

MT-135JA 気象ロケット実験報告 (JARE-26)

神沢 博・*伊藤幸雄**・板倉弘明***・福沢志津夫****・山岸久雄*・川口貞男*

Report on the MT-135JA Meteorological Rocket Experiment (JARE-26)

Hiroshi KANZAWA*, Yukio ITO**, Hiroaki ITAKURA***, Shizuo FUKUSAWA****,
Hisao YAMAGISHI* and Sadao KAWAGUCHI*

Abstract: The present report outlines meteorological rocket MT-135JA experiments performed first at Syowa Station (69°S, 40°E), Antarctica in the operational aspects.

This experiment was conducted by the 26th Japanese Antarctic Research Expedition (JARE-26; the main year of observation is 1985) as one of the projects of the international cooperation program, Middle Atmosphere Program (MAP; 1982-1985). The target of the experiment was internal gravity waves in the Antarctic middle atmosphere. The MT-135JA rocket measures winds and temperature in the altitude range from about 20 to 60 km with the altitude resolution of about 1 km. The MT-135JA rocket had been developed for the Antarctic cold condition. The JARE-26 launched 11 rockets.

The meteorological rocket experiment was a first experience for the JARE. Moreover, the successive launches of rocket at intervals of about two hours, which had been planned for sufficiently detecting internal gravity waves, were also first performed at Syowa Station, although the experiments of the other rockets (S-160JA, S-210JA, S-310JA) mainly for sounding the aurora phenomena had long been performed at Syowa Station since 1970 (JARE-11).

Two rockets were launched on 30 January and on March in 1985 for testing the performance of the ground facilities and the rocket itself. Five rockets were successively launched on 28 June for detecting internal gravity waves in winter when the waves are expected to be most active. On 25 September, four rockets were also successively launched for investigating the waves in the transient period from the winter to summer circulation of the middle atmosphere. Observational data were obtained in an almost sufficient manner. Simultaneous observations of the sodium density arounds the mesopause level (~80 km) by the laser radar and the winds around the mesopause level by the VHF meteor radar were performed at Syowa Station. The regular experiments of meteorological rocket at Molodezhnaya Station (68°S, 46°E) at a distance of about 300 km from Syowa Station were made on the same dates. The anticipated results were almost obtained.

This report describes the development of the MT-135JA rocket and the other preparations in Japan, transportation of the rockets from Japan to Syowa Station, construction of an MT-135JA rocket launcher as one of the projects in the summer operation of the JARE-26, progress in the rocket ex-

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

** 日産自動車(株). Nissan Motor Co., Ltd., 5-1 Momoi 3-chome, Suginami-ku, Tokyo 167.

*** 明星電気(株). Meisei Electric Co., Ltd., 249-1 Moriya-machi, Kitasoma-gun, Ibaraki 302-01.

**** 気象庁. Japan Meteorological Agency, 3-4 Otemachi 1-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100.

periment, operations at the time of the rocket launches, outlines of the result of the flight experiment in the operational aspects and so on. Scientific results of the experiment will be published in other scientific journals.

要旨: 昭和基地 (69°S, 40°E) での初めての気象ロケット実験の概要をオペレーションを中心に述べる。

中層大気国際共同観測 (Middle Atmosphere Program; 1982-1985 年) の一環として、南極中層大気の内層重力波の実態を探るため、気象ロケット観測実験が第 26 次南極地域観測隊 (JARE-26; 主観測年=1985 年) によって行われた。気象ロケット MT-135JA によって、高度 20-60 km の風と温度を高度分解能約 1 km で観測することができる。MT-135JA ロケットは、今回、南極の低温下の保管に耐えるように開発され、11 機が南極に持ち込まれた。

オーロラなど超高層物理の観測用ロケットについては、第 11 次観測隊以来、長年の経験で打ち上げオペレーションは確立されているが、気象観測用小型ロケットの打ち上げ実験を南極で行うのは日本の観測隊としては初めての経験であった。しかも、中層大気の内層重力波の実態を探るという目的の下、約 2 時間おきの連続発射を 2 度行った。連続発射というのも昭和基地では初めてのことであった。

11 機のうち 2 機は、地上設備およびロケットのテストに使用した (1985 年 1 月 30 日, 3 月 26 日)。内部重力波がもっとも活発と予想される冬の状態をつかむため、5 機連続発射を 6 月 28 日に行った。また、9 月 25 日には、冬から夏への中層大気循環の移り変わり時の波の実態を見るため、4 機連続発射を行った。ほぼ満足すべきデータが得られた。同時観測として、レーザーレーダによる中間圏界面付近 (高度約 80 km) のナトリウム層の観測と VHF 流星レーダによる同高度付近の風の観測が行われた。また、MT-135JA 打ち上げの日を昭和基地から約 300 km 離れたマラジョージナヤ基地 (68°S, 46°E) の定常的な気象ロケット打ち上げの日に合わせて、ほぼ、所期の目的を達成することができた。

観測データの解析結果の報告はほかの学術雑誌に譲り、ここでは、日本でのロケット開発から始まって実験の終了するまでを、オペレーションの側面から述べる。

1. はじめに

中層大気 (高度 10-100 km の大気) を総合的に観測研究する中層大気国際共同観測 (Middle Atmosphere Program; 通称 MAP) が 1982 年から 1985 年の 4 年間実施された。MAP の経緯・意義などについては 廣田 (1978), 加藤ら (1981) の解説、南極での MAP 観測の意義については加藤 (1979), 廣田 (1980) の解説がある。気象ロケットによる高度 20-60 km の水平風と温度の観測はこの MAP の一環として計画され、第 26 次南極地域観測隊越冬隊によって行われた。昭和基地における南極 MAP プロジェクト全体については FUKUNISHI *et al.* (1985) に、第 26 次観測隊の MAP 計画については福西ら (1984) に、気象ロケット観測計画については神沢・川口 (1984) に記されている。

昭和基地 (69°S, 40°E) における気象ロケット実験は初めてのことであった。しかしながら、オーロラなど超高層大気現象を探るロケット実験 (S-160JA, S-210JA, S-310JA) については第 11 次観測隊以来長年の実績があり (川口ら, 1971; 鮎川ら, 1975; 鮎川・平沢, 1980), それらの経験の土台の上に実験を行うことができた。また、第 19 次観測隊以来途

絶えていたオーロラ観測用ロケット S-310JA 実験が前次隊、第 25 次観測隊により再開され、地上設備の更新あるいは補修が行われた (江尻ら, 1985)。レーダ装置など S-310JA との共用部分が多く、第 25 次観測隊による地上設備充実も MT-135JA 実験に好都合であった。第 26 次観測隊でも S-310JA オーロラロケット 2 機の打ち上げが行われた。また、レーザーレーダ、VHF 流星風レーダなどの他の中層大気観測も実施された。このようなロケット実験班、中層大気観測グループの人員の厚みも本ロケット実験に幸いした。

MT-135JA ロケット実験班人員構成は以下のとおりである。

神 沢 博 (実験主任)

伊 藤 幸 雄 (ロケットモータ, ロケット管制)

板 倉 弘 明 (ロケットゾンデ, レーダ)

福 沢 志津夫 (パラシュート)

神沢は MT-135JA ロケット実験主任を努め、この報告全体のまとめ・執筆を行った。伊藤はロケットモータ、ロケット管制、ロケットランチャー建設を、板倉はロケットゾンデ、レーダを、定常気象観測部門の一員ではあるが綾里気象ロケット観測所で気象ロケット観測の経験があった福沢はパラシュート詰めおよびゾンデデータ検討を担当し、それぞれその担当部分の原稿を作った。第 19 次観測隊で S-310JA ロケット実験班の一人としてロケットオペレーションを経験し、今回第 26 次観測隊で S-310JA ロケット実験主任を努めた山岸は、MT-135JA ロケット全般につき、助言を行い、地上設備 (6 章) およびロケット施設閉鎖状況 (10 章) の S-310JA と共通部分の項をまとめた原稿を作った。南極用気象ロケット MT-135JA は宇宙科学研究所と国立極地研究所の共同で開発された。川口は国立極地研究所側の開発責任者を努め、また、第 26 次観測隊夏隊長として昭和基地最初の MT-135JA 1 号機テストフライト (1985 年 1 月 30 日) の実験総括を行った。

以下、2 章では気象ロケット観測の意義、観測目的、3 章では MT-135JA ロケットの開発経過とその他の国内での準備、4 章では MT-135JA ロケットの諸元および観測法、5 章ではロケットの輸送・保管、6 章ではロケット地上設備、7 章では 1 号機から 11 号機までのロケット実験の経過、8 章ではロケット発射オペレーション、9 章ではロケット飛翔実験結果、10 章ではロケット施設閉鎖状況を述べる。

2. 気象ロケット観測の意義・目的

2.1. MAP 観測計画の中の MT-135JA 気象ロケット

中層大気の上部成層圏、下部中間圏 (高度約 30–60 km) の風、温度の観測はこれまで昭和基地で行われたことがなかった。定常気象部門が受け持つ気象ゾンデは地上から高度約 30 km 弱までであり、第 23 次観測隊から開始した VHF ドップラーレーダの流星風モードによる風の観測は中間圏界面付近 (高度約 85–105 km) が対象高度である。すなわち、

ignosphere (未知圏) を明らかにするという掛け声で始まった MAP であるが、またその中の南極 MAP は日本が中心となって運営してきたのであるが、昭和基地上空の気象ロケット MT-135JA の守備範囲の部分はこれまで未知であり続けたのであった。今回のロケット実験が計画された所以である。

気象ロケットによる中層大気の風と温度の観測は 1960 年代から行われ、現在、世界中で約 20 カ所の観測所が Meteorological Rocket Network (MRN) に属し、原則として週に一度、水曜日にロケット観測を実施している。日本では気象庁の綾里気象ロケット観測所 (39°N, 142°E)、南極ではソ連のマラジョージナヤ (Molodezhnaya) 基地 (68°S, 46°E) がこの MRN に属し定常的にロケット観測を行っている。近年リモートセンシングの発展で、地上からあるいは人工衛星から、気象ロケットが守備範囲である領域の物理量を観測することができるようになってきているが、観測データから物理量を導き出す場合、多くの仮定を必要とすることが多い。観測器を計ろうとする場に持ってゆく (in situ) 直接観測であるところに気象ロケットの利点がある。

2.2. 観測目的

今回の実験では、松野 (1979) などによって大々的に問題提起され、中層大気において決定的な役割を果たしているらしいことが LINDZEN (1981), MATSUNO (1982), HOLTON (1982) など、中層大気力学をリードする人達の研究により最近わかってきた内部重力波 (浮力を復元力とする大気波動) の南極域における実態をとらえることを目的として計画を練った (神沢・川口, 1984)。昭和基地に持ち込んだ MT-135JA ロケットは 11 機であった。内部重力波の周期が数時間と考えられることから約 2 時間おきの連続発射を、波が活発と予想される真冬に一度と冬から夏への中層大気循環の変わり目に一度の計二度、計画した。幸い第 26 次観測隊では中間圏界面付近の風を観測できる VHF ドップラーレーダ (五十嵐, 1983) がこれまでと同様運用され、また、中間圏界面付近のナトリウム層と中層大気の密度を観測できる色素レーザーレーダ (NOMURA *et al.*, 1985) が導入されることになった。また、昭和基地の東北東約 300 km にあるマラジョージナヤ基地でもこれまでと同様の定常的気象ロケット観測が計画されていた。これらの観測との同時観測を行うことにより内部重力波の姿がよりはっきりするだろうとの期待があった。観測計画は宙空専門委員会のロケット分科会で議論された。

3. MT-135JA ロケットの開発・国内での準備

現在、気象庁の綾里気象ロケット観測所で使われている MT-135P (Meteorological Test, ロケット機体の直径 135 mm, モータ側にも Parachute) はその固体ロケット燃料がポリウレタン系で南極の低温条件での保管に不適であることから、耐低温特性の優れたポリブタジエン系の燃料を使った新しいロケットの開発が要請された。新ロケットは宇宙科学研究所と

国立極地研究所の共同で開発された。当初、より小型（機体の直径 110 mm）で、操作し易くしかも同じ性能を持つロケット MT-110 の設計がなされた。「新気象ロケット MT-110 設計会議」が第 26 次観測隊出港の前年 1983 年 5 月に開かれ、設計方針が決まった。地上燃焼試験などの開発は順調に進み、翌年 1984 年 2 月 16 日、内之浦にある宇宙科学研究所鹿児島宇宙空間観測所でテストフライトが実施されたが、到達高度が設計に比べ著しく低かった。尾翼の形状などに問題があり、空気抵抗が予想より大きすぎたのが主たる原因と診断された。この時点で出港まであと 9 カ月しかなく、第 26 次観測隊で打ち上げるロケットの開発という目的のためには、MT-110 は開発の上で考慮すべき点があまりに多かった。そこで、昭和基地で最初に打ち上げたロケット S-160JA で同様の変更をおこなって成功した例があることから、MT-135P の形状はそのまま燃料だけを耐低温特性のよいものに代えるという方向で開発するという案が出され、5 月の「新 MT 設計会議」で MT-135JA (Japanese Antarctic) の開発方針が定まった。9 月 6 日、内之浦でテストフライトが行われ設計どおりの性能を示した。ただちに 11 機の本格的生産に入り 11 月の船積みに間に合った。

MT-135JA ロケット班 4 名は 1984 年 7 月、岩手県三陸にある綾里気象ロケット観測所で打ち上げの実際を見学し、具体的な打ち上げ作業に関し非常に有益な情報を得た。また、1983 年の 5 月からソ連の担当機関と連絡をとり 1985 年にマラジョージナヤで気象ロケット観測がこれまでどおり実施される予定であることを確かめた。

4. MT-135JA ロケット

気象ロケット MT-135JA ロケットは高度約 60-70 km まで上がった所で頭胴部に搭載していたロケットゾンデをパラシュートとともに放出する。ゾンデがパラシュートにより緩降下する間、温度と風を観測する。観測データの鉛直分解能は約 1 km である。MT-135JA ロケットは推進薬の低温特性が優れていること、モータ側にパラシュートをつけなかったことの 2 点を除いては、日本で定常的に打ち上げている MT-135P ロケットと基本的には同じである。MT-135P ロケット観測の詳細が、気象庁 (1972) の「気象ロケット観測指針」、気象庁観測部高層課 (1970) に記述されている。以下、ロケットにつき簡単に触れる。

4.1. ロケット

ロケットの諸元を表 1、概観を図 1 に示す。MT-135JA のタイムシーケンスは打ち上げ時刻を X とすると、

一次切断（頭胴部切断）	X+ 95 秒
二次切断（パラシュート放出）	X+112 秒
温度センサー放出	X+117 秒

である。

表 1 MT-135JA ロケット諸元

Table 1. Size and performance of an MT-135JA rocket.

到達最高高度	発射時重量	推進薬重量	ペイロード重量	燃焼時間	推力	全長	最大胴径
60-70 km	69.6 kg	38.5 kg	2.2 kg	11.5 s	1.0 t	3328.5 mm	135 mm

(注) 推進薬は耐低温特性の良いポリブタジエン系 (MT-135P はポリウレタン系)

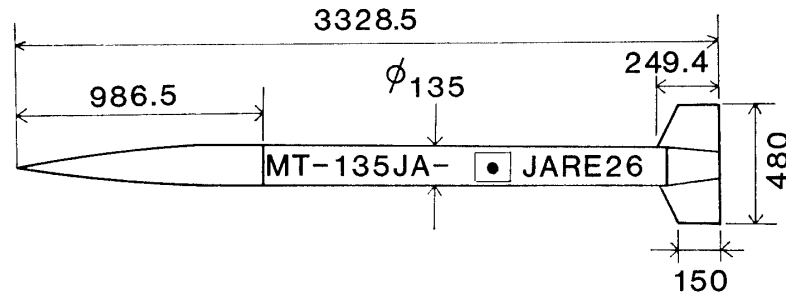


図 1 MT-135JA ロケット概観図 (単位 mm)。形・寸法は気象庁綾里気象ロケット観測所で定常的に打ち上げられている MT-135P ロケットと全く同じである

Fig. 1. Schematic illustration of an MT-135JA rocket (unit=mm). Form and sizes are the same as MT-135P which is launched regularly at Japanese Meteorological Rocket Station, Ryori.

4.2. ロケットゾンデ

図 2 にロケットゾンデ系統図を示す。ロケットゾンデは地上レーダからの 1673 MHz, 2 μ s のパルス信号を受信し, 1687 MHz, 2 μ s のパルス信号 (測距パルス) を送信する。さらに, 測距パルスとの間に測定温度に応じた時間をおいて 1687 MHz, 2 μ s のパルス信号 (温度パルス) を再び送信する (PPM 変調方式; Pulse Phase Modulation)。地上のレーダ装置にてこれらのパルス信号を受信し, 直距離, 高度角, 方位角, 温度の測定を時間とともに行う。直距離, 高度角, 方位角より時々刻々のゾンデの位置を算出し, その動きから風向・風速を計算する。温度は測距パルスと温度パルスとの時間差により測定する。

5. 輸送・保管

11 機のロケットモータは, それぞれ防湿木箱梱包し, 3 機入り 3 箱と 2 機入り 1 箱計 4 箱を「しらせ」の第 2 船倉に収めた。昭和基地までの航海中, 第 2 船倉の温度と湿度を自記温湿度計により測定した。最高気温 +35°C, 最低気温 -1°C, 最高湿度 89%, 最低湿度 35% であった。第 2 船倉は外気の温度・湿度の影響を受け易い。湿度が高くなるのが気になるが, ロケットモータは防湿梱包してあるので問題はなかった。昭和基地へは木箱のままヘリコプター空輸し, 推薬庫内に収めた。推薬庫は暖房を施さない。従ってロケットモータは保管時, 外気と同じ低温にさらされる。ロケットランチャー関係の器材は緊急物品として

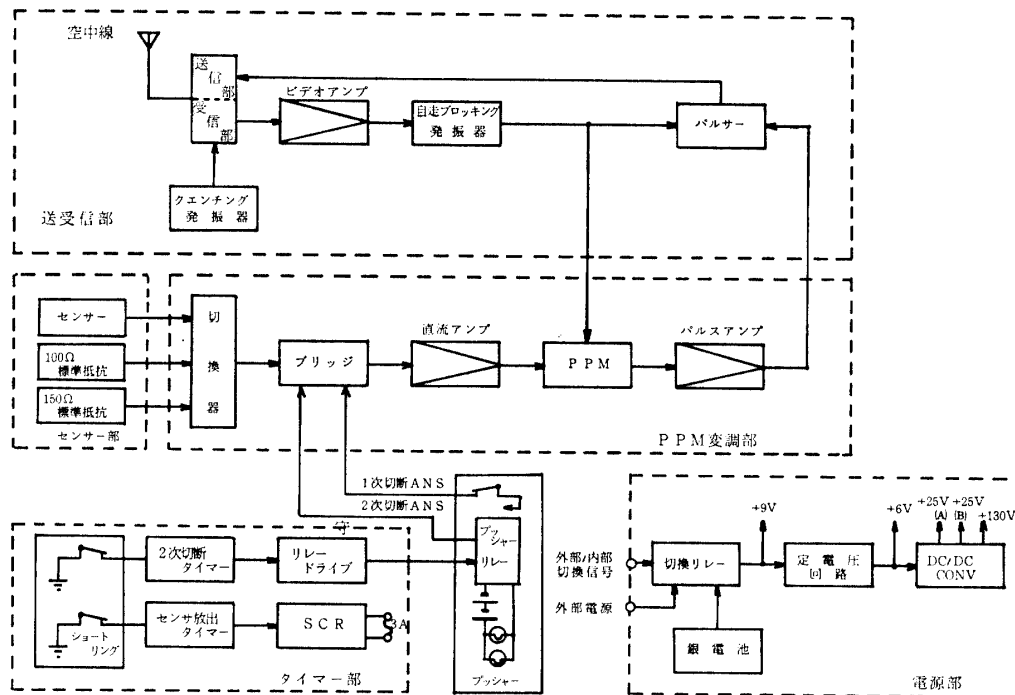


図 2 ロケットゾンデ系統図. ロケットゾンデは測定した大気温度を PPM 変調して地上に送る

Fig. 2. Rocketsonde system. Rocketsonde sends out atmospheric temperature data by Pulse Phase Modulation (PPM).

扱われ、「しらせ」接岸と同時に氷上輸送で基地に運ばれた。

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 観測室に収納した。専用空調器が自動停止することがあったので、時々、ランシング点検を兼ね、温度をチェックした。「しらせ」から昭和基地への空輸の際には、板倉が立ち合い、取り扱いには十分に注意を払った。基地では、レーダ・テレメータ室 (RT 室) 内に保管した。

6. 地上設備

ロケット実験用地上設備の内、レーダ・テレメータ地上装置、発射管制装置は第 25 次観測隊により更新され、詳細が江尻ら (1985) に述べられている。ここでは第 26 次観測隊による増設部分、運用上の問題点などについて述べる。

6.1. ロケットランチャー

MT-135JA ロケットランチャーは、1985 年 1 月 4 日から 13 日にかけて、S-310JA 発射台横に建設された (図 3-5 を参照)。方位角 212° (固定)、上下角 $0-82^\circ$ (手動式) である。作業人日数は約 50 人日を要し、途中ロケット運送などで中断した日はあったがほぼ計画どおり進んだ。建設されたランチャーは固定式で常時外に保管した。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、専用オーニングシートとビニールシートで覆いロープでラッシングした。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、組み立て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。

6.2. 温風暖房機

-20°C というような低い外気温でロケット実験を行うため、ロケットをランチャーに載せてから発射までの間、ロケット推進薬および観測器を常温に保つため、保温が必要である。ビニールの保温槽に温風を送るという方式で保温した。ロケット保温用の不凍液循環装置は、老朽化のためか配管からの液漏れが激しかった。また、暖房機関係のパワーシスターの底が

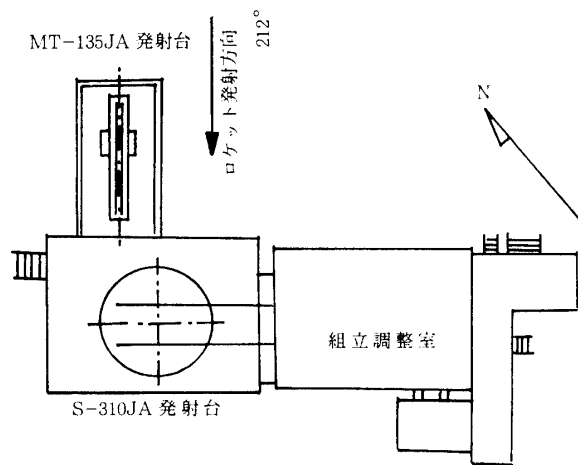


図3 MT-135JA ロケットランチャー位置図。ロケットの発射方位角は固定212°(南南西)である

Fig. 3. Position of the MT-135JA rocket launcher. The launch azimuth is fixed at 212° (south-southeast).

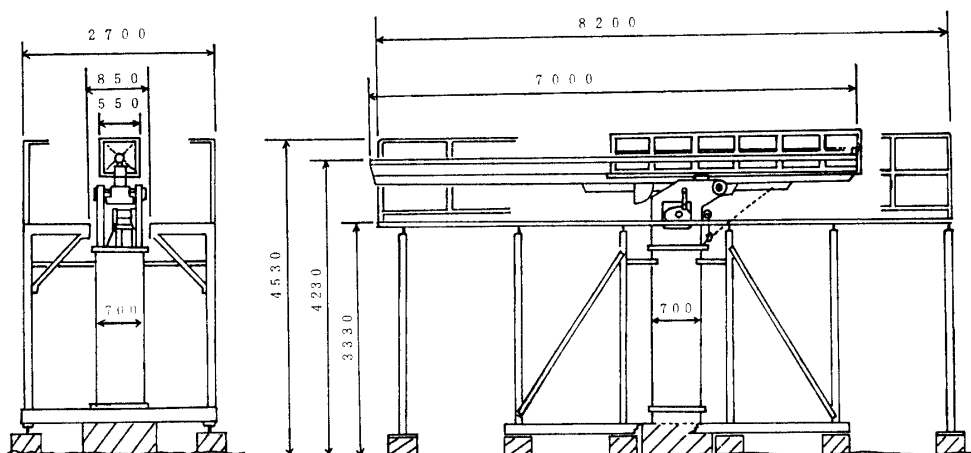


図4 MT-135JA ロケットランチャー概観図(単位mm)。ロケットの発射上下角は可変0°-82°(手動式)。JARE-26では11機全て80°で打ち上げた

Fig. 4. Design of the MT-135JA rocket launcher. The launch elevation is manually changeable from 0° to 82°. All the 11 rockets of the JARE-26 were launched at elevation of 80°.

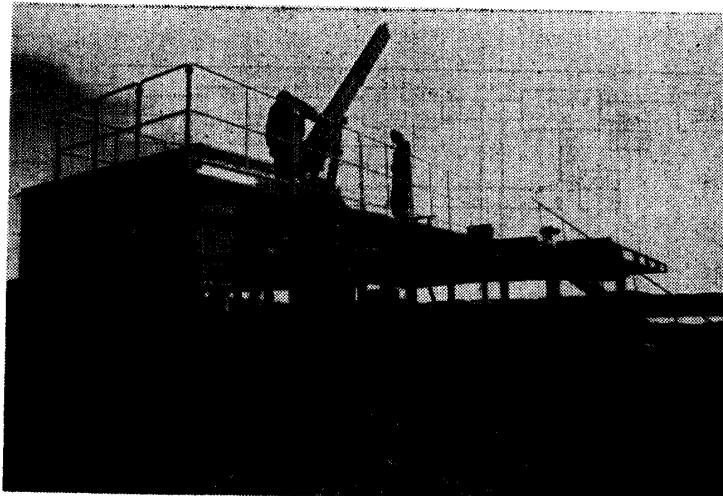


図 5 MT-135JA ロケットランチャーを北からみた写真。向こう側に組み立て調整室の建物がみえる

Fig. 5. Picture of the MT-135JA rocket launcher as seen from the north.

ひび割れを生じ、温度が上がるにつれ液が大量に漏れだした。詰め物やポッティングなどを行ったが、漏れを防ぐことができなかった。結局、使用時の運用に気をつけ、2-3 時間おきに漏れをチェックし不足分を補充する方法をとった。ロケット実験再開時にはパワーシスターおよび配管系統の交換が必要と思われる。

6.3. 発射管制盤

1月の引き継ぎ時、コントローラを回したところ、点火 15 秒前で点火電源 ON になり、発射状態になってしまった。原因を調べた結果、リレー回路の一部の IC が正常の抵抗値より低く、リレー動作を狂わせていたことがわかった。IC を新品に交換し、安全のため、回路途中に抵抗を付加した。その後、管制盤は正常に動作した。第 26 次観測隊でコントローラ部のみ日本に持ち帰り再点検する。

6.4. レーダ装置

レーダ装置は 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 トランスポンダにはパルス幅 $1.0 \mu\text{s}$ 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。PPM 復調器(図 6 参照)は受信された PPM (Pulse Phase Modulation) テレメータ信号を復調し、アナログおよびデジタルの復調出力を送出するものであり、アナログペンレコーダはそのアナログ出力記録用である。

6.5. PI コントローラ

PI コントローラ(図 7 参照)は、MT-135JA 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の内部、外部の切り換え、

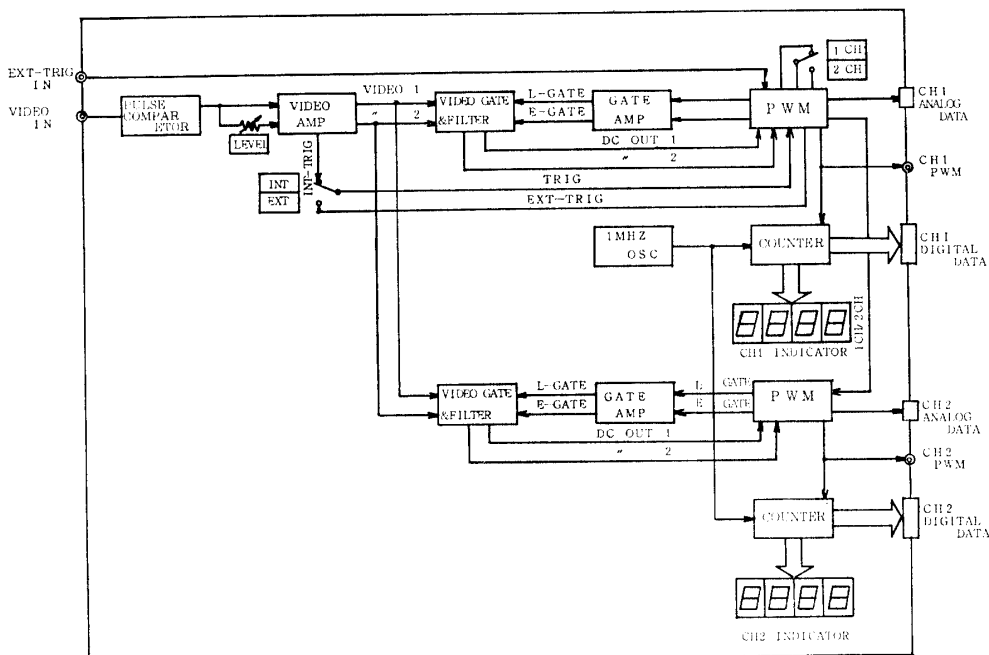


図 6 PPM 復調器系統図. ロケットゾンデは測定した大気温度を PPM 変調して地上に送る. この PPM 信号を復調する装置

Fig. 6. System for PPM demodulation apparatus. This apparatus demodulates the PPM signal which is sent from the rocketsonde.

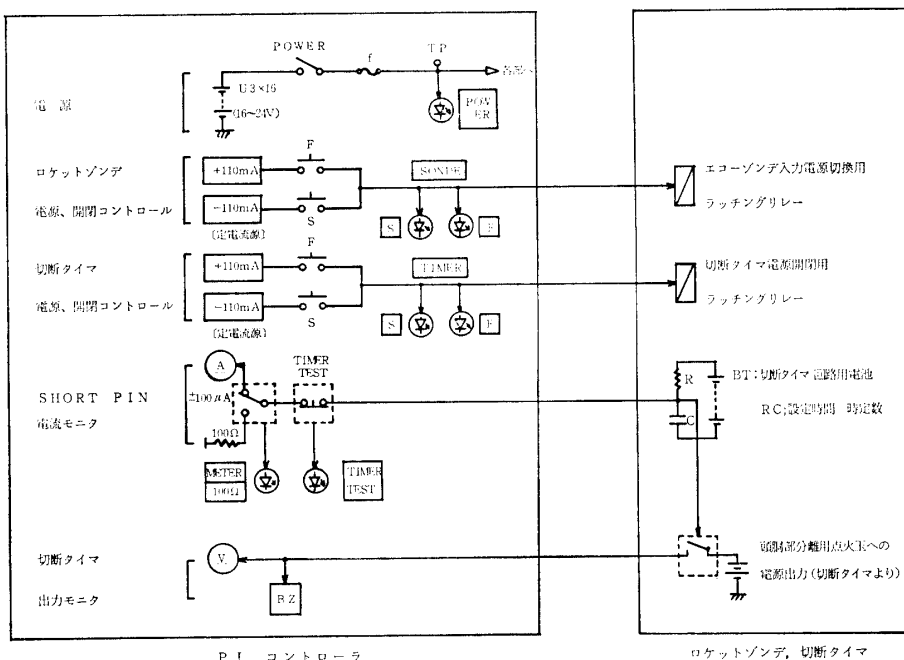


図 7 PI コントローラ系統図. ロケット発射直前に, ランチャー上のロケットゾンデをレーダテレメータ室 (RT 室) から遠隔操作するのにこの PI コントローラを使う

Fig. 7. System for PI controller. This controller set in the radar telemeter room controls remotely the rocketsonde on the rocket launcher just before the launch.

切断タイマの電源の ON・OFF, ショートピン電流のモニター, 切断タイマ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 コントローラおよびケーブルの機能試験を行う。

6.6. 真空試験装置

ロケットゾンデ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た。第 19 次観測隊まで使用した真空試験装置は第 25 次観測隊では順調に動作しなかったとのことなので, 新規に調達した。新設装置の性能は, 排気速度 310 l/分, 到達圧力 5×10^{-2} Torr (6.7 Pa) である。ロケットゾンデの真空テストは 0.375 Torr (50 Pa=0.5 mb) で 20 分間行い, 動作は良好であった。

6.7. デジタルデータ収録系

PPM データはレーダ受信架にて PCM (Pulse Code Modulation) 信号に変換し, アナログ磁気テープに収録した。また, この PCM データをミニコンピュータ (HITAC E-600) に収録して処理することを試みたが, E-600 に入力可能な信号形式に制限があったため, S-310JA ロケット用に設計された PCMFFORMAT 変換盤を経由して E-600 によるデジタルデータ収録を行った。

6.8. 指令電話

ロケット発射実験のタイムスケジュール時, 特に RT 室, ランチャー点 (組調室) 間の作業指令, 作業の確認情報の伝達のため指令電話は不可欠である。第 19 次観測隊まで使用していた指令電話装置は第 25 次観測隊においてすで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, 5 系統の通話回線を選択することができる。電話装置本体はレーダテレメータ室 (RT 室), 組み立て調整室 (組調室), 電離棟 (VHF 流星レーダ同時観測), 観測棟 (レーザーレーダ同時観測) に置き, 電話ユニットは RT 室 3 個, 組調室 2 個, その他の棟は 1 個とした。図 8 に系統図を示す。

6.9. 屋外放送

保安上, ロケット発射タイムスケジュール入り以降, ロケット施設より基地主要部へ, 立入禁止の連絡, 秒読みなどを放送する必要がある。第 19 次観測隊まで使用していた屋外放送設備は第 25 次観測隊において使用不能であったので, 新規に調達し夏季作業期間中に設置, 配線した。アンプ, マイクは RT 室発射指令卓に置き, 野外スピーカーは RT 室, 電離棟, 観測棟屋上に置いた。RT 室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 室スピーカーのみ放送するよう心がけた。ロケット実験終了後, 屋外スピーカーは取り外し, RT 室に保管した。屋外放送の系統図は指令電話と共に図 8 に示した。

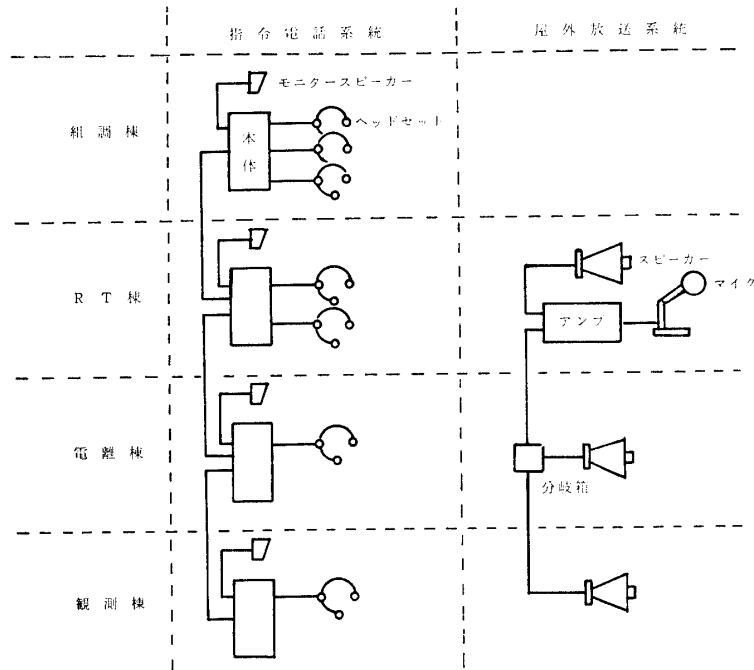


図 8 指令電話・屋外放送系統図。ロケット飛翔実験そのものの進行に RT 室とランチャー点（組調室）との指令電話による情報連絡は不可欠である。またレーザーレーダとの同時観測ということから観測棟と、VHF 流星レーダとの同時観測ということから電離棟との連絡も必要であった

Fig. 8. System of telephone for giving orders and outdoor broadcasting. It is necessary for the rocket flight experiment to exchange information between the radar telemeter (RT) room and the place of the rocket of the rocket launcher. Moreover, it is preferable for the simultaneous observation by the laser radar to exchange information between the room for observation and the RT room, by the VHF meteor radar between the room for Ionospheric observation and the RT room.

6.10. 風向風速計

RT 室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センサーが設置されており、これらの指示部はどちらも RT 室内のロケット発射指令卓上におかれている。MT-135JA ロケット実験時のレーダー待ち受け角の風補正は、RT 室東側の風向・風速がランチャー点のものより地上付近の風の代表性が良いと判断したので、RT 室東側の発射寸前の風向・風速を使って行った。

7. 実験経過

実験経過を表 2 に示す。ロケットモータの推薬庫から組み立て調整室への搬入は 4-5 人の人力で行った。パラシュート点検・ケース組み込み作業は、1号機は RT 室で、2号機以降は夏期隊員宿舎で行った。レーダ装置の電源はずっと入れたままであった。注液後、充電中の銀電池（ロケットゾンデの電源）および銀電池組み込み後のロケットゾンデは電気毛布で保温した。

表 2 MT-135JA ロケット実験経過 (1985 年; JARE-26)
Table 2. Progress of MT-135JA experiment (the year 1985; JARE-26).

月/日	作業項目	月/日	作業項目
1985			
1/ 4-13	ロケットランチャー建設	3/ 8	火工品検査
7-17	レーダ地上系チェック	10	ゾンデ単体山頂上電波テスト
11	ロケットモータ推薬庫搬入	"	プッシャー火薬組み込み
15	PI 開梱・検査	11	モータ開梱・組調室搬入
16	RT 室・組調室整理	12	頭胴部山頂上電波テスト
17	マラジョージナヤとの連絡開始	12-13	銀電池補充電
"	ランチャー中継ボックス作成	14	パラシュート点検・ケース組み込み
18-19	保温槽温度センサー取り付け	15	タイマーチェック
"	PPM 復調器組み込み・調整	16	気密試験
18-23	銀電池充電	"	RT 室内電波テスト
19-20	PI 単体チェック	17	ランチャー整備
19-21	ロケット管制盤調整	"	IG 装填
20	温風ダクト取り付け	"	データレコーダ調整
20-21	指令電話・ケーブル設置	18	温度センサー原点チェック
21	地上系ケーブルオペレーション	"	地上系ケーブルオペレーション
"	頭胴部開梱・分解チェック	"	ランチャー配線
22	モータ開梱・組調室搬入	"	頭胴部本組み
"	データレコーダ調整	19	頭胴部結合
23	火工品検査	"	リハーサル
"	光ファイバーデータ転送チェック	20	打ち上げ延期 (電波干渉のため)
24	プッシャー火薬組み込み	"	頭胴部分解
"	パラシュート点検・ケース組み込み	21	ゾンデ単体ランチャー上電波テスト
"	タイマーチェック	22	組調室内電波テスト
"	RT 室内電波テスト	23	頭胴部ランチャー上電波テスト
25	ランチャー通し	24	NOAA 衛星電波干渉テスト
"	温度センサー原点チェック	25	タイマーテスト
26	頭胴部本組み	"	温度センサー原点チェック
"	レーダアンテナ・ランチャー間方位角 測量	"	RT 室内電波テスト
28	IG 装填	"	頭胴部本組み
29	待受角計算・風補正表作成	25-26	頭胴部ランチャー上電波テスト
"	頭胴部結合	26	IG 装填
"	リハーサル	"	頭胴部結合
30	MT-135JA-1 打ち上げ (1400 GMT)	"	MT-135JA-2 打ち上げ (1430 GMT)
		27	実験報告 (→日本) データ整理
2/ 1	実験報告 (→日本) データ整理 ゾンデ信号途絶の原因調査 (大気球実験)	4/	(S-310JA-11 ロケット実験)
		5/	(")
3/ 4	RT 室整理 (大気球実験後片付け)	6/ 1- 3	組調室・RT 室整理 (S-310 ロケット実験後片付け)
5	頭胴部分解チェック	1-13	銀電池充電
6	PI 単体チェック	4	モータ開梱・点検
7-10	銀電池充電	5	火工品検査

表 2 つ づ き

Table 2. (Continued)

月/日	作 業 項 目	月/日	作 業 項 目
6/ 5-7	PI 単体チェック	8/	(オーロラ立体観測)
7	地上系ケーブルオペレーション	22-9/3	銀電池充電
"	頭胴部開梱・分解	26-28	レーダ地上系調整
11	モータ組調室搬入	30	PI 単体チェック
"	気密試験	9/ 2	火工品検査
"	プッシャー火薬組み込み	2-3	気密試験
12	タイマーチェック	3	タイマーチェック
13-14	パラシュート点検・ケース組み込み	"	プッシャー火薬組み込み
14	温度センサー原点チェック	4-5	パラシュート点検・ケース組み込み
15	RT 室内電波テスト	6	温度センサー原点チェック
17	頭胴部仮結合・組調室内電波テスト	"	頭胴部仮組み
"	データレコーダ調整	7	RT 室内電波テスト
17-18	保温槽作り	9	モータ開梱・組調室搬入, 4機全てに 尾翼塗装はがれ発見
18	ランチャー整備	9-12	尾翼塗装はがれ対策検討
"	頭胴部ランチャー上電波テスト	13-18	尾翼塗装作業
19-22	(ミッドウインター祭)	17	ランチャー整備・配線
24	ランチャー配線	"	地上系ケーブルオペレーション
"	地上系ケーブルオペレーション	17-19	データレコーダ調整
"	IG 装填	18	頭胴部ランチャー上電波テスト
24-25	頭胴部本組み	"	IG 装填
25	頭胴部結合	19	頭胴部本組み
26	組調室内電波テスト	20	頭胴部結合
27	リハーサル	"	保温槽作り
28	MT-135JA-3--7 打ち上げ (1335, 1616, 1810, 2002, 2158 GMT)	24	リハーサル
7/ 1	実験報告 (→日本) データ整理 (S-310JA-12 ロケット実験) (大型ゴム気球実験)	25	MT-135JA-8--11 打ち上げ (1400, 1600, 1800, 2000 GMT)
		27	実験報告 (→日本) データ整理
		10/	データ解析

7.1. MT-135JA-1

1号機は南極では初めてということで、テストフライトを兼ね天候の安定している1月に計画された。昭和基地へ着いてから HF 短波テレックスでマラジョージナヤと同時観測の連絡をとった。以後すべての実験の際にマラジョージナヤと連絡をとりながら実験を行った。専用ランチャーの建設の後、全員夏作業、第25次観測隊との引き継ぎの合間を抜いて準備が進められ、予定どおり1月30日(水)、第25次観測隊、「しらせ」人員の見守る中、ロケットは発射された。手作りのランチャーは、その役割を十分に果たした。しかしながら、レーダの待ち受けは成功したものの、発射後40秒で受信不能となり、PPM復調器の出力も発射直後から異常となった。発射約13分後、ゾンデの信号を補え PPM ビデオ信号を途

中からデータレコーダに記録した。実験後、地上装置およびロケットゾンデの双方について原因の調査、検討を行った。その結果、受信不能となったのは、送信装置から受信装置に送信波の漏れがあったためと考えられた。これは MT-135JA ロケット実験のために送信パルス幅を $1\mu\text{s}$ から $2\mu\text{s}$ に広げたことに起因すると思われる。従って、2号機以降の実験では、測距装置の blanking gate を最初から wide を選択し、測距の待ち受けも 2 km から 4 km に変更して追尾を行ったところ、2号機以降はすべて良好な追尾ができた。また PPM 復調器の不具合についてはトリガレベルの再調整を行った結果良好となった（前述のデータレコーダに記録した1号機のビデオ信号も復調できた）。また、ロケットゾンデについては真空放電による発信停止ということも考えられたので、2号機以降はすべてのゾンデにつき気密試験を行ったがすべて正常であった。

7.2. MT-135JA-2

当初の計画では1月に1機を打ち上げた後、残りの10機は5機連続発射を2度実施する予定であった。しかし、1号機で信号を見失ったこともあり、いきなり連続発射は不安の要素があったので、もう1機テストフライトを兼ね、3月に打ち上げることにした。東オングル島内でレーダサイトから南西へ約1 km 離れた山頂にロケットゾンデを持ってゆき電波テストを行うなど考えられる限りの対策をつくし、3月20日の打ち上げに臨んだが、PI 動作チェックが思わしくなく、実験を延期した。原因を究明したところ、ランチャーとロケット頭胴部の微妙な位置関係の影響による電波干渉のためと判断された（1号機の際は動作チェックはすんなりといった）。頭胴部ランチャーレールの先端から出した位置（頭出し）で動作チェックを行い、正常であることを確かめた後、定位置で再度動作チェックを行うこととした。定位置での信号が不安定でも頭出しの信号が安定していれば動作チェックは可とした。3号機以後の実験ではこの方法をシステム化し、この点では安心して実験を行うことができた。ともあれ、さまざまな試行錯誤の末、3月26日（火）に打ち上げられた2号機の

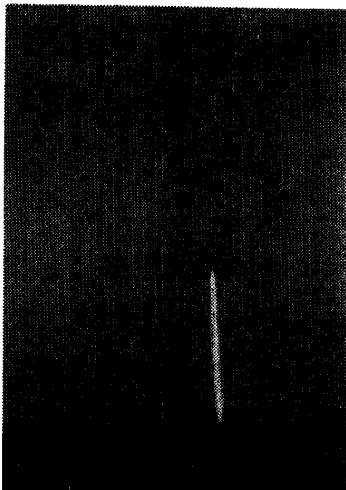


図 9 MT-135JA ロケット 2号機発射直後の風景 (1985年 3月 26日, 1730LT) を北東から写したもの

Fig. 9. Picture taken from the northeast immediately after the launch of MT-135JA-2 (at 1730 LT on 26 March 1985).

実験は成功した。図9にこの2号機発射直後の様子を示す。これをもって実験方法は確立し、連続発射に対する自信を持つことができた。

7.3. MT-135JA-3--7

6月に入ってから5機連続発射の準備が始まった。太陽の出ない真冬の最中、それでもいくらか明るくなり外作業が可能な数時間をランチャーまわりの作業に当て、綿密な計画の下、ミッドウィター祭をはさみ準備が進んだ。計画どおり6月28日(金)、5機連続発射を行い実験に成功することができた。

7.4. MT-135JA-8--11

当初、二度めの連続発射は10月に予定されていたが、他のオペレーションとの兼ね合いから9月打ち上げとなった。8月下旬から準備に入った。モータを開梱したところ、低温状況下における保管のためと思われる尾翼塗装のはがれが4機すべてに見られ、飛翔時の耐熱特性劣化が予想されることから塗装を行った。日本でのロケット完成検査時に塗装の不具合がみつき、心配されていたことが現実となった。ある程度予想されていたことではあり、塗料や塗装手順など準備もしていた。塗装完了後9月25日(水)、予定どおり4機連続発射を行い、これをもって第26次観測隊のMT-135JA ロケット実験は成功の内に終了した。10月にデータ解析を行い、一部のデータをマラジョージナヤ基地と交換した。

8. 発射オペレーション

打ち上げ時刻はマラジョージナヤ基地の気象ロケット観測の打ち上げ時刻に合わせるため、1400 GMT (1700 LT; 昭和基地時間) を目標にした。連続発射時には、レーザーダ観測が明るいうちは不可能なことから、1機目の打ち上げを1400 GMT に合わせるようにした。打ち上げ条件としては、ロケット実験オペレーション上の制約から打ち上げ時の風速が8 m/s 以下であること、レーザーダとの同時観測の必要から真上に雲がないこと、マラジョージナヤ基地との同時観測の点から水曜日であること(真冬は金曜日可)、の3点があった。打ち上げスケジュール入りの最終決定は、気象条件その他を検討して行い、当日1330 LT に放送で基地住民全員に知らせるようにした。実験班は1400 LT にRT室に集合し、打ち合わせの後、1500 LT から打ち上げタイムスケジュール作業に入った。

8.1. 実験班人員構成と配置

4名のMT-135JA ロケット班と山岸、小島の6名を除く人員は4度の実験ごとに変わった。表3に6月28日5連射時の人員配置を示す。表4に各実験時の人員の移り変わりを示す。ロケットを人力でランチャーにセットするのでランチャー点には最低4名必要であった。1月30日に監視が2名いる。まだ夏作業中で、第25次観測隊員、「しらせ」人員などが昭和基地において連絡が不徹底になることもあり、発射時ランチャー点付近に人が近付か

ないよう監視する必要があるためである。3月26日のRT棟の1名には、一応付近を監視してもらい、また、当日1500LTの気象ゾンデのデータを使ってレーダ待ち受け角風補正を計算してもらった。6月28日の1名には、保温枠にビニールをセットする作業のため加わってもらった。これは保温枠は3セットしかなく、5連射時にはタイムスケジュール中で、打ち上げ後ビニールの吹き飛んだ枠にビニールを再セットし、保温槽を作る必要があっ

表3 MT-135JA ロケット打ち上げ時の人員配置と役割 (1985年6月28日; 5機連続発射時)

Table 3. Position and role of the members at the launches of the MT-135JA rocket (on 28 June 1985; at the time of the five successive launches).

作業場	担当者	役 割
打ち上げタイムスケジュール入りの時点		
組 調 室	伊 藤 福 沢 古 館 鮎 川 前 野	ロケット本体, IG 結線, 保温 ロケット運搬, 作業補助, 連絡, 進行復唱 ロケット運搬, 作業補助 ロケット運搬, 作業補助 ロケット運搬, 作業補助
R T 室	神 沢 山 岸 板 倉	作業指令, 進行確認, 情報把握 進行アナウンス, データレコーダ録音チェック レーダ装置操作, PI 動作チェック, 記録確認
総員退避以後		
R T 室	神 沢 山 岸 伊 藤 板 倉 福 沢 古 館 鮎 川 前 野	作業指令, 進行確認, 情報把握, レーダ待ち受け角決定 進行アナウンス ロケット管制盤操作 レーダ装置操作, PI 動作チェック, 記録確認 PPM データ記録確認 データレコーダ録音準備, チェック 作業補助, 記録 作業補助, 記録
観 測 棟	小 島	デジタルデータ取り込み準備
発射時		
R T 室	神 沢 山 岸 伊 藤 板 倉 福 沢 古 館	情報収集, 発射 GO 指令 進行アナウンス・秒読み ロケット管制盤発射操作 レーダ装置操作 PPM データ記録確認 データレコーダ録音確認
RT 室付近	鮎 川 前 野	記録写真 記録写真
観 測 棟	小 島	デジタルデータ取り込み確認
発射後 (観測および次号機打ち上げ準備)		
R T 室	神沢・山岸・板倉	観測
組 調 棟	伊藤・福沢・古館 鮎川・前野	ランチャー清掃, 次号機打ち上げ準備
全実験期間		
観 測 棟	野村(彰)	レーザーレーダ (色素レーザ) 観測
電 離 棟	小 川	VHF ドップラーレーダ流星風モード観測
気 象 棟	(気象)	気象状況監視, 情報連絡, 打ち上げ時気象状況記録

表 4 MT-135JA ロケット打ち上げ人員の変遷 (1985 年; JARE-26)
 Table 4. Change of the members of the MT-135JA rocket launch experiment
 (the year 1985; JARE-26).

期 日	R T 室	組 み 立 て 調 整 室	観測棟	監 視
1 月 30 日	神沢・板倉・山岸	伊藤・福沢・古館・鮎川	小 島	野村・松村
3 月 26 日	神沢・板倉・山岸・松村	伊藤・福沢・古館・鮎川	小 島	
6 月 28 日	神沢・板倉・山岸	伊藤・福沢・古館・鮎川・前野	小 島	
9 月 25 日	神沢・板倉	伊藤・福沢・山岸・前野	小 島	

たためである。9 月 25 日には RT 室の作業はなんとか 2 名でこなしした。

8.2. タイムスケジュール

タイムスケジュールは実験以前に作ったものと本質的には変更はなかったが、ランチャー頭出し状態での動作チェックを取り入れたことが当初と異なったところである。5 連射以降確立されたタイムスケジュールを表 5 に示す。この表では打ち上げ時刻 (X) までの作業に 120 分かかることになっているが、連続発射時にはこの作業を 60 分強でこなしした。

8.3. 発射オペレーション概要

8.3.1. 発射角

ランチャーは固定式であるため、発射方位角は一定で 212°とし、発射上下角は可変であるが、すべての発射時に 80°とした。

8.3.2. レーダ待ち受け角

発射後 10 秒で待ち受けた。上下角 80°で発射した場合のロケットの軌道は理論計算値がある。レーダアンテナとランチャーとの位置関係とこの軌道から計算で発射 10 秒後の待ち受け角が定まる。無風の場合の待ち受け角は、方位角=215°、上下角=76°となる。

8.3.3. 待ち受け角風補正

ロケットの軌道は風によって左右される。風補正の式は理論的に求まっており、それによれば、風補正角は大気各層の風によって決まるが、地上付近の風の影響が最も強い。ロケット実験の前の気象ゾンの風のデータから風補正式にのっとり、一応補正角を求めたが、発射時の風は気象ゾンデ観測時とは異なるので、参考とするにとどめた。風補正の式において全層で地上付近と同じ風が吹いたと仮定した次の風補正式を使った。

$$\text{方位角補正 (度)} = 5.0820 \times V \times \sin(\phi - 212)$$

$$\text{上下角補正 (度)} = 0.8825 \times V \times \cos(\phi - 212)$$

ここで、 V =風速 (m/s)、 ϕ =風向 (度)。風の値としては、RT 室付近に設置されている風向風速計で観測された発射寸前の値を使った。あらかじめ 16 方位にわたり風速 1 m/s ごとの補正角を計算して表にし、風向風速計の指示値から直ちに補正角が求まるようにしておいた。

8.3.4. ロケット保温

表 5 MT-135JA ロケット打ち上げタイムスケジュール (1985 年; JARE-26)
 Table 5. Time schedule of the MT-135JA rocket launch experiment (the year 1985; JARE-26).

基地	X-分	ロケットランチャー (組調棟)	レーダ・ゾンデ (RT 室)
全隊員にタイムスケジュール入り通告 (警備員安全確認)	X-120		IG・PI 管制盤電源 OFF 確認 IG・PI 管制盤側ケーブル外し確認 IG ケーブル短絡確認
		IG 第1中間 SW OFF 確認 IG 第1中間 SW 端子箱ケーブル外し確認 PI ケーブル組調室中継箱外し確認 IG・PI ランチャー配線取付確認	
	X- 70	ロケットランチャー乗せ (頭出し) PI ケーブルランチャー中継箱接続 仮 PI ケーブル接続 PI ケーブル組調室中継箱接続	
	X- 60		PI 管制盤ケーブル接続 PI 管制盤電源 ON PI 動作チェック PI 管制盤電源 OFF PI 管制盤ケーブル外し
		PI ケーブル組調室中継箱外し 仮 PI ケーブル外し ロケットランチャー定位セット 固定バンド締めつけ PI ケーブルモータ側接続 保温槽取り付け	
		PI ケーブル組調室中継箱接続	風向・風速チェック (° m/s)
	X- 45		PI 管制盤側ケーブル接続 PI 管制盤電源 ON PI 動作チェック データレコードチェック (ペンレコ, M-101, E-600) PI 管制盤電源 OFF PI 管制盤側ケーブル外し 槽温 (°C)・薬温 (°C) チェック
	X- 40	切断薬・タイマー間の結線 IG ケーブルモータ側接続 IG ケーブルランチャー中継箱接続	
	X- 35	第1回 IG 導通抵抗測定 (組調室) ロケットストップ当り確認 ハメイタ外し	
	X- 30	ランチャー角度セット, 固定 80° (AZ=212°) 固定バンド外し 温風ダクト曲がり確認 ブーム受け台外し 出入口ドア締め確認	風向・風速チェック (° m/s)
X- 25	IG 第1中間端子箱ケーブル接続 IG 第1中間 SW ON	IG 管制盤接続コネクタ短絡確認	
	総員退避		
(警備員安全確認)	X- 20		気象棟へ低層風情報問い合わせ 総員退避確認 第2回導通抵抗測定 (Ω)
	X- 15		IG 管制盤点火玉取り付け IG 管制盤 EMG ストップチェック IG 管制盤 X マークチェック IG 管制盤電源 OFF 確認 PI 管制盤電源 OFF 確認 PI ケーブル管制盤側接続 PI 管制盤電源 ON

表 5 つ づ き
Table 5. (Continued)

基地	X-分	ロケットランチャー (組調棟)	レーダ・ゾンデ (RT 室)
各棟, RT 空間 情報連絡	X- 15		IG ケーブル管制盤側接続 IG 管制盤電源 ON 点火電源電圧チェック (V) 最終導通チェック (Ω) 槽温 (°C)・薬温 (°C) チェック 風向・風速チェック (m/s) レーダ待ち受け角設定 (EL AZ)
	X- 10		発射準備確認 (ロケット, レーダ, PI, 観測棟, 電離棟) PI 内部電源 ON タイマー内部電源 ON 受信確認 データレコーディング開始 レーダ待ち受け角設定確認
(警備員安全確認)	X- 5		紙送りスピード上げ・記録確認 保安確認 気象棟へ発射時気象情報問い合わせ 発射管制盤リセット
	X- 1	フライトキー SW ON コントローラスタート	
	X	発射	
	X+ 2	(次号機発射準備)	PI 管制盤 SAFETY IG・PI 管制盤電源 OFF IG・PI 管制盤側ケーブル外し IG ケーブル短絡
	X+ 40	IG 第1中間 SW OFF IG 第1中間 SW 端子箱ケーブル外し ハメイタ取り付け IG・PI ケーブルランチャー中継箱外し ブーム受け台セット ランチャー角度降ろし 保温槽外し ランチャーレール・ストッパー清掃確認 : : : : : (初めにもどる) :	—観測終了— ペンレコ紙交換 M-101 磁気テープ交換 E-600 DISK→MT
X+	ロケット実験終了		

頭胴部を組み立て調整室に搬入してからは、夜間0時-翌朝までを除く常時、組み立て調整室を暖房し、温度が低下しないよう注意した。打ち上げ時、組み立て調整室内では、ロケット推進薬の温度を +20°C 近辺に保つようにした。発射タイムスケジュール時ロケットがランチャー上にセットされてからは、枠にビニールシートを被せた保温槽をランチャー上にセットし、温風ダクトを通して温風を送るといった方式で保温した。しかし、ロケットをランチャー上にセットしてから保温槽を取り付けるまでの間に温度が下がってしまい、さらに発射するまでの時間が短いため、下がった薬温を上げるまでにはゆかず現状維持が精一杯であ

った。また、連続発射時にはロケットの搬出の繰り返しで組み立て調整室内温度は下がり、薬温も低下した。結局、連続発射時には +12-+6°C という低い温度で打ち上げた。図 10 に 5 機連続発射時 (6 月 28 日) の保温経過を示す。

8.3.5. データ収録

リアルタイムプリント、アナログペンレコーダのほか、データレコーダ (M-101) へのデータ取り込み、さらに、光ファイバーケーブルを通して RT 室から観測棟へ PCM データを転送し、ミニコンピュータ (E-600) でデジタルデータのリアルタイム取り込みも行った (表 6 参照)。

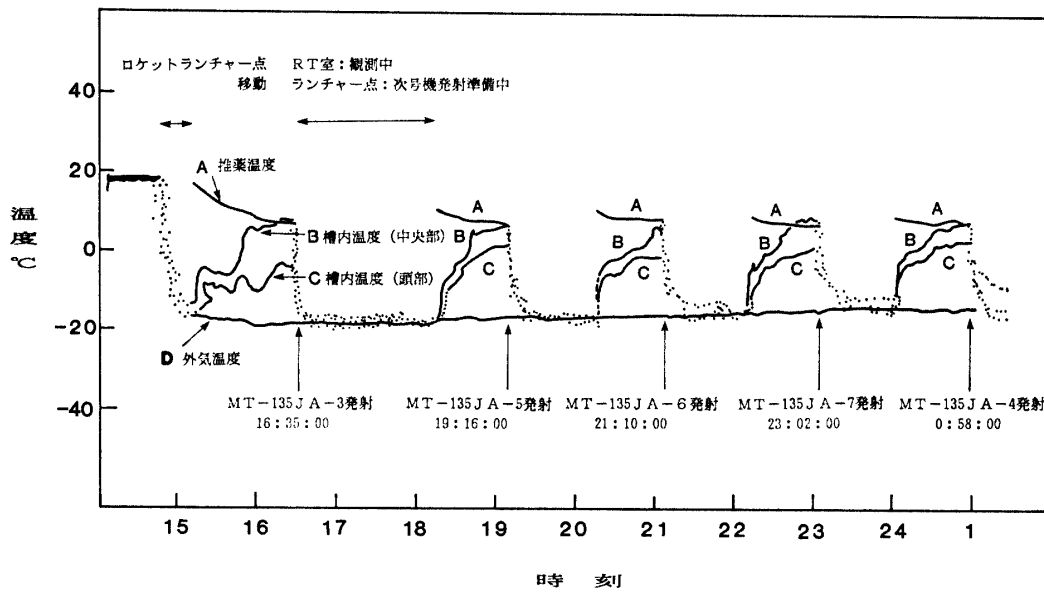


図 10 ロケット保温経過図. 1985 年 6 月 28 日, 5 機 (MT-135JA-3--7) 連続発射時. 時刻は昭和基地地方時. ランチャー上のロケットは, ビニールの保温槽で覆い, その保温槽に温風を送って保温する

Fig. 10. Temperature of the rockets on the rocket launcher at the time of the five successive launches of MT-135-JA-3--7 on 28 June 1985. Time is in Local Time of Syowa Station. The rockets were kept warm by the method that a vinylhouse which covers the rocket is supplied with warmed air.

表 6 MT-135JA ロケット観測データ記録方式 (1985 年; JARE-26)

Table 6. Record form of observational data obtained by MT-135JA rocket (the year 1985; JARE-26).

	プリンタ	ペンレコーダ	データレコーダ	ミニコンピュータ
時刻信号	Digital		IRIG-A, PCM	Digital
レーダデータ	Digital	Analog	PCM	Digital
PPM 復調データ		Analog	PCM	Digital
ビデオ信号			PPM	

(注) PPM: Pulse Phase Modulation
 PCM: Pulse Code Modulation
 IRIG-A: 時刻信号コードの名称

9. 飛翔実験結果

ロケット飛翔状況、観測時間、発射時天候、レーダ待ち受け誤差などの情報をまとめてロケットの打ち上げ順に表7に示す。打ち上げ順は必ずしもロケット号機順になっていない。6月の5機連続発射時の4号機は、PIコントローラ系の頭出し動作チェック用仮PIケーブルの先端がランチャー上でショートしてコントロールができなくなり、その原因究明にいささか時間を要したため、推進薬温度が低めになったので、最後にまわした。9月の4連射時は、尾翼塗装の出来の良い順に打ち上げた。

3月の2号機は、頭出し動作チェックに手間取ったため、目標(1400 GMT)より30分発射が遅れた。6月の5連射時、3号機は、推進薬温度が下がりぎみであった(図10参照)ため目標より25分早く発射した。他の4機の発射も打ち上げ目標時刻といささか異なった。しかしながら、これらの発射時刻の幾分かの前後は、観測目的にとっては、全く支障がない。9月の4連射は予定どおり、2時間おきに発射できた。

9.1. ロケット飛翔状況

実験経過の項(7章)で述べたように、1号機の場合レーダがロケットゾンデを逃した時間が長かったため、到達最高高度が不明であるが、受信された発射後40秒までのレーダデータから推察すると到達最高高度は60 km以上であったと想像される。また、発射後13分以降受信したデータによるゾンデの降下状況からするとパラシュート開傘は正常であったと考えられる。他の10機も飛翔状況は正常であり、全号機とも、飛翔機構は正常に作動し安定したフライトを行い、パラシュート開傘も正常であった。参考までに5機連射時の5機の飛翔経路を図11に示す。

9.2. レーダ

待ち受けは全号機うまくいった。地上風だけで待ち受け角を補正する方法で十分なことが立証された。1号機の追尾状況については実験経過(7章)で既に述べた。2号機以降も同様の不安定な号機があったが、A/R スコープを監視し、同期が乱れてrange(測距)がlock offしても直ちに手動で捕捉して観測は正常に保たれた。

9.3. 観測結果

1号機はロケットゾンデを途中で逃したため高度24 km以下のデータしか取れず、中層大気を探るといった目的のためには意味あるデータとならなかった。また、8号機は、風のデータは正常であるが、温度センサー放出異常またはセンサー切り換え部のトラブルと考えられる原因のため温度データは使えない。他の温度と風のデータに関しては高度15 kmから約60 kmまでのデータがとれている。データ処理はPCMデータをミニコンピュータ(HITAC E-600)によりCCT(Computer Compatible Tape)に収録したものをを用いて行った。一応、風、温度の鉛直分布を出し、内部重力波の実態が探れそうであることがわかった。

表 7 MT-135JA ロケット実験飛行記録まとめ
 Table 7. Record of the MT-135JA rocket flight experiments (the year 1985; JARE-26).

号機	打ち上げ 月日 (GMT)	到達最 高度 (km)	到達最 水平距離 (km)	最高 発射後 (秒)	観測 高度 (km)	観測 終了 水平距離 (km)	観測 時間 (分)	発射時地上気象 風速 (m/s)	発射時地上気象 気温 (°C)	天気	待ち受け角 方位 (°)	待ち受け角 上下 (°)	待受角誤差 方位 (°)	待受角誤差 上下 (°)	待ち受け 距離 (km)
1	1/30 14:00:00	—	—	—	3	111	118	4.0	+1.9	曇	211	77	+1.2	-2.7	2
2	3/26 14:30:00	60.2	42.5	119	12	55	59	2.6	-8.0	曇	215	74	-1.1	+5.5	4
3	6/28 13:35:00	69.9	27.0	119	16	73	39	1.8	-20.2	薄曇	210	77	-0.5	0	4
5	" 16:16:00	71.2	21.4	126	15	81	40	1.0	-19.0	晴	216	77	+2.0	-3.0	4
6	" 18:10:00	73.4	16.6	125	16	72	36	2.4	-19.2	薄曇	210	77	-3.0	-5.0	4
7	" 20:02:00	68.8	27.8	125	17	67	37	—	-18.3	薄曇	215	76	-2.0	-1.0	4
4	" 21:58:00	68.7	33.6	120	16	31	40	3.0	-17.5	曇	207	74	+3.0	0	4
9	9/25 14:00:00	71.2	33.3	122	15	74	43	1.2	-16.9	雪	215	76	+6.0	+2.0	4
8	" 16:00:01	71.4	34.4	118	17	63	37	—	-17.7	雪	215	76	-2.0	+0.5	4
11	" 18:00:00	72.1	36.4	126	14	77	47	350	-17.9	雪	215	76	-1.0	+1.5	4
10	" 20:00:00	73.0	25.3	120	15	80	42	10	-18.4	雪	217	78	-5.0	+1.0	4

注 1) ロケットの打ち上げ順に記してある。従って必ずしもロケットの番号順になっていない (本文参照)

注 2) 時刻は GMT. 例えば, 14:00 GMT = 17:00 LT (昭和基地時間)

注 3) 発射時地上気象は定常気象観測データ

注 4) 発射角は全ての場合, 方位角 = 212° (固定), 上下角 = 80°

注 5) 角度の待ち受けは発射 10 秒後に合わせた。

無風の場合の風補正なしの待ち受け角は, 方位角 = 215°, 上下角 = 76°

実際に LOCK ON した角度 + 待ち受け角誤差 = 待ち受け角. 例えば 5 号機の場合, LOCK ON した方位角 = 214°, 上下角 = 80°

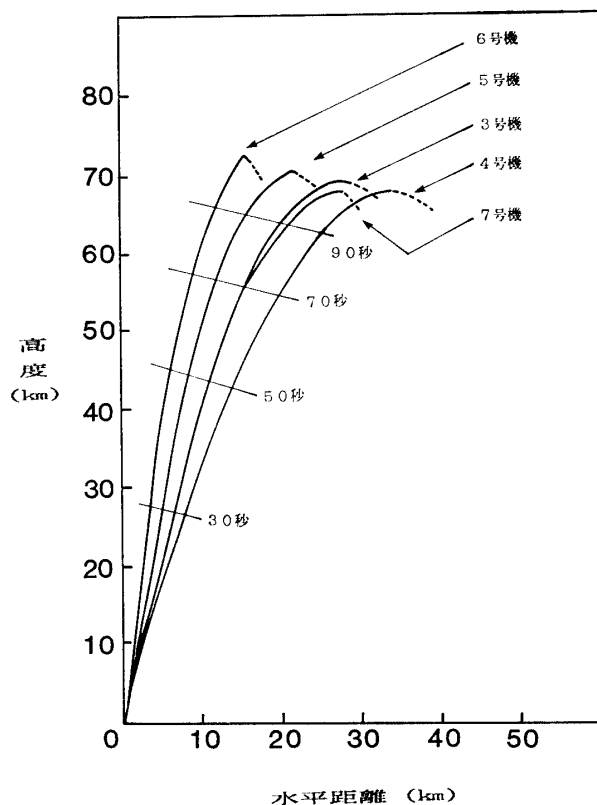


図 11 ロケット飛翔経路図 (MT-135JA-3--7). 到達最高高度まで示す. ロケットゾンデは, この後, パラシュートによってゆっくり降下し, その間に観測を行う

Fig. 11. Flight paths of MT-135-JA-3--7 rockets in the height-horizontal domain. Paths are drawn up to the top levels to which these rockets attain. The rocketsonde sounding is performed during a parachute descent after the top level.

た. しかしながら, 解析プログラムの再検討, アナログデータとのつきあわせによるチェックなどが日本での仕事として残った. データの一次処理の結果はデータレポートの形で, 学問的な解析結果はしかるべき専門科学雑誌に発表する予定である.

9.4. 同時観測

9.4.1. マラジョージナヤ気象ロケット

マラジョージナヤ基地 (ソ連) とはモースン基地 (オーストラリア) 経由で常時連絡しあい, こちらの打ち上げ日を相手方の定常観測日 (打ち上げ時刻は 1400 GMT) に合わせようにして同時観測を試みた. 2号機は準備中さまざまなトラブルが続出したため実験が遅れ, 他のオペレーションとの兼ね合いから同時観測はできなかったが, 1日前に打ち上げたので見方によっては有益な情報が得られよう. 他の三度の実験は同時観測ができた.

9.4.2. レーザレーダ

1号機を打ち上げた 1月30日は明るいのでレーザレーダ観測は不可能である. 2号機および5連射実験時にはレーザレーダ観測も実施された. 4連射実験の行われた9月25日の夜は風は弱くロケットオペレーションには都合が良いが, 雲が空を覆い小雪が散らつく天候でレーザレーダ観測はできなかった. 昼の実験決定時点で雲が出るのは予想できた. しかしながら, ロケット実験の緊張度が高まってロケット班の意気が上がっていたこと, 風は弱いと予想できたこと, マラジョージナヤとの同時観測が可能なこと, 他のオペレーションが迫

っていたことから実験実施に踏み切った。

9.4.3. VHF ドップラーレーダ

このレーダは全天候型で、すべての MT-135JA ロケット実験時に、その前後少なくとも数日間は流星風モードで運用された。

10. ロケット施設閉鎖状況

何年か後に再開されるであろうロケット実験まで昭和基地ロケット施設は閉鎖された。以下、MT-135JA およびロケット施設一般の閉鎖状況を述べる。

10.1. MT-135JA ロケット関連

MT-135JA ランチャーのランチャーレールおよび駆動部分は発射台より分解し、防錆処置した後、半さらし紙とポリエチレンシートおよびオーニングシートで三重に覆って推薬庫に保管した。MT-135JA ランチャー関係の治工具、MT-135JA 用温風ダクト、分解した保温枠を木箱に収め、これも推薬庫に保管した。PPM 復調器、PI コントローラ、ペンレコーダおよび銀電池充電用の電源、電圧センサーなどはすべて日本に持ち帰った。

10.2. ロケット施設一般

組み立て調整室：雪の吹き込みを防ぐため、扉を目張りした。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。

温風暖房装置：暖房機、パイプ、熱交換器など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。煙突とのすき間は雪の吹き込みを防ぐよう目張りした。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 室：RT 室は各戸口を目張りした。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、情報処理棟へ移した。残置部品については在庫リストを作成した。

レーダ地上装置：レーダアンテナのベース部はオーニングシートで包み、レドームの扉はブリザード時にレドーム内に雪が入らないよう目張りした。RT 室内の装置は無水アルコールでパイル表面の汚水を落した後、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およびほこりを防いだ。なお、レーダ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、その手順書を作成し、要領を VTR 記録した。

11. おわりに

昭和基地では最初の気象ロケット実験であり、さすがに初めてのことで、多くの困難に直面したが、我々ロケット班の努力、打ち上げ時実験班に気持ち良く加わってくれた表4に記す人々の支援、以下に記す方々の協力などの結果どうにかに成功の内に実験を終了することがで

きた。

福西浩第 26 次越冬隊長（当時国立極地研究所，現在東北大学理学部）のこの実験に対する深い理解を通してのバックアップ，実験に福沢志津夫が加わることを許してくれた召田成美定常気象主任（気象庁観測部）の寛大さ，鈴木三良設営主任（いすゞ自動車(株)）ほかのみなさんの専用ランチャー建設時などでの援助は忘れることができない。小川忠彦観測主任（電波研究所）は VHF ドップラーレーダ流星風モードの同時観測，野村彰夫宙空主任（信州大学工学部）はレーザーレーダの同時観測を協力的に実施してくれた。江尻全機第 25 次観測隊 S-310JA ロケット実験主任（国立極地研究所）ほか第 25 次観測隊ロケット班によるロケット地上設備の整備は我々の実験を容易にしてくれた。モスクワの Central Aerological Observatory の A. A. CHERNIKOV 所長，そして第 30 次ソ連南極観測隊の隊長 R. GALKIN および気象ロケット実験主任 J. KOSITSIN 両氏は我々の同時観測の要望を理解し，常に心よくマラジョージナヤ基地での打ち上げ実験日の情報を与えてくれた。

松尾弘毅教授，小田稔所長ほか文部省宇宙科学研究所の関係者の方には，ロケット開発および内之浦でのテストフライトをしていただいた。高崎政之氏ほか日産自動車(株)の関係者，国谷紀夫氏ほか明星電気(株)の関係者の方々には，ロケット開発に参加していただき，また，昭和基地でのオペレーション時にも日本からのインマルサットによる FAX，電話を通じてさまざまな助言をいただいた。宮下伊喜彦所長（当時）ほか気象庁綾里気象ロケット観測所のみなさんは，MT-135P ロケットの打ち上げオペレーションの実際を我々にみせてくれ，さまざまな助言を与えて下さった。廣田勇教授（京都大学理学部），松野太郎教授（東京大学理学部）は実験計画につき学問的な側面での助言を与えて下さった。日本での準備時には，永田武所長（当時），研究系，資料系，管理部，事業部の国立極地研究所関係者にはさまざまな援助をいただいた。特に，日本の南極観測隊のロケット実験の実際面を当初から支えてこられた鮎川勝助教授（国立極地研究所）は，日本での準備の当初から昭和基地での実験が終わるまで貴重な助言と忠告を与えて下さった。

以上の方々に，深く感謝の意を表します。このように書き連ねてくると，いかに多くの人々がこのロケット実験に関与したかがわかる。日本の南極観測隊としては初めての MT-135JA 気象ロケット実験の成功はこのように多くの人々の協力の上に成り立った。

なお，この原稿作成にはワードプロセッサを使用した。帰りの船「しらせ」の中で神沢が骨子を作った。日本に戻ってからの原稿の追加，修正には近藤章子譲の手を煩わした。

文 献

- 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。
 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 年—。南極資料，70，40-74。

- 江尻全機・山上安広・芦田精一・戸柱俊雄 (1985): ロケット観測. 日本南極地域観測隊第25次隊報告 (1983~1985). 東京, 国立極地研究所, 138-152.
- 福西 浩・山岸久雄・川口貞男 (1984): 第26次南極観測隊 MAP 実施計画. 第4回 MAP シンポジウムプロシーディングス. 東京, 宇宙科学研究所, 57-58.
- FUKUNISHI, H., HIRASAWA, T. and KAWAGUCHI, S. (1985): Antarctic Middle Atmosphere Project at Syowa Station. *Nankyoku Syiryô (Antarct. Rec.)*, **85**, 39-47.
- 廣田 勇 (1978): 動き出した MAP (中層大気国際観測計画). *天気*, **25**, 709-714.
- 廣田 勇 (1980): 極域中層大気力学の問題点と観測への要請. *南極資料*, **69**, 163-169.
- HOLTON, J. R. (1982): The role of gravity wave induced drag and diffusion in the momentum budget of the mesosphere. *J. Atmos. Sci.*, **39**, 791-799.
- 五十嵐喜良 (1983): VHF ドップラーレーダ観測. 日本南極地域観測隊第23次隊報告 (1981~1983). 東京, 国立極地研究所, 98-106.
- 神沢 博・川口貞男 (1984): 南極域気象ロケット観測計画. 第4回 MAP シンポジウムプロシーディングス. 東京, 宇宙科学研究所, 55-56.
- 加藤 進 (1979): MAP について. *南極資料*, **65**, 45-51.
- 加藤 進・上山 弘・田中正之・平沢威男・前田 担 (1981): 中層大気国際共同観測 (MAP). *学術月報*, **34** (1), 45-76.
- 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.
- 気象庁 (1972): 気象ロケット観測指針. 157 p.
- 気象庁観測部高層課 (1970): 気象ロケット観測. *測候時報*, **37** (2), 96-121.
- LINDZEN, R. S. (1981): Turbulence and stress owing to gravity wave and tidal breakdown. *J. Geophys. Res.*, **86**, 9707-9714.
- 松野太郎 (1979): 中層大気力学の問題点. *天気*, **26**, 519-530.
- MATSUNO, T. (1982): A quasi one-dimensional model of the middle atmosphere circulation interacting with internal gravity waves. *J. Met. Soc. Jpn.*, **60**, 215-226.
- NOMURA, A., IWASAKA, Y., FUKUNISHI, H., KANO, T., HIRASAWA, T. and KAWAGUCHI, S. (1985): Plan for Lidar observations of the polar middle atmosphere in the 26th Japanese Antarctic Research Expedition. *Nankyoku Shiryô (Antarct. Rec.)*, **85**, 62-67.

(1986年7月22日受理; 1986年9月16日改訂稿受理)