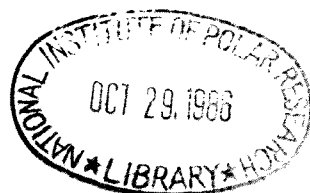


第7回

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

The Seventh Symposium
on Coordinated Observations of the Ionosphere
and the Magnetsphere in the Polar Regions

Programme and Abstracts



昭和59年2月27日～2月29日

February 27～February 29, 1984

国立極地研究所図書室



000211136

国立極地研究所

National Institute of Polar Research
Tokyo, Japan

第7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

日 時 昭和59年 2月27日(月)
10時00分～18時00分

昭和59年 2月28日(火)
9時30分～17時50分

昭和59年 2月29日(水)
9時30分～17時40分

会 場 国立極地研究所講堂

主 催 国立極地研究所



P20278
2002.10.31

講演時間：一般講演（講演 11分，討論 3分）
 Review講演（講演 30分，討論 5分）
 将来計画（講演 12分，討論 3分）

	10	11	12	13	14	15	16	17	18時
2月27日(月)	所長挨拶	オーロラ現象 金田栄祐(東大・理) 1~7		昼食	飛翔体による電離圏・磁気圏観測 林 幹治(東大・理) 8~15		休憩	ELF・VLF波動現象 渡辺成昭(電波研) 16~27	
2月28日(火)	MAP観測 神 沢 博(極地研) 28~36			昼食	Pc3脈動とその関連現象 利根川 豊(東海大・工) 37~46		休憩	将来計画 福西 浩(極地研) 47~53	懇親会
2月29日(水)	ULF波動とSC現象 坂 翁 介(九大・理) 54~63			昼食	極域現象のシミュレーションと理論的考察 鷲見 治 一(名大・空電研) 64~73		休憩	電離圏・磁気圏擾乱 前沢 洌(名大・理) 74~80	

≪2月27日(月曜日) ≫

10:00~18:00 ≫

挨拶 国立極地研究所長

(10:00~10:10)

I. オーロラ現象

(10:10~12:15)

座長 金田 栄 祐(東大・理)

1. 巻田和男(拓殖大・政経) オーロラとオーロラ粒子(Review)
2. 金田栄祐(東大・理) Dawn-dusk Asymmetry of Auroral Oval
3. 鮎川 勝(極地研) Dayside AuroraのBreakup
巻田和男(拓殖大・政経)
国分 征(東大・理)
4. 小口 高(東大・理) オーロラ周辺の電場
AUVグループ(東大・理, 宇宙研,
九大・理, UBC)
5. 藤井良一(極地研) パルセーティングオーロラと沿磁力線電流との
竹中 潤(千葉大・理) 関係
6. 鵜飼正行(愛媛大・工) 磁気リコネクションによる爆発的エネルギー変
換機構とオーロラフレアー
7. 鮎川 勝, 勝田 豊, 平沢威男,
星合孝男(極地研) オーロラ世界データセンター(WDC-C2 for
Aurora)の現状について

II. 飛翔体による電離圏・磁気圏観測

(13:00~14:55)

座長 林 幹 治(東大・理)

8. 平島 洋, 村上浩之, 奥平清昭 北極域におけるオーロラX線観測
(立教大・理)
藤井正美, 西村 純, 山上隆正
(宇宙研)
小玉 正弘(山梨医大)
江尻全機, 宮岡 宏, 小野高幸
(極地研)

- | | | |
|-----|--|--|
| 9. | <u>小玉正弘</u> (山梨医大)
<u>藤井良一</u> (極地研)
河野 毅(理化研) | サブストームに伴うオーロラX線バーストとその関連現象 |
| 10. | <u>高橋忠利</u> , <u>渡部重十</u> (東北大・理)
<u>渡辺勇三</u> (宇宙研)
大家 寛(東北大・理) | EXOS-Cによる極域電子密度計測 |
| 11. | <u>金川俊英</u> , <u>賀谷信幸</u> , <u>松本治弥</u>
(神戸大・工)
向井利典(宇宙研)
佐川永一(電波研) | E×B型イオン質量エネルギー分析器の開発 |
| 12. | <u>渡辺勇三</u> (宇宙研) | 南極ロケット搭載型インピーダンスプローブ法と磁気圏電離圏擾乱の関係 |
| 13. | <u>佐川永一</u> , <u>森 弘隆</u> , <u>巖本 巖</u> ,
(電波研)
小川忠彦(電波研・平磯) | 極域電離層中の熱的イオンの速度分布の測定 |
| 14. | <u>森 弘隆</u> , <u>佐川永一</u> (電波研)
<u>小川忠彦</u> (電波研・平磯)
小川俊雄(京大・理)
山岸久雄(極地研) | S-310JA-7号機で観測された低周波密度ゆらぎとAC電場との相互比較解析結果について |
| 15. | <u>竹中 潤</u> , <u>木下 肇</u> (千葉大・理)
<u>藤井良一</u> (極地研) | 地球内部大規模変動と地球磁場の関係 |

III. ELF・VLF 波動現象

(15:10~18:00)

座長 渡 辺 成 昭(電波研)

- | | | |
|-----|---|--|
| 16. | <u>松戸 孝</u> , <u>芳野赳夫</u> (電通大)
<u>山岸久雄</u> , <u>福西 浩</u> (極地研) | アンドヤー昭和同時観測による昼間側VLF放射の共役性について |
| 17. | <u>小島年春</u> , <u>芳野赳夫</u> (電通大)
<u>山岸久雄</u> , <u>福西 浩</u> (極地研) | Periodic VLF Emission の共役性について |
| 18. | <u>山岸久雄</u> , <u>福西 浩</u> (極地研)
<u>鈴木光義</u> , <u>小島年春</u> , <u>芳野赳夫</u>
(電通大) | Ray Tracingによる磁気圏内ELFヒスの伝搬特性とISIS人工衛星観測 |
| 19. | <u>今江知延</u> , <u>芳野赳夫</u> (電通大)
<u>山岸久雄</u> , <u>福西 浩</u> (極地研) | ISIS衛星及び地上(キッターレン, 昭和基地)同時観測によるVLF放射の南北共役性 |
| 20. | <u>鈴木光義</u> , <u>芳野赳夫</u> (電通大)
<u>山岸久雄</u> , <u>福西 浩</u> (極地研) | ISIS衛星のスピンを利用したVLF放射到来方向の決定 |

- | | | |
|-----|--|--|
| 21. | <u>恩藤忠典</u> , 中村義勝, 渡辺成昭,
村上利光(電波研) | 極域E L Fヒスについて |
| 22. | <u>松尾敏郎</u> , 木村磐根(京大・工)
山岸久雄(極地研) | I S I S衛星によって観測されたオメガ信号によるトリガード・エミッション |
| 23. | <u>西野正徳</u> , 田中義人, 岩井 章,
鎌田哲夫(名大・空電研) | S-310JA-6号機によって観測されたV L Fヒスの特性 |
| 24. | <u>伊藤弘道</u> , 渋谷仙吉, 前沢 潔
(山形大・理)
佐藤夏雄(極地研) | 南極電算機データを用いたE L F-V L F放射強度の統計結果 |
| 25. | 荒木 喬(弘前大・教育) | Diffused Whistlers とダクト伝搬 |
| 26. | <u>富沢一郎</u> , 芳野赳夫, 佐々木勇人
(電通大) | 地磁気変動に伴う電力線放射電磁界強度変化
— 北極圏大気球観測 — |
| 27. | <u>鎌田哲夫</u> , 西野正徳, 倉橋克典,
神保英彦 (名大・空電研) | 北欧北極圏内におけるE L F-V L F電磁環境調査結果 |

≪2月28日(火曜日) ≫

9:30~17:50 ≫

- IV. MAP観測 (9:30~12:15) 座長 神 沢 博(極地研)
28. 藤原玄夫(九大・理) レーザレーダによる中層大気の探査(Review)
29. 内海通弘, 広野求和, 藤原玄夫
(九大・理) レーザレーダによる中間圏・熱圏のナトリウム層の観測
30. 忠鉢 繁(気象研) 昭和基地におけるオゾン特別観測(1982年1月~1983年2月)
31. 南 繁行, 堤 四郎(大阪市大・工) 極域における大気波動の総合観測について
32. 森田恭弘, 鎌田哲夫, 高木増美
(名大・空電研) 北村正丞(気象研) 南極成層圏電離強度の気球観測
33. 小川忠彦(電波研・平磯), 五十嵐喜良, 倉谷康和(電波研), 藤井良一, 平沢威男(極地研) 昭和基地50MHzレーダによる中性大気風の観測
34. 福西 浩, 川口貞男(極地研) 26次南極MAP観測計画
35. 野村彰夫, 鹿野哲生(信州大・工), 岩坂泰信(名大・水圏研), 福西 浩, 川口貞男, 平沢威男(極地研) 南極中層大気のレーザレーダによる観測計画(JARE26)
36. 山岸久雄, 福西 浩(極地研) JARE26におけるS-310型南極ロケット実験計画

- V. Pc3脈動とその関連現象 (13:00~15:50) 座長 利根川 豊(東海大・工)
37. 国分 征(東大・理) Pc3の特性とその関連現象(Review)
38. B.J. Fraser(Univ. of Newcastle) Spatial Characteristics of LowLatitude Pc3 Geomagnetic Pulsations
39. 斎藤尚生, 湯元清文(東北大・理) Structure of the Helio-magnetosphere Inferred from Pc3 Pulsation

- | | |
|---|---|
| 40. <u>友村 清</u> , 桜井 亨, 利根川豊
(東海大・工) | 磁気圏境界および静止軌道におけるPc3脈動 |
| 41. <u>星野真弘</u> , 寺沢敏夫(宇宙研) | Bow shock 上流域での低周波モードの励起とPc3脈動の起源 |
| 42. <u>加藤愛雄</u> (東北大・名誉教授),
利根川豊, 友村 清(東海大・工) | Cusp 領域における地磁気脈動 |
| 43. 坂 翁介(九大・理) | $L = 1.7$ より $L = 3.2$ の間のPc3脈動 |
| 44. <u>湯元清文</u> , 斎藤尚生(東北大・理),
CINPULF観測グループ,
MILCULF観測グループ | 海外広域多点同時観測に基づくPc3脈動と
upstream wave との関連性について |
| 45. <u>佐藤夏雄</u> (極地研)
渋谷仙吉(山形大・理)
樋口喜啓(山形大・工) | Pc3脈動に伴うCNA・VLF放射
modulation |
| 46. <u>湯元清文</u> (東北大・理),
<u>佐藤夏雄</u> (極地研) | Pc3脈動に伴うQPエミッション周期のIMF
強度依存性 |

VI. 将来計画 (16:05~17:50)

座長 福西 浩(極地研)

- | | |
|--|-------------------------------|
| 47. <u>西村 純</u> , 鶴田浩一郎(宇宙研),
小玉正弘(山梨医大), 福西 浩(極
地研), PPBWG(ポーラーパトロー
ルバルーンワーキンググループ) | ポーラーパトロール気球(PPB)
1. 気球システム |
| 48. <u>小玉正弘</u> (山梨医大), 鶴田浩一郎
(宇宙研), 国分 征(東大・理),
鎌田哲夫(名大・空電研), 嘉納宗靖
(気象研), 福西 浩, 神沢 博(極
地研), PPBWG(ポーラーパトロー
ルバルーンワーキンググループ) | ポーラーパトロール気球(PPB)
2. 観測内容 |
| 49. <u>福西 浩</u> , 佐藤夏雄, 藤井良一
山岸久雄(極地研)
国分 征(東大・理),
西村 純(宇宙研) | 共役点気球観測計画 |
| 50. 大家 寛(東北大・理)
EXOS-D WG | EXOS-D計画 |
| 51. 芳野越夫(電通大) | EXOS-D受信設備 |

52. 西田篤弘(宇宙研)

I S T P計画(International Solar-
Terrestrial Physics Program)

53. 鮎川 勝, 佐藤夏雄, 山岸久雄
(極地研)

セルロ ンダーネ山地地域における観測計画

~~~~~ 懇 親 会 ~~~~~  
18:00 ~

会 場 : 2階 講 議 室

≪2月29日(水曜日)≫

9:30~17:40

VII. ULF波動とSC現象

(9:30~12:15)

座長 坂 翁 介(九大・理)

54. 石田十郎(東大・理) U L F 波動に見られる S C の効果 (Review)
55. 利根川 豊(東海大・工), 福西 浩(極地研)  
A. Hunter (Univ. of Lancaster) 極域多点観測による P g 脈動の特性
56. 桜井 亨(東海大・工) 福西 浩(極地研)  
A. Hunter (Univ. of Lancaster) 極域多点観測による P i 2 脈動の特性
57. 五十嵐喜良, 倉谷康和(電波研)  
小川忠彦(電波研・平磯)  
藤井良一, 佐藤夏雄(極地研) P c 3 - 5 に伴うレーダオーロラエコー
58. 佐藤夏雄, 福西 浩(極地研)  
国分 征(東大・理)  
Th. Saemundsson (Univ. of Iceland) 5 8 年度アイスランド共役点観測  
1. 概 要
59. 福西 浩, 佐藤夏雄(極地研)  
国分 征(東大・理)  
Th. Saemundsson (Univ. of Iceland) 5 8 年度アイスランド共役点観測  
2. 地磁気脈動とその関連現象
60. 糸長雅弘, 北村泰一(九大・理) 電離層-磁気圏における3次元電流系の地上磁場効果
61. 桑島正幸, 角村 悟(地磁気観測所)  
福西 浩(極地研) 地上および静止衛星高度における S S C と関連現象の対比
62. 永野 宏(岐阜歯大)  
荒木 徹(京大・理)  
福西 浩, 佐藤夏雄(極地研) 静止衛星で観測された S C の Polarization の特性について
63. 荒木 徹, 家森俊彦, 亀井豊永  
(京大・理) 電離層上下での S C 同時観測

## VIII. 極域現象のシミュレーションと理論的考察

(13:00~15:45)

座長 鷲見 治一(名大・空電研)

- |                                                       |                                                    |
|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 64. 橋本弘蔵(京大・工)                                        | A K R の伝播モード (Review)                              |
| 65. 大家 寛, <u>飯島雅英</u> (東北大・理)                         | オーロラキロメートル波の放射機構の新しい理論                             |
| 66. 宮岡 宏(極地研)                                         | 極域電離圏における Z モード波の線形モード変換                           |
| 67. <u>恩藤忠典</u> , 相京和弘(電波研)                           | 数量的磁気圏モデルにおけるプラズマ対流と磁気圏現象                          |
| 68. 長野 勇, 満保正喜, <u>川端一也</u><br>(金沢大・工)                | V L F ダクト放射による大地上への伝播特性                            |
| 69. <u>南部充宏</u> (九大・教養)<br>玉尾 孜, 三浦 彰, 谷口治幸<br>(東大・理) | P c 1 脈動と E L F 波動の相互作用<br>( Plasma Maser Theory ) |
| 70. 藤田 茂(地磁気観測所)                                      | 局在化電磁流体波の電離層入射(2)                                  |
| 71. <u>玉尾 孜</u> , 三浦 彰, 谷口治幸<br>(東大・理)<br>南部充宏(九大・教養) | 地磁気脈動変化に対する斜め沿磁力線電流効果                              |
| 72. 山内正敏(京大・理)                                        | マグネトポーズ電流の Normal 成分と極域<br>Field-aligned Current   |
| 73. <u>櫛田 健</u> , 上山 弘(東北大・理)                         | 降下電子に関する輸送方程式の Discrete<br>Ordnate 解               |

## IX. 電離圏・磁気圏擾乱

(16:00~17:40)

座長 前沢 冽(名大・理)

- |                                                      |                                                                     |
|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| 74. <u>袴田和幸</u> (中部工大)<br>前沢 冽(名大・理)                 | 太陽風速度の空間分布                                                          |
| 75. <u>巻田和男</u> (拓殖大・政経)<br>C. -I. Meng (APL/JHU)    | Enhancement of the Polar Rain and its<br>Relationship to Solar Wind |
| 76. <u>上出洋介</u> (京産大・理)<br>安原文彦(中京大・教養)<br>藤井良一(極地研) | オーロラジェット電流中の電場/電気伝導度の<br>相対的重要度                                     |

- |                                                                            |                                       |
|----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| <p>77. <u>五十嵐喜良</u>, 倉谷康和 (電波研)<br/>小川忠彦 (電波研・平磯)<br/>藤井良一, 平沢威男 (極地研)</p> | <p>VHFドップラーレーダによる極域超高層のダイナミックスの観測</p> |
| <p>78. 樋口喜啓 (山形大・工)</p>                                                    | <p>高緯度P i 2 脈動と沿磁力線電流</p>             |
| <p>79. <u>石田十郎</u>, 林 幹治 (東大・理)</p>                                        | <p>Substorm の効果としてのP c 1 地磁気脈動</p>    |
| <p>80. <u>大瀬正美</u> (極地研)<br/>倉谷康和, 五十嵐喜良 (電波研)<br/>鮎川 勝 (極地研)</p>          | <p>極域におけるRiometer 観測結果の経年変化</p>       |

第7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 集

昭和59年2月27日～2月29日

会 場：国立極地研究所講堂

主 催：国立極地研究所

## オーロラとオーロラ粒子

巻田 和男  
(拓殖大学)

ここ数年間のオーロラ研究の Review やその周辺の問題点について、最近何人かの、人々により報告されておりそれらの一部は、Review of Geophysics and Space Physics (vol. 20, no. 2, 1982, vol. 21, no. 2, 1983) や physics of Auroral Arc Formation (S.-I. Akasofu and J. R. Kan) 等によつて知られていゝ。従つて詳しい、いろいろな問題等についてはそれらを参考にしていただくこととし、ここには主に DMSP auroral image 及び electron precipitation data の解析結果を中心としながら現時点で明らかになつた事柄や今後に残されている問題点について、他の人々の解析結果を参考としながら報告する。

まず極地方で見られるオーロラ現象に関して、その source の違いからよつて分類し、それそれについて問題点を整理してみた。

## (1) タウ、朝方、夜中附近のオバーラ帯にあらぬオーロラ

この領域のオーロラは主に plasma sheet particle の injection によつて考えられており、そのタイプは discrete aurora と diffuse aurora とに分けられると言われてきた。しかしながら最近、diffuse aurora 中にも discrete aurora が見られること指摘され、入射粒子の source に関して以前言われてきたような discrete aurora が Boundary plasma sheet の electron に対応し、diffuse aurora が central plasma sheet の electron に対応しているという考え方を再検討する必要があるように思われる。又明るいオーロラが見られるのは高緯度側領域において低いエネルギー (1 keV 以下) の電子降下を特に静かな時に見られるが、この粒子の source をどう考えていくのかという点に関して今後検討していく必要があろう。

## (2) 昼間側のオーロラ

この領域のオーロラはカスプ領域に降り込む、マグネトシースからの electron と plasma sheet からの electron との 2 つの source の違う electron によつて引き起こされていると、

考えられている。しかしながら今のところ、この 2 つの source をどうオーロラ現象に関して、その特徴的違いなどが良くわかつていない。他方人工衛星の electron data について見ると、マグネトシースから直接流入してきたと思われる入射電子と plasma sheet origin とと思われる入射電子が存在していることが認められるが、これらの入射粒子の領域や地磁近距離や太陽風といかなる関係にあるのか、良くわかつていない。更に興味ある点は、昼間側のカスプ領域に見られる入射電子と同じような降り込みが、時々夕方及び朝方、場合によつては夜中附近まで見られることがある。このことは一般的に考えられている。カスプ構造とはだいぶ異なる場合があり得ることを示唆しているように思える。

## (3) ポーラー・キャップのオーロラ

この領域のオーロラは open field line region における source をどう為すか、太陽風の影響を直接受けやすいかと思われる。ところで、従来 sun-aligned arc がポーラー・キャップ・オーロラであると言われてきたが最近の研究では、それは多くの場合、オーロラ帯のアーチが高緯度側へ広がったものであること指摘され、改めて、ポーラー・キャップ・オーロラとは何かという点をぼりさせる必要が生じてきたと思われる。他方、DE-satellite により示された  $\theta$ -aurora は位置的にはポーラー・キャップ内に存在するものであるが、そのオーロラの入射電子スペクトルを調べると、1 keV 以上の electron が見られる。従つてこのオーロラは磁気圏内の plasma sheet が特殊な形状になつてポーラー・キャップ内における粒子を降り込ませたと考える方がよいのかもしれない。ポーラー・キャップ内のオーロラ現象について現在のところあまりは、きりしていないが、粒子観測データから予想されることは、キャップ全域にぼり光る diffuse aurora が存在していてもよいように思われる。

## Dawn-Dusk Asymmetry of Auroral Oval

金田菜波 (東大理学部地球物理研究施設)

オーロラオーバルの午前-午後側間の非対称性と云っても、出現するオーロラ自体の様相に於けるもので、必ずしもオーバルの形状に於いての非対称性を指すものでない場合には、既に様々な研究がなされて居る。オーバルの形状自体に於ける非対称性に於いても、統計的に、惑星間空間磁場Y成分の極性によってオーバルの形状が午前-午後側間で非対称的に変化する事が知られて居る。この趣は、非対称性は、所謂 By モジュレーションとして統計的に認められる二次的の現象として理解する事で良いのかと、改めて考える必要がある。

KYOAKOによるオーロラの夜間観測に於いては、オーバルの形状自体に於ける午前-午後側間非対称性が顕著となる場合として、これ迄に以下のケースが明らかとなった。

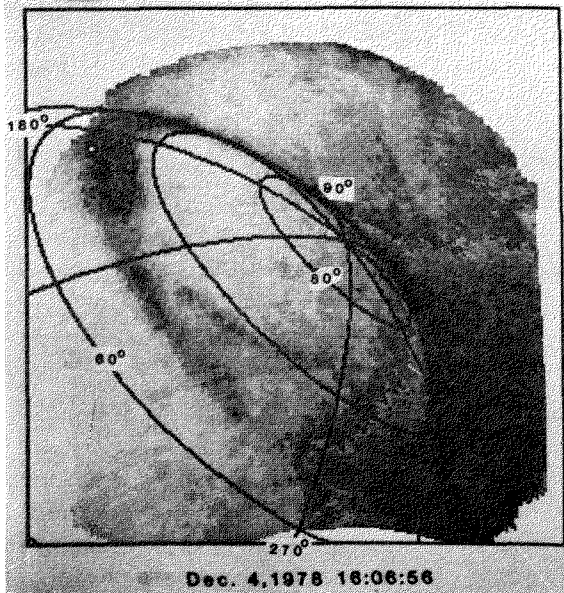
1. オーバルの午前側ブランチの活動度が極めて低く、殆んど、この部分の存在が認められない。この様な配位に於いては、

Transpolar Arc が観測される。従って、通常の  $\theta$  型の配位となるオーロラのパターンが、午前側ブランチの欠落により、"D"型の如き配位となる。

2. 一般にオーロラの活動度が高く、午後側でアークの多重構造が観測されるが、午前側のブランチでは、特にオーロラの多重構造は認められない。

下に、Transpolar Arc が出現した通常の  $\theta$  型配位(左)と、午前側ブランチの欠落した非対称 D 型配位(右)の例を示した。

上記 1. の場合の非対称配位に於いては、オーロラの活動度が比較的 low であり、Transpolar Arc の出現と高い相関を示す点に注目される。今回は、これ等 2 種類の非対称性が観測される場合の条件、関連現象の特性等に於ける解析結果に於いて発表を行う。



通常の  $\theta$  型配位の例。



非対称的 D 型配位の例。  
(Transpolar Arc は noon-midnight meridian に大体平行で、極との角距離は  $\sim 6^\circ$ )



Dayside aurora の breakup

梶川 勝, 巻田和男, 園分 征  
(極地研) (拓殖大) (東大理)

Dayside aurora に関する研究について, E. KANEDA (1971) は, Dayside aurora の低緯度移動開始は, IMF Bz の southward turn 約 25 分後と estimate している。 J. L. HURWITZ and S. I. AKASOFU (1977) は, Dayside auroral oval の Latitudinal shift は IMF Bz の steplike to southward また northward 変化後約 10~15 分後に見られ, その輝度上昇は nightside の substorm onset 直前 (~2 分以内) に眷属制されると報告している。 R. H. EATHAR et al (1977) は, Dayside aurora と substorm activity (AE) 及び IMF direction の関係を検討、

cuspl position は, IMF Bz の southward turnings より, nightside の substorm timing 及び intensity 即ち AE-fluctuation の方がより対応が良いと報告している (図 1)。 梶川他 (1983, 秋学会) は, Dayside aurora の shift 及び輝度上昇について HURWITZ 等の結果と大要においてほぼ同様の解析結果を報告している。 しかしこれらにしても Dayside aurora の shift や activation を control する main effect が IMF の効果に強く依存しているのか, サブストームの影響はどうか未だ良く判っていないのか

図 1. Dayside aurora の equatorward boundary と AE 及び IMF Bz の関係 (after Eathar et al, 1977)

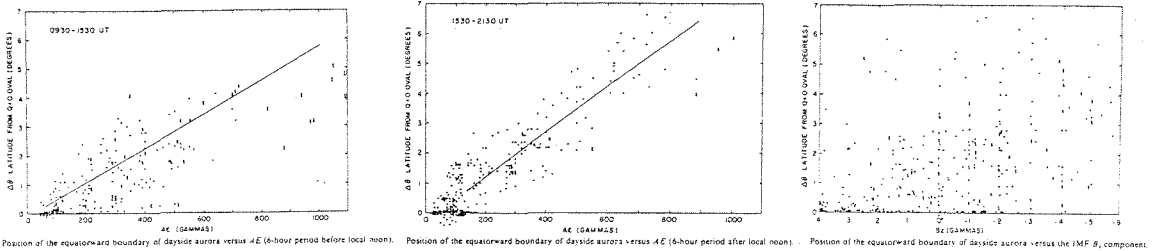


図 2 Dayside aurora の 一般的形式

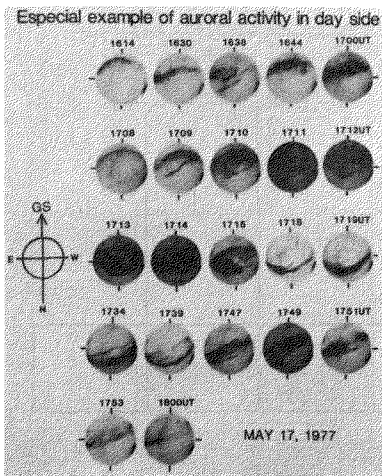


図 3 Dayside aurora の breakup 1614 (1707~1715 UT)

現状である。

とりわけ Dayside aurora の morphological な特徴として 図 2 に示す様に ① Ray structure が顕著な coronal type が卓越する。② 輝度に関しては Nightside に比べて一般的には微弱である。③ 光と磁場の長時間持続する (梶川, 秋学会) などが知られているが、時々図 3 に示す様な Nightside の breakup 及び aurora が見られることがある。この様子を詳しく示すには, cuspl 直前の soft particle precipitation が強い加速を受けたか, plasma sheet の particle on dayside に drift して大かほりがない。

本講義では, Dayside に見られるこの breakup type の本質を明らかにし、 Nightside の activity 及び IMF Bz との関係を検討して報告する。

## オーロラ周辺の電場

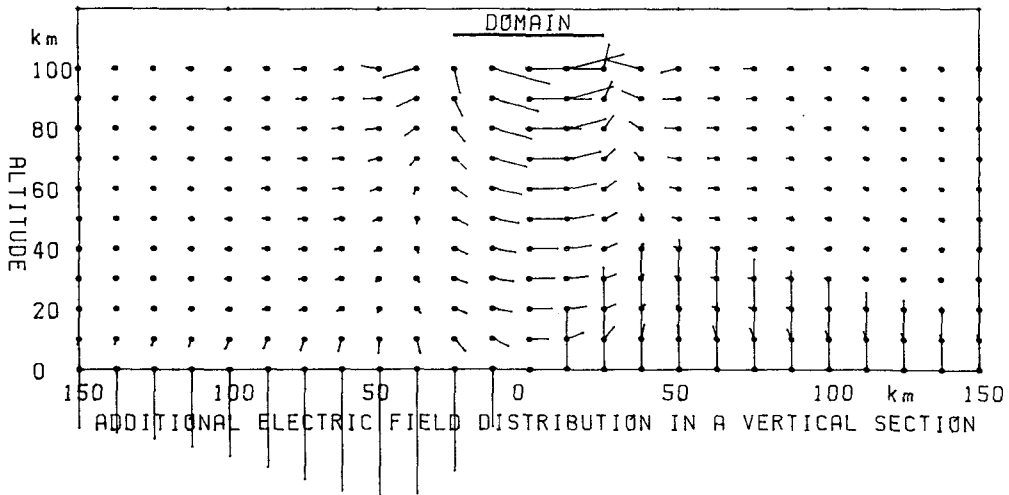
小口 高 AUV グループ (東大理、宇宙研、九大理、UBC)

脈動性オーロラ中には、バッチの電気伝導度の増大に伴って、磁気圏対流電場による電流が流れ、その生成、消滅が、地上における地磁気脈動の主な原因であることが明らかになった。この事実から又、オーロラに伴う電場変動のモードや強度を予測することもできる。図に示す様に、オーロラバッチの電気伝導度の増加が周辺の50%増しの場合、バッチの中に誘起する電場強度は対流電場の約20%であり、電気伝導度が20%増しの場合には約10%にさがる。電離層より下では次第に減衰するが、大気の電気伝導度の減少を考慮すると減少率は真空中にくらべて著しく小さくなって、高さ30kmの気球高度でも、バッチ中の約35%程である事が判る

の効果で、このために地表付近での鉛直電場の強度はバッチ中の値の約2倍に達する。

地表付近での電場強度は、オーロラ、或いは電離層より上での電場の空間的スケールサイズに著しく依存し、従って、活動時のカーテン型オーロラの様には、対流電場そのものに直接関連している場合には地表付近での電場は電離層中の値の10倍にも達する事が判る。即ち、もし50mV/mの対流電場があれば地表付近での鉛直電場は500mV/mに達し、オーロラ変動との同期検波とか広い空間領域でのコヒーレンシーなど、適当な方法で大気電場の影響を除く事が出来るならば、地表での測定の方が気球でよりもむしろ容易ではないかと思われる。

注意すべきは地表におけるチャージアッ



バッチ内の電場の対称軸を含む鉛直面内でのバッチ下の電場分布。地表の鉛直電場がバッチ内の約2倍である事が判る。

## パルセーティングオーロラと沿磁力線電流との関係

藤井 良一(極地研)、竹中 潤(千葉大・理)

パルセーティングオーロラは真夜中から午前側のオーロラ帯及びサブオーロラ帯で、diffusive なオーロラ中に出現する、かなり周期性を伴うオーロラである。現在まで、パルセーティングオーロラの特徴や分布及びそれに伴う地上で観測される地磁気変動との関連について詳しく調べられてきた。

最近 Oguji (1983, 秋季学会) により、パルセーティングオーロラに伴う地上で観測される地磁気変動は、オーロラに伴い発生するオーロラ粒子降下により局所的に増大した電離層電圧伝導度と磁気圏から印加される電場により電離層起源の二次的沿磁力線電流が生じ、その3次元電流系を考慮することにより統一的に説明出来ることが示された。

しかし、予想される沿磁力線電流による人工衛星高度での磁場変動は小さく(〜数 $\mu$ T〜数10 $\mu$ T)、又従来の衛星(例えば TRIAD)は、それだけの分解能を持たない為、上記の研究は困難であった。1979年11月に打ち上げられた MAGSAT 衛星は分解能が従来に比べ飛躍的に良く(絶対精度 $< 6\mu$ T)、パル

セーティングオーロラに伴う沿磁力線電流を検出出来る可能性が出てきた。

本講演では、1980年ノルウェイの Kitdalen (地理座標:  $69.1^{\circ}N, 20.0^{\circ}E$ , 地磁気座標:  $65.6^{\circ}, 105.1^{\circ}E$ , 地方時 = UT + 2:31, L 値 = 5.85) 等に於いて、高感度全天TVカメラで取得された、パルセーティングオーロラと、その時全天TVの範囲内に入ってきた MAGSAT 磁場3成分データとの比較を試みる。図に示した MAGSAT データは1980年2月8日 0440 UT 付近のもので下線部が全天TVでパルセーティングオーロラの観測された領域である。この例から見ると、パルセーティングオーロラは午前側 Region 2 (電離層から流れ出る)領域の低緯度境界付近に存在していることが分る。尚 06 MLT 付近では電離層電場は南北成分が卓越するので、オーロラに伴う3次元電流系も、電離層電流が南北のアライメントを持ち、オーロラの高緯度端を線電流的に出入する沿磁力線電流から構成されることになると思われる。

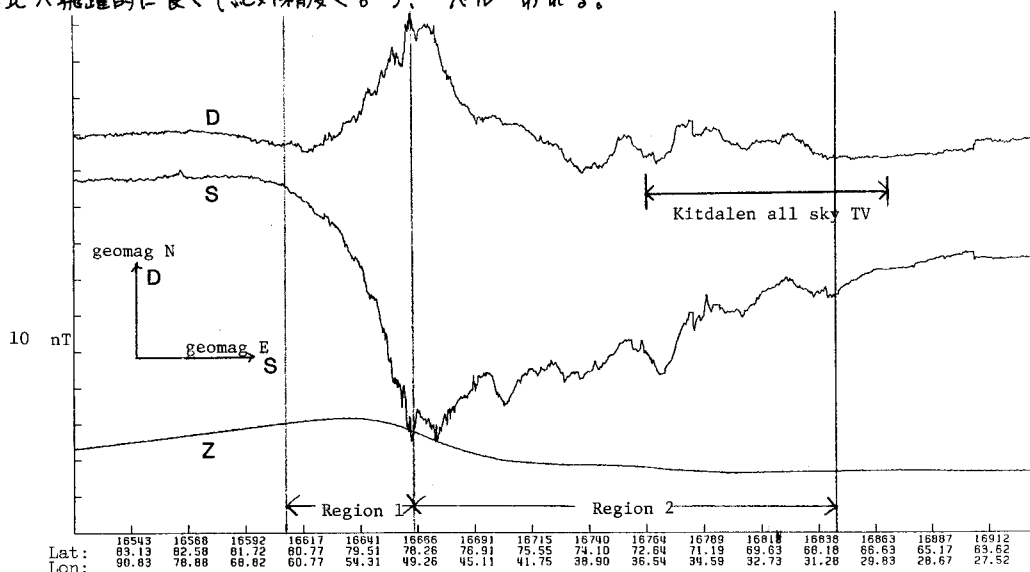


図 (1980年2月8日 0440 UT 付近の MAGSAT データ)  
 表示されている(地理)緯度経度は高度100 km の値。

## 磁気リコネクションによる爆発的エネルギー変換機構とオーロラフレアー

鶴飼 正行 (愛媛大工)

現在, 地球磁気圏物理において最大の関心のひとつは磁気圏サブストームでありそれに関連したオーロラ現象であろう。よく知られているように, 磁気圏 tail に蓄えられた磁場のエネルギーが急激に解放される ( $10^6$  sec の間に  $10^{20} \sim 10^{22}$  erg のエネルギー) 結果として引き起こされるのがサブストームである。サブストームに関連した現象は非常に複雑であり, 今回のシンポジウムでもいくつかの中心テーマとしてとりあげられている。サブストームの問題において最も基本的な点は明らかに tail における爆発的エネルギー変換機構を知る事であろう。

有効な磁場エネルギー変換を与えるものとして磁気リコネクション過程が有力視されている。磁気リコネクション (magnetic reconnection) それ自体は日常的なもの (例えば夏空中の磁場) であるが, 非常に高い電気伝導率をもつ高温プラズマのふるまいに対してきわめて重要な役割りを果たす。リコネクション過程はプラズマの状況に応じてさまざまな形をとるが, エネルギー変換という観点からはいわゆる fast reconnection が重要である<sup>1)</sup>。fast reconnection では大規模な X 型磁場形状が存在し, 定量的な slow shock によって有効なエネルギー変換機構が与えられる<sup>2)</sup>。

筆者は fast reconnection の物理機構を計算機シミュレーションによつて定性的定量的に調べてきた。今回の報告は, 最近の結果をもとに fast reconnection の基本的特性がサブストーム現象にどのように対応できうるかという点を中心に議論したい。特に次の諸点が議論の中心になる。

## I. エネルギー変換シート

フレアー現象の特徴は無衝突プラズマ中で急激な磁気エネルギー解放が生じる事にある。従つて, そのエネルギー変換機構はプラズマの電気抵抗に大きく依存するものであつてはならない。一方, fast reconnection mechanism によるエネルギー変換シートはシミュレーションの結果によると  $(\log_{10} R_m)^{-1}$  に比例するようなものであり, 磁気レイノルド数  $R_m$  に対する依存度は非常に弱い<sup>3)</sup>。実際, 後に述べる異常電気抵抗を考慮するとサブストームを充分説明しうるエネルギー変換シートを与えうる事が示せよう。

II. 異常電気抵抗  
磁気圏プラズマはほとんど無衝突であり, 従つて電流駆動型不安定性によって励起される静電場との実質的衝突が非常に重要となってくる。特に, イオン音波や Buneman 不安定性はきわめて有効な異常抵抗を生じることが知られている<sup>4)</sup>。磁気圏 tail では通常  $T_e > T_i$  なのでイオン音波の励起は期待できないが, いったん磁気リコネクションが進行し始めると X 型磁気中性点近くで相対的イオン-エレクトロンドリフト速度が急激に増大し異常抵抗が生じうる事が最近のシミュレーションによつて示された<sup>3)</sup>。実際, X point 近傍における異常抵抗と磁気リコネクションが互いを増大させる形で fast reconnection の mechanism がセルフコンシステントに発展しうる事が示せる。

## III. 磁気アイランドの形成

磁気圏 tail における reconnection process の観測によると磁気アイランドの形成や磁気中性点の移動が強く示唆されているように思われる。従つて, 磁気アイランドの成長を含むような fast reconnection 過程の発展を理論的に示す事が重要であろう。実際, 異常電気抵抗を考慮するとこのような形の fast reconnection の発展が一般的である事が示せる。

## IV. 参考文献

- 1 M. Usui, *Phys. Fluids*, **25**, 1027 (1982).
- 2 V. M. Vasyliunas, *Rev. Geophys. Space Phys.* **13**, 303 (1975).
- 3 M. Usui, *Phys. Fluids*, **26**, 1569 (1983).
- 4 D. F. Smith and E. R. Priest, *Astrophys. J.* **176**, 487 (1972).

オーロラ世界データセンター(WDC-C2 for Aurora)の現状について

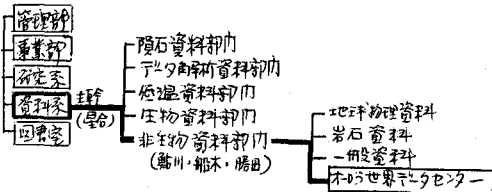
鮎川 勝, 勝田 豊, 平沢 威男, 皇合 寿男 (国立極地研究所)

国際学術連合会議(ICSU: International Council of Scientific Unions)に常設される ICSU Panel on WDCs は、1980年(昭和55年)10月、国立極地研究所に主として南極地域のオーロラに関する世界データセンターを設立することを認可した。

WDCの業務は、関連する観測データの国際的・国内的有効利用を推進するため、資料の収集、交換、研究者へのサービスを長期的に実施することから基本的に重要であると思われる。

ここでは、国立極地研究所に設立された WDC-C2 for Aurora の極地研組織における現状の位置づけ及び資料庫、資料収集状況などの現状紹介を中心に報告する。

1. WDC-C2 for Aurora (NEPR) の組織内における位置づけ (1984年2月現在)



WDC-C2 for Aurora における収集資料の整理、管理及び共同利用への対応は非生物資料部門が担当している。その管理、運営方針の大綱については、オーロラ世界データセンター運営委員会(極地研運営会議申合せ事項)において決定することになっている。

2. WDC-C2 for Aurora (NIPR) の基本的な機能

- (1) 南極域外のオーロラ現象に関する資料を収集・保管し、その使用便宜をはかる。
- (2) 資料の収集・保管状況を適宜に WDC 及び関係研究機関へ通報する。
- (3) 収集した一次資料の基本的な資料に関し、可能な限り利用しやすい形式のデータに変換する。
- (4) 資料目録を逐次整備し、定期的(2~3年毎)に出版・配布する。又有効であり且つ可能な限り基本的な資料について縮刷集物を作成する。
- (5) 資料庫は資料の簡単な閲覧と複写が可能な設備を有する。
- (6) 観測の研究及び着目手法の動向を見通し、収集資料の保管法、及び将来要求されるであろうデータの統計的処理法の調査・開発を行う。

3. 設備の概要

オーロラ世界データセンター資料庫は、管理資料棟5階(床面積約54m<sup>2</sup>)にある。以下に主たる設備、収納能力を示す。

- (1) 計算機用MT移動式保管棚: ~1,800巻
- (2) 35mmフィルム収納箱(100巻): ~28,000巻
- (3) 昭和基地マクネ・全天カマラデータ収録用収納箱: 約26年分
- (4) マクネ・全天カマラデータ収録用収納箱: ~3,000本
- (5) 昭和基地全天カマラデータ収録用収納箱: 約26年分
- (6) 縮刷集用相関記録等閲覧用資料棚
- (7) 型式ラジエーター
- (8) 作業机、冷暖房機及び除湿機
- (9) その他極地研には、オーロラ観測、暗室、各種波動解析装置及び計算機等があり所定の機能をもち、とりこにより使用可能とされている。

4. WDC-C2 for Aurora (NIPR) が収集する資料について

ICSU Panel on WDCs の1977年の「WDC 作業指針」には、WDC for Aurora が収集すべきデータとして以下が示されている。

- (1) All-Sky camera
- (2) Visual Observations
- (3) Other Optical Techniques (e.g. spectra)
- (4) Radio and Radar Observations
- (5) Auroral Imagery by Satellite
- (6) Auroral Precipitating Electrons by Satellite

しかしながら WDC-C2 for Aurora (NIPR) の現状体制では、上記の資料を全て収集・整理することは不可能である。従って具体的なデータ収集は、ある種の選択と年次計画による収集作業が必要と思われる。現状では、当センターの計画案として以下の採択の方針で作業を進めている。

WDC-C2 for Aurora (NIPR) のデータ収集は、IMS 2次後のデータを取揃えていく。収集データの種類は、

- (1) All-sky camera
  - (2) Auroral Imagery by satellite
  - (3) Magnetic variation data
  - (4) Auroral Precipitating Electrons by Satellite
- などを中心とする。

5. データ収集状況の概要

- (1) 昭和基地のマクネ・全天カマラデータ
- (2) 学術会議資料室に保管された、1974年以後のマクネ・全天カマラデータ
- (3) PMSP data
- (4) IMP-J
- (5) NoAA/Tires 観測データ
- (6) 昭和基地相関記録のデータ複製 (1) 南極圏全天カマラ等

北極域におけるオーロラX線観測

平島 洋\*, 村上浩之\*, 奥平清昭\*, 藤井正美\*\*, 西村 純\*\*, 山上隆正\*\*, 小玉正弘+, 江尻全機\*\*, 宮岡 宏\*\*, 小野高幸\*\* (\*立大 \*\*宇宙科学研 +山梨医科大 +国立極地研)

1982年11月, 12月にスウェーデンの ESRANGE においてオーロラX線の観測を行った。観測には2種類の観測器を用いた。

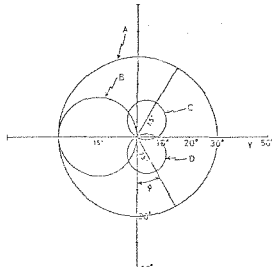


図1

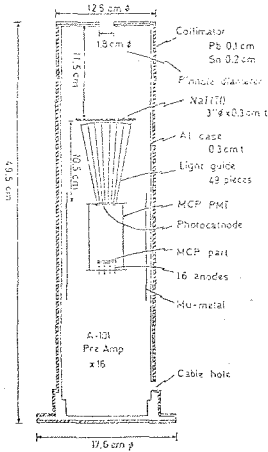


図2

B15-2Nは視野、視線方向の異なる4本のX線カウンター、テレスコップを組合せて1組の装置とした。これらの視野および視線方向を天球に投影し上から見た図を図1に示す。

この装置を3rpmで方位角方向に回転させ掃天観測を行った。B15-4Nは図2に示したようにマイクログリッド・プレート・フォトマルチplier (MCP PMT)を用いたオーロラX線撮像装置を使用した。視野角44.5°, 16画素, 16.7°/画素, 0.245時間分解能である。これと同時に18

keV以上を5チャンネルに分けるエネルギー・カウンターを搭載した。

1982年11月23日~24日、12月15日~24日に北極域観測を行った。23日2256:30~2300:00 UTにオーロラX線の増加が観測された。Aカウンター, Bカウンターの計数率時間変化を図3に示す。Bカウンターについては方向により分けてある。Aカウンターの計数率が増加したとき, BカウンターによりオーロラX線は南西側から到来していることがわかった。

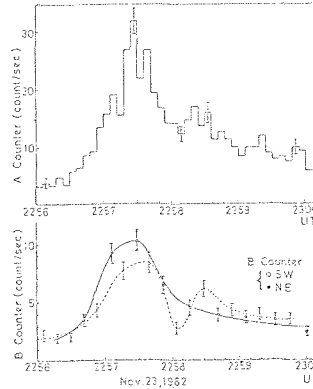


図3

この時の ESRANGE における全天力メラによる身直を4図に示す。可視光オーロラとオーロラX線の相関がよい。1982年12月9日にB15-4Nによる観測を行った。

2048:51~2107:51 UTに低エネルギーX線の小さな増加が観測された(図5)。同時に低周波VLF(0.05~10kHz)の観測が行われてダイナミック・スペクトルを図5に示す。

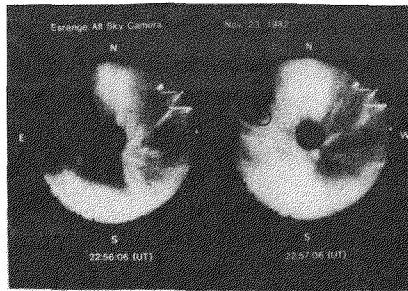


図4

3~4kHzにコーラスが観測されたX線増加時にはそれが電離層で吸収されることを示している。

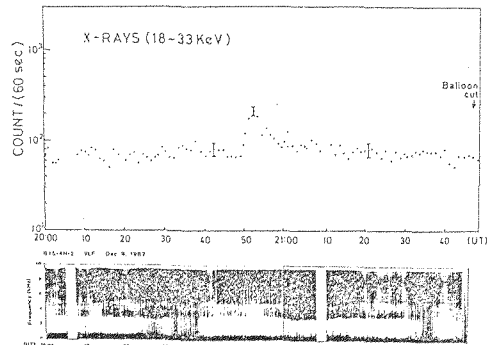


図5

## サブストームに伴うオーロラX線バーストとその関連現象

小玉 正弘(山梨医大), 藤井 良一(極地研), 河野 毅(理研)

1982年12月21日 昭和基地より放球された B5-24 大気球は、レベルフライト中に、 $\Delta H$ が1000 mTを超える顕著なサブストームに数回遭遇した。その間、搭載されたX線測定器は最大フラックスで、 $\sim 400 \times B_G$ に達するオーロラX線バーストを含め、数回のバースト現象を記録した。これらに対応して地磁気成分、ULF波動、CNA等も大きく変動した(図1参照)。

記録された硬X線バーストは25 KeV以上の高エネルギー電子の流入を示すものだが、大きく分けて、その立ち上りに2つのタイプがある。一つは1分以内の急始型で、他は数分以上かかるものである。前者は、9時間のレベルフライト中に6例(図1の矢印)あり、比較的単純化された現象として、捉えることが出来るだろう。つまり、電子

降下の領域がはっきりした front を持って観測点を横切ったのか、あるいは transient なものかのどちらかであると考えられる。そのどちらかに応じて、関連現象の見掛けの変動は異ってくるだろう。この場合、気球のドリフト速度は無視出来るが、その位置は大きく関与する。気球は放球後、基地から西南西の方向は50~100 km/時の速さで流れたので、時間の経過とともにL-値は低い方へずれた。又浮遊高度も時間とともに、次第に降下した。

これらのことを考慮して、本講演では10秒程度の時間分解能で、関連現象と高速電子降下との結びつきを、統一的に解釈することを試みる。

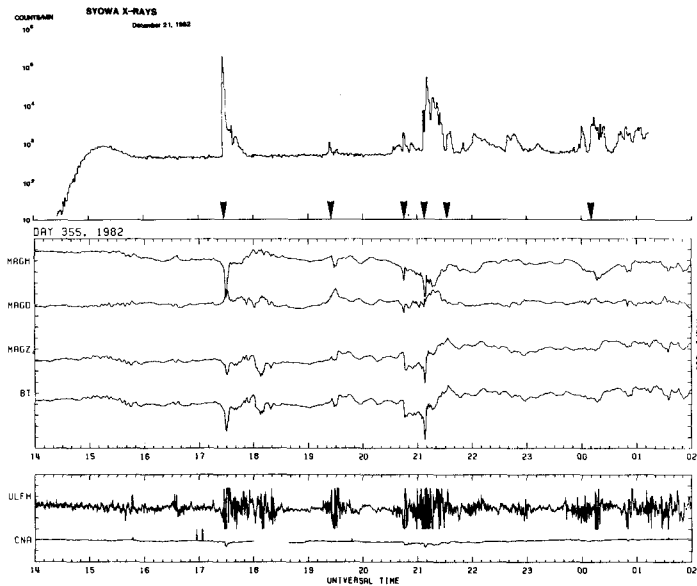


図1

## EXOS-Cによる極域電離層電子密度の観測

高橋忠利<sup>1)</sup> 渡部重十<sup>1)</sup> 渡辺勇三<sup>2)</sup> 大家 寛<sup>1)</sup>

1) 東北大学・理学部、 2) 宇宙科学研究所  
 よってなされるが、このことによって軌道と  
 で2分8秒単位でのきめのこまかい観測計画  
 が可能になっている。電子密度の観測のため  
 には以下の様ないくつかの基本的観測モード  
 を考えることが出来る。

### はじめに

EXOS-C衛星は1984年2月14日、軌道  
 傾斜角75°の準極軌道に投入される。我々は  
 この衛星にインピーダンス・プローブ(NEI)  
 を搭載しており、高度300kmから1000kmの  
 電子密度計測を行う。EXOS-CではKSCで  
 の受信の他、昭和基地、ESRANGEでの受信  
 も行うので、極域電離層の長期にわたる系統  
 的観測が行えるものと期待される。ここでは  
 EXOS-C搭載の電子密度計測システムの概略  
 とその観測のねらい、結果の速報等を行う。

(イ) グローバルモード：L-bit rateにより8  
 秒の分解能で、極域を含む全地球的な電子  
 密度の分布を計測する。

(ロ) 詳細モード：H-bit rateでの掃引計測に  
 より、極域電離層等の特に興味ある領域を  
 高い分解能で観測する。

(ハ) 密度ゆらぎ計測モード：システムは固定  
 周波数による計測が可能で、128Hzまでの  
 密度変動成分の検出が可能である。

### 電子密度観測装置(NEI)の概要

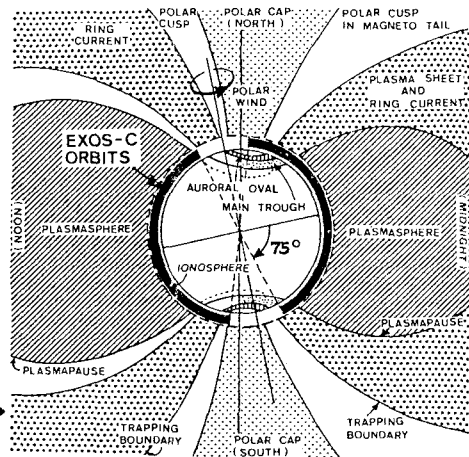
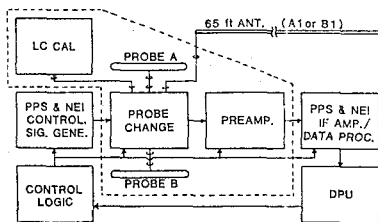
EXOS-C搭載のNEIは100kHz~16MHz  
 の掃引信号を20mmφ×470mmLの円柱状アロ  
 ープに印加して、その周波数特性より電子密  
 度を決定する。NEIのシステムは第1図に  
 アロック図を示したが、信号供給部、アロ  
 ープ用アンプ切替部、アリアンプ部及びIF  
 段を含むデータ処理部からなる。このうち掃  
 引信号発生部は同時に搭載される惑星アラス  
 マカウンタ(PPS)と共有の周波数シンセサイ  
 ザーからの出力を用いており、またIF増  
 幅A/D変換、デジタルデータ処理等を含  
 むデータ処理部もPPSシステムとの共用にな  
 っている。

### 極域電離層観測

第2図に示したEXOS-Cの軌道はDayside  
 のCusp領域を含む極域の電離層を広くカバー  
 している。極域電離層の観測にあたっては、  
 前述3ヶ所の受信点でのデータ取得をベース  
 に他の相乗り機体の運用も考慮しつつ長期、  
 短期のきめ細かいOG運用計画を立ててゆく  
 必要がある。EXOS-Cの運用期間にはMAP  
 の観測として25次、26次の南極ロケット観  
 測も実行され、これらの結果とも相俟って、  
 極域電離層の新たな観測成果を期待している。

### NEIによる観測とその運用

EXOS-C衛星による観測の大きな特徴は  
 その目的に応じて、衛星の観測モードを軌道  
 上に計画的に設定出来ることである。この運  
 用は衛星のオーカナイズドコマンド(OG)に





## E×B型イオン質量エネルギー分析器の開発

金川俊英<sup>1</sup>, 賀谷信幸<sup>1</sup>, 向井利典<sup>2</sup>, 佐川永一<sup>3</sup>, 松本治弥<sup>1</sup>  
 (1:神戸大工, 2:宇宙研, 3:電波研)

静電型エネルギー分析器とE×B型質量分析器を組み合わせたFIMS (Fast Ion Mass Spectrometer)は、欧米の衛星に搭載された実績も有り、二重収束型質量分析器として有力である。しかし従来の同種の分析器ではエネルギーと質量を個別に掃引するため、1つの粒子スペクトルを得るのに時間がかかり、またピッチ角の測定もロケットのスピンの依らざるをえない状態であった。

特に南極ロケットにおいては各高度における粒子組成と、そのエネルギーを知る必要がある。時間分解能を向上させることが最低必要条件とされている。

ここでは、検出器にMCP (Microchannel Plate)を用いて粒子像を二次元的に把握することで時間分解能を向上させるという考えに基づいた、新しいE×B型質量分析器の概要と、その試作器の基本的特性について述べる。

今回の質量分析器は、図-1に示すように40 mmの間隔で中心磁界が2 kGの平行磁場と、粒子軌道中心半径70 mmの円筒型静電場が垂直に重畳したものである。磁場の間隔は固定であるが、円筒型静電場の間隔は電極を交換することで自由に選べるようになり、今回は20 mmで実験を行なった。

分析器の開き角は32°で従来のものより小型化されており、また100 eVから20 keVの広い測定エネルギー範囲を持っている。

入射粒子はE×Bの重畳場の力を受けて、その質量とエネルギーに応じてR方向の位置が、入射ピッチ角に応じてz方向の位置がそれぞれ決定されるが、検出器にResistive-anode typeのMCPを用いることで質量とピッチ角のイメージを一度に検出し、時間分解能を向上させている。

本質量分析器の第1回基礎実験は、昨年12月に宇宙科学研究所の粒子計測器校正装置を使用して行われた。その結果、 $N_2^+$ ,  $He^+$ の両粒子は9 keVまでの任意のエネルギーにおいて十分に分離され、これは、このE×B場をモデル化して計算した結果と検出器の中心において一致した。分析器の中心を通らない粒子の軌道については、その電場・磁場の分布が複雑に乱れていると考えられるので、今後はそれらも考慮した計算を進めてゆき、実験と併せてこのE×B型質量分析器の可能性を探ってゆく予定である。

最後に、本実験に不可欠なMCPとその周辺装置をお貸し頂いた国立極地研究所と、有益な助言を頂いた宇宙研の伊藤富造教授、平尾邦雄教授に謝意を表します。

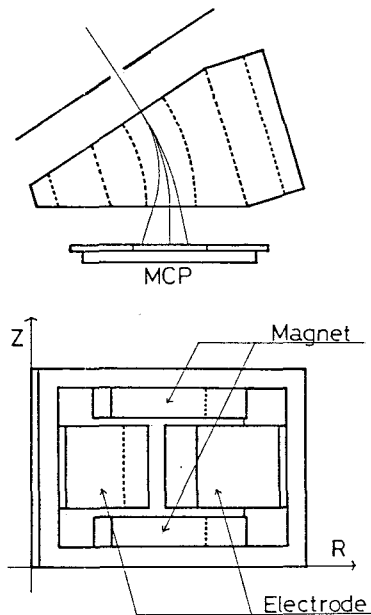


図-1 E×B型分析器の構造

インピーダンスプローブなどの計測結果を用いた「オーロラ粒子流入に伴う極域電離層電子密度の変化」(平沢・極地研)の研究報告によるとオーロラ降下粒子に伴って、つまり、オーロラ輝度に応じて電離層電子密度の高度分布が変化することが確かめられているが、この時にロケット及びプローブ系のポテンシャルも関連性のある変化をしていることが判ってきた。

インピーダンスプローブのセンサーはプリアンプの中の容量ブリッジの一端に接続されておりDC的にブローティングになっているので電離層プラズマ中に浸されるといわゆるスペースポテンシャル(プラズマポテンシャル)と呼ばれる電位に沈んで定常状態となる。この場合にプローブ周辺に形成されるイオンシースの厚さは通常領域のデバイ長に比例することがシース理論や実験的検証によって明らかとなっている。インピーダンスプローブで測定するプラズマ中のプローブの等価容量値の低周波数領域での測定値は上述のシースの等価容量値となるのでプローブの形状寸法を考慮に入れて等価的なシース厚を求めることができる。このシース厚は中低緯度でアクティブ実験のない時にはほとんど同じ理論曲線上に乗るような電子密度依存性を持つのでこの特性を利用して逆にシース容量値から電子密度の値を出すことも試みられている。ところがプローブは空間に孤立して浮かんでいるのではなくてロケットの壁面から展張しているので実はロケットの周辺のシースにその一部分つまり根元のところを浸さざるを得ないような状況になっている。プローブ自身及びロケットの電位が変化してロケットシース厚が増減すればインピーダンスプローブで測定しているシース容量値にもその効果が反映されることになる。

今までの南極観測ロケットのうちS-310JA-3号機、5号機、及び、6号機(三機とも東北大学・大家研担当)のシース特性の解析によると時間的・空間的にかなり克明にオーロラ降下電子による帯電効果が現われている。三機のシース特性と $K_p$ などが正しい対応をする事、それぞれの時間的な微細変化が降下電子フラックスと良い関連性を示す事、また、衝突のために降下電子が少なくなるE層高度では三機とも中低緯度とよく似たシース特性(バイアス特性)となることがわかった。引き続いて行なわれる第25次~26次の南極ロケットに搭載されるインピーダンスプローブも全く同一の方式、特性のものであるので同様の解析を試みることによってより詳細なロケット-プローブ系の帯電現象が調べられる。また同じ時期にフライトが予定されている準極軌道衛星EXOS-Cにも同一方式のインピーダンスプローブが搭載されているので極域で時間的・空間的に激しく変動する帯電現象が観測される。実験時間が同じ頃のデータを見るのが出来れば両者の解析から立体的な議論の展開が期待される。さらにKSCにおけるロケット実験によって中低緯度での同時期のシース特性がやはりEXOS-Cと協同して測定されることになればより詳細な知見を得ることができる。

今後はどのようなエネルギー帯の降下電子と最も相関が深いのか、又、時間的なレスポンス特性はどのようなものであるかなどの細目に渡って調べていくことになるが、上述のようにインピーダンス法を用いることによって極域擾乱現象を最も単純明解な原理で時々刻々克明に調べられることを続けて更に進んだ研究段階に到れば、種々の地球規模の擾乱現象との関係などを捉える手掛かりが得られると思われる。

## 極域電離層中の熱的イオンの速度分布の測定

佐川 永一 (電波研)

巖本 巖 森 弘 隆 (電表研)

小川 忠彦 (電波研平敏)

我々はオズ6次隊の南極ロケットで熱的イオンの速度分布の測定を行うことを提案している。この測定器はロケットの系(周囲のプラズマに対し相対的に運動している)から見た熱的イオンの三次元的な速度分布関数を静電型エネルギー分析器によつて測定する。

極域では電離層中の対流電場が強く、プラスマのE×Bドリフト速度は熱速度(イオンの)と同程度に達するので、イオンの速度分布からドリフト速度を推定することが可能である。又、分布関数からイオン温度が求められるが、三次元的な観測によつて温度異方性についても検出できる可能性がある。このような観測データは同時に搭載を提案しているフラテナーカップによる密度ゆらぎの測定結果の解析に有用な情報となる。即ち従来被覆動の存在と電場の強さの関連やその時の温度異方性の存在などは興味のある点である。

この報告では測定方法の原理を中心に述べる。

総観によるプラスマドリフトの直接観測の例はそれほど多くはない。その方法の一つとしてAE衛星に搭載されたイオンドリフトメータの様には物体がプラスマ中を運動する場合に出来るウェイクを利用する方法がある。この方法は人工衛星を使う場合には運動がイオンの熱速度に比べて充分早いので有効であるが、ロケットの場合にはこの条件が成立せずウェイクの形がボケてしまう。一方我々が採用する方法はロケット系でのイオンの速度分布関数を三次元で求めるもので上段述べたような制約は原理的に存在しない。図は測定の方法を示している。プラスマ中のイオンはロケット表面のシースを抜けて静電エネルギー分析器に入射する。分析器の測定エネルギー中に入るエネルギーを持つ粒子は分析器を通過してCEMで検出される。分析器のエネルギー掃引時間をスピン周期に比べて小さくすれば、分析器の視野方向でのイオン速度分布関数が得られる。又、ス

ピンを利用して二次元の分布関数が、さらに分析器をもう一台置けば三次元の分布が得られる。我々の提案では分析器として1/4半球型の分析器とスピン角のCEMによつて二次元の観測を予定している。

次に測定上の問題点について述べる。

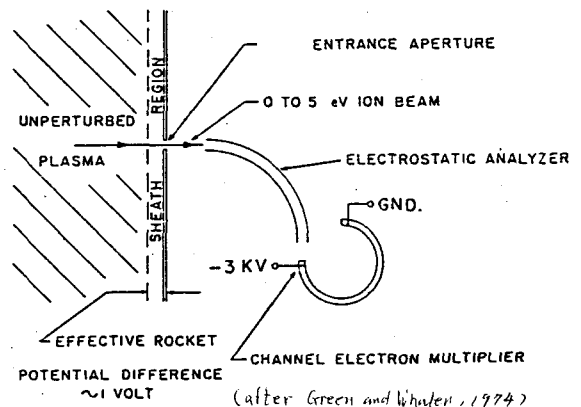
### (1). シースの影響

プラスマ中でロケットは通常-1V程度帯電しており、ロケットで測定されるイオンのエネルギーは $E$ の値 $E$ にシフトする。しかし $E$ の値は観測値から推定できる。一方、シース斜めに入射した粒子はその軌道が曲るので、分析器の視野角はエネルギー依存性を持つ。この点はデータ解析の時に考慮しておく必要がある。

### (2). ウェイクの影響

ロケットのウェイク内のプラスマは周囲のプラスマと性質が異なっているため、 $E$ の測定は自然ではない。従つてウェイクの影響の出る半スピン分の測定は別に評価する必要があるのである。

この測定方法による観測例は数例が報告されているのみであるが、ドリフト速度の他にイオン温度やロケット電位などの値、又速度分布関数自体が求められる等興味のある方法である。



SJ10JA-7号機で観測された低周波電子密度ゆらぎとAC電場との相互比較解析結果について

森弘隆, 佐川永一, 小川忠彦(電波研), 小川俊雄(京大), 山岸久雄(極地研)

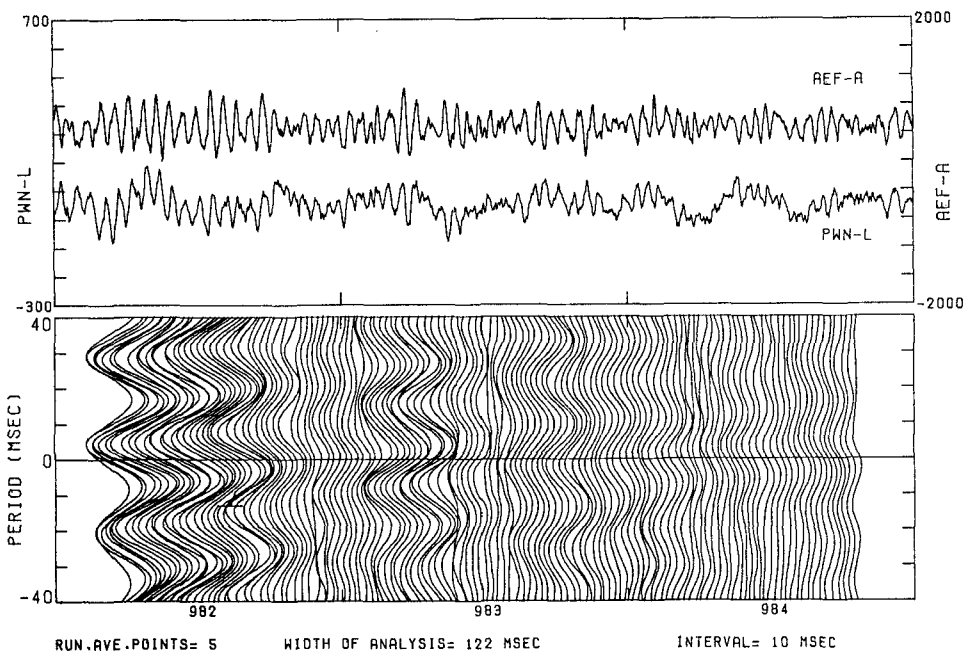
オーロラ電離層中には強い電場や降下粒子流が存在し, 種々の静電波動が励起され易い状態にあるが, これらの波動が不安定成長すると, 波動-粒子相互作用によって異常抵抗の発生や加熱などが生じ, その領域のダイナミクスに何らかの影響を及ぼすことが考えられる。

E層の波動現象に関しては, これまでロケットやオーロラレーダ等による詳しい観測が行われ, その発生機構に関する研究も進んでいるが, 更に上層に関する観測例は少ない。SJ10JA型ロケットは高度200km以上に達するので, これらによる観測データは大変興味深い。我々はSJ10JA-7号機によって観測された数10Hzの波動に関する新しい解析結果について報告したい。

JA-7号機は強いサブストーム期間中に発射されたが, 搭載されたプラズマ測定用ファラデーカップと電場測定用ダブルプローブによって, 高度200km付近を中心に周波

数40Hz付近の強い正弦波状の波動が観測された。観測データからは波動の伝搬方向が明確に決定できないため波動の真の周波数を求めることは困難である。だが, 波動は密度ゆらぎを伴い, その周波数スペクトルは単色性で, しかもその領域のイオンサイクロトロン周波数帯にあることから, 静電イオンサイクロトロン波と推定されている。我々はこの波動の性質を更に詳しく調べるために, 今日, 最大エントロピー法による波動の周波数特性の解析, 及び密度ゆらぎとAC電場との相互相関解析を行った。

下図は, 相互相関解析結果の一例である。図の上部はロケット下降時の高度約210km付近で観測された1.5秒間の密度ゆらぎ(PWNL)とAC電場(AEF-A)の波形を示し, 下部はこれらの相互相関計算の結果を時間の順に並べたものである。これより, 両波形の周波数の間にロケットのスピニング周波数に相当する見かけ上の差が与えられている。



地球内部の大規模変動と地球磁場の関係  
 — MAGSATによる地球磁場変化の検出 —

竹中 潤 木下 肇 藤井 良一  
 (千葉大・理) (千葉大・理) (極地研)

現在のところ、地球磁場の成因として最も有力視されているのが地球流体核内の運動により生じるダイナモ作用であるが、一方、この流体核の運動は章動・極運動・自転速度変化といった地球回転の変動にも影響を及ぼすと考えられている。実際、地磁気の変化と地球自転速度の変化の間には、かなり良い相関があることも知られている。

ところで、マグニチュード8 ( $6.3 \times 10^{23}$  erg) クラスの巨大地震 (great earthquake) は極運動や流体核の運動を励起する可能性があり、その場合、巨大地震の前後で地球磁場の分布や強さに変化が生じること考えられる(図.1)。そこで地球磁場探査衛星MAGSATのデータから球関数解析を行い、巨大地震(今回の場合M≧7.0)の前後についてこれを対比することを試みた。

例えば、1980年2月23日の地震(北海道東方沖M=7.2)の前後で外部磁場擾乱の小さい日について Gauss 係数を求めたところ 図.2-a, b のようになった。両日で磁場擾乱は同程度と思われるが、bの方が変化率が大きいようである。

しかし、この結果だけからでは a から b の変化が何によって起ったのかを結論づけることはできない。更に多くのデータについて検討を行い、結果を発表する。

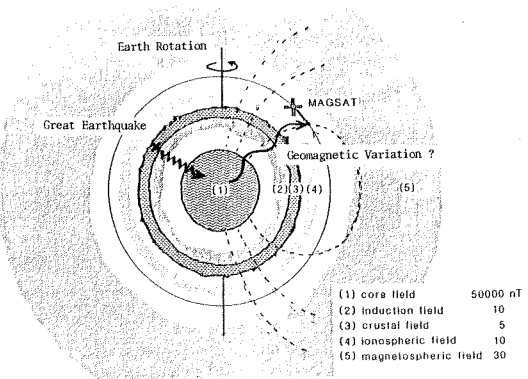
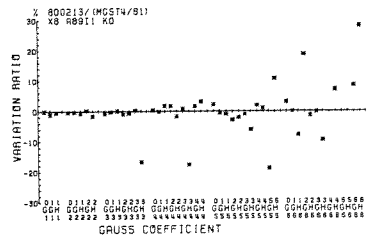


図.1 巨大地震は地磁気に変化を及ぼすか?  
 [Yanagisawa(1983)より一部改訂]

a.



b.

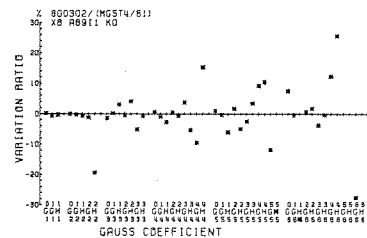
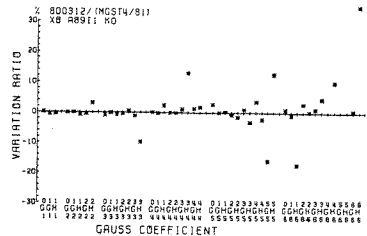


図.2 フィールドモデル(MGST4/81)に対する、Gauss係数の変化率。

c.

磁場ベクトル北向き成分を  $n=8$  までの球関数展開した ( $n=6$  ままで表示)。

- a; '80年2月13日,  $\sum K_p = 4+$
  - b; " 3月2日,  $\sum K_p = 4+$
  - c; " 3月12日,  $\sum K_p = 2+$  (最も静穏な日)
- $\sum K_p \dots K_p$  指数の1日の和



# アンドヤー昭和 同時観測による昼間側VLF放射の共役性について

松戸 孝<sup>(1)</sup>, 山岸 久雄<sup>(2)</sup>, 福西 浩<sup>(2)</sup>, 芳野 勉夫<sup>(1)</sup>

(1) 電気通信大学, (2) 国立極地研究所

## 1. はじめに

1982年3月1日から3月26日まで、ノルウェーのアンドヤと昭和基地においてVLF自然電波等の同時観測が行われた。今回は、この期間中、両半球で同時にELFヒスやコーラス、QPなどの現象がでている時間を選び、パワースペクトルの比較を行った。

## 2. 解析方法

エミッションの絶対強度は、モニターチャート紙上の各バンド強度に対するキャリブレーションを用いて決定し、磁気テープワイドバンド記録から作成したパワースペクトルを補正し比較した。

## 3. 解析結果

1) 南半球(昭和基地)側のエミッションは約1kHz以下で受信されることが多いが、北半球(アンドヤ)側では2kHz前後まで受信されることが多い。図1(a)はこうした例でのフェースペクトラムを示す。また図1(b)は10分間平均のパワースペクトルを示す。

2) 上記と関連して1kHz以上の北半球側の受信強度は南半球側の約10倍である。1kHz以下においては、南半球側が強いが、北半球側が強くなることもある。

3) 3月18日の9時から10時UTにおいては、両半球ともに最大強度周波数が、約2.2kHzであった。昭和基地で、長時間にわたり2kHz付近まで受信できた例はめずらしく、約1か月の観測期間に2例観測されただけである。

## 4. まとめ

1977年7月29日から9月18日までのアイスランドのフサヘルと昭和基地の同時観測の結果と類似点が多いので、磁力線の形の違い等の季節変化以外の原因が、パワースペクトルの非対称性に重要と思われる。

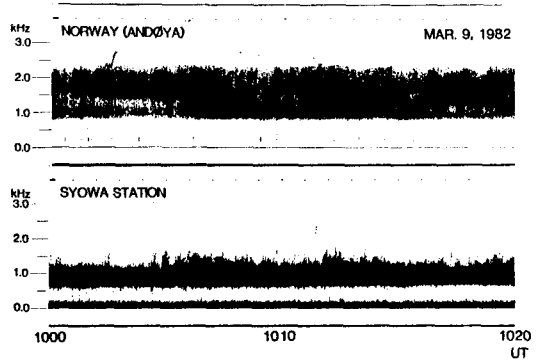


図1(a) アンドヤー昭和で同時に観測されたVLFエミッションのフェースペクトラムの一例(1982年3月9日、1000-1020 UT)

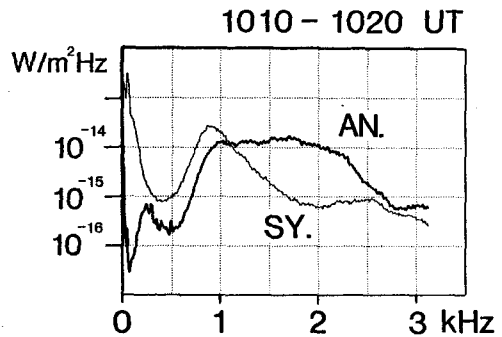
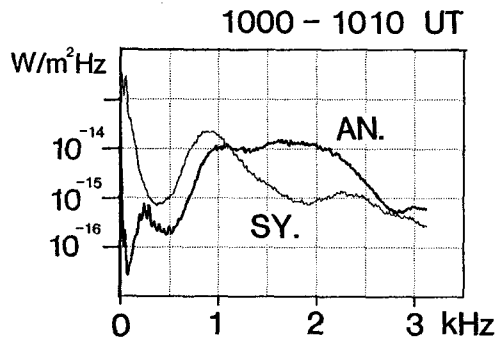


図1(b) 図1(a)と同じ日の10分間平均のパワースペクトラムの比較

## Periodic VLF emission の共役性について

小島年春\*, 山岸久雄†, 福西浩†, 芳野超夫\*  
 \* : 電気通信大学 \* : 国立極地研究所

極域では様々のVLF波動現象が観測されるが、中でもPeriodic emissionとは、数秒周期で放射が規則正しく繰り返される現象のことを指す。これはホイッスラーモード波が磁気圏内を往復伝播する為に発生する現象と解釈されている。従って、Periodic emissionの繰り返し周期は、ホイッスラーモード波が磁気圏内を往復するのに要する時間であると原則的には考えられる。

極地研究所が1982年3月に行った南極昭和基地とノルウェー国アンドヤでの南北同時観測時に観測されたPeriodic emissionに関しては、前回(1983年10月)の学会で、地方時が朝から昼に移行するにつれ、その繰り返し周期が長くなる傾向が見られること等を報告した。

今回は更に、明確な周期性が見られない、一般的なVLF放射に関し、両半球間での観測結果の比較を行ったところ、図1に見られる様にVLF放射が両半球間で交互に出現し、波の往復運動が示唆される例が多く見つかった。

図2は、この様に周期性が明確でないVLF放射に対し、両半球間における放射検波強度の周期分析を行った例である。上段はノルウェー国アンドヤ、中段は南極昭和基地についての結果である。下段は両半球間での放射出現の位相関係であり、逆相となっていることが判る。

この様に、VLF放射の周期性が明確でない場合でも、放射が両半球間で交互に出現するという一般的傾向があることが確認された。

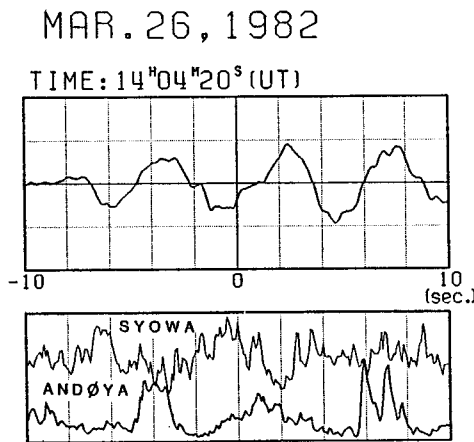


図1 一般的VLF放射の検波強度の時系列データの例(下)及びその相互相関係数(上)

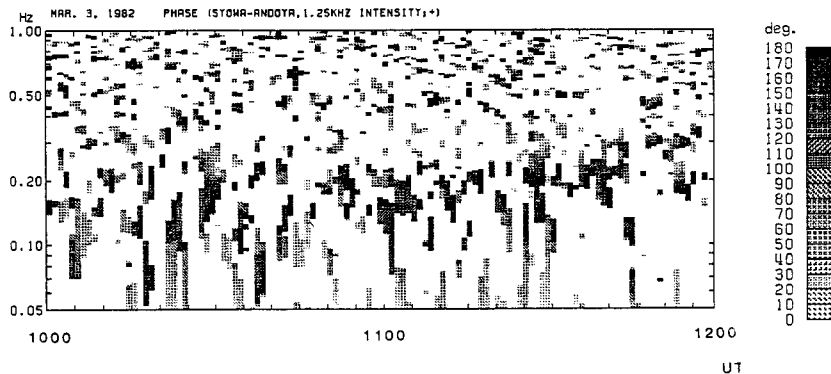
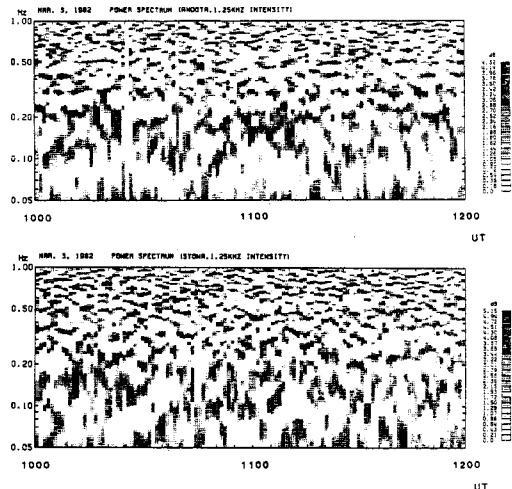


図2 一般的VLF放射の周期分析例  
 (上) 放射検波強度のパワースペクトル(アンドヤ)  
 (中) 放射検波強度のパワースペクトル(昭和基地)  
 (下) 両半球間での位相差

## Ray tracing による磁気圏内 E L F ヒスの伝播特性 と ISIS 人工衛星観測

山岸 久雄、 福西 浩 (国立極地研究所)

鈴木 光義、 小島 年春、 芳野 勉夫 (電気通信大学)

磁気圏赤道面付近で発生し、極域上空へ伝播する E L F 帯電磁放射 (E L F ヒス) の伝播特性を調べるため、Raytrace を系統的に行った。計算に用いたプログラムは二次元 Raytrace プログラム (京都大学、木村・橋本) を基本とする。特に初期条件 (出発点位置、出発点での波面方向角) を細かく変化させ、多量の Raytrace を行うことにより、磁気圏内での E L F ヒスの空間分布、波面方向分布を求めることを目標とした。その結果下記の点が明らかとなった。

(1) Ray が地球に向かうにつれ、波面方向は地球から遠去かうようとする一般的傾向があり、その結果、大部分の Ray の波面は地球から遠去かす側の共鳴角に吸い寄せられる (図 1、領域 I)。初期波面方向が大きく地球方向へ向いている Ray については、地球に近い側の共鳴角へ吸い寄せられる (図 1、領域 II)。両者とも共鳴角が地球磁場と直角に存する高度で L H R 反射される。

(2) 領域 I, II の境界にあたる狭い波面方向範囲の波は電離層高度まで到達できる。

(3) (2) の領域の Ray に関して、地球から遠去かす方向へ向けられた大部分の波面は、高度 3000 km 以下の急勾電子密度勾配により、鉛直方向に引戻され、その結果、波面方向が収束される効果が現れる (図 1 左下)。

(4) 高度 10000 km 以下では波面方向が屈曲角を越す Ray が多くなる。これらの Ray については、波面方向角が増大すると、エネルギー伝播方向角は減少する傾向があり (図 2、右下)、その結果 Ray path が重なり合い波のエネルギーの収束が起る (図 3、右下)。

(5) 上記の、高度 10000 km 以下の領域で収束された波は、磁場と約 20° の角度をもって高緯度側へ伝播する。従って電離層で観測される波の、赤道面上の波源位置は、主としてより内側の L shell となる。

これら数値計算結果に対応する現象が ISIS 人工衛星 V L F 観測結果に見出されている。

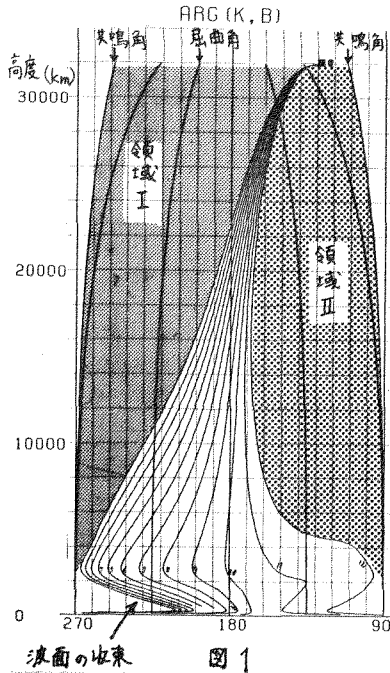


図 1

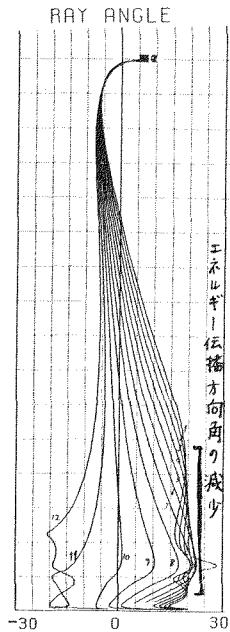


図 2

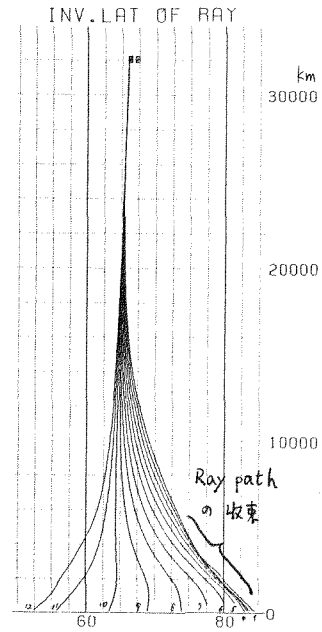


図 3



ISIS 衛星及び、地上(キッターレン, 昭和基地)同時観測による  
VLF放射の南北共役性

今江 知彦<sup>(1)</sup>, 山岸 久雄<sup>(2)</sup>, 福西 浩<sup>(2)</sup>, 芳野 起夫<sup>(1)</sup>  
(1)……電気通信大学, (2)……国立極地研究所

1. はじめに

従来のVLF放射共役観測(昭和↔アイスランド, 1977; 昭和↔キッターレン(ノルウェー), 1980; 昭和↔アムンズ(ノルウェー), 1982)によれば季節によらずFig. 1のように北半球側では2 kHz 付近までの放射がみられるのに対し、南半球側では1 kHz 以下の放射がみられる場合が多く、両観測点は磁気緯度ではほぼ同一であるが、VLF放射の観測点からは必ずしも共役点ではないように考えられる。そこで、昭和基地付近でのISIS 衛星のVLF観測を用い、北半球で観測されるVLF放射と最も近い放射が観測される位置を調べた。

2. 解析

1980年2~3月の昭和基地, キッターレン, 地上VLF観測及び、昭和基地で受信されたISIS 衛星のVLF観測データのスペクトルを計算機で処理を行い比較を行った。

3. 結果

1980年2月26日のISIS-1の軌道はFig 2に示すとうり、軌道上の各点A, B, Cに対応するスペクトルがFig 3である。この軌道において衛星位置が低緯度側(A)のときは衛星のスペクトルはノルウェーのスペクトルと同様に1.3 kHz 付近が強く観測され、その後衛星が高緯度側へ移動する(B, C)につれて1 kHz 以上の周波数では弱くなり、昭和基地に近いスペクトルになる例がみられた。

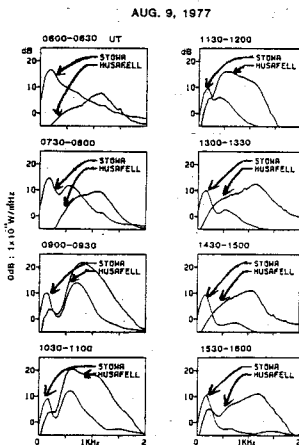


Fig 1  
南北半球のVLF  
放射スペクトル

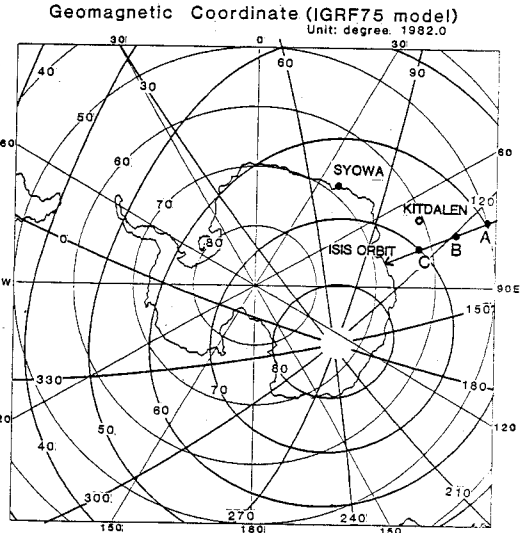


Fig 2 1980年2月26日 ReV.No. 45377の軌道

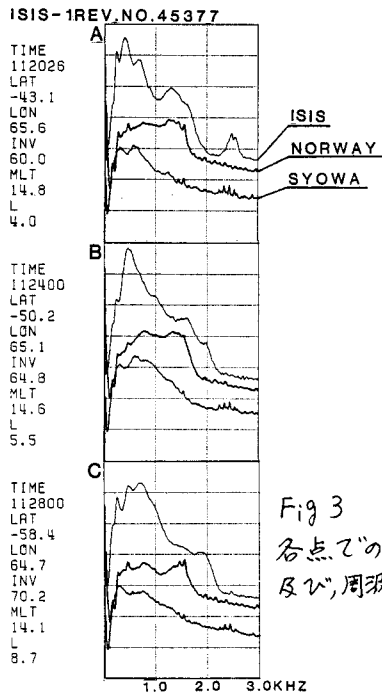


Fig 3  
各点での衛星の位置  
及び、周波数スペクトル

ISIS衛星のスピンを利用したVLF放射到来方向の決定

鈴木 光義<sup>(1)</sup>, 山岸 久雄<sup>(2)</sup>, 福西 浩<sup>(2)</sup>, 芳野 越夫<sup>(1)</sup>

(1) 電気通信大学, (2) 国立極地研究所

南極昭和基地上空で受信されるISIS衛星のVLF放射観測データには、しばしば衛星の1/2スピン周期の放射強度変化が見られる。これは図1に示されるように、磁場に対し有限な角θをもって入射するホイスラー波の楕円電界偏波面を、8の字特性の指向性をもつVLF受信ダイポールアンテナが横切、て回転することに起因する。

そこで、図2に示すように衛星の磁場に対するスピン位相とダイポールアンテナのnull方向の位相関係、及び、nullの深さを解析することにより衛星位置でのVLF放射の偏波状態を知ることができ、また、媒質の屈折率を仮定することによりVLF放射の長ベクトルを推定することができる。

これを1976年10月から1979年12月までにISIS-2(高度1400km)で受信された41軌道分の極域ELFヒス放射に適用した。現象が長時間続くものに関しては2分毎に長ベクトルの方向を求め、その入射角の分布を図3、磁場に垂直な面での方位角の分布を図4に示した。方位角にはちょうど180°のあいまいさがあり、絶対方向はわからない。これを見ると入射角は30°~80°に分布し、60°付近にピークをもっている。また、方位角は磁気的な子午面に沿う方向に多く分布している。

適当なパラメータを与え、 $L \approx 6$ の磁気赤道で発生した1.5kHzの波で、磁気子午面内の二次元レイトレースを行なった結果、同じ高度でこのような入射角分布が得られている。

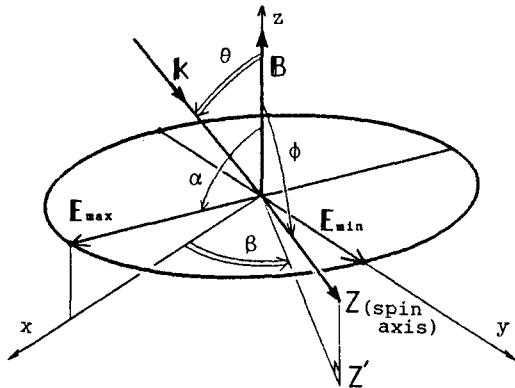


図1. 楕円偏波面とスピン軸の関係 (VLFアンテナはスピン軸に垂直)

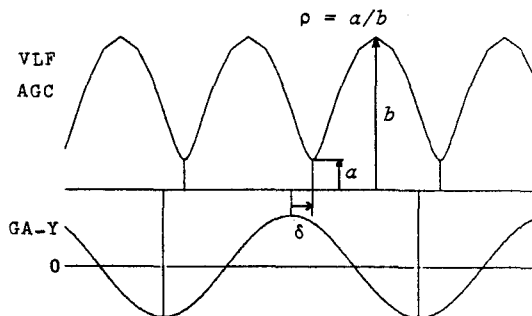


図2. 放射電界の受信強度変化(上)と、磁場のVLFアンテナ方向成分の変化(下)の関係

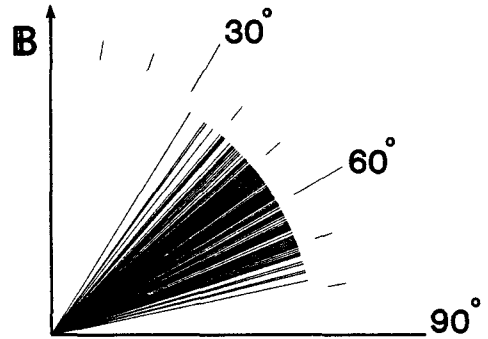


図3. ELFヒスの長ベクトル入射角分布

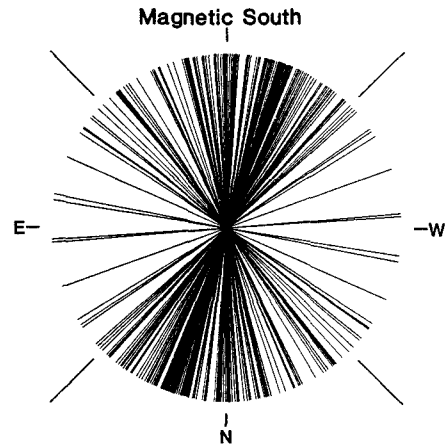


図4. ELFヒスの長ベクトル方位角分布

## 極域 ELFヒスについて

思藤忠典、中村義勝、渡辺成昭、村上利光 (電技研)

極域 ぞしほしば 観測される ELFヒスは、地磁気不変緯度  $75^{\circ} \sim 78^{\circ}$  で突然消失する。この現象に関して、その後データ追加して、地磁気活動への依存性、発生の地方時分布、極光帯 ELFヒスとの関連等について、解析結果を報告する。この ELFヒスは発生高度分布から推測して、極域電離圏で発生したとは考え難い。ここではプラスミット電子のサイクロトロン不安定による ELFヒスの説明を試みた。

## ISIS衛星によって観測されたオメガ信号による トリガード・エミッション

松尾敏郎\*・木村繁根\*・山岸久雄\*\*  
\* 京大工      \*\* 極地研究所

ノルウエーのAldraから送信されたオメガ信号によるASEとよばれるトリガード・エミッションはすでにその統計的伝搬特性が明らかにされ<sup>(1)</sup>、さらにトリガード・エミッションを励起させるトリガー波であるオメガ信号自身がドップラーシフトを受けていた事からドップラーシフト周波数の緯度変化特性をRay Tracingで再現する事により磁気圏の電子密度構造を推定し、トリガード・エミッションの発生領域と考えられている磁気赤道上でのWave Normal方向が推定された<sup>(2)</sup>

ISIS衛星でのオメガ信号によるトリガード・エミッションではトリガー波がドップラーシフトを受けている事 외에도トリガード・エミッションの時周変化率( $df/dt$  (Hz/sec))がほぼ一定であるという特徴がある。今回はこの傾きの特性を中心に報告する。

ISISによるトリガード・エミッションのデータは一昨年までの六年間に20軌道分蓄積されたが、そのスペクトラムは図1に示す如くType Iである。図1は1979年11月28日に観測されたものであるが詳細にスペクトルを調べると、10.2 kHzのオメガ信号によるトリガード・エミッションのスペクトラムの傾きは観測緯度が変化してもほぼ一定であることがわかる。

この特徴を他のパスについても10.2 kHzの信号によるものについて調べると

- [A] 同一のパスでは、この傾きは比較的広い緯度におけるパスでもほぼ一定である。
- [B] パスが異なる(観測日・時が異なる)とき傾きはパスごとに異なる。
- [C] このデータ解析に使用したパス総数は8軌道分である。このうち6例までは傾きは2~4 (kHz/sec)であり全てのデータが[A]を満足するわけではない。

などの特徴があげられる。[A]で述べた観測事実からトリガード・エミッションの発生領域の磁気赤道上での拡がりは大まかと考えられるが、この広い領域からノンダクト伝搬でISIS高度まで伝搬してきたと考えられる。この場合、傾きを定めるうえで大きな要因と考えられている磁気赤道上でのプラズマ密度の周波数<sup>(3)</sup>は発生領域の拡がりが大まかであり、これらの値も変り傾きも変ると考えられ[A]を説明できな。しかしRay Tracingでトリガード・エミッションが観測された緯度と磁気赤道でのトリガー波の通過する拡がりとの関係を調べると、この拡がりは上述のような大きな拡がりとはならず、比較的小さい領域で発生した波がISISで観測されたと考えられる。

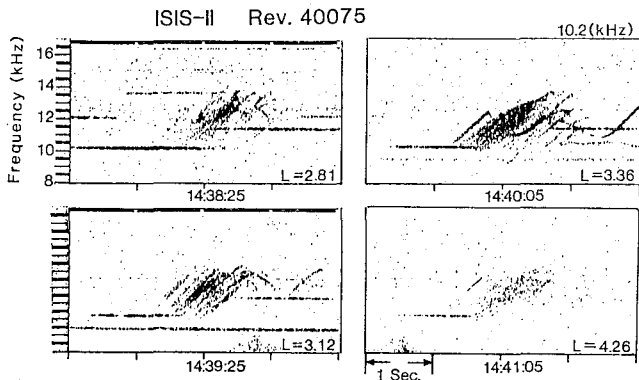


図1. 10.2 kHzのオメガ信号によって励起されたトリガード・エミッション

### 文献

- (1) Matsuo, Kimura, Yamagishi ;  
Mem. Nord. Inst. Polar Res.  
Spec. Issue. NR26, p103-112
- (2) 松尾・木村・山岸 ; 第73回  
日本地球電磁気学会予稿集
- (3) R.A. Hellwell ;  
J. G. R. vol 72, 1967, No. 19

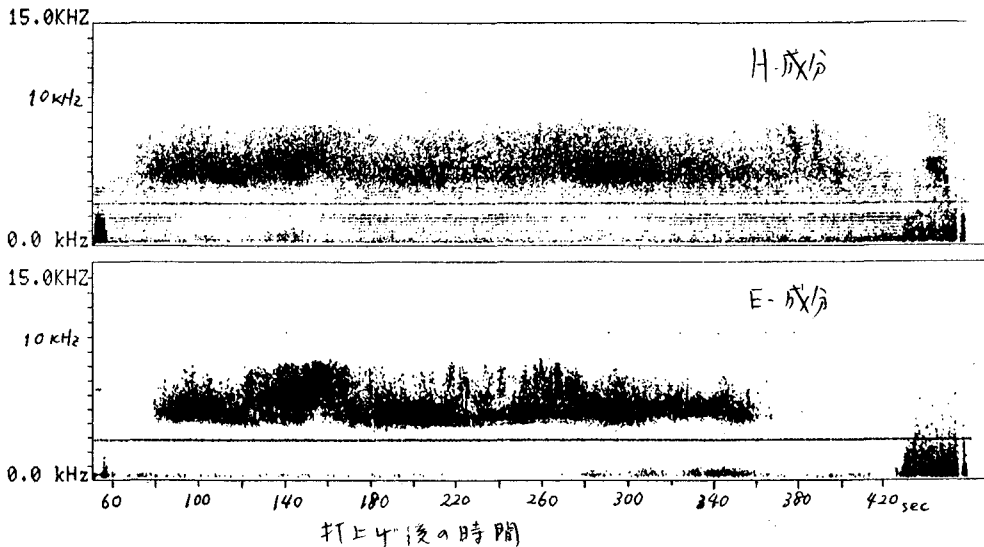
S-310JA-6号機によって観測されたVLFヒスの特性

西野正徳, 田中義人, 岩井章, 鎌田哲夫  
(名古屋大学空電研究所)

IMS期間中に昭和基地で発射されたS-310JA-6号機(27. AUG. 1978)はオーロラ中に突入し、PWL-PFXの搭載機器によってVLF波動を観測した。観測結果の morphology は Kamada et al. (1981) によって報告されているが、本講演ではその後の解析した結果を報告する。

PWLによるVLFスペクトルの観測は、whip系50msec, Loop系40msecの高速切換えによって行われ、下図のような電界成分、磁界成分のスペクトルが得られた。全般にはH成分、両成分のスペクトルは類似し、オーロラの強い活動領域に入った140sec前後と、300sec前後に、強度が強く、スペクトルが広がる。またその他に、継続時間の短い広帯域なスペクトルも見られる。これらはオーロラの活動に関連したオーロラヒスと考えられる。しかし電界成分のスペクトルに注目すると、全般にはF限にcut-off特性が見られ、特に180sec以後では4~6kHzの狭帯域周波数中のスペクトルが前述の広帯域なスペクトルに重畳して見られる。ロケット高度におけるLHR周波数は、同時搭載された電子密度データから計算すると8~9kHzになり、4kHzのLHR周波数は高度200~800kmとなる。したがって、この狭帯域VLFヒスはLHR-related hissと考えられる。これらのヒスの性質を明らかにするために、ロケット軸をZ軸とする電界成分と磁界成分の比( $H_y/E_x$ )を4, 5, 6, 7kHzに対して求めた。その結果、4.5kHzにおける $H_y/E_x$ の値と6, 7kHzにおける $H_y/E_x$ の値に差が見られ、上記の推定を示唆する傾向がある。この結果に対する若干の議論を本講演で述べる。

参考文献: Kamada T et al; Observation of auroral hiss by the S-310JA-6 sounding rocket Proc. of the third symposium on coordinated observations of the ionosphere and the magnetosphere in the polar regions, (1981)  
27. AUG. 1978. 発射時間 21:56:00 UT



南極電算機データを用いた ELF-VLF放射強度の統計結果

伊藤 弘道\*) 渋谷 仙吉\*) 前沢 潔\*) 佐藤 夏雄\*\*\*)  
 \*)山形大学                      \*\*\*)国立極地研究所

序

1981年4月より、昭和基地では電算機を用いたデータ収集がおこなわれているが、このシステムからはデジタルテープの形でデータが得られたため、従来用いられてきたチャート、あるいはアナログデータに対して、直接計算機を用いて処理をおこなうことができるという長所がある。さらに、データ収集は休むことなく継続的になされているので、今まで困難であった、長期にわたる現象の定量的な解析を、極めて容易に扱った。

目的

オーロラ帯に発生する自然電波のうち、ポーラコーラスは昼間の夏期に、オーロラヒスは冬期の夜に発生することが古くから言われてきた。しかし、長期間にわたって、しかも定量的に解析された結果は得られていない。

1981年4月から1983年1月までの1年10ヶ月間のVLFデータをを用いて、定量的に次の

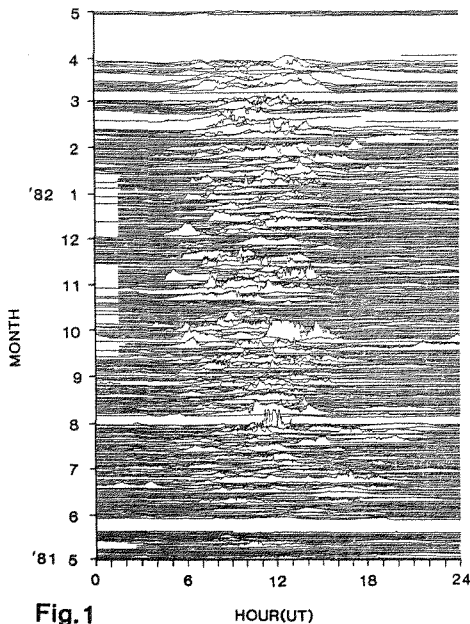


Fig.1 HOUR(UT)

ような統計解析をおこなう。

- 1) 日変化
- 2) 季節変化
- 3) 年変化
- 4) Kp, AE依存性
- 5) 南北共役性

解析方法

VLFデータソースは 350, 750, 1.2K, 2K, 4K, 8K, 30K, 60K, 90KHz 2秒 sampling データを6秒間最低値をとり、さらに60秒間にわたって平均したものを最小単位とした。この処理は空電の影響を取りのぞくためのものである。

結果

Fig.1はVLF 750Hz電界強度について横軸にUT、縦軸に月をとって表示したものである。これより、日変化としては5~6時の昼間にピークがあり、季節的には冬期(5,6,7月)が他の期間に比べ明らかに低くなっていることがわかる。Fig.2は1日について平均したVLF 750Hzと Kp index の1年間にわたる強度ヒストグラムである。これを見ると Kpとの相関は、良い期間もあるものの単に言うとは言いがたい。このことは、KpとVLFの月毎の相関についても同じであった。

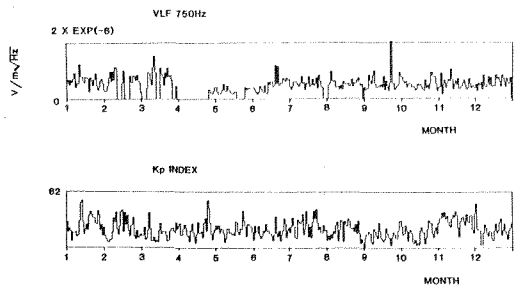


Fig.2

## Diffused Whistlers とダクト伝搬

荒木 喬・弘前大学

最近の *Field aligned irregularity* の研究にはめざましいものがあり、人工衛星によるものや極地でのロケット観測またはレーダー観測等によりそのデータは少しづつ蓄積されて来た。この論文では VLF 電波を捕捉する *Field aligned irregularity*, 特に VLF duct と whistler の *Diffuseness* との関係について報告する。

### 1. 諸言

ホイッスラーや VLF 放射波が磁気圏内に生じたダクトに捕捉されて伝搬することは色々の観測や理論的な研究により明らかになりつつある。VLF によるダクトの構造の研究は CROUCHLY<sup>1)</sup> により *Diffused whistler* の解析から調べられ、その後 SOMAYAJULU<sup>2)</sup>, OKUZAWA, TANAKA<sup>3)</sup> らにより研究され、現在では磁気線の Apex での Duct width は normal day で約 10KM, disturbed day には 70KM になるとの推定がなされている。しかし従来の Duct width の推定に関しては磁気線に沿う伝搬 path 中における波の群速度を簡単のため平均値でおさかえて、伝搬 path をその群速度で割るという方法で計算され、実際には群速度が場所の関数で与えられるこ

とを無視していった。本論文では代表的な層の電子密度分布による数値計算の結果とそれに附随して Duct の構造の推定法と問題点について述べる。

### 2. 計算例

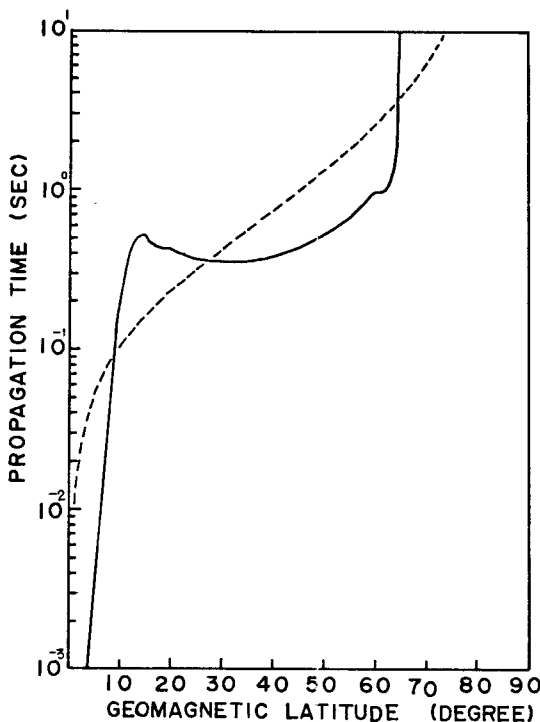
下図に数値計算の例を示した。破線は従来の方法による計算結果であり磁気緯度が高くなり伝搬 path が増加すると波の伝搬時間は磁気線の Arc-length に比例して増加している。実線は電子密度を考慮した例であり、path length と Diffuseness が単純に比例せず、中緯度においては電離層による影響から path length が大きくなると伝搬時間が減少するという複雑な様相を呈している。

### 3. 検討

これらの結果は従来のダクト中の推定についての再検討の必要性を示すもので、さらに詳細な計算や解析を行なう必要があり、その結果如何によっては、ダクト生成理論や磁気圏の微細構造を解明するうえで重要な要因となるであろう。

#### 参考文献

- 1) J. Crouchley and R. J. Funn, "A study of whistling Atmospherics I. Diffuseness", *Australian J. Phys.*, 14, 40-50 (1961)
- 2) Somayajulu, V. V. and B. A. P. Tantry, "Effect of magnetic storms on duct formation for whistler propagation", *J. Geomag. Geoelect.*, 20, 21-31 (1968)
- 3) T. Okuzawa, K. Yamanaka and T. Yoshino, "Characteristics of low-latitude whistler propagations associated with magnetic storms in March 1970", *R. I. S. R. J.*, 17-39 (1971)
- 4) Y. Tanaka and M. Hayakawa, "The effect of geomagnetic disturbance on the duct propagation of low-latitude whistlers", *J. A. T. P.*, 35, 1699-1703 (1973)
- 5) 恩藤忠典, "VLF ダクト, 磁気圏マクスウェル波動に関するシミュレーション", pp. 48-55 (1978)



# 地磁気変動に伴う電力線放射電磁界強度変化 — 北極圏大気球観測 —

富沢 一郎・芳野 起夫・佐木 勇人  
(電気通信大学)

オーロラ帯に設けられた電力線システムは、地磁気変動に伴って大きな電流が流れることがわかってきた。この電流は、ときにはシステムを故障させてしまうほど大きくなることもある。こうした地磁気変動に伴う電流は、電力線から放射される50Hzまたは60Hzの高調波電磁界強度にも大きな影響を与えていると知られる。事実、林等(1978)のカナダにおける観測では、高調波強度がSSCに伴って急激に増加したことが報告されている。こうした高調波電磁界強度の観測とサザリキ、高調波の発生及び放射の機構を明らかにしたい。

50Hzの電磁界強度が地磁気変動に伴って変化しないことから、電力線システムにおける電流電圧の基本波成分の大きさがほとんど変わらないことを示している。また、100Hz、150Hzという低次の高調波が変化しないことから、単相の電力線システムからの電力線放射がほとんど変わらない。一方、300Hz(6次)、450Hz(9次)、600Hz(12次)といった高調波の増加は、林等の観測と150Hz(3次)を除いてよく似ている。150Hz(3次)の相異は、カナダと北極の電力線システムの違いによるのかもしれない。また、他の高調波の増加についてはおもしろい対応しないようである。いずれにしても、高調波強度が地磁気変動に伴って増加することは確かであろう。このことは、より高次の高調波の放射電流の存在を暗示している。

今回報告するデータは、1982年3月20日 19h09m UT (N) の Stamsund から放球した B15-1N、及び、1982年11月23日 20h59m UT (N) の Esrange から放球した B15-2N の両大気球に搭載した40Hz ~ 1kHzの広帯域電磁界強度観測装置によって得られたものである。両大気球は飛翔中に、サステームが落ちた。ここではこのときの電力線高調波スペクトルの変化について述べる。

今回の北極における観測から、サステーム時は高調波電磁界強度は増加するが、基本波の強度はほとんど変化しないことがわかった。これは、基本波成分のエネルギーが地磁気変動に伴って誘起した電流に起因する電力線システムの非直線性において高調波成分のエネルギーへと変換される割合がわずかで、ほとんど変化しないことを示している。逆に言えば、より大きな非直線性を生ずるような地磁気変動があれば、基本波の電磁界強度が減少し、これと反対に、高調波強度がより大きくなる予想される。

地磁気変動に伴う電力線放射電磁界強度スペクトルの特徴は、次のとおりである。

- (1) 基本周波数である50Hzの強度は変化しないから、(B15-1N, B15-2N)
- (2) 低次の高調波である100Hz、150Hzの強度も変化しないから、(B15-1N, B15-2N)
- (3) 300Hzの磁界強度が減少した。(B15-2N)
- (4) 250Hz ~ 1kHzの高調波スペクトルは、電界境界レベルはほぼ同じである。(B15-2N)
- (5) 高調波スペクトルのうち、300Hz、450Hz、600Hz (B15-1N)、300Hz、400Hz、450Hz、550Hz、600Hz、900Hz (B15-2N)の強度がサステーム時が増大する。

### 参考文献

- ① D'Angerotti, L.J. (1982), Space Sci. Rev., vol. 34, pp. 347~356
- ② Hayashi, K., T. Oguti, T. Watanabe, K. Tsunoda, S. Kekubun, R.E. Horita (1978), Nature, vol. 275, pp. 627~629

北極圏大気球観測機器の準備に御礼  
また多大な御援助を頂いた国立極地研究所の  
皆さまに深く感謝する。



## 北極圏内におけるELF-VLF電磁環境調査結果

\*鎌田 哲夫, \*西野 正徳, \*倉橋 克典, \*神保 英彦.  
(\* 名古屋大学空電研究所)

昨年に引き続き、昭和58年度の文部省海外学術調査費による標題の調査をスウェーデン国キルナ市郊外のエスレンジ(67°53'N, 21°04'E)を中心とし、主として半径25km以内の地域における電磁環境の移動測定を実施した。測定項目は、100Hzから90kHzに亘る周波数範囲での電界強度スペクトル分布で、昨年実施した予備調査結果をもとに、本年は100Hzにおけるノイズレベルが、 $1 \times 10^{-12}$  watt/m<sup>2</sup>・Hzのパワーフラックス密度であった地所より更に奥地へ入って測定を実施した結果、この地域における貴重な自然電波観測実施に対して利用しうる大まかなELF-VLF電磁環境図を作ることが出来たのと、この地域でELF-VLFの長期地上観測を実施する際、観測環境も充分と見えた適地を発見し、その地所からテレメータ伝送によりEsrange基地内の建物で、高感度のVLF観測が生まれたことを報告する。従って昭和59年度に打ち上げられる観測衛星EXOS-Cのデータ取得の際は是非地上における同時観測を計画実施していただきたいものである。

初標題の調査に対しては、一応本年度で初期の調査目的は達成されたと考えている。

## レーザーレーダーによる中層大気の探査 (Review)

九州 藤原玄夫・九州大学理学部

中層大気探査のためのレーザーレーダーは、強力なレーザー光パルスを送り上げて、大気中の散乱体からの後方散乱光を高度の関数として測定する遠隔探査システムで、散乱体または途中光路の吸収体に関する情報を得ようとするものである。

成層圏以上の高度では、一般に近赤外から近紫外の波長領域では、大気分子による Rayleigh 散乱のエコーが卓越しているが、火山の噴火によって火山性のエアロゾルが成層圏に投入されると、エアロゾルによる散乱が卓越する。特に1982年春のメキシコの El Chichón 火山の噴火後には、ハワイ（ルビレーザ、 $0.694\mu\text{m}$ ）や福岡（YAGレーザ、 $1.06\mu\text{m}$ ）では、大気分子の数100倍にも達するエアロゾルからのエコーが検出された。この噴火によって成層圏に投入されたエアロゾル量は今世紀最大級のものと思われ、日米欧など数ヶ国で、精力的なレーザーレーダー観測が開始された。アメリカでは地上設置のレーザーレーダーの他に、飛行機に搭載して広い緯度範囲をカバーする観測も行われており、また日本では国内だけでなく南極昭和基地にもレーザーレーダーが設置され、名大岩坂氏によってオゾン年目の観測が行われた。ここではまず最近の El Chichón エアロゾルの各地での観測結果をまとめてお話ししたい。

レーザーレーダーが登場してしばらくは、成層圏エアロゾル層より上の大気分子からの散乱を測定して、大気波動（潮汐波）の検出や温度の推定が行われたが、非常に大きな出力のレーザと大受信鏡を要するため、ある程度の結果を得たあとで廃行されなくなっていった。最近フランスの Chanin 女史らが、高繰り返しの YAGレーザの高調波を用いて測定を開始し、大気力学の観点から興味ある結果を得ている。MAP に際して我国では、中層大気の運動を捉えるに極めて有力な武器である MUレーダーが設置され、観測が開始

されているので、これとレーザーレーダー観測とが比較できれば面白いだろう。その意味で次に Rayleigh 散乱を利用した大気波動の観測についても触れておきたい。

Rayleigh 散乱は断面積が非常に小さいので、高度の増加と共に測定は飛躍的に困難になる。しかし、高度75-100km 近傍にはナトリウムなどの金属原子層があり、特にナトリウムは、色素レーザで最も出力の得易い波長領域に共鳴線を持ち、しかも個数密度も比較的多いことから、早くから観測が行われてきた。共鳴散乱の断面積は非常に大きいので、高度分布を精度よく測定でき、その変化の様子から大気波動が検出されている。この高度領域では、特に極域ではオーロラ等の電磁氣的擾乱に対する中柱大気の応答など、いくつかの興味ある問題があるので、昭和基地での色素レーザによるナトリウム観測が現在準備されつつある。そこで主として大気力学の観点からこのナトリウム層についてもお話ししたい。

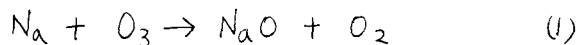
最後に吸収体観測の例として成層圏オゾンについて。対流圏、特に地表付近ではレーザーレーダーを用いて差分吸収法により色々な気体成分が測定されているが、成層圏以上では、エコーが大気分子からの散乱光であるため微弱であること、また対象気体成分の量が少ないことの故に、現在までに観測に成功しているのはオゾンだけである。Hatley 帯の端  $0.3\mu\text{m}$  附近での波長を用いて、外国では色素レーザ（レーザ励起）によって観測が行われたが、我国では武蔵研内野氏らによってエキシマレーザレーダーが開発され、これによって極めて精度の良い観測が可能になっている。オゾン観測の現状に加えて、他の成層圏微量組成観測の可能性についても言及したい。

## レーザ・レーダーによる中間圏・熱圏のナトリウム層の観測

内海 通弘 広野 求和 藤原 玄夫  
 九大理

九州大学では、レーザ・レーダーによる中間圏・熱圏のナトリウム層の観測を数年間にわたり、行っている。昨年より、絶対密度の測定を行っているので、ナトリウム層の季節変化をまとめ、流星雨時のナトリウム層の急増と合わせて、報告する。

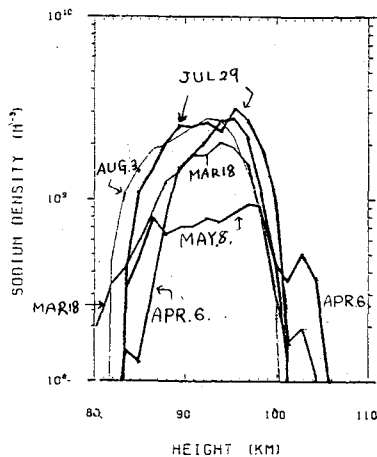
最近、HusainとPlane<sup>(1)</sup>は、化学的測定により、反応(1)



が、従来より、1000倍位速いという結果を得ている。これによって、ナトリウム層下部のナトリウム原子の寿命が極端に短くなることになった。従来、ナトリウム層下部の切れ込みは、NaのNaOHへの反応であると説明されていたが、この反応を入れると、反応系のモデルの修正を余儀なくされる<sup>(2)</sup>。従来から提出されていた反応系の反応定数も、化学的に実験されたものが少なく、例えば、Naが水素と類似の反応をすると仮定し、定数を決めている場合もある。この様に反応系は定説となるものがなく、いくつかの反応系の説が提出されている。これらの反応系でそれぞれ、日変化及び季節変化のシミュレーションを行い、実際の観測と対比することが望まれる。今回は、季節変化について、観測から言える性質について述べる。一般に、Na層は冬に増加し、夏に減少すると言われている。これは、北半球の高緯度にNa層の観測点が集まっているためで、九大の様は低緯度では、この傾向が小さい様に思われる。これは、ブラジルでの観測で季節変化が小さいと言われていることからもうなずける。

## 文 献

1. D. Husain and J. M. C. Plane J. Chem. Soc., Faraday Trans 2, 78  
163-178, 1982.
2. N. D. Sze et. al. G.R.L., 9, 1187-1190, 1982



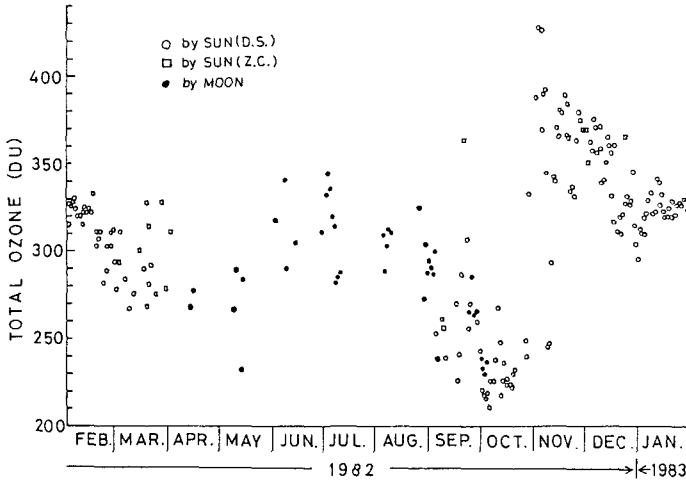
昭和基地におけるオゾン特別観測(1982年1月~1983年2月)

忠 鉢 繁 (気象研究所)

1. はじめに

オゾンは大気中に微量に存在する気体であるが、特に成層圏大気の熱収支に大きな影響を与える。しかし南極地域では、現在オゾン観測を実施している基地は、Amudsem-Scott基地

(90°S)と昭和基地(69°S)の2ヶ所よりなく、両基地とも太陽が昇らなくなる極夜期向については観測を休止している。このため、南極MAPの一環として、23次南極観測隊において大気オゾンの特別観測を行った。



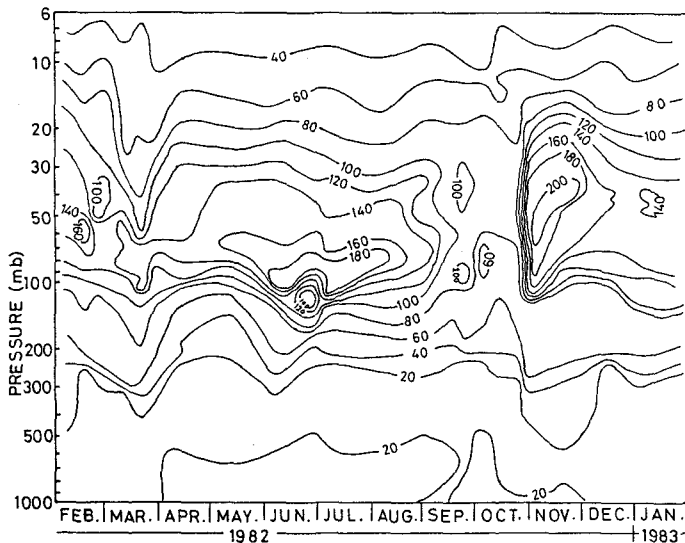
第1図. 昭和基地におけるオゾン全量の日代表値(1982年2月~1983年1月)  
(○: 太陽直射光観測, □: 天頂光観測, ●: 月光観測)

2. オゾン全量観測結果

第1図にオゾン全量の日代表値を示す。この図から、6月から7月の極夜期向に極大を示していることがわかる。又、9月下旬から10月中旬にかけてのオゾン全量が非常に小さな値(220 D.U.前後)を示していること、10月下旬に、突然昇温に伴うオゾン全量の急増がはっきりと示されていることがわかる。

3. オゾン垂直分布

第2図に、1982年2月から1983年1月までの昭和基地におけるオゾンの垂直分布を示す。この図は現在までに整理が終了したオゾンゾンデのうち、全量補正を行うことのできた22個のデータから作られている。この他に14個のオゾンゾンデが飛揚されており、これらの結果を加えることにより、第2図は、さらに改良される可能性がある。第2図から、極夜の極大の時期に対応する垂直分布が100mb付近に極大を持つ特徴ある分布をしていること、10月下旬のオゾン急増時に、ピークの高度が70mb付近から30mbまで上昇していることが示されている。



第2図. 昭和基地におけるオゾン垂直分布(1982年2月~1983年1月)  
(単位:  $\mu$  mb)

極域における大気波動の総合観測について

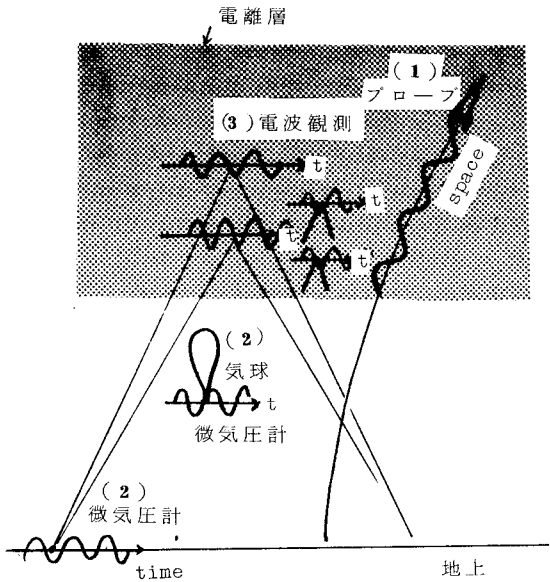
南 繁行 堤 田 部  
 大阪市大 工学部

極域における音波・重力波レンジの大気波動の観測を目的とした研究の内容についてのべる。必要とする測定は次のとおりである。

左の観測は地上から電離層高度までの大気波動の心-大図を取得することと意味するが、その概念は下図のようになる。

(1) 大気波動の垂直方向の伝搬

波動の伝搬速度が音速程度であり、ロケットに搭載したプラスマ接点測定器<sup>(1)</sup>、<sup>(2)</sup> プラスマ圧測定器<sup>(3)</sup>、<sup>(4)</sup> で得られる波の垂直分布から波数と導出するには若干の補正が必要ではある。方法はロケット軸から傾けて取つた送電圧アナライザの飽和電流のスピコン変調から得られるみかけのアタック角度の変化に基づく。



(2) 大気波動の同定とスペクトル解析

気球高度および地上での大気振動測定を微気圧計を用いて行う。両者のクロスコレーションから波動スペクトル及び波動の同定を行う<sup>(5)</sup>

(3) 電離層領域での大気波動

放送波、標準電波を用いた固定長波のいくつかの高度における大気波動の観測。このデータと地上及び気球高度のデータとの相関性を調べる。

[参考文献]

(1) Minami et al., Ion temperature determination in the ionosphere by retarding potential analyzer aboard sounding rocket, J. Geophys. Res., 87, 713-730, 1982  
 (2) Minami et al., A graphical analysis method of ion temperature for the retarding potential analyzer in space plasma, Rev. Sci. Instr., 53, 64-68, 1982  
 (3) 南 他, RPAによるイオンドリフトベクトルの観測, 宇宙観測シンポ, 104-111, 1981  
 (4) 南 他, 極域におけるイオンドリフト速度の観測意義, 本シンポジウム5回, 69, 1982  
 (5) 南 他, 下部電離層のチローブによる測定における問題点について, 宇宙観測シンポ, 309-320, 1980

南極成層圏電離強度の気球観測

森田恭弘<sup>\*</sup>、藤井良一<sup>\*\*</sup>、鎌田哲夫<sup>\*</sup>、高木増美<sup>\*</sup>、北村正臣<sup>\*\*\*</sup>  
 (\*名古屋大学空電研究所, \*\*国立極地研究所, \*\*\*気象研究所)

高度数kmの下層対流圏から高度約30kmまでの下部成層圏内では宇宙線による電離が卓越しており、この電離作用の結果、大気イオンが生成される。電離強度、即ちイオン対生成率は大気の電氣的諸要素の中で最も基本的な量であり、これを精度よく測定することは非常に重要である。成層圏電離強度は、高緯度地方で、オゾンライフサイクルに重要な役割を果たすNOxの生成に関与していると考えられており、成層圏NOxの生成源としての電離強度を評価することは重要である。又、電離強度は、極地方でイオンの生成を通して、極小エアロソルの生成にも関与している可能性があり、極地方の定点で、これを精度よく長期間にわたり測定することは非常に重要である。

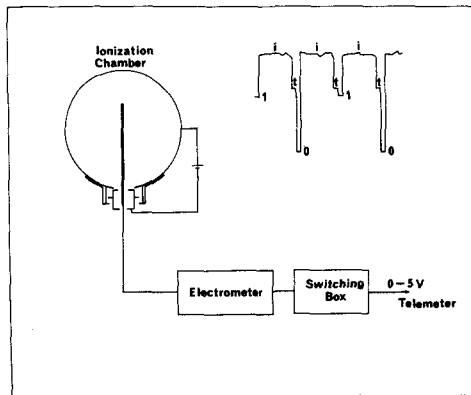
成層圏内の電離強度の測定は、古くはNekru (1967, 1971他)の高緯度地方における観測や、池田ら(1970)の高緯度地方の観測があるが、最近では、我々の観測結果以外、ほとんど行なわれていない。成層圏電離強度は、太陽活動によって変動するが、その変動は太陽活動度の11年周期よりも

より長い modulation を受けており、その変動を適当な時間間隔で観測により明らかにしておくことが必要である。

このような視点から JARE 23 では、大気球による南極成層圏電離強度の観測が行なわれた。この観測では、電離強度の他に、二酸化窒素、オゾン密度、気温、気圧も同時に観測された。気球は 1982年11月24日1402UTに放球され 25日0615UTまでの約15時間の観測を行うことができた。観測に用いられた電離計は直径39cm、壁厚0.8mmのアルミ球で、この中に1気圧の乾燥空気が封入される。アルミ球の外壁に150Vの電圧をかけ、球内に宇宙線により生成されたイオンを、中心にある電極に捕獲し、電離電流を計測する。

第1図に電離計の概略図及び記録例を示した。この測定器は1978年ワイオミング大学で行われた国際比較実験に用いられた実績があり、種々の大気環境の下で安定して動作することが確認されている。

今回は取得したデータについて予備的に観測結果及び1982年9月に行なわれた三陸上空の電離強度との比較について報告する。



第1図. 電離強度計の概略図  
 及び記録例

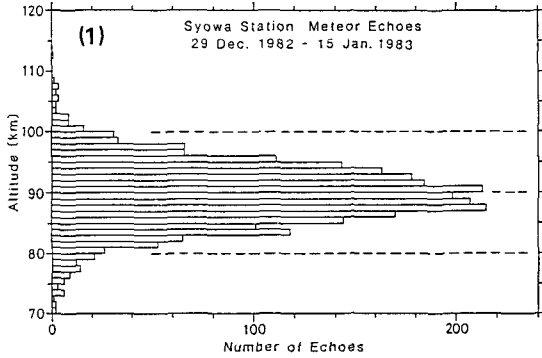
昭和基地50MHz レーダによる  
中性大気風の観測

小川 忠彦 (\*), 五十嵐 喜良 (#), 倉谷 康和 (#), 藤井 良一 (+), 平沢 威男 (+)

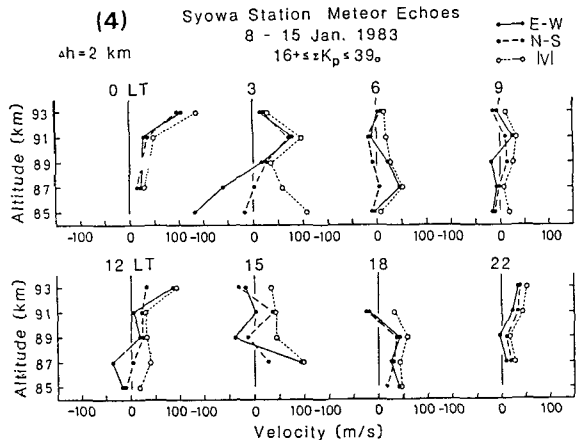
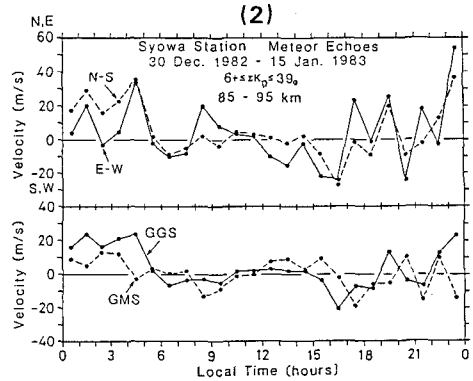
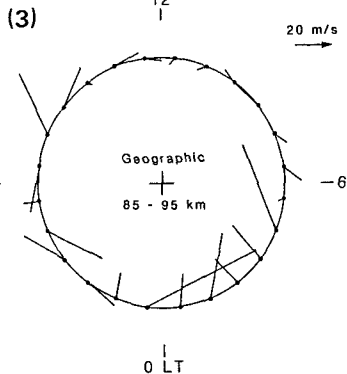
(\* 電波研平磯, # 電波研, + 極地研)

MAP計画の一環として、電波研と極地研との共同研究である50 MHzドップラーレーダ実験が1982年2月から昭和基地で始まった。レーダは、E層irregularitiesをトレーサーとして電離圏磁気圏のダイナミクスを調べるモード(ダブルパルス及びスペクトラムモード)と、流星飛跡をトレーサーとし、70-110 kmの中性大気風を観測する流星モードを有している。1982年3月~1983年1月の間に延べ40日間分の流星エコーデータが取得された。本講演では、1982年12月29日~1983年1月15日に連続観測したデータを基に、80-100 km高度の中性大気風について報告する。オーロラ帯では、E層irregularitiesによるエコーのために流星エコーが乱されることがあるが、ここでは、このようなデータは省いてある。レーダはふたつのビーム(GGS; 近似的に地理的南方向、GMS; 地磁氣的南方向、両ビームの交差角約33°、ビーム幅約4°)を有し、時分割でビームを切り替えることにより、風の2次元的運動を知ることができる。結果 - Decay-heightにより求めた流星エコー数の高度分布を図1に示す。エコー数はHmax = 88 km付近で最大であり、70-110 kmにわたってガウスの分布をしている。京都大学の流星レーダ(32MHz)によると、Hmax = 96 kmであるが、この違いはレーダ周波数の違いによる。エコーの地方時依存性について見ると、6時LTで最大、20時LT付近で最小となり、妥当な結果である。なお、エコーのslant rangeは110-600 kmにわたっている。

85-95 km高度のエコーのみを集め、ドップラー速度を各時間毎に単純平均した結果を図2に示す。下段がレーダビーム沿いで、上段は下段の結果を地理座標系に変換したものである。中低緯度の結果ほど明確ではないが、一日や半日成分がありそうである。図2は地磁氣的に静穏時から強い擾乱時までのデータを含んでいるが、擾乱時には、強い電場により、高々度ほど流星飛跡の運動が中性風のそれからずれる可能性があるため、データ解釈には注意を要する。夜間に見られる北東向きの風(地磁氣的には東向き)は、赤道向きのオーロラ電場による東向きのプラズマドリフトの影響を受けている可能性がある。図2をクロックダイヤグラムにしたのが図3である。この図で、極向きが北、時計方向が西、反時計方向が東向きである。風速は5~40 m/sで、方向は時間とともに変化している。ChatanikaのISレーダ等で、F層では昼側から夜側に向う規則的な風が観測されているが、図3を見る限り、85-95 km高度では、このような規則的な風は見い出せない。図4は、各時刻における風速の高さ変化を示す。時間的にも空間的にもかなり変動している様子がうかがえるが、これらがどのような意味を持つのか、現段階では不明であり、更に検討を要する。極域の80-100 kmの中性風は、オーロラ活動により変化する可能性があり、中低緯度よりは複雑になるであろうと想像される。このことを調べるために、上述の結果を静穏時と擾乱時に分けたり、他の季節のデータとの比較が必要である。



30 Dec. 1982 - 15 Jan. 1983  
6+szKp=39<sub>0</sub>







## 南極中層大気のレーザ・レーダによる観測計画 (26th JARE)

野村彰夫, 岩坂泰信, 福西 浩, 鹿野哲生, 川口良男, 平沢威男  
信州大学工学部, \*名古屋大学水圏科学研究所, \*\*極地研究所

### 1. はじめに

MAPの一環として、24次隊により南極域にルビーレーザ ( $694.3\text{nm}$ ,  $347.1\text{nm}$ ) を光源としたレーザレーダが持ち込まれ、極域成層圏のエアゾール観測が順調に行われ、興味ある結果が得られている。この観測は今後25次、26次隊へと継続されていくとともに、26次隊では色素レーザを持ち込むことにより、新たに中間圏界面から熱圏下部 ( $80\text{km}\sim 110\text{km}$ ) の間に存在する Na 原子層の垂直分布ならびに気柱密度の時間、日ならびに季節変化について観測を行う予定である。以下、Na観測の意義と観測システムの概要について述べる。

### 2. 観測の意義

高度90 km付近のNa原子層は1920年代にすでに夜間大気光の観測によりその存在が確認されていた。その後、1950年代に入り分光技術の進歩とともに、薄明大気光や昼間大気光のNa原子による共鳴散乱や吸収により高度分布や気柱密度が観測されはじめた。1960年頃に同調可能な色素レーザの開発とともに、これを光源としたレーザレーダによるNa原子層の観測が開始された。これにより観測精度、特に空間的 (高度分解能  $500\text{m}$ ) および時間的 (数分) 分解能が飛躍的に進歩し、中間圏界面から熱圏下部 ( $80\sim 110\text{km}$ ) にかけての大気の光化学的反應過程や力学的構造を解明する一つの有力な観測手段となっている。

Na原子層の起源は、流星と海水の二つの説に分かれ、現在の所、前者の説が有力にはなっているが結論は得られていない。しかし、Na原子の気柱密度の観測において、夜中から明け方にかけて増加する時間変動や、北半球において11月から2月にかけて最大、5月に最小となる季節変動から、その生成消滅は大気光の吸収に関連しているオゾンや酸素原子との化学反応過程によると解釈されている。さらに、この年周期の変動に加え11年周期の変動があり、太陽の黒点活動との関連性も指

摘されている。

一方、Na原子をトレーサとしてその垂直分布の時間的変動から、Na原子のsinkや垂直行う拡散の問題、さらに重力波や潮汐波等の大気力学的な問題が議論されている。

このようなNa原子層のレーザレーダによる観測は、今まで日本 (福岡  $33^{\circ}\text{N}$ , 蔵王  $38^{\circ}\text{N}$ ) を始めとして、イギリス (Winkfield  $51^{\circ}\text{N}$ )、フランス (Haute Provence  $44^{\circ}\text{N}$ )、アメリカ ( $40^{\circ}\text{N}$ )、ブラジル (Sao Jose dos Campos  $23^{\circ}\text{S}$ ) 等で行われてきた。しかし、グローバルな観点からみると、これらの観測点は主に北半球に集中し、しかも中緯度帯に位置していることから必ずしも十分とは言えない。さらに最近、Naの気柱密度の緯度依存性から南北両半球での非対称性が指摘されている。

こうした中で、昭和基地 ( $69^{\circ}\text{S}$ ) でのレーザレーダ観測は、数少ない南半球でのしかも高緯度に位置する観測点としてその意義は非常に大きいと言える。また、この基地には他に見られない程の種々の観測手段が集中しており、これらとの共同観測には期待するものがある。特に多くの流星群が降り注ぐ極域ではVHFドップラレーダとの比較観測に興味を持たれる。またNa観測時にその定量補正を行う為、 $20\sim 60\text{km}$ の大気分子からのレーリー散乱を利用して大気密度分布観測も行う。これについては、気象ロケットによる観測と共同して進めることを目下検討している。

### 3. システムの概要

同軸型フラッシュランプ励起色素レーザを送信光源とする。その性能は、 $\lambda=589.0\text{nm}$ ,  $\Delta\lambda=0.003\text{nm}$ , 出力  $200\text{mJ}$ , 繰返し  $0.5\text{Hz}$  である。詳しいシステム構成、性能評価、観測シミュレーション、さらに詳しい観測計画については、当日、講演にて発表させていただきます。

## JARE 26 における S-310 型南極ロケット実験計画

山岸 久雄、福西 浩 (国立極地研究所)

MAR 計画の一環として、南極ロケット実験が、オ 25 次南極観測隊より再開される。引き続き、オ 26 次隊においても、新規開発の MT110 型気象ロケット実験が開始される他、S-310 型ロケット実験が予定されている。本講演では、後者について、その観測目的、研究課題、観測項目及び機器構成について述べる。

計画立案まで

昭和 58 年 9 月 8 日 - 10 月 6 日の期間、ロケット実験のテーマ及び搭載機器の公募を行い、12 件の応募を得た。

ロケットによるオーロラ現象の観測が数多く実施されるようになり、興味深い観測成果が発表されつつある今日、南極ロケット実験が優れた成果をあげたためには、オーロラ現象のいかなる点に着目し、何を解明しようとするのかという、明確な狙いと、それを実現するための合理的な観測器構成が必須となる。

この点についての議論を深めるため、昭和 58 年 10 月 31 日、極地研において、実験計画応募者、オーロラ現象の研究者等の参加を得て、南極ロケット観測に関する研究会が開催された。ここでの討論を集約し、次に記す観測目的、研究課題が設定された。

観測目的

オーロラ粒子に関連した波動粒子相互作用機構の解明を目的とし、以下の観測を行う。

- (1) オーロラアークに関連した波動粒子相互作用の観測
- (2) パルセーティングオーロラに関連した波動粒子相互作用の観測

具体的には、上記 (1), (2) の目的に適合する観測器構成をもつ、同一仕様ロケットを 2 基作成し、1 基をオーロラアークに、1 基をパルセーティングオーロラに打込むことにす

らう。

研究課題

- (1) 低高度 (1000 km 以下) オーロラ粒子加速域の存在可能性と、そこでの波動粒子相互作用
- (2) AKR, VLF ヒスの発生とオーロラ電子束の関係及び、それらの波動の伝播機構
- (3) E 層電子密度ゆらぎと、その発生機構
- (4) オーロラフリッカリングと、その成因
- (5) パルセーティングオーロラ中での波動粒子相互作用
- (6) 電離層電場・三次元電流系と、波動発生との関係

ロケット頭胴部の限られた収納容積、テレメトリ情報量、経費等の制約から、上記の内いくつかは重点を置いた観測とすらう。

観測項目、機器構成の詳細については、講演にて述べる。

ロケットとの共同観測

ロケット観測データをより有効に活用するため、昭和基地地上観測、人工衛星観測と呼称した立体的総合観測が望まれる。現在考える共同観測を下記に示す。( )内は対応するロケット観測項目である。

(I) 昭和基地地上観測

- ・オーロラテレビ画像 (粒子、電磁場、波動)
- ・ELF-VLF, HF 帯自然電波 (波動)
- ・VHF ドップラー (電場、電子密度ゆらぎ)
- ・磁力計 (電場、磁場)
- ・マルチビームリオメータ (粒子)
- ・ホトメータ (粒子、電場、磁場)

(II) EXOS-C 衛星観測

- ・電子密度観測 NEI (電子密度)
- ・波動観測 PPS (波動)
- ・粒子観測 ESP (粒子)

## Pc3 とその関連現象

国分 征 (東大 理)

Pc3 脈動 (周期 10-45秒) は、昼側の極光帯附近から中低緯度地域にわたる広い領域で観測される脈動として知られており、高緯度でも中低緯度でも平均的には殆ど同じ周期のものが観測されることから、共通の起源をもつ現象であると考えられてきた。しかしながら同時に広い領域で観測された現象の詳しい解析例は少なく、低緯度地域への伝播についてははっきりしない点が多い。

現在、Pc3 の起源に関するもっとも有力な考えは、太陽風と磁気圏の相互作用によって Bow shock付近で発生した波動が磁気圏内に入り込み、Pc3帯の脈動として観測されるというものである。これに関しては、地上あるいは静止衛星のデータを用いて惑星間磁場 (IMS) や太陽風の速度と相関などの研究から間接的に証拠だてられてきた。IMS の大きさと脈動との相関、太陽風速度と Pc3・4 活動との相関、IMF の磁気圏に対する角度による Pc3-4活動のコントロールといったことが、この説の有力な証拠とされている。一方こういった脈動の活動度と他の物理量との関連と言ったかなり平均的な対応関係を示すものでない。もっと時間スケールが細かく、波形の対応が問題となる現象がある。これらに関しては地上観測に基づくものとして、VLF 波動、宇宙電波吸収、バルーン X-ray 電離層変動などの研究がある。ここでは、あとにあげた関連現象に話題をしぼり、これまでの研究成果のレビューを行う。

## SPATIAL CHARACTERISTICS OF LOW LATITUDE Pc 3 GEOMAGNETIC PULSATIONS

B. J. Fraser (Physics Department, Newcastle University)

An array of four low latitude induction coil magnetometer stations has been used to study Pc 3 interstation phase variations and polarization characteristics over a longitudinal range of 15 at  $L = 1.8$  and latitudinal range of 10 from  $L = 1.8 - 2.7$ . The East-West station chain shows generally highest coherency between H components with relatively small interstation phase differences corresponding to low azimuthal wave numbers. The North-South stations show greatest coherency between the D components. Although wave spectra are often different between stations polarization ellipticity and azimuth show remarkable similarity. The interstation phase and polarization results will be interpreted with respect to the Kelvin Helmholtz instability and inhomogeneous plasma theory predictions.

## STRUCTURE OF THE HELIOMAGNETOSPHERE INFERRED FROM Pc3 MAGNETIC PULSATION

Takao Saito, Kiyohumi Yumoto, and Tadayoshi Tamura  
(Onagawa Magnetic Observatory, Tohoku Univ.)

Amplitude (A) of low-latitude Pc3 is an indicative of both solar wind speed (V) and IMF cone angle ( $\theta_{XB}$ ), which is the angle between the interplanetary magnetic field and the sun-earth line. Fluctuations in  $\theta_{XB}$  around its averaged value is generally so rapid that a daily value of A is dependent not on  $\theta_{XB}$ , but on V. A statistical result shows that the correlation (r) of V with A is higher than that with Kp, namely,  $r(V,A)=0.80$ ,  $r(V,Kp)=0.70$ . These relations mean that the solar wind speed, namely, the macroscopic structure of the heliomagnetosphere can be obtained from analyses of the low-latitude Pc3.

In the first place, 27-day recurrence time pattern(=RTP) of Pc3 amplitude at Onagawa is obtained for more than 31 years from 1954 to the present. Although the RTP seems to be complicated, the pattern involves some rule depending on the three solar activity phases (Table 1A). The characteristic features of RTP for these phases are summarized in Table 1B. From the features we may infer the structure of the heliomagnetosphere as shown in Table 1C.

| (A)<br>sunspot phase | (B)<br>fundamental form<br>on RTP of Pc3 | (C)<br>Inferred neutral sheet<br>of the heliosphere |
|----------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| min.-incl.           | horizontal double                        | aligned                                             |
| max.-decl.           | vertical double                          | reversing                                           |
| decl.-min.           | modified vertical<br>double              | excursing                                           |

Table 1.

磁気圏境界および静止軌道における Pc3 脈動

友村 清, 桜井 亨, 利根川 豊  
(東海大, 工)

地上や磁気圏内で観測される Pc3 脈動 (10-45 秒) の Source として Interplanetary space における Upstream Wave ほか, Magnetosheath, Magnetopause を通過して, Magnetosphere 内へ伝播してくると思われる。Solar wind parameter と Pc3 との関係は, 多くの研究者によって研究されているが, ほとんどの場合, Solar Wind parameter - Ground station data の相互関係についての研究である。我々は, ISEE-1 の磁場データをを用いて, Magnetosheath で観測される 0.01-0.05 Hz の波動について, Solar Wind parameter との関係について調べた。図 1 から図 3 までは, その結果であり, それぞれ, Bow Shock 近傍の Magnetosheath で観測された 0.01-0.05 Hz 帯の波の Power (nT<sup>2</sup>) と, Solar Wind Velocity (Vsw) IMF と Xse 軸とのなす角 (θXB), IMF の強度 (BIMF) との関係を示している。Power と Vsw, BIMF との関係は, 正の相関を示している。図 1 で示されている直線は, 地上 (L ~ 3.5) での Pc3 と Vsw との関係の Best fit 直線である (Wolfe, 1980)。Power の大きさの違いは, Magnetosheath と Magnetosphere, Ground との典型的 Power level の差であり, 一般的に 10 ~ 1000 倍ほど Magnetosheath の方が大きい。これらの結果から, Magnetosheath で観測される Pc3 帯の波も地上と同じように Solar Wind Velocity によってコントロールされていることを示している。さらに, 静止衛星 GOES-2 と 3 と地上のデータを用いて磁気圏内との関係も明らかにする。

図1

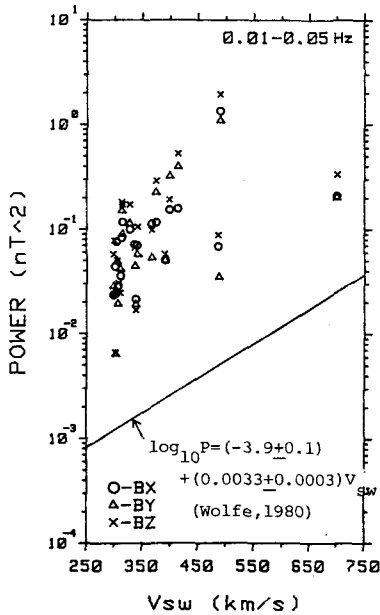


図2

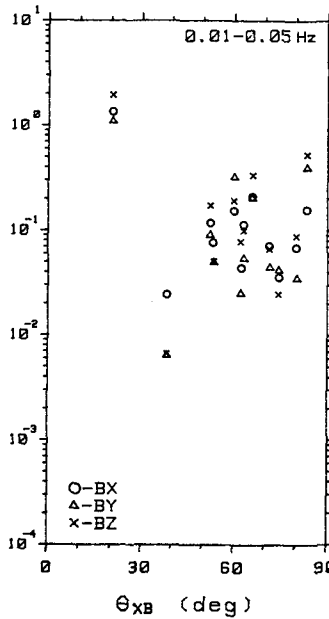
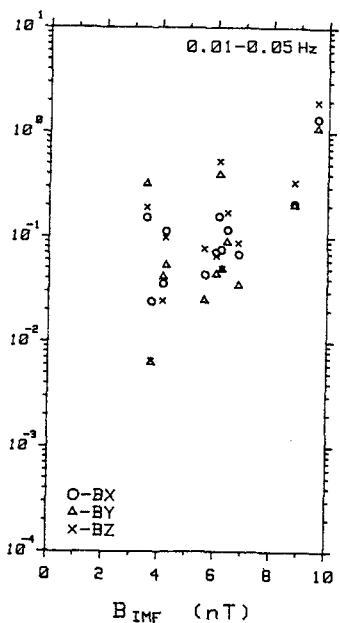


図3



Bow Shock 上流域における低周波の励起と Pc3 の起源

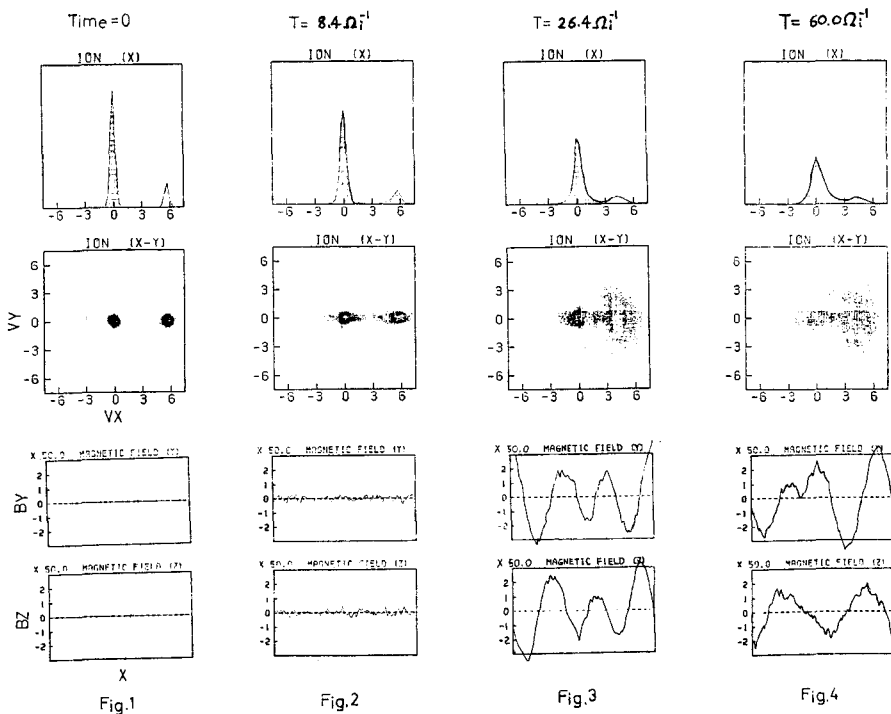
星野真弘・寺沢敏夫 (宇宙科学研究所)

Pc3 の起源である Bow Shock 上流域での Whistler 波の励起を Electromagnetic Ion Beam の不安定性問題として考える。

Bow Shock 上流域では、太陽風中の一部のイオンが地球の Bow Shock により反射されて上流域に向って Ion Beam (Reflected Ion) を形成する。そして、この Ion Beam は Background の媒質と相互作用を起して Diffuse な分布に変化していく。この過程を Simulation を通して考える。

初期条件として Background の太陽風イオンの中に Beam Ion をおくと、(Fig.1)

この Ion Beam は Free Energy となり、初めに静電波 (イオニ音波) を励起し、この静電波により太陽風イオン、Beam Ion は、磁力線方向に散乱を受ける。(Fig.2) その後次第に電磁波 (Whistler 波) が励起されて Ion Beam は磁力線に直角方向に散乱され太陽風イオンは加熱される。(Fig.3) さらに非線型過程を経て励起された Whistler 波は Modulational Instability により波形が崩れ、Ion Beam は Diffuse になっていく。(Fig.4)



初期条件として 磁場  $B=(B_0, 0, 0)$  は X 成分だけをもち、波数ベクトル  $k=(k, 0, 0)$  は、X 方向だけを向く。

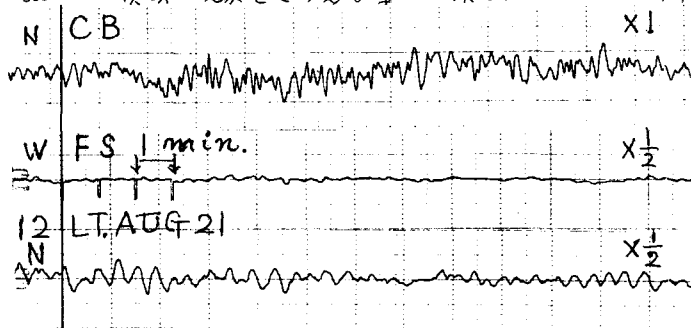
上から Ion の分布関数 (横軸:  $V_x$ , 左のピークが太陽風イオン, 右のピークが Ion Beam) Ion の  $V_x-V_y$  面での分布, 磁場の Y, Z 成分 (横軸: 空間座標 X)

# Cusp 領域における地磁気脈動

加藤 愛雄 (東北大名誉教授) 利根川 豊 (東海大, 航空宇宙)  
友村 清 (東海大, 航空宇宙)

最近 space における広域の領域で人工衛星による地磁気脈動の研究が盛んに行なわれているが、地上における常時観測の立場では、Cusp 領域での観測が有益である。

即ち昼間では magnetopause から magnetosheath 領域の現象を、夜間では magnetotail の領域の現象をとらえる事が出来る。ここには 1974. カナダ北極圏の Cusp 領域



下にある Cambridge Bay (CB) ( $\phi = 76.8^\circ$ ) および、極光帯には同経度上の Fort Smith (FS) ( $\phi = 67.3^\circ$ ) での誘導磁力計による同時観測の一つの例を示した。

上段の図はその記録例である。

中段の図は特に長周期部分の dynamic power spectra

で、周期  $260^s, 140^s, 90^s, 65^s$  の卓越した長周期波動と  $40^s$

以下の短周期波動と  $10^s$  以下の更に短周期部分とに明らかに区別出来る。

このうちで長周期部分は、GEOS.2 によって観測された、Boundary Oscillation (Boundary Crossing) と Boundary Sheath に近接した領域で卓越している ULF 波動の同期スペクトルと殆んど一致する。

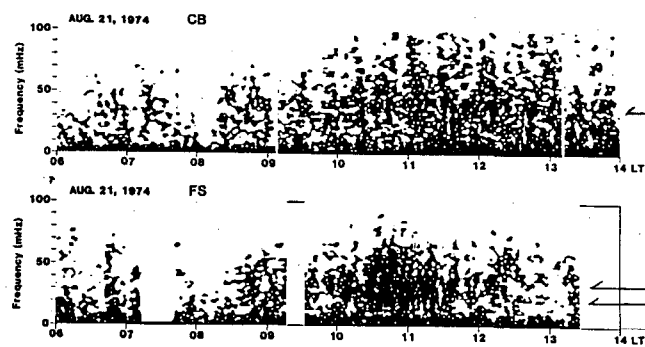
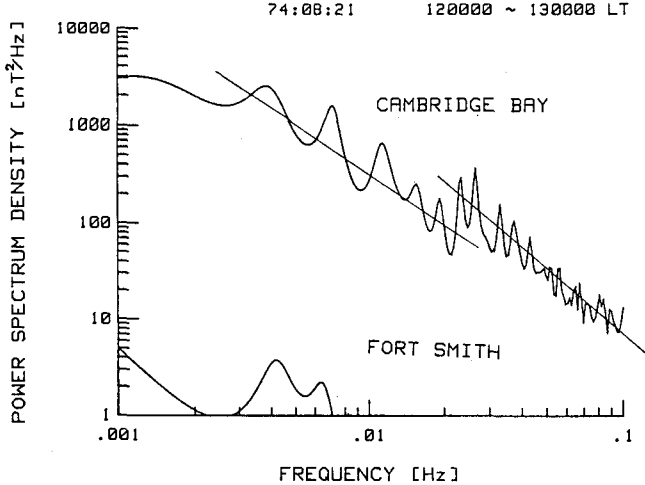
$40^s$  以下の短周期部分は全く別の機構によるもので Sheath 内で発生した upstream に伴う波動であると思われる。

下段の図は CB および FS での dynamic Spectra で、個々

明らかなように CB では広範囲の脈動が観測されるが FS では  $10 \text{ sec}$  以下の短周期変動は全く見られず  $pc 4, pc 3$  帯で卓越している様子が見える。

これは磁気圏卓越周期と共鳴している事を示しているものと思われる。

今回は昼間における脈動のことに注目して解析した結果を報告する。





$L=1.7$  より  $L=3.2$  の間の  $P_c3$  脈動

坂 翁 介 (九大 理)

$L=3.2$  ( $55^\circ N$ ) より  $L=1.7$  ( $40^\circ N$ ) の間にもうけらした AFGL の磁カ計ネットワーク データを用い、中緯度  $P_c3$  脈動の空間的な位相構造を調べた。

1) 東西方向の波数 ( $m$ ) は 5 以下で高緯度の  $P_c3$  (例えば Olson and Rostoker (1978)) よりずっと小さい。伝播は昼側より夜側へ向い、これは今までの Herron, Green, M-J and Southwood の結果のほとんど一致している。

2) 同じ経度上の 2つの station 間で、緯度方向の伝播を調べたが、H成分と D成分で伝播速度が異なる。H成分の速度は D成分のほぼ 4倍で南から北へ向う。緯度方向の伝播は、経度方向の伝播とちがって地方時に依らない。

3) 水平面内成分の位相差分布と上記の各成分の空間的な位相構造は高緯度  $P_c5$  のそれに酷似している。

中緯度  $P_c3$  は Shear Alfvén 波の定在波モードと考えられるが、東西方向の伝播の様子には色々なケースが存在すると見え、その点では高緯度の脈動より複雑である様に感じる。

海外広域多矣同時観測に基づく Pc3 脈動と Upstream wave との関連性について

湯元清文・斎藤尚生・CINPULF観測グループ・MILCULF観測グループ  
(東北大・理)

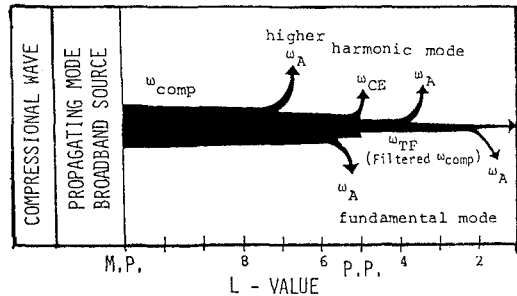
低緯度 Pc3 型地磁気脈動の発生が、太陽風速度と惑星間空間磁場の方向に依存することから 1960 年代に明らかになったことから、Pc3 脈動の磁気圏外部起源説が提唱された。又、地上で観測される Pc3 の周波数 ( $f$ ) が惑星間空間磁場強度  $|B_{IMF}|$  と良い相関関係 ( $f(\text{mHz}) \approx 6.0 \cdot B_{IMF}(\text{nT})$ ) を示すことが 1970 年代頭初に発見されたこと以来、Pc3 の発生源としての upstream wave が注目されてきた。然しながら、地球磁気圏内部に発生し得る HM 波動の中に、Pc3 帯の結合共鳴振動 mode が多く存在する (Yumoto & Saito, 1983) 為に、Pc3 の発生源、磁気圏内の伝播経路等についての明確な結論が得られず今日に至っている。

この未解決の問題を解くべく、我々の研究 group は日本の女川地磁気観測所 (至 = 28.6°, 経 = 208.1°) を基盤にして、以下 3 回の海外多矣同時観測を行った。(1) Circum Northern Pacific ULF Observation Project (CINPULF); Jan. 20 - Feb. 27, 1981, College (64.9°, 147.8°), San Gabriel Canyon (42.4°, 305.0°), Ewa Beach (21.3°, 267.9°)。(2) Mid-latitude Conjugate ULF Observation Project (MILCULF); Nov. 3, 1982 - Jun. 30, 1983, Beveridge (-46.6°, 222.3°), Townsville (-28.1°, 220.6°)。(3) Subtropical Conjugate ULF Observation Project (SUTCULF); May 27 - Jun. 14, 1983, Chung-Li (13.8°, 189.5°), Cepu (-18.3°, 182.5°)。

本講演においては、CINPULF (COL, SGC, ONW) と GOES3 (L=6.6) で観測された Pc3 周波数と ISEE3 による得られた IMF 強度との相関性、及び MILCULF で得られた Pc3 の波動特性についての data 解析結果から、以下に要約される Pc3 地磁気脈動の発生及び伝播機構が明らかになったことを報告する。

Bow shock 上流に反射された数 KeV から 10 KeV の Ion 粒子の cyclotron 共鳴による発生した有限の低周波数帯域の compressional mode の upstream wave が、IMF の cone angle  $\theta_{XB} \equiv \angle(\hat{B}_{IMF}, \hat{X}_{SE})$  の小さい時に地球磁気圏内に侵入し、磁気圏深部まで伝播している。この compressional mode の Pc3 は磁気圏内部を伝播するにつれて、磁気圏内部のより小さな領域に存在し得る様々の Pc3 帯の HM 波動 (下図) と結合共鳴振動しているものと考えられる。よって、地上の 1 観測点では、この領域を卓越する Pc3 帯の結合共鳴振動 mode のみ強調されて観測される為、Pc3 の発生及び伝播機構の全体像が今日まで明らかにならなかった大きな理由の一つと考えられる。

PROPAGATION MECHANISMS OF Pc3's IN THE MAGNETOSPHERE



参考文献

Yumoto & Saito (1983) *J. Geophys. Res.*, **88**, 10041.

Pc 3 脈動に伴う CNA・VLF 放射 modulation

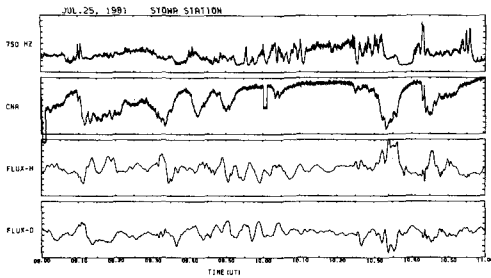
佐藤 夏雄      渋谷 仙吉      樋口 喜啓  
 (極地研)      (山形大・理)      (山形大・工)

Pc 3 に関連した現象として、準周期的 VLF エミッション (QP エミッション) が極域でしばしば観測され、詳しく研究されてきた。さらに、地磁気活動度が高く、Pc 3-5 脈動の活発な午前側には CNA pulsation も時々観測される (図 1)。

CNA は高エネルギー電子の降下に伴って起こされる現象であるから、Pc 3 脈動と QP エミッションとの相互作用等の波動-粒子相互作用を解明する上で重要なデータと地球上に提供していることになる。

— 解析方法 —

1981 年から昭和基地で観測された、Pc 3 脈動に伴って CNA pulsation, QP エミッションが同時に観測された例を記録紙上より見出した。そして、南極電算機で収録したデジタルテープを用いて、大型計算機の会話型ソフトウェア解析装置により現象相互間のコヒーレンシ、位相を解析した。



QP エミッション, CNA pulsation, 地磁気脈動の例。

— 解析結果 —

1982 年 9 月 20 日の例について、CNA pulsation, ULF (H), (D), QP エミッション (750 Hz) の相関解析を行った結果、次のような興味深い事実が明らかになった。

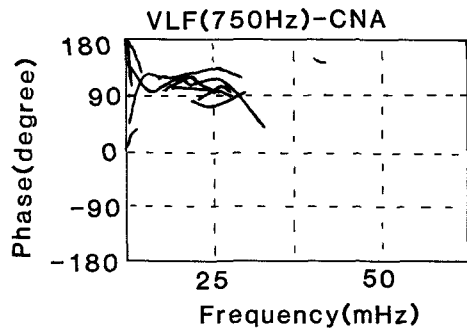
i) コヒーレンシ

CNA pulsation と QP エミッションとの相関が最も良く、逆に QP エミッションと ULF (H) との相関が最も悪い。

ii) 位相差

- ULF (H) は CNA pulsation より  $0 \sim 90^\circ$  遅れている (北向きと正、吸収を正とする)。
- ULF (D) は CNA pulsation より  $180 \sim 270^\circ$  遅れている。→ ULF (H) と ULF (D) との位相差は約  $180^\circ$  である。
- QP エミッションは CNA pulsation より約  $90^\circ$  進んでいる (図 2)。図 2 から明らかのように Pc 5 帯の周期でもほぼ同じ位相差を示す!!
- QP エミッションと ULF (H), (D) との位相差に周波数依存性がある。

SEP. 20, 1982



QP エミッションと CNA pulsation の位相差 (相関係数 0.5 以上についてプロットした)。

PC3 脈動に伴うQPエミッション周期のIMF強度依存性

湯元清文・佐藤夏雄  
(東北大理) (極地研究所)

極域におけるQP emissionの強度変化がPC3帯の地磁気脈動と相関が良いことから、磁気圏内のPC3脈動に伴う磁場変動が、VLF-emissionの発生機構に深く関与しているものと考えられている(Sato & Fukunishi, 1981)。極域で観測されるPC3の周期帯(10-45秒)の磁場変動は、磁力線共鳴振動のhigh harmonic mode, cuspもしくは磁気圏境界層の磁場擾乱の侵入成分、朝方のauroral substormに伴う電離層電流変動による磁場変化等の様々な成分が混在して形成されているものと考えられる。一方、PC3の発生機構がBow shock上流のupstream waveと深く関係していることを示唆する、中低緯度PC3周波数と惑星間空間磁場強度 $|B_{IMF}|$ との関係式  $f(\text{mHz}) = 6.0 \cdot B_{IMF}$  (nT) が明らかに示されている。PC3帯のcompressionalな伝播性のupstream waveがMagnetopauseを横切り、磁気圏内を伝播し、磁気圏中に存在する様々なPC3帯のHM波と結合共鳴振動するものと思われ( Yumoto & Saito, 1983)。

本講演では、昭和基地で観測されるType I QP emissionを励起するPC3脈動は、磁気圏内で観測されるPC3脈動全体像の中でどの様な位置づけにあり、又、どの様なmodeであるのかも明らかにする為、July 21-Sept. 17, 1977, 昭和基地で観測されたQP emission及び、同期

間・同子午線面上に近いHermanus (L=1.8)で観測されたPC3の周波数とIMF強度との相関性についてこの解析を行った。その結果、以下のことが明らかにされた。

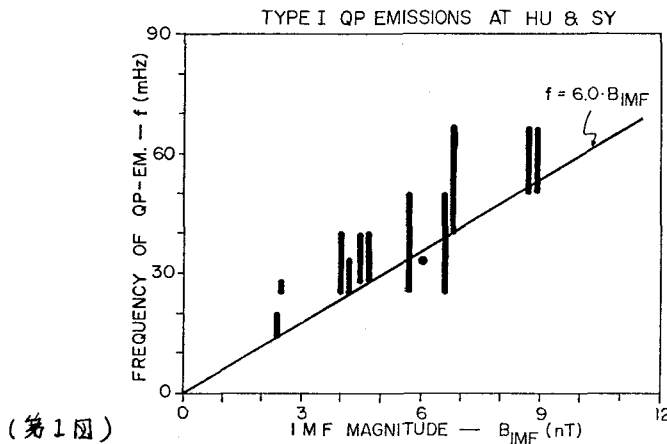
(1)、極域で観測されるPC3帯の磁場変動周波数とIMF強度との相関性は、中低緯度で観測されるPC3周波数とIMF強度との相関性に比べて悪いが、極域のType I QP emission周波数とIMF強度には明らかな相関性が見られる(第1図)。

(2)、HE(L=1.8)で観測されるPC3周波数と昭和基地(L=6.3)で観測されたQP emission周波数は、必ずしも一対一に対応しないが、ほぼ同じ周波数帯域にあり、どちらもIMF強度依存性が観測される。

以上の解析結果から、極域のType I QP emissionの励起に関与するPC3脈動は、磁気圏の赤道付近を伝播するcompressional modeのupstream waveに起源を持つと結論される。その伝播性のcompressional upstream waveは、磁気圏深部まで侵入し、低緯度PC3帯のHM波と結合共鳴振動しているものと解釈される。

参考文献

Sato & Fukunishi (1981) *J. Geophys. Res.*, **86**, 19-29.  
Yumoto & Saito (1983) *J. Geophys. Res.*, **88**, 10041-10052.



(第1図)

# ポラー・パトロール気球(PPB)

## I. 気球システム

西村 純\*・小玉正弘\*\*・鶴田浩一郎\*・福西 浩\*\*\*・他PPBWG  
 (\*宇宙研,\*\*山梨医大,\*\*\*極地研)

### 1. はじめに

ポラー・パトロール気球(PPB)は南極地域の上空を周回して長時間観測を行なう気球システムである。この計画は約10年前に小玉が提案し、また最近その科学的重要性が鶴田により再び指摘されるに至り、ワーキンググループ(PPBWG)を作って実行を目指すことになった。ここでは、PPBの実現性に関する preliminary な検討結果を紹介し、併せて今後研究すべき課題について指摘する。

### 2. 気象学的実現性

放球追尾の面で最も実現性の高い南極大陸周縁(ほぼ70°S近い、周長13750km)の30km高度の周回飛翔の可能性を上層風資料に拠って吟味する。長距離飛翔のため風向逆転期(春秋)は不適当と考えられ、まず盛夏と厳冬期について概略の調査を行なって下表を得た:

| 季節                             | 盛夏<br>(11月末~1月中旬)   | 厳冬<br>(5月末~7月中旬)            |
|--------------------------------|---------------------|-----------------------------|
| 平均風向風速                         | 偏東風<br>25km/h       | 偏西風<br>180km/h              |
| 風速分散 <small>(東西成分南北成分)</small> | { ±10km/h           | { ±43km/h                   |
| 平均周回時間                         | 約22日<br>西回り         | 約4日<br>東回り                  |
| 平均南北変位                         | ±2°<br>(±200km)     | ±6°<br>(±700km)             |
| 予想航跡                           | ・ほぼ緯度円上<br>・周回率~10割 | ・波高成分顕著<br>・突然昇温で風向逆転もあり得る。 |

この結果から気象学的にはPPBは盛夏期に実施するのが最適で、かつその場合の実現性は非常に高いことがわかる。

### 3. 気球工学的検討I (バラストの問題)

ゼロプレッシャ気球による長時間観測の際に一般に問題となる日没時の気球内ガス冷却

に伴う気球降下に対するバラスト補償について検討する。幸い盛夏には南極周縁緯度では日没が無いので、北方に大きくずれない限り総重量の10%程度バラストを搭載したゼロプレッシャ気球が1ヶ月程度飛翔することは十分可能であると考えられる。前述の風速分散資料から70°Sにある気球が日没のある緯度に至る確率は12月中ならい割に満たず、11月と1月で約3割と推定される。従ってバラストについては盛夏の場合ほとんど問題は無いと言える。

### 4. 気球工学的検討II (テレメータリングの問題)

一受信点からの追尾は500~600kmが限界となるので、(1)予想航路近傍の数ヶ所の観測基地で受信する方式、或いは(2)データレコーダを搭載し周回して再び初期受信範囲内に戻った時にコマンドで呼出して地上に送信させる方式、のいずれかを採用せねばならない。(1)の場合は国際協力を要することもあり、現実的には(1)と(2)の折衷型を考えるのが有効であろう。(2)については盛夏の場合、容量10Mbitのメモリが得られれば10<sup>7</sup>bit/2・10<sup>5</sup>s~5bit/s程度でデータ採取でき、呼出しについては受信可能範囲通過時間(≈10<sup>5</sup>s)内に10<sup>2</sup>bit/s程度で地上送信できればよいことになる。なおアルゴス衛星の利用は、データ採取量ではずっと少なくなるが地上追尾できない区間内の気球位置決定と搭載機器モニタには有力である。これらのことを考えると、データメモリ、テレメトリコマンド機構、アルゴスシステムなどをさらに検討してゆく必要が生じてくる。

### 5. 今後の研究課題

上述のテレメータ関係の他、電源の軽量省カ化、皮膜材料を含む気球システムの問題、より詳細な気象資料解析、などが当面の課題として挙げられ、現在PPBWGによる具体的検討と技術開発研究が進行中である。

ポラー・パトロール気球 (PPB)

II. 観測内容

小玉正弘 (山梨医大), 鶴田若一郎 (宇宙研), 国分征 (東大理), 鎌田哲夫 (空電研)  
 嘉納宗靖 (気象研), 福西浩 (極地研), 神沢博 (極地研) ほかに PPB 観測 WG

1. はじめに

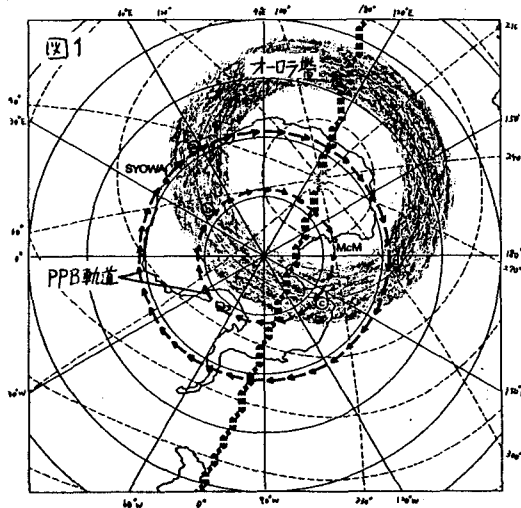
Iで述べたように, PPBの実現性が高いことが分ってきた。そこで, このシステムを利用してどのような科学観測が考えられるか, それによってどんな科学的成果が期待できるかについて, 観測WGを結成し検討していくことになった。システムの性質上, 単に超高層物理分野だけでなく, 気象, 宇宙放射線, 雪氷等多くの分野にまたがって利用される可能性があることを特色とする。現段階までの検討内容について分野別に報告する。

2. 観測の狙い

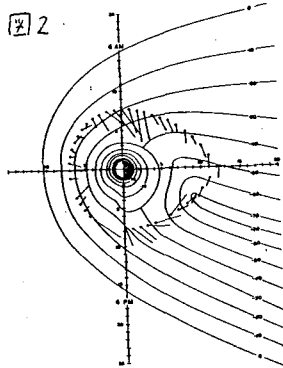
PPB観測としては, 地上, ロケット, 衛星などの他観測手段では取得が極めて困難もしくは, 不可能な物理情報に重点を置くべきことは, 論をまたない。具体的には次の2つとなる。

- a) ある物理量の南極全域にわたる空間分布
- b) トランジェントな現象の極域にわたる発達過程

a) は長期間にわたって平均化したパターンでなく, できるだけ短い期間に作られたものが連続的に複数個得られることが理想である。そのため並べに b) のためにも, 多地点同時観測を組むたい。例えは, 図1に示し



たような2つのPPB軌道の上に2つずつ気球を浮遊させると, ②-④で示したオーロラ帯の異なる4点の情報と同時に得られることになり, その物理的意義は極めて大きいだろう。具体例として, 電離層電場の気球観測から得られた磁気圏内の対流パターンを図2に示したが, これの瞬時値を作るのがPPBの目的の一つとなる。他に,



c) 無人観測点間の通信連絡への利用も考えられる。

3. 観測項目

現在次の項目が考えられている

が, fixしたものではなく新しい提案が待たれている。

a) 超高層物理

オーロラX線, 電離層電場, VLF放射, オーロライメージ。

b) 気象

日射量, 赤外放射量の上向き, 下向き成分。これらの量から雪面ごとのアルベド, 放射収支の実態を知る事ができる。

c) 宇宙放射線

宇宙ガンマ線。長時間フライトによりガンマ線バースト検出の確率は大巾に増える。

d) 雪氷

雪面高度分布。TWERLE<sup>75</sup>では60mmの精度で決定しているが, これ以上の精度(例えばレーザー高度計)で可能なら大いに意味がある。

1985年共役点気球観測計画

福岡 浩・佐藤夏雄・藤井良一・山岸又雄 (極地研究所)  
 国分 征 (東大・理)、西村 純 (宇宙科学研究所)

昭和58年度より3.0年計画として“アイスランド・昭和共役点観測”が始まった。58年9月には昭和基地(SYO)の共役点付近に位置するHUSAFELLに観測所を建設した。そして59年8月にはみずほ基地(MIZ)およびマラジョージヤ基地(MOL)の共役点付近に位置するISAFJÖRDURとHUSAVIKに観測所を建設する計画である。これら地上の所の観測所が完成すると3組の共役点对で、地磁気、VLF波動、CNA、オーロラ等の同時観測が実施できることになる。

この地上共役点観測の計画に呼応し、共役点観測の最終年に当たる1985年7月にノルウェー・デンマーク、アイスランドなどの国々と共同し気球観測を実施するよう計画を進めている。図2に示すようにノルウェーのAbelvetから放球すると1日~1日半後に気球はアイスランド上空に達し、地上共役点観測を確切ることになる。従って地上と気球の同時観測が可能となる。気球ではオーロラを観

測する予定である。観測データは放球点とアイスランドのHUKAVIKの2ヶ所でテレメトリー受信される。図2の内は受信可能な範囲を示す。図1の昭和基地の共役点からの2方向のビームはVHFドップラーレーダの観測範囲を示し、気球がこの上を通れば電場の共役点観測が可能となる。

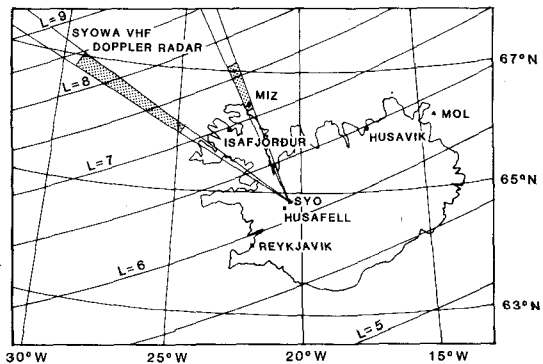


図1. アイスランド地上観測網と昭和、みずほ、マラジョージヤの共役点。

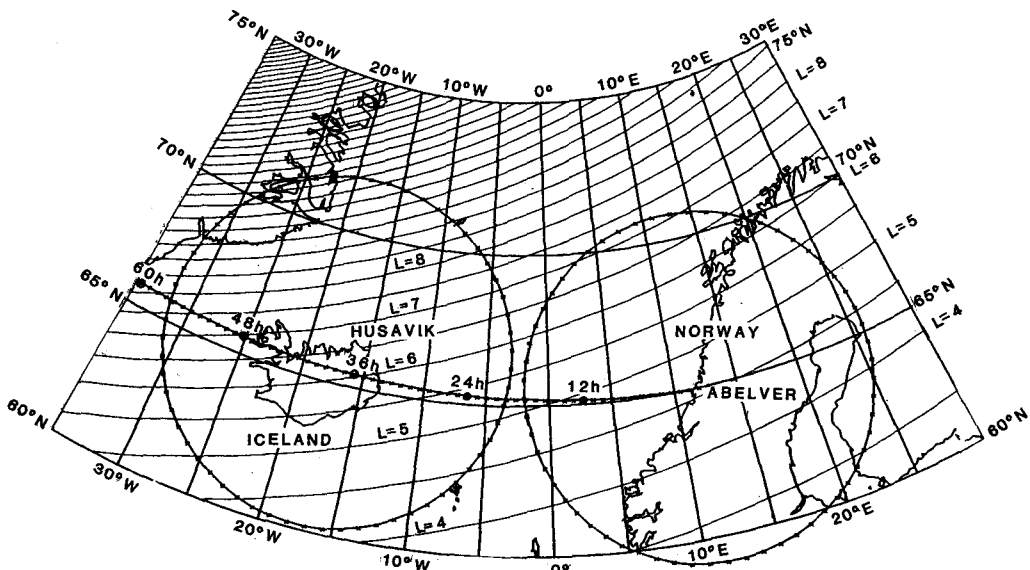


図2. ノルウェーのAbelvetより放球した気球の予想飛跡(7月)。風は西向き10m/sを仮定。内はHusavikとAbelvetのテレメトリー範囲を示す。

## EXOS-D

——宇宙と南極の共同研究

文家 寛 (東北大理) 及び EXOS-D. W.G.

地球周辺の電磁現象にかかわる多くの謎は宇宙空間研究時代の25年間の研究成果として次々に解明されてきた。そして、最後に残された謎の一つがオーロラ現象である。勿論、この現象も20年前の認識とは格段に進み、いまやその最も核心にせまる問題がのこされている。

核心にせまる問題とは、粒子加速機構であるが、歴史的にみる時、磁気圏尾部の再結合が粒子加速の原因の全てであるかと思われた時代もあったが、これに対して磁気圏の対流が原因で、その電場の作用に原因を求めようとする理論もあった。そうした背景の中で重要な役割を荷負って登場してきたのが、ストックホルムグループの磁力線平行の電場の考えであった。なかでも、実験室内のプラズマ現象とのアナロジーに端を発するダブルレーヤーの考えは、もはやその検証をさけて通る事はできないものになっている。

一方、光学的現象としてとらえるオーロラの研究のもつ役割は、相変わらず重要であるとしても、さらにこの推測されているオーロラ粒子の加速域をかいま見ることができるようになってきた。いうまでもなくオーロラキロメートル放射(AKR)の存在である。その発射メカニズムは次第に追い詰められつつあるが、この原因を明らかにする事は、この加速域の構造をさぐる電波プローブを得ることにつながる。さらに、このAKRは、木星や土星といった磁化された惑星のもつ電波放射のメカニズムを明らか

にすることにも、さらに宇宙の謎パルサーやX線バースターのようなニュートロン星の電波放射機構を解明してゆく鍵をあてるであろう。

オーロラ粒子の加速域に入りこれにともなう諸現象を明らかにするため、EXOS-D計画が文部省宇宙科学研究所にて、計画の前段階のスタディがW.G.の手ではじめられたのは、1981年4月であったから、はや三年目を迎えたがこの間に計画の骨子が立てられた。その重量300 kgのこの衛星に搭載される予定の機器は

- i) 電場, ii) 磁場, iii) 高周波プラズマ波
- iv) 低周波プラズマ波, v) 粒子エネルギー
- スペクトル, vi) プラズマプローブ波動
- 励起, vii) 可視オーロラ像, viii) 紫外域オーロラ像, ix) プラズマエネルギープローブ
- x) 質量分析

を観測するもので、軌道傾斜角 $75^\circ$ をもち、遠地点10,000 km, 近地点400 kmの軌道に投入され、オーロラ粒子加速域にひそむ謎をあますところなく解明する事をめざしている。

このEXOS-Dの観測は、1989年に実施されるべくいよいよ1984年4月より実施段階に入るが、その観測は1990年代初頭に計画されるISTP(国際太陽地球系物理学協同研究)のプログラムの一環となり、南極観測等の重要な地上観測プログラムと協同の形で実施されるように運んでゆきたい。



## EXOS-D 受信設備

若野利夫 (電気通信大学)

EXOS-Dを昭和基地で受信するために、衛星の軌道要素、テレメータ系の性能を考慮すると次の問題がある。

1. アポジーが1万km, 衛星高度は時間の経過に従ってペリジーの400kmまで順次変化をする。これによって、ペリジー附近の衛星の通過可視時間は数時間となる。このことは、パデスタルの回転レートは極端に早い(ペリジー)から極端におそい範囲でスムーズな回転特性を持たねばならない。
2. 最大受信距離、max rangeは約1万6千700km。衛星側の送信出力2ワット。アンテナは、指向性ビームアンテナでは無く、モノポール形とすると、送信側のアンテナ利得は-10dB程度となる。

以上の諸点を考慮して、昭和基地の地上局の必要総合性能の概算を行うと、

○ 伝播損失

1万km, 2.2GHzでは 179.2 dB  
1万6千km, " " 183.3 dB

伝播損失と送信アンテナ、電力を考慮すると、

○ 受信電界強度は

1万kmで 186.2 dB  
1万6千kmで 190.3 dB

となり、標準の250MHz帯の基準受信機の入力を-110dBとすると、

1万kmで、76.2 dB, 1万6千kmで  
80.3 dBのGain差となる。

プリアンプ、ダウンコンバーター、トラックキングコンバーター等の標準的利得を現在の支取品と比較すると、

米国製A社 34.7 dB, NF 1.0 dB  
米国製B社 36.1 dB, NF 2.1 dB  
国産C社 31.2 dB, NF 2.2 dB  
国産D社 30.5 dB, NF 2.5 dB

初段にパラメトリックアンプを使用した時、米国製A社では、更に4.5dBの改善は可能と謳われている。

従ってA社で考えると、アンテナGainは

1万kmで、41.5 dB, 1万6千kmで、  
45.6 dBを必要とする。

カセグレインアンテナを使用した場合のアンテナ効率を70%と仮定すると、アンテナパラボリックリフレクターの直径は、A社の場合、

直径10mで、45.6 dB、

となるので、最大距離の時の受信は、S/N比0dBで受信ができる。

尚上記の値は、無変調時のものであり、PCM-PMで136 kbit/sec, 変調バンド巾300 kHzとした時に、約3dBのゲインを差引くため、直径10mで、

1万kmで、数dBのマージンで受信可能となる。

直径10mのパラボラアンテナは、風速60m/secにて耐え、30m/secで運用するためには、パデスタルの重量がA社で約1.7トン、C社で2.5トンとなる。これにレドームをかけることによって、A社では約1.1トンまで重量が軽減されるが、レドームに金額がかかり、トータルでは変化が小さいようである。

なおアンテナの組立ては、A社が非常に簡便な方式を開発して居り、国産では若干メンテナンスに問題(風速30m以上で)があるようで、国産品の改善の急を切にねがうものである。

以上の非常に簡単なエスティメイトの結果EXOS-Dの昭和基地受信には、直径10mのパラボラアンテナが、少なくとも必要であり、この昭和基地への設置、輸送等の問題価額の問題が残るが、EXOS-Dが極域上空の観測を目的とする以上、昭和基地における受信の学術上の価値は、はかり知れないものがあり、その実現への願いや切である。

セルロンタ-ネ地域における観測計画について

—日本南極地域観測事業全体計画展望と超高層観測計画概要—

鮎川 勝, 佐藤夏雄, 山岸久佳 (国立極地研究所)

1957年に始まった日本南極地域観測隊(JARE)の調査・観測研究活動は、既に4半世紀を経過した。JAREはこの南極基地を中心として多方面の学術分野が参画する国際的にも稀有な総合観測事業として発展し、その学術的成果及び設想的向上は着実に進展と評価を有するに至っている。一方近年野外調査を主たる研究対象とする分野及び従来の研究成果に基き、さらに学術的考察の効果を高める分野から調査研究対象地域の拡大が重要課題として提起され、新観測船「しらせ」の就航と相俟ってJARE将来計画の一環として速やかな対応が要望されてきた。

当面の調査研究対象地域候補の一つとしてセルロンタ-ネ山地地域(図1)が地層・雪氷サンプルを中心として1978年秋頃から検討されてきた。

ここでは当地域における全体的な観測・設営計画の展望と超高層観測分野の初期計画について報告する。

1. 観測拠点予地の自然環境及び規模

(1)位置: 71°27'26"S, 29°09'00"E ROAエス山塊付近  
標高約900mの雪面上

(2)予想自然条件: 年平均気温 -20~-25°C  
最低気温 -50~-55°C  
瞬間最大風速 50~60%sec 概ね南向S-E

(3)規模: 運用上P1, P2の2期に区分し、耐用年数10年期とする。  
●P1期は越冬隊員8名, 主屋, 通信発電作業棟, 越冬を開始し、翌年観測拠点を追加する(2028~29年)  
●P2期は居住棟を追加し、12~15名程度の越冬を予想(30~32年)

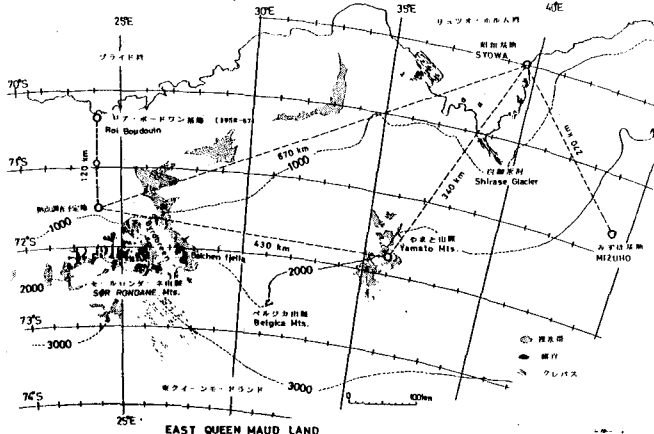


図1. セルロンタ-ネ山地と観測拠点建設予定地

2. 観測拠所の役割と対応観測分野

(1) 夏期野外調査の拠点としての役割

[航空機使, 通信確保, 燃料・食糧補給, 車輛整備等]  
●地形学, 土壌学, 雪氷学, 生物学, 湖氷地  
●固体地球物理学, 古地磁気学

(2) 夏期又は冬期内陸調査の支援拠点としての役割  
[輸送拠点, 通信確保, 旅行隊出発地としての機能を有す]  
●雪氷学, 隕石学

(3) 越冬臨時観測拠点の役割

●気象学, 超高層物理学, 地磁学, 生物学, 医学

(4) 越冬連続観測の役割

●気象学, 超高層物理学, 固体地球物理学

3. 超高層観測計画概要

(1) 研究課題

オロラ諸現象の経度的(地方時)特性の研究  
—昭和基地を中心とした多層観測—

(2) 目的

- a) オロラ微細構造の経度的(地方時)時間変動の解明  
及び波動現象の伝達方向伝播特性の研究
- b) 観測拠点立地条件を利用したオロラ降込み粒子と波動発生領域の微細構造解明に関する無人テレビ観測計画
- c) 極軌道科学探査機 EXOS-D の昭和基地観測拠点呼称した地上多層観測計画
- d) 地球気象特性研究に対する面的・定量的情報の収集

(3) 観測項目

- a) 地球気象成分変動観測 --- フラットゲート観測計
- b) 地球気象成分観測 --- イオンospheric 観測計
- c) ELF 人工自然電波観測 --- ELF 人工自然電波受信機
- d) 電離層吸収観測 --- リオメーター
- e) オロラ光学観測 --- 固定カメラ  
携帯カメラ  
全天カメラ  
全天TV

※テレビ利用による多層観測計画は、a)~d)

(4) 実施計画案

- JARE-27(1986) 隊編成の状況により打ち
- JARE-28(1987) { 拠所建設追加  
● 拠所建設後の観測的発展  
● 上記2の状況下での拠所における地上観測計画実施
- JARE-29(1988) { 拠所における地上観測計画確立  
● 物資揚降装置用として無人テレビ設置
- JARE-30(1989) { 拠所における地上観測計画統合  
● 無人テレビ-2隻追加設置
- JARE-31(1990) ● 多層観測計画通年度実施
- JARE-32(1991) 諸情勢を考慮した上記打ち  
(原則的には不参加)

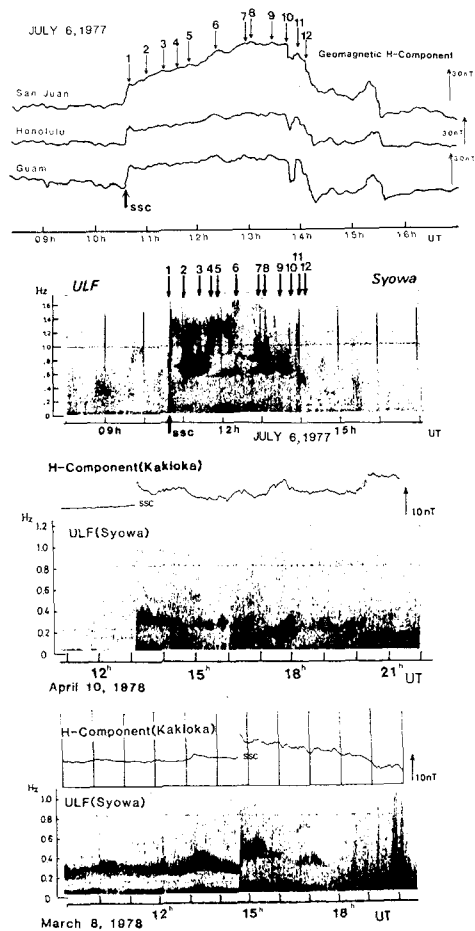
U L F 波 動 に 見 ら れ る S C の 効 果 ( R e v i e w )

石 田 十 郎 東 京 大 学 ・ 理 学 部

S C (Sudden commencement) は、太陽風の動圧の急激な増加による磁気圏の圧縮現象として古くから研究が行われており、特に近年、地上のIMS chainを中心としたNetwork, GOES, SMS, ATSなどのいくつかの静止衛星のデータを用いた解析により、その観測的な特性は、かなりの点で解明されてきた。このようなSC現象は、地球磁気圏にとっては急激な磁場変動をもたらす、その結果として磁気圏内の粒子・波動現象に様々な影響を与えSC効果として観測されている。特にULF波動に対するSCの効果としては、長周期の現象では、Psc4,5,6と呼ばれる現象があり、SCによる磁気圏の圧縮に対するResponseとしての、磁力線の減衰振動と考えられている。この現象については地上の磁場観測からその存在が知られていたが、最近では静止衛星のデータを用い磁気圏内での空間的構造が詳しく調べられている。また、Pc1-2領域の現象については、SCに伴う現象の励起、強度・周波数の変化などが知られており、定性的にはPc1の発生の原因となる高エネルギー粒子が磁場の増加によりベータトロン加速をうけ温度異方性が増大しcyclotron instabilityが起りやすくなることで説明されている。

このようなULF波動現象に対するSC効果についてこれまでの研究のReviewをおこなう。

右図には昭和基地で観測されたPc1のSC効果の例を示す(Hirasawa,1981)。



極域多点観測によるPg脈動の特性

利根川 豊  
東海大工

福西 浩  
極地研

A. Hunter  
U. of Lancaster

Pg脈動 (giant pulsation) は静穏時にオーロラ帯で観測される特異な磁気脈動として昔から注目されてきた。近年は北米や北欧での多点観測 (Rostoker et al., 1979, Galbriun, 1980) および STARE レーダでの観測 (Poulter et al., 1983) 等により Pg の波動特性が明らかになりつつある。しかし、その振動モードに関しては even mode, odd mode の両論があり (近年は even mode 説が主) 決定的な証拠は示されていない。

我々は1977年8月~9月に実施された昭和、みずほ基地とアイスランドの Husafell での共役点同時観測で得られた4例のPg脈動記録を基にその波動特性を調べた。特に昭和—Husafell 共役点間の結果はそれら Pg が odd mode の振動である事を強く示唆している。即ちH成分は同相、D成分は逆相の関係にある。しかし、この解析から Pg の振動モードを決定する場合には Pg の波長が短い (位相の空間変化が大きい) ことを考慮する必要がある。

そこで今回はアイスランドの観測点を6点に増し、南北共役点計8点での同時観測データを詳細に解析し、共役点のずれによる位相差も考慮した結果を報告する。

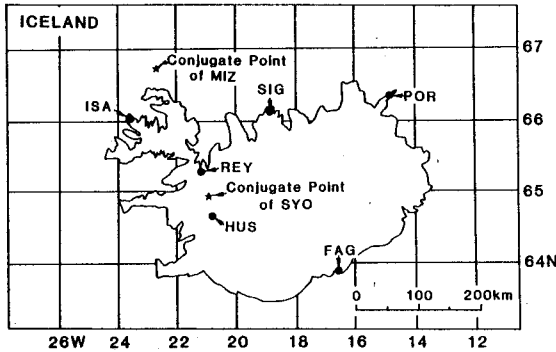


図1 アイスランドの観測網と昭和、みずほ共役点位置関係

Table 1. Geographic and geomagnetic coordinates of stations.

| Station       | Geographic |        | Magnetic       |        | Local time | L value  |      |
|---------------|------------|--------|----------------|--------|------------|----------|------|
|               | Lat.       | Long.  | Invariant Lat. | Long.  |            |          |      |
| Hizuho        | MIZ        | 70.7°S | 44.3°E         | 68.3°S | 70.7°E     | UT-00:21 | 7.30 |
| Syowa         | SYO        | 69.0°S | 39.6°E         | 66.4°S | 70.5°E     | -00:22   | 6.25 |
| Husafell      | HUS        | 64.7°N | 20.9°W         | 66.5°N | 70.3°E     | -00:23   | 6.28 |
| Isafjordur    | ISA        | 66.1°N | 23.1°W         | 68.2°N | 69.7°E     | -00:25   | 7.27 |
| Reykjaskoli   | REY        | 65.3°N | 21.1°W         | 67.1°N | 70.7°E     | -00:22   | 6.59 |
| Sigljufjordur | SIG        | 66.2°N | 18.9°W         | 67.6°N | 73.2°E     | -00:11   | 6.87 |
| Thorshofn     | POR        | 66.2°N | 15.3°W         | 67.0°N | 76.2°E     | 00:00    | 6.57 |
| Fagurhomslyri | FAG        | 63.9°N | 16.6°W         | 65.0°N | 73.2°E     | -00:12   | 5.58 |

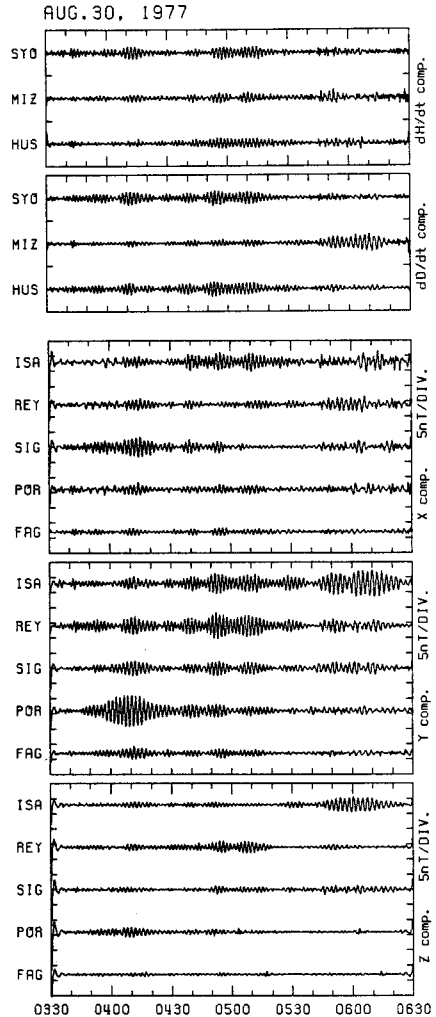


図2 1977年8月30日に観測されたPgの band pass filter (6~16mHz) 出力波形

極域多観測による $P_2$ の特性

桜井亨、福西浩、A. HUNTER  
 (東海大・工) (極地研) (Univ. of LUNCASTER)

南極昭和基地および磁気共役点を含む多  
 観測が1980年1~3月、1977年8  
 ~9月に実施された。本研究は上記期間で  
 観測された $P_2$ 型ULF波動の空間構造およ  
 び伝播特性を明らかにする事を試みた。解  
 析方法は異なる観測点間で同時観測された  
 $P_2$ の2観測点間での相互相関解析を実行し  
 た。下図は比較的孤立して出現した $P_2$ と  
 逆らひ、その $P_2$ に対するSYOWA-MIZUHO,  
 SYOWA-MOLODEZHYANA間での位相差を周波  
 数に対して図示したものである。いずれの図  
 においてもSYOWAを基準にした位相差が図示  
 され、他観測点との位相の進み、遅れに対し  
 て正負に区別されている。

結果は

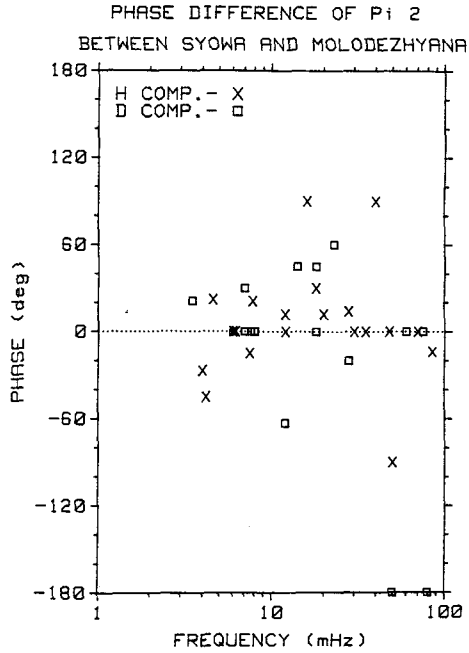
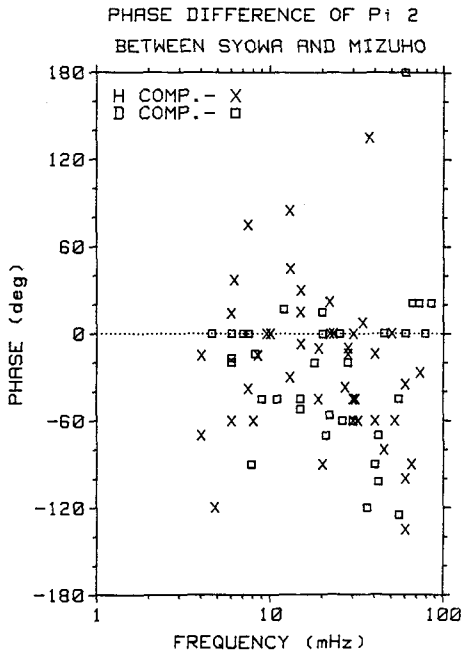
1. SY-MIではSYの位相がMIより進んでいる場  
 合が多い。
2. SY-MOL.ではMOLの位相がSYより進んでい  
 る場合が多い。
3. 上記の外に位相差零の場合もかなり起つて  
 いる。

上記の結果は $P_2$ が低緯度側から高緯度側へ  
 、また西向き(MOL.→SY.)に伝播する事を示  
 唆すると共に3の結果は $P_2$ の瞬時の空間的  
 広がりや大々の2観測点を含まずに大きい事  
 も意味している。SYとMI, SYとMOLの間  
 隔はほぼ等距離300kmであるのに対して位  
 相差の緯度、経度方向の分布は緯度方向の位  
 相差が経度方向の位相差に比較してかなり大  
 きいことも図より明らかである。

また、昼側で観測される $P_3, 4, 5$ の経度方  
 向の波数がすでにTonogawa達(1983)より明  
 らかにされているが、 $P_2$ の波数は $m \leq 6$   
 となり、 $P_3$ と同程度かより小さく、 $P_4, 5$   
 ( $m \approx 8 \sim 15$ )より超かに小さいことが判った。

一方、SYOWAとHUSAFELLの共役点観測か  
 ら $P_2$ は共役点間での磁力線の定在振動で、  
 且つその基本波として出現していることも一  
 層明らかとなった。

尚、講演では、上記観測点の他、Iceland  
 における5観測点で同時観測資料をも含み検  
 討する。



Pc3~5に伴うレーダオーロラエコー

五十嵐善良\*, 小川忠彦†, 倉谷慶和\*, 藤井良一°, 佐藤貞雄°  
 (\*電波研, †電波研平磯, °極地研)

昭和基地のMHeドップラーレーダを用いて、Pc5(150~600秒)に伴うレーダオーロラエコーの出現特性について解析した結果を報告する。

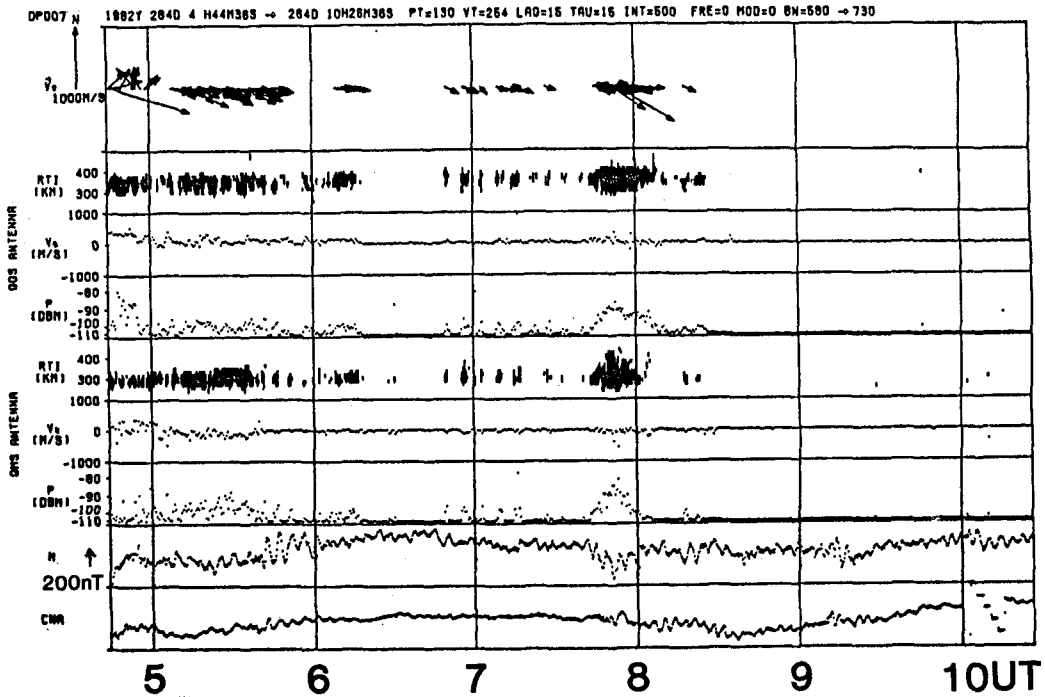
オし図に、ダブルパルス法を用いて解析した結果を示す。下から地磁気H, CNA, GMSアンテナによるレーダエコーの最大強度P, ドリフト速度V, エコー出現距離RTI, 及びGGSアンテナによるP, V, RTIを示している。0540~0600UT(イベントI)及び0650~0730UT(イベントII)の時間帯に同期的なレーダオーロラエコーが現れている。同期は、各々約300秒と約390秒でありイベントIIの方が長い。イベントIは、360mTの地磁気脈動と最大1dBのCNAの吸収を伴っている。これに対し、イベントIIは、130mTで最大0.3dBの吸収の脈動がみられ

る。しかし、エコー強度には極端なレベル差はない。

レーダオーロラのIrregularitiesは、電離層電場が15~20mV/mをこえると発達する。ドップラーレーダは、この電場を求めることができるので、Pc5の性質を調べる手段となる。昭和基地のレーダは、2つのアンテナを切替えて観測しているため、STARKEレーダのように共通の領域を見ることができない。このため一様性を仮定して電場のセンスを決めるので、Large scaleの電場を求めるとはできない。

レーダオーロラエコーとVLFエミッションの相関を調べた結果についても報告する。また、時間分解能64秒のスペクトルモードごとのPc5に伴うレーダオーロラエコーのスペクトル特性についても解析を行う。

21 Sep., 1982



第1図 ダブルパルスモードにより観測したレーダオーロラエコー解析結果

## 58年度アイスランド共役点観測

## 1. 概要

佐藤夏雄・福西 浩(極地研)

国分 任(東大理), Th. Saemundsson (Univ. of Iceland)

この観測計画は、南極にある昭和基地、みずほ基地、クラジョジナヤ基地の地磁気共役点が、アイスランドのHusafell, Isafjördur Husavikの周辺に位置するという地理的な有利な条件を十分に利用し、極域の地磁気共役点において、地磁気変化、ULF波動、ELF-VLF放射、CVA、オーロラの時間、空間変化等を多点多点同時観測することにより、オーロラ諸現象の発生機構の物理的過程を明らかにすることを目的とする。

## 一 経 過

Isafjördur と Husavik において、ノイズ調査、センサー設置場所の選定等の予備調査を行った。その結果、観測装置設置場所(民家)より、又km程度離れただけで、ノイズレベルの低いELF-VLF観測の適地を探ることができた。Husafell においては、次に述べる本格的な観測装置を設置し、9月1日より連続観測を実施した。

## — Husafell に設置した主な観測装置 —

## i) センサー

- \* Ring-cone型磁カ計
- \* サーキュラー磁カ計
- \* ELF-VLF 観測器
- \* リオメータ
- \* 全天カメラ

## ii) データ収録装置

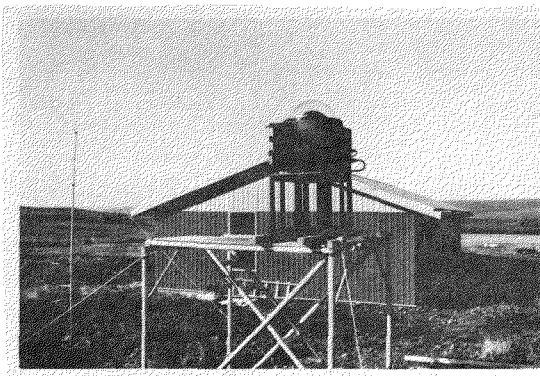
- \* デジタルテープレコーダ (TEAC DR-200B)
- \* 低速FMデジタルコーダ (TEAC R-950L)
- \* オーディオテープレコーダ (SONY TC-7960)
- \* 8チャンネル熱ペンレコーダ (三菱 8K-23)
- \* 2チャンネル熱ペンレコーダ (渡辺 SR-637)

## iii) 時計装置

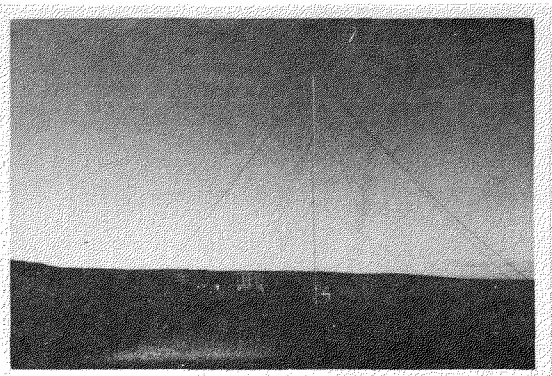
- \* タイミングレシーフタイムコード発生器  
(イギリスMSF局を受信)

## iv) その他

ELF-VLF観測器、テレメータ送信器の電源として太陽電池(320watts)を設置した。



Husafell に設置した全天カメラと民家



Husafell に設置したVLFアンテナと太陽電池

58年度アイスランド共役点観測

2. 地磁気脈動とその他の関連現象

福西 浩・佐藤夏雄 (極地研)

園分 征 (東大理)・Th. Saemundsson (Univ. of Iceland)

昭知基地の地磁気共役点、に当るアイスランドの Husafell での地磁気成分、地磁気脈動成分、ELF-VLF 波動、CNA 等の連続観測は1983年9月3日より開始された。私達の滞在中に記録した9月29日までのデータはすでに極地研究所に到着しているが、同じ期間の南極のデータは本年の冬月末に、南極観測船しらせによって持ち帰る予定である。そこで今回は共役点のデータの比較解析をする前の段階として、Husafell において観測されたいくつかの興味深い現象を報告する。

1. 9月の観測期間中頻繁に強い Pc1 脈動が出現した。特に9月13日15-16 UT には約1mTの振幅をもつ強い Pc1 現象が起り、これに伴って CNA の増加が起った (図1)。
2. Pg 脈動が、9月3日から29日までの26日間で、6回も発生した。図2は、9

月6日07 0-0830 UT に起った Pg の例である。これらの現象はすべて04-11h UT (MLT と UT はほぼ等しい) の午前側で起った。また Pg が発生すると Pc1 が弱まる逆相関の傾向が見られた。

3. 9月23日10-12h UT に出現した Pc1 は中心周波数が0.5Hzから0.3Hzまで単調に減少した。これに伴い1047-1057 UT の間 CNA の増加が起った。この現象は Pc1 に伴う粒子降下領域が時間と共に高緯度側に移動し、この時間に Husafell 付近を通過したことを示唆する。
4. 強い Pc5 脈動とそれに同期した CNA の変動がしばしば観測された。
5. 地磁気脈動に関連した QP VLF 放射が頻繁に発生した。特に9月29日1030-1100 UT には、SI に伴って QP の同期が短くなっていく現象が起った。

Sept. 13, 1983

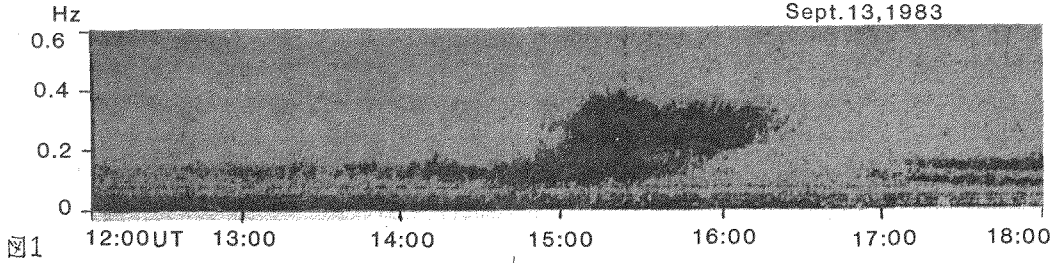


図1

Sept. 6, 1983

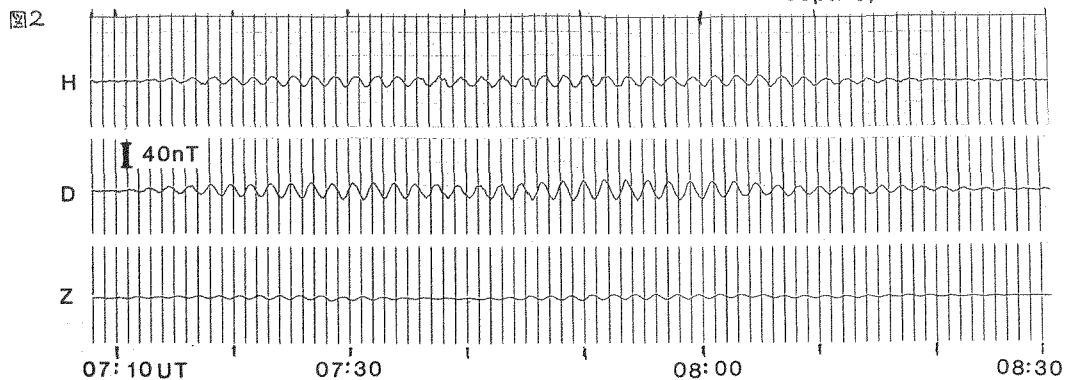


図2



## 電離層-磁気圏における3次元電流系の地上磁場効果

糸長 雅弘, 北村 泰一 (九大理工)

磁場  $B$  は、沿直電流に関連した部分  $B_{vc}$  とそうでない部分  $B_{nvc}$  とに分けることができる。

$$\begin{cases} (\nabla \times B_{vc})_z = \frac{4\pi}{c} J_z + \frac{1}{c} \frac{\partial E_z}{\partial t}, & \nabla_h \cdot B_{vc,h} = 0 \\ (\nabla \times B_{nvc})_z = 0 \end{cases}$$

ここに、 $z$  を沿直上向きにとり、 $\nabla_h$  は水平勾配を、添字  $h$  は水平成分を表わす。次に電離層を  $z=d$  にある水平薄層と考え、電離層電流  $J$  を2つの部分に分ける。即ち、電離層を通過する際に  $B_{vc}$  の変化を生ずる部分を  $J_c$ 、 $B_{nvc}$  の変化を生ずる部分を  $J_{sf}$  とする。

$$\begin{cases} \frac{4\pi}{c} J_{c,x} = -B_{vc,y}(d+0) + B_{vc,y}(d-0) \\ \frac{4\pi}{c} J_{c,y} = B_{vc,x}(d+0) - B_{vc,x}(d-0) \end{cases}, \begin{cases} \frac{4\pi}{c} J_{sf,x} = -B_{nvc,y}(d+0) + B_{nvc,y}(d-0) \\ \frac{4\pi}{c} J_{sf,y} = B_{nvc,x}(d+0) - B_{nvc,x}(d-0) \end{cases}$$

このとき

$$\begin{cases} \nabla \cdot J_c = -\{J_z(d+0) - J_z(d-0)\} - \frac{\partial \rho_e}{\partial t}, & (\nabla \times J_c)_z = 0 \\ \nabla \cdot J_{sf} = 0 \end{cases}$$

が成り立つ。ここに、 $\rho_e$  は面電荷密度である。電離層より下 ( $z < d$ ) を真空と仮定すれば、 $J_z(d-0) = 0$  である。また我々が通常考えている状況 ( $T \geq 1s$ ,  $\lambda \leq 10000 km$ ) では、 $\partial \rho_e / \partial t$  の項は  $J_z(d+0)$  の項に比べて無視できる。

静的な場合、電離層より下では  $\nabla \times B = 0$  である。それ故、“磁気圏における  $B_{vc}$  は電離層に流れる  $J_c$  (一樣電離層の場合には Pedersen) により地上から完全にしゃへいされる。” この定理は Fukushima (1969, 1976) により静的な場合に対して述べられたものであるが、非静的な場合に対しても有効であることが数値的に確かめられた (詳細は講演にて)。磁気圏からの入射磁場が電離層によりどのような変化を受けかを考える際に、この定理は非常に有効になる。例えば磁力線が垂直に立っている場合の Alfvén 波の入射を考えると、Alfvén 波に伴う磁場は  $B_{vc}$  であるので、入射磁場は電離層に流れる  $J_c$  によりしゃへいされ、そのときに同時に流れる  $J_{sf}$  により作られる  $B_{nvc}$  が地上で観測されることになる。単色平面波の場合、 $B_{vc}$  と  $B_{nvc}$  の水平成分は互いに直交しているので、 $90^\circ$  回転が行われる。この他にもいろいろな応用が考えられるが、その詳細は講演にて報告する。

## References

- Fukushima, N., Rep. Ionos. Space Res. Japan, 23, 219-227, 1969.  
30, 35-40, 1976.

地上 おおが 静止衛星高度における SSC と関連現象の対比

桑島正幸・角村 悟  
(地磁気観測所)

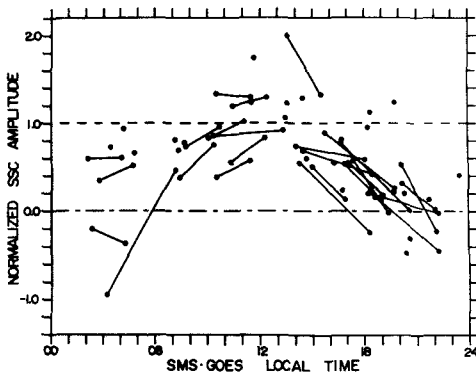
福西 浩  
(極地研究所)

これまで 静止衛星 (ATS6 SMS/GOES) のデータをもとに SSC と人の関連現象の研究を行ってきた。解析の対象は、IMS 期間を中心とする 1975~1981 年である。今回は、これまでの研究で出てきた静止衛星高度における SSC の特性をふまえて、入れが地上あるいは、高速粒子変動のふるまいとどのように関連しているかを報告する。

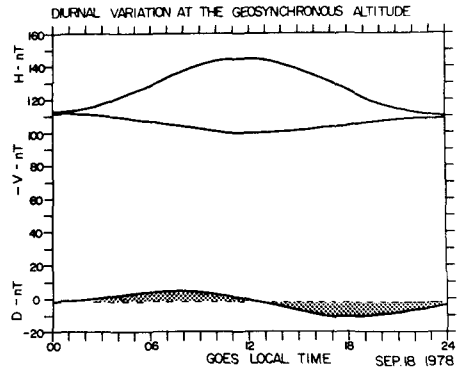
地上、特に中低緯度においては、SSC の振幅は昼夜の区別があまり顕著でなく、すなわちの Local time でほぼ一様な大きさをもちて出現することはよく知られている。一方、静止衛星高度においては (図1) に示すように SSC の振幅は、昼側で大きく、夜側では非常に小さいという顕著な Local time 依存性がある。これは別に不思議なことではなく、磁気圏の構造を考えると、当然予想されることである。(図2) に 静止衛星高度における典型的な日変化を示した。昼側で圧縮が大きい、その効果は昼側を離れて夜側に存につれて小さくなるという Local time 依存性が静止衛星高度においては、定常的に存在して

いることを示唆している。SSC に伴って、このような Local time 依存性が強まることを仮定すると、(図1) に見られる傾向は、磁気圏の構造による当然の帰結として別に不思議なことではない。(図2) のおなじ日変化は、Olson-Pfotzer や Mead-Fairfield による磁場 model とも合致することと考慮するとますます裏付けられる。ただし、(図1) で夜側に SSC に伴って圧縮(磁場の増加)とは逆に膨張(磁場の減少)に対応する変動が時々見られる。これは従来の磁場 model では予測されないうことで注目される。

静止衛星高度においては、東西成分の初動の動き方にも顕著な Local time 依存性が見られる。すなわち、朝側で初動は東を向き、午後側で初動は西を向く。これについて、(図2) に見られるように、東西成分 (D-成分) に見られる日変化が SSC に伴って強まることを考えれば、当然の帰結として予測される。



(図 1)



(図 2)

## 静止衛星で観測されたSCのPolarizationの特性について

永野 宏、 花本 徹、 福西 浩、 佐藤 夏雄  
 (岐阜大) (京大理) (極地研) (極地研)

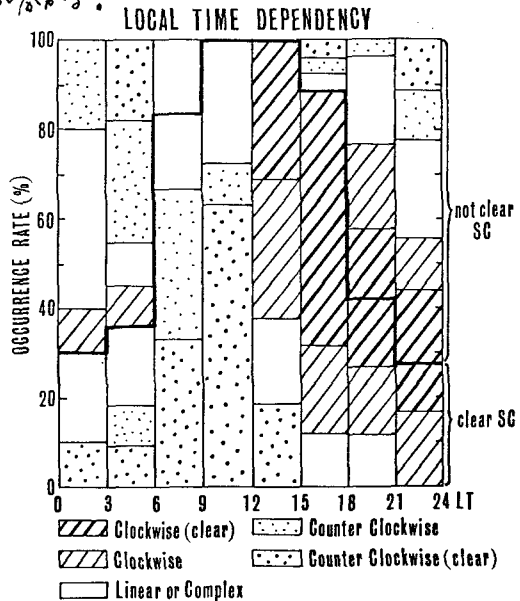
1978年8月から1980年8月迄のGOES 2,3の静止衛星により観測された磁場変動の digital dataを用いてSCのpolarizationの特性について調べた。 我々は次のような2つの criterionによってSCを選び出した。(1) "Solar Geophysical Data" (Lincoln, Ed.)の中でのSCとして2ヶ所以上の観測所で報告されていること。(2) Honolulu (地磁気緯度21.4°N)でのSCの amplitude ( $\Delta H$ )が10 nT以上であること。 調べた期間の中で、以上の2つの criterion によって選ばれたSCの数は64ヶであり、2つの衛星で観測されたSCの数は合計で123ヶであった。 GOES 2,3の磁場 dataはHP(地球の回転軸に平行)、HE(地球方向)、HN(西向き方位角方向)の地理座標での3成分を持つていすが、我々は地磁気座標でのB(磁力線方向)、V(磁力線に直交な地球方向)、D(西向き方位角方向)の3成分に座標変換を行なった。 SCをSC amplitude ( $\Delta B$ )と rise time ( $\Delta T$ )とによって clear SC ( $\Delta B \geq 5$  nT and  $\Delta T < 10$  min)と not-clear SC ( $\Delta B < 5$  nT or  $\Delta T \geq 10$  min)との2つに分類し、また、polarization についても clockwise (clear)、clockwise、linear or complex、counter clockwise、counter clockwise (clear)の5つに分類を行なった。

右図は上記123ヶのSCについて、V-D面のpolarizationの local time dependencyの統計結果を示したものである。 この図から云えることは次のようであった。

- (1) 昼間側(6~18h)では約9割が clear SC であり、特に日中(9~15h)では全2が clear SC であった。 それに対して夜間側(18~6h)では約7割が not-clear SC であった。
- (2) clear SC に対して午前側(0~12h)では約8割が counter clockwise であり、午後側(12~24h)では約8割が clockwise であった。 not-clear SC を含んだ結果でもそれぞれ約7割が午前側で counter clockwise、午後側で clockwise であった。

結果(2)は Wilson and Sugiura (1961)の地上での

統計結果と一致し、磁気圏の中での shock の通過による磁力線の初動の結果としてこの polarization の asymmetry は説明できる。 Araki and Allen (1982)は IMS network dataからの解析により、約64°~72°の地磁気緯度の所で polarization の latitudinal reversal が出現することを示した。 これは、地上高緯度でのSCの変化は preliminary impulse や main impulse 等といういくつかの field の"かめ合い" reversal が出現し、複雑な polarization の特性を示すものと考えられる。 Wilson and Sugiura (1961)が用いた地上 data の中で、北半球で一番高緯度であったのは College (64.7°N)であり、もっと緯度の高い所では reversal が起こるという可能性もある。 一方、GOES 2,3の位置している磁力線の地表面での根元は dipole 近似をすれば67.4°N、67.2°Nとなり、この reversal の緯度の中に入っていると考えられるが polarization は Wilson and Sugiura's Law に従っており、地上高緯度でのような電離層の影響による複雑な polarization sense は示さぬことかかめる。



電離層上下でのSC同時観測

栗木 徹, 家森 俊彦, 島井 豊永  
(京大理)

1980年3月19日 6時18分UT  
東シベリア MAGADAN のほぼ上空を高度 320~390km で北へ飛行中の磁場観測専用衛星 MAGSAT は SC に伴う変化を検出した。

図1右図は SC を含む 15 分間の衛星データを、左図はその際の Normal-run magnetogram (MAGADAN) を示している。地上磁場記録はほぼ正しくした preliminary impulse を示しており、=H に対応して衛星の H, D に差センズ (H が正, D が負) のパルスが現われているように見える。

図2は MAGSAT 軌道に沿うこのパルスの水平磁場座北ベクトルと、地上観測所での preliminary impulse の水平磁場ベクトル (赤線矢印) とを比較している。この図からわかるように、この図からわかるように、座北ベクトルであることとわかる。

表1に地上観測所での preliminary impulse (PI), main impulse (MI), と MAGSAT が観測したパルスのピークの時刻を示す。MAGSAT のパルスは地上の MI より PI に近い時刻に生じたことがわかる。

図3は高時間分解能の IMS ネットワーク観測所のデータである。アラスカ州への観測所には PI が現われている。

のピークの時刻が MAGSAT の観測したパルスのピークとほぼ一致するのとわかる。

以上より MAGSAT は PI を観測したと推定される。

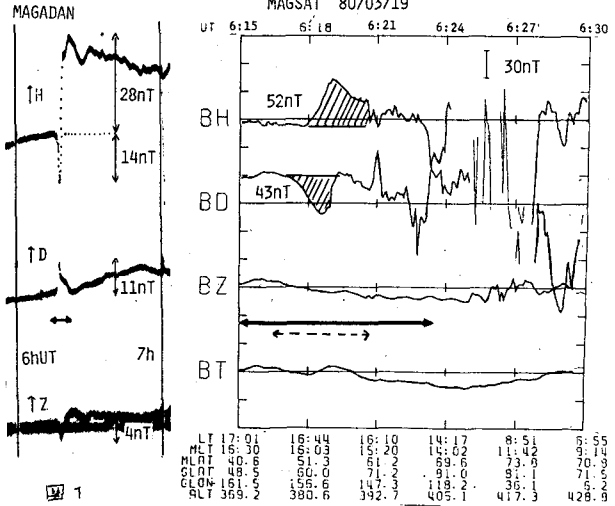


図1

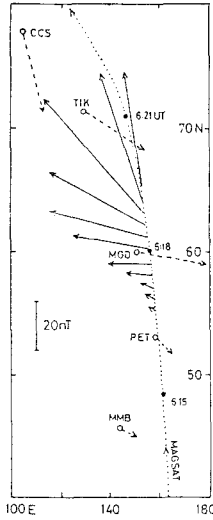


図2

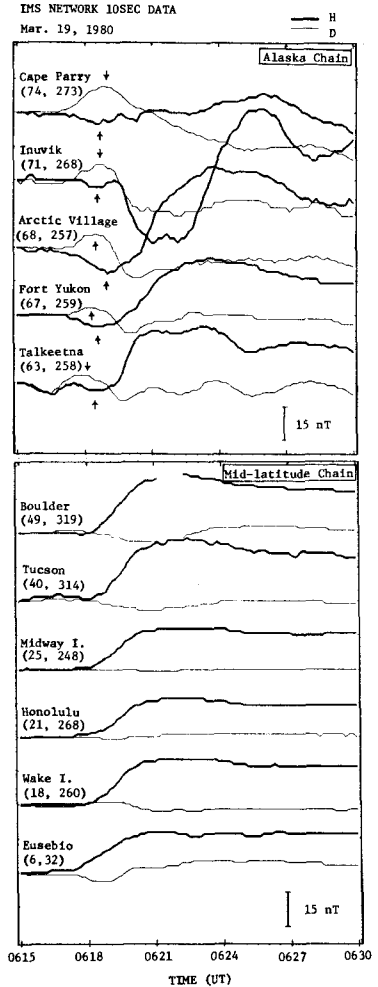


図3

|               | H      |        | D      |
|---------------|--------|--------|--------|
|               | PI     | MI     | PI     |
| C. Chelyuskin | 0617.2 | 0621.6 | 0616.5 |
| Tixie Bay     | 0617.3 | 0621.4 | 0617.5 |
| Magadan       | 0618.0 | 0621.9 | 0617.9 |
| Petrovavlovsk | 0618.3 | 0622.2 | 0618.6 |
| Y. Sakhalinsk | 0618.8 | 0622.9 | 0618.3 |
| Memambetsu    | 0618.0 | 0622.4 | 0618.3 |
| College       | 0618.0 | 0621.6 | 0618.0 |
| Wingst        | 0618.0 | 0625.8 | 0617.6 |
| Average       | 0618.0 | 0622.0 | 0617.9 |
| MAGSAT        | 0619.0 |        | 0618.7 |

表1

## AKRの伝搬モード

橋本弘藏 (京都大学工学部)

Auroral Kilometric Radiationの伝搬モードの決定に関する研究についてのべる。まずAKRがRモードであると信じられるようになった経過をみえる。Greenら<sup>1)</sup>はHawkeye 1, Imp 6, Imp 8衛星の観測に基づいてAKRの受信領域を求め、Rモードに対するレイトイングとの比較からRモードと結論した。ほかにHawkeye 1によるソース領域でのカットオフ周波数の測定、<sup>2)</sup>Voyager 1,2による偏波測定、<sup>3)</sup>ISIS 1で観測されたAKRの下限周波数とサイクロトロン周波数のギャップの解析<sup>4)</sup>等がある。最近では、DE-1による偏波観測で、Rモードであることが報告<sup>5)</sup>されている。しかし同衛星ではLモードも観測されており、Jikiken<sup>6)</sup>やISIS 1<sup>7)</sup>でも観測されている。

そこで従来のRモードの根拠を見直してみると、不変緯度 $70^\circ$ の磁力線に沿ってソースがあるとするとともに、次の仮定をおいている。1) AKRは単一のモードしか存在しない。<sup>1)~3)</sup> 2) ソースからは、あらゆる方向に伝搬する。<sup>1)2)</sup> 3) ソースの高度は観測結果にあうように決める。<sup>1)</sup>

そこでLモードの観測をも説明できるモデルを提案する。ISIS 1による観測<sup>4)</sup>や、電子密度の少なくなったPlasma Cavity<sup>8)</sup>からAKRが放射されることを考慮して次の仮定をおく。1) AKRはRモードが主であるがLモードも存在する。2) ソースからは磁力線に対して $60^\circ\sim 90^\circ$ で上方に伝搬する。3) ソースの位置は周波数とRモードカットオフ周波数の比から定まる。こうして3次元レイトイングを行なうと、両モードが到達できる場所では強度の強いRモードが受かるので、オーロラ域ではRモードが観測され、高緯度昼側や低緯度域ではLモードが観測されるなど、今までの観測をうまく説明できることが明らかになった。また、これらの仮定はプラズマ不安定にもとづく理論<sup>9)</sup>とconsistentである。

## 参考文献

- 1) J. L. Green, D. A. Gurnett, and S. D. Shawhan, The Angular Distribution of Auroral Kilometric Radiation, *J. Geophys. Res.*, 82, 1825, 1977.
- 2) D. A. Gurnett and J. L. Green, On the Polarization and Origin of Auroral Kilometric Radiation, *J. Geophys. Res.*, 83, 689, 1978.
- 3) M. L. Kaiser et al., Direct Measurements by Voyagers 1 and 2 of the Polarization of Terrestrial Kilometric Radiation, *Geophys. Res. Lett.*, 5, 857, 1978.
- 4) R. F. Benson and W. Calvert, ISIS1 Observations at the Source of Auroral Kilometric Radiation, *Geophys. Res. Lett.*, 6, 479, 1979; W. Calvert, The Signature of Auroral Kilometric Radiation on ISIS 1 Ionograms, *J. Geophys. Res.*, 86, 76, 1981.
- 5) S. D. Shawhan and D. A. Gurnett, Polarization Measurements of Auroral Kilometric Radiation by Dynamics Explorer-1, *Geophys. Res. Lett.*, 9, 913, 1982.
- 6) H. Oya and A. Morioka, Observational Evidence of Z and L-O Mode Waves as the Origin of Auroral Kilometric Radiation from the Jikiken (EX-S-B) Satellite, *J. Geophys. Res.*, 88, 6189, 1983.
- 7) R. F. Benson, Harmonic Auroral Kilometric Radiation of Natural Origin, *Geophys. Res. Lett.*, 9, 1120, 1982; R. F. Benson, Ordinary Mode Auroral Kilometric Radiation-with Harmonics-Observed by ISIS 1, in press, *Radio Science*, 1984.
- 8) W. Calvert, The Auroral Plasma Cavity, *Geophys. Res. Lett.*, 8, 919, 1981.
- 9) C. S. Wu and L. C. Lee, A Theory of the Terrestrial Kilometric Radiation, *Astrophys. J.*, 230, 621, 1979; L. C. Lee and C. S. Wu, Amplification of Radiation near Cyclotron frequency due to Electron Population Inversion, *Phys. Fluids*, 23, 1348, 1980; N. Omid, C. S. Wu, and D. A. Gurnett, Generation of Auroral Kilometric and Z-mode Radiation by the Cyclotron Maser Mechanism, in press, *J. Geophys. R.*, 89, 1984.



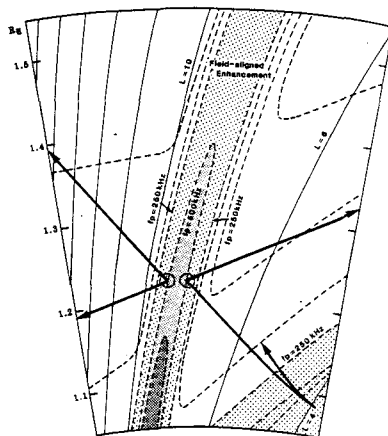
## 極域電離圏におけるZモード波の線形モード変換

宮岡 宏 (極地研)

Zモード波は、周波数帯域  $f_{LEO} < f < f_{UHR}$  に存在し、静電波動と電磁波動（自由空間波）とを結ぶ遷移モードとして重要なプラズマ波動である。これに基づき、昭和基地で受信したISIS衛星データの解析から、高度1500~3000 kmのオーロラ粒子加速域下部においてZモード波並にL-Oモード波が観測されていること、またL-Oモード波の発生は電子密度上昇域に関係しており、Zモード波から線形モード変換プロセスにより生成されている可能性が大きいことを明らかにしてきた。

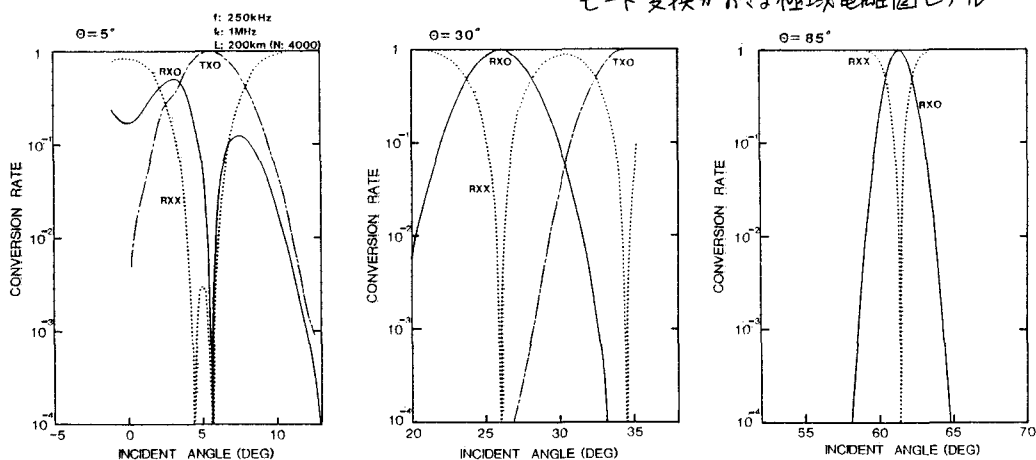
今回は、このZモード波からL-Oモード波の線形変換効率に関し、Full Wave法 (Multi-Layered) を用いて現実的な密度勾配をもつ媒質中での数値計算を行い、その変換の特性について明らかにした。第1図は、計算に用いた極域電離圏領域のモデルで、モード変換をおこなう領域としては、磁力線方向に発達した電子密度上昇域およびPlasmapauseやPolar Capの境界域を想定している。第2図に波の周波数250 kHzの場合の計算結果の一例を示す。密度勾配の方向に対して、磁力線

のなす角が(a) 5°, (b) 30°, (c) 85°の場合について、それぞれZモード波の変換効率が横軸入射角( $\nabla n_e$ 方向からの角)に対してプロットされている。L-Oモードへの変換効率(RXO:実線)には、 $\nabla n_e$ 方向が磁力線方向からおれると(b)および(c)、変換効率100%となる特定の入射角を中心としたConversion Windowが存在することが明らかとなった。変換効率の特性の詳細については講演にて報告する。



第1図

モード変換における極域電離圏モデル



第2図 (a)

(b)

(c)

Full Wave法によるZモード波のモード変換効率の計算結果。横軸は、 $\nabla n_e$ 方向に対する波の入射角。L-Oモード波への変換効率(RXO)は実線と示す。

## 数量的磁気圏モデルに於るプラズマ対流と磁気圏現象

恩藤忠典、相京和弘 (電波研)

Mead-Fairfield (1975) が 4 個の磁気圏行星の磁場観測から求めた数量的磁場モデルと一様電場モデルを用いて、地心距離 17 RE の磁気圏尾部から入射した電子と陽子の磁気圏赤道面内に於るプラズマ対流を計算した。その結果、従来の双極子磁場モデルを用いた場合と違って、よどみ帯がプラズマポーズのすぐ下部分の地方時 (18~21 MLT) とよく一致する。又 Meng 等 (1983) が双極子磁場モデルで指摘したように、昼側の運動的マニピュレーションに伴う高エネルギー電子降下領域は、 $0.5 \text{ keV/nT}$  電子の昼側へのドリフト路の長さにより説明できるといふと思われる。



VLFタクト放射による大地上への伝搬特性

長野 勇 満保 正善 川端 一也

( 金沢大学 工学部 )

1. 緒論 近年の観測技術の著しい進歩により、VLF自然電波やSiple信号の衛星と大地間の同時観測や地上多点観測が行われるようになった。これらの観測データを説明するためには、定量的な扱いきる電波伝搬の基礎理論が必要である。そのため著者は磁気圏から電離層を通して地上へ伝搬する電磁ビーム波の計算法を確立した。

2. 計算方法 空間的に有限な広がりを持つ電磁界は、その波数スペクトル成分を考えると次式のようにフーリエ成分で表される。

$$E(x, z) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \tilde{E}(k_x, z) e^{-jk_x x} dk_x$$

ここに $\tilde{E}(k_x, z)$ は、素波の電磁界である。この $\tilde{E}(k_x, z)$ を求めるに際して、電離層高度までは地球磁場を磁気双極子として近似したray pathにより<sup>(1)</sup>そのpathに沿って屈折率を積分したWKB解を用い、電離層高度から地上までは大地を考慮したFull wave解を用いる。<sup>(2)</sup>上述のWKB解を $\tilde{w}(k_x)$ とし、Full wave解を $\tilde{f}(k_x, z)$ とすると、地上における電磁界の空間強度分布は

$$E(x, z=0) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \tilde{G}(k_x) \tilde{w}(k_x) \tilde{f}(k_x, z=0) \times e^{-jk_x x} dk_x$$

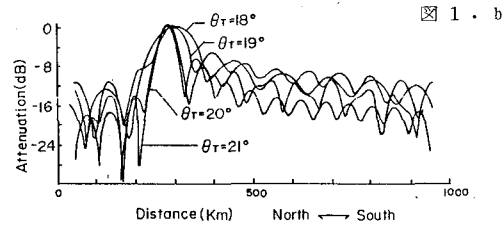
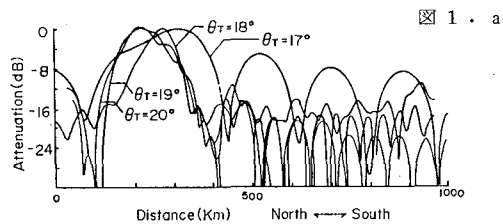
となる。ここに $\tilde{G}(k_x)$ は、入射高度で与えられるweighting functionである。今回の計算では、この $\tilde{G}(k_x)$ をtrapping cone角内でも同様と仮定した。

3. 計算結果 今回の計算において電子密度profileは、一般的な昼と夜のモデルとした。その他の定数については表1に示す。

この結果得られた昼と夜の大地上における空間減衰率を、それぞれ図1aとbに示す。図1aとbの比較によると、trapping cone角の大きさによるビーム波のピーク位置の変

|                                                       |            |                             |
|-------------------------------------------------------|------------|-----------------------------|
| Wave frequency                                        | f          | 5.0kHz                      |
| Altitude of incidence                                 | h          | 1000km                      |
| Geomagnetic dip angle                                 | dip        | 60°                         |
| Trapping cone angle                                   | $\theta_t$ | 10°~20°                     |
| The conductivity and dielectric constant of the earth |            | 10 <sup>-3</sup> s/m and 10 |

表 1



化は、昼のモデルの方が大きい。また昼のモデルではNorth方向とSouth方向の減衰率は大きいが、夜のモデルではNorth方向の減衰率が大きい。昼のモデルではSouth方向には、-16dB前後であるが、夜のモデルでは-12dBと数dB高い値を示す事が分った。

4. まとめ 磁気圏から定量的に扱える電磁ビーム波の計算法を確立した。今後は、この計算法による結果と広範囲な地上多点観測結果との比較により、trapping cone角の推定ができるようになる。

参考文献 (1) I. Yalbroff, Computation of Whistler Ray Paths, Journal of Research, Vol. 65P, NO5 (Sep-Oct. 1961)

(2) I. Nagano et al, Numerical calculation of electromagnetic waves in an anisotropic multilayered medium, Radio Sci., 10, 611-617



## 局在化電磁流体波の電離層入射(2)

藤田 茂 (気象庁 地磁気観測所)

比較的周期の短いPc-1程度の磁気流体波は電離層F2層ダクトを通り柿岡等低緯度地方まで伝播してくることはいままでの研究によってかなり明らかになってきているが、例えば、Hayashi, et al. (1981)の高緯度地方での脈動観測(局在化入射波の存在)を説明出来る理論は数少ない(Greifinger, 1972)。我々は局在化したAlfven波が電離層に入射した時の様子を中性大気を無視する簡単なモデルを用いて明らかにし(Fujita and Tamao, 1984)、同時にダクト伝播特性を調べた。

まず、観測から予想される適当な空間分布を持った入射波を考えると、入射域直下の地上の透過波の波動強度空間分布は入射波と同じになるが、ある程度遠くに行くと透過波の空間的減衰は入射波のそれよりも小さくなる。これはダクト中を進行する電離層Hall伝導度により二次的に誘起されたfast波による効果である。一方、電離層では主軸が $\pi/2$ 回転することを除き、偏波は変わらない。以上の結果、入射域近傍の地上での磁場擾乱の様子は中心付近では、主に法線方向の擾乱が卓越した左廻りのものになり、その外側では、動径方向の擾乱が卓越した右廻りのものになる。この結果は観測で得られたものと本質的には一致する。入射域から離れるに従って、擾乱の空間的減衰は小さくなることも予想される。

観測とは離れるが、局在化したAlfven波が電離層に入射した時の地上で観測される磁場擾乱は、我々の計算結果によると、そのほとんどは電離層Hall電流によるものであるが一部Pedersen電流による磁場擾乱も含まれることが分かった。これはダクトを考えたことにより二次的に誘起されたfast波が捕捉されるために生じる。

さて、次に二次的に誘起されたfast波の電離層ダクト中の伝播特性を調べた。この時は中性大気を入れたモデルを用いる。これについては、過去多くの研究がなされ、伝播速度、減衰率等観測と比較出来る理論計算が提出されているが、我々は減衰がどのような機構で生じるのかを主に考察した。即ち、電離層(E-層)のPedersen電流によるジュール損失、Hall電流によって誘導されたAlfven波が磁気圏へ逃げるポイティング損失、及び地中でのジュール損失の効果を調べた。

伝播特性についてまず特徴的なことはカットオフ周波数及び高周波数では減衰率が小さくなることである。カットオフ周波数付近での伝播波の高さ方向の電場擾乱分布を調べるとダクト中よりも磁気圏におけるものの方が大きくなることがわかる。磁気圏には波の減衰をもたらす機構はないので、減衰が小さくなるのである。一方、高周波数域では、電離層における電場擾乱が節になるために、減衰が小さくなることがわかった。

Pedersen, Hall 伝導度に対しては、これらが小さくても大きくても、減衰率は下がる。その理由は、電離層電流又は、電場が小さくなるためである。又、Hall伝導度がPedersen伝導度に比して大きくなると、減衰率の周波数変化は波状構造を示すようになる。Fast  $\rightarrow$  Alfvenの変換はダクトによってある共鳴的な振舞をする。

## 参考文献

- Fujita S. and T. Tamao, (1984) Mem. NIPR  
 Greifinger, P., (1972), J.G.R.  
 Hayashi, et al., (1981), Can. J. Phys.

地磁気脈動変化に対する斜め沿磁力線電流効果

玉尾 敦, 三浦 彰, 谷口 治 幸 (東大・理)  
 南部 光 宏 (九大・教養)

地上で観測される磁気脈動現象は、磁気圏内の電磁気擾乱が電離層と相互作用する過程を経て観測されるという立場で考へる。その場合、

- 1) 上部電離層及び下部磁気圏は、双極型磁場内の冷コプラズマで近似する。
- 2) 従つて、HM-波として、磁力線に沿つて伝播する局所化アルベーンモードと等方的磁気音波のみが存在し、前者は沿磁力線電流を、後者は沿磁力線ポインティング束を有する。一方、後者の電場は磁力線に垂直な面内の誘導電場の如くあり、前者の静電的電場とは比較的小さい。
- 3) 電離層は、非等方的電気伝導率をもつ表面電流で近似する。
- 4) 地磁気脈動の擾乱伝播経路として、大気中の磁場変動はポテンシャル磁場と

表現される。以上の仮定の下では、磁気圏内の磁場擾乱は

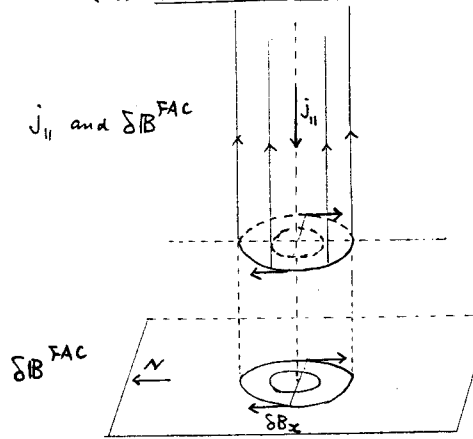
$$\Delta B^M = \Delta B_{\perp}^{FAC} + \Delta B^P$$

(沿磁力線電流) (電離層中の沿磁力線電流による磁場)

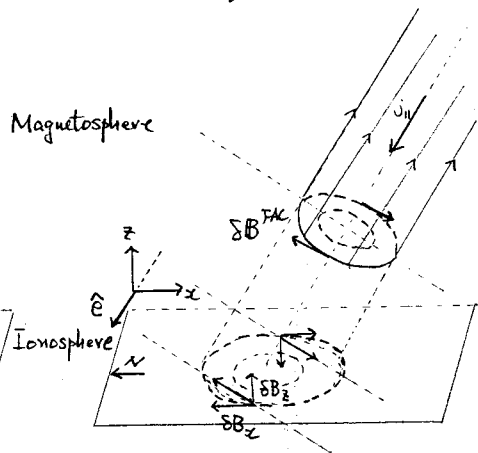
で表わされる。磁力線の電離層面に垂直の場合には、沿磁力線電流の作る磁場は水平面内の渦の如くある。斜め磁力線の場合には、 $\Delta B_{\perp}^{FAC}$  は、水平成分の他に垂直成分も有する。従つて、斜め磁力線では、沿磁力線電流の効果は、電離層沿電流の他に、直接に地上磁場変動として観測されることになる。

- ii) 球面電離層と双極磁場の組み合わせの、高緯度のポテンシャル電場の如く、中緯度の及ぼす効果
- iii) 局所化モードの波の高緯度に入射した場合、下図に、斜め磁力線効果を示す。

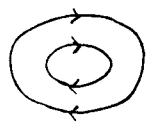
(a) Vertical Field Lines



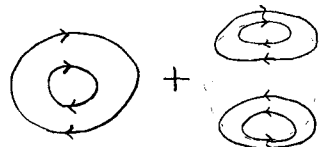
(b) Oblique Field Lines



Equiv. Ionospheric currents for surface magnetic perturbations



Hall current



Hall current

effect of oblique FAC.

マグネトボーズ電流の normal 成分と、極域 Field Aligned Current.

山内正敏 (京都大学 理学部)

マグネトボーズ (MP) から流れ出る電流によって、極域 Field Aligned Current (F.A.C.) を説明することを目標とする。MP から電流が流れ出る原因として次のようなものがある。

- ① マグネトボーズ面そのものの曲率による影響。
  - ② マグネトボーズが有限の厚さ(数百 km)である為に生ずる、磁場の曲率の影響。
  - ③ マグネトボーズが有限の厚さ(数百 km)である為に生ずる、non-MHD 効果。
- 今回は、③の可能性について考察する。

具体的な方法 図1の領域1, 2, 3, ... Sが互いに独立であることと仮定して、分散関係式を求めることは、MP内の磁場の曲率を無視することと意味する。その結果、領域lの物理量は、領域lのパラメータ(厚さ  $D_l$ , 磁場変化  $\Delta B_l$ )によって計算できる。全体の变化は、

$$\sum_{l=1}^S \Delta B_l = \Delta B_{total}, \quad \sum_{l=1}^S D_l \sim D \text{ (MPの厚さ)}$$

と同様に計算できる。ここで1つ1つの  $\Delta B_l$  は、運動方程式に拘りて線型理論が適用できる程に小さいとする。

l番目の領域(これは他の領域から独立であると仮定しておいた。)を1つの波束として考えると、波動によるフーリエ変換の結果、物理量は  $1/D_l < k < 1/D_l$  の領域で重要になる。これは、

$$K_{Bi} \equiv \frac{c^2 R^2}{\omega_{Bi}^2} < \frac{c^2}{\omega_{Ai}^2} \frac{r_{Bi}^2}{D_l^2} \quad (r_{Bi} = \frac{v_{Ai}}{\omega_{Bi}} \text{ は、何?})$$

(47010) 半径である

の  $\omega$  が重要であることを意味する。 $Y^2 \equiv \omega_{Bi}^2 / \omega^2$  は屈折率  $n$  は、 $n^2 = K_{Bi} Y^2$  なので、 $n^2 - Y^2$  図(これは  $k - \omega$  図に対応)において、傾き  $K_{Bi}$  の  $c^2 r_{Bi}^2 / \omega_{Ai}^2 D_l^2$  より小さい  $\omega$  を考慮すれば十分であるということになる。与えられた  $K_{Bi}$  の値に対する  $Y^2$  (あるいは  $n^2$ ) の値は、運動方程式 + Maxwell's 方程式による分散関係曲線  $n^2 = n^2(Y^2)$  と、上記  $n^2 = K_{Bi} Y^2$  の交点の  $(Y^2, n^2)$  の値によって示される。(図2)

$D_l$  を小さくすると、 $K_{Bi}$  (傾き) の大きな値で考慮しなければならぬが、 $D_l$  を大きくすると、 $K_{Bi}$  は小さな値だけ考慮すれば良いことになる。MHD は  $D_l$  が十分に大きいということに対応する。したがって、non-MHD 効果は、分散曲線の  $Y^2$  に依存する効果で与えら

れていくことになる。MHD 分散曲線につながる、図2(b)の部分は、(伝播領域の為) 熱運動の効果とあまり負けない。そこで、(b)の部分について、cold プラズマ近似で解く。電流は初期値境界値問題として、フーリエ変換で与えられ、これを  $l$  について加え合わせて、波束における Jump condition を求める。ここで、 $\Delta B$  が仮定されるが、①  $\Delta B$  は回転不連続を想定し、② 回転の向きについては、反平行電流が不安定であるという仮定に基づいて、ion sense か electron sense かを決める。これらの計算結果をMPに適用し、磁場の向きに対するF.A.C.の向きを決定する。

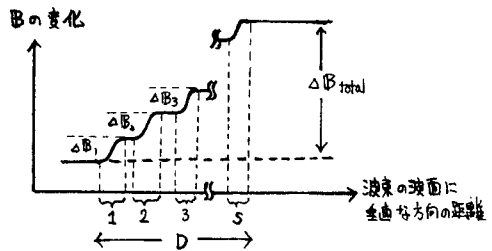


図1 ③の計算(振動法)の際の仮定。

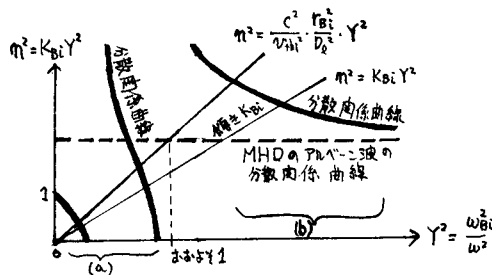


図2 cold プラズマの時の  $n^2 - Y^2$  関係の概略図

太字の交線; 伝播領域で  $\omega_{Bi} \rightarrow$  波に対応する波束の曲線  
点線; MHDの場合の分散関係曲線

降下電子に関する輸送方程式の discrete ordinate 解

櫛田 健, 上山 弘  
(東北大, 理, 超高層)

降下電子(オーロラ電子, 光電子等)に  
 関する輸送方程式を discrete ordinate 法で解  
 く場合, 近似次数の違いによる解の精度を  
 検討した。また同次数においても, 方程式中  
 の積分項へのガウス求積法の適用を, 全 $\mu$ 空間  
 ( $\mu = \cos\theta$ ,  $\theta$ =電子のピッチ角)にそのまま  
 適用する場合(Single Gauss, SGと略)と,  
 正 $\mu$ , 負 $\mu$ に分けて適用する場合(Double  
 Gauss, DG)についても調べた。

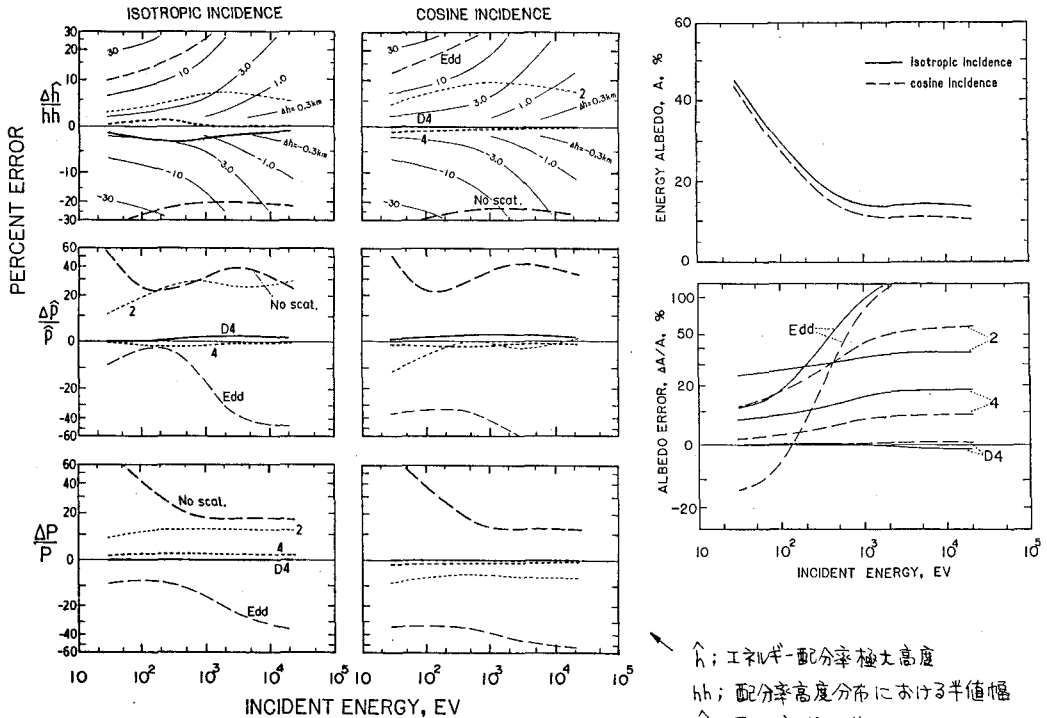
まず, 単一エネルギーの電子についての  
 解を比較し, 次にエネルギーを減じていく電  
 子等も全て考慮した場合について計算した。  
 基本的には, 後者は前者の重ね合わせである  
 から, 解の定性的なふるまいは類似している。

計算の結果, 精度は総じて DG の方が SG  
 に比べ同程度が, 幾分良いことが分かった。  
 単一エネルギー電子の場合, DG 8 stream で

ほぼ十分な精度が得られ, 誤差は, 大気へ  
 のエネルギー配分率等に応じて 0.1% 以下,  
 大気外への反射量に依っては 2% 以下と見  
 積られる。

2次電子等の寄与も考慮した場合の結果を,  
 入射電子のピッチ角分布が等方的な  
 場合と cosine 依存性をもつ場合について  
 下図に示す。(DG 8 st. を基準) Eddington's  
 2 st. と散乱を一切無視した場合も併せて示  
 した。

2 st. は Eddington 近似と共に誤差が大  
 きく, 100eV 程度以下の入射電子に対して  
 のみ, 1 近似としての意味をもつ。4 st.  
 は, 反射率に依って幾らか誤差が大き  
 く, DG 4 st. においてはじめて, 全ての物理量  
 に対して数%以下の精度が実現する。



Edd=Eddington近似, 4=Single Gauss 4 stream, D4=DG 4 st.

$\hat{h}$ ; エネルギー配分率極大高度  
 $hh$ ; 配分率高度分布における半値幅  
 $\hat{P}$ ; 配分率極大値  
 $P$ ; 大気への全面配分エネルギー

## 太陽風速度の空間分布

橋田和幸・中部工大  
前沢 冽・名大理

太陽が双極型に近い単純な形の一般磁場を持つとき磁氣的な南北両半球から吹き出す太陽風はそれぞれ異なる極性の磁場を太陽表面より引き出し、その結果惑星間空間は太陽電流面と呼ばれる磁氣的に中性な面により磁場極性の異なる二つの半球に分離される。一般に太陽電流面は黄道面に対して傾いて居り、太陽が一回自転する度に地球は+と-の磁場極性を持つ領域(セクター)の中に交互に入る。平均的に見てこの太陽電流面の通過の後1~2日の間に激しい磁気嵐が発生する事が多い。太陽電流面通過直後に惑星間磁場の大きな南向き成分が生じると共に太陽風速度も増加しその結果太陽風の持つ磁場のエネルギーが効率良く地球磁気圏へと流入し磁気圏嵐を引き起こし地上では磁気嵐が観測されると考えられている。したがって磁気嵐の発生機構を調べるには太陽電流面の構造から太陽磁気圏の構造にまでさかのぼって考える必要がある。

Hakamada & Akasofu (1982)は簡単な太陽風モデルを用いて太陽磁気圏の三次元構造を推定した。実際の太陽磁気圏の構造を推定するには太陽近傍での太陽風の速度分布とコロナ磁場の構造を知る必要がある。まず手初めとしてここでは我々は Zhao & Hundhausen (1983) と Hakamada & Munakata (1984)の報告した結果を比較しながら太陽風速度(V)の太陽磁気緯度( $\lambda$ )依存性についての新しい経験式を提案する。図1の点線は Zhao & Hundhausen (1983)が、1976年中のIPS (Interplanetary Scintillation)より推定したVとK-コロナのMBC (Maximum Brightness Curve)から推定した磁気中性線の位置を用いて得たものであり、破線は Hakamada & Munakata (1984)が1976, 1977年における人工衛星により観測されたVと太陽光球磁場の視線方向成分から推定された磁気中性線の位置とを用いて得た結果である。Zhao & Hundhausen (1983)はIPSの結果を用いているためデータの精度は良くないが磁氣的な高緯度帯までカバーしている。それに反して Hakamada &

Munakata (1984)は多量の人工衛星の観測値を用いているのでデータの精度は良いものの磁氣的な中緯度までしかカバーできていない。この両者を用いれば中低緯度から高緯度まで精度良く表す経験式が得られるであろう。図1の実線は両者に Best-fit する曲線として得られたもので、Vと $\lambda$ との関係が

$$V(\text{km/s}) = V_a \tanh^2 \{ C(\lambda - \lambda_m) \} + V_m$$

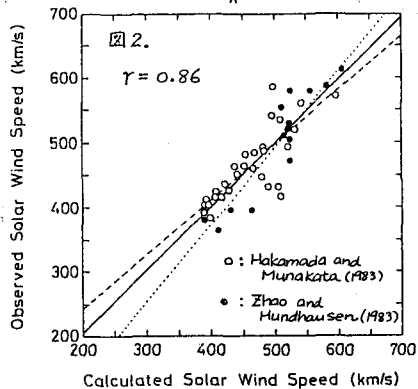
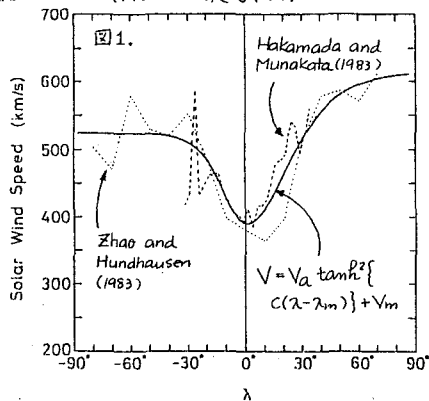
と表されると仮定している。

ここで

$$\begin{aligned} V_a = 225 \text{ km/s} & \quad \lambda \geq 0^\circ & V_a = 134 \text{ km/s} & \quad \lambda < 0^\circ \\ C = 0.032 & & C = 0.061 & \end{aligned}$$

$\lambda_m = 0^\circ, V_m = 390 \text{ km/s}$  である。

図2はこの 経験式から計算したVと図1に示した観測値との比較を示している。白丸は Hakamada & Munakata (1984)、黒丸は Zhao & Hundhausen (1983)の報告結果を示している。



Enhancement of Polar rain and their relationship to Solar wind

K.Makita and  
Takushoku University

C.-I. Meng  
APL/JHU

Polar Cap 領域に数百エレクトロンボルト (eV) の電子が入射していることは *Winningham and Heikkinen (1974)* 等が報告しているが、この現象は彼等により、Polar rain と名づけられた。この Polar rain の入射量は、オーロラ帯の入射量に比べると、ふつう1ケタ以上も低い値である (Polar rain は Integral electron number flux は  $10^6$  electrons/cm<sup>2</sup>.s.sr 以下であるが auroral particle は  $10^7$  electron/cm<sup>2</sup>.s.sr 以上である)。

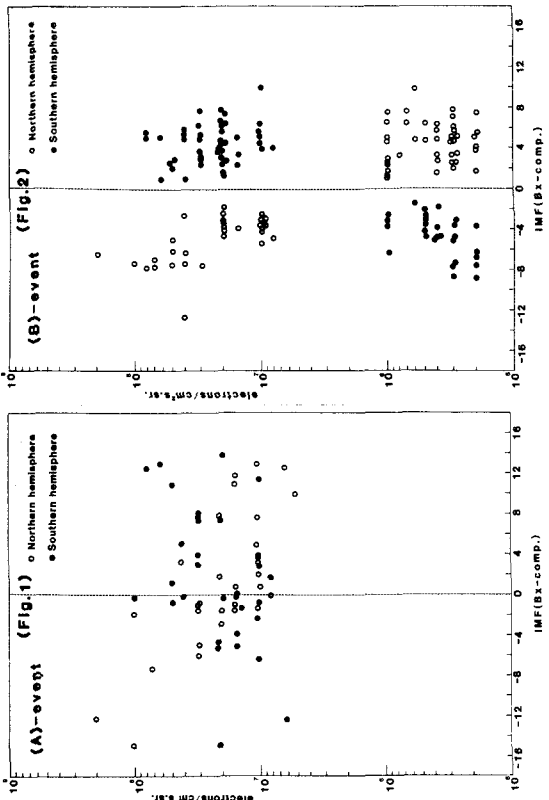
しかしながら、時々 Polar Cap 全域に、大変強い電子のふり込みが見られることがある。これをここでは "Enhancement of Polar rain" と呼ぶことにする。この現象は片方の半球で見られることとあれば、両半球で見られることとある。そこで、Polar Cap は地球の磁力線が開いており、太陽風の影響を直接受ける領域であることから、この "Enhancement of Polar rain" が太陽風のいかなる状況下で生じているのかを調べることは、太陽風と地球磁気圏との相互作用を理解する上で重要なことと思われる。

我々は DMSP-F2, F3 and F4 satellite による、electron precipitation data と ISEE-3 satellite により得られた太陽風データを基として、この現象の解析を行った。解析した期間は1978年8月より1979年12月までの1年5ヶ月分である。このうち顕著な Enhancement of Polar rain は36日間見られた。更にこまかく見ると、片半球でのみフラックスの増加が見られた日は、26日間であり、両半球で増加が見られた日は、10日間であった。ここで event の選定基準として、50eV から 20keV の electron number flux が  $10^7$  electrons/cm<sup>2</sup>.s.sr 以上のものを選び、両半球ともこのレベル以上ある時、両半球で Enhancement が起きたとし、片半球が  $10^7$  以上で他の半球が  $10^6$  以下という、1ケタ以上入射量に差がある時を片半球で Enhancement が起きたと定めた。この2つの場合では、太陽風の状況が異なっていることが明らかになった。以下、その結果についてまとめておく。

- (A) 両半球で "Enhancement of Polar rain" がある時
- (1) IMF の変動 (特に Bx) との相関は見られない。
  - (2) IMF の絶対値も変動が大きい (Fig.1)
  - (3) 太陽風の速度が大きい
  - (4) 地上の SSC と対応が見られる

- (B) 片半球で "Enhancement of Polar rain" がある時
- (1) IMF の変動 (特に Bx) との相関は良い。(Fig.2)
  - (2) IMF の絶対値はあまり大きくなく、安定している。
  - (3) 太陽風の速度は小さい
  - (4) 地上の SSC との対応は見られない。

これらの結果より (A) の現象は太陽風プラズマ中のシッフフロントが磁気圏に衝突した際に、起こるようであり、(B) の現象は IMF が磁気圏の Polar cap field line と結合を起こして生ずる現象のように思われる。





オーロラジェット電流中の電場/電気伝導度の相対的重要度

上出 洋介(京産大理)・安原 文彦(中京大教養)・藤井 良一(極地研)

オーロラジェット電流なる電離層電流の変動は(1)主として電場の南北成分の変動が効いているのか、(2)電気伝導度の影響が大きいのか、(3)それとも両者とも同じような割合で重要なのか、の問題は、電離層-磁気圏の相互作用やサブストームの生成プロセスに直接関係する重要な問題である。この十年間のレーダーによるかなり直接的な、観測により、オーロラジェット電流の担い手は、平均的に電場の南(西向きジェット)北(東向きジェット)成分とHall伝導度であることがわかってきているが、上記の問題は、オーロラ分布や沿磁力線電流分布の地方時依存性を考慮に入れ、矛盾なく説明されなければならない。さらに、これらの関係はサブストーム時間によって変わることも考えられる。

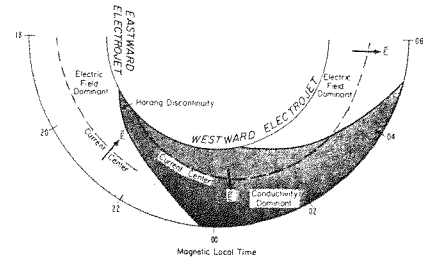
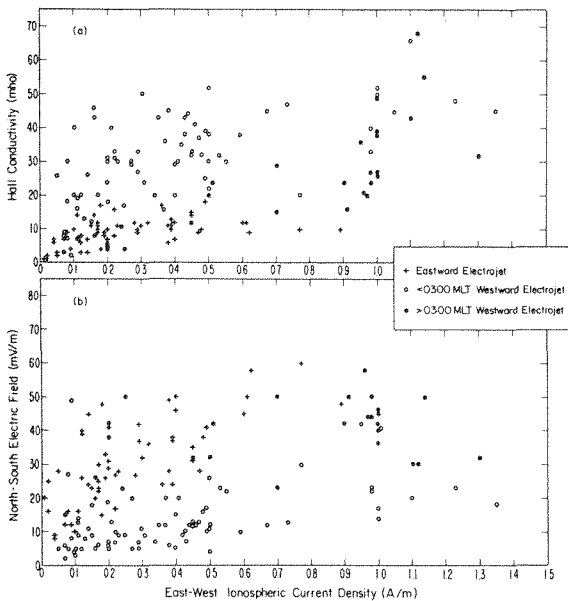
本講演では、この電場/電気伝導度の相対的重要度という問題を次の3つの方法で探してみる。

1. Chatanika レーダー観測から得られた電場、電気伝導度のデータを地方時によ

て分類し(下図参照)、統計的に、相対的重要度の空間分布(下図右)を得た。これによると、真夜中以前のいわゆるHarang不連続線に似た境界線が朝方にも存在する。

2. 約1年分のサブストーム(約1500個)を、maximum epochとrecovery phaseで、ジェット電流の一番強い地方時が、統計的に差があることがわかった。前者では、その中心が真夜中あるいはそれ以前にあり、後者では、朝方(>3MLT)にある。したがって、この統計を1.の結果と合わせると、サブストームのexpansionは、真夜中を中心とする電気伝導度の増大による、というもっともらしい結果に到達する。

3. ジェット電流のさらに微細構造を調べるため、電場/伝導度の重要度の緯度に対する依存性を調べた。いくつかの仮定のもとで、"Cowling電流の度合い"の緯度変化、サブストーム変化を、Chatanikaレーダーのデータに調べ、沿磁力線電流との関係で考えてみる。



Schematic diagrams showing the relative importance of the ionospheric conductivities and the electric fields in the eastward and westward electrojets.

(a) Dependence of the east-west ionospheric current on the Hall conductivity. (b) Dependence of the east-west ionospheric current on the north-south electric field. Different symbols are used to differentiate the eastward and westward electrojets. Furthermore, the westward electrojet is grouped into two depending on whether it occurred before or after 0300 MLT. All points represent quantities at the latitudinal center of the auroral electrojets.

## VHF ドップラーレーダによる極域超高層の ダイナミックスの観測

五十嵐喜良\*, 小川志彦+, 倉谷康知\*, 藤井良一°, 平沢威男°  
(\*電波研, +電波研平磯, °極地研)

VHF ドップラーレーダによる観測は、MAP計画の一環として、1982年2月から開始され、現在も順調に観測を続けている。23次隊では、第2図に示すように、スペクトルモード、ダブルパルスモード、流星モードの3つの観測を実施し、ほぼ1年間連続的にデータを取得することができた。

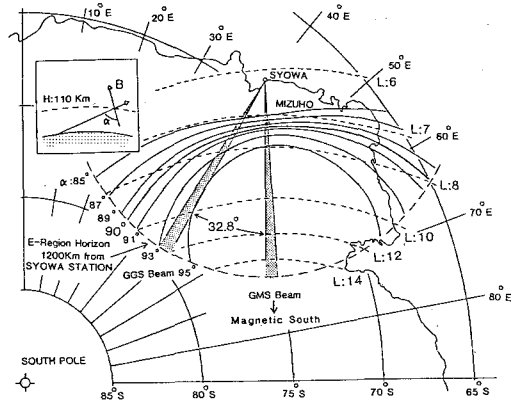
このレーダは、ビーム幅約4度のペンシルビームを第1図に示すように2本作り、交互に切替えて観測を行うシステムである。23次隊では、周波数は50MHz 1波であったが、24次隊では新たに、112MHzの送信機も設置し、周波数特性の違いを散乱波のスペクトル解析から明らかにしようとしている。

レーダオーロラは、レーダビームと磁力線となす角度が90度近傍でしか見られない。Aspect Sensitivityの性質があるため、限られた範囲からのエコーしか受信できない。そこで、24次隊により昨年12月に磁南から東55度方面にハ木アンテナを向け観測を試みたところ、ロンブレングにわたるエコーが見られた。この方向だと300~1000kmの広範囲にわたる観測が期待される。

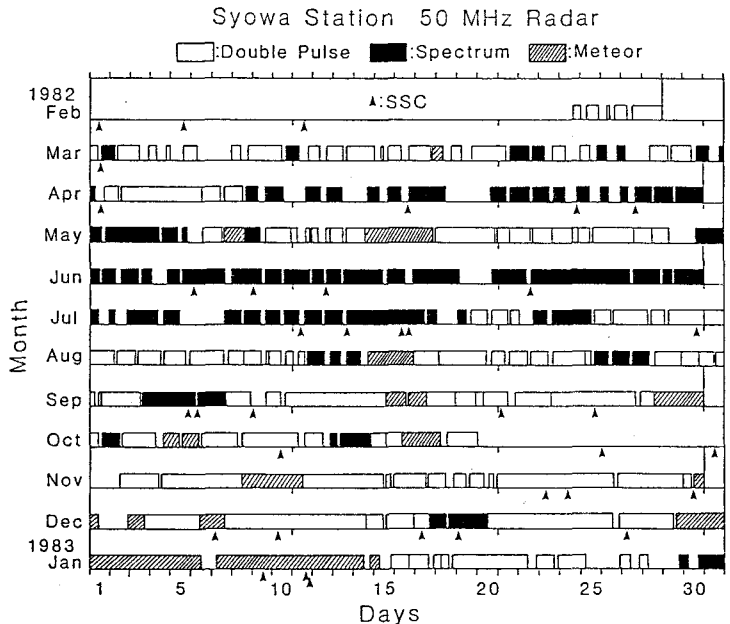
これまでに、取得データ全体についてのサマリープロットを作成し、流星高度における中性風の解析、SIやパルセーションとレーダエコーの関係、バルーンとの同時観測データの解析、オーロラの形態と電離層電場に関する解析を行ったが、詳細な解析は、今後も継続する予定である。

南極におけるユヒーレントレーダは、現在のところ昭和基地のVHFレーダしかないが、Halley Bayと

SipleにDual HF Radar、Terre AdélieにHF Radarを設置する計画が提案されている。カナダでは、50MHzのBistatic Auroral Radarを開発中である。昭和基地のレーダもアンテナ系の改良を行えば、現在より広範囲の観測が行えるので、今後の検討課題としたい。



第1図 VHFレーダの観測範囲



第2図 VHFレーダによる観測期間及び観測モード

高緯度 Pi 2 脈動と沿磁力線電流

樋口 喜 啓 (山形大学工学部電気工学科)

1. はじめに サブストーム開始時に発生するPi2脈動は、その最大振幅がオーロラオーバル近傍に存在するという事は、観測結果より、指摘されてきていた(1)。しかし発生領域に近づくにつれて、オーロラ・エレクトロジェット(AEJ)電流にともなうノイズのために、Pi2脈動は隠されてしまい、その特性を調べることは困難であった。最近、データーに最適な偏波フィルターを用いて、AEJ電流に起因すると思われる雑音を取り除いて、Pi2脈動の発生領域近傍でのスペクトル解析および偏波特性が調べられた。(2)(3)

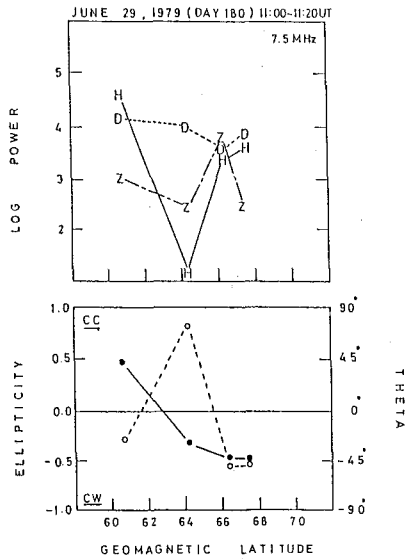
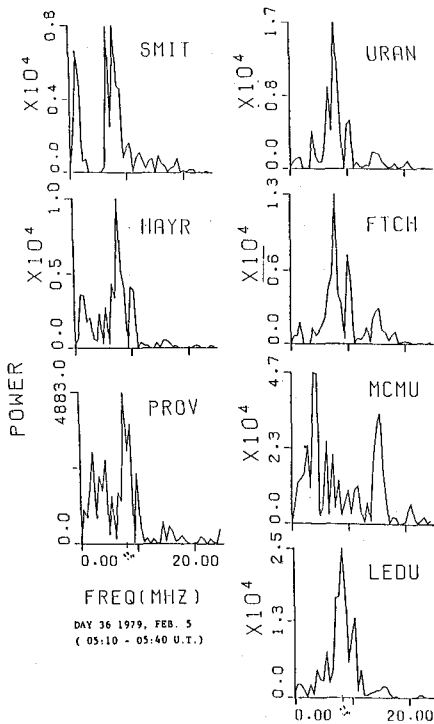
2. パワー・スペクトル 第1図は、1979年2月5日(05:10-05:40U.T.)に観測されたPi2脈動の7つの観測地点でのパワー・スペクトル解析結果である。7つの観測地点のなかでもっとも低緯度にあるLEDUでのスペクトルをみると、8.3 MHzに最大強度がある

ことがわかる。

3. 偏波特性 AEJ電流を境界として、それより低緯度側では左偏波(CC)、又高緯度側では右偏波(CW)特性を示すことは、知られている事実である(4)。第2図は、その一例である。H成分の最小地点を境界にして低緯度側で左偏波、高緯度側で右偏波を示している。偏波特性の地方時依存性に関しては、結論は得られていないようである。特にAEJ電流の真下では右偏波特性を示すことがわかってきた。上向き沿磁力線電流の存在するところを境界としてAEJ電流の低緯度側までの領域は右偏波特性を示す。

参 考 文 献

- (1) Jacobs, J.A. and K.Sinno; Geophys. J. 333, (1960)
- (2) Samson, J.C. and B.G. Harrold J. Geophys. Res. 88, 5736, (1983)
- (3) 樋口喜啓 J.C. Samson, M. Marechal, G. Rostoker: 磁気圏・電離圏シンポジウム, 105(1981)
- (4) Kuwasima, M; Mem. Nat. Inst. Polar. Res. A15, 79 (1978)



## Substorm の効果としての P c 1 地磁気脈動

石田 十郎、林 幹治

東京大学・理学部

P c 1 地磁気脈動は、磁気圏尾部から磁気圏に injectされた、速度・実空間に異方性を持った高エネルギーの粒子による cyclotron resonance で発生していると考えられており、磁気圏内の高エネルギー粒子及び低エネルギープラズマの状態を把握する事が其の発生条件を考える上で重要である。

我々はカナダでおこなった plasma pause latitudes, auroral zone, subcleft latitude にかけての多点同時観測の結果に基づき、スペクトルの構造から、大きく periodic な構造の見られる "periodic type" と、periodic な構造の見られない、"non-periodic type" に分けられ、これらの P c 1 は、緯度・local time に関して特徴的な現れ方を示した。

さらに、地磁気活動度との関連を考えると、1) Substorm の直接的な効果として数時間のうちに発生するものと、2) Substorm の after-effect として磁気圏の擾乱がおさまっ

た後、数日の間の比較的静かな時期に発生するものに分けられ、それぞれ以下のような現象が対応する事がわかった(表1)。

これらの P c 1 現象と Substorm の関係は、1) の場合については単に Substorm に伴う高エネルギー粒子の供給によるのでは一概には説明できない。従って磁気圏内の諸条件(cold plasma の分布、convection fieldの様子)を合わせて更に詳しい解析が必要である。また、2) の場合については状況は更に複雑で、長周期の脈動(P c 4-5)による modulation の見られる例も観測されており、その発生の triggering mechanism と合わせてまだ十分な説明がなされていない。これらの点についてさらに詳しく解析を行ない報告する。

| 効果                                                                                         | 現象の種類                                                                                                                                                                       | Local Time                                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Direct effect<br>Energetic proton injection                                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Non-periodic P c 1, low frequency band (IPDP を含む。)</li> <li>• Subcleft morning dot</li> <li>• Night side periodic P c 1</li> </ul> | 11-20 MLT<br><br>7±2 MLT<br><br>17-07 MLT |
| After effect<br>Longitudinal density gradient in low energy plasma etc.<br>+weak injection | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dayside periodic P c 1</li> <li>• Non-periodic P c 1, high frequency band</li> </ul>                                               | 06-18 MLT<br><br>10-16 MLT                |

表1 P c 1 の substorm 効果

極域における Riometer 観測結果の経年変化

大瀬正美<sup>○</sup> 倉谷康和<sup>※</sup> 五十嵐喜良<sup>※</sup> 鮎川 勝<sup>○</sup>  
 (○ 極地研究所 ※ 電波研究所)

昭和基地における Riometer (30 MHz) の観測はオク次再開時から定常観測として開始し現在も継続されている。また 1968 年から測定周波数も 20, 50 MHz の 2 波を追加した。Riometer の観測も太陽活動の 1 サイクルを測定したので、太陽活動指数および  $\Sigma Kp$  と経年変化の統計を行つてみた。また南北極の比較を行うため北極の極光帯にある KIV0 (Finland, 69.8°N, 26.5°E) のデータについて比較を行つた。図にみられるように 1968 年から 1982 年まで 15 年間の太陽活動指数、地磁気  $\Sigma Kp$  および Riometer 月平均値を比較すると太陽活動指数と  $\Sigma Kp$  の値は完全に逆相関を示している反面  $\Sigma Kp$  と Riometer 月平均値は非常によい相関を示している。 $\Sigma Kp$  および月平均値は太陽活動の最大付近ではむしろ小さく、太陽活動の下降期に最大を示している。このうち 1973 年から 1974 年の最大付近では地磁気の回復性擾乱が卓越して、多い月には 2~3 回の回復性擾乱が発生している。また擾乱期間も長い時には 1 週間以上も継続している。このうち吸収の大きい時間帯は夜間側より昼間側に多く発生している。太陽活動の下降期にあたる 1982 年付近にも  $\Sigma Kp$  と Riometer 月平均値が少づつ上昇していることがみとめられた。

また昭和基地および KIV0 について 1973 年と 1981 年の月別平均値を比較してみると両者とも春秋から冬季にかけて昼間側に最大ピークが見られる。この現象は極光帯における PCA と同じように昼間の現象であり、相当長期間にわたり特に冬季に顕著であることから低緯度側への影響も考えられるが Finland の極光帯から以南の観測所では殆どこの現象は出現していない。また AE との相関比較は昭和および KIV0 とともによく、1 日以上擾乱が継続した場合には夜側より昼間側の吸収が顕著である。以上のことからこの現象は極光帯特有のものであり次期の太陽活動下降期に期待する。

