

M-3 S 型ロケットの飛翔前試験と発射整備作業

林 紀幸・東 照久・吉田 裕二
渡辺 良一*・今田 雄久*・山西 政雄*

(1986年1月18日受理)

1. 概 要

M型ロケットはM-4S型からM-3C型、M-3H型そしてM-3S型へと性能向上を計ると共に、ロケット打上げまでの作業手順についても、各号機を打上げごとに検討され、支援設備等の充実により簡略化されてきた。ここではロケットの単体部品完成後、各構成要素の機能、性能および信頼性を確認することを目的として、発射前作業およびKSCでの発射整備作業の主要項目について、その概要を述べる。M-3S型ロケットは第1段に姿勢制御装置が搭載されたことにより発射整備作業もCN系機器の動作確認を目的として、CN系総合オペレーションを追加した。従って地上系オペレーション、CN系総合オペレーション、組立てオペレーション、フライトオペレーションで整備作業を実施することとした。

2. 飛翔前試験

2-1 発射前試験

ロケットの発射前作業は各々製造された単体部品完成後第1図のごとく単体検査、各モータ結合チェック(ミスアライメント測定)、第1段および第2段計器合せ、TVC+SJ合せ、尾翼+SMRC合せによる機械的インターフェースの確認、M-3Aモータ、第2段計器部、M22ノズル部、ダイナミックバランステストを行い、計器部は最終的に計器噛合せ試験において、電気的総合機能を確認し、KSCに発送する。

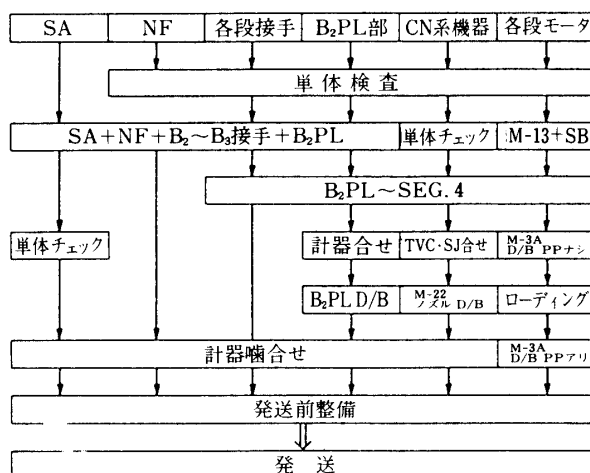
2-2 ミスアライメント測定

ロケットは多数の構造物が積み重ねられ結合されている為、その垂直精度は、ロケットの飛翔に大きな影響をおよぼす。全段結合後のミスアライメント量の計測は、ロケットの飛翔中の姿勢とミスアライメントがどのように関係しているか解析する資料の一部とすると共に今後の飛翔計画のためのデータ蓄積を目的として実施している。

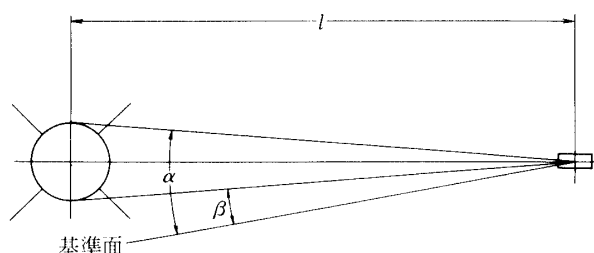
1) 計測方法

ロケットを機体組立塔内のターンテーブルにセットし、第2図のように機体の左右側面

* 日産自動車(株)



第1図 發送前作業フロー



第2図 計測方法

にセオドライトの視点を合せ、基準面からの角度 α 及び β を計測する。 α と β の差角の半角を機軸とし距離 l から機軸のミスアライメントを算出する。ターンテーブルを規定の角度に回転しながらこの方法で計測を繰り返す。この際距離 l の関係から機体真横の側壁は見え若干手前を計測しているが、その誤差は無視している。なお、機体組立塔の大きさの関係で全段結合状態での計測は不可能な為次の5段階に分割し、それぞれのデータを最終的にまとめている。計測分割図を第3図に示す。

- (1) M-13 (尾翼筒+SEG 4+SEG 3+SEG 2+SEG 1)
- (2) M-13+SB ((1)+SB)
- (3) M-22+B₂PL (M-13 SEG 1+M-22+B₂PL)
- (4) B₂PL+ノーズフェアリング
- (5) B₂PL~SA

2) 計測結果 (全段結合)

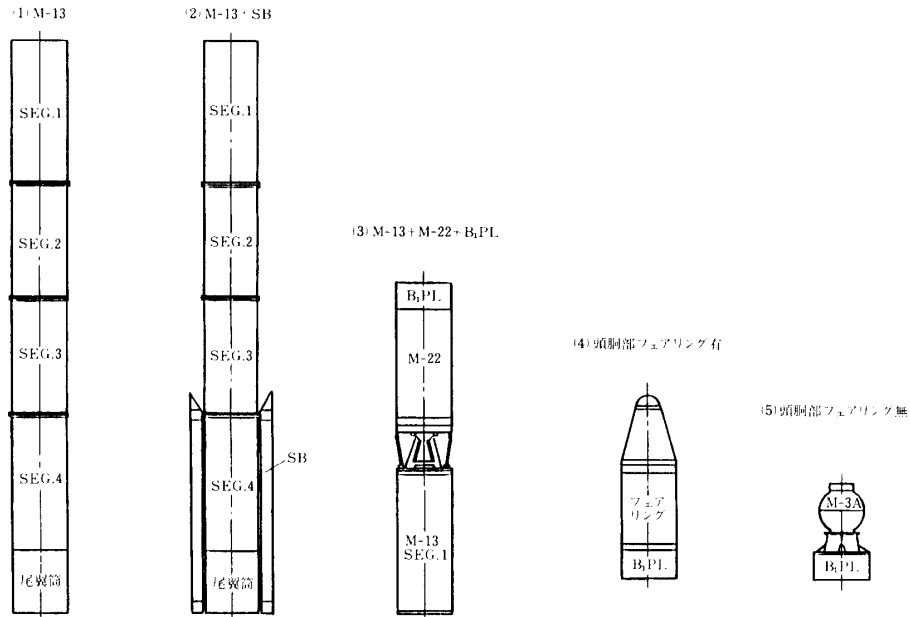
M-3 S-1~M-3 S-4号機のランチャ方向を0度として反対側180度方向から計測した値(ランチャセット状態を想定した値)を第1表に、また4方向(0°,90°,180°,270°)から

第1表 180度方向視機体先端の倒れ

号機	機体の倒れ	機体の倒れ角
M-3C-1	3.0 mm	0.15/1000 rad
M-3C-2	1.3 mm	0.06/1000 rad
M-3C-3	2.4 mm	0.12/1000 rad
M-3H-1	1.5 mm	0.06/1000 rad
M-3H-2	8.2 mm	0.35/1000 rad
M-3H-3	3.6 mm	0.15/1000 rad
M-3C-4	0.4 mm	0.02/1000 rad
M-3S-1	3.6 mm	0.15/1000 rad
M-3S-2	3.2 mm	0.14/1000 rad
M-3S-3	3.1 mm	0.13/1000 rad
M-3S-4	3.0 mm	0.13/1000 rad

第2表 4方向視計測値最大比較(機体先端)

号機	倒れ方向	機体の倒れ	機体の倒れ角
M-3C-1	90°	4.4 mm	0.22/1000 rad
M-3C-2	270°	3.5 mm	0.18/1000 rad
M-3C-3	90°	5.6 mm	0.28/1000 rad
M-3H-1	90°	7.3 mm	0.31/1000 rad
M-3H-2	180°	8.2 mm	0.35/1000 rad
M-3H-3	270°	14.2 mm	0.60/1000 rad
M-3C-4	0°	4.5 mm	0.22/1000 rad
M-3S-1	0°	4.2 mm	0.21/1000 rad
M-3S-2	270°	4.2 mm	0.18/1000 rad
M-3S-3	90°	4.2 mm	0.18/1000 rad
M-3S-4	0°	3.3 mm	0.14/1000 rad



第3図 計測分割図 (M-S型ロケット)

第3表 M-22モータノズル部比較

項目	修正面	号機			
		M-3S-1	M-3S-2	M-3S-3	M-3S-4
アンバランス量 (角度)	第1	2.57 kg-m (354°)	0.94 (330)	1.16 (308)	0.67 (315)
	第2	0.26 kg-m (310°)	2.10 (0)	1.79 (330)	0.91 (325)
補正量 (角度)	第1	4.12 kg (2°)	3.0 (0)	1.95 (310)	0.975 (309)
		0.132 kg (325°)	0.78 (270)	0.375 (345)	
	第2	0.175 kg (185°)	0.96 (90)	0.365 (20)	1.465 (324)
		0.875 kg (295°)	0.29 (109)	3.20 (330)	
補正後 残量	第1	3.5 g-m (180°)	9.7 (0)	9.8 (40)	18.7 (330)
	第2	3.5 g-m (70°)	8.7 (275)	9.8 (160)	33.1 (150)
計測位置	l_1 (mm)	266	266	266	334
	l_2 (mm)	347	347	347	279
	R (mm)	578	604	578	608
報告書 No.		641-R-54-122	641-R-55-125	641-R-57-107	641-R-58-170

○角度は上方矢視ランチャ位置基準時計廻りを示す。
 ○SJ装置 M-3S-3より過酸化水素 → ヒドラジン。

第4表 第2段計器部比較

項目	号機 修正面	M-3S-1		M-3S-2		M-3S-3		M-3S-4	
		補正量 (角度)	第1	4.60 kg 0.16 kg	(206°) (340°)	0.57 4.32	(135) (222)	3.48 1.00	(199) (245)
第2	3.12 kg 0.45 kg 0.054 kg		(150°) (215°) (174°)	0.39 2.94	(116) (145)	4.72	(142)	4.76	(168)
補正後 (残量)	第1	6.84 gr-m	(100°)	2.74	(275)	2.74	(120)	8.89	(335)
	第2	5.58 gr-m	(355°)	7.87	(50)	6.43	(265)	9.18	(165)

○角度は上方矢視ランチャ位置基準時計廻りを示す。

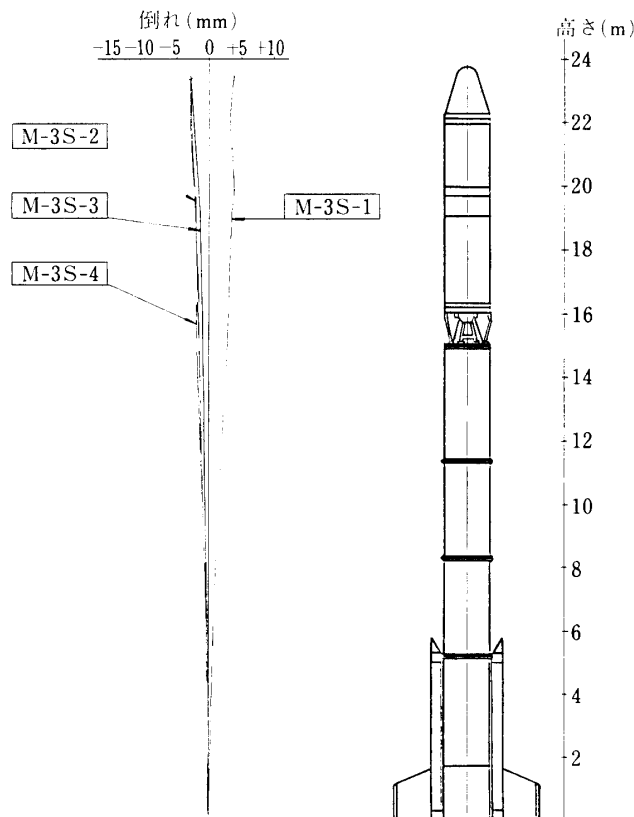
○出典：小野田研究室。

第5表 M-3Aモータ部比較

項目	号機 修正面	M-3S-1		M-3S-2		M-3S-3		M-3S-4	
		PPナシ アンバランス量 (角度)	第1	44.08 gr-m	(213°)	120.64	(348)	58	(88)
第2	113.68 gr-m		(358°)	197.2	(166)	81.2	(360)	232	(170)
PPアリ アンバランス量 (角度)	第1	204.16 gr-m	(3°)	53.36	(88)	167.04	(68)	343.36	(199)
	第2	320.16 gr-m	(328°)	204.16	(156)	222.72	(172)	491.84	(166)
補正量 (角度)	第1	360 gr	(18°)	74	(268)	292	(240)	310	(16)
	第2	704 gr	(328°)	456	(328)	420	(345)	780	(348)
補正後残量	第1	2.3 gr-m	(250°)	0	(—)	5.568	(35)	169.36	(219)
	第2	6.5 gr-m	(290°)	1.856	(70)	0	(—)	122.96	(149)
報告書 No.	PPナシ	626-H-54-042		626-H-55-049		626-H-57-048		626-Y-58-036	
	PPアリ	626-H-54-065		626-H-55-065		626-H-57-077		626-Y-58-048	
備	チャバ	チタン合金(β 機) 3t		$\leftarrow(\alpha+\beta)$ 機) 2.3t		\leftarrow		\leftarrow	
	推進薬	BP-20B		\leftarrow		\leftarrow		BP-27B	
	点火モータ推薬	IP-1		IP-2		\leftarrow		\leftarrow	
考	ノズルFRPライナ	低圧成型		\leftarrow		加圧成型		\leftarrow	
	スロート径・出口径	108 mm, 696 mm		\leftarrow		\leftarrow		104 mm, 688.3 mm	

○角度は上方矢視ランチャ位置基準時計廻りを示す。

○* 4号機は推薬ローディング前・後のアンバランス量の1/2をベクトル合成した量を修正したことにより、補正後残留アンバランス量が増大した。



第4図 M-3S-1,2,3,4各号機アライメント比較図
(ランチャを垂直とした時の180度計測値)

の計測値で最も大きかった倒れを第2表に、但し全段結合のデータは分割して計測したデータを補正計算している為その誤差が入っているし、ターンテーブルの倒れをグラフから推定する際にも誤差が生じる。並びにそのターンテーブルの倒れをランチャブームと想定した際にも誤差が含まれるので、データの解釈に当ってはそれらを考慮する必要がある。第4図はM-3S-1~4号機の分割計測値のデータをグラフ化した比較図である。

なおM-3S-3号機までKSCに於いて全段結合後のアライメント計測を行ない東京に於ける仮組立時のアライメントデータと比較し組立の再現性を確認していたが再現性が充分得られていることからM-3S-4号機以降KSCに於けるアライメント計測を省略しオペレーションの日程短縮を図った。

2-3 ダイナミックバランス測定

ロケットのダイナミックバランスは機体の飛翔安定を保つ為に必要であり、より高いバランス精度が要求される。これは第3段モータ点火前の衛星打出し方向設定時に約2 Hzのスピンを与えて安定を保つ必要上、第2段ノズルから第3段モータまでのダイナミックアンバランスを補正することを目的として行なうものである。第3表はM-22モータ、ノズル部、第4表は第2段計器部、第5表はM-3Aモータ部の号機別比較である。

2-4 計器噛合せ試験

各塔載機器の単体チェック後、各塔載機器を電氣的に接続しその動作機能確認の為、動作試験、環境試験を実施すると共に KSC に於ける各動作試験手順を確立する。

1) 計器動作試験

機器単体として性能が確認された塔載機器を電氣的に相互接続し塔載機器の入出力が正常であることを確認する。

2) 組込後の動作試験、タイマ動作試験

各計器を計器部に飛翔時と同じ状態に組込み、塔載機器相互の入出力が正常で、塔載機器の測定機能、指令機能が所定の時刻に動作することを確認する。

3) 振動衝撃試験

ロケット飛翔中の環境を想定した振動、衝撃を負荷した状態で塔載機器が正常に動作することを確認する。

4) スピнтаイマ試験

ロケット飛翔中のスピン環境を想定したスピン状態で塔載機器が正常に動作することを確認する。

5) CN 系総合動作試験

ロケット飛翔中の姿勢を想定したプログラムにより塔載電気系と姿勢制御系が正常に動作することを確認する。

6) 総合動作試験

実験衛星を組付け、塔載系及び地上系機器が正常に動作することを確認する。

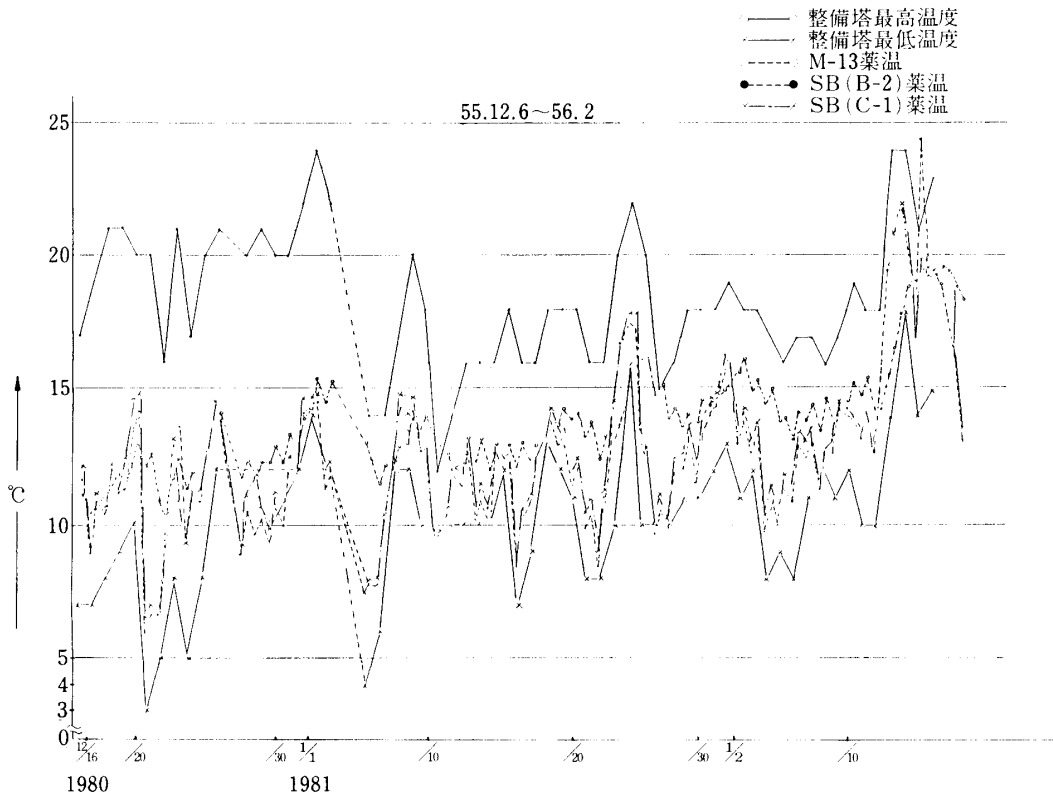
3. 発射整備作業

KSC における発射整備作業は、M-3 H 型ロケットまでに確立された方法を基本に計画され実施された。すなわち M-3 S 型ロケットでは第 1 段姿勢制御装置の塔載に伴い、主に姿勢制御装置と塔載電気系の機能を確認することを目的として総合オペレーションを新設し発射整備作業を消化した。

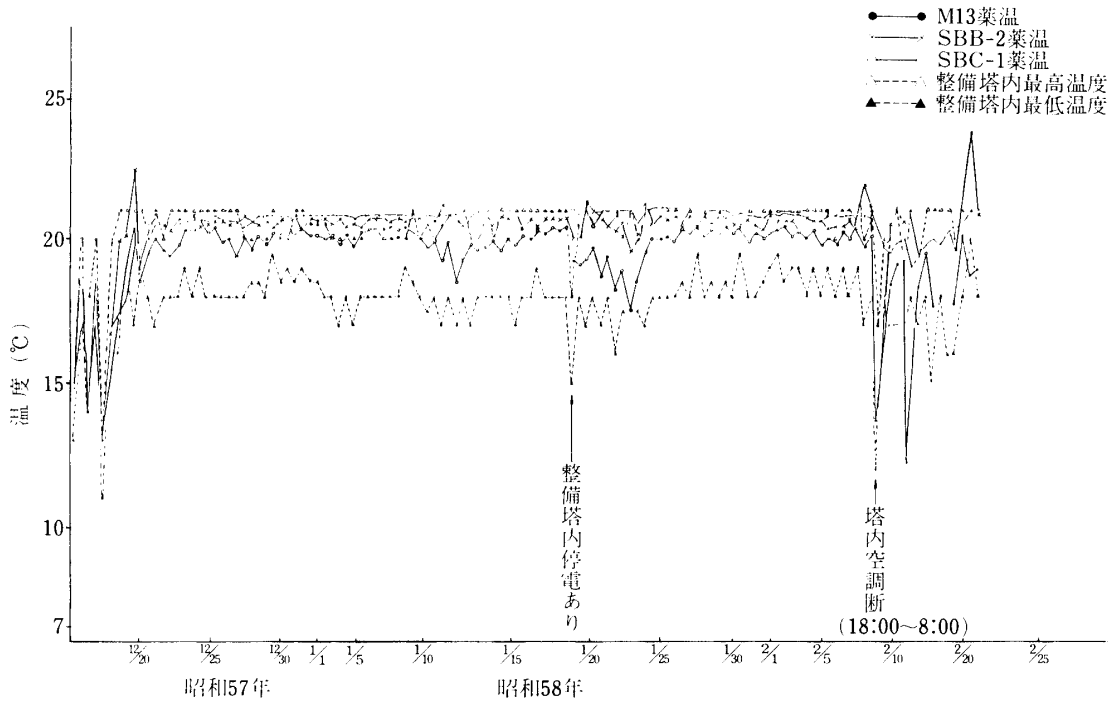
3-1 発射整備作業

発射整備作業は大きく分けると 4 つのオペレーションになる。支援設備の動作機能を目的とした地上系オペレーション、姿勢制御装置と塔載電気系の動作機能チェックを目的とした総合オペレーション、全段組立状態（衛星のみダミー）での塔載系、地上系の動作機能チェックを目的とした組立オペレーション、そして実機衛星を使用した最終整備作業であるフライトオペレーションである。その他組立オペレーション全段組立チェック後、分解され組立室に保管された頭胴部と整備塔に組立状態で保管された SB と第 1 および第 2 段モータについてはフライトオペレーションまでの期間に保守点検作業を行い、特にモータ推進薬系の保管温度による推進薬内孔寸法変化をモニタしている。各オペレーションはフライトに至るまでの一連の系統的作業であり、M-3 H 型ロケットを基本として、M-3 S-1 号機でその性格付けと方法が確立されたものと思われる。

M-3 S-3 号機では発射装置（ランチャ等）の更新に伴い一連のオペレーション実施に先

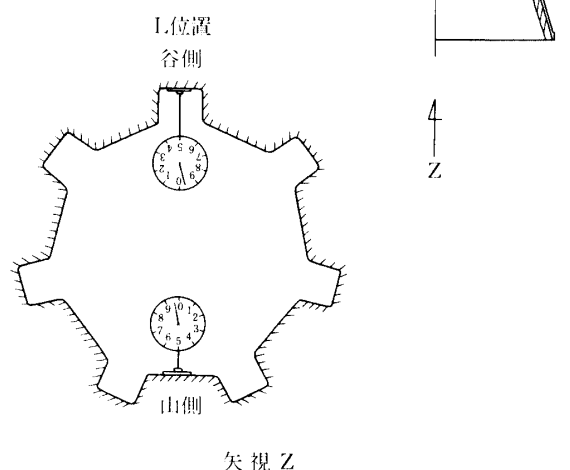


第5図 M-3 S-2 葉温測定



第6図 M-3 S-3 整備塔内および推葉温度記録

1. 測定器(ダイヤルゲージ)設置高さは推薬端面より約50mmの高さである。
2. 円周位置は、下図に示す様に山側谷側各1ヶ所とする。
3. 測定子が推薬にめり込むのを防止する為に測定子と推薬間に厚さ4mm大きさ40°のアクリル板をおいた。
4. セット時の内孔径：626.3mm



第7図 M-13 MOTOR 内孔測定位置図

立ち、外観形状・重量が実機と同じダミーロケットを使用しランチャオペレーションが実施された。新発射装置はロケット組立作業およびロケットと発射装置のインターフェイスが大幅に変更されたが整備塔各部において従来の経験を基に改善が施され、発射整備作業を円滑に遂行することができた。

3-2 保守点検

保守点検は組立オペレーション全段組立チェック後、組立室に保管された頭胴部と整備塔に組立状態で保管されたSBと第1段および第2段モータについて実施した。特に整備塔に保管された第1段モータの保管温度による推進薬内孔寸法変化をモニタしている。M-3Sロケット打上げはいずれも2月であり、従って冬期の保守点検となった。各号機の保守点検記録の内、M-3S-2号機および3号機のM-13モータ内孔測定記録を第5、6図に第7図に測定位置図を示す。測定記録より温度に対する内孔寸法変化状況が解るが、3号機は2号に比べ著しく変化が少ない、これは先に述べた通り3号機は発射装置更新に伴い整備塔内保管環境が改善された結果M-13モータ推進薬保管温度が安定していた為である。

3-3 今後の展望

M ロケットシリーズの開発は科学衛星打上げを目的として、M-4S型、M-3C型、M-3H型、M-3S型と制御能力と性能の向上を図り、3段式固体ロケットを完成しM計画初期の開発目標を達成した。今後はM-3S型を改良し中型科学衛星あるいは惑星探査機打上げ用としての第2期のMロケットともいふべきM-3S II型ロケットを開発することになる。M-3S II型ロケットはM-3S型ロケットと比較し第1段モータが同じである以外はすべて新開発になる機体で総重量62トン、全長27.8mm、最大外径1.65mであり第1段、第2段、補助ブースタに飛行制御機能を備えた3段式固体ロケットである。ロケットが大型化し姿勢制御装置は補助ブースタの採用により発射作業もより複雑になるものと思われる。これに対処する為、M-3S型ロケット発射整備作業で得た貴重な経験を生かしより一層の作業簡略化の努力を行いたい。