

中層大気国際共同観測計画 (MAP) 期間中の 南極ロケット実験報告 (1984-1985)

平澤 威 男*

Sounding Rocket Experiments at Syowa Station during Middle
Atmosphere Program (MAP) (1984-1985)

Takeo HIRASAWA*

Abstract: During the period of Middle Atmosphere Program (MAP), 11 MT-135JA type rockets were launched from Syowa Station, Antarctica, into the middle atmosphere and 5 S-310JA type rockets were launched into the upper atmosphere at various stages of polar substorms. Through the successful rocket flights, we have obtained useful information on the physical processes in the middle and upper atmospheres. The present paper reports the progress of the sounding rocket program at Syowa Station mainly concerning the preparation and transportation of the rockets, the maintenance of the launching facilities, the procedures of the rocket firing and tracking, and the results obtained from the rocket flights.

要旨: 中層大気国際共同観測計画 (MAP) に対応し、2年間にわたって昭和基地で実施されたロケットによる中層大気、電離層大気、オーロラ観測に関する報告書である。特に、観測の目的、計画の立案、昭和基地ロケット打ち上げ経過、飛しょう結果、観測結果などについて報告し、今後のロケット実験に資することを期した。

1. はじめに

南極昭和基地 (69°00'S, 39°35'E) での第 III 期ロケット実験 (第 I 期ロケット実験 1970-73, 川口ら, 1971; 鮎川ら 1975; 第 II 期ロケット実験 1976-78, 鮎川・平澤, 1980) は Middle Atmosphere Program (MAP, 中層大気国際共同観測計画) の一環として 1984 年から 1985 年の 2 カ年にわたり第 25 次および第 26 次南極地域観測隊が実施した。その主たる目的は、中層大気が極域電離層を介し、地球磁気圏とどのように結合し、因果関係を持っているかを現象論的に明らかにし、その物理過程を解明することであった。地上観測・航空機観測・気球観測・人工衛星観測等の手段を用いた同時総合観測の一環としてロケット観測は位置づけられた。

1983 年 12 月第 25 次観測隊は、第 II 期の南極ロケット観測が終了した 1978 年 12 月以

* 国立極地研究所. National Institute of Polar Research, 9-10, Kaga 1-chome, Itabashi-ku, Tokyo 173.

来、防錆および防湿処置を施して閉鎖してあった昭和基地ロケット実験施設を約5年ぶりに再開した。さらにレーダー・テレメーター・発射管制装置を更新し、ロケットランチャーおよび保温槽などの改造を行って、MAP 期間中の南極ロケット打ち上げ態勢を整えた。

今期の南極ロケット実施の大きな特徴は中層大気（高度 10-120 km の大気）を総合的に観測研究するため、従来昭和基地で使用されてきた超高層観測用ロケット S-310 JA に加え、高層気象観測用ロケット MT-135 JA を新たに導入したことである。このため、ロケットランチャーなど MT-135 JA ロケット打ち上げに必要な諸設備が新設された。勿論、第 11 次観測隊（1970 年）にはじまったオーロラなど超高層大気現象を探るロケット実験（S-160 JA, S-210 JA, S-310 JA）の実績があり、これらの経験の上に MT-135 JA ロケット実験を行うことが可能であった。

第 25 から第 26 次観測隊までの 2 カ年間に昭和基地で打ち上げた S-310 JA 型 5 基、MT-135 JA 型 11 基のロケットはすべて正常に飛しょうした。一部の観測記録に解析困難等不調な部分が若干見受けられたが、所期の目的を十分満足する多くの貴重な記録を取得した。本報告は、各次観測隊のロケット実験報告と、各種研究集会、研究誌等で報告された南極ロケット観測の成果をもとにその概略をまとめたものである。なお、MT-135 JA ロケット実験に関してはすでに報告されている。詳しくは、神沢ら（1987）を参照されたい。

2. ロケット班人員構成

2.1. 第 25 次観測隊ロケット班

実験総括	平澤威男（国立極地研究所越冬隊長）
実験主任	江尻全機（国立極地研究所）
ロケット・管制盤：	山上安広（日産自動車）
レーダー・搭載計器：	戸柱俊雄（明星電気）
テレメーター・搭載計器：	芦田精一（日本電気）
観測機器：	江尻全機，小野高幸（国立極地研究所）

2.2. 第 26 次観測隊ロケット班

実験総括	福西 浩（国立極地研究所越冬隊長）
実験主任	山岸久雄（国立極地研究所）
ロケット・管制盤：	伊藤幸雄（日産自動車）
レーダー・搭載計器：	板倉弘明（明星電気）
テレメーター・搭載計器：	古館 崇（日本電気）
観測機器：	山岸久雄（国立極地研究所），鮎川一朗（京大工）
気象ロケット：	神沢 博（国立極地研究所），福沢志津夫（気象庁）

3. 観測計画の立案と出発前の諸準備, 訓練経過

南極ロケットの超高層観測計画は, 国立極地研究所(極地研)の宙空専門委員会において審議される。第 25 次観測隊ロケット観測については, 1982 年 2 月宙空専門委員会のロケット分科会の中に, 世話人会(木村磐根, 小口高, 平澤威男, 江尻全機)を置いた。7 月に南極ロケット研究小集会を開催, 9 月 27 日観測計画の公募を行った。1983 年 1 月, 打ち上げ機を S-310 JA 型 3 基と決定した。世話人会で計画の原案が作製され, 1 月 28 日ロケット分科会で審議検討され, 2 月 15 日宙空専門委員会でその原案が承認された。2 月 24 日の設計会議でロケット搭載機器の構成等が決定された。第 26 次観測隊については第 25 次, 26 次観測隊一括して 1982 年 9 月 27 日より 12 月末日までに行われた搭載機器の公募に加え, 追加公募を 1983 年 9 月 28 日より 10 月 6 日の間行った。これらの計画案は 10 月 31 日, 極地研で開催された南極ロケット研究小集会で検討された。第 25 次観測隊で採択されなかった観測器を生かす配慮をしつつ, 特定の現象を解明できるような S-310 JA 型 2 基の観測器構成の原案が作製された。2 月 3 日宙空専門委員会ロケット分科会で審議され了承を得た。さらに 2 月 17 日宙空専門委員会により承認された。

第 25 次観測隊ロケット実験の目的は, オーロラ生成の物理過程を明らかにすることであった。そのためにはオーロラ粒子分布の時間変動とオーロラ像との対応を定量的に測定することが重要である。すなわち, 観測ロケットにより, オーロラ粒子とその映像であるオーロラ光を同時に高い時間分解能で定量的に測り, オーロラ発光とその時間変動の物理過程を見直すことであった。

第 26 次観測隊の観測目的は, オーロラ中での波動-粒子相互作用を明らかにするため, 両者をオーロラ中で同時観測することにあつた。また, 波動発生条件をコントロールするオーロラ中の電場及び三次元電流系を併せて観測した。具体的な研究課題としては, 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, また AKR, オーロラヒスの発生とオーロラ電子束の関係, E 層電子密度ゆらぎとその発生機構, 電離層電場, 三次元電流系も観測した。第 25 次観測隊の 3 基, また第 26 次観測隊 2 基の S-310JA ロケットは各隊次ごと全く同一デザインである。その観測器構成と担当者を表 1 に示す。

作成された観測計画に沿って各観測隊が出発以前に内地で実施した諸準備, 訓練等の経過は, いずれの隊次でも大同小異であり, すでに第 I 期及び第 II 期ロケット実験の報告で示されている。したがって, ここでは詳細な経過の報告は省略するが, 鮎川ら(1975)及び鮎川・平沢(1980)の両報告書を参考されたい。

4. 輸送・保管

ロケット本体の輸送荷姿は, 第 I 期, 第 II 期ロケット実験と同様すべて防湿木箱梱包形

表 1 MAP 期間中の S-310JA 型ロケット実験一覧表
(MT-135JA ロケット実験に関しては神沢ら (1987) を参照されたい)

Table 1. Research programs of the S-310JA type sounding rockets in the MAP period.

	観測項目	略号	分 担 者 (所 属)
S-310JA - 8 - 9 -10 (1984)	オーロラ光	VAT PHO	Visible auroral TV (二次元画像) Photomultiplier (一方向測定) 江尻全機・小野高幸(極地研) 小口 高・林 幹治(東大・理), 佐々木進(宇宙科学研)
	オーロラ粒子	ESP	Energy spectrum of particles 山岸久雄・宮岡 宏(極地研) 松本治弥・賀谷信幸(神戸大・工) 向井利典(宇宙科学研), 佐川永一(電波研)
	電子密度	NEL LP	Number of electron Langmuir probe 大家 寛・高橋忠利・森岡 昭(東北大・理)
	電子温度	TFL	Temperature of electron 小山孝一郎(宇宙科学研)
	磁 場	GA	Geomagnetic aspectometer 国分 征(東大・理), 青山 徹・遠山文雄(東海大・工) 福西 浩・佐藤夏雄・藤井良一(極地研)
	VAT 機 構		矢島信之(機械技研)
	地平線センサー	HOS	Horizon senser 石堂正弘(神戸大・工)
S-310JA -11 -12 (1985)	オーロラ粒子	ESP	Energy spectrum of particles 山岸久雄・宮岡 宏(極地研) 佐川永一(電波研), 向井利典(宇宙科学研) 賀谷信幸(神戸大・工)
	低周波波動	PWL	Plasma waves in low frequency 木村磐根・橋本弘蔵・松尾敏郎(京大・工) 松本 紘・筒井 稔・鮎川一朗(京大・超高層) 長野 勇(金沢大・工), 鎌田哲夫(名大・電波研) 山岸久雄(極地研)
		PWN	Plasma waves in number density 森 弘隆・佐川永一・巖本 徹(電波研) 小川忠彦(電波研・平磯)
	高周波波動	PWH	Plasma waves in high frequency 大家 寛・森岡 昭・小原隆博(東北大・理) 宮岡 宏・小野高幸(極地研)
	電子密度	NEI	Number of electron 高橋忠利・大家 寛・森岡 昭(東北大・理) 渡辺勇三・大林辰蔵(宇宙科学研)
	オーロラ電場	AEF	Auroral electric field 小川俊雄(京大・理) 福西 浩・山岸久雄(極地研)
	磁 場	MGF	Magnetic field 福西 浩・藤井良一(極地研) 国分 征(東大・理), 遠山文雄・青山 徹(東海大・工)
	地平線センサー	HOS	Horizon sensor 石堂正弘(神戸大・工)

式をとった。船積み場所は各次隊で若干異なるがロケット本体は「しらせ」の第2船倉、火工品は火薬庫、ロケット頭胴部は第7船倉にそれぞれ収められた。搭載計器は真空梱包した後、クッション材を入れダンボール梱包し、第2観測室に収納した。

昭和基地までの航海中第2船倉の温湿度を自記温湿度計により測定した。最高気温+35度、最低気温-1度、最高湿度89%、最低湿度35%であった。第2船倉は外気の温湿度の影響を受けやすく、湿度が高くなるのが気になったが、ロケット本体は防湿梱包されているので問題はなかった。第2観測室は専用空調機が備えつけられているが、自動停止することがあったので、時々、ラッシング点検を兼ね、温度をチェックした。「しらせ」から昭和基地までの輸送は、S-310JA型は梱包箱のままでは形状が大きすぎ、ヘリコプター機内搭載が不能であった。「しらせ」第2船倉で梱包箱を開梱、ゴムカバーと輸送用架台の荷姿にして機内搭載し、基地に搬入した。基地ではクレーントラックにより推薬庫へ運搬し保管した。搭載計器の基地への空輸は、担当隊員が同乗し取り扱いに十分な注意を払った。基地ではRT棟内で保管した。棟内の保存温度は+10~15度であった。

ロケットオペレーションが始まると、ロケット本体は推薬庫より組調棟へSM 50型雪上車(HIAB クレーン付)を用いて運搬した。RT棟で組立てた頭胴部は運搬専用治具を使用し、8人で担いで組調棟へ搬入した。各次隊ともロケット梱包箱に小型衝撃加速計を取り付け、輸送中の上下動を測定した。しかし、ロケット本体に悪影響を及ぼすほどの大きな衝撃値は記録されなかった。

MT-135JA 11基のロケット本体は、それぞれ防湿木箱で梱包し、3機入り3箱と2機入り1箱計4箱を「しらせ」船倉に収めた。昭和基地へは木箱のまま空輸し、S-310JAと同様に推薬庫内に収容した。ロケットゾンデは一式ずつダンボール箱に梱包し、それをさらに4箱ないし3箱ずつの大型のダンボール箱に梱包した。「しらせ」船内では空調設備のある第2観測室に収容した。

5. MAP 期間中のロケット施設の概況

昭和基地ロケット地上施設は、第II期南極ロケット観測終了後の第19次観測隊による管理・保管等の処置が適切であったため、基本的な施設はすべて継続使用ができた。しかしながら、5年間の休止期間を経た施設を再開し、そしてそれを実際に使用可能な状態にまで復元させる作業や、新たに搬入したレーダー、テレメーター、管制装置の設置など多くの作業を短期間に消化する必要があるがあった。昭和基地のロケット施設の概要は、すでに第I期、第II期南極ロケット実験報告で説明されている。ここでは、MAP期間中のロケット実験で更新・増設あるいは改造した施設について報告する。

1) ロケットランチャー・管制装置

ターンテーブル式ランチャーそのものは従前のものを使用した。S-310JA型ロケット用ラ

ランチャーレールは交換し、ロケットストッパーも改良型を取り付けた。保温枠も一新し、中央部にロケットバンドを付けた。

更新された発射管制盤は時刻表示部・タイマーバッテリー充電部・イグナイターチェックアウト部・イグナイタータイマーコントロール部・制御系電源・点火電源 (IG-PS) から成っている。これは従来制御系と点火系が別々の装置であったものを1つにまとめ、なおかつ安全性を向上させたものである。搭載機器の打ち上げ前の制御は PI コントローラで行う。機能は、観測機器 (PI) と共通計器 (CI) 部の制御、PI・CI 電源の充放電及び外部電源、着脱コネクター離脱制御等である。これらを一架台にまとめ一新した。ロケット制御用タイマーは従来の機械式タイマー (MT) から電子式タイマー (EPT) にかわり、また、管制装置・PI コントローラを一新したことに伴い、制御系ケーブル・中継ボックス等を更新した。すなわち、ランチャー上中継ボックス・組立調整棟内中継ボックス・同第 1 中間スイッチ・RT 棟中継ボックス及び制御ケーブル (室内・屋外) などを設置した。

MT-135JA ロケット用 PI コントローラを増設した。これはロケットがランチャー上にある時にロケットゾンデを遠隔操作するもので、主な機能はロケットゾンデの電源部の切り換え、切断タイマーの電源 ON・OFF、ショートピンの電流のモニター、切断タイマー出力電圧のモニターである。また、上記の PI コントローラの機能をモニターすることができるダミーゾンデがあり、打ち上げの前にロケットゾンデのダミーとしてランチャー上で結線し、PI コントローラ及びケーブルの機能試験を行った。

2) レーダー装置

レーダー装置は空中線装置のレドームを除きすべて更新した。すなわち、空中線装置及びその制御器・送信装置・受信及び空中線制御装置・測距装置・記録装置・安定化電源・分電盤・コリメーション装置等である。コリメーション・タワー (高さ約 10 m) は RT 棟より 11 倉庫方向の丘の頂上に立てた。レーダー空中線装置から見てコリメーション・アンテナは真北より方位角 $61^{\circ}07'12''$ 上下角 $+11^{\circ}07'12''$ の方向である。

また MT-135JA ロケット実験のために、送信パルス幅の変更、PPM 復調器およびアナログペンレコーダーの組み込みを行った。S-310JA ロケットに搭載される 1.6 GHz トランスポンダはパルス幅 $1.0 \mu\text{s}$ で送信したが、ロケットゾンデの仕様に合わせて、MT-135JA ロケット実験時には、送信パルス幅を $2.0 \mu\text{s}$ に変更し調整した。

3) テレメーター装置

新規導入した装置は、受信装置・ハイブリッドテレメーター復調装置・ハイブリッド PCM データフォーマット変換装置、データ接続架である。空中線は従来のものを整備して使用した。クイックルック用ペンレコーダーはグラフテック WR 3061-14 CH、データレコーダーはハネウェル M-101 (7 CH) を用いた。新たに従来の FM 方式に加えハイブリッド FM-PCM テレメーター方式を導入した。また、レーダーのデータを加え電子計算機に入力

出来る信号に変換し、観測棟へ光ファイバーで伝送する新しいシステムを取り入れた。時刻は情報処理棟の標準時刻 (IRIG-A) で同期をとり、レーダーの時刻も同期するよう統一した。

一人のオペレーターでこれらすべての機器の作動が出来るように両レコーダーともリモート・コントロール装置をテレメーター装置架に取り付けてある。M-101 のチャンネル配分は以下のとおり。

CH 1	RX Video 1	DR
CH 2	RX Video 2	DR
CH 3	PCM-P	FM
CH 4	PCM-F	DR
CH 5	R/T	FM
CH 6	時刻 (IRIG-A)	FM
CH 7	AGC+X マーク	FM

(RX: テレメーター受信信号, PCM-P: フォーマット変換した PCM 信号, PCM-F: フォーマット変換した FM 信号, R/T: フォーマット変換したレーダー信号, DR: ダイレクト録音, FM: FM 録音. 録音速度は 30 IPS である.)

4) 指令電話, 屋外放送設備

従来使用してきた指令電話装置は、第 25 次観測隊において既に使用不能な状態であった。第 26 次観測隊で新規調達し夏季作業期間中に設置、配線した。新設した指令電話は電話ユニット 3 スロット、モニタースピーカーアンプ 1 スロットを実装できる本体と、ヘッドセット式送受話器、モニタースピーカーから成り、5 系統の通話回線を選択することができる。電話装置本体は RT 棟、組調棟、電離棟、観測棟に置き、電話ユニットは RT 棟 3 個、組調棟 2 個、その他の棟は 1 個とした。ヘッドセットのケーブルは標準で 5 m であるが RT 棟では 10 m に延長した。組調棟では MT-135JA ロケットランチャー点で使用する必要があったので 30 m に延長した。

保安上、ロケット発射タイムスケジュール入り後、ロケット施設より基地主要部へ、立ち入り禁止の連絡、秒読み等を放送する必要がある。新規に調達した放送設備を第 26 次観測隊の夏季作業期間中に設置、配線した。アンプ、マイクは RT 棟発射指令卓に置き、屋外スピーカーは RT 棟、電離棟、観測棟屋上に置いた。RT 棟スピーカーとその他のスピーカーとは別配線とし、深夜のオペレーションの場合、RT 棟スピーカーのみ放送するよう心がけた。指令電話、屋外放送用ケーブルは、それぞれ 12 芯、2 芯の一括シールドケーブルで、RT 棟—11 倉庫前—電離棟—地学棟—天測点—荒金ダム (高架)—環境棟裏—観測棟の経路で引き、道路を横切る箇所だけ埋設した。

5) 風向風速計

RT 棟東側とロケットランチャー北東側にそれぞれ一台ずつの風向風速計を設置した。こ

これらの指示部はどちらも RT 棟内のロケット発射指令卓上におかれた。ロケット実験時のレーダー待ち受け角の風補正はランチャー側の風向、風速データを用いて行った。

6) 真空試験装置

ロケット搭載用レーダートランスポンダには高電圧回路があり、気密封じされているがその気密性を確認するため真空試験を行っている。従来使用してきた真空試験装置は第 25 次観測隊で順調に動作しなかったこともあって、第 26 次観測隊で新規に調達した。新規装置の概要はガラスベルジャー（内径 437φ、高さ 480 mm）を 20 ポート付きフィールドスルーカラー上に載せたものである。ポートの内訳はリークバルブ、可変リークバルブ（アルバック VLV-2）、ピラニーゲージ、8 極ハーメチックシール端子各 1 個、RF 信号端子 (OSM) 2 個、盲ぶた 13 個である。排気系は油回転ポンプ（アルバック PVD 360）を用い、排気速度 310 l/分、到達圧力は 5×10^2 Torr (6.7 Pa) である。真空計はピラニーゲージ（アルバック GP2T）を使用し、ベルジャー内とメインバルブのポンプ側圧力を測定する。ベルジャー内の圧力設定はメインバルブと可変リークバルブの開閉で調整することができる。レーダートランスポンダの真空テストは 0.05 Torr で 20 分間行い、動作はすべて良好であった。

7) MT-135JA 型ロケット用ランチャー

MT-135JA 型ロケットランチャーは第 26 次観測隊により S-310JA 用発射台横に建設された。方位角 212° (固定)、上下角 0-82° (手動式) である。建設されたランチャーは固定式で常時外に保管し、ランチャーのレールおよび駆動部分は、使用する時以外は常時、オーニングシートとビニールシートで覆いロープにてラッシングした。点火系および PI 系の配線系統は、S-310JA と共用する方法をとり、組立調整室からランチャー点までのケーブルのみ新しく設置した。

6. ロケット実験 (1984 年)

6.1. 実験の概要

6.1.1. 第 25 次観測隊の経過 (1984 年)

第 25 次観測隊の夏期間の作業目的は、第 19 次観測隊 (1978 年) から閉鎖してあったロケット発射施設を再開し、レーダー、テレメーター、管制装置などを更新することにあった。夏期間はまず既設備の調査・整理・移動・撤去・廃棄・改造を行い、新設備の建設作業を行った。2 月下旬搭載計器の点検・調整に入り、S-310JA-8 号機の CI 部本組みが 3 月 12 日、PI 部本組みが同 26 日に終了した。ロケットランチャーのせが 3 月 31 日、4 月 2 日よりスタンバイに入り、同 4 日打ち上げられた。9 号機及び 10 号機は 8 号機の経験で順調に準備が進行し、それぞれ 5 月 4 日、5 月 29 日にオーロラ出現を待って打ち上げることが出来た。表 2 に実験経過の詳細を示す。

ロケットの打ち上げ条件として、発射角は方位角 313 度 (沿磁力線方向) 上下角 80 度と

表 2 ロケット実験準備・打ち上げ経過 (第 25 次観測隊; 1983-84)
Table 2. The progress of the rocket launching operation in 1983-1984.

月	作 業 項 目
12 月	RT・組調棟点検・整理・撤去, 推薬庫整備 (23 日) レーダー・レドーム ボルトはずし ケーブル類設置 搬入物品開梱
1 月	発射管制盤・レーダー架・テレメーター架搬入・設置 PI・コントローラー・TM 試験架・AVR 搬入・設置 ロケット保温槽撤去・新規組立 各種中継箱設置, データ通信回線製作 ロケット運搬 (11, 12日) テレメーター空中線点検・整備 レーダー空中線設置 (17日) 温度測定ライン設置
2 月	コリメーション・タワー建設 (3 日) 光ファイバケーブル敷設 (6 日) 地上装置調整・試験 搭載機器開梱 ロケット (8 号機) 組調棟へ搬入 (11日) 頭胴部 RT 棟へ搬入 (11日) テレメーター空中線パターン調整・方位角測定 ロケット開梱 (15日) 火工品開梱 (18日) ロケット台車乗せ, 尾翼・ノズル組込検査 搭載機器点検・調整
3 月	全員打ち合わせ会 (6 日) CI 部机上タイマーテスト (10日) CI 部本組・タイマーテスト・動作チェック (12日~14日) ヨーヨー部本組 (15日) PI 部机上タイマーテスト (21日) イグナイター (IG) 装填・結線 (22日) PI 部本組, CI 部と結合 (27日) 頭胴部組調棟へ搬入・ロケットへ結合・機体塗装 (30日) ロケットランチャー乗せ, 保温槽取り付け, 動作チェック (31日)
4 月	ロケット打ち上げリハーサル (1 日) 打ち上げスタンバイ入り (2 日~) S-310JA-8 号機打ち上げ (4 日22時27分) データ再生・整理・検討 ロケット (9 号機) 組調棟へ搬入 (12日) ヨーヨー部本組 (13日) CI 部本組・タイマーテスト・動作チェック (17日)

表 2 つづき
Table 2. (Continued)

月	作 業 項 目
4 月	PI 部本組, CI 部と結合, 動作チェック (21日) IG 装填・結線 (24日) 頭胴部組調棟へ搬入・ロケットへ結合・機体塗装 (25日) ロケットランチャー乗せ, 保温槽取り付け, 動作チェック (26日) ロケット打ち上げリハーサル (28日) 打ち上げスタンバイ入り (29日～)
5 月	S-310JA-9 号機打ち上げ (4日01時14分) データ再生・整理・検討 ロケット (10号機) 組調室へ搬入 (10日) ヨーヨー部本組 (14日) CI 部本組・タイマーテスト・動作チェック (17日) IG 装填・結線 (18日) PI 部本組 (21日), CI 部と結合・動作チェック (22日) 頭胴部組調棟へ搬入・ロケットへ結合・機体塗装 (24日) ロケットランチャー乗せ, 保温槽取り付け, 動作チェック (25日) ロケット打ち上げリハーサル (26日) 打ち上げスタンバイ入り (27日～) S-310JA-10 号機打ち上げ (29日02時17分) データ再生・整理・検討
6 月	データ解析プログラム開発
7 月	データ解析
8 月	データ解析・論文作成

して, 8, 9 号機はディスクリット・オーロラ中, 10 号機はパルセーティング・オーロラ中へロケットを打ち上げることと決めていた. 他の条件として光の観測をするため太陽と月及びその反射光が光学観測器の視野に入っていないことが必要で, 月齢を計算し打ち上げ可能期間がきめられた.

打ち上げ期間は原則として夕食前に関係者全員による打ち合わせ会を開き, 気象条件・地磁気じょう乱の状況・ロケット動作チェックの結果等を考え合わせ, スタンバイに入るかどうかを決め, 夕食時, 隊全体へ通報した. 人員が配置に付く“第 1 スタンバイ”, ランチャーを立てすべての動作チェックが終了発射準備を完了させた“第 2 スタンバイ”とをもうけた. 発射指令は観測棟で 4 台のテレビカメラによりオーロラを監視, ロケット打ち上げ方向に目的とするオーロラが 2-3 分後に出現することを予知し, 観測棟より RT 棟へ指令電話で通達された. 今回電離棟よりアイオノグラムをビデオで RT 棟へ伝送した. また, 観測棟のテレビカメラの画面も伝送し, RT 棟指令卓で 2 台の CRT によってモニター出来たことは, RT 棟でも打ち上げの予想が出来, 非常に有効であった.

打ち上げオペレーションの仕事・役割分担は、ロケット担当隊員のみで担えるものでなく、宙空系隊員及びパイロット 2 名、気象隊員にも協力してもらった。そのほか、多くの隊員の支援があったことを付け加えたい。表 3 にはロケット打ち上げタイムスケジュールを示す。昭和基地のロケット実験施設が更新・改善されたことにより、第 II 期実験当時のタイムスケジュールとは細部では異なったものとなっている。

6.1.2. 第 26 次観測隊の経過 (1985 年)

当初 3 月と 5 月に S-310JA を一基ずつ発射する計画であったが、MT-135JA-1 の観測器に不具合があり、3 月に MT-135JA の再発射を行ったこと、MT-135 連射を先行させたこと等のため、結局 5 月 29 日と 7 月 12 日に発射が行われた。

4 月下旬は地磁気じょう乱と天候の条件がかみ合わず、4 月 24 日、28 日、5 月 1 日とランチャー角度付けを行ったが発射に至らなかった。5 月前半は月が明るく、地磁気静穏のため待機を中止した。5 月 15 日より再び待機に入ったが、地磁気じょう乱の回帰性が崩れ、静穏状態が続き、17、20、21、22 日とランチャー角度付けを行ったが微弱なオーロラしか出現せず発射できなかった。その後悪天のため一時待機を中止し、天候回復後の 5 月 29 日、小規模のオーロラブレイクアップ中に S-310JA-11 号機が発射された。ロケットの発射方位は電場観測器の要請で当初磁化 (313°) としたが、11 号機の場合オーロラの活動が弱く、昭和基地の低緯度側にアークが出現しにくい状況であったため、発射時には磁南々東 (110°) とした。

S-310JA-12 号機の準備作業期間中の 7 月 9 日、太陽面にプロトンフレアが発生し、磁気嵐の到来が予想されたため、作業日程を短縮し 7 月 12 日発射待機に漕ぎつけた。同夜予想通りの磁気嵐となり、越冬期間中最大級のオーロラブレイクアップが出現し、その中に 12 号機が発射された。12 号機の場合はオーロラ活動が活発であったので発射方位は磁北とした。発射上下角は 11、12 号機とも 80 度であった。

6.2. 現地における搭載機器の調整

各号機に搭載した観測器の種類は、すでに表 1 で述べた。2 年間の実験を通じて、これらの搭載計器に致命的な故障は発生しなかった。しかし第 I 期、第 II 期ロケット実験時に比べ、観測項目の増大と、より複雑化した搭載計器類の出現によって、現地における調整点検作業は慎重に進める必要があった。ここでは、点検時に故障が起こった計器、あるいは調整作業で問題となった計器等について年度別に報告する。

6.2.1. 第 25 次観測隊の場合 (1984 年)

搭載機器は輸送中の問題もなく、開梱後の点検で動作に大きな異常はなかった。プローブに流入する電流の交流分を測定する LP-AC のデータが、8 号機の結果をみると、ロケット・スピンの影響が大きいことがわかった。9 及び 10 号機は高域炉波回路を追加し、良好な結果を得た。9 号機の NEL (インピーダンス・プローブ) のリボン式 BeCu アンテナは伸展せず、

表 3 S-310JA 用タイムスケジュール (第 25 次観測隊)
Table 3. The time table of the procedure of the rocket firing.

基地 (main base)	X一分	ロケット・ランチャー (組立調整室)	レーダー・テレメーター搭載計器 (RT 室)
電離層・超高層現象 気象状態 } チェック			
全隊員にスタンバイ入り り通告	夕食時		
関係者以外ロケット地 域より退避		<p>(着脱コネクタ離脱テスト終了確認)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ランチャー発射点に運搬, ストッパー固定 ・温度ケーブルおよびランチャーアース接続 ・仮温風ダクト取付 ・ランチャー方位角セット, 固定 Az 313 度 ・機上点火系導通抵抗測定 ・飛しょう用プラグおよびコネクタカバー取り付け ・ランチャー上 IG 結線・IG ケーブルランチャー側接続 ・IG 第 1 回導通抵抗測定 ・ロケットストッパーの当たり確認 ・PI・タイマーおよび着脱コネクタ結合確認 ・ランチャー高度角セット・固定 EL 80 度 ・温風ダクト取付 ・ロケットバンド外し 保温槽出入口蓋確認 ・PI・CI・タイマー着脱コネクタ, ランチャー中継端子箱に接続 ・PI・タイマー・AC コード組調室中継端子箱に接続 ・IG 第 1 中間スイッチ OFF 確認 ・IG 第 1 中間端子箱に IG ケーブル接続 ・IG 第 1 中間スイッチ ON ・組立調整室総員退避 	<ul style="list-style-type: none"> ・風向・風速チェック ・PI 電源・巻き上げ電源 OFF 確認 ・発射管制盤電源 OFF 確認 ・IG・タイマー中継盤, コネクタ外し ・IG コネクタ中継盤短絡確認 ・槽温・薬温チェック ・IG コネクタ中継盤短絡確認 ・PI 動作チェック用意・RECCAL ・総員退避確認 ・PI 動作チェック
観測棟・情報処理棟・ PI 動作チェック用意			

<p>観測棟・情報処理棟 Xマーク, チェック</p> <p>気象棟・電離棟・観測 棟・情報処理棟・準備 状況チェック</p>		<ul style="list-style-type: none"> • 第2回導通抵抗測定 • 点火玉用意 • 発射管制盤全ダミースイッチ ON • 発射管制盤 EM ストップおよびXマークチェック • " " リセット, 全ダミースイッチ OFF, 電源 OFF • IG, タイマーケーブル中継盤へ接続 • 発射管制盤電源 ON • タイマーリセットアンサー確認 (START-LINE, PS-ANS (緑ランプ点灯) T-START (赤ランプ点灯)) • 点火電源電圧チェック • IG 最終導通抵抗測定 • 槽温・薬温チェック • 発射準備確認 (ロケット・テレメーターレーダー PI) <p>• 発射準備完了, 第2スタンバイ入り</p>
各棟 RT 室へ情報連絡		(発射指令待ち): PI 外部電源 ON・受信及び動作確認: レーダー待ち受け再設定及び修正
<p>各棟打ち上げ体制に入れ・電離層・全天カメラ連続記録</p> <p>スチールカメラ, 記録用意</p>	<p>X—1^m</p> <p>X—30^s</p> <p>X—15^s</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 打ち上げ準備せよ, 全員配置につけ • 第2中間スイッチ ON • TIMER-PS "F" ON • 「ALL-READY」(緑ランプ点灯) • CI 内部電源 ON, 巻上げ用電源 ON • PI 内部電源 ON 受信確認 • レーダー送信 ON • D/R REC スタート, TM-ATT・OFF • VAT CAL ON • コントローラスタート (スイッチ ON) X—50 VAT CAL OFF • タイマースタート確認 X—10 差上げ電源 ON・着脱コネクター離脱確認 • スタート OK 確認
	X	発射 (風向・風速・気温・気圧・天候・時刻記録)
	X+10 ^m	<p>保安確認</p> <p>• 発射管制盤リセット・ロケット実験終了</p>

観測は出来なかった。同一システムの 8 及び 10 号機の動作は異常なく、原因が不明であった。

EPT のタイム・シーケンスは、8 号機の結果を見て、高圧電源投入時放電が見とめられず、観測をより低高度から開始するため、開頭以降の秒時を 5 秒早めた。ロケット飛しょうに対する影響も検討した結果、同機種で過去 4 基、開頭を発射後 50 秒で行い成功した実績が有り、変更に支障なしとの判断を得た。実際の開頭高度は、65 km (9 号機) 及び 69 km (10 号機) であった。

6.2.2. 第 26 次観測隊の場合 (1985 年)

S-310JA-11 及び -12 号機のテレメーター、レーダートランスポンダ、タイマー、集中電源は、いずれも単体検査、かみ合わせ時においてすべて動作は良好であった。

観測器のうち、テレメーター PCM チャンネルを使用するものについては、PCM シュミレーター及びパーソナルコンピューター (PC 8801) を用いてデータ取得を行った。単体動作チェックの結果、低周波波動観測器に数点不具合があり、処置した結果、おおむね正常となった。

日本での環境テスト時に、電場観測器、磁場観測器のセンサー伸展に不具合があった。日本出発までに改良が行われ、全センサーとも正常伸展することが確認された。最終確認のため、昭和基地では 11 号機のみ頭胴部組立て完了後、ワイヤカッターをタイマー信号で動作させ、センサー伸展テストを行った。結果は良好で全センサーの正常伸展が確認された。12 号機については、全く同一構造であるので伸展テストは省略した。

7. 結果の概要

MAP 期間中の南極ロケット実験では、5 基の S-310JA 型ロケットと 11 基の MT-135JA 型ロケットを打ち上げた。表 4 に、MAP 期間中の S-310JA 型ロケット飛しょう一覧表を示す。

ロケットの飛しょうは全号機とも正常であったが、一部の観測計器にアンテナ展開不動作やデータ伝送機構に故障が発生して、観測記録の取得に失敗している。しかしながら、ほとんどすべての観測計器は正常に動作して、特に重点をおいたオーロラ生成の物理過程及び波動一粒子の相互作用の解明をはじめとした、オーロラに伴う諸物理現象の研究に関する貴重な記録を、取得することに成功した。

7.1. ロケット追尾状況

ロケット実験におけるレーダーの待ち受け角度の算出は 20 層に区分けした上層 10 km までの気球による風向風速観測結果から計算するのが、一般に用いられている。南極でのロケット実験は、激しく変化しながら高度 100 km 以上に出現するオーロラ現象の中へ、ロケットを命中させなければならない。打ち上げまえに上層の風の状態を観測し、レーダーの待ち

表 4 S-310JA 型ロケット飛しょう一覧表

(MT-135JA 型ロケット実験に関しては神沢ら (1987) を参照されたい)

Table 4. Table of the S-310JA type rockets launched from Syowa Station in 1984-1985.

ロケット	S-310JA-8	S-310JA-9	S-310JA-10	S-310JA-11	S-310JA-12
発射年月日	1984年4月4日	1984年5月4日	1984年5月29日	1985年5月29日	1985年7月12日
発射時刻(LT)	22時27分01秒	01時14分10秒	02時17分13秒	03時59分53秒	22時35分40秒
発射方位角	313°	313°	313°	110°	313°
発射上下角	80°	80°	80°	80°	80°
レーダー待受方位角	308°	311°	313°	120°	308°
レーダー待受上下角	75°	75°	75°	77.1°	74.5°
レーダー待受距離	2 km	2 km	2 km	2 km	2 km
レーダー・ロックオン方位角	308.02°	309.38°	302.75°	115.8°	311.4°
レーダー・ロックオン上下角	74.45°	74.89°	75.03°	73.6°	75.0°
最大到達高度	201.8 km	204.0 km	208.8 km	211.7 km	222.6 km
最大到達高度時間	3分41秒	3分40秒	3分51秒	3分47秒	3分54秒
水平到達距離	227.5 km	223.1 km	219.8 km	276.0 km	243.0 km
全飛しょう時間 ¹	7分09秒	7分17秒	7分21秒	7分23秒	7分28秒
落下方位	310.0°	307.5°	310.2°	109.7°	332.0°
発射時槽内温度 ²	-3, -2, +9°C	+1, +5, +8°C	+5, +8, +25°C	+8, +12.5, +26°C	+11, +14, +26°C
発射時推薬温度	+10°C	+13°C	+13°C	+24°C	+23°C
発射時地上気温	-15.1°C	-20.9°C	-21.4°C	-20.0°C	-13.6°C
発射時地上風	SSW 0.4 m·s ⁻¹	SE 2.0 m·s ⁻¹	S 4.1 m·s ⁻¹	SE 4.6 m·s ⁻¹	ENE 4.6 m·s ⁻¹
発射時天候	快晴	快晴	うす曇	快晴	晴

¹ 全飛しょう時間とは発射後レーダー・トランスポンダ信号消感時間までである。² 槽内温度はランチャー先端・中央部・尾部それぞれの温度である。

受け補正値を算出している余裕がない。そこで、地上風の測定のみで風補正を行う南極ロケット実験独特の方法を開発した。以来、この方式は各次隊が継続して使用し確立された方法として扱われている。すなわちロケットの発射方位角、上下角より、発射 9 秒後のロケット位置を計算し、それをレーダーから見た方位角、上下角に変換し、これをレーダーの待ち受け角とした。

風による待ち受け角の補正は次式による。

$$\Delta AZ = 1.743 k_1 V \sin(\phi - \theta)$$

$$\Delta EL = 0.357 k_2 V \cos(\phi - \theta)$$

(ΔAZ , ΔEL : 方位角, 上下角の補正量, k_1 , k_2 : 係数, V : 風速, ϕ : 風向, θ : 発射方位角)
 k_1 , k_2 の値はこれまでの南極でのロケット実験の経験により、方位角の場合 $k_1=2.5$, 上下角の場合 $k_2=1$ とした。風向, 風速はランチャーの北東に設置された風向風速計の指示を採用した。また方位角, 上下角とも全方位, 風速 10 m/秒までの補正値を一覧表にしておき、発射直前においても直ちに補正ができるようにした。

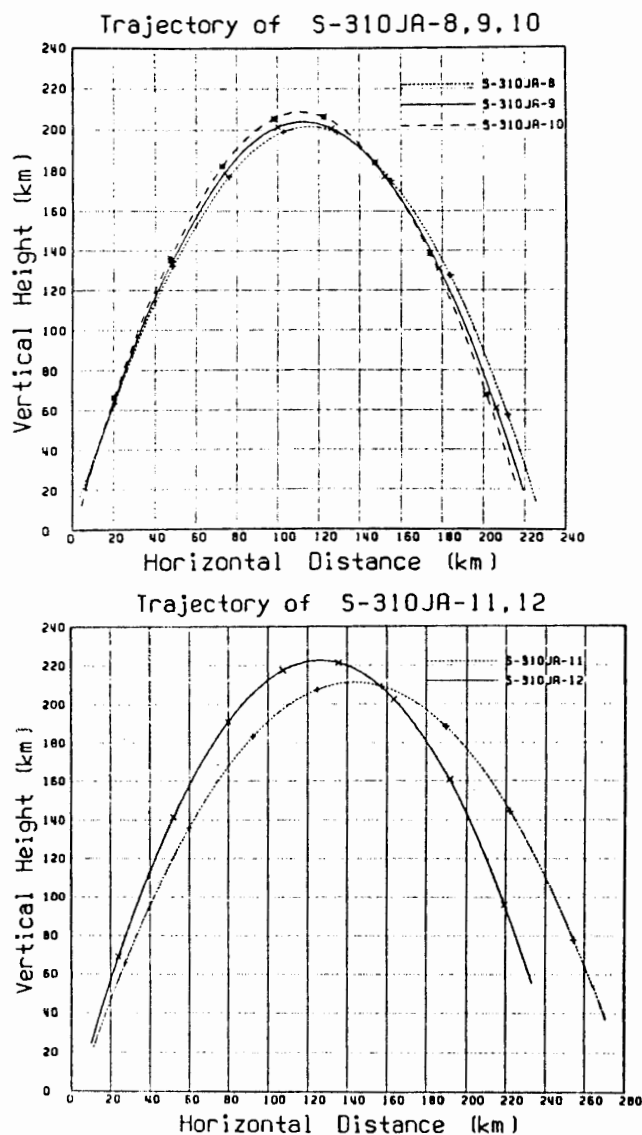


図 1 ロケット飛しょう軌道図

Fig. 1. Trajectories of the S-310JA type rockets (1984-1985).

7.2. 飛しょう結果

図 1 に S-310JA-8, 9, 10, 11 及び 12 号機の飛しょう経路を示す。すべてのロケット飛しょう機構は正常に作動し、常時安定した姿勢で飛しょうした。発射 45 秒後のヨーヨーデスピナーのスピンの減衰は初期 2.8 Hz から 0.5 ± 0.1 Hz となり、目標としていた機体最終スピン 0.5 Hz 程度を満足することができた。

レーダーによるロケットの捕捉及び追跡、テレメーターによる観測データの受信も正常で、また受信されたデータから判断してバッテリーも規格内の容量を充分保持した。タイマーによる各イベントも正常で、セット秒時どおりの動作が行われた。

7.3. 観測結果

MAP 期間中のロケット観測では、オーロラ現象に関する多くの観測記録を取得すること

が出来た。これらの記録の解析や研究の結果は、逐次担当の研究者から報告されている。本報告書では、特にその内容に関し記述しないが、下記にその関連文献を示し、今後の参考としたい。

- (1) 第 25 次及び第 26 次観測隊ロケット実験の観測結果の概要について
NAGATA *et al.* (1985); EJIRI *et al.* (1988a).
- (2) ロケット飛しょう姿勢について
ISHIDOU *et al.* (1987); TOHYAMA *et al.* (1988a, b); TAKAHASHI *et al.* (1988a).
- (3) オーロラ中の磁場変化について
TOHYAMA *et al.* (1988c).
- (4) オーロライメージとオーロラ粒子について
EJIRI *et al.* (1987, 1988 b, c).
- (5) オーロラに伴う電離層電子密度の変化
TAKAHASHI *et al.* (1988b, c); MORI *et al.* (1988a, b); SAGAWA *et al.* (1988a, b).
- (6) オーロラ粒子について
YAMAGISHI *et al.* (1988).
- (7) オーロラ中の電磁波動について
NAGANO *et al.* (1988a, b); MORIOKA *et al.* (1988).

8. ロケット施設閉鎖時の状況

昭和基地のロケット打ち上げ施設は、第 26 次観測隊によって、1985 年に閉鎖された。ここでは何年かの休止期間の後、再び南極ロケット観測が計画されるであろうことを予想し、その再開時の参考として、ロケット基地閉鎖時のロケット施設概況を第 26 次隊の報告を基に記述する。

組立調整室：雪の吹き込みを防ぐため、大扉の隙間には布団綿を詰め、ゴム板とガムテープでふさぎ、最後に『かすがい』と『番線』で締め上げた。室内の器材はダンボールと木箱に詰め、作業台や棚に整理して置き、オーニングシートをかけた。

S-310JA 発射台：室外の制御盤及び駆動モータ部はポリエチレンシートとオーニングシートで二重にオーニングした。ターンテーブルは 5 本の支柱で地面より支え、駆動輪の負担を軽くした。走行台車とランチャーレールは防錆処置を行い、特にランチャーレールは半さらしクラフト紙とオーニングシートで二重に覆った。保温枠はランチャー上に組立ポリエチレンシートで覆った。

推薬庫：MT-135JA ランチャー関係の治工具、保温枠、そして S-310JA と MT-135JA 温風ダクトを木箱に収め、推薬庫内に収容した。また運搬台車と S-310JA ロケットモーター運搬用架台 (2 台) も推薬庫に収容した。

温風暖房装置：暖房機，パイプ，熱交換器等に入っていた不凍液はすべて抜き取った。室内の装置はすべてポリエチレンシートでオーニングした。煙突との隙間は布団綿を詰め込みポリエチレンシートで覆って雪の吹き込みを防いだ。室外の熱交換器はポリエチレンシートとオーニングシートで二重にオーニングした。

RT 棟：RT 棟は各戸口をガムテープで目張りした。測定器類はラックマウントしてあるもの以外，持ち帰るか，観測棟，情報棟へ移した。残置部品については在庫リストを作製した。

レーダー地上装置：レーダーアンテナのベース部はオーニングシートで包み，レドームの扉は毛布及びオーニングシートで覆い，ブリザード時にレドーム内に雪が入らないようにした。RT 棟内の装置は無水アルコールでパネル表面の汚れを落とした後，装置内に乾燥剤（シリカゲル）を置き，表面をビニールシートで覆い，湿気とほこりを防いだ。

テレメーター地上装置：レドーム入口の扉は毛布とオーニングシートでオーニングし，雪の吹き込みを防いだ。テレメーター系装置（受信装置，PI コントローラー装置，テレメーター試験装置）はビニールシートで覆いシリカゲルを入れて保管した。装置の予備品，チェック用ケーブル，付属品などは整理棚及び部品棚に置いた。

なおレーダー及びテレメーター地上装置は毎年夏季，通電テストをやってもらうことになるが，その手順書を作製し，要領をテレビカメラで撮影し VTR 記録した。

MT-135JA ランチャー：ランチャーレール及び駆動部分は発射台より分解し，防錆処置した後，半さらしとポリエチレンシート及びオーニングシートで三重に覆って推薬庫に保管した。保温枠も分解し推薬庫に保管した。PPM 復調器，PI コントローラー，ペンレコーダーおよび銀電池充電用，電圧センサー等はすべて日本に持ち帰った。

9. あとがき

MAP 計画の一環として再開した南極昭和基地におけるロケット観測は，第 25 次，26 次観測隊が中層大気と電離層大気の相互作用を中心課題として，S-310JA ロケット 5 基，MT-135JA ロケット 11 基を用いて 2 年間実施した。16 基のロケット打ち上げは，すべて正常におこなわれ，人工衛星と同時観測や地上観測網の裏付け等，国際協力のもとに実施された。今期のロケット観測は，中層大気解明に関して，各国の研究者達が注目に値する成果を納め終了した。この成果を報告できることは，第 25, 26 次観測隊ロケット班にとって大いなる喜びである。

最後に，MAP 期間中の南極ロケット観測を実施するに際し，多大なるご指導賜った永田武先生，故森大吉郎先生をはじめとした多くの南極ロケット関係諸先生方に，厚く感謝の意を表します。また，南極昭和基地で直接ご協力，ご援助を賜った第 25 次，26 次観測隊員の皆様にも深い謝意を表します。

文 献

- 鮎川 勝・平沢威男 (1980): 国際地球磁気圏観測計画 (IMS) 期間中の南極ロケット実験報告—1976~1978—。南極資料, 70, 40-74.
- 鮎川 勝・平沢威男・国分 征・大瀬正美 (1975): 南極におけるロケット飛しょう実験報告—1970~1973年—。南極資料, 52, 1-42.
- EJIRI, M., HIRASAWA, T., ONO, T. and OGUTI, T. (1987): Auroral images and particle precipitations observed by the sounding rocket experiment at Syowa Station. Mem. Natl Inst. Polar Res., Spec. Issue, 47, 1-21.
- EJIRI, M., FUKUNISHI, H., ONO, T., YAMAGISHI, H., HIRASAWA, T., KIMURA, I. and OGUTI, T. (1988a): Auroral phenomena observed by the sounding rockets S-310JA-8 to -12 at Syowa Station, Antarctica. J. Geomagn. Geoelectr., 40, 763-781.
- EJIRI, M., ONO, T., OGUTI, T., YAJIMA, N., KAMEDA, Y., HAMADA, H. and KOMATSU, K. (1988b): Visible auroral television camera for the sounding rockets of S-310JA-8, -9, and -10, J. Geomagn. Geoelectr., 40, 783-797.
- EJIRI, M., ONO, T., HIRASAWA, T. and OGUTI, T. (1988c): Auroral images and particle precipitations observed by S-310JA-8, -9, and -10 at Syowa Station. J. Geomagn. Geoelectr., 40, 799-815.
- ISHIDOU, M., TANAKA, M., KASHIWAGI, H. and OOHII, T. (1987): Attitude detection by horizon aspect sensor on board rockets launched at Antarctic Syowa Station. Mem. Natl Inst. Polar Res., Spec. Issue, 47, 22-25.
- 神沢 博・伊藤幸雄・板倉弘明・福沢志津夫・山岸久雄・川口貞男 (1987): MT-135JA 気象ロケット実験報告 (JARE-26). 南極資料, 30, 219-245.
- 川口貞男・平沢威男・伊東弘二・芦田成生・鮎川 勝・白壁弘保 (1971): 第 11 次南極地域観測隊ロケット部門報告。南極資料, 40, 74-107.
- 国立極地研究所 (1985): 日本南極地域観測隊第 25 次隊報告。東京, 340 p.
- 国立極地研究所 (1986): 日本南極地域観測隊第 26 次隊報告。東京, 470 p.
- MORI, H., SAGAWA, E., OGAWA, T., OGAWA, T., YAMAGISHI, H. and FUKUNISHI, H. (1988a): Comparative analysis of electron density and electric field fluctuations in highly active auroras observed by a sounding rocket S-310JA-12; Preliminary results. Proc. NIPR Symp. Upper Atmos. Phys., 1, 16-24.
- MORI, H., SAGAWA, E., OGAWA, T., OGAWA, T., YAMAGISHI, H. and FUKUNISHI, H. (1988b): Comparative analysis of electron density and electric field fluctuations in highly active aurora observed by sounding rocket S-310JA-12. J. Geomagn. Geoelectr., 40, 859-869.
- MORIOKA, A., OYA, H., MIYAOKA, H., ONO, T., OBARA, T., YAMAGISHI, H. and FUKUNISHI, H. (1988): Wave-particle interaction in the auroral ionosphere in LF and HF range: Results from Antarctic rocket observations. J. Geomagn. Geoelectr., 40, 923-937.
- NAGANO, I., YAMAMOTO, E., HASHIMOTO, K., KIMURA, I., YAMAGISHI, H. and FUKUNISHI, H. (1988a): Height variations of auroral hiss observed by S-310JA-11 and -12 rockets. Proc. NIPR Symp. Upper Atmos. Phys., 1, 25-36.
- NAGANO, I., YAMAMOTO, E., HASHIMOTO, K., KIMURA, I., YAMAGISHI, H. and FUKUNISHI, H. (1988b): Full wave analysis of altitude profiles of auroral hiss observed by Antarctic rocket. J. Geomagn. Geoelectr., 40, 905-921.
- NAGATA, T., HIRASAWA, T., EJIRI, M. and ONO, T. (1985): Preliminary report on the results of rocket experiments at Syowa Station in 1984. Mem. Natl Inst. Polar Res., Spec. Issue, 38, 128-137.
- SAGAWA, E., YAMAGISHI, H., MIYAOKA, H., KAYA, N. and MUKAI, T. (1988a): Rocket observations of modulation of the low energy electron flux in the auroral ionosphere. Proc. NIPR Symp. Upper Atmos. Phys., 1, 37-45.
- SAGAWA, E., YAMAGISHI, H., MIYAOKA, H., KAYA, N. and MUKAI, T. (1988b): Rocket observations of modulations of the auroral electron flux in a wide range of frequency. J. Geomagn. Geoelectr., 40, 887-904.
- TAKAHASHI, T., TOHYAMA, F., FUKUNISHI, H., KOKUBUN, S., FUJII, R. and YAMAGISHI, H. (1988a): Attitude determination of the Antarctic rockets S-310JA-11 and -12. Proc. NIPR Symp. Upper Atmos. Phys., 1, 5-8.

- TAKAHASHI, T., OYA, H., FUKUNISHI, H., WATANABE, Y. and YAMAGISHI, H. (1988b): Observation of electron density in the auroral ionosphere—Results of the Antarctic rockets S-310JA-11 and -12. *Proc. NIPR Symp. Upper Atmos. Phys.*, **1**, 9-15.
- TAKAHASHI, T., OYA, H., FUKUNISHI, H., WATANABE, Y. and YAMAGISHI, H. (1988c): Structure of the auroral ionosphere observed by the Antarctic rockets S-310JA-11 and -12. *J. Geomagn. Geoelectr.*, **40**, 843-857.
- TOHYAMA, F., TAKAHASHI, T., FUKUNISHI, H., KOKUBUN, S., FUJII, R. and YAMAGISHI, H. (1988a): Measurement of auroral magnetic field with the Antarctic sounding rocket S-310JA-12. *Proc. NIPR Symp. Upper Atmos. Phys.*, **1**, 1-4.
- TOHYAMA, F., ISHIDO, M. and FUKUNISHI, H. (1988b): Attitude determination of the Antarctic sounding rockets from magnetometer and horizon aspect sensor data. *J. Geomagn. Geoelectr.*, **40**, 817-829.
- TOHYAMA, F., FUKUNISHI, H., TAKAHASHI, T., KOKUBUN, S., FUJII, R. and YAMAGISHI, H. (1988c): Intense auroral field-aligned currents and electrojets detected by rocketborne fluxgate magnetometer. *J. Geomagn. Geoelectr.*, **40**, 831-842.
- YAMAGISHI, H., MIYAOKA, H., EJIRI, M., SAGAWA, E., KAYA, N., MUKAI, T. and FUKUNISHI, H. (1988): Energy spectra and pitch angle distributions of auroral electrons observed in active and quiet auroras. *J. Geomagn. Geoelectr.*, **40**, 871-886.

(1988年12月6日受付; 1989年1月10日改訂稿受理)