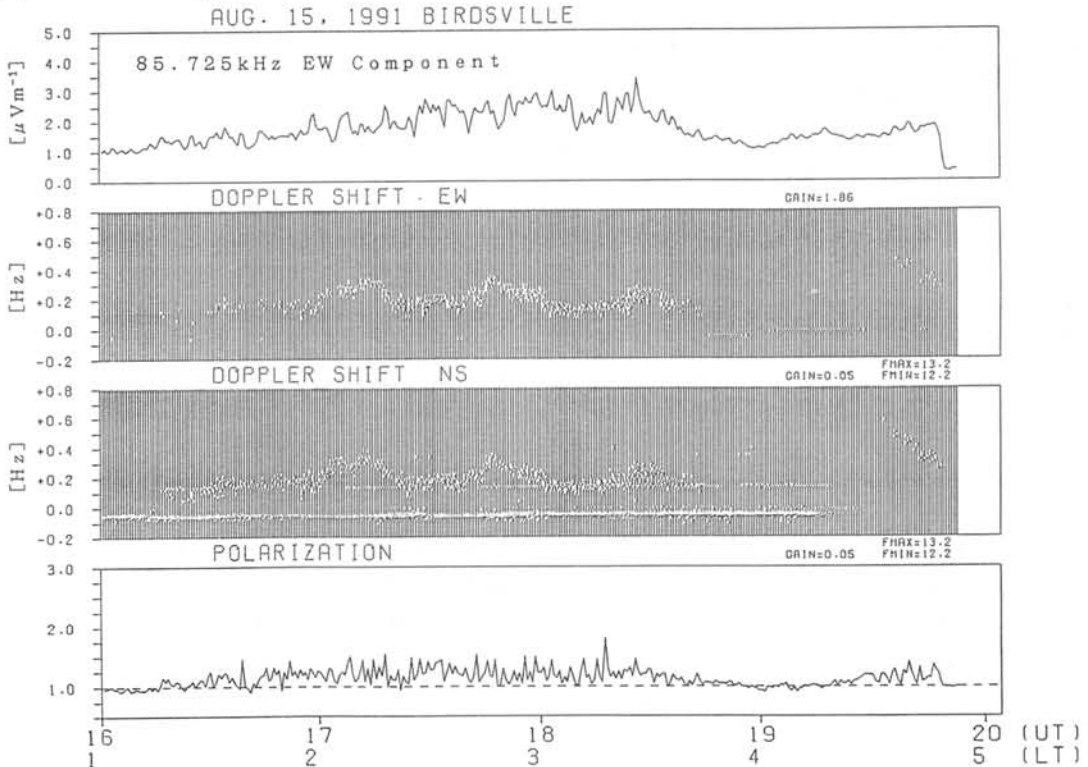
Conjugate measurements of whistler-mode waves of LF Decca signals in Australia

Y. Tanaka<sup>\*</sup>, H. Takahashi, M. Nishino and Y. Kato  
(Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University)

Whistler-mode waves of LF Decca signals transmitted from Biei ( $L=1.55$ ,  $f_c=85.725\text{kHz}$ ), Japan were measured at the magnetic conjugate point, Birdsville, Australia for July-September, 1991. Mechanisms of ducted propagation and transmission through the lower ionosphere down to the ground are deduced from the observed results. Intensities, Doppler shifts from the transmitted frequency, and the ratio of right- and left-handed polarized components are investigated.

地上で観測されるホイスラ・モード波はダクト（磁力線に沿って電子密度が周囲より濃い部分）内を伝搬し、電離層を透過し、地上で受信されると考えられている。しかし、低緯度におけるダクトの生成、消滅、ダクトへの捕捉、電離層から地上への射出、等に関しては、必ずしも明確でない。そこで、北海道の美瑛のデッカ局電波（85.725kHz）のホイスラ・モード波を共役点のオーストラリア・パーズビルで1991年の7-9月の期間、観測した。観測されたホイスラ・モード波の強度、ドップラ偏移とその広がり、及び偏波のデータを用いて、ホイスラ・モード波の伝搬機構を検証する。

### 夜間のホイスラ波



上から、LFデッカ電波のホイスラ・モード波のEW成分（ループ・アンテナ面が地磁気のEW方向を向いたアンテナで受信された成分）、EW、NS成分のドップラ偏移、 $\Delta f = 0$ のものは導波管モードに対応。下図はホイスラ・モード波の右旋成分と左旋成分の比

## TRANS\_POLAR ARC の特性

° 金田栄祐、 篠原 育  
 東京大学理学部地球惑星物理学科

## Features of Trans-Polar Arcs

° Eisuke Kaneda and Iku Shinohara  
 Dept. Earth Planet. Phys., Facul. of Sci., Univ. of Tokyo

Namings of wide varieties have given to families of auroral arcs in polar cap. Conventionally these families are generally named 'Trans-Polar Arc'. Some difficulties arise from confusion in definition of auroral oval. Akebono UV-imager has detected 3 types of specific displays on high latitude side of oval or in the polar cap. Determination of their belonging would contribute to clarification of magnetospheric structures.

オーロラ・オーヴァルに囲まれる領域を polar cap と呼んで居るが、最も直接的に境界を定め得ると目されるオーロラの総観測に於いても事は簡単ではない。事実、オーロラ・オーヴァルは統計的実体として認知されては居るが、その昼側部分に関しては、十分な論議がなされて来たとは云えない。その良い例として Gustafsson が明らかにした補正地磁気緯度・磁気地方時座標系に於ける aurora arc の向きは、昼側高緯度部分ではオーヴァルの膨張・後退に依っては全く説明不能である。因に、彼の統計では、オーヴァルの統計的確定に使用されたデータが多用されて居る。この様に見た場合、polar cap の定義自体が不明確となる。

この混乱にも拘らず、sun-aligned arc,  $\theta$ -configuration aurora 等、真夜中（真昼）付近のオーヴァルから大きな角度を以て cap 内に延び出してものに関しては、polar cap arc としての認定には影響が無い。しかし乍、DMSP のデータの比較的頻繁に認められる明け方のオーヴァルの高緯度側にオーヴァルに並行して出現している細い arc、或は Hones の提唱した 'horse-collar aurora' の様に、オーヴァルに並行する形でその高緯度で検出されるオー

ロラに就いては、その属性を改めて解明する必要があると考えられる。

AKEBONO の UV-imager に依る観測では、従来のオーヴァルの概念に準拠して Trans-Polar Arc を考えた場合、現在迄に以下の3種類の範疇の存在が確認出来た。

1) sun-aligned arc,  $\theta$ -configuration aurora と同様な配位関係を有するグループ。これ等の arc は、いくつかの典型的パターンとして出現する。中でも注目すべきものとしては、低擾乱時に sun-aligned arc 様のオーロラが Gustafsson 流の polar cap が diffuse オーロラで埋められた上に観測される場合、 $\theta$ -configuration aurora が tail での大規模な磁場変動と共に観測される例等がある。

2) オーヴァルが late morning (early afternoon) に於て、あたかも bifurcate して居るかの如き配位を示すグループ。一般的には、2 の branch の間は diffuse なオーロラで充されている。

3) substorm の post expansion phase に主として dusk 側の polar cap にオーヴァルに沿う形で真夜中からの arc が延びて、double track の配位を示す場合。

解析が進行中の為、今回は上記の範疇の形態的特性の説明を中心にして発表を行う。

## 女川 - 仙台磁場変動データモニタシステム

高橋忠利、田村忠義、斎藤尚生  
(東北大学・理)

### ON-LINE DATA MONITORING SYSTEM ON GEOMAGNETIC VARIATION

Tadatoshi TAKAHASHI, Tadayoshi Tamura and Takao SAITO  
(TOHOKU UNIV.)

An on-line data monitoring system of geomagnetic variation is constructed to get information on update conditions of solar terrestrial interaction. The system was designed to send any data of time resolution 1, 3, or 10 sec, with a request command from Sendai. The data obtained at Onagawa Magnetic Observatory are sent via public line of telephone. The command is include three controlling parameters, time resolution, start time and data length. The data service via STEP net will be realized in a near future.

地磁気変動の観測情報は、時々刻々と変動する太陽地球系の環境の中で太陽風変動、地球電磁圏擾乱の様相を伝えるモニタ情報として極めて重要な位置づけをすることができる。今後のSTEPの総合的な観測体制に於いては、磁場変動データを臨機の観測体制への情報源として参照できる事も重要である。女川地磁気観測所では、この観点からSTEP計画の一環として、速報性とネットワークを通してのデータの可搬性に重点を置いた磁場変動データモニタシステムを構築する計画である。そのデータの一部はSTEPのネットワークによるオンラインサービスに供する考えであるが、ここではデータ伝送システムの概要と現状の報告をしたい。

女川からの磁場観測データの転送はモデムを介して公衆電話回線につながれたパーソナルコンピュータにより行われている。システムは8チャンネルまでのAD変換が可能であるが、現在の設定は4チャンネル分のデータを標準時計からのパルスにより1、3、10秒毎の3種類のデータをRAMに書き込んでゆき、仙台からのコマンドにより、RAMの指定アドレスのデータを読みだして転送するようになっている。割り込み処理により、データの転送中もAD変換したデータの書き込みは中断される事なく続けられる。データは時間分解能の異なるデータ毎にそれぞれの領域に書き込んで行くが、10秒値の場合現在時刻をさかのぼってほぼ1ヶ月分のデータが記憶されており、コマンドにより任意の時間帯のデータを転送させるように設計されている。

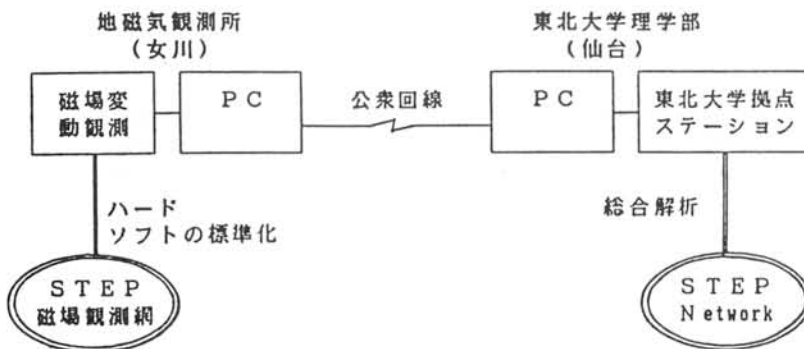


図 1. 太陽風及び磁気圏状態のモニター

## 極域中層大気の水蒸気観測

## —新型露点ゾンデの提案—

岩坂泰信、林 政彦、柴田 隆、松永捷司（名古屋大学太陽地球環境研究所）

Water Vapor Measurement of the Polar Middle Atmosphere (Plan)

-New Frost-Point Zonde-

Y. Iwasaka, M. Hayashi, T. Shibata, and K. Matunaga  
Solar Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University

中層大気中の水蒸気が、きわめて多様な大気現象に関係していることはよく知られている。かつて、気球観測で盛んに使用されていた露点ゾンデはきわめて有用であったが、フロンによるオゾン層破壊が危惧されるようになってからは姿を消し、以後世界的に成層圏あるいはそれ以上の高度の水蒸気の定常的な観測はなされなくなっている。ここでは、これまで試みられたいくつかの方法を総括し新しい冷却方法による露点ゾンデを提案する。

Atmospheric Water Vapor plays an important role in aeronomical processes in the middle atmosphere, OH radical formation, water cluster ion formation, ion-neutral reactions, transfer of atmospheric radiation, aerosol formation, and others. Frost-point zonde which was frequently used to observe stratospheric water vapor is now impossible to use since its cooling system was depend on CFC destroying stratospheric ozone. Now there are few routine measurements stratospheric water vapor. New type frost-point zonde is discussed here.

## 極域成層圏での水蒸気観測

極地方での水蒸気に関する知見はきわめて乏しい。気象観測用のゾンデによる探査高度は10 kmをこえるものはきわめて稀である。オゾンホール形成に関係してPSCsの重要性が認識されるに従い成層圏での水蒸気の変化に強い関心が高せられ、現在では特定の期間の特定の場所に限って航空機をもちいたLy- $\alpha$ /OH蛍光法による観測がアメリカの研究者を中心に行なわれてきた。

わが国では、それに先立って、気球にLy- $\alpha$ /OH蛍光法湿度計を搭載し成層圏がきわめて乾燥した状態であったことを報告したが（現在では、オゾンホール形成にもなって生じた成層圏の脱水状態をみたものと考えられている）以後液体窒素をフロンに替えて観測が試みられたもののかんばしい成果は得られず観測は中断したままである。

観測が継続性を持っていないのもっとも大きな原因は、気球観測にかかる費用をあげる事が出来る。気球が回収できるならこの点はいささか改良できるかもしれない。第2の点としては、これまで提案されてきた方法が、定常的な観測に向くほど操作上の簡便さが追求されていなかったことが指摘できる。過去において、提案された手法は「気球または航空機によるLy- $\alpha$ /OH蛍光法」、「ラマン散乱によるライダー観測」であり、日本の観測基地における現状では解決すべき問題がいくつか残されている。

## 新しい露点ゾンデの提案

ここに提案する露点ゾンデの原理は、フロンによる冷却方法をサーモモジュールを用いた冷却方法に切り替えることと、光源を半導体レーザーに切り替えて「測っているのが露点なのか霜点なのか」を識別することを可能にするものである。

前者において、フロンの使用を中止するとともに、後者においてデータの質の向上と電源の小型化を狙っている。このゾンデのねらいは、定常的な成層圏の水蒸気観測を可能にすることである。

## ラマン散乱による水蒸気のリダー観測について

1992年より太陽地球環境研究所において、ラマン散乱を応用した大気多成分の観測が開始されている。目的としている成分のうちには水蒸気も含まれている。おおよそ10 kmまでの水蒸気ならきわめて短い時間で観測が可能になっている。今後この方面での技術的な進歩が期待できるし、この技術から応用した手法も考えられる。近い将来に、水蒸気が観測の対象として取り上げられる場合には、ゾンデ以上に細かい時間変動や空間変動を明らかにする手段として有用であろう。

## インフラソニック波関連の大気波動観測

南 繁行, 鈴木 裕  
大阪市大工学部

Observations of Atmospheric Waves Related to the Historical  
Observations of Infrasonic Waves

Shigeyuki Minami, and Yutaka Suzuki  
Department of Electrical Eng., Osaka City University

**Abstract:** We have performed observations of atmospheric waves in the middle atmosphere together with the ground-based observations. The main purpose of these experiments is to investigate the direct energetic coupling of atmospheric waves (infrasonic waves and gravity waves) between these regions. Recent observational results of such experiment are presented indicating the importance of such coordinated observations of atmospheric waves in the polar regions.

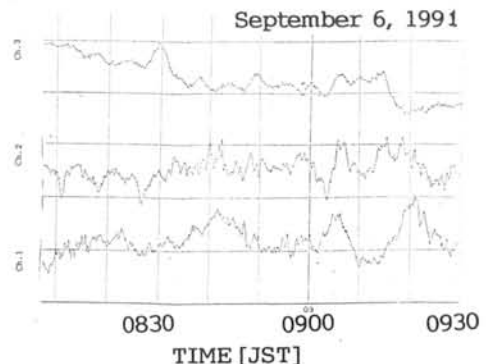
電離圏、大気圏における音波あるいは重力波による結合を検証するためにいくつかの実験を実施、および計画している。上層大気と下層大気の結合は極域においてはオーロラという大きな熱源が存在することにより、エネルギー伝搬の観点からこのようなカップリングの解明は重要である。インフラソニック波は約数分までの短い周期のいわゆる音波領域の大気波動の伝搬に対して名づけられたものであり、極域においてはオーロラインフラソニック波の励起、伝搬現象として知られている、この様な観測に関連して更に長周期のいわゆる重力波についても考慮をした研究をおこなっているので紹介したい。過去においては数百グラムの火薬を上空で爆発させるロケットグレネード法やオーロラの動きにともなう大気波動の衝撃波的な励起の観測がおこなわれた (JARE 10-13)。現在行っているこの方面の観測としては、

- (1) 極域における短波電波による断続的な電離層の加熱とその大気圏への圧力応答の研究
- (2) 火山爆発にともなうインフラソニック波の観測
- (3) 大気圏—中間圏—熱圏の大気波動の結合の直接観測
  - (3-1) 30 km 高度の気圧変動を測定し、地上における圧力変動との相関をとる研究。気球での気圧の測定は、気球の上下動をも反映するが、ここで考えている1分から20分の周期の変動は大気波動に結局関連していると考えられる。
  - (3-2) 気球上空の電離層の動きをHFドップラ観測でもとめ、大気波動の垂直伝搬を検出する。

本講演ではおもに(3)に関連した観測データの解析結果についてのべる。

第1図は1991年に三陸でおこなわれたB5-133搭載のレベルフライト中の精密気圧計のデータ(ch. 3)を地上に設置した2点の気圧計のデータ(ch. 1, 2)とともに示したものである。地上観測には風の影響を除くためのラインマイクオフォンの方式がもちいられた。極域における気球高度での大気波動の観測と地上での観測との相関観測の重要性についてもものべる。

文献: 「気球による大気波動の観測とその意義」ISAS 大気球シンポジウム、101-108, 1991,





## 南極昭和基地—日本間 GPS時刻比較実験

○ 小竹昇、相田政則、渋谷政昭、佐藤得男（通信総合研究所）

Time comparison experiment between Antarctic Syowa Station and Japan via GPS

N. Kotake, M. Aida, M. Shibuki and T. Sato  
(Communications Research Laboratory)

We have first verified the reliable long term operation of a cesium atomic clock at Syowa Station in order to compare time between UTC (CRL) and the cesium clock via GPS (Global Positioning System). The direct time comparison between Antarctica and Japan by means of Common View Method is not possible because of the long distance. Therefore we have made that experiment by way of Australian GPS station NML (National Measurement Laboratory). Four month experiment shows that the time can be compared with accuracy of 0.1 micro second.

### 1. はじめに

現在国立極地研究所等を中心に南極VLIBIが準備されているが、定期的な観測を実施するには時系の維持が重要な課題となってきた。時系の維持には小型・軽量のため可搬性が良く消耗品の交換時を除けば操作性が簡単なセシウム(Cs)原子時計が最も適している。そこで今回、昭和基地での時系を維持するセシウム原子時計の長期運用を初めて行い、また時系が正確に刻まれているか否かを検証するために、Cs時計と日本の時系(協定世界時UTC (CRL))の時刻差を求める実験をGPS (Global Positioning System)を利用して行った。

GPSは高精度3次元測位を目的に開発されたシステムであるが、時刻比較も可能であり世界各国の標準研究機関で時刻比較に使用されている。この時刻比較ではマルチビュー(同時観測)法が利用されるが、遠く離れた南極昭和基地と日本CRL (Communications Research Laboratory)間ではマルチビューとなる衛星はない。このため今回オーストラリアのGPS受信局NML (National Measurement Laboratory, CSIRO, Sydney)を中継して時刻比較を行った。

### 2. 経過

Cs原子時計は予め1990年11月8日 (MJD=48203) にUTC (CRL)と比較を行い時刻差  $-163.792$ ナノ秒、周波数偏差  $-1 \times 10^{-13}$  Hz/sec以下であることを確認した。その後、動作状態のまま昭和基地まで運搬した。

昭和基地では小竹が第32次南極地域観測隊越冬隊に参加しGPS受信データを1991年7月から11月9日まで取得し、同時にNMLのデータはCRLにおいて通信回線MARK-IIIで取得し、CRLのデータもUTC (CRL)を基準にGPS受信機で取得した。

また、マルチビュー観測が可能な衛星は、昭和基地とNML間で7個、NMLとCRL間で7個であった。それぞれに共通の衛星は、SV# (Satellite Vehicle number: 衛星番号) 06, 12, 13, 19の4衛星である。ただし、唯一プロック2に所属する実用化衛星SV#19は受信機のソフトウェアが古いために、1週毎にはデータが取得できなかった。本実験はこれらの4衛星を仲介にして行った。

### 3. 時刻比較方法

測定は昭和基地・CRL・NMLの3地点においてBIPM (国際度量衡局)によって決められたスケールに基づきそれぞれの時計とGPSからの時刻信号の差を求める。昭和基地で取得されたCs時計とGPSの時刻差を $t_{SYOWA}$ 、NMLとGPSの時刻差を $t_{NML}$ 、協定世界時UTC (CRL)とGPSの時刻差を $t_{CRL}$ とすると(1)~(3)式になる。ただしSV#は衛星番号を表す。

$$Cs - GPS (SV\#) = t_{SYOWA} \dots (1)$$

$$NML - GPS (SV\#) = t_{NML} \dots (2)$$

$$CRL - GPS (SV\#) = t_{CRL} \dots (3)$$

式(1)と(2)から昭和基地とNMLの時刻差 $t_{SYOWA, NML}$ は同

時観測法にて式(4)のように表せる。同様に、式(2)と(3)からNMLとCRLの時刻差 $t_{NML, CRL}$ も同時観測法にて式(5)のように表せる。

$$Cs - NML = t_{SYOWA} - t_{NML} = t_{SYOWA, NML} \dots (4)$$

$$NML - CRL = t_{NML} - t_{CRL} = t_{NML, CRL} \dots (5)$$

しかし、式(4)と(5)から得られる時刻差は相互の測定時間が異なるため、同時観測法で求めることが出来ない。このため、それぞれのデータに最小2乗法1次式近似を当てはめ0時の時刻差を推定した。最後に、式(6)のようにCsとUTC (CRL)の時刻差 $t_{SYOWA, CRL}$ を求めた。

$$Cs - CRL = t_{SYOWA, NML} + t_{NML, CRL} = t_{SYOWA, CRL} \dots (6)$$

### 4. 結果

南極昭和基地のCs原子時計とUTC (CRL)の時刻比較結果を図1に示す。SV#06はセシウム原子時計より安定度が悪い、ビジウム原子時計を搭載しているため、ばらつきが大きい。SV#19は受信機のソフトウェアが古いため、データの信頼性が低い。SV#12とSV#13は変動があるが1ナノ秒以下なら時刻比較には十分可能であり、SV#12のみ使用すれば0.1ナノ秒程度も可能である。

またCs時計の動作を確認するためSV#12のデータに出発時の条件を加えて最小自乗法2次式(図中の実線)の近似式を求めた。近似式を微分しMJD=8500時の曲線の傾きを求めたところ約 $-5.91 \times 10^{-14}$  Hz/secが得られた。この傾きは出発時の周波数偏差内であり時系の維持が確認できた。

### 5. まとめ

今回、昭和基地で初めてセシウム原子時計を長期運用し、GPS衛星を仲介にした昭和基地Cs時計と協定世界時UTC (CRL)の時刻差を求めた。特にSV#12を使用することによって0.1ナノ秒の比較が可能であることが分かった。

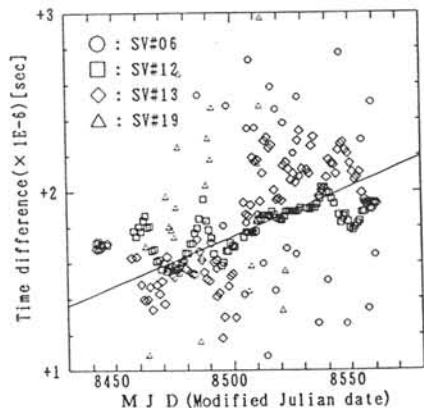


Fig.1 Syowa station - Japan time comparison



## 混信の発生源について

<sup>1</sup>行松 彰\*, <sup>1</sup>江尻 全機, <sup>1</sup>門倉 昭, <sup>2</sup>荒木 徹  
<sup>1</sup>極地研究所 <sup>2</sup>京大理

On the sources of interference signals

<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 Insitute of Polar Research

Previous research shows that 30MHz interference signals observed by Riometers are caused by reflection in the F-region ionosphere with sufficiently high  $f_oF_2$ . But we have not yet identified their sources. In this study, we try to decide possible arrival directions of the signals using IRI-90's  $f_oF_2$  and h'F model.

簡易型リオメーターや電界強度計の観測データに見られる30MHz帯の混信について、これまでの(極域及び中緯度での電波及び電離層の観測データを用いた)研究によって、その出現の仕方の著しい特徴から、この混信が主にF層伝搬(とD層やEs層での吸収など)によって、定性的にはほぼ首尾一貫した理解ができることが明らかにされた。1989年の南極における観測データでは、土曜、日曜に混信の出現頻度が減少する傾向がみられ、都市部等から出る人工雑音が混信の主要部を形成しているものと思われた。しかし、混信の到来方向や発生源については不詳のままであった。

今回は、混信の到来方向を知るために、電離層モデルとの比較を試みる。モデルはIRI90を用いることとする。

まず、観測された混信の、10分毎の混信インデックスなるものを作った。これによって、混信の有無や、特に、出現時刻や消滅時刻を明確に知ることができるようになり、指標として有用であることがわかった。

次に、IRI90モデルと1989年の国分寺及びケルゲレンでの $f_oF_2$ との比較検討を行う。中緯度ではモデルと観測値とはよく一致することがわかる。極域でも比較的よい一致を示すが、月によっては太陽活動及び磁気圏の急激な変化によってモデルからずれるものもあり、注意を要することがわかる。

以上を参考にして、以前の研究では、IRI90モデルによる各月、各時刻の $f_oF_2$ を観測点中心の正距方位図に描くことにより、30MHz波の到来可能な方位を調べた。今回は、h'Fの変化も考慮に入れた考察を行う。

$f_oF_2$ のみによる研究では、混信の有無がモデルによる $f_oF_2$ によってよく説明でき、また、日出時刻頃に $f_oF_2$ が急激に増大するという単純な考察から予想される到来方向よりもより広範囲の地域から混信が到来し得、特にアメリカ大陸からの到来も十分可能とわかったが、本講演では、h'Fを考慮に入れることで、更に精密な議論をする予定である。

