

南 極 ロ ケ ッ ト 観 測 計 画

木 村 磐 根*

A Future Plan of Rocket Observations in Antarctica

Iwane KIMURA*

Abstract: Before planning future rocket experiments at Syowa Station in Antarctica, the IMS rocket projects already partly made and partly to be made at Syowa Station have been critically examined. For the post-IMS project, it is first proposed that the bandwidth of data transmission by rocket telemetry must be widened by powering up of the rocket-borne transmitter and by reconstructing the ground-based telemetry receiver. As to the kinds of observation, almost all IMS projects will be tried again with improving reliability of the experiments. A big complex payload will become feasible by an appearance of the S-500 type of rocket.

要旨：南極昭和基地におけるロケット実験の将来計画を立てるにあたり、すでに一部実施され、また、一部実験実施が残っている昭和基地の IMS ロケットプロジェクトについて十分検討し、反省すべきところは反省しなければならない。ポスト IMS プロジェクトとしては、まずロケットテレメータの送信機をパワーアップして、データ伝送の広帯域化をはかる必要がある。観測内容については、現 IMS プロジェクトのほとんどすべてが、再び実験されるであろうが、さらに装置の信頼度を上げる必要がある。また、S-500 型ロケットの開発により、大形の複雑な搭載機器でのロケット実験が可能になる。

1. 緒 言

IMS 期間の南極ロケット観測は、現在実施中の第 19 次観測をもって終了する。その後、数年の休止期間をおいて後行すべきロケットの将来計画を検討するに当たり、やはりまず、この IMS 期間におけるロケット実験について十分検討し、その成果と反省をふまえて計画を立てるのが順当であろう。

IMS の南極ロケットプロジェクトとしては、当然のことながらオーロラ現象など、極域における降下粒子に関連した問題を取りあげており、下記の 3 つの柱のもとに、それぞ

* 京都大学工学部電気工学第二教室. Department of Electrical Engineering II, Kyoto University, Yoshida-honmachi, Sakyo-ku, Kyoto 606.

表 1 IMS 期間中の昭和基地ロケット観測
Table 1. IMS rocket project at Syowa Station, Antarctica.

	17 次	18 次	19 次	計
波動-粒子 相互作用	S-310JA- 1 S-210JA-20 -21	S-310JA- 2 - 3	S-310JA- 4 - 5 - 6 - 7	9
電場・磁場	S-210JA-24 -25	S-210JA-29	S-310JA- 4 - 7	5
エアロノミー 大気変成	S-210JA-22 -23	S-210JA-26 -27 -28	S-210JA-30 -31	7
計	7	6	6	

れ有機的に関連する観測機器を 組合わせ総合観測としての 色彩を強調した (木村, 1976, 1977).

- 1) 波動-粒子相互作用 (VLF 波動スペクトル, ポインティングフラックス, HF 波動スペクトル, keV 電子, 数 10—数 100 keV 電子, 電子密度, 温度等の組合せ)
- 2) 静電場, 磁場 (地球磁場, 静電場, 電子密度, 温度)
- 3) エアロノミー特に大気変成 (NO の密度, 数 10—数 100 keV 電子, 電子密度, 温度)

具体的には表 1 に示すように, 第 17 次隊 7 機, 第 18 次隊 6 機の計 13 機が実施済みであり, 第 19 次隊では 6 機が現在昭和基地に搬入され, 打ち上げの準備が行われている. これまで行われた実験では, 観測隊員の方々の大変なご努力により打ち上げはすべて成功で, 観測機器もごく少数を除いて良好に作動し, 成功率はきわめて高いと言える.

本報告ではこれらの実験についての反省と将来計画について述べる.

2. IMS 期間の南極ロケットの成果と反省

これまでの実験の成果と経験をまとめると以下のようになる.

2.1. 定常的パラメータ観測におけるデータの集積

極域電離層の電子密度, 電子温度, 粒子観測等定常的プラズマ諸量については, どのロケットによっても観測され, 夏, 冬, 昼間, 夜間, 地磁気静穏時, 活動時等種々の組合わ

せの条件に対してデータが得られており、リオメータ吸収量 (CNA) と 90 km における電子密度とを結ぶ実験式、地磁気の変動量と 110 km の電子密度を結ぶ実験式なども得られており、貴重な成果となっている。

2.2. 偶然的ファクター

波動-粒子相互作用の観測では、波動現象、粒子観測が共に成功しても、その相互関連を示す現象に遭遇することはなかなかむずかしい。今までの成果としては、VLF 帯ではコーラスの地上とロケットの同時観測により、ELF 帯における特殊な電離層通過特性がみつけれ、また、LHR ヒスなども発見されているが、これらと粒子の関連では明瞭なものは少ない。HF 帯では粒子の流れにより、電子サイクロトロン高調波 (ECHW) モードの励起と思われる現象がみつけれられている。人工衛星に比べ、本来ロケットはこの種の偶然的現象には不向きな面もあるが、高度に対するプロフィールや依存性がわかる特長もあり、オーロラ発生時、VLF 放射が地上で観測できる時など、できるだけ相互作用現象発生の可能性大なる時期をねらって実験を行うことを考えている。

2.3. Redundancy

重量、経費の点から搭載計器は、必要最小限のものを組合わせてのせるのが当然であるが、一方、お互に関連する PI を組合わせる場合、1 つでも観測に失敗すると、全体として観測の意義が極端に低下する場合もある。このようなことを考えると、あまり高価にならない基本計器の場合には、たとえば原理の異なる 2 種の観測器を同時搭載するなど冗長度を増すことも必要である。

2.4. 信 頼 性

南極ロケットは、当然オーロラに関連した観測が多く、内之浦ではあまり行われず、南極ロケット用に新たに開発されたものもいくつかある。これらはしたがって一部テスト的性格もあり、得られたデータが十分信頼性に足るものかどうかかわからないところもある。また、一般に搭載装置製作の期間が不十分で、設計者が立会った単体としてのチェック、総合チェックが内之浦ロケットに比べ不十分になる心配がある。今の予算執行上のスケジュールからいえば、止むを得ないのかもしれないが、メーカーにお願いして少しでも早く完成してもらうことが信頼性を上げる必要条件であろう。その上、年々機器がむずかしいことをねらい、複雑化しているのも隊員の方々の負担を増し、また機器そのものの信頼度

を下げている要因である。

2.5. テレメータ伝送容量

波動観測などでは、広帯域テレメータ (WBTM) が不可欠であり、現在までのやり方では、IRIG #15 をつぶして、WBTM 1 チャンネルをとっているのが実情である。しかし、このために IRIG の高レスポンスのチャンネルがなくなり、また、アナログテレメータの総数も 13 チャンネルに減ずる。このことは搭載 PI の情報量をかなり減らして、テレメータ伝送していることになる。また、この上に WBTM を 2 チャンネルも希望するとすれば、どうしても 2 台のテレメータ送受信機を用意するということになる。第 19 次隊による S-310JA-4 では、人工衛星テレメータ用地上受信機を一時転用して、ロケット用にもう一波のテレメータチャンネルを作ったが、それでは衛星とロケットの同時観測もできなくなり、また隊員の方々の負担増をもたらすことになる。

3. 将来計画その 1 (基本的事項)

3.1. テレメータのチャンネル増

前節の反省をふまえると、今後ロケット実験の再開を前提とすれば、やはりテレメータを改良し搬送波 1 波で、もっと広帯域の伝送をできるようにすることが必要である。たとえば、今まで 35 kHz 以下の信号伝送で 1 W の送信電力を用いているが、3 W 位に増力して一挙に 3 倍程度のチャンネルをとることを考える必要がある。このときには地上受信機の改造が必要で、19 次隊の帰国時にもち帰り改造する。

3.2. ロケット絶対姿勢計の標準化、小形化

最近の観測ではロケットの姿勢が、正確にわかることが必要な機器が多い。そのため GA だけでは不十分で、またオーロラの出る夜間では GAS も使えない。そこで第 19 次ロケット計画では、ATX (オーロラ X 線の検出)、HOS (赤外線水平線センサー)、MS (月センサー) 等と GA との組み合わせにより姿勢を出すことが計画されているが、今後共これらの機器を標準化、小形化することが必須であろう。

4. 将来計画その 2 (観測内容)

4.1. MAP 関係

1981 年から始まる MAP の観測事業としては、電離層と中間圏のカップリングが重要

なテーマであるが、中間圏自体の観測には、地上からの IS レーダー観測やメソゾンデなどが better であり、ロケットはむしろ超高層観測用に用いられるであろう。

4.2. 超高層関係

超高層関係ではオーロラと関連した観測テーマと考えると、結局 IMS 期間の観測のテーマとほぼ同様になる。すなわち、オーロラと関連した粒子、波動、電場、磁場、大気変成などがメインテーマとなるであろう。ただ、IMS 期間の成果と反省をふまえて、信頼度の向上を目ざす必要がある。なお、低高度 D 領域の電子密度、衝突回数の測定が MAP とも関連して必要であるが、これは地上から発射された VLF、または HF 帯の電波の強度と位相をロケットで観測することにより求める方法を用いることができる。

この外、EXOS-B, ISIS 等との同時観測やバルーンによるオーロラ X 線の観測と、ロケットによる波動観測との同時観測なども計画的に行うことが必要である。

また、近い将来 S-500 型の大型ロケットの開発が進められているが、これによれば、より高い高度までの実験、大型 payload の実験が可能であり、電子ビームの放出実験や多種の観測機器の相乗りによる総合観測も可能になる。

4.3. 地表のリモートセンシング

今まで昭和基地のロケット実験は、超高層関係の目的に限定されていたが、今後は高高度からの地表のリモートセンシングにも用いられるであろう。とくに、南極では一面厚い氷に覆われており、マクロに氷の下の様子を推定する目的をもったリモートセンシングとして、赤外、電波などによる radiometer の実験をするのも面白いのではないかと思われる。

5. 結 言

以上、将来計画の観測内容について、必ずしも具体的な内容の提案になっておらず、この課題の目的を果していないかもしれない。著者としては、この IMS 期間中のロケット実験の成果を十分活用し、その結果をふまえて将来のより価値のある実験を計画することが大切であることを強調したい。なお、シンポジウムの上記の報告の後、国立極地研究所福西浩助教授より具体的観測内容の提案として、発光雲による磁力線の trace の実験があることが指摘され、そのための shaped charge のテストなどもなされつつあることが、東京大学中村純二教授より報告されたことを付記する。

文 献

- 木村磐根 (1976): 南極ロケット. IMS シンポジウム 1976 年, 東京大学宇宙航空研究所, 114-123.
木村磐根 (1977): 南極ロケット (I) 波動-粒子相互作用. IMS シンポジウム 1977 年, 東京大学宇宙航空研究所, 225-234.

(1978 年 6 月 10 日受理)