

## 南極ロケットによるプラズマ波動の観測計画

大 家 寛\*

### Planning for Observations of the Plasma Waves by Sounding Rockets in Antarctica

Hiroshi OYA\*

**Abstract:** The plasma wave observations in the polar ionosphere consist of two categories; the first is for the emission due to the particle precipitation and the second is for the emissions that are thought to be generated in the magnetosphere as a result of the conversion of the plasma waves into the electromagnetic waves.

The first kind of the observation is important for the confirmation of the anomalous resistivity that is included in the nonlinear beam instability. The second kind of observation is important for the analyses of the wave particle interaction processes in the deep magnetosphere.

The over all feature of the wave-particle interaction processes in the polar ionospheric plasma should be clarified by the rocket experiments that are coordinated with the instruments for the measurements of the waves and particles. The large scale co-ordination of the observations that are organized by the rocket measurements, ground observation and the satellite observations, is required to achieve these projects.

#### 1. 序

1971年9月に南極ロケット観測に関するシンポジウムが開かれ、その折、極地ロケットで磁気圏の物理学を根本的に左右すると見られる波動と粒子の相互作用の結果として得られるプラズマ波の観測をする意義について、philosophical なポイントを中心に、IMS 事業の一端としていかに進めるかを議論した(大家, 1972)。

ここではさらに、それを具体化していくという点で、

- 1) 下降粒子にともなう波動群, および
- 2) 磁気圏より伝播する波動群

という二つの category に焦点を分けて、観測の意義と計画を述べることにする。特に、強

---

\* 東北大学理学部超高層物理学研究施設. Upper Atmosphere and Space Research Laboratory, Tohoku University, Sendai.

調しなくてはならぬ点は、IMS 期間での co-ordination の問題で、日本の衛星としては EXOS-A, および B との協同観測、さらに外国では、アメリカの Mother-Daughter ミッション等と共同観測する必要がある。

最後に、観測の定義でつけ加えなくてはならぬ重要なポイントは、極地での研究がこの分野のみにとどまらず、木星のプラズマの類似した events, ひいてはパルサープラズマ等と宇宙空間プラズマ現象を代表する重要ポジションにあることである。

## 2. 下降粒子にともなうプラズマ波動群

磁気圏嵐の諸 phase に応じて、極域電離層に下降する粒子群は、極地現象をコントロールする主役である。この粒子注入と不可分の現象が、ここに述べる下降粒子にともなうプラズマ波動群である。従って、速度分布関数で性格づけられるような下降する粒子群の諸相は、プラズマ波のスペクトル、および強度、空間分布と表裏一体であろうと考えられ、これを粒子とともに同時測定することが不可欠となる。

従来、粒子注入に伴って発生するプラズマ波は、電磁波の直接放射を行うものと考え、cyclotron radiation や、Cerenkov radiation の理論が確立されてきた。その点を実証することがまず必要とされる。特に、問題となるのは波の成長率であるが、同時に発生している静電的プラズマ波の観測も必要となる。

## 3. 磁気圏より伝播する波動性

磁気圏より伝播する波動群には、その領域で直接電磁波として発生するグループと、静電的プラズマ波として発生したものが、電磁波に変換されて伝播するモードがある。後者のモードは、太陽における Type II バースト等でとりあげられ (ZHELEZNYAKOV, 1966), 惑星レベルでは木星のデカメートル波の origin として確立されつつある (OYA, 1974; SCARF, 1973) が、地球レベルでも重要なポイントとしてとりあげられるべきものである。

図1に磁気圏の概略を示すが、磁気圏より伝播する波動群では、tail のプラズマシート、さらに、polar cusp, region で発生するものが観測の対象となる。このうちで極地現象と直結する問題は、tail プラズマ中で発生する静電的プラズマ波である。すなわち、tail plasma sheet 内のじょう乱状態 (OYA, 1972) は、磁気圏サブストームと直結しているらしいが、さらに、この turbulence は電磁波に変換されて極域に伝播してくるはずで、これを実証する必要がある。

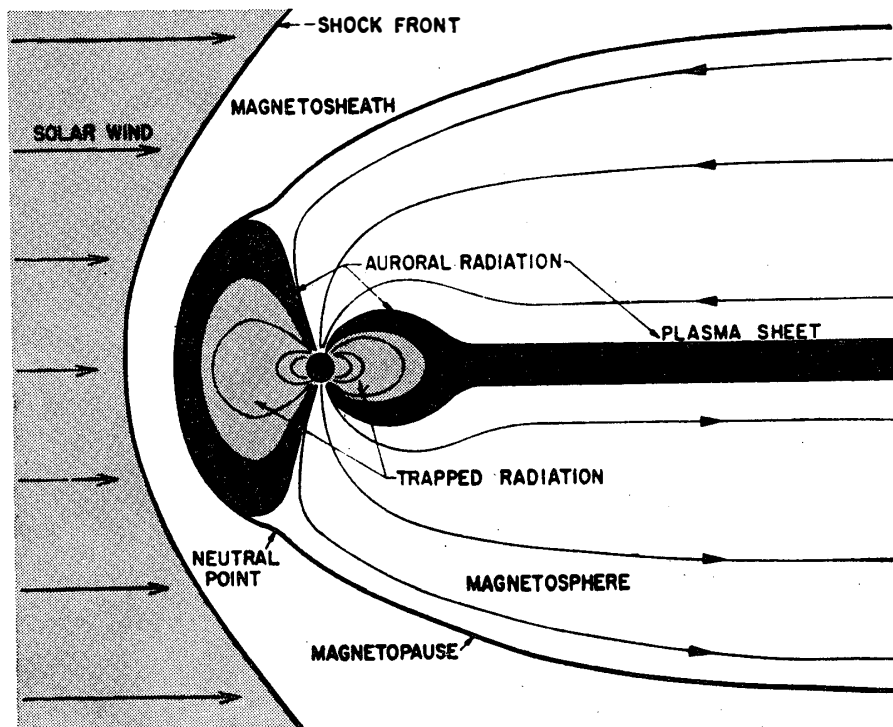


図 1 磁気圏の構造と極域との関連. いわゆる auroral radiation と呼ばれる領域は、極域の下降粒子に関連する部分であるが、plasma sheet 中に発生する波動粒子相互作用の反映として生じた静電的プラズマ波が、電磁波に変換したものと、さらに、直接粒子注入によって電磁波が発生したものが、極域で観測されるプラズマ波として、重要である。なお粒子注入により、同時に磁力線方向に平行な波数ベクトルをもつ静電的プラズマ波も生じるが、これが電磁波に変換するモードも重要な観測対象となる。

Fig. 1. Schematic illustration of the magnetic-field topology in the earth's magnetosphere in the noon-midnight meridian plane.

#### 4. プラズマ波物理上の問題

##### 4.1. 下降粒子にともなう Emission

Emission が coherent cyclotron によるか、あるいは、Cerenkov 機構によって発生しているか、あるいは、beam instability による静電的プラズマ波の電磁波への変換によるか等、EXOS-A, および地上観測のデータとを合わせて、波動の growth rate を明確にすることによって明らかにする。

##### 4.2. 磁気圏より伝播する波動

この波動は、磁気圏での ULF range にある静電的プラズマ波と ULF 磁波との相互作用により、さらに、新たな ULF 波を形成する問題は理論的に検討されているが、特に、プラズマポーズを中心に存在するであろうし、その実証が必要である。こうした問題で、

EXOS-B データーとの比較観測は重要である。

次は、非線形波動粒子相互作用の問題になるが、tail region での ULF 波は、粒子に modification を与える。さらに、この modulation を受けた粒子は、静電的プラズマ波を作る (OYA, 1972)。静電的プラズマ波間では、非線形波動粒子相互作用を起こしていることが確認されているが (OYA, 1972)、ULF 波を含んで波動粒子相互作用を起こしているか否か、これから明らかにしなくてはならない点である。

## 5. 観 測 方 法

南極ロケット観測において、上記の諸物理的意義を明らかにするためには、一つのロケットでクローズしたプロジェクトをもったロケット観測を行う必要があるが、波動粒子相互作用を明らかにする点からは、是非粒子計測項目と相乗りする必要がある。

これにはまず、粒子計測を high speed rate scanning で行う。対象とするエネルギー領域は、電子に対しては、5eV-20keV、プロトンに対しては、50eV-50keV となる。波動に関しては、search coil をセンサーとして用いて、0.01 Hz~1kHz にわたる ULF~ELF の電磁波と、5 m アンテナ (S310 の場合、2.0 m~2.5 m に短縮する必要もあろう) による電界計測を行う。電界計測については、100Hz~30kHz にわたる広帯域の周波数計測が必要である。

また、本論で述べたような co-ordination を考えた場合、つまり EXOS-A や B が昭和基地を通る磁力線を横切っている時に、オーロラが出現した場合に、発射されることは極めて望ましい。しかし、南極におけるロケット発射は、時期的には自由度が大きい、オーロラ出現時に遊動するオーロラ像の中に命中するようにしなくてはならぬ。

従って、ロケット発射のチャンスを選ぶことがずっとむずかしくなるであろう。

## 6. む す び

IMS 期間の南極ロケット観測は、その開拓期である第1期ロケット観測の成果をふまえて、さらに、高度で有意義な観測プロジェクトへと進められる時期に入るが、衛星および地上観測との organize された観測網と、またロケット自体に organize された項目選定をすることに主点が置かれる。

こうして極地観測そのものが実り多い観測成果を得ると共に、この極地現象の解明は、地球も一つの惑星として、さらに進んで他の惑星におけるプラズマ状態と、その中に生起する波

動と粒子の相互作用を解明する手がかりとして進展させられてゆくものもあろう。

#### 文 献

- 大家 寛 (1972): 磁気圏プラズマとオーロラサブストーム. 南極資料, **43**, 53-59.
- OYA, H. (1972): Turbulence of electrostatic electron cyclotron harmonic waves observed by Ogo 5. *J. Geophys. Res.*, **77**, 3483-3494.
- OYA, H. (1974): Origin of Jovian decameter wave emissions-conversion from the electron cyclotron plasma wave to the ordinary mode electromagnetic wave. *Planet. Space Sci.*, **22**, 687-708.
- SCARF, F. L. (1973): TRW-preprint 24876-6001-RU-00, Space Sciences Department, TRW Systems Group, One Space Park, Redondo Beach, California.
- ZHELEZNYAKOV, V. V. (1966): The origin of Jovian radio emission. *Soviet Astronomy-AJ*, **9**, 617-625.