

M-3H TVC装置について

秋葉 鏢二郎・東 口 實・高野 雅 弘
川島 隆*・中村 巖*・二宮 一 芳*
渡辺 良一*・島野 邦雄*・島田 比古一*
田中 健 司*

1. 概 要

M-3H型ロケットは、M-3C型ロケットと同様、第2段モータのノズル部に2次噴射推力方向制御装置 Secondary Injection Thrust Vector Control (以後TVC装置と略称する)を装備している。第1図にM-3H型ロケットの基本構成を、第2図にTVC装置およびサイド・ジェット装置を装着した第2段モータ・ノズル部の外観を示す。

2. 経 緯

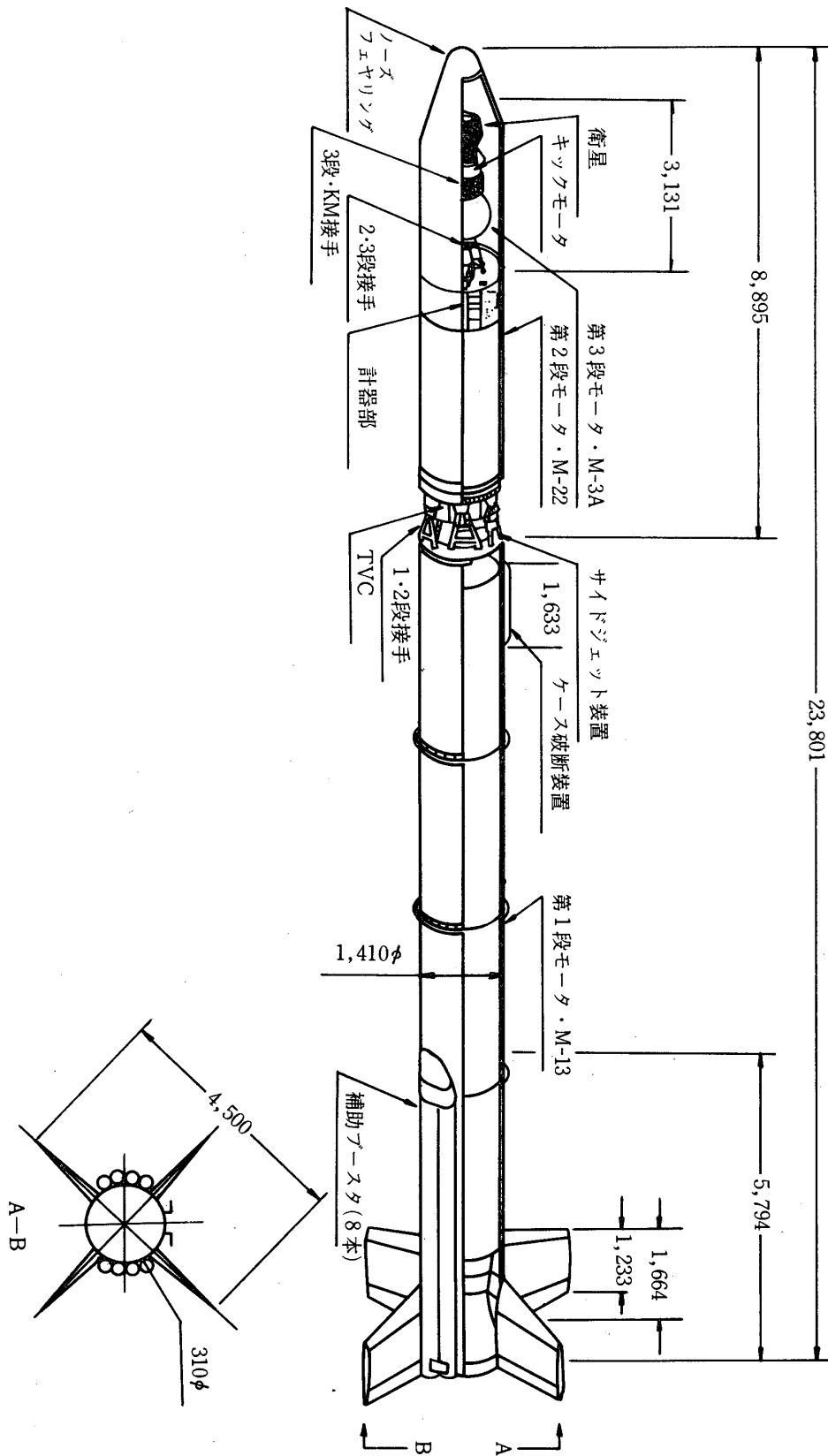
Muシリーズ初期のM-4S型ロケットの打上げ方式はいわゆる重力ターン方式で、第3段燃焼終了までは、第1段尾翼、第2段フレアによる空力安定、以後スピン安定に依存し、この間制御は行わず、第3段分離・スピン停止後、最終段下部に搭載された姿勢制御エンジン(CNJ)によって同打出し方向設定のための3軸制御を行い、整定後再びスピンを加え、CNJを切離し最終段に点火するという手順によるものであった。

次のM-3C型ロケットでは、第1段と補助ブースタを除く上段が新設計のモータに取り替えられ、機体構成も3段式に改められた。これに伴い、第2段モータのノズル部にサイドジェット装置(SJ)とTVC装置が新たに装着され、フレアは廃止された。これにより同ロケットの打上げ方式は、第2段燃焼中はSJ装置によりロール軸、TVC装置によりピッチ、ヨー軸まわりの姿勢制御が行われ、同燃焼終了後、SJ装置による3軸制御によって最終段打出し方向が設定される方式に改められた。

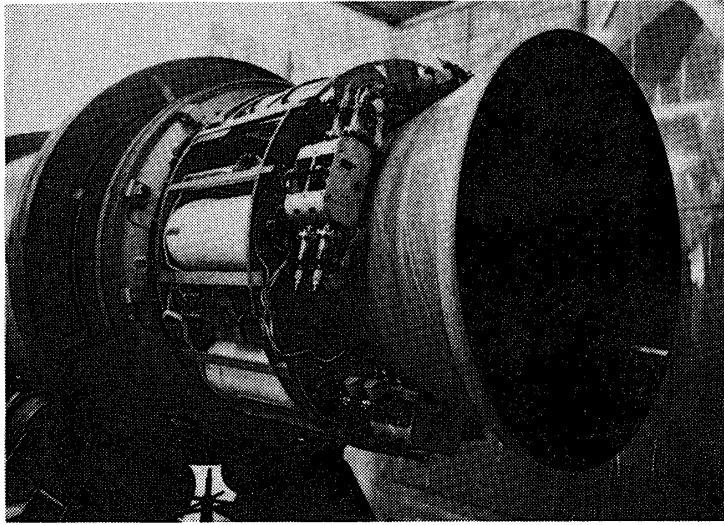
これに続くM-3H型ロケットの姿勢制御システムはM-3C型と基本的に同じで、従って第2段SJ、TVC装置も、共にM-3C型で開発、実用化されたものと同型のものが搭載されている。

さらに、M-3H型に続くM-3S型ロケットでは3C、3Hと同様の第2段姿勢制御装置に加えて、新型式の第1段姿勢制御装置が導入されることになっている。すなわち、尾翼先端に装着される固体モータロール制御装置(SMRC装置)によってロール軸制御を行い、ノズルに装着される電気-油圧式比例TVC装置によってピッチ、ヨー軸制御を行う計画である。これにより、Muロケットは、スピン安定による最終段を除く全段で、完全な姿勢制

*日産自動車株式会社



第1図 M-3H型ロケットの基本構成(3号機)

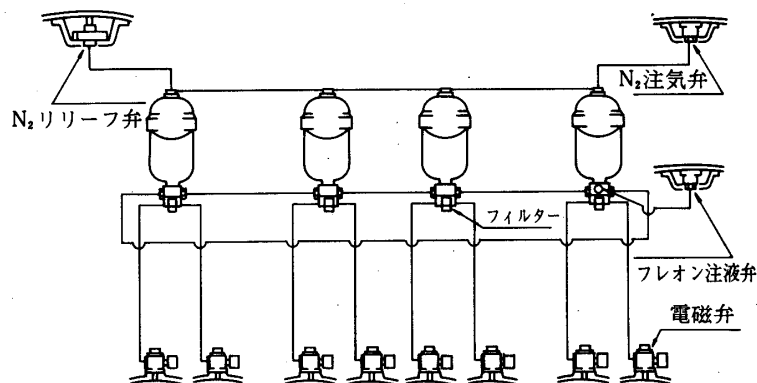


第2図 第2段モータの TVC およびサイド・ジェット装置

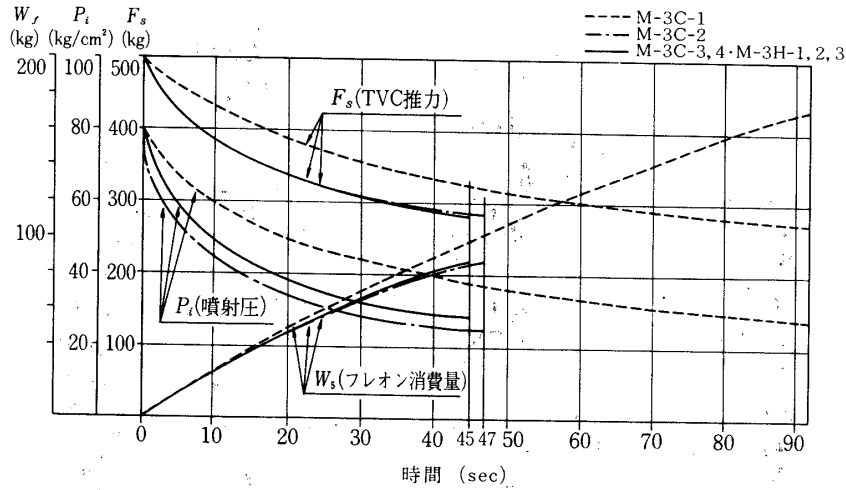
御能力を持つこととなる。

3. M-22 TVC 装置

M-3C型ロケット2, 3号機に搭載されたものと同型の機材である。同装置の基本仕様と構成要素の詳細については東京大学宇宙航空研究所報告第14巻第1号(B)観測ロケット特集号「M-3Cロケット-M-3C TVC装置について」(1978年2月)に既に記述されているので、本稿での詳しい説明は省略する。M-3H型第2段 TVC 装置の諸元および性能をまとめて第1表に示す。同装置の模式的な配管系統図を第3図に、同関連諸量の標準的な時間変化をM-3C型のそれと比較して第4図に示す。



第3図 M-3H第2段 TVC 装置の配管系統



第4図 M-3H第2段 TVC 諸量の時間変化

第1表 M-3H第2段 TVC 装置の性能諸元

1. TVC装置

噴射体 フレオン114B-2 (4弗化2臭化エタン) 初期 40.3 ℓ
 加圧ガス 窒素ガス 初期 21.6 ℓ
 タンク チタン合金製 4 箇
 噴射弁 ON-OFF 電磁弁, 円周 8 ケ等分

2. 重量

全重量 196.3 kg (電気系重量含まず)
 構造重量 108.7 kg (熱シールドパネル 14 kg)
 噴射体重量 87.6 kg
 電気系重量 20.8 kg

3. 性能

	初期	末期
噴射体押圧	80 kg / cm ²	27 kg / cm ²
噴射流量	2.5 kg / s	1.4 kg / s
横推力	500 kg (主推力の約 1.5%)	280 kg (主推力の約 0.75%)
噴射時間	約 45 sec (1 象限連続換算)	
噴射位置	$\epsilon_i / \epsilon_e = 6.88 / 21.98 = 0.313$ ϵ_i : 噴射位置開口比 ϵ_e : ノズル出口開口比	

4. 機能部品

電磁弁 MOOG 55-102 E 型
 圧力ピックアップ 歪ゲージ型圧力ピックアップ
 圧力計測点 2 (連続1, スキャン1)

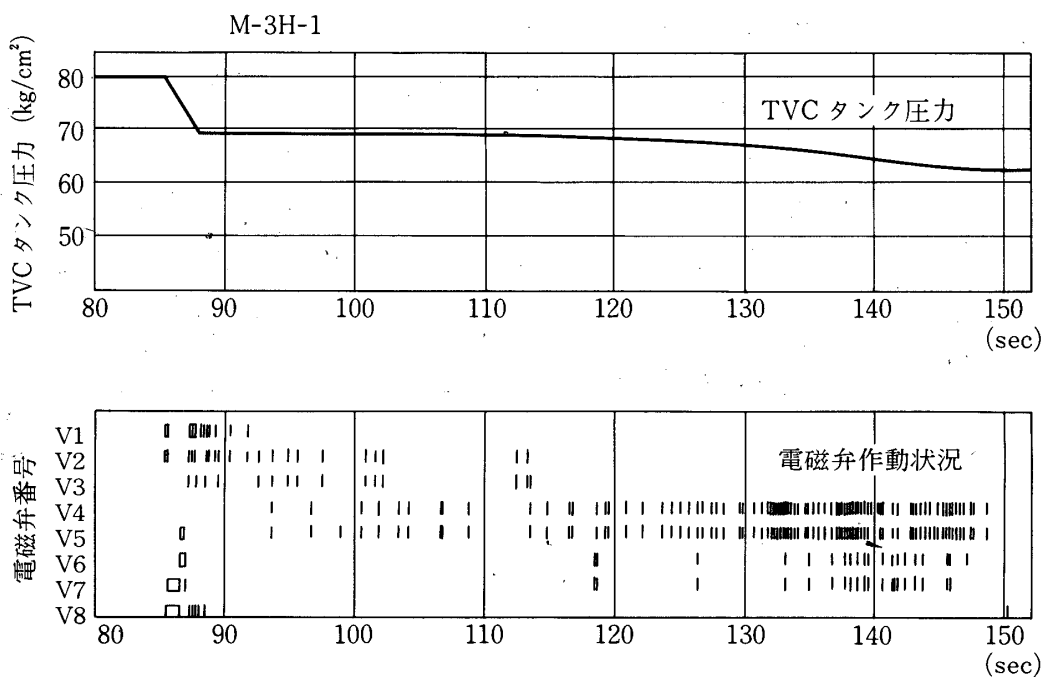
3. 飛翔結果

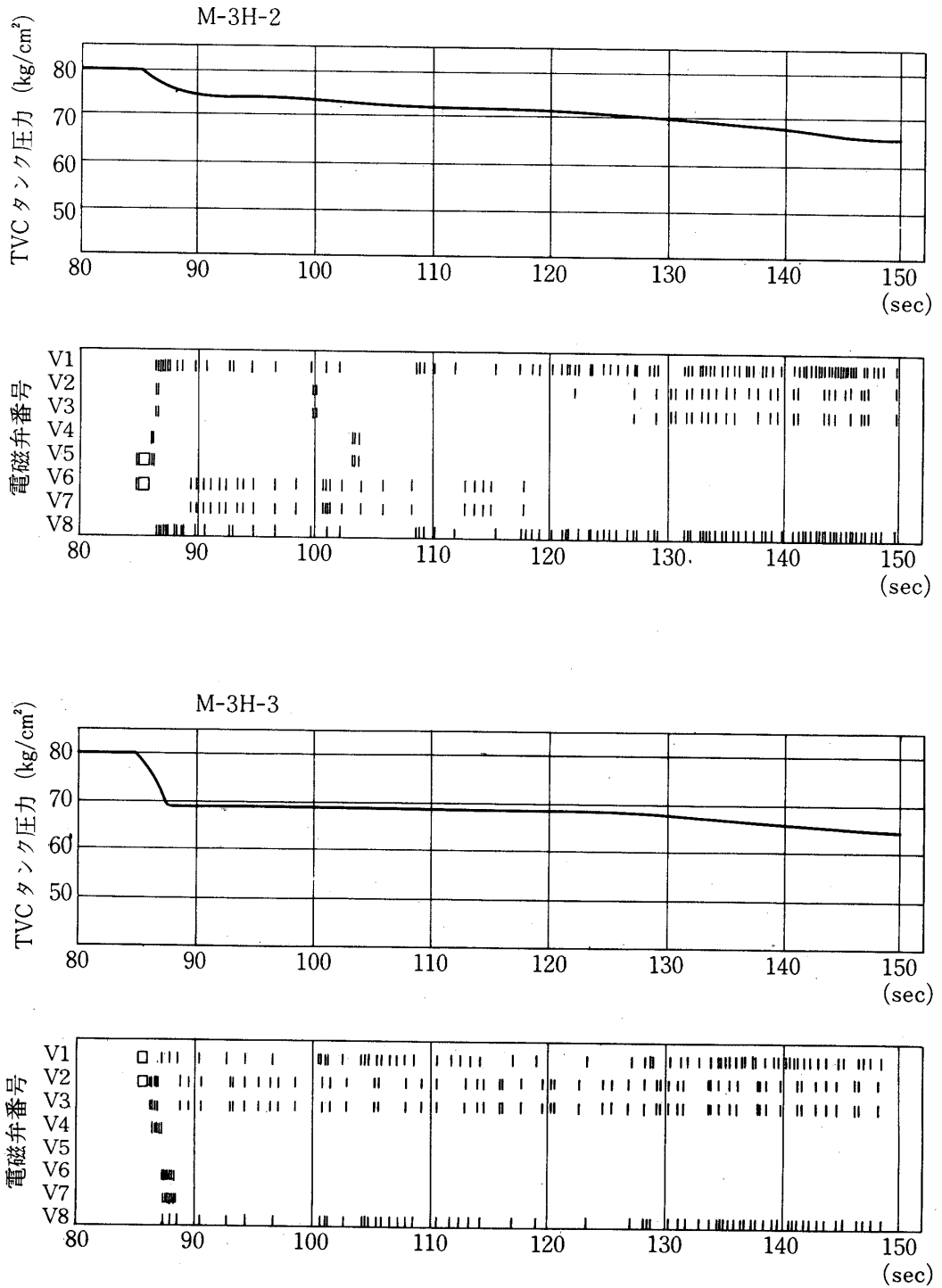
M-3H-1, 2, 3号機共, TVC装置はCNEの指令に従い, 計画通りX+85秒からX+150秒まで正常に作動した. その間, テレメータによるTVC関連諸量の計測も完全に行われ, 有意義なデータが得られた.

第5図に, テレメータによってモニタされた, 各飛翔号機の電磁弁作動状況を, TVCタンク圧力と併せて示す. 第2表に各飛翔号機でのフロン消費量を示す. 同表中に示す数値は, TVCタンク圧力計測値から, 地上でのタンク圧力-フロン消費量曲線を基に算出したものである.

第2表 M-3H第2段TVCフロン消費量

号機	1号機			2号機			3号機		
	X+秒時(sec)	TVC開始	第2段点火	TVC停止	TVC開始	第2段点火	TVC停止	TVC開始	第2段点火
X+秒時(sec)	85.6	86.6	150.7	85.1	86.3	150.0	85.3	86.3	150.0
タンク圧力 (kg/cm ²)	80.2	74.3	62.1	80.2	78.0	65.1	80.0	76.0	64.0
フロン消費量(ℓ) (%)	0	1.7 [4.3]	5.6 [14.0]	0	0.8 [2.1]	5.0 [13.1]	0	1.2 [3.0]	5.2 [12.9]





第5図 M-3H第2段 TVC 電磁弁作動状況

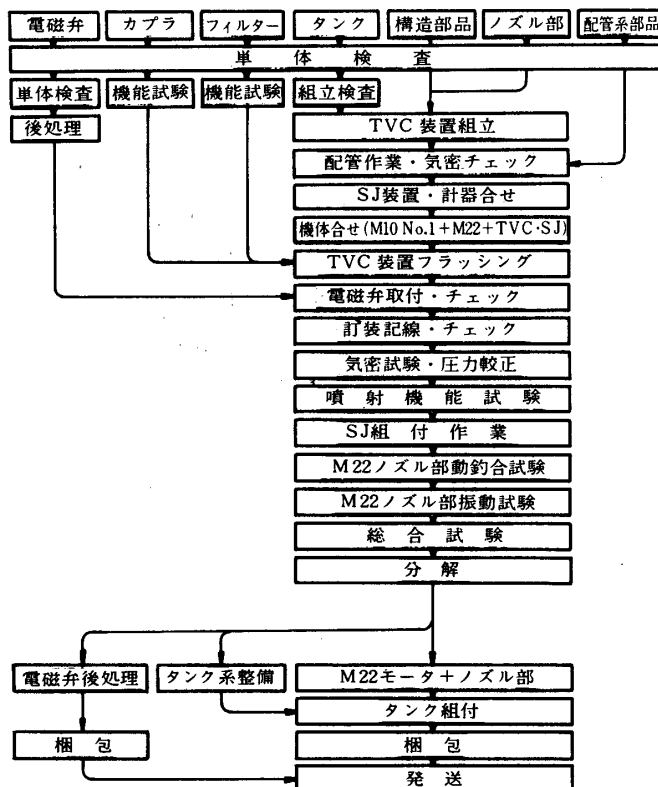
5. 打上げまでの整備作業手順と機能確認試験

5.1 発送前の作業と試験

KSCへの発送前における整備作業の手順と機能試験の項目および規格は、M-3C型の開発・実用化の段階で確立され、前に引用した文献[1]で詳しく記述されている。ここでは、これを踏襲しているM-3H型TVC装置の同種作業・試験の流れ図を第6図に、機能確認試験の項目とその概要を第3表に示すにとどめる。

5.2 KSCでの作業と試験

KSC搬入後の整備作業および機能試験についても、M-3C型で確立されたものを基本的には踏襲しているが、M-3H-2号機以降、同作業・試験の冗長部分の省略によって、KSC現地における作業量、人員および日程の削減を図った。まず、2号機では、組立オペ後第1段モータおよび補助ブースタは分解せず、そのまま整備搭内に保管してフライト・オペに臨んだ。TVC装置についても、組立オペ後M-22モータに装着したままの状態では、第1段モータ、補助ブースタだけでなく、TVC、SJ装置を装着した第2段モータま

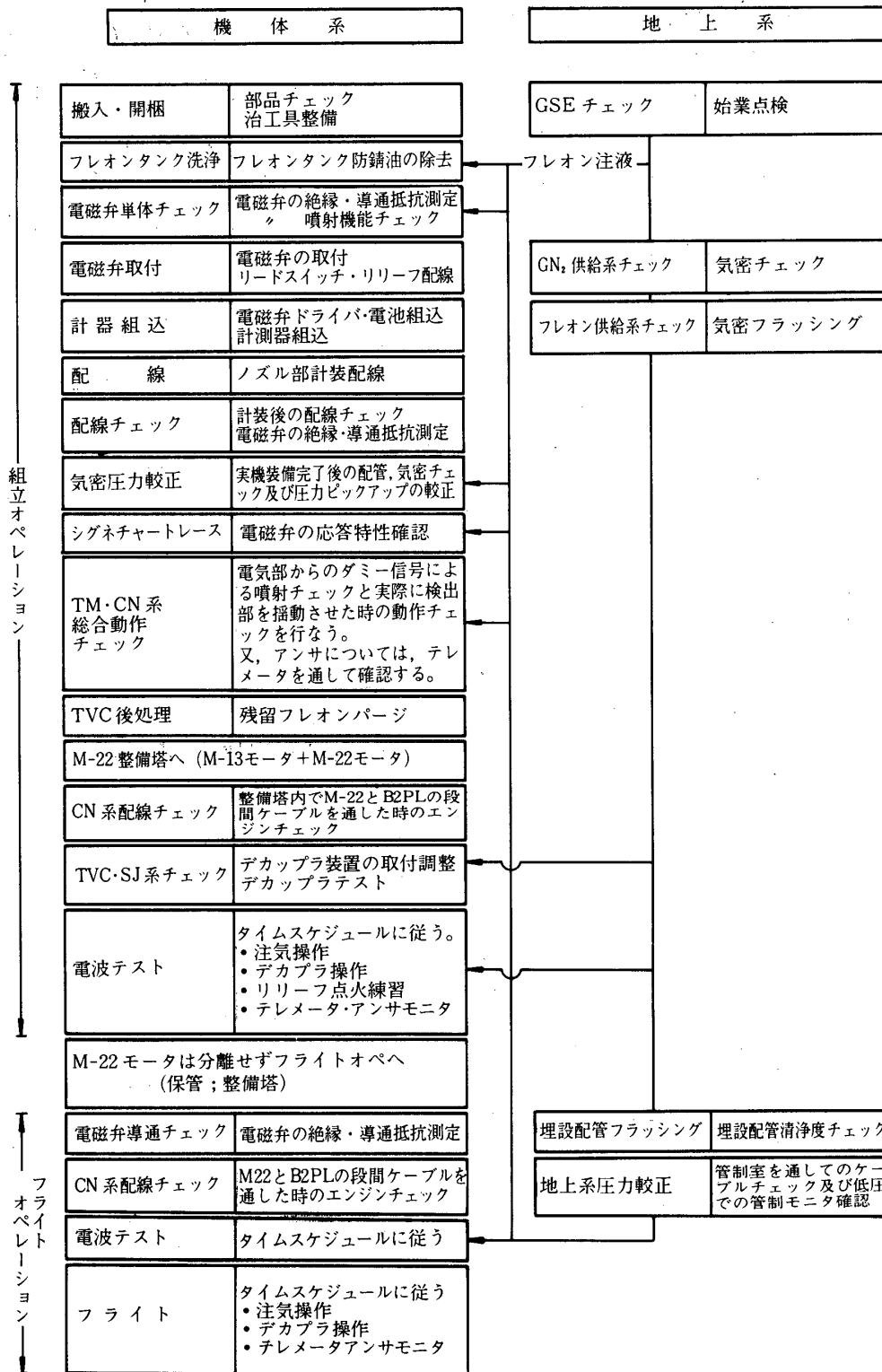


第6図 発送前作業流れ図

第3表 発送前機能確認試験

試験項目	試験概要
噴射弁単体試験	弁単体での噴射流量特性および最低作動圧特性の把握
気密圧力較正	M-22ノズル部にTVC装置を組付けた状態で気密試験および搭載計器を通して圧力較正を行い、異常のないことを確認
噴射機能試験	M-22ノズル部にTVC装置を組付けた状態で実機実装状態での噴射流量特性（静特性試験）1象限（弁2個）連続噴射特性（動特性試験）、およびリリーフ弁排気特性について試験し、各特性共適正であることを確認
動釣合試験	M-22ノズル部にTVC装置、SJ装置および電気系を搭載した状態で不釣合量を計測しB ₂ PL部不釣合量と計算により合成し補正重量を取付け確認
振動試験	M-22ノズル部にTVC（フロン100%充填）SJ装置、制御系および計測系電装品を組付けた状態で振動特性を把握すると共に装置に異常のないことを確認
計器噛合せ 総合試験	CNEからのダミー信号により噴射弁を作動させ、その間の配線の正常であることの確認とTMを通した計測系に異常のないことを確認

でを組立てた状態で組立オペからフライト・オペまでの1.5か月間整備塔内に保管し、分解再組立とそれに付随する関連作業および試験を省略した。すなわち、M-3H-3号機以後のMuロケットでは、TVC装置の発射体制は、注液・注気作業を除いて、組立オペのCN系総合動作試験で早くも完成されることとなった。第7図に、3号機での組立オペからフライト・オペに至る期間のKSC現地におけるTVC装置整備作業流れ図を示す。



第7図 TVC 発射整備作業流れ図

6. 結論—今後の課題

Mu ロケットの第2段TVC装置は、多くの改良を重ねて完成され、M-3C型およびM-3H型ロケットの打上げによってその機能が確認されると共に、高い信頼性が実証された。M-3Hに続くM-3S型ロケットの第2段TVC装置にも基本的に同一の機材が使用されるが、これまでの打上げ時の噴射体消費実績を考慮して噴射体の搭載量を半減すると共に、国産の噴射弁を初めて使用する予定である。さらに、M-3S型では第1段姿勢制御装置が加わるため、その発射整備作業はより複雑、大掛かりなものになると予想される。これに対処するため、地上支援設備の拡充と整備作業の手順の見直しと改善の努力が進められている。

1979年12月7日 新設部(工学)

参 考 文 献

- [1] 東京大学宇宙航空研究所報告 第14巻第1号(B) 観測ロケット特集号「M-3Cロケット」
1978年2月。
- [2] SES-TN-76-020-SY, M-3H-1号機実験報告書。
- [3] SES-TN-76-022-SY, M-3H用地上設備概要。
- [4] SES-TN-77-002-SY, M-3H-1号機実験報告書。
- [5] SES-TN-77-012-SY, M-3H-1号機実験報告書。
- [6] SES-TN-77-026-SY, M-3H-2号機実験計画書。
- [7] SES-TN-78-001-SY, M-3H-2/EXOS-A号機実験報告書。
- [8] SES-TN-78-005-SY, M-3H-3号機実験計画書。
- [9] SES-TN-78-025-SY, M-3H-3/EXOS-B号機実験報告書。