

## M ロケット 発射装置

下瀬滋\*, 峯杉賢治\*

### 1. はじめに

本発射装置は M-3S・M-3S II ロケットの打上げに対応できるように昭和 57 年新設され、翌年の M-3S ロケット 3 号機から飛翔実験で使用されるようになった。その後、昭和 60 年に M-3S II ロケットの打上げに対応できるようにガイドレールや作業床の換装工事を行い、平成 7 年には M-V ロケットの打上げに対応できるように改修工事を行った。現在までに M-3S ロケットを 2 機、M-3S II ロケットを 8 機、M-V ロケットを 7 機と合計 17 機の打上げを滞りなく果たしてきた。

### 2. 発射装置

本装置は M-V ロケットの組立・点検・調整・発射及び分解等の諸作業を能率的かつ安全に遂行できる構造機能を有している。大別するとランチャと整備塔で構成されている。ランチャは傾斜発射ガイドレール方式で旋回及び俯仰機能を有し、ブーム系・台車系・火焰偏向板及び油圧装置で構成されている。整備塔は固定式でランチャの旋回終端に位置し、発射方位位置にあるロケットと所要の保有距離を保つようにしている。また、塔内にランチャのブーム部が収納でき、組立台上でロケット各段の組立・点検・調整ができる構造になっている。本整備塔は整備塔本体・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・空調設備・油圧装置及び付帯設備等で構成されている。整備塔内の組立台上で全段の組立作業を終えたロケットは、ガイドレールに垂直状態で装着される。ランチャの整備塔外への移動及び発射方位角・発射上下角設定等の操作は、地下管制室からの遠隔操作で行い、発射姿勢を確保している。発射装置の外観図を図 1 に示す。

---

\* The Institute of Space and Astronautical Science (ISAS) / JAXA

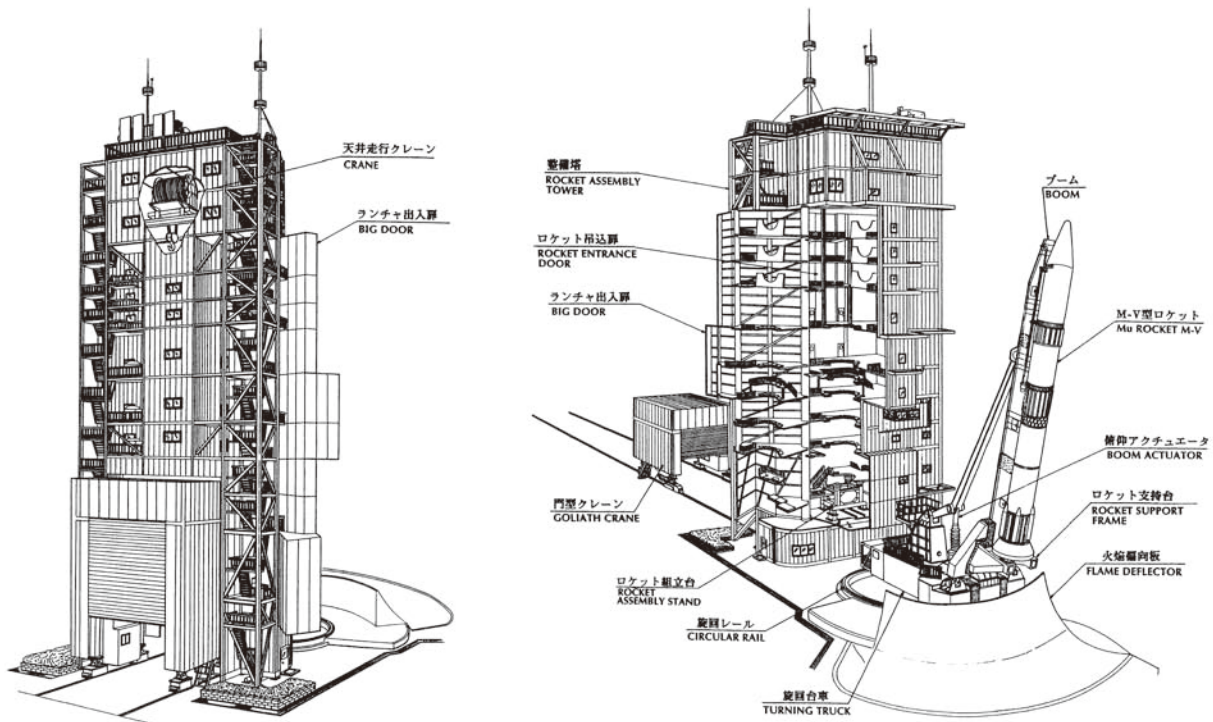


図1 発射装置概観図

本発射装置の特徴を次に示す。

- (1) ランチャは旋回・俯仰作動式を採用し、整備塔は固定式である。
- (2) ランチャ台車及びブーム本体へのケーブル・配管類は、発射時の火焰による損傷等を受けないように台車内部及びブーム内部に敷設している。
- (3) 発射時のロケットと整備塔との保有距離（約10m）はランチャの方位角設定動作（台車旋回）により確保している。
- (4) 整備塔・ランチャ各部の作動は全て油圧で駆動している。
- (5) 整備塔内へのランチャの格納（収納部）は必要最小限のランチャブームのみとし、塔内スペースを有効に活用できるようにしている。
- (6) ランチャの方位角及び俯仰角の設定操作は遠隔自動方式である。
- (7) ロケットの塔内吊込作業用として吊込胴部を設け、ロケット吊込時に風雨の影響を極力受けないようにしている。
- (8) ランチャ及び整備塔の基礎は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じる地下給電路を設けている。

## 2.1. 整備塔

- (1) 整備塔は固定式で鉄骨枠組トラス構造である。外装材は長期間腐食に耐える様に、軽量コンクリート（アスロック材）と断熱材サンドイッチ鋼板（イソバンド）を採用した防水・耐風・密閉構造である。
- (2) 整備塔は整備塔本体・可動作業床類・ランチャ出入扉類・クレーン設備・エレベータ設備・空調装置・油圧装置及び付帯設備等で構成されている。
- (3) 整備塔は11階構成で、2階から10階にロケットの組立・点検調整作業に必要な固定床及び可動床類を設け、11階にはクレーンを設置している。
- (4) 整備塔の諸元を表1に示す。

表1 整備塔諸元表

|          |   |
|----------|---|
| 整備塔形式    | 鉄骨枠組トラス方式<br>外装防水・耐風・密閉構造<br>11階層構成   |
| 高さ       | 約 47 m  |
| 幅（柱心間）   | 18 m  |
| 奥行き（柱心間） | 13 m  |
| 重量       | 1000 ton  |
| 各階構成     | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ ロケット組立作業エリア 2 階～10 階</li> <li>・ ロケット吊込胴 4 階～10 階</li> <li>・ 注気注液操作室, 電気室 1 階</li> <li>・ 操作室, 器材庫 4 階</li> <li>・ クリーنبース 7 階～10 階</li> <li>・ 光学観測室 11 階</li> </ul>  |
| 主要設備     | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 扉類 ランチャ出入扉（大扉, 小扉）<br/>ロケット吊込扉,<br/>吊込胴閉鎖扉</li> <li>・ クレーン設備 50 ton 天井クレーン<br/>0.5 ton チェーンブロック</li> <li>・ 空調装置 整備塔内空調ユニット 5 台<br/>クリーنبース空調ユニット 1 台</li> <li>・ エレベータ設備 1700 kg（25 人）用 1 基</li> <li>・ 電気設備 配分電盤<br/>運転制御装置<br/>警報・監視装置</li> <li>・ 付帯設備 強制換気装置<br/>低圧空気源<br/>避雷・接地設備</li> </ul> |

### 2.1.1. 整備塔本体

- (1) 塔内各階の固定床荷重基準は $300 \text{ kg/m}^2$ である。
- (2) 整備塔の両側には露出階段及び踊り場を地上より屋上まで設けている。
- (3) 整備塔1階には機械室・電気室・作業員控室及びTVC/SJ注気注液操作室を設けている。機械室には塔各部駆動用のNo.2油圧アキュムレータ等を、電気室には配電盤・中継電気盤・空調用制御盤・ケーブルダクト等を、また注気注液操作室には制御バルブスタンド類等を設置している。
- (4) 整備塔4階には操作室を設け、ランチャ及び整備塔の各種制御に必要な制御装置・監視装置を設置している。なお操作室はランチャ系の操作等に際して見通しを良くするために、一部整備塔外へ張り出す構造である。
- (5) 整備塔7階から10階にはクリーンブース（クラス50万）を設けている。
- (6) 整備塔11階には50 tonクレーン及びクレーン制御装置等を設置している。また同階、海側角部には光学観測用カメラ等の設置場所としての観測室を設けている。
- (7) 整備塔屋上には高架水槽・アンテナ取付台及び整備塔の位置関係を明示する基準点等を設けている。

### 2.1.2. 可動作業床類

- (1) 可動作業床類はロケット各段の吊込み及びランチャの塔外への移動時にロケット及びランチャと作業床との間で接触・干渉等の支障が生じないように開閉可能な床構造である。
- (2) 可動作業床類は整備塔2階より10階まで設けてあり、整備塔2階から7階までは手動跳上式のアルミ製可動床を、8階から10階は油圧駆動による跳上式可動床を設けている。可動作業床の開口部は、各階に相当するロケットの形状に応じた寸法とし、開口部とロケットとの間隔は約100 mm～150 mmである。
- (3) 可動作業床類の荷重基準はアルミ製可動床で $150 \text{ kg/1箇所}$ 、油圧式可動床で $200 \text{ kg/m}^2$ である。

### 2.1.3. ランチャ出入扉類

- (1) ランチャ出入扉（大扉、小扉）は整備塔に、ロケットを架装したランチャブームが出入り可能な開口部を確保する為の可動式の扉である。
- (2) ランチャ出入大扉は整備塔2階から10階までの一体型で、大扉内側には各階でロケット周辺の作業が可能な作業床部を有している。
- (3) ランチャ出入扉の開閉はスイング方式で、開閉動作は油圧アクチュエータ駆動である。
- (4) 扉類の開閉機構にはロック装置を設けている。また大扉は全開・全閉時に所定の風荷重に耐える構造である。大扉の各状態に於ける風荷重条件は次の通りである。  
 全閉状態                               : 60 m/s（最大）  
 大扉作動中及び全開状態       : 15 m/s
- (5) 整備塔7階から10階まで、組立室側のロケット吊込用吹抜け部（ロケット吊込胴）と塔内各階作業室間に仕切用のロケット吊込扉を設けている。
- (6) 吊込胴の最下部にはロケット吊込胴閉鎖扉を設けている。

### 2.1.4. クレーン設備

- (1) クレーン設備は50 ton天井走行クレーン及び0.5 tonチェンブロックを有している。
- (2) 50 ton天井走行クレーンの主要目を表2に示す。

表2 クレーン主要目

|                   |                                      |
|-------------------|--------------------------------------|
| クレーン様式            | 屋内型天井走行・横行クレーン                       |
| 吊上荷重              | 50 ton (1 台)                         |
| 巻上速度<br>(高, 中, 低) | 10, 5, 0.5 (0.3) m/min<br>( ) 内は低速巻下 |
| 走行速度<br>(高, 低)    | 8, 2 m/min                           |
| 横行速度              | 1 m/min                              |
| 揚程                | 40.36 m                              |

- (3) 整備塔4階床にはSMRC吊下げ専用の0.5 tonチェーンブロックが設置できる。

#### 2.1.5. エレベータ設備

- (1) エレベータ設備は昇降簀・巻上装置・制御盤及び昇降路等で構成され、整備塔内1階から11階までの貨物を主とする人貨昇降を行うものである。
- (2) エレベータの主要目を表3に示す。

表3 エレベータ主要目

|       |                           |
|-------|---------------------------|
| 間口    | 1.45 m                    |
| 昇降簀寸法 | 幅 2 m, 奥行 1.8 m, 高さ 2.1 m |
| 昇降速度  | 60 m/min                  |
| 積載荷重  | 1700 kg (定員 25 人)         |

#### 2.1.6. 整備塔空調装置

- (1) 整備塔空調装置は塔内空調装置・クリーンブース用空調装置及び地下換気装置等で構成され、整備塔内の作業環境を一定に維持すると共に、地下給電路内にロケット発射時の噴煙が流入あるいは滞留しないように排气するものである。
- (2) 塔内空調装置は整備塔の各階作業エリア内の温度・湿度の調整を行うものである。制御主要目を表4に示す。

表4 塔内空調制御主要目

|              |             |
|--------------|-------------|
| 温度           | 15 °C～25 °C |
| 湿度 (目標値)     | 40 %～60 %   |
| 各階の温度差 (目標値) | 5 °C以下      |

- (3) クリーンブース用空調装置は整備塔7階, 8階, 9階, 10階に設置されているクリーンブース内に清浄空気を供給して温度・湿度の調整を行うものである。制御主要目を表5に示す。

表5 クリーンブース空調主要目

|         |  |
|---------|--|
| 温度      | 15℃～25℃                                |
| 湿度（目標値） | 50％～60％                                |
| 外気取入量   | 15 m <sup>3</sup> /h・m <sup>2</sup> 以上 |
| 清浄度     | クラス 50 万                               |

- (4) 地下換気装置は地下給電路に浸入したロケット発射時の噴煙を排出する装置で、整備塔2M階に換気用送風機を設置し、地下給電路に新鮮な空気を供給（30 m<sup>3</sup>/h・m<sup>2</sup>）するものである。

### 2.1.7. 油圧装置

- (1) 油圧源は台車本体及び整備塔11階の機械室に設置され、旋回・俯仰等大容量系統に使用するNo.1油圧源と、捲上・扉及び床の駆動等の小容量系統に使用するNo.2油圧源で構成されている。
- (2) No.1油圧源の油圧ポンプは旋回及び俯仰の速度に応じて吐出量を制御できるものである。
- (3) No.2油圧源にはアキュムレータを設け、各作動機構の容量に対して十分な圧力及び油量を供給できるものである。制御方式は負荷/無負荷連続自動運転である。

### 2.1.8. 付帯設備

- (1) 低圧空気源装置  
整備塔内各階での作業に使用する作業用乾燥低圧空気（圧力7 kg/ m<sup>2</sup>，容量350 ℓ /min）を供給するために、空気源装置を整備塔11U階のエレベータ機械室に設置している。
- (2) 整備塔給排水設備  
給水は高架水槽配管方式で、整備塔屋上に水槽を設置している。各階屋外には手洗器を、また7階及び9階のヒドラジン/NTO取扱い場所には洗顔シャワーを設けている。
- (3) 注気・注液用配管設備類  
ロケットの第1段及び第2段制御装置（TVC）への注気注液用配管類及び第2段ノズル部/頭胴部への乾燥用窒素ガス供給用配管を設けている。各配管類は整備塔1階注気注液操作室から作業相当階まで地下給電路を介して、ランチャブーム内をステンレス管で配管している。
- (4) 非常用注水設備  
整備塔階段横に非常注水装置を設けている。
- (5) 強制換気装置  
強制換気装置はガス漏洩検知器・警報装置・排風機・排出フード・排気ダクト及び吐出口等で構成され、整備塔のSJ/SA部相当階の7階及び9階に設置してヒドラジン/NTOガスの漏洩時に換気を行うものである。換気運転には緊急換気運転・蓄積予防換気運転及び手動換気運転があり、いずれも運転順位はない。緊急換気運転は整備塔内対象階のロケット近傍に設けたガス検知器によりヒドラジン/NTOガス濃度を検知し、検知警報装置が警報及び表示をすると共に換気運転を行うものである。
- (6) 避雷設備  
避雷設備は落雷に起因する感電事故・絶縁破壊・機器の損傷及び誘導障害から作業員・ロケット・ランチャ及び整備塔機器等を保護するために設けている。避雷針の保護角は45°で、避雷針及び避雷導線はロケット本体から5 m以上離れた位置で配線している。



## (7) 接地設備

接地設備は機器漏電時の作業員の感電事故やロケット・ランチャ及び整備塔機器の静電気帯電による火花発生防止等のために設けている。接地はJIS-A4201に準拠するもので、A種接地である。ランチャ台車機械室出入口及び整備塔各階出入口には静電気除去のための銅板製接地板と接地端子を設けている。

## 2.2. ランチャ

- (1) ランチャは旋回・俯仰作動式で、ブーム系・台車系及び火炎偏向板で構成されている。
- (2) ランチャの旋回・俯仰等の主要な操作・監視は整備塔4階の操作室及び地下管制室より遠隔で集中的に行うことが可能である。
- (3) ランチャの旋回動作は、原則としてランチャブームが垂直な状態で行う。但しロケット発射可能方位角範囲内に於いての方位角修正の場合のみ俯仰角設定状態での旋回動作が可能である。
- (4) ランチャの諸元を表6に示す。

表6 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・俯仰方式                   |
| 高さ        | 約 36 m                    |
| 幅         | 約 1.2 m                   |
| 長さ        | 約 2 m                     |
| 重量        | 約 350 ton                 |
| ガイドレール長   | 前部・後部レール共 9.1 m           |
| ガイドレールゲージ | 前部・後部レール共 755 mm ± 0.5 mm |
| ガイドレール垂直度 | 1/5000 (rad)              |
| 発射上下角範囲   | 78°～90°                   |
| 俯仰作動範囲    | 78°～92°                   |
| 俯仰速度      | 0～20 °/min (連続可変)         |
| 俯仰角設定精度   | ±0.1°                     |
| 発射方位角範囲   | N+85°～N+150°              |
| 旋回作動範囲    | N+85°～N+276.8°            |
| 旋回速度      | 0～5°/min (連続可変)           |
| 旋回角設定精度   | ±0.1°                     |
| 旋回レール形式   | 1 条式 100 kg/m クレーンレール     |
| レール曲率半径   | 7.5 m                     |
| レール上面精度   | 1/5000 (rad)              |

### 2.2.1. ブーム系

- (1) ランチャブーム本体は銅板製箱型溶接構造で、上部ブーム・中部ブーム及び下部ブームの3分割式である。
- (2) ランチャブーム側面には着脱コネクタ及びカブラ類用の捲上装置を設置しており、ランチャブーム内部は各種配線・配管類のダクトスペースとしている。
- (3) シュラウドリングはロケット後部筒下面を直接支持するもので、上面にはロケット組立時の位置決めに必要な位置決めピン（シュラウドピン）が装備され、ロケット組立終了後にピンの着脱が可能な構造である。
- (4) ロケット組立台は銅板製溶接構造で上部4隅に組立台ジャッキを有し、ロケット組立時のシュラウドリングの水平度を確保するために、各ジャッキの単独運転及び同期運転が可能である。
- (5) ロケット組立台はロケットの組立作業中シュラウドリングを保持及び全段組立組てられたロケットをシュラウドリングと共に支持台へ移し替える機能を有している。
- (6) 捲上装置はロケットの搭載機器・制御系・点火系用のケーブル・コネクタ・カブラ類を打上げ直前まで保持し、地下管制室のランチャ管制盤からの捲上信号によって作動する。
- (7) ランチャ発射上下角の検出はランチャブーム内部に設置した俯仰角検出機構で行い、整備塔4階の操作室及び地下管制室のランチャ管制盤でモニタできる。また直視式の俯仰角度表示器をリンクレバーの横に装備している。

### 2.2.2. 台車系

- (1) 台車本体の内部は機械室になっており、ランチャ駆動源としての油圧装置・制御バルブスタンド・各油圧機器類・ランチャ系運転制御装置・旋回駆動装置及び照明等付帯機器類を設置している。また台車本体後部には頭胴部空調ユニット室を設置している。
- (2) 台車本体中心部はランチャ旋回動作時に、ケーブル類を支障無く処理できるようにケーブル垂直懸架方式を採用した。またロケット発射時の噴出ガス及び風雨が台車内部に浸入しない構造である。
- (3) 旋回レールは旋回ボギーの車輪荷重を支え、旋回動作中のランチャのガイドをしている。
- (4) ランチャ発射方位角の検出は台車内部に設置した方位角検出機構で行い、整備塔4階の操作室及び地下管制室のランチャ管制盤でモニタできる。また方位角を旋回レールに刻印している。

### 2.2.3. 火焰偏向板

- (1) 火焰偏向板はロケット発射時の火焰及び噴出ガスからランチャ・整備塔の基部を保護し、ロケット本体への逆反射等の悪影響を防ぐために所定方向へ偏向拡散させる構造である。また火災予防用としてドレンチャ装置を設けて偏向板に散水をする。
- (2) 火焰偏向板は鉄筋コンクリート製で、基礎と一体構造になっており、 $N + 85^{\circ} \sim N + 150^{\circ}$ の範囲に設けている。
- (3) 火焰偏向板表面にはロケットからの噴出ガス対策として、耐火セメントで耐熱処理を施している。

### 2.3. 頭胴部空調装置

- (1) 頭胴部空調装置は衛星の周辺環境を良好に保つ為、打上げ直前までノーズフェアリング内部の温度・湿度の調整を行うもので、空調ユニット・操作監視盤・及び送風ダクト等で構成される。
- (2) 空調ユニットはランチャ台車後方に増設された頭胴部空調ユニット室に設置されている。
- (3) 本空調装置のノーズフェアリング吹込口での送風条件を表7に示す。



表7 送風条件

|       |                                  |
|-------|----------------------------------|
| 温度    | 20℃                              |
| 温度制御幅 | ±3℃                              |
| 相対湿度  | 30～50%                           |
| 風量    | 20 m <sup>3</sup> /min           |
| 清浄度   | クラス 1 万                          |
| 外気条件  | 夏期 35℃, 70% 以下<br>冬期 -1℃, 50% 以上 |

- (4) 操作・監視は台車後方の空調ユニット室及び地下管制室で行うことができる。また整備塔9階及びM組立室内ランチャ班控室で温度・湿度をモニタできる。
- (5) 送風ダクトはロケット発射前に、送風を停止してカブラを離脱する。カブラ離脱を確認した後ランチャの捲上装置で捲上げられる。頭胴部空調装置のブロック図を図2に示す。

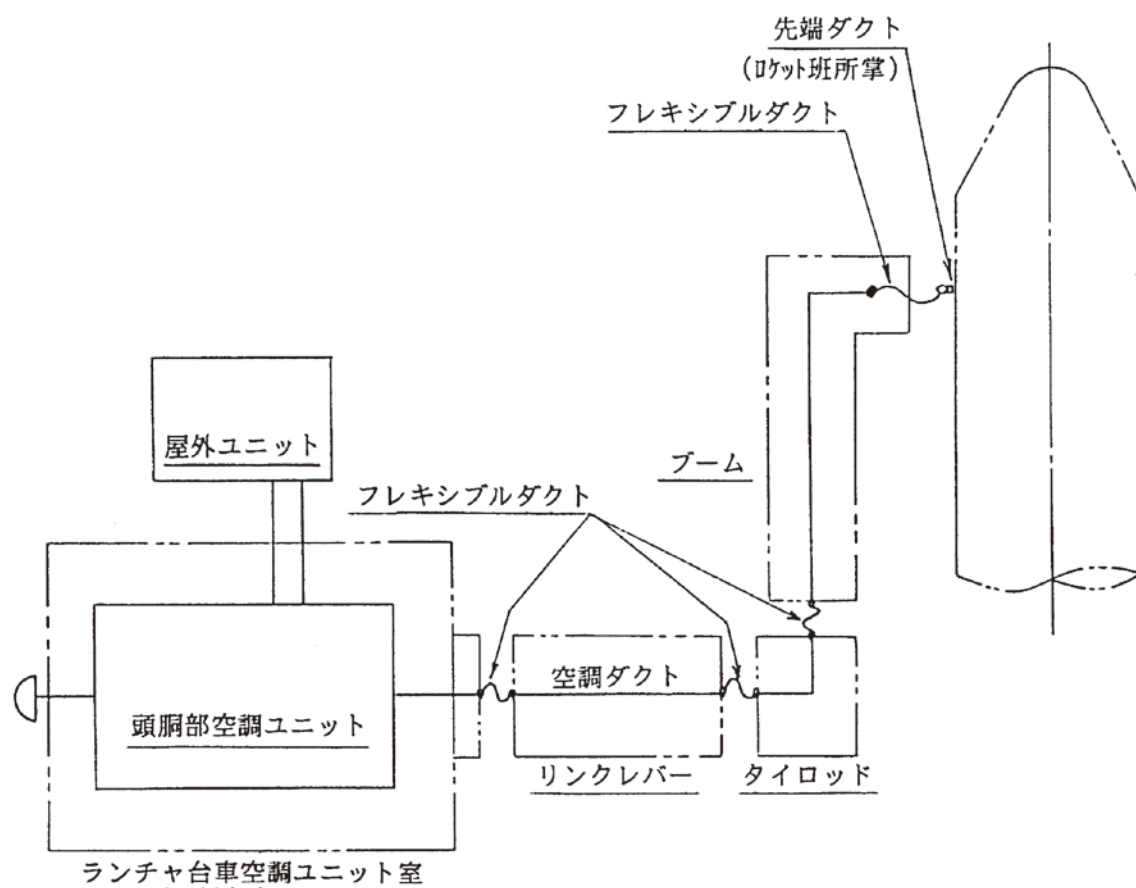


図2 頭胴部空調装置ブロック図

### 3. 門型移動装置

本装置はロケットモータ・頭胴部等の組立及び運搬の作業を効率的かつ安全確実に遂行できる構造を有しており、門型フレーム・走行装置・巻上装置・横行台車・補助台車・昇降式台車及び電気設備等で構成されている。構造は門型フレーム上に50 ton用巻上機を2台有する横行台車を搭載したもので、M組立室から整備塔間に敷設されている門型移動装置用レールの上を走行することができる。本装置の外観図を図3に示す。

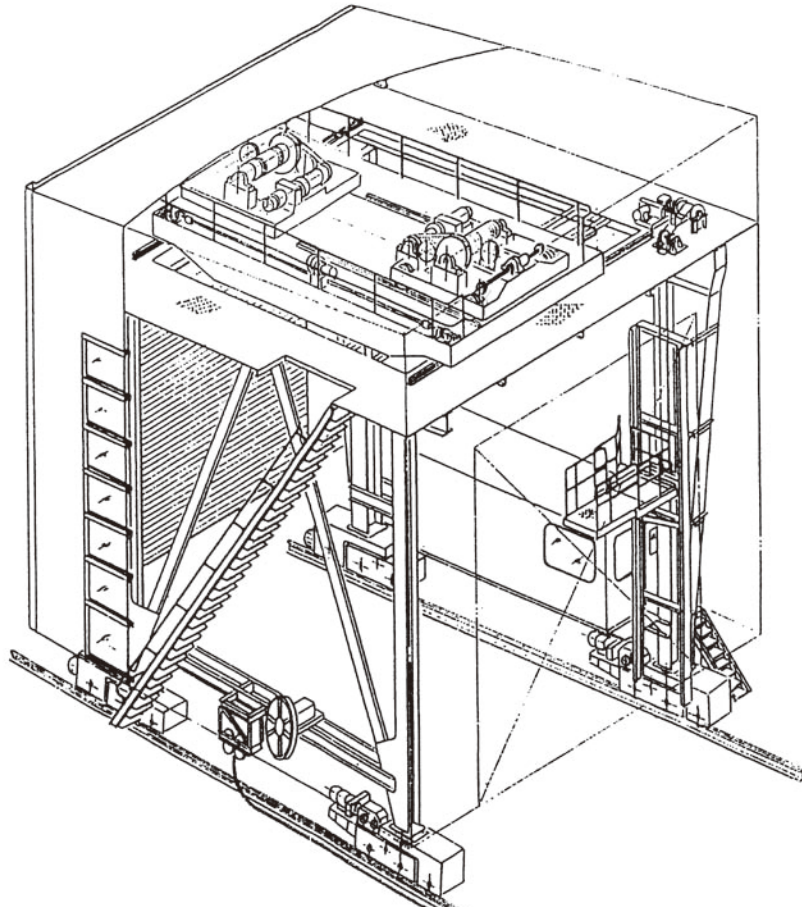


図3 門型移動装置概観図

本装置の特徴を次に示す。

- (1) M組立室から整備塔の間を走行することが可能である。
  - (2) 反転等の作業を容易に行えるよう巻上機を2台有しており、フック間距離を補助台車により変更可能な構造である。
  - (3) 各フックの高さをデジタル表示する機能を有している。
  - (4) 高所に於けるフック掛替作業等を安全・確実に行うために昇降式作業台を設けている。
  - (5) 雨天時にもロケットの運搬・吊込作業が可能な、屋根と側壁を有する全天候型である。
- 本装置の主要目を表8に示す。

表8 門型移動装置主要目

|        |          |                                     |
|--------|----------|-------------------------------------|
| 門型本体   | 全幅       | 10.4 m                              |
|        | 全長       | 10.8 m                              |
|        | 全高       | 14.7 m                              |
|        | 走行レールスパン | 8 m                                 |
|        | 走行速度     | 1.25～25 m/min                       |
|        | フック間距離   | 3.3～6.6 m                           |
|        | シャッター寸法  | 幅 : 6.6 m<br>高さ : 8.8 m             |
|        | シャッター速度  | 4 m/min                             |
| 巻上機    | 吊上荷重     | 50 ton (2 台)                        |
|        | 揚程       | 11.5 m                              |
|        | 巻上速度     | 0.36～1.8 m/min                      |
|        | ワイヤー     | φ 28 mm (8 本掛)                      |
| 横行台車   | 形状       | 幅 : 8.7 m<br>長さ : 4.8 m             |
|        | 横行範囲     | 走行レール芯より運転席側 : 1.3 m<br>反対側 : 2.0 m |
|        | 横行速度     | 1 m/min                             |
| 補助台車   | 形状       | 幅 : 3.4 m<br>長さ : 2.8 m             |
|        | 補助台車移動範囲 | 3.3 m (走行方向)                        |
|        | 補助台車移動速度 | 1 m/min                             |
| 昇降式作業台 | 積載重量     | 200 kg                              |
|        | 昇降速度     | 3 m/min                             |
|        | 昇降ストローク  | 6.95 m                              |
|        | 床部スライド量  | 1.4 m                               |
|        | 床部旋回角度   | 整備塔側へ 40°                           |

#### 4. 次期固体ロケットに向けて

本発射装置はロケット打上げ後毎に破損箇所の補修及び点検整備作業を行い、また適宜老朽化対策も実施して現在まで滞りなくM型ロケットの打上げに対応してきた。これまでの改修作業等で各種機能も向上しており、固体ロケットの整備・打上げを効率的に行えるようになっている。次期固体ロケットに対しても、作業性及びコスト面の両面で本装置を最大限活用するような改修作業を行うことが有効であると考える。