

M - 4 S 計画の概要

森 大吉郎

1 M - 4 S 計画の発足

M - 4 S 型ロケットはもともと高度 10,000 km の観測ロケットとして昭和 37 年頃から計画されはじめたものである。これは昭和 30 年の直径 18 mm, 長さ 23 cm, 重さ 230 gr のペンシルロケットからベビー, カップを経て直径 73.5 cm, 重さ 7 ton のラムダロケットへと進んで来たその延長線上に位置するものである。

この頃になって宇宙科学者たちが, 従来の観測ロケットによる観測と並んで科学衛星による観測をはじめたいと希望し始め, 昭和 38 年には “人工衛星に関するインフォーマル・シンポジウム” で基本的な討議が行なわれた。一方工学者の間でも上記のミューロケットに制御装置を付けて衛星を打上げる可能性について検討が始められた。そして 39 年 12 月のシンポジウムにおいて, 第 1 号の科学衛星の観測項目の提案と, 糸川教授による M - 4 S ロケットを用いた衛星飛しよう計画の提案とがなされた。

さて, 衛星を打上げるに必要な要件としては次が挙げられる。

(a) ロケットが必要なエネルギー (衛星をある高度に持上げ, かつこれに軌道を回る必要な速度を与えるためのもの) を持つこと

(b) 衛星の高度と速度を所定の値に (方向を含む) 制御すること

(c) ロケットと衛星からの情報が適確に伝えられること (テレメータ・レーダ・計測器等)

(d) 地上設備 (発射整備塔・諸台車・テレメータ・レーダ・コマンド・制御系・整備室・管制装置・計算器・データ伝送系・衛星整備室等) が整えられてあること。

(a) についてはラムダ・ロケットの大型化したミューロケットを用い, 直径 1.4 m の大型モータを 1.2 段に, 球形高性能モータを最終段に配した 4 段式ロケットを開発することで見通しを立てた。

(b) については, わが国ではじめての衛星打上げロケットであるので, 最も簡単な方式で短期間に確実なものを仕上げることに重点を置き, 最終段打出し前の機体の姿勢を制御する方式に決めてこれの開発に着手した。

(c), (d) については a, b で決められたロケットの構想に従って必要な整備を計画し始めた。

M - 4 S 計画はこのようにして始まり, 昭和 47 年 8 月の M - 4 S - 4 ・でんばの打上げ完了をもって大団円となったが, 本号では M - 4 S の機体およびエレクトロニクスを中心とした報告をまとめた, 衛星については, 追ってまとめて報告する予定である。

2. M - 4 S の実験経過

2.1 地上試験 [1]

飛しよう試験の前段階としての地上試験は, モータ・空力特性・構造機能・制御系・テレメータ・コマンド・レーダ・タイマ・計測器の各構成要素について重ねられて来た。それら

については本号の各論文と記録とを参照されたい。

2.2 小型テストロケット

以下の項目について小型テストロケットを飛ばせて試験が積重ねられた。

安定に関する試験：S T - 160・2機，S F - 160 F・2機，K - 10 C - 1

補助ブースタに関する試験：B T - 160・2機，B T - 250，B T - 310・2機，M M - 310・1機

推力中断装置に関する試験：S O - 160，S O - 250 B

姿勢制御その他に関する試験：K - 10 S - 1，K - 10 C - 1，D S - 060

2.3 ラムダ4S

M-4Sの総合シミュレーションテスト機としてラムダ4Sを用いた一連の試験がラムダ計画の名で実施された。昭和36年から45年にわたる長期の苦闘の連続であったその経過は報告[2][3]に詳しいのでここでは割愛するが、M-4S計画が順調な発展を遂げた裏には、その予備試験としてのラムダ4Sが果たした役割は偉大なものがある。

2.4 M-1-1(41年10月)

第1段モータの飛ばし試験が主目的で、上段モータはダミーにし、外形をM-4Sに相似にしてある。実験の結果は完全で、M-10モータ、補助ブースタの燃焼、および飛ばし試験がすべて計画どおりであり、またMロケットのために設置した地上系諸設備の機能も満足すべきものであることが実証された。

2.5 M-3D-1(44年8月)

1・2段の飛ばし試験と姿勢制御装置の試験とが主目的で、その他数多くの試験項目を盛込んだ機体であった。結果は、主目的は完全に果し、また多くの試験項目をおえ、M-4Sへの見通しを確実なものとした。ただし、フレヤの開傘確認計の作動不良・ノーズコーンの開頭直後の機体後尾への接触・第4段切離し時の擾乱等の不具合な現象がおき、後の2者は2段開頭方式およびマルマン接手方式への転換への契機となった。

2.6 M-4S-1(45年9月)

はじめて全段実装し(full operational)、第1号科学衛星の第1のプロトタイプ(MS-F1)を搭載して打上げたが、姿勢制御装置の電磁弁の1個が故障して開放のままとなり、機体のスピンの過大になり、ために第4段点火以降のシーケンスが作動せず軌道投入に失敗した。故障原因の究明を通じて、弁の取扱法と点検法とに改良もたらされた。

2.7 M-4S-2(46年2月)

試験衛星(MS-T1)を搭載し、全部のシーケンスを完遂して(表2参照)、はじめてMロケットによる衛星が実現し、ここにM-4Sが「合格」になった。12日間送信を続けたMS-T1「たんせい」により衛星設計の成果も確認された。

2.8 M-4S-3・4(46年9月, 47年8月)[4]

第1号科学衛星の第2のプロトタイプ(MS-T2)および第2号科学衛星(REXS)を軌道に乗せるために、機体の確実性に重点をおき、設計・品管・検査・点検を入念にした結果、首尾よく2機とも目的を果した。機体に若干の改良を加え、衛星重量を増加させてある。

2.9 衛 星

衛星は極度に切りつめた重量と容積の中で、観測と情報伝達とコマンド受信とを実施し、打上げ時の環境と軌道上での長期の環境に耐える必要がある。ラムダの「おおすみ」衛星の経験に加えて、長期の熱環境試験、太陽電池、データレコーダ、姿勢制御、アンテナ展開等の多くの問題を克服し、MS-F1、MS-T1（たんせい）、MS-F2（しんせい）、REXS（でんぱ）の4個の衛星を準備して打上げた。でんぱが3日後に高圧電源投入の際に故障して6か月後に遂に電波が跡絶えたことを除いては、衛星としてはおおむね順調に開発と試験が進められ、特にしんせいは打上げ後2か年を経過した現在なお健在である。これらについては別に特集で報告される予定である。

表1はM-4Sの計6機の実績を、表2は各機のシーケンス達成の状況、図1はM-4S-4の全体図を示した。なお主な研究開発項目については本号記録の章にまとめてあるので参照されたい。また設置した地上系についてはその一部が既に報告されている [5]。

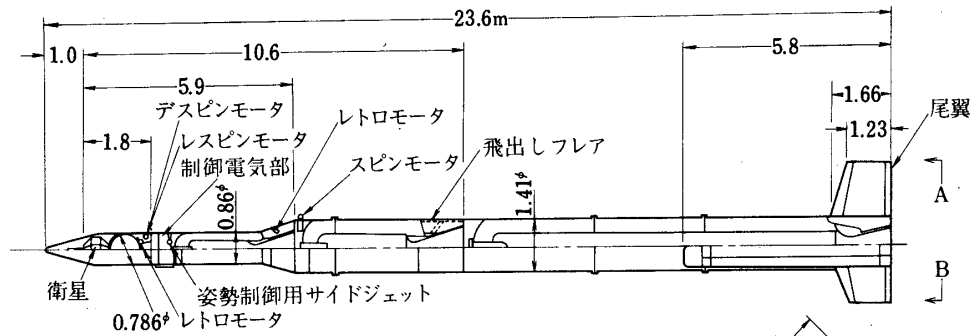
表1 M-4Sの実験結果

号機	目的	ロケット	衛星	実験日	実験結果	
					ロケット	衛星
M-1-1	第1段の飛しよう試験	1段実装, 上段ダミ	——	40. 10. 31	OK	——
M-3D-1	1・2段の飛しよう試験, 姿勢制御部の試験	1・2段実装 姿勢制御部実装	——	44. 8. 17	OK, ノーズコーンが分離後機体と接触, 4段切離時攪乱	——
M-4S-1	4段式衛星打上ロケットの試験, 1号科学衛星	全段実装	MS-F1 62 kg	45. 9. 25	姿勢制御部電磁弁が故障, 軌道に乗らず	機能良好
M-4S-2	4段式衛星打上ロケットの試験, 試験衛星	〃	MS-T1 63 kg	46. 2. 16	OK	たんせい 10日間送信 890・1108・106
M-4S-3	1号科学衛星	〃	MS-F2 66 kg	46. 9. 28	OK	しんせい 現在なお健在 873・1870・113
M-4S-4	2号科学衛星	〃	REXS 75 kg	47. 8. 19	OK	でんぱ 3日後に故障 246・6563・160

表2 M-4Sタイムシーケンス達成状況

	M-1-1	M-3D-1	M-4S-1	M-4S-2	M-4S-3	M-4S-4
1段・補助ブースタ点火	○	○	○	○	○	○
補助ブースタ燃烧了	○	○	○	○	○	○
" 切離し	○	○	○	○	○	○
1段燃烧了	○	○	○	○	○	○
開頭(1次)	……	△	○	○	○	○
開頭(2次)	……	……	○	○	○	○
1段切離し	……	○	○	○	○	○
スピンモータ点火	……	○	○	○	○	○
フレヤ開傘	……	○	○	○	○	○
2段点火	……	○	○	○	○	○
2段燃烧了	……	○	○	○	○	○
2段切離し	……	○	○	○	○	○
3段点火	……	……	○	○	○	○
3段燃烧了	……	……	○	○	○	○
3段切離し	……	○	○	○	○	○
レトロモータ点火	……	……	○	○	○	○
デスピンモータ点火	……	○	○	○	○	○
姿勢制御開始	……	○	○	○	○	○
姿勢制御バックアップ	……	○	○	○	○	○
" モード変更	……	○	○	○	○	○
リスピンモータ点火	……	○	○	○	○	○
姿勢制御遮断弁閉じ	……	……	……	○	○	○
" 停止	……	○	×	○	○	○
コマンド変更	……	○	○	○	○	○
衛星タイマ起動	……	……		○	○	○
姿勢制御部切離し	……	△		○	○	○
4段点火	……	……		○	○	○
" 燃烧了	……	……		○	○	○
" 切離し	……	……		○	○	○
レトロモータ点火	……	……		○	○	○
アンテナ突出し	……	……		○	○	○
ニュートンダンパ起動	……	……	……	……	○	○
衛星タイマ停止	……	……	……	○	○	○

……：計画していないシーケンス， ○：作動良好， △：作動の一部不良
 ×：作動不良， |：他の原因により作動せず



	第1段	第2段	第3段	第4段
全長 m	23.6	10.6**	5.9	1.8
各段点火時重量 t	39.6 4.1 SB 43.7	13.2**	3.3	0.44 0.07 SA 0.51
推薬重量 t	20.5 2.7 SB 23.2	7.2	2.0	0.37
比推力 sec	219	269	277	276
平均推力 t	75.1 77.6 SB*	29.1	13.1	2.6
安定または制御方式	尾翼	飛出しフレアおよびスピン	スピン	3-4段間サイドジェットによる姿勢制御のちスピン安定

SB: 補助ブースタ
SA: 衛星

* 発射時推力合計197t
** ノーズコーンをふくまず

第1図 M-4S-4号機

3. M-4S計画のまとめ

M-4S計画の結果を要約すると次のようになると思う。

a. 地上実験の小型テスト機による試験およびラムダ4Sによる総合シミュレーション試験に重点をおき、M-4S自体の実験を極力少なくするよう計画した。ラムダ4Sは合計6機を実験し、苦労を重ねて多くの重要な技術を体得したので、M-4Sそのものの研究開発は順調に進展することができた。すなわち、基本構想である「4段式固体燃料ロケットを用い、最終段打出し前姿勢制御による軌道投入方式」がラムダにより実証され、M型の予備試験はわずか2機で済んでいる。

b. M-4Sは、1号機では姿勢制御装置の電磁弁の故障により軌道投入に失敗したが、2号機以降の続けて3機が衛星打上げを完遂し、「安心して衛星を打上げられるロケット」にまで成長し、その確実さを実証した。

c. M-4Sの特長の一つは、基本設計の全部および使用機材のほとんど全部が国産の自主開発であって、それらの妥当性と有用性が実証されたことによって従事者に植付けられた自信が大きな収穫である。

d. 科学衛星についても基本計画と開発機器の妥当性が実証され、でんばにおける高圧電源による故障以外には大きな目算違いは無く、しんせいは2か年にわたって情報を送り続けて来ている。

e. 今後の改良としては軌道精度の向上とロケットの能力増強とが挙げられる。前者につ

いてはTVC装置によるモータ燃焼中の推力方向制御等を、後者については上段モータの性能向上を研究開発中で、これらを基幹としたM-3C型ロケットをM-4SCにつぐものとして現在計画中である。

4. む す び

M-4S計画は発端から「たんせい」まで通算8年と云われるから、「でんぱ」で計画が終了するまで約10年を費したことになる。途中で漁業紛争による1年半の打上げ中止、ラムダ4Sの悪戦苦闘、M-4S-1の不具合等の様々の曲折はあったが、この永い期間にわたって、従事者が「衛星実現」を悲願として一度もたじろぐことなく一致結束して進んだことと、多くの関係の方々から誠に温い御支援と御激励を賜ったことは、本計画がわが国の科学技術の上から一つのユニークな仕事であったことと併せて、当事者の1人として感銘深いものがある。厚く感謝の意を捧げる次第である。

1974年11月29日 新設部(工学)

参 考 文 献

- [1] 宇宙研報告, 地上燃焼実験特集号, 8巻3号, 1972年9月。
- [2] 宇宙研報告, 観測ロケット特集号-ラムダ4S型ロケット-, 4巻4号, 1968年12月。
- [3] 宇宙研報告, 観測ロケット特集号-L-4T-1, L-4S-4, 5号機ロケット-, 8巻2号, 1972年6月。
- [4] 玉木章夫: M-4S-3による科学衛星“しんせい”の打ち上げ, 航空学会誌, 20巻222号, 1972年7月, 383-399。
- [5] 宇宙研報告, 観測ロケット特集号-KSC地上設備-5巻2号, 1969年7月。