

M型ロケット発射装置 (M-3SII 型用)

橋元 保雄, 中田 篤
池田 光之, 平山 昇司

1. はしがき

M型ロケット発射装置は昭和57年にM台地の旧装置を撤去した跡地に建設され、現在までにハレー彗星探査衛星を初めM-3S型2機、M-3SII型4機のM型ロケットを打上げ初期の目的を達した。

この発射装置は計画当初から、M-3SII型への対応をも考慮した設計となっているが、次の項目については換装を行う必要があった。

- (1) 滑走用ガイドレール
- (2) 整備塔作業床
- (3) 巻上装置
- (4) ロケット保持装置
- (5) その他これらに関連した電気系の改修

整備塔ランチャの概要については既に報告してあるので [1] ここではM-3SII型打上げのための換装とそれらに伴うオペレーション及び打上げ結果について述べる。

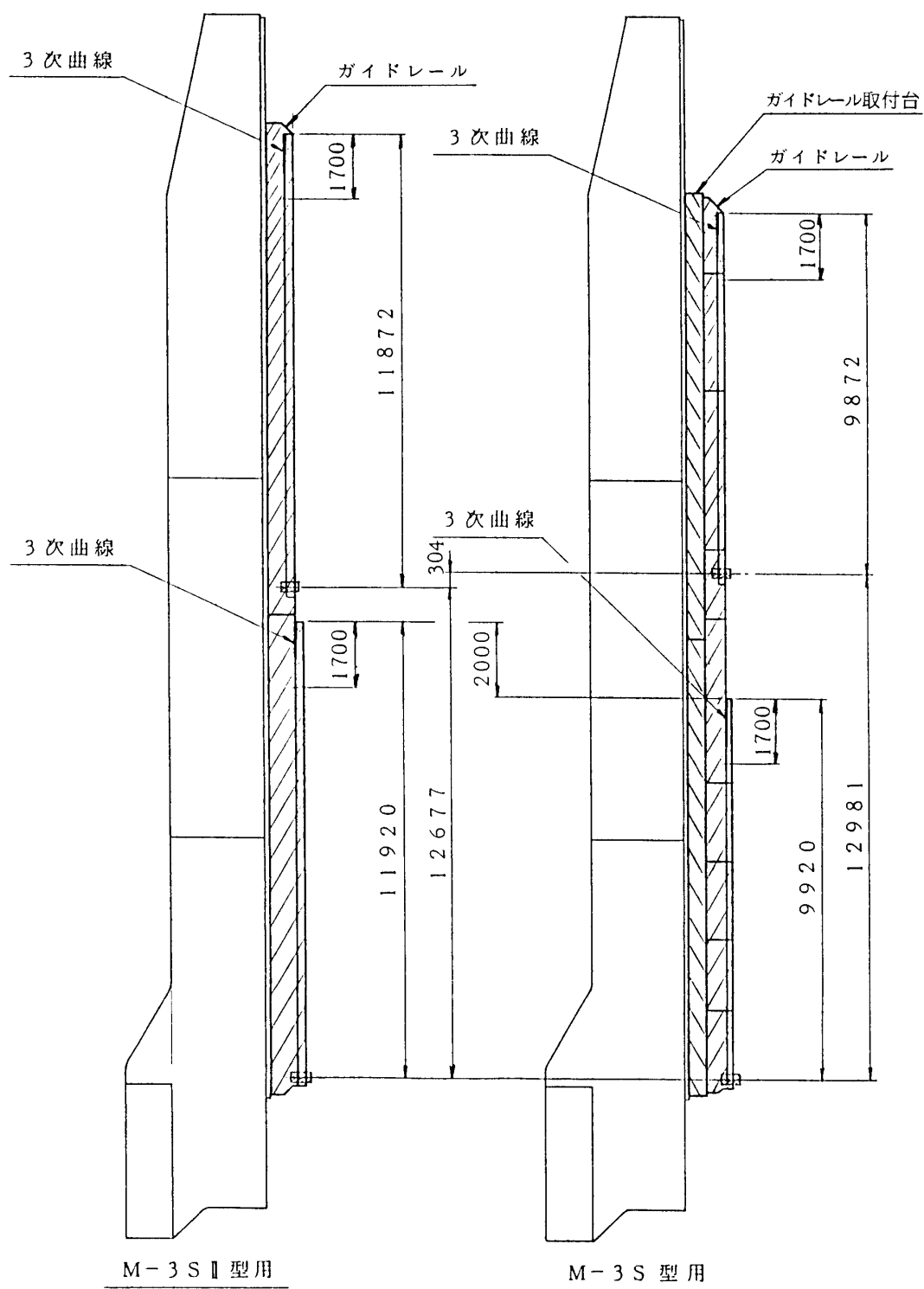
2. 機械系の換装

- (1) 滑走用ガイドレールの換装

本装置は、計画のときからM-3S型を2機打上げた後にM-3SII型の実験を行うと云う条件が設定されていたためにガイドレールに関しては旧装置のレールを流用し、M-3SII型用には新製することとしていた。

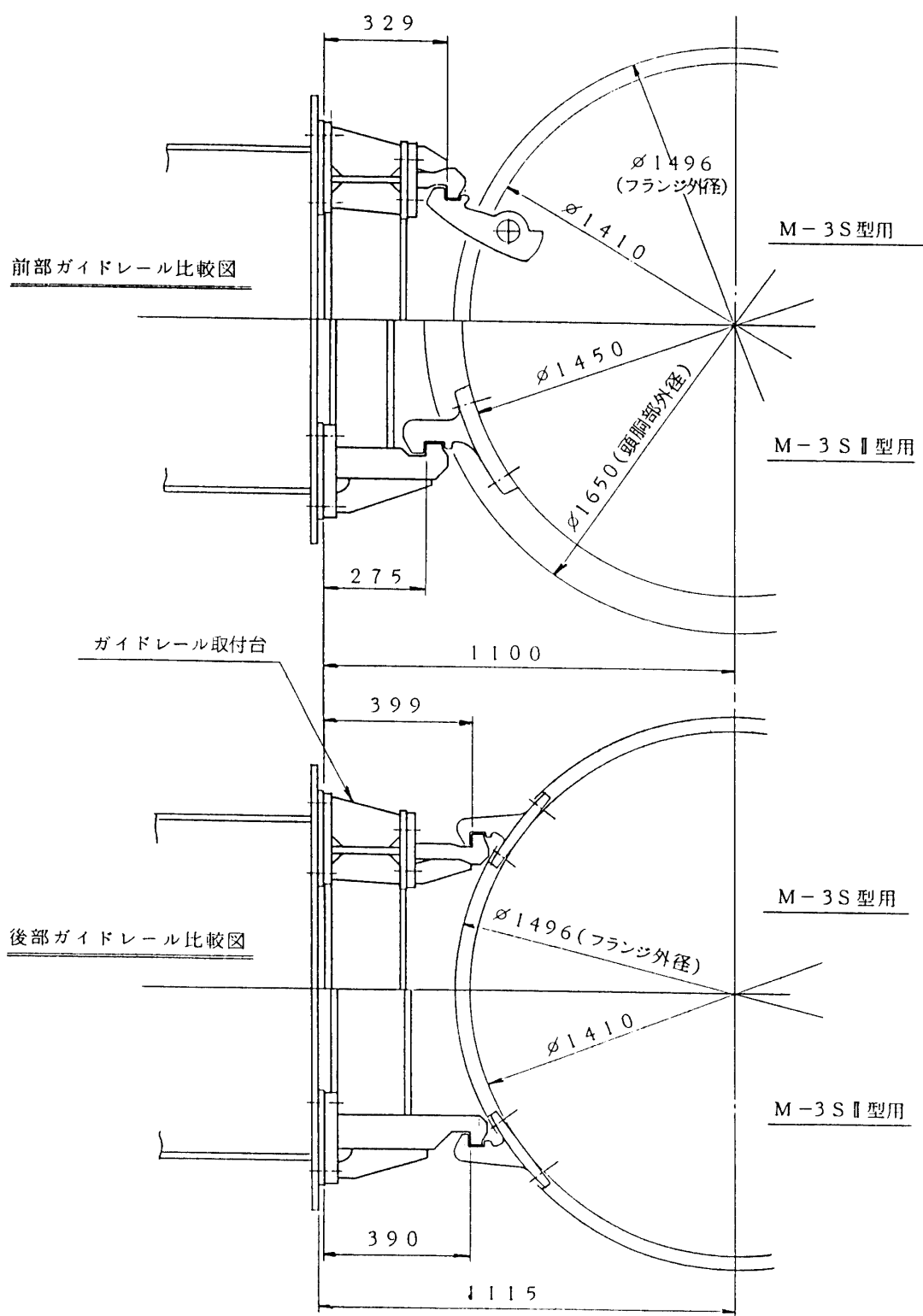
M-3SII型ロケットはM-3S型ロケットに比べノーズフェアリングの直径が1410mmから1650mmに増大されたことに伴いランチャブームとの干渉を避けるためにロケットのスリッパを長くする必要があり、第1, 2図に示すように前部および後部レールを新製した。ガイドレールの滑走面は、ロケット発射時のスリッパのガイド面であるために、その製作および据付けに際しては、所定の精度（真直度：全体で2mm以内、局部で1/5000以内）を確保した。また、前後部各ガイドレール先端の滑走面については第3図に示すような3次曲線加工を施し、ロケット離脱時に機体に作用する曲げ荷重の低減を図った。[2] なお、ガイドレールの換装に伴い前部レール間に設けられている偏向板の取付け位置の変更も行った。

- (2) 作業床の改修

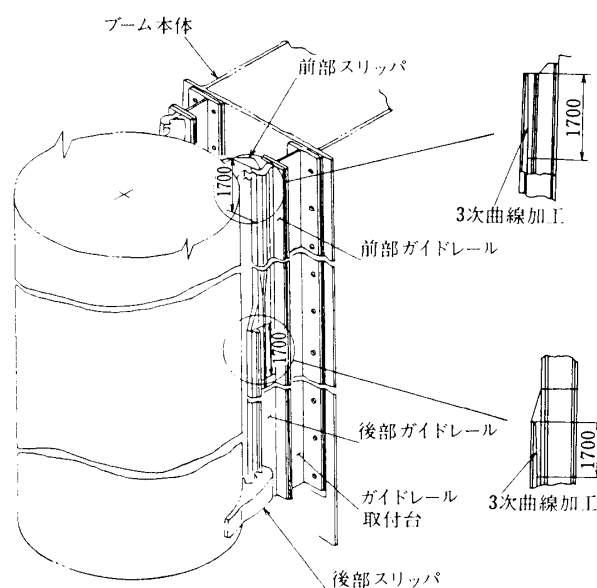


真直度 全体 : 2 mm 以内
 局部 : 1/5000 以内

第1図 M-3S型用及びM-3SII型用ガイドレール比較図(1)



第2図 M-3S型用及びM-3SII型用ガイドレール比較図(2)



第3図 ガイドレール3次曲線加工位置図

頭胴部及び補助ブースタの形状寸法の増大に伴いそれに適応するように第4図に示すような作業床の改修を行った。また、第2段モータ、1~2段接手が長くなったことにより、7階に第5図のような作業台を設けた。作業台は軽量化を図るためにアルミニウム製で半固定式の構造とし、第2段モータと頭胴部の組付作業が容易に行えるようにした。

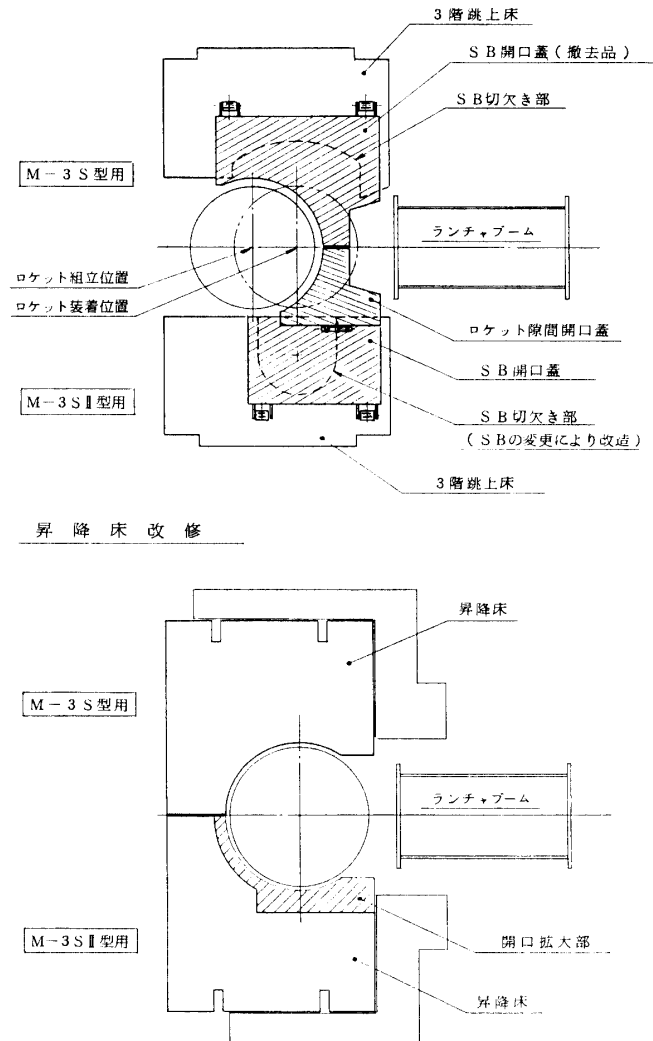
(1) 巻上装置

巻上装置はブームの両側に装備され、油圧源を駆動源とし、電気信号により、発射数分前に信号系のケーブル、液系のカップラー等をロケットとの干渉を避けるために巻上げるものである。

- a) 尾翼筒部については、TVC・カップラーの位置の変更に伴いM-3S型で使用していた二段アクション機構方式から、一段アクション機構方式に変更し噴射ガス等による悪影響を避けた。
- b) 補助ブースタ部は、ブースタ頭部に計器部が新規に搭載されたことにより、ブームの左右に各1組装置を新製した。
- c) 頭胴部は、ノーズフェアリングの寸法、形状増大に伴い巻上装置アームの開角度を変更すると共にアーム先端部を新製することとした。

(4) ロケット保持装置

ロケット保持装置には、組立バンドと保持バンドの2種類がある。組立バンドは、ロケットを支持台上で垂直に組立て作業中安全のために各セグメントごとに組立バンドをし、ブーム側にロケットを保持して地震等による転倒あるいはブームとの衝突が起こらないようにするものである。保護バンドは、ランチャが作動中ロケットを保護するものでロケットの重心付近を保持しているものである。M-3SII型では、ガイドレールの変更及び第1段モータのケーブル・ダクトの位置変更に伴い組立バンドと保護バンドの先端部の形状の変更を行った。



第4図 3階、4階跳上床の改修、SB開口蓋の換装

3. 電気系の換装

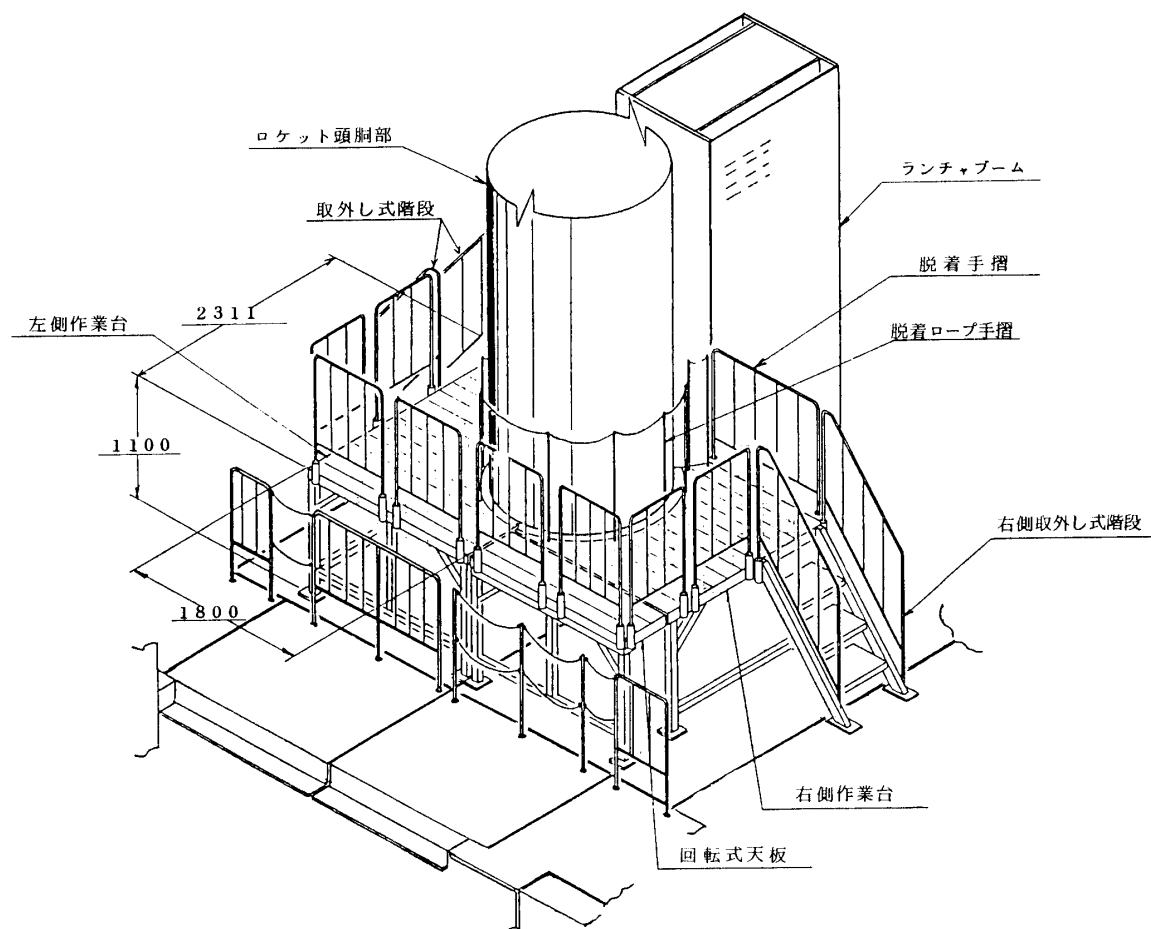
巻上装置、作業床等の改修に伴う各制御系、及びM-3S型ロケットを2機打上げた経験によるところの安全性と整備塔内環境保全のための追加項目を下記に列挙する。

(1) 巻上装置制御系の改修

- a) ランチャ操作監視盤、ランチャ管制盤及び4階機側操作盤に表示用のオペレータ・インジケータ、押しボタン・スイッチを、また、中継制御盤に制御回路用リレー及び電磁弁リレーを追加した。
- b) ランチャ管制盤グラフィックに機器図形及び表示灯を追加した。
- c) 開閉検出用リミット・スイッチの追加及び中継制御盤内制御回路の変更を行った。

(2) 整備塔作業床制御系の改修

- a) 3、4階補助ブースタ用開口蓋、はね上げ床の検出用リミット・スイッチ及び制御系



第5図 7階作業床

の改修を行った。

b) 7階作業台はね上げ床制御系に安全のためにインタロック機構を追加した。

c) ランチャ管制盤に補助ブースタ巻上装置指令応答回路を設けた。

(3) その他改修

a) 作業の安全性を向上するために、吊込み扉に運転警報装置の追加をした。

b) 作業用通話装置能力向上のためにハンドセット・ステーションを増設した。

c) 整備塔の環境状態を把握する目的で温湿度自動記録装置の追加を行った。

d) CNE 管制盤へランチャの旋回・俯仰角度信号を追加出力するために、ランチャ管制盤内の回路の変更を行った

4. オペレーション

(1) 地上系オペレーション

M-3SII 型ロケットと発射装置、特に改修部との機械的インターフェース、機能、作業性の確認および M-3SII 型ダミーロケット（寸法、重量は実機相当）を使用しての荷重試験、30ton 門型クレーンとの整備塔の 20ton クレーンとを併用し、塔内への吊込み作業、モータ

の組付け作業の習熟を目的として行われた。ロケットと本装置との機械的インターフェイス、機能面は問題のないことが確認され、また、ダミーロケットを用いた組付け練習も順調に行われ、全ロケット組付け後の荷重試験も支持台周りでの変位はM-3S型のと測定した値 [1]と比較するとほぼ同程度であり、その後のオペレーションに対する有意義な資料を得た。

(2) 組立オペレーション

地上系オペレーションでランチャとロケットのインターフェースの確認及びモータの吊込み、組付け等を習熟した事により本オペレーションでは、1, 2, 3号機共モータの組付け及びランチャ装着、7階に設置した半固定式作業台の作業性、機能等いずれも順調であった。ただ2号機(すいせい)において、ロケット全段結合後、支持台部に組込まれているロードセル(20ton・3個)に全荷重を移し替えの作業中尾翼筒に偏荷重を加え尾翼筒のリベット数本を切断及び変形させてしまった。

(3) フライト・オペレーション

発射時のランチャ・セットは整備塔内の可動床操作を行った後、安全点検が確認されると地下管制室にランチャ操作盤を切替え管制室からの運転で行う。操作手順はランチャ出入り扉開、ランチャ旋回、偏向板自動装着、ランチャ再旋回、方位角設定位置に偏向板をセットしてブーム俯仰を行う。これらの操作は全て遠隔自動操作で行い、このランチャ・セットに要した時間は、1, 3号機では約43分間であった。2号機については天候不順のため方位角設定は、ランチャ出入り扉付近(N+200°)で待機し、天候の回復を待って(27分間)旋回、俯仰角セットを行った。これらの設定角データの代表例として1号機のCNとランチャとの読み合わせ角度(組立オペレーション)を第1表に、ランチャ旋回、ブーム俯仰時の自動運転データ(加速、減速、最高速度の状況)を第6図に、オペレーション・フローチャートを第2表に示す。

(4) 整備塔内の空調状態

組立オペレーションから発射当日(昭和60年1月8日)まで約50数日昼夜連続の暖房運転を行い、この期間の記録データは全て自動記録装置により収録した。平均温度20℃、湿度50%で、ロケット、衛星班側からの要求を十分に満たしたものである。第7図にそのデータを示す。

(5) 不具合

M-3SII型のオペレーションに於いて発生した不具合を以下に列挙する。

a) ロケット支持台油圧系の不具合

2号機の組立オペレーション時にM-13モータのNo.2セグメントまで組付けられた時に、ロケット支持台の油圧ジャッキ(3本のうち中側1本)が上昇しており、ロケットに傾きが生じていることがわかった。原因は3本のジャッキシリンダーに封じ込められた圧力によるものであることと微調回路の手動弁のリークであった。2号機打上げ後の補修工事でバルブの交換を行い、また、支持台を水平セット後はジャッキのメカニカル・ロックを行なった後シリンダー内の圧力0kg/m²にし、運用上でも毎日点検を行うこととした。

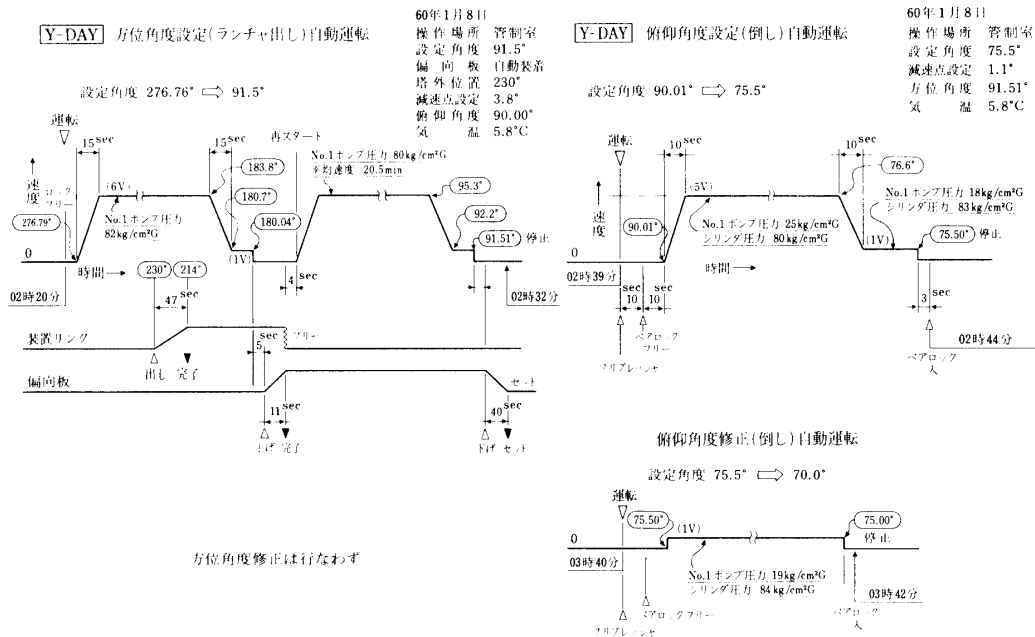
b) ロケット全荷重の移し替えによる不具合

組立てオペレーションでロケットの荷重の移し替え作業中に尾翼筒を破損させた原因はロードセル荷重受け部寸法設定の誤りにより、3等分に荷重が掛らずシリンダー1本のみの

第1表 CNEとランチャとの角度読合せ

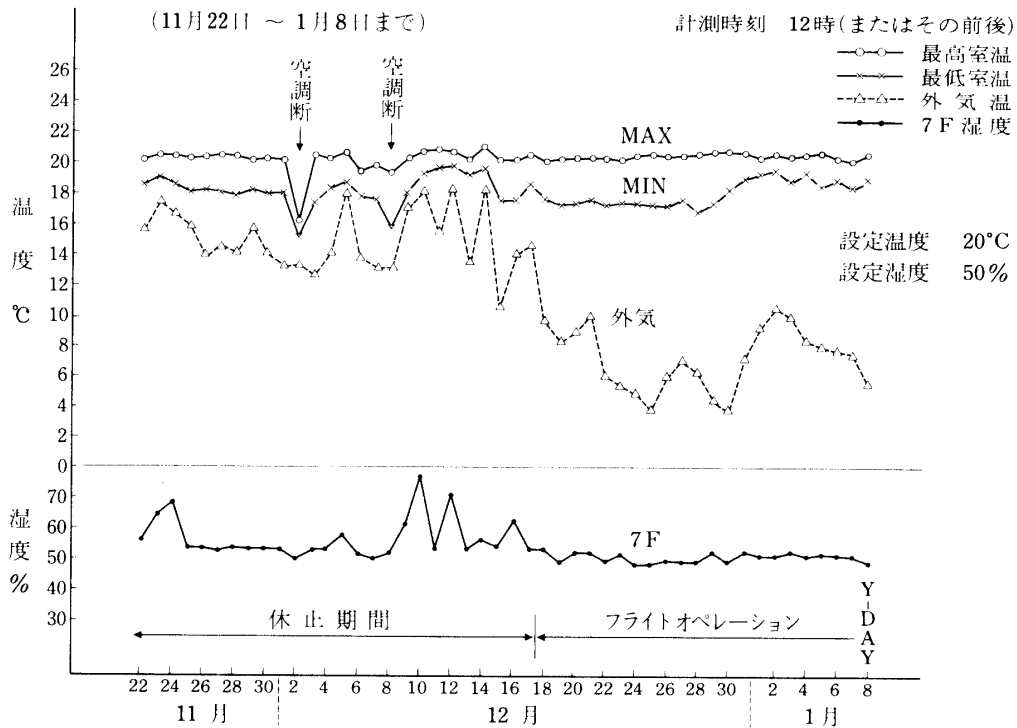
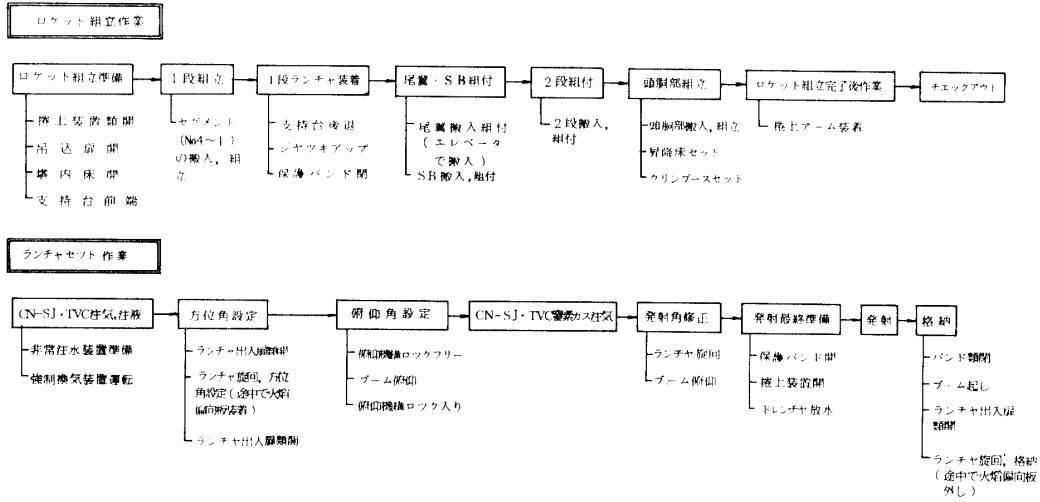
角度読合せデータ	ランチャ角度		CNE	角度の差異
	地下管制室	ブーム背面(巻表)		
	90.04°	89.92°	—	—
	84.00	83.97	—	—
	80.00	79.92	80.01°	-0.01°
	78.00	77.90	78.01	-0.01
	76.00	75.91	76.02	-0.02
	74.00	73.92	73.93	0.07
	72.00	71.88	71.85	0.15
	70.00	69.90	69.77	0.23
	68.00	67.88	67.68	0.32

注記1. 角度の差異は（地下管制室のランチャ角度）－（CNE角）を示す。
 2. ブーム背面角度はクリノメータによる測定値を示す。



第6図 ランチャ施回ブーム俯仰時の自動運転

第2表 オペレーションフローチャート



第7図 整備塔空調設備運転記録

に荷重が掛かり、機体側に偏荷重が作用し、尾翼筒部を過負荷な荷重を与える結果となった。3号機からは支持台にロケットを搭載する前にロードセルのセット及び校正を行う手順に変更し、本作業の簡素化を図った。ロードセルのドリフトの問題が懸念されたが測定誤差範囲であることがわかり問題にするほどの事でもなかった。

(6) 発射の結果

M-3SII型ロケット3機打上げを行った整備塔及びランチャの機能は正常であった。M-3S型ロケット打上げ後の状況に比べ、ランチャのロケット支持台まわりに於いては耐火セメントの剝離、ランチャブームの焼損範囲もM-3SII型ロケットのほうが広がっている。これらはM-3SII型ロケットのランチャからの離脱時間が長く熱負荷条件が変わったことによるものと思われる。補助ブースタの初期火焰が偏向板より外れるために2号機からは偏向板の幅を1m（片側50cm）拡張した。

5. ランチャ計測

発射時のランチャ挙動を調べるためにランチャブームの振動、ブームの曲げ荷重が最大と予想される点（ランチャ保持アーム部）のひずみ計測を行った。また、ロケット初期滑走状態における支持台部の荷重除去状況を支持台ジャッキ部に設置したロードセル（20ton×3台）により計測した。

M-3SII-1号機～3号機の測定はほぼ同一のデータが得られている。代表して1号機について概略を述べる。第8図に測定位置を示す。第9図に振動、ひずみの測定結果を、第10図に荷重の測定結果をそれぞれ示す。時間軸はXマークを基準（0sec）として表している。X+0.1secにロケットの滑走が始まり、X+0.2secにランチャブームの振動が誘起され、X+0.6secには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。ロケットの移動にともないX+1.0secにブーム俯仰方向の曲げたモーメントが最大となり、X+1.4secにランチャ離脱が行われ以後ブームは自由振動を続けている。

6. あとがき

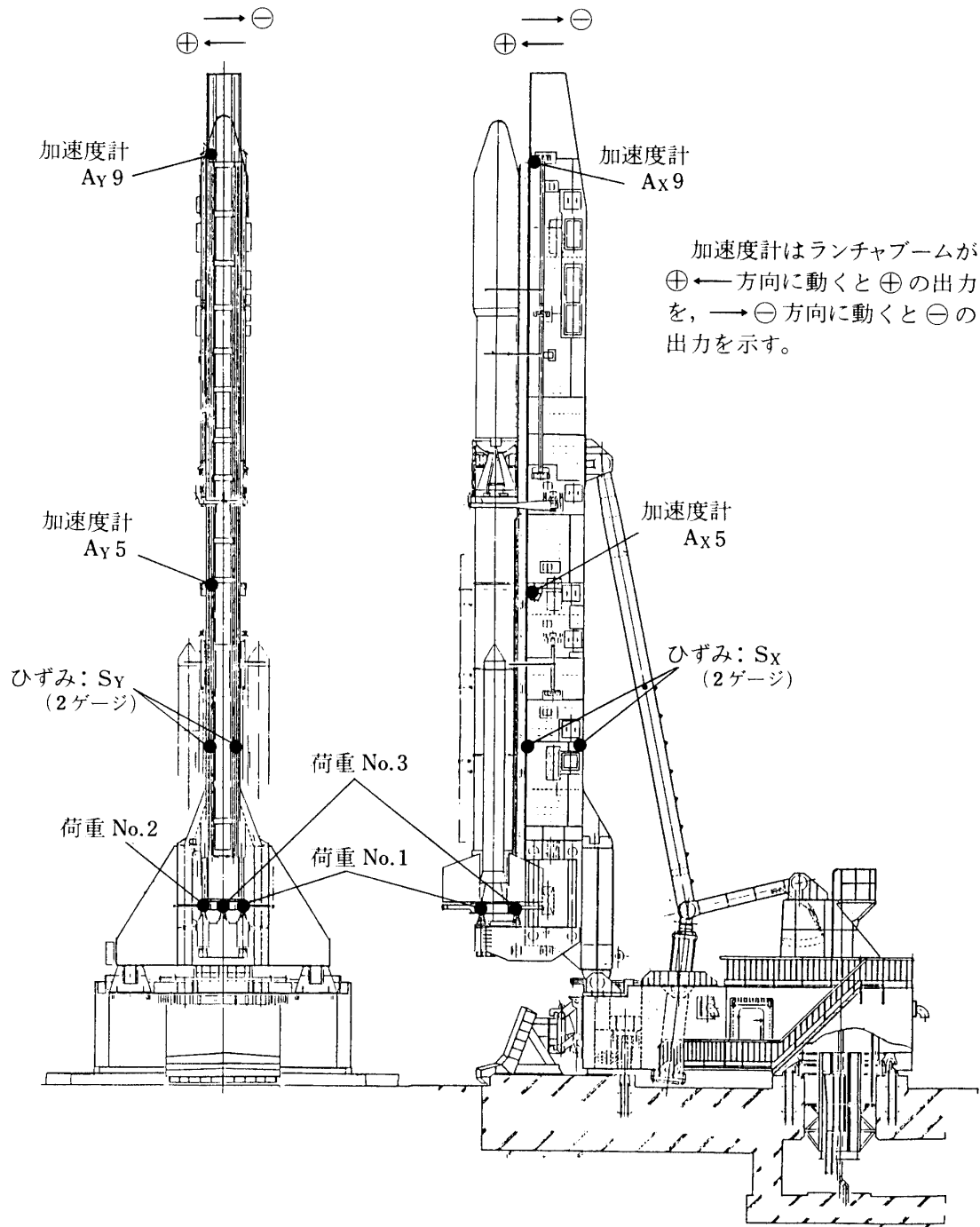
この発射装置は、M-3S型4号機を打上げた後、昭和60年5月にM-3SII型用に換装され、既にM-3SII型ロケット4機を無事に発射し、装置としての機能及び塔内環境、安全性等は我々ランチャを担当する当事者として満足するものであった。

この装置も、既に建設以来7年を経過し整備塔の外装特に非常用階段の手摺の腐食が著しい事、また、ランチャ機能部では、俯仰用シリンダー・ベアロック部のオーバホール、駆動用の油圧ポンプ類の見直し等を検討しているが、次期大型（V型）ロケット開発計画の進行具合に従い見直しをして行きたいと思う。

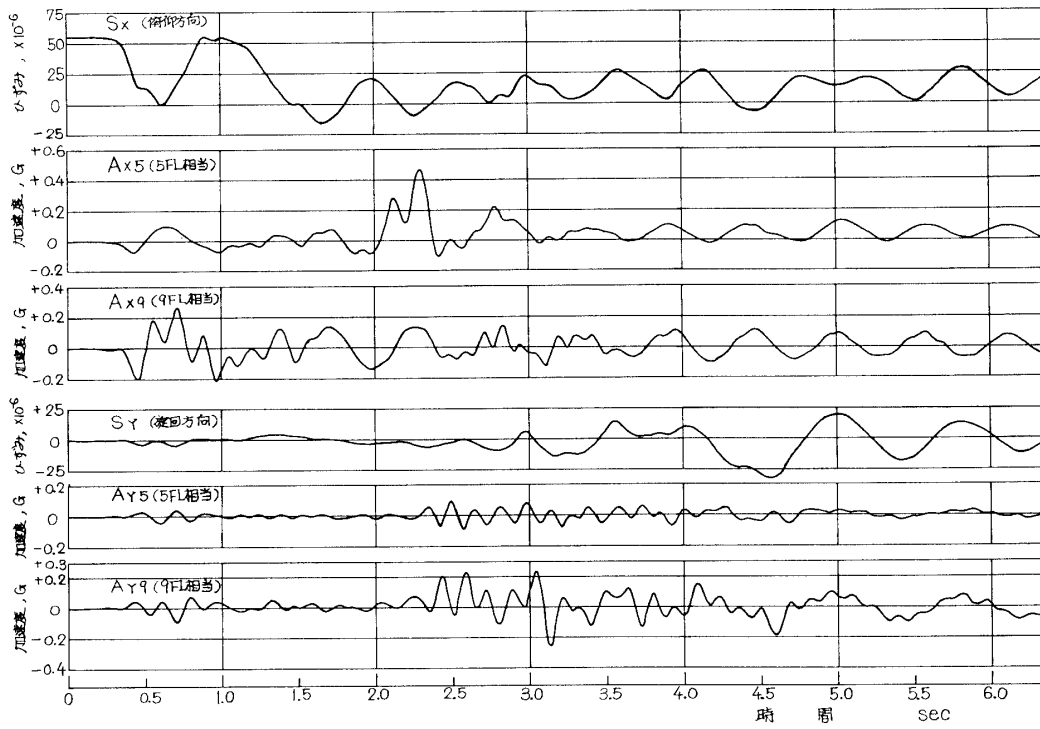
最後にこの装置の換装及び運用が支障なく行われたことは、実験各班及び関係会社である三菱重工神戸造船所の方々に感謝する次第である。

参考文献

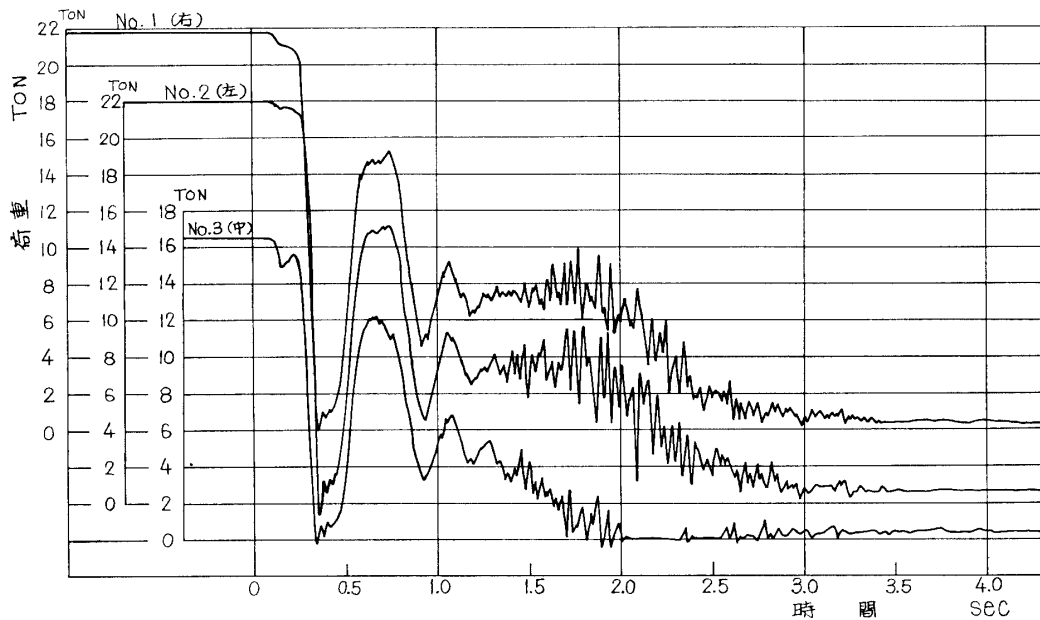
- [1] 森大吉朗・橋元保雄・中田 篤・上杉邦憲・西田稔夫・福沢 清：M型ロケット発射装置，宇宙科学研究所報告，第17号，(1984)，pp. 1-69
- [2] J. ONODA: The Dynamic Bending Load on a Satellite Launcher Due to Inclined Liftoff, Transaction of JSASS, Vol. 26, No. 71, 1983, pp. 37-52



第8図 振動, ひずみ, 荷重の測定位置



第9図 M-3SII-1号機ランチャブームの振動, ひずみ



第10図 M-3SII-1号機ランチャロケット支持台の荷重変化