LETTER TO THE EDITOR

種子島宇宙センターの地上設備について*

Facilities in Tanegashima Space Center

鶴 宏**・古 関 昌 次***

Hiroshi TSURU and Masaji KOSEKI

種子島宇宙センターは、昭和 41 年に科学技術庁宇宙開発推進本部によって建設が始められ、昭和 44 年夏までに JCR 型、LS-C 型ロケットなどの小型ロケットの打上げに必要な施設、設備の建設が行なわれ、同年 10 月、宇宙開発事業団の発足に伴い同事業団に引継がれた。

宇宙開発事業団では昭和49年度に試験用ロケット（Q'ロケット）を打上げ、50年度にはNロケットによる人工衛星の打上げを計画し、それに対応して射場の整備計画をたて、種子島の南部の大崎地区を中心として宇宙センターの建設を行なっている。以下にその概要を紹介する。

ロケットの射場とは、ロケットを打上げるための設備を含んだ地理的な区域をいい、レンジといわれている。射場は、発射台（ランチャ）と発射管制棟（ブロック・ハウス）を中心とする直接打上げを行なう射点（ランチ・コンプレックス）、電波計測および追跡等を行なう観測所（ステーション）、これらを総括する指令管制棟（レンジ・コントロール・センタ、RCCともいう）および電源や水源等の支援系の施設、設備から構成される。

種子島は南北約 50km, 東西 4~12km の細長い島で, 第 1 図に宇宙センター施設配置の概要を示す.

(1) 竹崎射場 竹崎射場は、ロケット打上技術の習熟および人工衛星打上用ロケットに必要な基礎技術を開発するための小型ロケット打上実験に使用している。この射場には固体ロケットの JCR 型ロケット用の 50 型ランチャ、液体ロケットの LS-C 型ロケット用の 60 型ランチャ、組立室、発射管制室、レーダ室、気象観測所、光学観測所、指令管制棟などが整備されている。施設配置の概要図および射点近傍の写真を第 2、3 図に示す。

(2) 大崎射点とその周辺施設 大崎射点には試験

* 昭和48年10月27日原稿受理

** もと宇宙開発事業団

*** 宇宙開発事業団

用ロケットとNロケットの発射設備があり、発射管制棟（ブロック・ハウス）は共用する。射点の周辺には、ロケット組立棟のほか気象塔、カメラ塔等を配置

第1図 種子島宇宙センター施設配置の概要

する。大崎地区の配置の概要を第4図に示す。

a) 試験用ロケット発射設備 (第5図) この発射設備は、東京大学の鹿児島宇宙空間観測所でミュー・ロケットに使用しているものとはほぼ同形で、整備塔とランチャが一体となっており、整備塔でロケットを組立てた後ランチャ部がせり出し、かつ、傾斜角をとるようになってゐる。ただし、2段目のロケットはミュー・ロケットが固体ロケットであるのに対し、試験用ロケットは液体ロケットであるから、液体燃料の供給系等が付加された設計になっている。整備塔およびランチャの諸元の概要を次に示す。

第2図 竹崎地区施設配置の概要

第4図 大崎地区施設配置の概要

第3図 竹崎射撃点近傍

第5図 試験用ロケット発射設備

整備塔	ランチャ
高さ 34.7m	高さ 23.4m
幅 10m	幅(ランチャ台車部) 5.1m
長さ 12.2m	長さ 6.2m
重量 約450トン	重量 約80トン
組立室 2~8階	発射上下角範囲 65~85°
機械室 1階, 9階	俯仰範囲 0~90°
	俯仰速度 0~5°/min
	旋回動作範囲 270°
	旋回速度 0~5°/min

b) Nロケット発射設備 Nロケット発射設備はランチャ・デッキと整備塔が別になっている形式で、高さ約55m、重さ千数百トンの巨大な整備塔が発射前にレールの上を後退する。概念図を第6図に示す。ラン

チャ・デッキには直接ロケットを支持する支持台があり、この上に整備塔を使用してロケットを組立ててゆく。ランチャ・デッキの下には火焰偏向板をおき、これによりロケットの発射時の高温高速の燃焼ガスによる

第6図 Nロケット射点の概要

損傷を防ぐため、噴出ガスを安全な方向に排出させる。偏向板の熱防護方式には湿式と乾式があるが、ここでは乾式を採用した。

アンビリカル塔は、ロケットに発射時まで接続されている電源、制御計測用ケーブル、電子機器部および衛星部への空調ダクト等を支持する鉄塔である。ランチャ・デッキを中心にして両側に燃料および酸化剤の供給設備がある。すなわち、第1段ロケットの燃料はRJ-1（ケロシン）、酸化剤はLOX（液体酸素）で、これらはそれぞれタンクに貯蔵し、ガス押し（窒素ガスをういた供給装置）で固定配管を通してロケットに注入される。第2段ロケットの燃料はA-50（エアロジン50、UDMHとヒドラジンの半々のもの）、酸化剤は N_2O_4 で、これらはそれぞれ供給スラブにおくタンク・ローリによって、ガス押しでロケットに注入される。

発射支援棟は支援機械棟と空調機械室からなり、支援機械棟には第1段推進剤および高圧ガスの制御装置、空気圧縮機、与圧送風機等の射点支援装置を収納する。

また、射点にはヘリウム・ガス（GHe）や窒素ガス（GN₂）の貯蔵供給設備をおく。ヘリウム・ガスは主として第2段ロケットの燃料ガス押し、弁作動用に、窒素ガスは主として射点設備の気体弁作動用、推進剤供給押しガス用、電気関係の防爆パージ用、推進剤供給等

の清掃パージ用などに広く使用される。窒素ガスは多量に使用するので液体窒素（LN₂）を気化し、高圧窒素ガス（GN₂）として使用される。

c) 発射管制棟（ブロック・ハウス） 発射管制棟はロケットの組立作業の管理、衛星やロケットの発射前のチェック・アウト、ロケットの発射作業などを遠方から安全に行なうための管制棟で、位置は試験用ロケット・ランチャから約90m、Nロケット・ランチャから約150mの距離にあり、建物は半地下鉄筋コンクリート構造で、円錐形の厚いコンクリート屋根の上を土で覆ってある。内部は円筒形の2層とし、1階は発射管制室、地下はテレメータ・チェック・アウト室などになっている。この建屋は発射時に運用要員のいる所で、しかも、ランチャに近いことから防爆、災害防止には特に気をつけて設計されている。

射点では発射管制棟から各ランチャ点等をつなぐケーブル布設は、主としてトンネルを用いている。大きさは保守の便を考慮して十分人が通れるように2m×2.5m程度になっており、災害時の避難通路としても使える。このほか、通常のケーブル・トラフも使用しているが、架空配線は射点の近くには使用していない。

d) 危険区域施設 射点の北側の山あいを利用して固体ロケット試験棟、固体燃料庫、スピン試験棟、液体燃料・酸化剤の貯蔵所等を計画している（第4図参照）。これらは危険物を取扱うので、災害防止のためそ

れぞれ孤立させており、かつ、一本の道路に沿わせて管理のしやすい配置にしてある。

固体ロケット試験棟は、破非壊検査装置等により、射場に運ばれた固体ロケットの試験を行なう施設である。スピン試験棟は第3段ロケットと衛星を組合わせて回転させ、釣合の試験と調整を行なう施設である。

e) 衛星試験棟 衛星試験棟は射点の北側、スピン試験棟と比較的近い位置におき、衛星チェック・アウト装置を収納して、射場に搬入された衛星をロケットに搭載するまで、ここで各種のチェックを行なう。

(3) 指令管制棟と発射指令管制設備

a) 指令管制棟 (RCC) 指令管制棟は射点後方約800mの台地におき、打上時には射場全体の中樞になるもので、指令管制室、計算機室、光学観測管制室、気象観測管制室等がある。ここに指令管制設備や電子計算機を含む飛しょう安全設備、地上安全設備等を設置する。

b) 発射指令管制設備 指令管制棟におく指令管制設備と、発射管制棟におく発射管制設備とを合わせて、発射指令管制設備と呼ぶ。これはロケットを安全確実に、しかも、あらかじめ定められた時刻に発射し、かつ、発射後はレーダ、テレメータ、光学追跡等の

の作業を誤りなく行なわせるなど、ロケットの発射を統一的に進めるための中枢機能を司るものである。狭義の発射指令管制設備としては、指令管制棟の指令管制室におく射場準備状況表示盤、発射後の追跡設備状況表示盤、管制を行なう発射管制卓等と発射管制棟におく発射前状況表示盤、発射の操作を行なう発射指揮卓、ITV、指令電話、拡声装置等がある。また、広義には標準時刻設備、飛しょう安全設備、地上安全設備、気象設備、光学設備等が含まれる。第7図にこれらの系統と指令管制棟と発射管制棟の機能を示す。なお、この機能図からわかるように発射までの操作は発射管制棟が主体であり、指令管制棟では監視や射場の観測所等との調整を行ない、発射後の主体は指令管制棟に移る。

指令電話はこの系のなかでは重要な役目をなすもので、次の四つのものを計画した。

i) 緊急指令電話 発射管制卓、発射指揮卓等重要な場所の間を結ぶ緊急指令電話で、プログラム・ボードにより接続先の変更ができる。

ii) 会議電話 会議メンバーである作業責任者間を結ぶ会議電話である。会議召集者席と被召集者席があって、いわゆる親子の関係がはっきりしている。メンバ

第7図 発射指令管制設備

(1) 指令管制棟 (RCC) の機能

- 射場内の時刻同期の確保
- 射場準備状況の把握と周知
- ロケット飛しょう状況の把握と周知
- 万一の非常事態には指令破壊の操作
- 射場内および射場付近の安全状況の把握と周知
- 射場内および射場外の通信路の確保
- TVカメラおよびモニタの操作、制御、監視
- 通信の操作、制御、監視
- 放送の操作、制御

(2) 発射管制棟 (ブロックハウス) の機能

- ロケット発射前の全ロケット系、衛星、搭載機器類のチェック・アウトの管制
- ランチ・パッドを含む準備の監視、指令、保安管制
- 時刻表示系の時刻設定の遠隔制御
- 指令管制棟の主要ステータスのモニタおよび関連ローカル・センタとの通話連絡
- ロケット発射準備の集約
- ロケット発射ボタンの操作 (万一の非常事態には非常用ボタンの操作)
- 指令管制棟に対するリフト・オフ信号の送信

以外にはモニタされない。

iii) 作業用相互連絡電話 作業状況の把握、作業指示等の連絡に使用する。多くの作業別ネットワークで構成され、接続は端末で任意に行なえる。接続可能なネットワークはプログラム・ボードにより変更できる。

iv) 専用連絡電話 射点外との作業連絡、業務連絡に使用する専用電話である。

c) 飛しょう安全設備 飛しょう安全設備は、後述のレーダ、光学追跡装置、テレメータ等から指令管制棟に送られてきたデータを実時間で処理し、XYプロッタ等に表示することによってロケットの飛しょう状況を知り、あらかじめ計算された軌道上を飛しょうしているか、ロケット・エンジンが正常に作動しているかなどの判断を行なうためのものである。万一、ロケットに異状が認められた場合は、機を失せず冷静な判断を下すことは、指令管制棟の安全主任の任務である。この指令は安全主任卓のボタン操作によって、保安用コマンド送信機を通して信号として送られ、必要があればロケットの破壊あるいは推力停止を行なう。

(4) 電波および光学観測所 電波系の観測所としては中之山テレメータ・ステーション、増田テレメータ・ステーション、野木レーダ・ステーションがあり、中之山に対応して上里のコリメーション設備、増田、野木に対して中割のコリメーション設備がある。コリメーションは視準塔ともいい、レーダ、テレメータ

第8図 中之島テレメータのアンテナ

タのアンテナの更正、チェックに使用する。

光学系の観測所としては、竹崎射場を中心として第1光学観測所より第4光学観測所までである。これらは大崎射場に対して全部南側にあるため、新たに大崎射場の射点周辺に2地点を選び、レンジ・セーフティ観測所として比較的近距离の追跡を行なうように計画するとともに、増田地区にも増設する計画である。

a) ロケット・テレメータ受信設備 ロケット・テレメータ受信設備は、電波によりロケットから送られてきた加速度や姿勢角、あるいは内部の圧力や温度などのデータを受信するもので、その受信設備の一つは指令管制棟に近い中之山テレメータ・ステーションにある。アンテナは10m径のパラボラ・アンテナ(第8図)で、周波数は2.3GHz帯と295MHz帯の両方が同時に受信可能であり、復調系もFM-PM、PCM-

第9図 テレメータ受信設備系統図

(*) は各装置に対する制御信号

第10図 中距離追尾レーダ系統図

PM の両方ができるようになっている。また、追尾受信系も備え、モノパルス方式で追尾する。受信設備の系統図を第9図に示す。さらに、受信設備のバック・アップとして増田地区にも受信設備をおく計画である。

b) レーダ設備 野木のレーダ棟にはすでに中距離追尾レーダがあり、さらに誘導レーダ、誘導用計算機を設置する。中距離レーダは初期捕捉を行ない、追跡には誘導レーダのバック・アップとして使用される。

中距離レーダは周波数 5.6GHz 帯、尖頭出力 1MW、パルス幅は 1 次レーダの場合約 1 μ s、2 次レーダの場合約 0.5 μ s、繰返しは約 250 pps、アンテナは 4 m 径のパラボラ精アンテナと 0.8 m 径のパラボラ粗アンテナを同一架台におき、初期捕捉に便利にしてある。S/N 20 db 以上で測角精度 0.03 度 rms、測距精度 9 m rms 程度、ただし、動的測距誤差は 15 m 以下 (8 km/s, 80 m/s²) である。中距離レーダの系統図を第10図に示す。

誘導レーダは、周波数および出力は中距離レーダと同じであるが、アンテナは 5 m 径のパラボラを用い、追尾はモノパルス方式を採用して精度をあげるようにしている。誘導レーダは追尾および誘導を行なうが、誘導については野木地区に誘導計算機および管制卓をおき、レーダと組合わせて情報を処理し、誘導コマンド信号をレーダを通して送る方式をとっている。

c) 保安用コマンド送信設備 保安用コマンド送信設備はすでに飛しょう安全の項で述べたように、射場から発射したロケットの飛しょうが何かの事故で予定軌道をはずれて危険な場合、指令信号を送信してロケットを破壊または推力停止をさせる。

送信機の周波数は 2,600 MHz 帯で、電波形式は

Tone-PM の連続波、出力は 10 kW、終段増幅管は水冷のクライストロンを使用している。アンテナは 320 mm 径の円錐ホーンの固定アンテナと、3.3 m 径のパラボラを使った可動アンテナからなっている。後者は、レーダ系からスレーブ信号を受けて追従駆動ができるようになっている。保安用コマンド送信設備 (第11図) は野木地区にあるが、大崎・竹崎射場の中間のレンジ・セーフティ観測所にも同形式のものをおく予定である。これには無指向性アンテナをつけることを計画している。

d) 光学追跡設備 2 点以上の場所にシネセオドライトをおいて、ロケットを追跡し、その仰角および方位角から飛しょう経路を求めるものである。シネセオドライトは経緯儀とシネ・カメラを組合わせたもので、仰角および方位角、時間目盛、画面中のロケットの位置から計算によってロケットの位置、速度、加速度などを正確に求める。光学設備は通常飛しょう後の解析に使われるが、将来は実時間処理を行なって、ロケッ

第11図 野木コマンド棟

第 12 図 増田地区配置予定図

ト飛しょう初期の軌道を指令管制棟の指令管制室に XY プロッタで表示する計画である。

e) 増田テレメータ・ステーション 増田地区には、衛星関係の追跡やテレメータ・データの取得を主目的として、約 20 万 m^2 の土地に将来の衛星も考慮した増田テレメータ・ステーションを計画している。第 12 図にその概要を示す。(点線は将来計画)

衛星テレメータ受信設備、衛星を精密に追跡するためのレンジ・アンド・レンジ・レイト (R & RR) 追跡設備、マイクロ波通信設備、受配電および電源設備をそれぞれ第 1 観測棟、通信棟、電力棟に収納する予定であり、さらに衛星コマンド送信設備および衛星コマンド棟を計画している。

建屋の外に設置する各アンテナは、相互干渉や射点に対する方向などを考えて配置がきめられている。

f) マイクロ波通信設備 マイクロ波通信設備は野木レーダ・ステーション、増田テレメータ・ステーションおよび中之山テレメータ・ステーションを結ぶ回線によってレーダ・データ、テレメータ・データ等を指令管制棟に送り、また、これら相互間の通信にも使用する。現在野木、中之山間のマイクロ回線ができており、周波数は 6GHz 帯で、N ロケット打上時には電話で 120 チャンネル送る予定である。次の段階として増田に中継局をおき、分岐中継ができるように計画しており、また、TV 回線も利用を検討中である。なお、中之山、指令管制棟間はケーブルで結ぶ予定である。

マイクロ波通信設備は、各局とも送受信機と搬送端

局装置のほか、データ伝送用変復調装置をもっている。

(5) 支援系施設

a) 水源給水施設 射場で消費する水は生活用、機械の冷却用、消火用など相当多量のものが見込まれるのに対し、地下水はあまり期待できない状態なので、谷間をせき止めて 8 万トン程度の貯水池をつくる計画で、取水せき、浄水施設、給水施設を建設する。野木、増田地区については地下水でまかなう予定である。

b) 発電施設 大崎地区では照明、動力、機器の電源、空調用など N ロケット打上時に 7,500 kVA 程度の電力需要が見込まれる。これを買電でまかなうことはできないので、1 台 1,500 kVA のジーゼル・エンジン発電機を第 1 期として 3 台、第 2 期として 2 台設置する予定である。このほか、商用電源を 1 回線入れる。母線としては A, B, C の 3 回線を設け、A, B は自家発電に、C は商用回線に接続し、無停電対策としてスポット・ネットワーク方式を採用し、A, B 母線はこれに接続してある。野木、増田地区に対しては、それぞれ商用電源とともに自家発電設備をおく予定である。

(6) ロケット・エンジン地上燃焼試験場

種子島にはロケット・エンジン地上燃焼試験場が二つ計画されてきた。一つは、竹崎地区にある水平型の固体ロケット用燃焼試験場であり、46 年秋に試験用のロケット・モータの燃焼試験を行なった。

他の一つは、N ロケット第 1 段液体ロケット・エンジンの性能を試験するための燃焼試験場で、垂直型的主エンジン・テスト・スタンド、コンポーネント・テスト・スタンド、燃料、酸化剤の貯蔵供給設備、高圧ガス供給設備、計測室等を設置する予定である。位置は第 4 図に示すように射点の北側を予定している。燃焼試験場には火焰偏向板冷却のため多量の水が必要で、前述の水源施設から供給する予定である。

以上で種子島宇宙センターの概要を紹介したが、48 年および 49 年 3 月を目標に試験用ロケットおよび N ロケットの発射関係諸施設が急ピッチで建設中である。