

M型ロケット発射装置について

橋元 保雄・中田 篤・市田 和夫
池田 光之・平山 昇司・平田 安弘

(1985年12月20日受理)

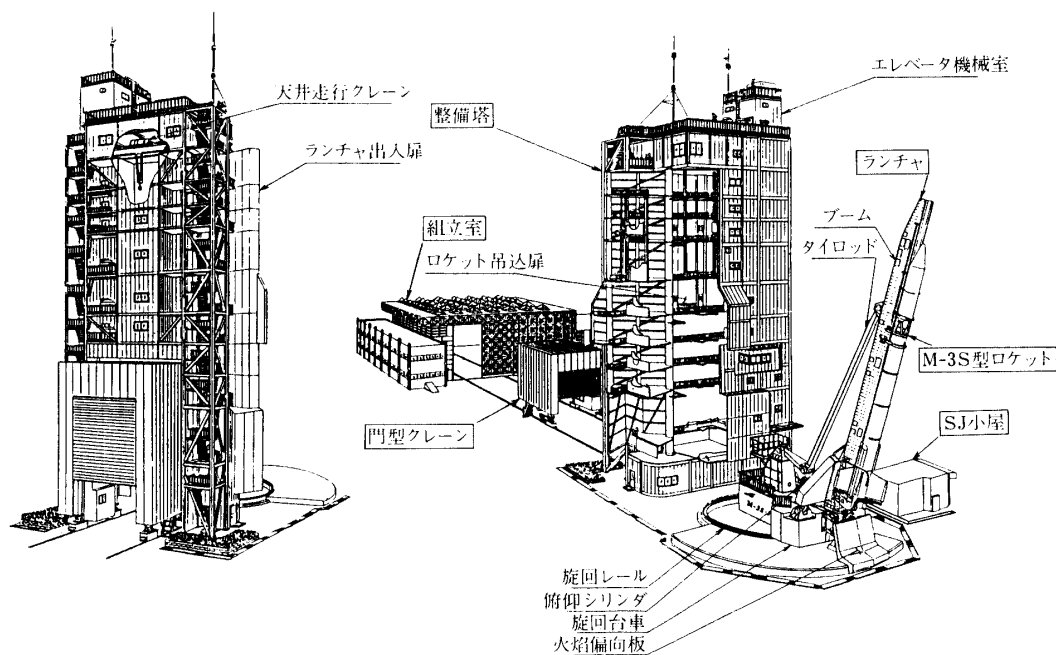
M-3S型ロケットの1・2号機は、旧発射装置から発射され、3・4号機は昭和57年8月に旧発射装置の跡地に建設された新発射装置で打上げを行った。

新発射装置の詳細については既に報告してあるので[1]、本報告では運用と実験結果について述べる。

1. 概 要

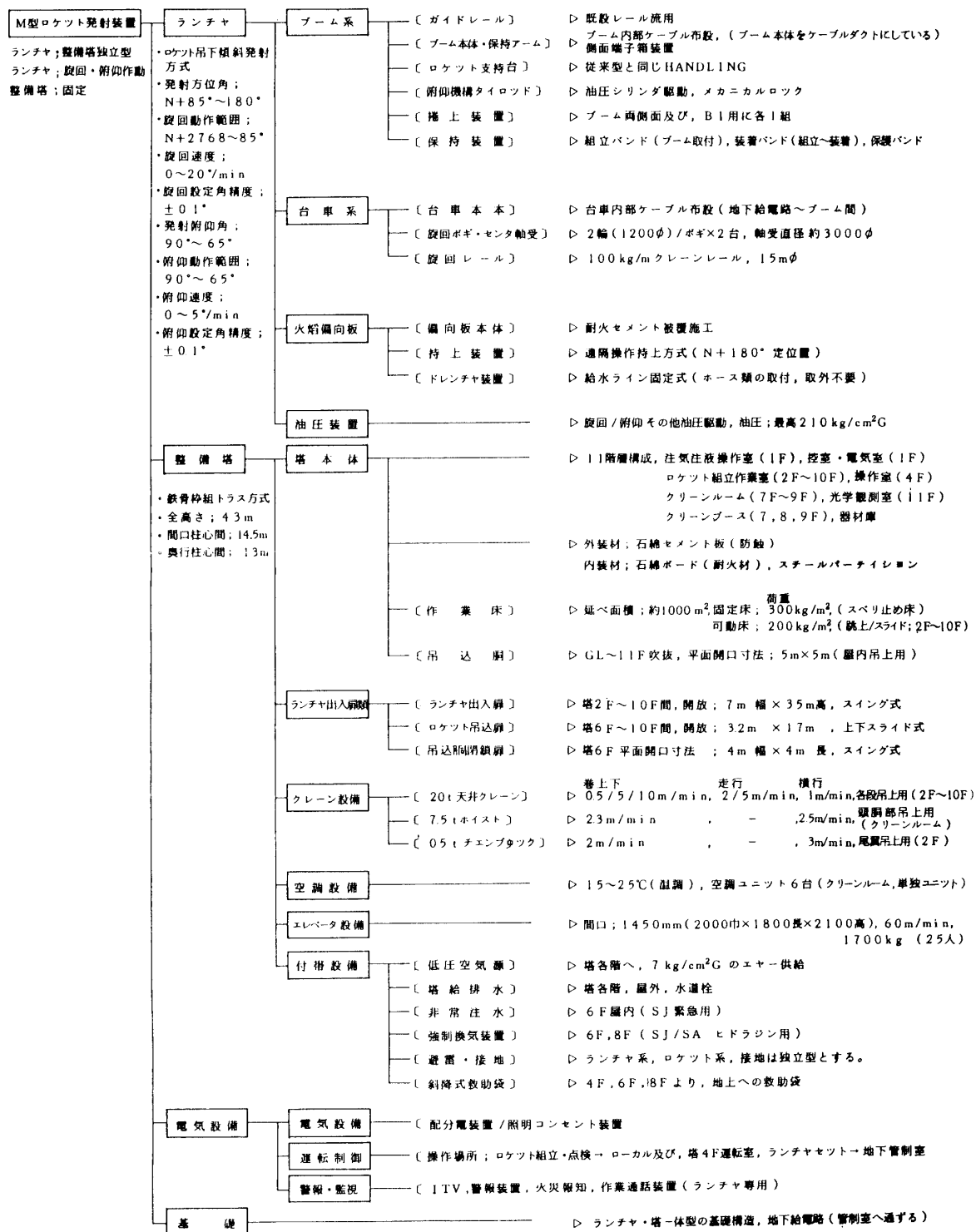
ミュー・ロケット用発射装置は大別して第1図に示すようにランチャと整備塔で構成される。

ランチャは、傾斜発射ガイドレール方式とし、基本的な動作として、旋回および俯仰機能を有するものとし、ブーム系、台車系、火焰偏向板および油圧装置等で構成している。



第1図 M型ロケット発射装置

第1表 M型ロケット発射装置構成および主要要目表



整備塔は固定式で、ランチャの旋回終端位置に設置して、発射方位位置にあるロケットと所要の保有距離を保つものとしている。また塔内にランチャのブーム系を格納してランチャ上にロケット各段を第1段より順次垂直に組立・点検・調整できる構造とし、整備塔本体、可動作業床、ランチャ出入扉、クレーン設備、エレベータ設備、空調装置および付帯設備等で構成している。

整備塔内で発射前の点検を終えたロケットはランチャブーム系に垂直状態で装着され、ランチャの整備塔外へのせり出し、発射方位角設定および発射俯仰角設定操作を地下管制室から行ない発射姿勢を確保するようになっている。

第2表 新旧発射装置の比較表 主要項目の比較

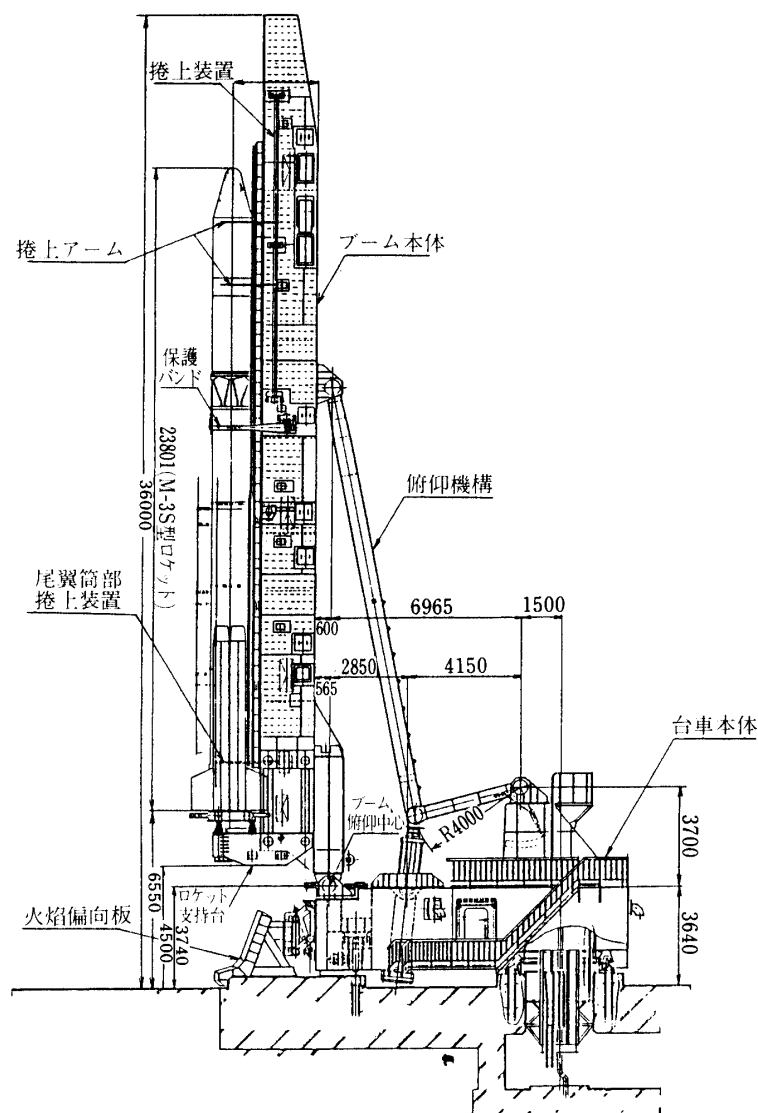
	新 ラ ン チ ャ	旧 ラ ン チ ャ
1. 型 式	ランチャ，整備塔独立型	ランチャ，整備塔一体型
2. 基本動作	ランチャ旋回⇒ランチャ俯仰 (基本動作が削減されたため，操 作性が良く，作動タイムスケジュー ルが短縮される。)	整備塔アンカ開放⇒整備塔旋回⇒ラン チャ走行⇒ランチャ俯仰
3. 主構成要 素	ランチャ ブーム，旋回台車 整備塔 本体	ランチャ ブーム，走行台車 整備塔 本体，アンカ装置，旋回台車
4. 整備塔 概略規模	W L H 概略寸法 (m) : 14×8×41 床面積 (延) : 930m ²	W L H 概略寸法 (m) : 10×8.75×36 床面積 (延) : 400m ²
5. ケーブル 供給の処理 性	ランチャ旋回 旋回中心下の地下室からケーブルを立 上げケーブルの自由度により旋回に対 応する方式 (処理性良) ランチャ俯仰 台車内のダクトより保持アームの俯仰 中心部ダクトに接続するため，ケーブ ルの露出部がない。 整備塔 地下室からの立上げによる方式。 (固定につき処理は簡単) の立上げによる方式。	ランチャ走行 重垂を使用して，ケーブルを伸縮させ る方式 (ケーブルが露出して重垂によりケ ーブルが損傷され易い。 ランチャ俯仰 台車より保持アームの俯仰中心部分を 通しているため露出しており，ロケッ ト発射の火焰による損傷をうけ易い。 整備塔旋回 台車内のダクトより保持アームの俯仰 中心部ダクトに接続するため，ケーブ ルの露出部がない。 (処理性良)
6. ロケット 発射時の整 備塔に対す る影響	ランチャ整備塔が独立のため，発射時 ロケットから整備塔への火焰の影響が ほとんどない。	ランチャ整備塔が一体型のため，発射 時整備塔に与える火焰の影響が大きい

新発射装置の構成および要目を第1表に、新・旧発射装置の比較を第2表に示す。
新発射装置の特長を以下に列記する。

- (1) ランチャは、旋回・俯仰作動方式とし、整備塔は固定方式としている。
- (2) ランチャの台車およびブーム本体をロケットへのケーブルおよび配管類の供給ダクトとして利用し、ロケット打上げ時の火焰による損傷等を受けないよう露出部を皆無とした。
- (3) ランチャの方位角設定（台車旋回）作動により、打上げ時ロケットと整備塔の保有距離を十分に確保した。
- (4) 火焰偏向板をランチャにより自動的に持ち上げ、発射位置に装着セットさせる方式としている。
- (5) ランチャ各部の作動に全油圧駆動方式を採用している。
- (6) 整備塔内へのランチャの格納部は必要最小限のランチャ・ブーム系のみとし、塔内スペースを有効に活用するものとしている。
- (7) ランチャの方位角・俯仰角設定作動を遠隔自動操作方式としている。
- (8) ロケットの塔内への吊込作業用として吊込胴部を設け、吊込時に風雨の影響を受けないものとした。

第3表 ランチャ諸元表

発射方式	ロケット吊下傾斜発射方式
ランチャ形式	旋回・俯仰作動方式
高さ	約36m
幅	約9m
長さ	約15m
重量	約300ton
ガイドレール長さ	前後部とも各10m（有効長）
発射上下角範囲	65°～90°
俯仰範囲	90°～64.5°
俯仰速度	0～5°/min（プログラム制御）
俯仰角設定精度	±0.1°
発射方位角範囲	N 85°～N 180°
旋回範囲	N 276.8°～N 85°（N 180°を含む）
旋回速度	0～20°/min（プログラム制御）
方位角設定精度	±0.1°
旋回レール形式	1条式100kg/m クレーンレール
旋回レール曲率半径	7500mm
旋回レール上面精度	1/5000, 2mm/全周



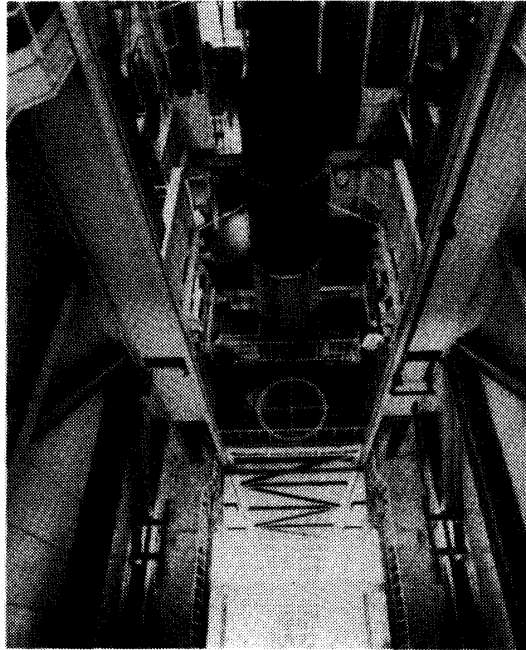
第 2 図 ランチャ全体図

- (9) ランチャおよび整備塔に対し一体型の強固な基礎構造を有し、共同溝を介して地下管制室へ通ずる地下給電路を設けている。

2. ラ ン チ ャ

ランチャは整備塔と独立しているが、通常はランチャブーム系を塔内に垂直状態で格納している。

ランチャの主な構成は台車とブームから成り、ブーム長さ 30 m で、台車に垂直に取付けられ、重量は約 300 ton である。ブーム下端のロケット支持台のリング上で全ロケットの重量を支える。



第3図 ロケット吊込胴

支持台は旧ランチャの吊下げ方式（平行リンク機構）を踏襲したが、M-3 S II型への対応を考慮し、支持台上でのロケットの組立位置をブームより 500 mm (旧は 400 mm) 離し、作業スペースの拡大を図った。ランチャの諸元を第3表に、ランチャの全体図を第2図に示す。

3. 整備 塔

塔は第1図に示すような形状の鉄骨トラス構造で内部にランチャブームとランチャ台車の一部を収納できる。階層は11階で高さ43 m、幅18 m、奥行13 mの直方体で重量は約700 tonである（第4表）。

塔は防水、耐風、密閉構造であり、その外装には長年月に亘り腐蝕に耐えるよう軽量コンクリート（アスロック材）を採用した。

塔の左右には露出階段および踊場を地上より屋上まで設け、山側には既述のように風雨のときでも門型クレーンとの組合せでロケットの搬入作業が可能のように6階から11階まで吹き抜け方式の吊込胴を設けている（第3図）。吊込胴との塔内作業室とはロケット搬入のとき以外は作業室の空調確保と保安のために高さ12 m、幅3 mのスライド式扉（ロケット吊込扉）で仕切られる。

塔の海側の左一角には2階より10階まで一体型のスイング式扉（ランチャ出入扉）を設けた。

塔の構成はロケットを組立てる部屋を主体に11階の階層になっていて、その1階には各種電源盤を設置した電気室、ロケット制御系、KE系のMDFを設置した機械室、TVC・

SJ の注気，注液操作室，作業者の控室および塔外からエレベータ，または共同溝へ通じる連絡通路等がある。

エレベータは積載重量 1700 kg (25 人乗) で，1 階より最上階の 11 階まで利用でき，エレベータ速度は 60 m/分である。2 階から 10 階まではロケットの組立作業室とし，ランチャのロケット支持台上にロケット各段を垂直に結合組立のうえ，空調状態の下で格納できる (第 4 図)。

4. 運 用

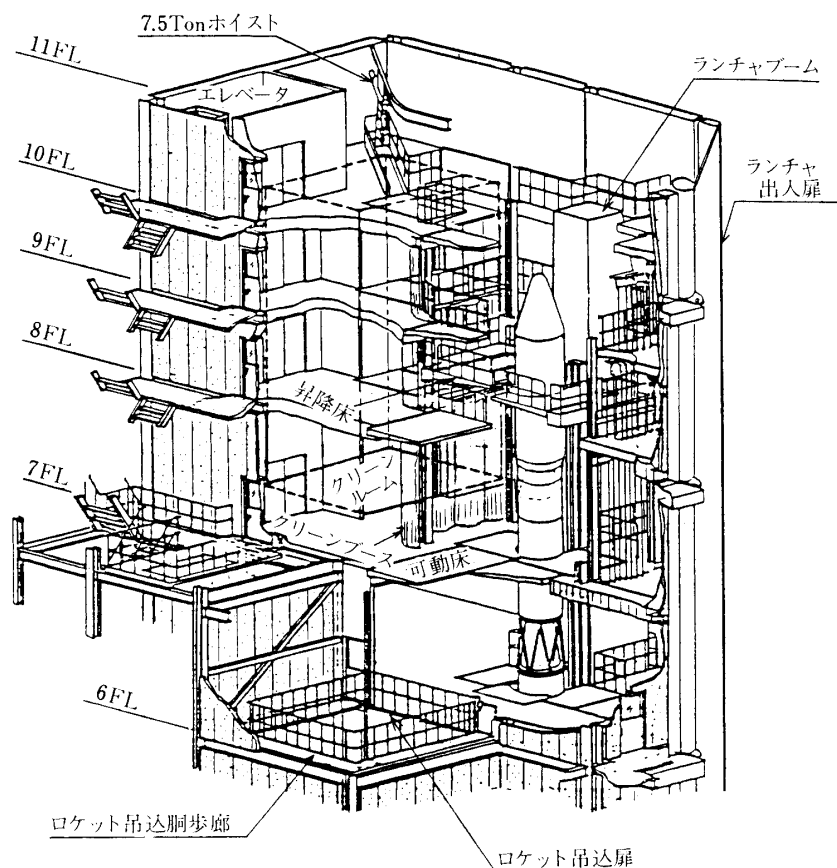
(1) ランチャオペレーションの確認

a ロケット組立：旧装置では整備塔までのロケット運搬方法を 40 ton 門型クレーンと転倒台車で行っていたが，新発射装置では補助ブースタを除き全て 30 ton 新門型クレーンのみで可能となった。

M-3 S 型 3・4 号機の組立オペレーションの実績からは天候に影響されることもなく，

第 4 表 整備塔 諸元表

整備塔形式	鉄骨枠組トラス方式 外装防水，耐風，密閉構造 11階層構成
高さ	約 43 m
幅 (柱心間)	18 m
奥行 (柱心間)	13 m
重量	約 700 ton
各階構成	<ul style="list-style-type: none"> ・ロケット組立作業室 2 階～10階 ・ロケット吊込胴 4 階～10階 ・注気注液操作室 1 階 ・控室，電気室 ・操作室，器材庫 4 階 ・クリーンルーム 7 階～9 階 ・クリーンブース 7 階～10階 ・光学観測室，機械室 11階
主要設備・機器	<ul style="list-style-type: none"> ・大扉類 ランチャ出入扉・ロケット吊込扉・吊込胴閉鎖扉 ・クレーン設備 20 ton 天井クレーン／7.5 ton ホイスト／0.5 ton チンエブロック ・空調設備 空調ユニット 6 台 (パッケージタイプ) ・エレベータ 1700 kg (25人)，60 M/min ・電気設備 配分電盤，運転制御装置，警報・監視装置， ・付帯設備 低圧空気源，塔給排水，強制換気，避雷・接地，斜降式救助袋



第4図 上層階内部

日程を消化できた。特に整備塔内への吊込胴内のスペースも広く、20 ton 整備塔クレーンの性能（吊上速度）も向上しているので、吊込を容易に行うことができた。

また尾翼の運搬、組付作業はエレベータと整備塔2階に装備された0.5 tonのクレーンで作業を行い従来の約半分の時間で消化することができた（第5図）。

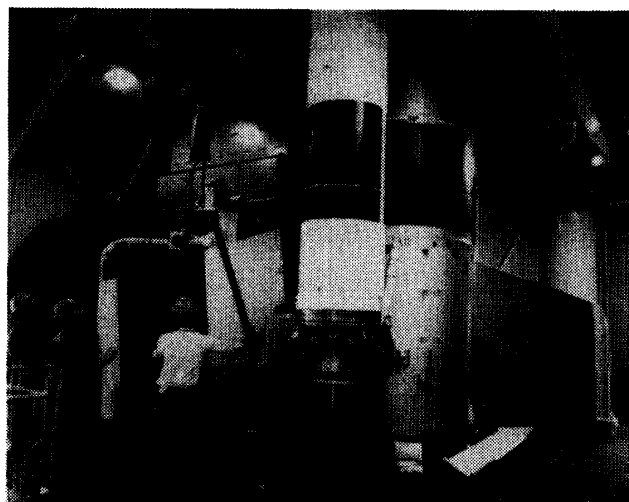
ロケットをランチングレールに装着する作業は、2階の作業スペース、支持台の操作性が改良され、短時間で安全かつ正確に出来ることが確認された。

b ランチャセット操作：旧装置ではランチャセット作業として、塔アンカ、塔旋回、ランチャ走行、俯仰の4つの大きな動作があった。新発射装置では上述したようにランチャ旋回、俯仰の2つの動作のみとなり、タイムスケジュールの短縮が図られた（ちなみにM-3S II型2号機ではランチャ出しから角度セット打上げまでを65分という短い時間でスケジュールを消化した）。

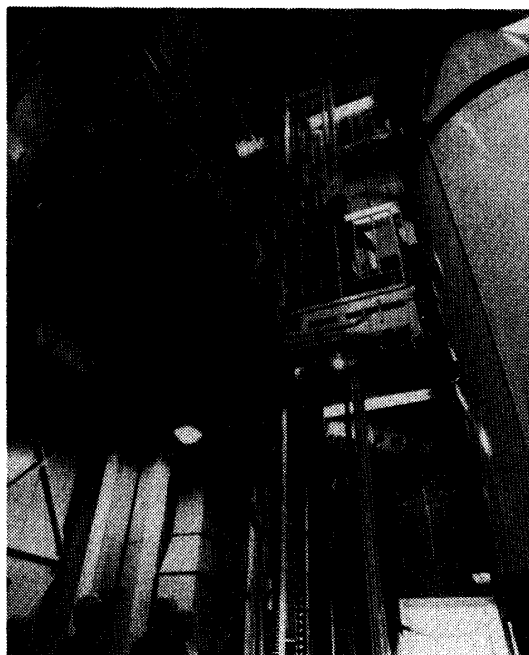
第5表にオペレーションフローチャートを示す。

(2) 作業性

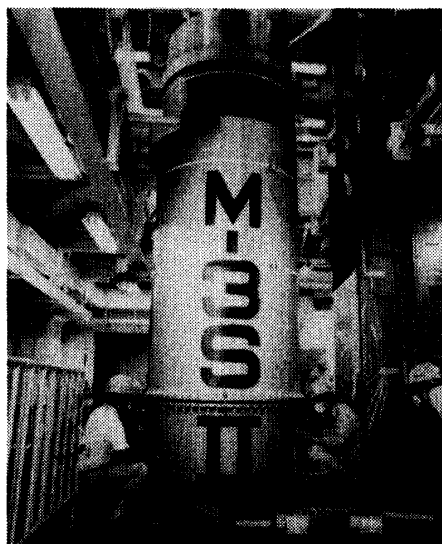
a 各階床がロケット各段セグメント結合位置によく対応しているため、結合作業が容易である（第6図）。



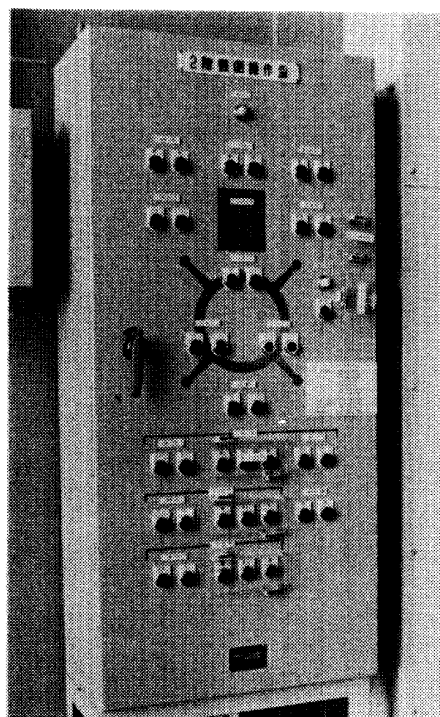
第 5 図 尾翼の組付作業



第 6 図 第 1 段セグメント結合作業



第 7 図 昇降式作業床



第 8 図 機側操作盤

b 尾翼および尾翼筒周りの作業に対応して、2階に床を設けたので明るさ、広さ、接近性、安全、床のすべり等の作業性が良くなった。

c 頭胴部の位置する7～9階に昇降床を設けたことにより、着脱コネクター等の装着作業の適応範囲が広がった(第7図)。

(3) 操作性

a ランチャ旋回、俯仰操作は遠隔自動設定による作動で、操作が簡略化された。

b 各階に機側操作盤を設けたことにより、目で見える操作が可能となり、安全性の向上が図られた(第8図)。

c 整備塔内専用の通話装置が設備され、各操作、作動連絡が密接に行われ、また4階操作室における作業の集中管理が可能で能率良い操作が実施できる。

(4) 作業の安全および環境

a 塔内温度、湿度の集中管理を塔4階で行うことにより各階の温度状況が良くわかる。各階の温度差は $\pm 1.5^{\circ}\text{C}$ である。

b 整備塔7～9階のクリーングースは頭胴部全体を覆い、衛星等の環境条件を良く保てる。

c ランチャ、整備塔の油圧機器の騒音は少ない。

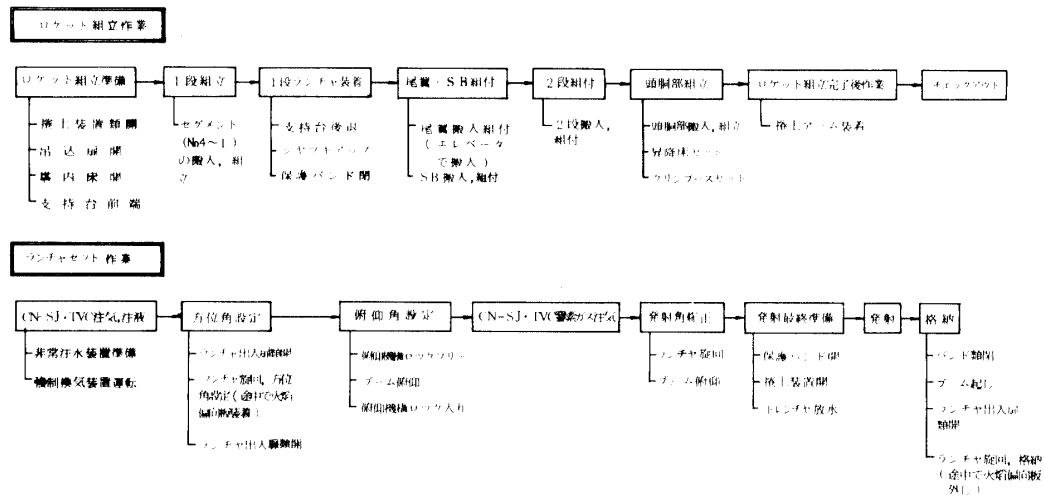
d 各階の床には滑べり止め材を使用し、また可動床、固定床周に手摺および安全ロープを設置している。

e ランチャ出入扉、ランチャ旋回、クレーンおよび昇降床等大物の作動時には、それぞれ異なった警報音を発し、安全性の向上が図られている。



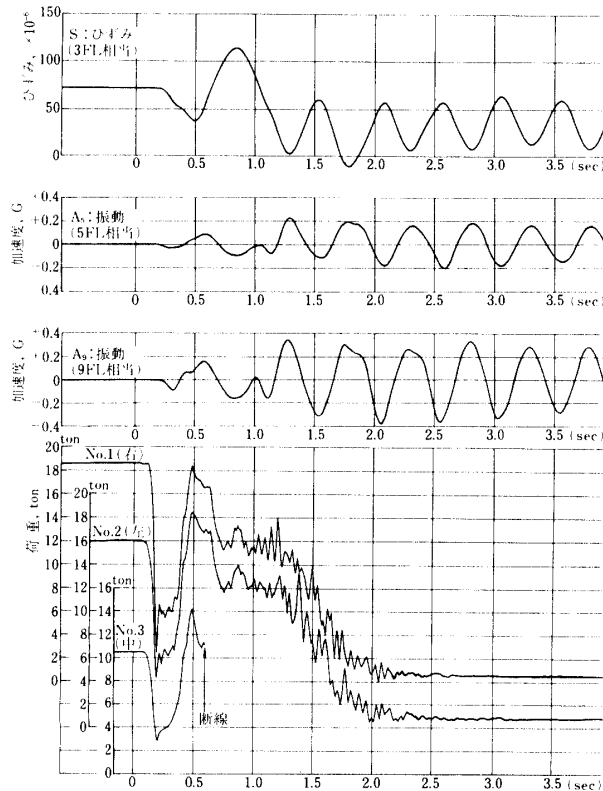
第9図 30 ton 門型クレーン

第5表 オペレーションフローチャート



5. 30 ton 門型クレーン

雨天においても運搬作業が可能のように第9図に示すような屋根と側壁を有する全天候型で、構造は門型フレーム上に15 ton 用巻上機2台を有する横行台車を搭載した形式のもので、フックは走行方向および横行方向に移動できる。また横行台車上の巻上機1台は走行方向に移動可能で、2台の巻上用フック間距離を3.5 m~7.0 m (M-23 モータの転倒が



第10図 ロケット発射のランチャ計測

第6表 30 ton 門型クレーン主要目

形 式	全 天 候 型 門 型 ク レ ー ン
主 要 寸 法	全 幅：10400 mm
	全 長：10800 mm
	全 高：14700 mm
	ホイールスパン： 8000 mm
	総 重 量：約 73 ton
走 行 装 置	速 度：1～25 m/min 連続可変式 7.5
	加 速 度：0.05 g (クッションスタート ON, OFF 切換付)
	速 度 制 御：サイリスタ1次電圧制御
	電 動 機：AC 11 kW, 6P 2台
捲 上 装 置	容 量：15 ton×2台 10×4
	揚 程：11000 mm
	フック間距離：3500～7000 mm 可変式
	捲 上 速 度：1～5m/min 5段変速
	連動時の2台捲上機の揚程誤差：全揚程に対して 55 mm
	電 動 機：AC 22 kW, 6P 各1台
横 行 台 車	寸 法：幅 8700 mm × 長さ 3000 mm
	速 度：2 m/min
	電 動 機：AC 0.75 kW, 4P 1台
エレベータ	形 式：電動ウインチ式
	積 載 重 量：200 kg
	昇降ストローク：7000 mm
	昇 降 速 度：3 m/min
鋼 構 造 部	側 壁 形 式：形鋼骨組構造透明アクリル樹脂板付
	シャッター：ステンレス製電動シャッター 2台 海と山側

可能)に設定できるようになっている。また、高所の位置におけるフックの掛替え作業が行えるように昇降式作業台を設けている。第 6 表に主要目を示す。

6. ランチャ計測

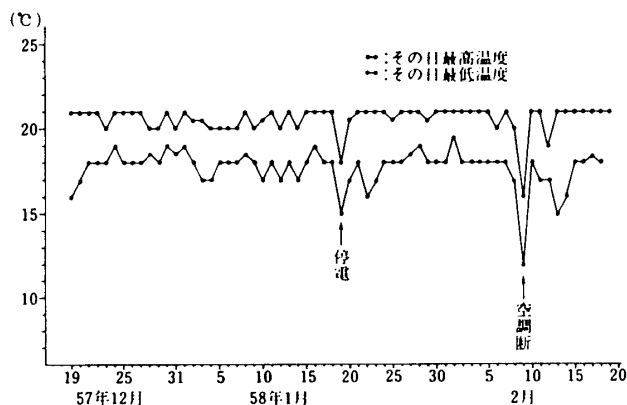
発射におけるランチャの挙動を調べるために、俯仰方向のブームの振動、ブームの曲げ荷重が最大になると予想される点のひずみ計測を行った。また、ロケットの初期滑走状態におけるロケット支持台への荷重の除去状況を支持台ジャッキ部に埋め込んだロードセル(20 ton×3)により計測を行った。

第 10 図にひずみ、振動、荷重の測定したデータを示す。時間軸は X マークによる信号を基準(0 sec)として表わしている。X+0.1 sec にロケットの滑走が始まり、X+0.2 sec にランチャブームの振動が誘起され、X+0.45 sec* にはロケットの噴射ガスによる動圧によってロケット支持台への荷重が最大となっている。ロケットの滑走に伴いブームの曲げモーメントが X+0.85 sec に最大となり、X+1.1 sec にランチャ離脱が行われ以後ブームは約 2 Hz の自由振動を続けている。これらの測定データは 3・4 号機ともほぼ同一の結果が得られた。また、発射時整備塔周囲の温度上昇状況をサーモラベルを用いて調査した結果を第 7 表に示す。

第 7 表 温度測定結果

場 所	ラベル貼付位置	温度(°C)
発射点周辺	棧橋ボール	170 以下
台車周辺	台車下面ボギー部	125
	〃 ボギー・ボックス	100~105
	旋回レール内側	100~115
	偏向板本体裏面	170~180
	台車上面俯仰シリンダー・カバー	75 以下
ロケット支持台周辺	保持アーム・ブラケット	170 以下
	保持アーム下部ケーブルダクト側面	170 以下
	保持アーム裏面	50 以下
ブーム関係	TVC・B1 室素中継箱 (外側)	170 以下
	尾翼筒巻上装置	170 以下
	油圧パネルカバー (塔2F 相当)	50~55
	巻上げ装置用回転ラム (塔6F 相当)	140~150
	TVC 乾燥室素中継箱 (左側)	
	(塔7F 相当)	75 以下
	S A 用中継接栓箱 (塔8F 相当)	100 以下
整備塔 1 F	ブームトップ (塔10F 相当)	100~110
	ST/TVC 注気・注液操作室窓	50 以下
	控室窓	約 50
整備塔 2 MF~2 F	ランチャ出入小扉 (外) 裏面	100 以下
	塔 窓 (海 側)	50 以下
	〃 3 F (〃)	50 〃
	〃 4 F (操作室)	50 〃
	〃 6 F (海 側)	50 〃
	〃 8 F (〃)	50 〃
	〃 9 F (〃)	50 〃
	〃 11 F (〃)	50 〃

* X+0.45 sec は光学班のデータによるとロケットが約 1.4 m 滑走した時間である。



第11図 塔内温度測定データ

7. 実験結果

上述したように整備塔と発射点との保有距離を十分にとったことにより、発射時の爆風圧による整備塔への影響は3号機で3階の窓ガラスが一部破損したことと、4号機では発射方位角が 146° でロケットが整備塔側へ接近したため1階控室部分の外装のコーナ部にひびが入った程度のこととあげられる。

一方ランチャにおいてもシュラウドリング周囲が一部焼損したことと、ブーム前面、台車前面の塗装が焼き焦げた程度で俯仰、旋回の機能部には異常は認められず軽微な損傷であった。火焰偏向板については前面の耐火セメントが打上げ毎に徐々に摩耗はしている(その後M-3S II型-1・2号機でそのまま使用した)。以上がM-3S 2・3号機発射のときの損傷状況である。以下に4号機のCNEとランチャ角度の読み合せを第7表に、また組立オペレーションから発射までの塔内の空調状況を第11図に示す。

8. あとがき

この発射装置では、すでにM-3S型の3・4号機、M-3S II型の1・2号機を無事に発射し、装置としての機能および塔内環境は良好であった。我々が計画のときから旧発射装置で得た経験と実績を多く取り入れた設計としたことが能率良く効果的であったと言える。

すでに、この発射装置はM-3S-4号機の発射後、昭和60年5月にM-3S II型用に整備塔の一部およびランチャガイドレール等の換装を行っている。

最後に整備塔、ランチャの運用が支障なく行われたことは、実験各班および関係会社である三菱重工神戸造船所、住友重機、ユシヤ製作所のご協力によるものと感謝する次第である。

参考文献

- [1] 森 大吉郎, 橋元保雄, 中田 篤, 他: M型ロケット発射装置, 宇宙科学研究所報告, 第17号, 1984年2月