類かの RAM にまとめる といったことをやればよいであろう。

最後にスペース・ステーションであるが、スタディの初期にはサターンVで大きなステーションを打ち上げ、それを中核として、そのまわりにシャトルで打ち上げられたモジュールをドッキングにより追加して大きなステーションをつくる考えで進んでいたが、最近

にいたりすべてスペース・シャトルで運んで組み立てる方向に変わって来た。初めは第18図に示すような簡単なもので、6名が居住可能であって電力は約15kW、汎用実験室的なものである。本格的なものは第19図のような形になるであろう。各構成要素は将来このような姿になることを想定して設計する必要がある。

7. あとがき

前述のような本年1月5日ニクソン大統領が、スペース・シャトルの本格的開発を承認した声名のなかで“continued pre-eminence of America and American industry がシャトルの一つの重要なペイロードであろう”といっている点は興味深い。この決定に伴ってNASA は全面的にスペース・シャトルの開発へと動き出したが、一方においてスペース・ステーションやスペース・タグは大幅に後退してしまった。特にタグについては当面国際協力として計画を進めないこととなつたので、欧州のスペース・タグは完全に宙に浮いた形になってしまった。さらにスペース・シャトルに対する協力も会社を通じての下請的なものしか考えられなくなったもので欧州宇宙会議も、NASA の設けたポスト・アポロ計画への協力の期限10年末日を前にして未だに態度を決めかねているような状況にある。

日本は立ち後れていただけに実害を受けることはほとんどなかったが、今後のポスト・アポロ計画の行方には十分留意するとともに、長期間の方針について充分検討する必要がある。

引用文献

- 1) NASA: Post Apollo Program Status Briefing for the European Space Conference, 1971.10.22.
- 2) 欧米にみる宇宙開発——ポスト・アポロ計画を中心に——経団連パンフレット No.110 1971.11. p.9.
- 2) Aviation Week 1972.6.19. pp.36-37.

第18図 初期のスペース・ステーション

第19図 大型スペース・ステーション

N計画の現況と将来の展望*

Current Status and Future Prospect of the “N” Program

高 田 茂 俊**
Shigetoshi TAKATA

黒 田 泰 弘***
Yasuhiro KURODA

1. ま え が き

わが国の宇宙開発は、宇宙開発委員会において決定

される“宇宙開発計画”にもとづき、科学研究の分野においては東京大学が、実利用の分野においては宇宙開発事業団が主体となって開発をすすめている。

現在の宇宙開発計画によれば、実利用の分野においては、いわゆる“N計画”として、昭和50年から52年度末の間に、Nロケットを開発するとともに、技術

* 昭和48年3月15日原稿受理。

** 宇宙開発事業団。

*** 宇宙開発事業団。

試験衛星Ⅰ型およびⅡ型 (ETS-I, II), 電離層観測衛星 (ISS), 実験用静止通信衛星 (ECS) の4種類の衛星を開発して、種子島宇宙センターから打ち上げることが定められており、この計画にしたがって、宇宙開発事業団では、これらの人工衛星と打ち上げ用ロケットの開発のほか、種子島および筑波宇宙センターなどの地上施設の開発整備ならびに打ち上げ、および追跡管制業務等を推進している。N計画は、昭和45年度の決定以来、逐次進展し、現在、衛星関係においては初期に打ち上げるもののプロトタイプ・モデルを製作中であり、ロケット関係では実機の製作を開始している。また、各種の地上施設の開発整備も軌道にのり、いまや建設の最盛期に入ろうとしている。このような時機において、N計画の現状を報告し、さらに将来を展望する機会を与えられたことを感謝したい。

2. N計画の策定と将来の展望

宇宙開発は、研究と開発にあてられた最初の10年を経て、世界は広範な宇宙の利用時代を迎えつつあり、いまや、宇宙空間の利用は国民生活の向上と産業経済の発展に不可欠のものとなって来た。わが国において、関係の各方面から実用衛星の開発およびその打ち上げに対する要求が高まって来たのも、そのそのあらわれといえよう。昭和45年度決定の宇宙開発計画においては、ただちに開発すべき衛星として第1表(その1)に示すものが、また将来の要望に対処するために調査研究すべき衛星として同表(その2)に示すものが定められた。

これらの打ち上げ要求を充たすためのロケットとしては、当初、QおよびNロケットが考えられていた。

第1表 実用衛星計画 (その1)

項目 衛星名	ミッション	軌道	重量	打ち上げ年度
技術試験衛星Ⅰ型 (ETS-I)	<ul style="list-style-type: none"> ・ロケット打ち上げ技術の確認 ・衛星追跡管制技術の習得 ・伸展アンテナの伸展実験 ・衛星環境の測定 ・衛星姿勢の測定 	高度: 約 1000 km 円軌道 傾角: 47°	約 85 kg	昭和50年度
電離層観測衛星 (ISS)	<ul style="list-style-type: none"> ・電離層の臨界周波数の世界的分布の観測 ・電波雑音源の世界的分布の観測 ・電離層上部領域のプラズマ特性の測定 ・電離層上部領域の正イオン密度の測定 	高度: 約 1000 km 円軌道 傾角: 約 70°	約 120kg	昭和50年度
技術試験衛星Ⅱ型 (ETS-II)	<ul style="list-style-type: none"> ・静止衛星打ち上げ技術の習得 ・静止衛星追跡管制技術の習得 ・静止衛星姿勢制御機能の試験 	同期軌道 傾角: 30°	約 130kg	昭和51年度
実験用静止通信衛星 (ECS)	<ul style="list-style-type: none"> ・UHF帯, SHF帯, 準ミリ波帯およびミリ波帯の周波数を用いた通信実験および電波伝はん特性の調査 ・衛星の軌道変換および姿勢制御技術の確立 ・静止衛星の設計, 製作技術の確立 	静止軌道 傾角: 0°	約 130kg	昭和52年度

調査対象の実用衛星 (その2)

項目 衛星名	ミッション			
気象衛星	・宇宙空間からの常時気象観測, 気象資料の収集, 配布			
通信衛星	・国内幹線通信, 移動体との通信および離島通信, 非常通信等			
航行衛星	・航空機, 船舶の航行援助, 航行管制, 安全通信等			
測地衛星	・測地基準点の確立等			
放送衛星	・我国を含むアジア諸国との国別放送等			

Qロケットは、それまで、日本において比較的开发経験に富む固体ロケットを第1, 第2, および第4段に使用し, 高精度の誘導制御を行なうのに有利な液体ロケットを第3段とする4段式ロケットであった。そして, このQを用いて電離層観測衛星などの中高度軌道衛星を打ち上げ, 次いで, その開発によって得られた技術を基盤としてNロケットを開発し, 実験用静止通信衛星などの衛星を静止あるいは同期軌道に打ち上げることとしていた。

しかし, 昭和44年10月, 宇宙開発事業団が発足して以来, この計画における開発の進捗状況などを詳細に検討した結果, 今後解決すべき問題点が多く, 打ち上げ時期の後れる公算が大きくなった。逆に, 衛星利用者側にあつては, もっと大型の衛星をできる限り早い時期に打ち上げたいという要望が急速に高まり, また, その年7月に宇宙開発に対する日米政府間交換公文が締結されて以来, 米国より導入できる技術の範囲などが, 逐次明らかになって来た。このような内外情勢の変化にかんがみ, 昭和45年度には, 従来の宇宙開発計画に対する見直しが行なわれ, 結局, それまで進めて来たQロケットの開発を中止して, ソー・デルタの技術を大幅に活用する新Nロケットの開発に直ちに着手し, 実用分野において当面開発される衛星は,

すべてNロケットによって打ち上げられることが決定された。

これは, 次第に大型化する衛星をできる限り早期に打ち上げたいとの要望に応ずるためには, 性能向上のための改良発展の可能性が比較的高い中型液体ロケットの技術を, わが国として, 一刻も早く確立する必要があるとの判断に達したゆえでもある。こうして新たに策定されたN計画には, 宇宙開発の実用面において立ち遅れたわが国が, 出来る限り早く, 確実に, 経済的に, ロケットと衛星を開発し, 先進国の一員に仲間入りするための実力を一日も早く涵養したいという願望がこめられているといつてよいであろう。

ところが, 昭和47年度に入つて, さらに重量250~300kgの静止気象衛星, 実験用中容量通信衛星, 中型放送衛星などを, 昭和51年度を目標に打ち上げたいというきわめて強い要望がなされて来た。これらの要望は, ロケットの衛星打ち上げ能力の点からいっても, 開発スケジュールの点からいっても, 現行のN計画の可能範囲をこえているので, 要望に応ずるためには早急にNロケットの性能向上をはかる必要があるが, それも間に合わせ場合は, 米国に打ち上げを依頼することも考慮せねばならぬほどきびしいものであった。

第2表 Nロケットの性能向上に対する技術的問題点

項 目		技術点問題点
1段液体ロケットのクラスター		クラスター化に際して構造強度, 推力方向制御等に対する新規研究開発・試験, 全体効率低下など エンジン燃焼試験, 射点新設など
1段液体エンジンのクラスター		機体直径増大とエンジン取り付け部, 推力方向制御方式の変更等に対する新規研究開発・試験など エンジン燃焼試験, 射点新設など
補 増 強 プ ー ス タ の	ブースタの個数増加	1段機体のポート・テール改造など
	ブースタの大型化	大型ブースタの開発と燃焼試験など 機体側の構造強度に対する検討など
	ポート・テールの改造	上記に伴う改造と構造強度の検討など
1段推進薬タンクの延長増量		タンク材の新規加工技術など
2 の 段 改 良 ロ ケ ッ ト	アブレーション冷却式エンジン	適性 FRP の開発, エンジン燃焼試験など
	推進薬タンクの大型化	大型化に伴う製作, 試験など
	液体酸素/液体水素エンジン	液体水素の製造, タービン・ポンプの開発, 燃焼試験, タンク構造, 断熱等長期の先行研究
3段ロケット・モーターの大型化		モーターの大型化に伴う開発・燃焼試験など
ノーズ・フェアリングの大型化		素材加工 (金属または FRP), 放出機構の試験など 衛星2段外形とのマッチングの検討など
誘 導 方 式	電 波 誘 導	現行方式と原則的に同じ
	慣 性 誘 導	現行方式を全面変更するための長期の先行研究

第1図 Nロケットの性能向上に対する構想

第3表 人工衛星の概要

人工衛星の種類		ETS-I	ISS	ETS-II	ECS	備 考
項目						
形 状 寸 法 重 量		直径 80cm の球に 内接する26面体 約 85kg	直径 94 cm, 高さ 82 cm の円筒形 約 120kg	直径約 140cm, 高 さ約 90cm の円筒形 約 130kg	直径約 140cm, 高 さ約 90cm の円筒形 約 130kg	
軌 道		高度 約 1,000km 軌道傾斜角 約47度	高度 約 1,000km 軌道傾斜角 約70度	高度 約 36,000km 東経 130° 軌道 同期軌道	高度 約 36,000km 東経 140° 軌道 静止軌道	
寿 命		約 3 カ月 *90%以上	1.5年 *70%以上	約 6 カ月 *80%以上	約 1 年 *60%以上	*残存確率
ミ ッ シ ョ ン		第1表そのと同じ				
機 能		<ul style="list-style-type: none"> ・打ち上げ時および軌道上の環境データ取得 ・姿勢データ取得 ・追跡データ取得 ・伸展アンテナ実験 	<ul style="list-style-type: none"> ・電離層の世界分布の観測 ・電波雑音の世界分布の観測 ・プラズマ測定 ・正イオン密度測定 	<ul style="list-style-type: none"> ・打ち上げから静止軌道投入および静止軌道上の環境, 姿勢, 追跡等の各データの取得 ・姿勢制御装置の試験 ・通信, 航行, 気象用等の搭載機器の機能試験 	<ul style="list-style-type: none"> ・打上げから静止軌道投入および静止軌道上の環境, 姿勢, 追跡等の各データの取得 ・SHF, EHF 帯の通信実験 	
姿 勢 制 御		<ul style="list-style-type: none"> ・スピン安定 初期100rpm±10% ニューテーション・ダンパー 	<ul style="list-style-type: none"> ・スピン安定 初期 130 rpm 1.5年後-10%以下 	<ul style="list-style-type: none"> ・スピン安定 100 rpm±10% 	<ul style="list-style-type: none"> ・スピン安定 100 rpm±10% 	
熱 制 御		受 動 型	受 動 型	受 動 型	受 動 型	

これを受けた宇宙開発委員会におかれては、衛星側における要望の必要性と緊急性、打ち上げの可能性などについて、慎重な検討を重ねた結果、静止気象衛星については昭和48年度より開発に着手し、通信衛星、放送衛星については開発研究を進めることを決定された。また、Nロケットについては、その性能を向上するための改良発展の方法および順序などについて討議されたが、今後引き続いてさらに詳細な検討を重ねることとされた。

Nロケットは、前述のように、もともと性能向上のための改良発展の可能性が高いロケットとして選定されたものであって、補助ブースタの増強や、上段部ロケットの改良などによって、効率よく着実に、衛星打ち上げ能力を増すことができる。とくに、2段目に液体酸素・液体水素ロケット・エンジンを採用することによって、飛躍的に性能を向上することができる。さらに、第1段液体ロケット・エンジンを数個束ねてクラスタとしたり、あるいは、第1段ロケットそのものをクラスタとすることによって、より大きな打ち上げ能力をもたせることも可能と考えられる。第2表は、それらの各場合における技術的問題点を示したものであり、第1図は、そのような問題点を考慮しながら、逐次技術をつみ上げ、順を追って大型化をはかる開発構想の一例を示したものである。これとあわせて、ロケットの慣性誘導、衛星の軸姿勢制御などの技術も、将来のために開発を急ぐ必要があろう。

このようなロケットの大型化と精度・性能の向上と開発完成時期が、衛星利用者側の要望に対応できるかどうか、もしそれが困難な場合にはどう対処すべきかなど、開発所要経費や開発完成時に予想される世界情

勢などもあわせ考慮して、今後の方針が検討されることとなるであろう。

3. Nロケットの開発

現在のNロケットの開発計画は、とくにその初期段階において、米国よりの大幅な技術援助を受け入れながら進めることとしている。すなわち、わが国ではほとんど経験のない分野であり、かつ開発には、最も多額の費用と長期の時間を要する第1段の液体ロケット・エンジン (LOX/RJ-1) ならびに機体構造については、ライセンス生産とし、従来、日本である程度開発が進められており、比較的小型で、第1段に比べてそれ程多大の費用と時間を要しない第2段の液体ロケット・エンジン (NTO/AJ-50) と機体構造に対しては米国の技術援助は受けるものの、自主開発を基調として進めることとしている。また、第1段の補助ブースタや第3段の固体ロケットに対しては、当面は米国のものを導入するが、将来は、これまでわが国でつみ上げられて来た固体ロケットの技術を活用することを考えながら、それらの開発を進めることとしている。さらに、技術的に最も困難な誘導制御システムについては、当面は米国より信頼性の高い部品を購入するが、やがては、日本でもシステム開発を進められる可能性の高い方式を採用することとしている。

以上で明らかなように、Nロケットにおける自主的開発の努力の焦点は、第2段の液体ロケット・エンジンと誘導制御システムにあるが、これらに関する基礎技術を開発するために、LSC、JCRなどの小型ロケットの打ち上げ実験を行なっており、また、Nロケットの本番打ち上げの前段階として、試験用ロケットMの

第2図 小型および試験用ロケットとNロケットとの関係

打ち上げ実験を予定している。試験用ロケットは、その第1段に、東京大学で開発されたMロケットの第1段を使用させていただき、上部にNロケットの上段部を組み合わせたものである。第2図は、Nロケットにおける技術要素が LSC, JCR から試験用ロケットを経て、Nにつなげられる過程を示したものである。また、Nロケット打ち上げに先立って、ロケットと地上の施設設備との整合性を総合的に試験し、打ち上げ管制作業などの訓練などにも資するため、GTV (地上試験用ロケット) を製作することとしている。GTV

による試験と訓練が終わった後に、Nロケットが発射台上に運ばれることになる。

また、電離層観測衛星にさき立って、同じ高度の軌道に技術試験衛星 I 型を打ち上げ、実験用静止通信衛星にさき立って技術試験衛星 II 型を同期軌道に打ち上げることとし、Nロケットの能力を十分に確認するようつとめている。

第3図はNロケットの全体形状第4,5,6図はそれぞれ第1,2,3段のエンジン、第7図は誘導装置のブロック図を示すものである。

第3図 Nロケットの概要図

第4図 第1段のメイン・エンジンとパーニャエンジンの機体取付図

第5図 第2段エンジン

第6図 第3段エンジン

第7図 Nロケット誘導装置ブロック図

現段階におけるNロケットの開発は、昭和50年中期に予定の初号機打ち上げを目途に控えて、全面的なハード・ウェアの製作段階に進むとともに、飛ばし解析などのソフト・ウェア面においても詰めと整備を急いでいるところである。

4. 人工衛星の開発

N計画において、当面、その開発と打ち上げが定められている実用分野の衛星は、先に述べた4種類(第3表)であるが、開発をすすめるにあたっては、自主開発を基調とし、必要に応じて米国よりの技術援助を受け、また一部の信頼性部品を購入することとしている。

技術試験衛星I型(ETS-I)はNロケットによって打ち上げられる最初の衛星で、中高度円軌道(1,000 km)に投入する人工衛星打ち上げ技術の習得を主目的としている。この衛星の開発は昭和45年に始められたが、昭和50年夏期における打ち上げを目指して、

まず順調な進捗を見せている。第8図に ETS-I の外観を第9図に搭載機器の系統図を示す。

電離層観測衛星(ISS)はETS-Iに引き続いて打ち上げられる衛星で、短波通信の効率化をはかるため、電離層における臨界周波数の世界的分布を定常的に観測することを主目的としている。この衛星の開発は、昭和42年度から郵政省電波研究所の手によって開始されたが、昭和44年10月になって、宇宙開発事業団の発足とともに引き継がれ、現在、昭和50年度末期における打ち上げ(高度1,000 km 円軌道、傾斜角70°)を目指してハード・ウェアの製作と試験が続けられているところである。第10図にISSの外観を、第11図に搭載機器の系統図を示す。

技術試験衛星II型(ETS-II)は、静止衛星打ち上げ技術の習得を主目的とする衛星で、昭和46年度に高々度衛星としてのシステム解析を開始し、51年度に打ち上げることを目標として開発を進めている。

実験用静止通信衛星(ECS)は、準ミリ波およびミ

第4表 種子島宇宙センターの概要（主要機能、設備）

区 分	主 要 機 能	主要施設設備
指 令 系	発射整備、発射の総合的管理など（レンジ・セーフティを含む）	レンジ・コントロール・センター 発射管制設備、時刻設備、地上安全設備、飛行安全設備など
通 信 系	各系間のデータ伝送、音声伝送など	マイクロ波通信設備、搬送通信設備、電話設備、データ通信用端末設備など
射 点 系	ロケット、人工衛星の発射前組立、チェックアウト、カウント・ダウンなど	ロンチ・デッキ、アンビカル・マスト、整備塔、チェックアウト装置など
電 波 系	人工衛星およびロケットの追尾、電波指令誘導、テレメータ・データ取得、飛行中断など	中距離追尾レーダー、コリメーション設備、誘導レーダー設備、衛星テレメータ・コマンド設備など
光 学 系	光学追尾	シネセオドライト、レンジ・セーフティ光定設備など
気 象 系	種子島宇宙センターの定常的気象観測および打ち上げのための気象予報、風速等の気象観測など	気象塔観測設備、地上気象観測設備など
試 験 系	ロケット、人工衛星について、射点系に移行する前の発射整備	組立試験設備、第3段スピン試験装置衛星チェックアウト装置など
燃焼試験系	ロケット・モータ、ロケット・エンジンの燃焼試験	液体ロケット燃焼試験設備、固体ロケット燃焼試験設備など
支 援 系	各系への給電、給排水など	発送配電、給排水施設設備、燃料、酸化剤貯蔵庫など
管 理 系	管理事務、宿舍など	管理事務所、プレス・センター、宿舍など
小型射場系	小型ロケット飛ばし試験	

（注） 小型射場を除く各系には、Q'用のものと NLV-I/(ELS-I, ISS, ETS-II および ECS) 用のものが含まれる。

第8図 ETS-I 外観図

第9図 ETS-I 搭載機器系統図

第10図 ISS 外観図

第5表 筑波宇宙センターの概要 (主要機能、設備)

区 分	主 要 機 能	主 要 設 備
追 跡 管 制 系	各追跡局および追跡管制データのコントロール、軌道計算および予報など	データ伝送装置、通信連絡装置大型スクリーン・ディスプレイなど
技 術 計 算 系	追跡管制に関する各種シミュレーション、ソフトウェアの開発を含む開発技術計算およびこれらの業務に直接関係するデータ処理など	電子計算機、通信回線など
人 工 衛 星 試 験 系	人工衛星の機能試験、人工衛星の環境試験、試験データの解析処理など	スペースチェンバ、電波暗室、磁気モーメント測定装置、衛星試験調整装置、機械環境試験装置、姿勢検出試験装置など
ロ ケ ッ ト 試 験 系	ロケットおよび搭載機器の機能試験、環境試験、組立および分離に必要な試験、衛星とロケットのインターフェースに関する試験、コンピュータ、シミュレーション試験、試験データの解析、処理など	振動試験設備、慣性機器試験設備、加速度試験設備、衝撃試験設備、音響試験設備、構造試験設備、制御解析装置など
支 援 系	各系への給電、給排水など	電力設備、工作設備、給排水設備など
管 理 系	管理事務など	管理事務所など

第13図 筑波宇宙センター

- A: 磁 気 試 験 場
- B: 計 算 セ ン タ ー
- C: 追 跡 管 制 セ ン タ ー
- D: ス ペ ー ス ・ チ ェ ン バ
- E: 動 力 棟 ・ 給 水 塔
- F: 構 造 試 験 館
- G: 誘 導 制 御 試 験 館
- H: 調 整 池

0 50 100 150 200 250 m

在、両ロケットおよび衛星の点検、組み立、整備、発射に必要な各種施設設備とあわせて、中之山および増田地区のテレメータ設備、野木地区のレーダおよび保安用コマンド設備等の開発整備を急いでいるが、一部、既に運用を始めているものもある。また、射場の運営に必要な電力、水等の供給施設や道路等の整備も進められており、Nロケットの発射に必要なものは、昭和49年度中には一応の完成を見ることとなっている。種子島宇宙センターは、衛星やロケットに対する将来計画が固まるにつれて、順次必要な整備がなされ、今後とも、実用人工衛星に対する発射場として重要な役割を果たすことになるであろう。(第4表、第

12図)

筑波宇宙センターは、茨城県の筑波研究学園都市の中の用地に、昭和46年から建設が始められた。ここには、わが国で打ち上げられる衛星の追跡を一元的に行なう計算センターのほか、人工衛星やロケットの開発のために必要な試験装置として、大型スペース・チャンパー、大型残留磁気モーメント測定装置、加速度衝撃、音響、姿勢制御模擬試験装置などの整備が進んでおり、一部は既に運用段階に入っている。将来、筑波宇宙センターには、さらに各種の試験装置が充実されるとともに、それらを利用した総合的技術解析や技術情報の収集整備、要員の研修訓練等がさかんに行な