

第3章 追い超す努力：技術基盤確立の時代(1980～1999)

1節 国際舞台への登場

1 気象観測小型ロケットで定期観測へ

気象庁は昭和38年4月よりIQSY（太陽活動最小期国際観測年）に関し、気象ロケットの開発に着手した。そして東大生研と共同して、昭和39年7月24日、内之浦より初の気象観測ロケットMT-135型1号機を高度約60kmへ打ち上げた。その後、WMO（世界気象機関）の国際同時観測に参加するため岩手県三陸海岸の綾里に気象ロケット観測所を昭和45年7月に開設した。東北地方での上層大気データ（風向、風速、気温）を取得するため、気象庁は極東地域で初めて、実用MT-135P型1号機を昭和45年8月5日に打ち上げ、週1回の定期観測業務を開始した。

平成元年2月15日には700号機、平成9年6月11日には1,000号機と記録を伸ばし、平成12年5月28日～6月4日盛岡市で開催された第22回宇宙技術及び科学の国際シンポジウム（ISTS）の展示会場では、実機（ダミー）や観測所の長年の業績を紹介した。そして平成13年3月21日には1,119号機を以って約30年にわたる観測を終了し、WMOに貴重なデータを提供した。

2 念願の大型ロケットへ（M-3S，M-V，H-）

（1）科学衛星はMロケットで

昭和45年2月12日のL-4S-5（最終号機）による初の人工衛星「おおすみ」の打ち上げ成功以来、東大宇航研は次のM-4Sロケット3機で「たんせい」、「しんせい」、「でんぱ」を、M-3Cロケット3機で「たんせい2号」、「たいよう」、「はくちょう」を、M-3Hロケット3機で「たんせい3号」、「きょっこう」、「じきけん」を、そしてM-3Sロケット4機で「たんせい4号」、「ひのとり」、そして文部省宇宙研へ改組後の「てんま」、「おおぞら」を、M-3Sロケット7機によって「さきがけ」、「すいせい」、「ぎんが」、「あけぼの」、「ひてん」/「はごろも」、「ようこう」、「あすか」と、平成5年2月迄の24年間に計21基の科学衛星を打ち上げて各観測に成果を挙げた。

この間の昭和56年4月14日に、東大宇航研は発展的に解消して大学共同利用機関として文部省直

轄の宇宙科学研究所（宇宙研：ISAS）となり、規模の拡大が図られた。宇航研としては「ひのとり」までの12基、宇宙研としては平成5年2月20日打ち上げの「あすか」までの9基、計21基の科学衛星が、次世代の大型固体ロケットであるM-V型ロケット登場前に打ち上げられた。



宇宙科学研究所へ改組
（昭和56.4.14、左は初代所長森大吉郎教授）



M-3S-2による第10号科学衛星（Planet-A）「すいせい」の打ち上げ
（昭和60.8.19 内之浦）

（2）M-3S 型ロケット

昭和54年になると、当時の東大宇航研は全長27.8mの3段式のM-3S改ロケットと名付けた新しい発展型の計画を提案した。この計画については宇宙開発委員会でも議論があったが、結局その開

発を支持する決定が下された。M-3S改はその後、M-3S 型ロケットと改称された。

第10号科学衛星PLANET-Aは昭和60年8月19日にM-3S -2で打ち上げられて「すいせい」と命名され、金星の近傍を通過した後、昭和61年初めにハレー彗星に接近して観測を行った。これに先立ち、昭和60年1月8日には、M-3S -1で試験衛星MS-T5が、太陽中心軌道に投入され「さきがけ」と命名された。このようにM-3S は、世界の宇宙開発史上初めて、固体ロケットによる地球引力圏脱出を成し遂げるといふ成果を得た。

この後、M-3S は、昭和62年2月5日、3号機によって超新星からのX線を初めてキャッチした第11号科学衛星ASTRO-C「ぎんが」を、4号機で平成元年2月22日、宇宙から見た美しいオーロラの紫外外像を観測して届けた第12号科学衛星EXOS-D「あけぼの」を、平成2年1月24日に太陽系の中を自在に飛翔する技術を獲得した5号機で第13号科学衛星MUSES-C「ひてん／はごろも」を、平成3年8月30日、6号機で激しく活動する太陽をX線で捉える第14号科学衛星SOLAR-A「ようこう」を、そして平成5年2月20日の7号機で銀河誕生の謎に迫り宇宙論に重要な一石を投じた第15号科学衛星ASTRO-D「あすか」を次々と打ち上げ、日本の宇宙科学は世界の第一線に並んだのであった。M-3S は計8回打ち上げられたが、最終の8号機は、平成7年1月15日の回収型実験衛星「EXPRESS」の打ち上げ後の軌道投入に失敗している。なお、平成4年7月24日には、米デルタ 型ロケット（通算212号機）で磁気圏観測衛星GEOTAILが打ち上げられ、10年後の平成14年7月24～26日には、GEOTAIL 10周年記念ワークショップが開催された。

(3) M-V型ロケット

我が国宇宙科学の飛躍的な進展は、中小規模の科学衛星ではあってもこれをほぼ年1機の頻度で打ち上げることによって効率的かつ継続的に宇宙科学の発展を図るといふ戦略によるものである。この方針のもとに計画された1990年代後半以降の月・惑星探査を含めたより大型のミッションに対応し、且つこれまで発展させてきた全段固体ロケット技術の維持発展を図るべく計画されたのが、第1段直径をこれまでの1.4mから2.5mに大型化したM-V型ロケットである。

M-Vの初号機（M-V-1）は平成9年2月12日に大型精密展開構造等の研究及びVLBI（超長基線干渉計）観測を目指した第16号科学衛星MUSES-Bを打ち上げ、衛星は「はるか；HALCA」と命名された。次のM-V-2は第17号科学衛星LUNAR-Aを打ち上げる予定であったが、月へ打ち込むペネレータ等の開発中に発生した不具合のため打上げ予定が大幅に延期されて、M-V-3が2番目の打ち上げとなった。

M-Vシリーズの2番目の打ち上げとなったM-V-3は火星周回軌道上で火星上層大気の構造運動等の観測を目指した第18号科学衛星PLANET-Bを搭載して、平成10年7月4日に打ち上げられ、衛星は「のぞみ」と命名されて、火星には翌年10月に到達予定であったが、その後軌道変更に伴う不具合のため、火星到達は平成15年末か16年始めとされている。またM-Vシリーズ3番目としてM-V-4は日本で5番目のX線天文衛星となる第19号科学衛星ASTRO-Eを平成12年2月10日に打ち上げたが、第1段ロケットの異常により軌道投入に失敗した。なお、宇宙研はMロケットシリーズによる衛星打ち上げロケット以外に小型観測ロケットとしてMT-135、S-160、S-210、S-310、S-520、SS-520などを適時に打ち上げて、それぞれ成果を挙げている。



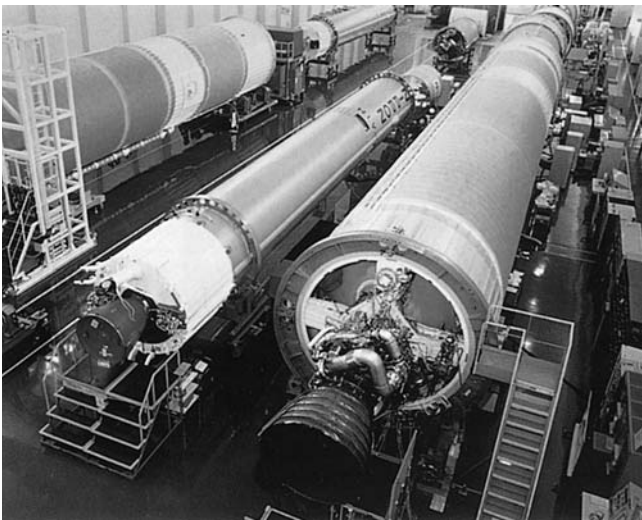
M-V-3による第18号科学衛星（Planet-B）「のぞみ」の打ち上げ
（平成10.7.4 内之浦において）

(4) 実用衛星はH- ロケットで

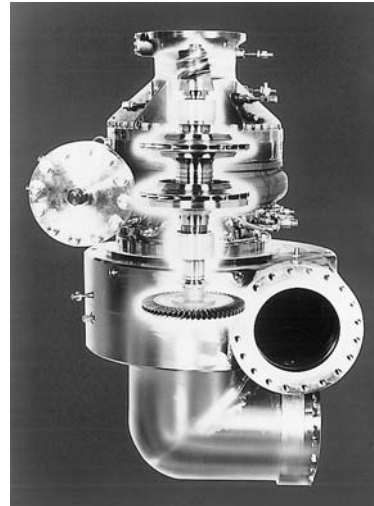
H- ロケットは、H- ロケットの後続機として、直径4m、全長50m、全重量約260tの2段式液酸・

液水エンジン付の次世代ロケットとして開発が進められた。2t級静止衛星の打ち上げをはじめとする多様なミッションへの対応、H-ロケットまでの高信頼性の維持、国際水準費用による打ち上げを目標とする純国産大型ロケットである。H-ロケットは、静止トランスファ軌道に4tの衛星の打ち上げ能力があるが、衛星に搭載されるアポジエンジンの燃料消費により静止軌道に投入される時には約2tになる。この能力は、欧州のアリアン型ロケット、米国のタイタン型ロケットおよび旧ソ連のプロトンロケットとほぼ同じとなる。国際宇宙ステーションなどの低高度軌道には約10tの荷物を運搬することができ、月には3t、金星や火星ならば2tの探査機を打ち上げることができ、我が国も本格的な惑星探査が可能となった。

総開発費は世界的常識からみれば低く抑えられていたが、H-ロケットは完全な国産技術で開発することを基本とし、短期間に信頼性の高いロケットを開発することを目指した。H-ロケット試験機1号機は、昭和59年から開発開始後、主として第1段エンジン（LE-7）の地上燃焼試験での幾多の試練を経て、2度にわたる打ち上げスケジュールを見直した上、平成6年2月4日の初打ち上げに成功した。初打ち上げまで約10年を要したが、第1段、第2段とも世界初の液酸・液水ロケットエンジンを持つ直径4mの2段式大型打ち上げロケットの登場は内外の注目を浴びた。



H-ロケットの組立状況
(真中はH-ロケット機体)



H-ロケットの第1段LE-7エンジン
(ターボポンプ断面)

3 無重力宇宙実験から宇宙環境利用実験へ

(1) スカイラブによる日本初の宇宙材料実験

NASAはポストアポロ計画の第1段階として、スカイラブ計画に移行するとともに、スペースシャトル計画を1972年1月から着手した。米国初の本格的宇宙ステーション「スカイラブ1号」(74.78トン)は各種実験装置等を搭載して、1973年5月14日にサターンV型ロケットで無人で打ち上げられた。そして、同年内に3名の宇宙飛行士を乗せて2号(1973.5.25~6.22)、3号(7.28~9.26)、4号(1973.11.16~1974.2.8)がそれぞれサターン1Bロケットで打上げられ、1号にドッキング移乗して数多くの宇宙実験を行い成果を挙げた。このスカイラブ計画には、我が国からは科学技術庁金属材料技術研究所(高橋仙之助博士)のシリコンカーバイド・ウイスキー(猫のひげ)結晶強化金属複合材料の創製実験が採用され見事な成果を収めた。

(2) 材料実験用小型ロケットによる宇宙実験

1) TT-500A型小型ロケットシリーズ

宇宙開発事業団(NASDA)では、レーダ追尾系の総合機能確認用として昭和52年1月から昭和55年9月までの4年間に、TT-500型小型ロケットを計7機を種子島で打ち上げていた。昭和55年9月14日には、宇宙材料実験に改造したTT-500A型ロケット1号機の打ち上げに成功した。このロケットは、最終打ち上げの昭和58年8月19日までの約3年間に計6機が使用され、約6分間の微小重力下での各種の材料実験のほか、

スペースシャトルで行う宇宙実験用搭載装置などの機能確認を行うなどの所期の目的を達成した。



TT-500Aロケット頭胴部の組み立て



TT-500Aロケット1号機頭胴部の回収
(昭和55.9.4 種子島東方海上)

2) TR-IA型小型ロケットシリーズ

更にNASDAは、スペースシャトルや将来の宇宙基地(のちの国際宇宙ステーション)時代の本格的な宇宙環境利用に備えるためTR-IA型小型ロケットを開発した。このロケットは、昭和63年9月6日から平成1年8月20日に亘りH-ロケット開発に必要な技術データを得るために3機打ち上げられたTR-型小型ロケットを改良したものである。TR-IAは平成3年9月16日から平成10年11月19日にかけて7機が打ち上げられ、高度約260km、約6分間の微小重力実験にそれぞれ成功した。100名以上の研究者が参加して

39件の実験が実施された。結晶成長、多目的均熱炉、培養細胞、燃焼現象、静電浮遊炉など6種の実験装置を開発し実験が実施されたが、いずれも回収に成功して、科学技術成果を取得するとともに、宇宙環境利用の促進に大きく貢献した。

(3) 地下落下実験施設の活用

無重力実験は、地球周回のスペースシャトル/スペースラブや小型ロケットによる弾道飛行を利用して実施されていたが、これらはその準備や実験には時間がかかり、かつ経費がかかりすぎるとい声があがってきた。特に、大学や国研等の基礎研究者から物理現象の解明などには数秒~10秒間位の無重量実験がもっと簡易に安くできるようにしたいという要望により、関係省庁等は欧米の既存の落下実験施設等を現地調査し、炭鉱等の旧地下施設を利用した本格的な地下落下実験施設を完成した。今なお第3セクター方式により運用を続けている。

(株)地下無重力実験センター(JAMIC; Japan Microgravity Center)は、平成元年3月1日、北海道砂川町に通産省指導で設立され、平成3年10月から本格的に業務を開始した。自由落下部内で $10^{-5}g$ の微小重力状態を約10秒間保持できる。一方、平成元年4月27日、科技庁の指導下で岐阜県土岐市に設立された(株)日本無重量総合研究所(MGLAB; Micro-Gravity LABORatory of Japan)は、 $10^{-5}g$ の微小重力状態を、約4.5秒間保持できる。

実験回数は、JAMICは3回/日、MGLABは5~6回/日である。

(4) 航空機のパラボリックフライトの活用

三菱重工の子会社「ダイヤモンドエアサービス」(DAS)が平成元年10月2日に三菱重工名航小牧南工場内に設立された。このパラボリックフライトは、MU-2(初期のみ)、MU-300、ガルフストリーム(G)を使用している。小型ロケットや地下落下実験棟に比較すると $10^{-2}g$ 程度と、その無重力レベルはよくはないが約20秒間と持続時間が長く、かつ同一フライト中に6~10回(1日で1フライト)の同一や繰り返し実験が繰返してできるという特徴があるので結構利用されている。

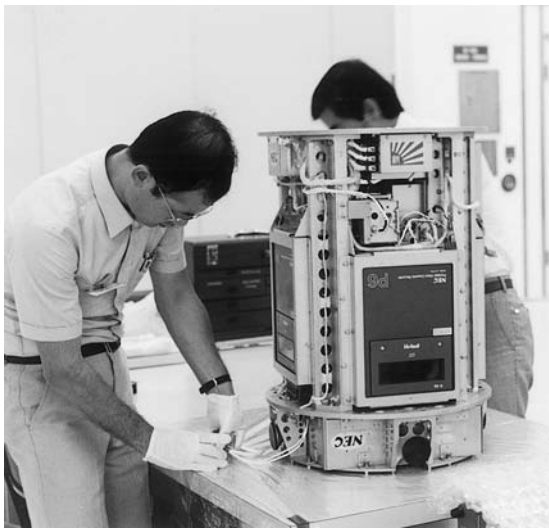


パラボリックフライトMU-300と機内実験装置

(5) スペースシャトルフライトによる宇宙実験

1) ゲット・アウェイ・スペシャル容器による 日本初の宇宙実験

朝日新聞社科学部の木村繁氏は、NASAスペースシャトル初期のゲット・アウェイ・スペシャル（GAS）容器内での宇宙実験に応募し、1回目（STS-6;1983.4.4～4.9）の失敗のあと2回目（STS-8;1983.8.30～9.5）に見事、微小重力下で初の人工雪の結晶成長実験に成功した。



人工雪結晶成長実験装置
(ゲットアウェイスペシャル容器内)

2) 宇宙科学研究所のスペースシャトル利用

欧州宇宙機関（ESA）は、スペースシャトル・オービタ内に取付けるキャリアの一つとしてスペースラブ（SL）を開発しNASAに提供した。その代償として、ESAはSLでの様々な宇宙実験を行う権利を得た。日本からも宇宙研が人工オーロラ実験装置、正確には「粒子加速器による宇宙実験」（SEPAC；Space Experiments

with Particle ACcelerator）がスペースラブ1号（STS-9;1983.11.28～12.8）のテーマとして選定され実施されたが、この実験は装置不具合のため失敗した。このため再飛行（SEPAC-R）が、かなり遅れて他のNASAミッションと相乗りで計画されて実験に成功した（STS-45;1992.3.24～4.2）。

3) 宇宙開発事業団のスペースシャトル利用

IML-1（STS-42;1992.1.22～1.31）

NASDAは宇宙環境利用の促進と国際協力の推進を図るため、NASAが推進する国際微小重力実験室（IML；International Microgravity Laboratory）計画に協力することになり、スペースシャトル/スペースラブを用いた微小重力（ μg ）実験を行うため、材料・ライフサイエンス分野のテーマを選定し、必要な各種実験装置を開発・提供してNASA搭乗員が実験した。

第1次宇宙実験（FMPT）（STS-47/SL-J；1992.9.12～9.20）

日本人初の宇宙飛行士毛利衛PS（Payload Specialist）が搭乗した第1次材料実験（FMPT；First Material Processing Test）は、宇宙環境特性を利用する我が国の本格的な宇宙実験（実験テーマは材料が22件、ライフサイエンスが12件、計34件）の第一歩であり、ほぼ予定通りの成果を収めた。予定より遅れた打ち上げ年が1992年であったため「ふわっと'92」の愛称がつくとともに、1992年が国際宇宙年（ISY；International Space Year）であったので、日本ISY協議会がその打ち上げ年月日（1992.9.12）を記念して今後毎年9月12日を「宇宙の日」として宇宙開発・利用の啓蒙を行うこととなった。

IML-2（STS-65;1994.7.8～7.23）

IML-2に初の日本人女性飛行士向井千秋PSが搭乗した。実験テーマは材料が3件、ライフサイエンスが9件、計12件で、日本の実験装置として、水棲生物試験装置（AAEU）、細胞培養キット（CCK）、電気泳動装置（FFEU）、放射線モニター装置（RRMD）、高温加圧型電気炉（LIF）及び制振実験装置（VIBES）が搭載された。これらの装置を使

用する実験テーマとして16件が計画されたが、12件は日本人、残る4件は米国人が提案したものであった。

SFU回収 (STS-72;1996.1.11~1.20)

平成7年3月18日、H-3で「ひまわり5号」(GMS-5)とともに打ち上げられた宇宙実験・観測フリーフライヤ(SFU)は各宇宙実験の終了後も地球を周回していたが、このSTS-72で日本人初のミッションスペシャリスト(MS)若田光一氏により見事シャトル搭載のロボット・アームを操作して回収された。

RRMDシリーズ (STS-79;1996.9.10~26) (STS-84;1997.5.15~24) (STS-89;1998.1.23~2.1) (STS-91;1998.6.3~13)

実時間宇宙放射線モニタリング装置(RRMD; Real-time Radiation Monitoring Device)を開発し、国際宇宙ステーションの組立て運用時のリスク低減を目的に、米国とロシアが実施するシャトル/ミール・ミッションの中、4回の飛行機会を利用して宇宙放射線環境計測技術及び宇宙放射線環境データの蓄積を行った。日本人の搭乗なし。

MSL-1 (STS-83;1997.4.4~8)

NASDAは、日本の実験モジュール(JEM)用第1次選定テーマの予備的実験とテレサイエンス運用技術の開発及びユーザインテグレーション技術の検証を目的として、NASAのMSL-1(Material Science Laboratory-1)プロジェクトに参加した。しかし打ち上げ後のシャトル内の燃料電池の不具合により一部の実験をしたのみで飛行5日目で緊急着陸したため再飛行とされた。日本人の搭乗なし。

MSL-1R (STS-94;1997.7.1~17)

MSL-1の再飛行が僅か3ヵ月後に行われ、予定通りの成果を得た。

蛋白質結晶成長実験(STS-84;1997.5.15~20)

実験テーマは10件で、14種の蛋白質について合計120のサンプル装置に入れ、約200時間に亘り、20以下で結晶成長させ、5サンプルが地上実験に比べて同等もしくはそれ以上の良質なものが得られた。日本人の搭乗なし。

MFD (STS-85;1997.8.7~19)

JEM用マニピレータ飛行実証実験

(MFD; Manipulator Flight Demonstration) および材料暴露実験と二相流体ループ実験の2装置を搭載して、NASA搭乗員が実験を行い、所期の成果を収めた。

USMP-4 (STS-87;1997.11.19~12.5)

USMP(US Microgravity Payload)-4のMSの1人として、多くのNASA搭乗員の中から選ばれた土井隆雄MSは、数多くの実験を仲間とともに行うとともに、もう1人のW.スコットMSとともに、太陽コロナ観測小型衛星(スパルタン201)を2回目の船外活動(EVA)で回収し、計12時間43分の船外活動(EVA)を行い、貴重な体験をした。

ニューロラブ (STS-90;1998.4.17~5.3)

米国の脳研究10年計画に基づき、NASAが米国立衛生研究所(NIH)及び国際パートナーと協力した神経科学実験室(Neurolab)に、NASDAも2装置を搭載して5件のテーマで参加した。日本人の搭乗なし(向井PSは地上でバックアップ)

ライフサイエンス (STS-95;1998.10.29~11.7)

先のニューロラブに続くもので、NASDAより8件のテーマ、3装置を搭載の上、PSとしてそれぞれ2回目の宇宙飛行となった向井千秋(約2年半ぶり)とJ.グレン(77才、36年ぶり)が搭乗し、成果を挙げるとともに話題となった。

SRTM (STS-99;2000.2.11~22)

STS-47/SL-J(FMPT)終了後、野口聡一氏とともにMSの資格をとった毛利衛MSの2回目のシャトル飛行で、SRTM(Shuttle Radar Topography Mission)の合成開口レーダ(SAR)を操作して、南極付近を除く地球のやく80%の範囲を観測し、高解像度のデジタル3次元地形図作成に貢献した。

ISS組立(3A)(STS-92;2000.10.11~24)

ISSの組立飛行は当初予定よりも大幅に遅れて、第1回の基本機能モジュール(FGB)が、平成10年11月20日にプロトンでバイコヌール基地から打ち上げられた。それ以来7回目、シャトルでは5番目の組立飛行(3A)に若田MSが搭乗となり、カナダ製ロボットアームを駆使してZ1トラスやPMA-3(与圧結

合アダプタ)の取り付けを行い、NASAから高く評価された。



帰還後のSTS-47/SL-J (FMPT)の搭乗員
(左端は毛利衛PS)

4 回収型無人実験衛星

(1) 宇宙実験・観測フラフライヤ (SFU)

宇宙実験・観測フラフライヤ (SFU ; Space Flyer Unit) は、文部省 (MESSC)、宇宙研 (ISAS)、科技厅 (STA)、宇宙開発事業団 (NASDA) 及び通商産業省 (MITI)、新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO)、(財) 無人宇宙実験システム研究開発機構 (USEF) の3省庁・4機関が共同して開発したシステムである。昭和62年度に開発が開始され平成7年3月18日に、「ひまわり5号」とともにH-3により打上げられ、軌道上で各種の実験・観測を行い、平成8年1月13日に我が国は初めて若田光一MSによってスペースシャトルからの軌道上回収を行った (STS-72)。回収後は経費上の理由で再飛行は見送られた。

(2) EXPRESS

EXPRESS (EXPeriment RE-entry Space System) は、地球周回軌道上での微小重力環境利用及び再突入関連技術研究を目的とした自立帰還型宇宙実験システムである。日独科学技術協力協定に基いた宇宙開発分野における初の日独共同プロジェクトとして平成2年10月にスタートした。平成7年 (1995) 1月15日にM-3S-8で打上げられたが、第2段の姿勢制御が不能となり軌道投入に失敗し行方不明となったが、11月にアフリカの

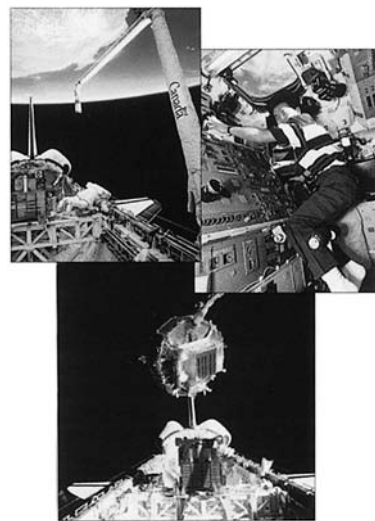
ガーナで発見され、翌年3月プレーメンに移送された。

(3) 高速再突入実験機 (DASH)

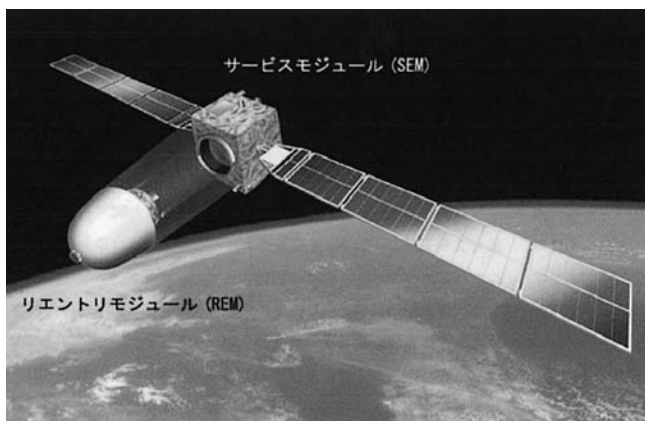
高速再突入実験機 (DASH ; Demonstrator of Atmospheric reentry System with Hyperbolic velocity) は、高速地球再突入を行うカプセルの性能を確認するためのデータ取得を行う実験機で宇宙研が開発し、平成14年2月4日、H- A-2でピギーバックペイロードとしてMDS-1とともに打ち上げられたが、分離に失敗した。

(4) 次世代型無人宇宙実験システム (USERS)

次世代型無人宇宙実験システム (USERS ; Unmanned Space Experiment Recovery System) は経済産業省 (METI) 及び新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の委託を受けて (財) 無人宇宙実験システム研究開発機構 (USEF) が開発した宇宙実験システムで、実験者が必要とする長期間に亘る良好な環境 (無重力等) のもとでの軌道上実験を可能とすると同時に自ら帰還するシステムで、平成14年9月10日、NASDAのデータ中継実験衛星 (DRTS) とともにH- A-3で打ち上げられた。ミッションとしては、大型の高温超伝導材料の製造実験や大気圏突入時のプラズマ環境の計測、低中高度周回衛星技術の蓄積を図るものであり、現在順調に運用中運用・実験中で平成15年度5月 (予定) リエントリモジュール (REM) の太平洋上での回収が期待されている。



SFUの回収 (若田光一MSのカナダアーム操作による)



USERS (REM分離の想像図)

2節 実用衛星時代を迎えて

1 取り巻く制約

(1) 宇宙の平和利用原則と武器輸出三原則等

昭和21年11月3日に現行の日本国憲法が公布（翌年5月3日に施行）されて、日本の復興・再建が始まった。昭和26年9月8日、サンフランシスコ講和条約で対日平和条約と日米安全保障条約が調印され、警察予備隊、保安隊を経て昭和29年7月1日に防衛庁と改組され、陸、海、空の自衛隊が発足した。その後昭和35年6月、新しい日米安全保障条約が承認され発効された。

昭和42年4月21日、衆議院決算委員会での総理大臣答弁で武器輸出三原則を政策として示した。これは共産圏諸国、国連決議により武器等の輸出が禁止されている国、国際紛争の当事国またはそのおそれのある国に対して武器の輸出を禁じたものである。

その後、昭和51年2月27日における衆議院予算委員会において、三木総理大臣が「武器輸出に関する政府統一見解」を示し、三原則対象地域以外の地域については、憲法及び外国為替及び外国貿易管理法の精神にのっとり武器の輸出を慎しむ、更に武器製造関連設備の輸出については武器に準じて取り扱うとの条項を付加して、海外への武器等の輸出そのものを実質的に規制した。そのため、我が国の武器輸出政策としては、上記二つの国会答弁を総称して「武器輸出三原則等」と呼ぶようになった。

更にこのような内外情勢の中、宇宙開発審議会を改組する宇宙開発委員会設置法が、昭和43年5

月2日に国会で可決され（昭和43年7月1日施行）「宇宙の平和利用原則」は衆議院で決議されたのである（昭和44年5月9日）。そして昭和44年6月23日成立の宇宙開発事業団法の中で、平和目的の原則が第1条に明示された。宇宙条約における「平和目的」は「非侵略」であり「非軍事」ではないので、自衛権の範囲内であれば、平和目的の宇宙利用と一般的には解釈されている。一方、我が国の宇宙開発・利用は、憲法の本質にのっとり、非核、非軍事の観点から平和目的に限定され今日に至っている。

(2) 日米人工衛星調達問題とスーパー301条の適用

日米宇宙協力交換公文（昭和44年7月31日成立）を基に、日本の実利用分野の宇宙開発は技術導入路線でスタートしたが、技術情報の第3国開示制限とか外国衛星の日本での打ち上げは米の事前連絡を要するなどの制約の中、N-、N-、そしてH-ロケットと性能向上を図るとともに国産化率100%を達成すべく努力を重ねるとともに、気象・通信・放送衛星などの技術開発及び実用活動を展開しつつあった。

ところがこのような状況の中で、昭和48年7月18日に電電公社研究開発本部長一行が、米ヒューズ社を訪れ、設計資料購入を希望したのに対し、同社は衛星本体（ハード）の購入を求めた。NTT一行は国の宇宙開発政策に従っており、ハードを調達する立場にはない旨説明したが、これを契機として日米人工衛星問題は端を発することとなった。

その後、日米ハイレベル協議や交渉が続いたが、米側の非難は、主として日本の宇宙政策は産業政策であり幼稚園産業の保護政策であること、そしてNTTが民営化された企業でありながら自由に衛星調達ができないという点であった。そして平成元年5月25日、米商務省USTRは包括貿易法スーパー301条（不公正貿易国・行為の特定・制裁）に基づく対日適用を決定し発表、人工衛星を調査・交渉対象品目の一つに認定した。

日米人工衛星問題の日米交渉は、平成元年9月7日の日米貿易委員会から始まり、平成2年4月3日の同委員会フォローアップ会合で実質合意されたのち、同年6月12日の衛星専門家会合で、研究開発以外の衛星調達手続きについて合意、同年6月

14日のアクションプログラム委員会実行推進委員会で「非研究開発衛星の調達手続」を決定し、同年6月15日に村田良平特令全権大使とカラー・ヒルズUSTR代表の間で書簡の交換により最終的に決着した。その大意は、日本政府及びNTT等の機関の研究開発衛星以外の非研究開発衛星の調達はオープン、透明かつ内外無差別の手続きで行う、日本政府は現行のCS-4計画を変更し、NASDAは新技術の実証を目的とした研究開発衛星を開発する、研究開発衛星の性格を定義づけ商用または恒常的サービスを継続して提供するために設計または利用される衛星は研究開発衛星ではない、等である。このスーパー301条の適用は、米国の保護主義を強めたとともに、日本叩きが狙いであったとも言えるもので、相互に受け入れ可能な見直しはするというものの今日に至っている。

(3) ロケット年間打ち上げ期間の制約から拡大へ

現在わが国の人工衛星打ち上げ射場は、鹿児島県の種子島東南海岸部にある宇宙開発事業団の種子島宇宙センターと大隈半島東南部の内之浦町にある宇宙科学研究所の鹿児島宇宙空間観測所と2ヶ所があり、種々のロケットで多くの実用衛星及び科学衛星を打ち上げてきた。これら2射場からのロケット打ち上げ期間は、昭和43年8月の関係省庁と漁民代表との合意によって約30年間、1~2月の45日間と8~9月の45日間と計年90日間に制約されていた。その後、我が国の宇宙開発の発展を願う関係者の努力と漁業関係県（鹿児島、宮崎、大分、愛媛、高知）の理解によって、平成9年6月17日に新しい合意が得られて年間最大190日間と大幅に拡大され、打上げ機会が増加したことは打ち上げ事業の商業化へ明るい見通しを与えるものであった。

2 民間商業通信衛星の活躍

昭和60年に民間企業による商業通信衛星会社であるJSAT（ジェイサット）（当初は日本通信衛星として昭和60年2月18日創立）と宇宙通信（SCC）（同年3月22日創立）の2社が設立され、第1種電気通信事業者として平成元年より、それぞれ米社製の通信衛星を欧米ロケットで打ち上げ、複数機体制で通信・放送の区別なく国内を始めアジアの一部にわたりサービスを続けている。衛星名称は、JSATはJCSAT、SCC

はスーパーバードである。

JSAT社は、アリアンロケット打ち上げによるJCSAT-1（1989.3.6打ち上げ）及びJCSAT-2（1990.1.1打ち上げ）の2衛星は退役して、平成14年9月現在8機で運用しており、平成15年初めにはHorizons-1を打ち上げ予定である。衛星管制システムとしては、横浜衛星観測センター（YSCC）と群馬観測所の2局体制となっている。SCCの「スーパーバード」は、平成元年6月5日の初打ち上げ以来、平成14年9月現在スーパーバードA、C、B2、Dの4機体制で運用しており、衛星管制システムとしては茨城衛星管制局（SPE）と山口衛星管制局（SPW）の2局体制となっている。

なお、スーパー301条の適用によって、CS後継機については日本電信電話（NTT）がNスター衛星を、BS後継機については放送衛星システム（B-SAT）がB-SAT衛星の各シリーズをそれぞれ調達することになり、すべてアリアンロケットで打ち上げられ運用されている。

3 信頼性・品質保証の向上とISOへの参加

宇宙産業は、原子力、自動車、プラント、造船等とともに大規模システムと言われており、使用する部品点数は膨大な数となる。「ものは故障し、人はエラーする」ため、部品点数の多い大規模システムにおいては不具合が頻繁に発生し、信頼性・品質保証の向上のための努力が欠かせない現状にある。

不具合の歴史を紐解くと、米国においては、1967年1月26日のアポロ1号における地上火災事故で3人の宇宙飛行士全員が死亡、1986年1月28日のスペースシャトル「チャレンジャー」事故では、固体ロケットブースターのシールの不具合のため打ち上げ後73秒で爆発し、7人の宇宙飛行士全員が死亡した。一方我が国においては、昭和51年2月N-2で打ち上げられた「うめ」の電源系の事故、昭和54年2月N-5の3段の衛星接触事故、平成6年8月の「きく6号」による液体アポジ推進系事故、最近では平成10年2月のH-5の第2段エンジン早期燃焼停止、平成11年11月のH-8および平成12年2月のM-V-4の第1段エンジンによる事故等、自主開発分野における事故が発生している。これらの事故により、品質保証等品質マネジメントシステムの改善が叫ばれ、NASDA自身の品質保証活動の強化、ISO9000品質マネジメントシステム（QMS：Quality Management System）

の認証取得等の改善活動が行われている。

我が国の品質管理は、戦後、米軍の調達要求の検査制度（IS）、品質管理（QC）の導入から始まった。「Quality Control」を「品質管理」と訳し、英語の「統制・制御」の意味から「管理」の文字を持つ「マネジメント」の意味合いが加わった。更に、デミング博士の来日で紹介された「PDCA」（Plan-Do-Check-Action）のデミングサイクルは、各企業におけるQCサークル活動を通して活用された。更に、品質重視の考え方が、源流へさかのぼり、製品の製造・検査管理から、プロセスの管理、源流管理、顧客重視、TQC（統合品質管理：Total Quality Control）、TQM（全社品質管理：Total Quality Management）へと、良い製品を作る管理技術を成長させ、組織的な活動となった。

この日本的品質管理の現場を重視したプロセスの改善活動が欧米へ行き、Process \$ Product、PDCA等として、ISO9001-2000品質マネジメントシステム（QMS）へ取り入れられ、ISO QMSを、生産的な活動を行う全ての組織活動に活用できるように進展させた。

また、宇宙機器・部品材料分野については、高度で複雑な宇宙システムを支える部品・素材に対して高性能化、小型・軽量化、耐環境性・高信頼性・安全性の向上などが要求され、技術波及効果も大きいのが特徴である。一方、無重量、高真空などの宇宙環境を利用した、新しい材料や薬品、新しい工法による製品が実用化され、今後新しい産業として展開する可能性もある。宇宙用部品・素材の開発は、巨額の研究開発費が必要なうえ、市場規模も小さいことから、宇宙工業全体と同様、部品・素材産業も国の政策への依存が強い。このため、宇宙開発事業団は部品の認定制度を設けて、部品の高信頼性化、共通化とともに安定供給を進めている。昭和63年10月に設立された高信頼性部品株式会社（HIREC）は、信頼性評価、一括購入などを通じ、宇宙用部品の信頼性確保とコストの節減を図ることを目的としており、電子部品の輸出も検討している。部品や素材については、今なお米国など先進国との技術格差があり、生産規模も小さいが、今後も技術協力の強化と販路拡大による成長が期待される。

3節 宇宙の更なる利用を求めて

通信、放送、気象衛星以外の利用分野としては、地球環境、資源探査などのリモートセンシング活動が展開され、今後ますます重要視されている。また、宇宙輸送コスト低減のための再利用型宇宙往還機（RLV）の開発や、将来の有人宇宙活動のため国際宇宙ステーション（ISS）計画へ我が国も日本の実験棟（JEM）の開発・利用・運用に資源（リソース）を投入して参加している。

1 資源探査衛星シリーズ

資源探査衛星 号（JERS- ; Japanese Earth Resources Satellite-1）は、能動型観測技術の確立を図るとともに資源探査を主目的に、国土調査、農林漁業、環境保全、防災、沿岸域監視等の観測を行うことを目的とし、光学センサ（OPS）と合成開口レーダ（SAR）を搭載して、平成4年2月11日にH-I-9により打ち上げられ、「ふよう1号」と命名された。

その後、同年6月1日から定常段階（定常運用）へ移行後は、海外の受信局を含む画像データ受信局に対し観測データを供給し続け、平成6年2月10日、当初予定された打ち上げ後2年間の運用を終了した。その後も後期運用段階の運用を継続し、平成10年10月12日運用を終了した。その後、周回を続けていたが、平成13年12月13日、南極沖の南太平洋上空から大気圏再突入して消滅した。この間の取得データは広く活用されている。

通産省が資源探査用観測システム研究開発機構（JAROS）に委託して開発する資源探査用将来型センサ（ASTER ; Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reference）は、JERS-1の資源探査技術の維持及び発展を図ることを目的としたセンサであり、1998年に打ち上げ予定の米NASAの地球観測システム衛星（EOS-AM1）への搭載を予定していたが、遅れて1999年12月18日にNASAのアトラスロケットで打ち上げられたテラ（Terra）衛星の一部として2000（平成12）年2月24日より観測を続け、良好な画像を送っている。ASTERは、地球表面の温度、熱の放出、反射及び上昇率に関する詳しい図表の作成に利用されている。米NASAの地球観測衛星（EOS）システムとしては、Terra（地）、Aqua（水）及びAura（天気）の3衛星からなり、生活圏、地球表面そして大気間の相互作用に関する理解を深

めることを目的としている。

2 地球観測衛星シリーズ

電離層観測衛星（ISS）は、電離層観測を行い、短波通信の効率的な運用に必要な電波予報・警報に利用するためN-2で昭和51年2月29日（ISS）およびN-4で昭和53年2月16日（ISS-b）にそれぞれ打ち上げられ、「うめ」、「うめ2号」と命名され、日本列島の正確な位置を明らかにした。

測地実験衛星（EGS；Experimental Geodetic Satellite）は、受動型レーザ測距による国内測地三角網の規正、離島位置の決定等を行うため、H-ロケット（2段式）試験機1号機の性能確認も兼ねて、昭和61年8月13日に打ち上げられ、「あじさい」と命名された。

海洋観測衛星1号（MOS-1；Marine Observation Satellite）は、海洋面の色及び温度を中心とした海洋現象の観測を行うとともに、地球観測用人工衛星に共通な技術の確立を図ることを目的として、昭和62年2月19日にMOS-1がN-7で、平成2年2月7日にMOS-1bがH-6で打ち上げられ、それぞれ「もも1号」、「もも1号b」と命名された。MOS-1は平成7年11月29日に、MOS-1bは平成8年4月25日にそれぞれ運用を終了した。

地球観測プラットフォーム技術衛星（ADEOS；ADvanced Earth Observing Satellite）は、MOS-1/1b、JERS-1により培われた地球観測技術の維持、発展を図るほか、プラットフォーム・バス技術、衛星間データ中継技術の開発を行い、あわせて、グローバルな地球環境変化の監視活動において国際協力（搭載センサーは日本3、米国2、仏1の計6個）の推進を図ることを目的とした衛星であり、平成8年8月17日にH-4により打ち上げられ、「みどり」と命名された。約10ヶ月間の運用後、太陽電池パドルの破断と思われる電力消失により、平成9年6月30日に運用を断念した。その間の受信データは広く解析に供された。

熱帯降雨観測衛星（TRMM；Tropical Rainfall Measuring Mission）は、全地球規模のエネルギー収支のメカニズムを解明するために不可欠な熱帯降雨の観測等を目的とした日米協力衛星として、平成9年11月28日に技術試験衛星型（ETS-）と共にH-6により打ち上げられた。日本は主センサーの降雨レーダ（PR）を、米NASA（ゴダード宇宙飛行セン

ター）は衛星バスと他の4センサーをそれぞれ開発し、その後現在なお順調にデータを取得している。

改良型高性能マイクロ波放射計（AMSR-E；Advanced Microwave Scanning Radiometer-E）は、平成14年度に打ち上げの環境観測技術衛星（ADEOS-；Advanced Earth Observing Satellite）に搭載された高性能マイクロ波放射計（AMSR）を改良したセンサーである。グローバルな地球環境、特に水・エネルギー循環のメカニズム解明に貢献するデータをより高い頻度で取得することを目的として、平成14（2002）年5月4日にデルタロケットで米西海岸バンデンバーグ基地から打ち上げられたNASAの地球観測システム衛星（EOS-PM1；Aqua）のセンサーの一つとして搭載された。打ち上げ後の同年5月15日に最初の異常が発生し、約2週間異常現象が続いたが、懸命な地上からの対策処理によって、同年6月11日以降順調にデータを取得中である。

環境観測技術衛星（ADEOS-）は、ADEOS「みどり」による広域観測技術を更に高度化し、人類共通の緊急課題である地球環境問題に係る全地球的規模の水・エネルギー循環のメカニズムを解明するために不可欠な地球科学データの取得を主たる目的とし、広域観測のセンサーを搭載して、平成14年12月14日にH-A-4により打ち上げられ、「みどり号」と命名された。NASDAは、高性能マイクロ放射計（AMSR）、グローバルイメジャー（GLI）、データ収集システム（DCS）を担当し、この他環境省、米NASA、仏CNESのセンサーを搭載しており、今後の観測が期待されている。なお、同時に打ち上げられた3個のピギーバック衛星のうち、千葉大学の鯨生態観測衛星（WEOS）も環境観測に貢献することが期待される。

陸域観測技術衛星（ALOS；Advanced Land Observing Satellite）は、ADEOSによる陸域観測を更に高度化し、国内及び諸外国の縮尺2万5千分の1の地図作成、地域観測、災害状況把握及び資源探査を主たる目的とし、平成16年度にH-Aロケットによる打ち上げを予定している。

平成10年8月31日のテポドン発射を機に、日本独自の偵察衛星を求める声が強まり、安全保障上の情報収集だけではなく、宇宙平和利用の原則から、災害監視なども行う多目的の情報収集衛星の導入が平成10年11月6日、政府によって正式に閣議決定された。平成14～15年度にH-Aロケット2機により、

太陽同期準回帰軌道（400～600km）に光学衛星2基、レーダ衛星2基の計4基をそれぞれ2基ずつ打ち上げることを目標として開発中である。

情報収集衛星 IGS ; Information Gatherig Satellite) システムは、ALOSの陸域観測技術を発展させるもので高分解光学センサ（分解能1m）を搭載した光学衛星2基、合成開口レーダ（分解能1～3m）を搭載したレーダ衛星2基、及び衛星の管制、衛星からのデータ受信、画像処理・解析・判読、運用管理等を行う地上設備から成る。これら光学衛星2基、レーダ衛星2基を用いて、それぞれ1日に1回以上の頻度で、世界中の任意の地点を観測することが可能である。これは昭和57年に自民党宇宙開発特別委員会が日本独自の安全保障衛星の打ち上げ提唱して以来、20年近く経ちようやく実現しようとしている（平成15.3.28打ち上げ済）。

今後のものとしては、ますます重要視される「地球環境監視分野のロードマップ」の一つとして、TRMM、ADEOS-、ALOSの各後継プロジェクト（GCOM,GPMなど）がNASDAを中心として検討されている。

3 運輸多目的衛星シリーズ

我が国の気象業務の改善及び気象衛星に関する技術の開発を目的としてGMSシリーズの1号から5号までを打ち上げ、運用されており、データは国内だけでなくアジア、オセアニア諸国に広く利用されている。これらGMS衛星の主要部分は、米国からの技術導入により開発された衛星である。

GMS-5の後継機である運輸多目的衛星（MTSAT ; Multi-functional Transport SATellite）は気象観測機器の他に、航空管制業務に使用される移動体通信及び航法のための機器を搭載し、平成11年11月15日に、期待を込めてH-8により打ち上げられた。しかし、第1段エンジンの思わぬ早期停止により飛行経路が予定より外れたので、約8分後に我が国初の地上破壊指令によりロケットと共に破壊された。MTSAT打ち上げ失敗後、現用のGMS-5の寿命延命対策を図るとともに、新1号機衛星（MTSAT-1R）を再調達した国土交通省と気象庁は、打ち上げロケットにH-

Aロケットを採用し平成15年度夏季に打ち上げる予定である。現用GMS-5「ひまわり5号」の延命対策とともに米国気象衛星のバックアップ対策を講じつつ打ち上げに向けて現在準備中である。

4 再利用型宇宙往還機へむけて

将来の宇宙往還技術試験機（HOPE-X ; H-Orbiting Plane-Experimental）はその開発及び飛行実験を通じて、今後の宇宙輸送コストの大幅な削減を可能とする再利用型宇宙機（RLV）の実現に向けて必要となる主要技術を早期に確立することを目的とした試験機である。しかしその後、資金計画上の理由で、平成12年8月4日、科技庁によって開発は凍結されている。

HOPE-Xの開発に先行して、軌道再突入実験機（OREX ; Orbital Reentry EXperiment Vehicle）は、大気圏再突入時の空気力・空力加熱基礎データ、耐熱構造データ、通信途絶（ブラックアウト）現象のGPS受信機に与える航法上の影響等各種基礎データ取得を目的として、平成6年2月4日、H-1で性能確認用ペイロード（VEP-1）とともに打ち上げられ、所期の目的を達成した。

極超音速飛行実験（HYFLEX ; HYpersonic FLight EXperiment）は、HOPE-Xの開発に向けて、極超音速揚力飛行体の設計・製作・飛行技術の蓄積及び極超音速領域における実飛行技術データの取得を目的とし、極超音速揚力飛行体の実飛行環境における空力加熱・空力特性データの取得、極超音速大迎角飛行における誘導制御則の評価、熱防護材料及び熱防護構造の性能評価、極超音速揚力飛行体の通信ブラックアウト現象に関する基礎データを取得する目的で、平成8年2月12日、2段式J-1ロケット1号機で打ち上げられた。太平洋上に開傘・着水後の回収に失敗はしたが飛行データ取得には成功した。

小型自動着陸実験機（ALFLEX ; Automatic Landing FLight EXperiment）は、HOPE本機と同等の機体空力特性を有する約1/3スケールの小型の無動力滑空実験機である。本実験機を高度1,500mでヘリコプタから分離、自由落下させて増速、滑空させた後、所定の滑走路に自動着陸させる実験を通じて、HOPE本機の自動着陸技術の基盤を固め、種々の技術データを取得することを目的として、平成8年7月6日から8月15日までに計画通り計13回の着陸テストを豪州ウーメラ実験場で行い所期の成果を挙げた。

高速飛行実証機（HSFD ; High Speed Flight Demonstration）の2段階（フェーズ、）の飛行実験は、これまでHOPE-Xで想定した高度対速度範囲の中、OREX、AFLEX、ALFLEXの3EXシリーズ

では実証できていない超音速飛行領域での航法・飛行制御を補完し、宇宙往還機が地球に帰還する際の最終飛行における技術検証することを目的とした。HSFD-1は、全長3.8m、全幅3m、全重量約735kgのジェットエンジン付自動離着機であるが、HSFD-2は、全長3.8m、全幅2.4m、全重量約500kgのバルーン投下式着陸機である。

フェーズでは、平成14年10月18日、11月5日と16日の3回、キリバス共和国のクリスマス島イーオン飛行場を用いて実施された。フェーズは、平成15年の4月から8月にかけてノルウエーのキルナの実験場（Esrange）で高度30kmに上昇させたバルーンから落下させて、開傘・着地させる予定となっている。

宇宙科学研究所では、将来の宇宙輸送システムの研究として繰り返し飛行が可能な完全な再使用型のロケットについて研究開発を行っている。この研究の一環として、小型の実験機による飛行技術習得のための実験を平成10年から行っており、平成13年には、到達高度約20mの離着陸飛行実験を実施した。この時に、着陸から次の飛行までのターンアラウンドは、約48時間（中1日）を達成した。



OREX



HYFLEX



ALFLEX



HYFLEXを搭載したJ-1(2段式)
(平成8.2.12打ち上げ)

5 国際宇宙ステーション（ISS）計画への参加

(1) ISS計画の概要

国際宇宙ステーション（ISS；International Space Station）とは、高度約400km、傾斜角51.2度の地球周回軌道に構築される恒久的多目的な有人施設で、実験、観測、居住、補給、ロボティクス、電力供給などを行う。1984年1月の米レーガン大統領の呼びかけから始まったこの宇宙基地計画（当時の名称）は、1985年より予備設計に参加した米国、日本、欧州、カナダならびに1998年1月より参加のロシアの5極パートナーが参加する20世紀最大の宇宙国際共同プロジェクトとされ、宇宙環境利用実験、工学実験、更に人間が宇宙に長期滞在する際の人体への影響に関する研究、天体観測基地としての利用等を目的としている。米国の財政事情やロシア参加による財政・技術調整のため度重なるスケジュールの遅れがあったが、1998年11月20日のISS第1回打ち上げからもスケジュール変更を重ねているが徐々に建設されている。我が国は実験モジュール（JEM）構想によって参加し、同モジュール（JEM）、宇宙ステーション補給機（HTV）およびセントリフュージ（CF；生命科学実験施設）の開発、運用を行っている。2002年10月現在、最終組み立て完成は2008年頃とされている。

完成時には、寸法108.5m×88.4mの太陽電池パネル4面を支える水平ビームに計10棟の各モジュールが取り付けられた形態で、総重量は約460t、

当面は3名交代制、完成直前には6～7人乗りで、約10年間運用される予定である。

(2) 日本の実験棟 (JEM)「きぼう」の 開発・利用・運用

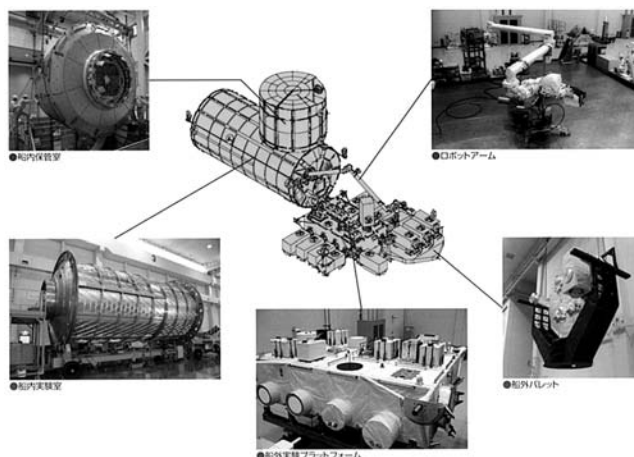
ISSプロジェクトの我が国の担当部分である構成要素は当初、日本の実験棟 (JEM) と称していたが、その後、平成11年4月、公募により「きぼう ; KIBO」という愛称がつけられた。「きぼう」 (JEM ; Japanese Experiment Module) は、スペースシャトルで段階的に打ち上げられ、ISSのロボットアーム、搭乗員の船外活動等によって軌道上でISS本体に組み立てられる有人軌道上研究所である。平成14年10月現在、2006年から2007年にかけて3回のスペースシャトルによる打ち上げを計画している。「きぼう」は外径4.2m、長さ11.2mの船内実験室に船内保管室、船外パレット、船外実験プラットフォーム及びロボットアームが付属しており、総重量は26.5 t。与圧部には実験ラック10個が搭載される。産学官の有機的協力を図りつつ、材料実験、ライフサイエンス実験、科学、工学、地球観測、通信実験等を行う。

宇宙ステーション補給機 (HTV ; H- Transfer Vehicle) は、ISS計画の一環として、ISSを運用・利用していくために必要な物資の補給業務に対して応分の貢献を行うことを目的とし、H- Aロケット増強型で打ち上げて効率的に宇宙輸送を行う予定である。更にセントリフュージ (CF) は、「きぼう」の3回シャトル打ち上げ費用代替分 (バスター) としてNASDAが開発し軌道上でNASAに提供するもので、現在のところHTV-1,CFとも2007年ごろの打ち上げ予定で開発中である。

(3) NASDAの宇宙飛行士

宇宙開発事業団は、昭和60 (1985) 年の第1回から4回に亘るスペースシャトル用宇宙飛行士候補者の募集・選抜を行い、8人の宇宙飛行士を養成してきた。1992年9月の毛利ペイロードスペシャリストの初シャトル搭乗 (1992.9.12 ~ 9.20) をはじめとして、7回のスペースシャトルミッションに参加して、材料科学や生命科学などの宇宙実験、ロボットアームを使った人工衛星の放出・回収、船外活動、地球観測、ISSの段階的組立てなどを行ってきている。

第1期生 (1985年8月選抜) は毛利衛 (飛行2回) 向井千秋 (同2回) 土井隆雄 (同1回) の3名、第2期生 (1992年1月選抜) は若田光一 (同2回) の1名、第3期生 (1996年5月選抜) は野口聡一の1名、第4期生 (1999年2月) は、古川聡、星出彰彦、角野直子の3名の計8名が選抜・採用され養成されている。なお、毛利衛氏は平成13 (2001) 年7月に退役し、日本未来科学館の館長に就任し、宇宙を含めた科学の啓蒙活動を行っている



JEM「きぼう」の製作状況

4節 H- 及びM-Vロケットの打ち上げ失敗、 宇宙事業の停滞

1 H- ロケットの2回連続打ち上げ失敗と 計画の見直し

平成6年2月4日のH- ロケット試験機1号機の打ち上げ以来、計8回の打ち上げを目指して2、3、4及び6号機 (5回目) の打ち上げを続けていたNASDAは、2回連続打ち上げ失敗という創立以来の危機を迎えた。

衛星の不具合、天候不良のため当初より8日遅れて、平成10年2月21日、H- 5 (6回目) により打ち上げられた通信放送技術衛星 (COMETS ; COMmunication and broadcasting Engineering Test Satellite) は、予定外の静止トランスファ軌道に投入され、「かけはし」と命名されたが予定の静止軌道投入は失敗した。ロケットの飛行解析の結果、第2段エンジン (LE-5A) の燃焼が燃焼室の不具合により予定より早く終了 (燃焼室ジャケットの破損によりエンジンが早期停止) し、衛星が分離・投入されたことがわか

った。「かけはし」は予定とは異なった軌道上で、バッテリー放電のため平成11年8月6日の運用停止まで限られた通信実験を地上からのたゆまぬ努力によってこなし評価された。

その後、第2段推進剤供給系の改善を行い、現用の「ひまわり5号」の後継機でもあるMTSATの見直し改良作業もあり、当初の予定より102日もおくれて、平成11年11月15日にH- 8(7回目)により運輸多目的衛星(MTSAT)を打ち上げることになった。発射後予定よりも何と107秒も早い13分59秒後に第1段エンジン(LE-7A)が突然燃焼を停止し、姿勢制御も不能となって異常な飛行経路をとった。そして打ち上げ459秒後、我が国としてはじめて地上指令破壊電波が送信され、衛星もろともロケットは爆砕された。H- ロケット5号機、8号機の2回の連続打ち上げ失敗によってこれからの宇宙事業の停滞は必至と憂う関係者の思いとともに、かつてないほどのインパクトを宇宙産業界に与えた。

しかし、当時の小淵総理大臣、中曽根科学技術庁長官、二階運輸相は、原因追求と再発防止策の徹底を指示するとともに、国産技術によるロケットや衛星の開発を今後も重視するとの方針を翌16日に述べた。NASDAは直ちに事故対策本部を設け、宇宙開発委員会技術評価部会の審議を受けながら、関係メーカー、機関、大学と一体となって真摯に原因究明を開始した。

事故の解析作業は直後から始まったが、ロケットから送信されてきていたテレメータデータからはLE-7Aエンジンの高圧配管系に何らかのトラブルが発生して、推進薬の供給が瞬時に停止したと推定された。事故直後の同年11月19日、NASDAは、海洋科学技術センターに依頼して、第1段が落下した海域の海底調査を行うことを決めた。同年11月20日から12月2日まで行われた第1回調査で、11月27日に海底に横たわる第1段エンジン部の残骸を発見した。このため急遽第2回調査が同年12月20日から実施され、12月24日には幸いなことにLE-7Aエンジンの残骸が見つかった。エンジン残骸は平成12年1月23日から始まった引き上げ作業で、深さ約3000mの海底から回収された。世界的に見ても深海に没したロケットエンジンを引き上げた例はない。

引き上げた残骸の調査から、事前には全く予想していなかった事故原因が浮かび上がった。液体水素ターボポンプが液体水素を吸い込むためのインデュー

ーサという圧縮器の羽根車の羽根が折れていたのである。破断面には力が繰り返して作用した場合に発生する疲労破壊の痕跡が残っていた。破壊はここから起きたものと推定された。インデューサに水を流して流れを観測する実験から、事故原因が次のように明らかになった。

液体中で羽根車を回すと羽根の周囲の圧力が下がり液体が気化して気泡が発生することがある。これをキャビテーションという。問題の液体水素ターボポンプのインデューサでは、発生した気泡が、気泡を作るインデューサの羽根車よりも高速に回転し、流れの上流側へ移動する「旋回キャビテーション」と呼ばれる現象が発生していた。配管内を上流へ逆流する旋回キャビテーションの気泡が、インデューサ入り口前方の配管の中に立てられた流れを整えるための整流ベーンにぶつかって共振する際に発生する圧力変動が、インデューサの羽根に繰り返して過大な力をかけて、インデューサを破壊し、同時に液体水素ターボポンプ入口部も破壊され、エンジンへの推進薬の供給が止まり、瞬時にエンジンが停止したのであった。旋回キャビテーションがその他の要因と重なり新たな振動を起こす原因になるということも事前に予想できなかったことが、事故の要因となった。事故後、様々な関係者が原因を推理したが、この複合要因による原因を事前に正しく指摘した者はいなかった。海に落ちたエンジンの主要部を回収できなければ、真の原因を解明することは困難であったと思われる。

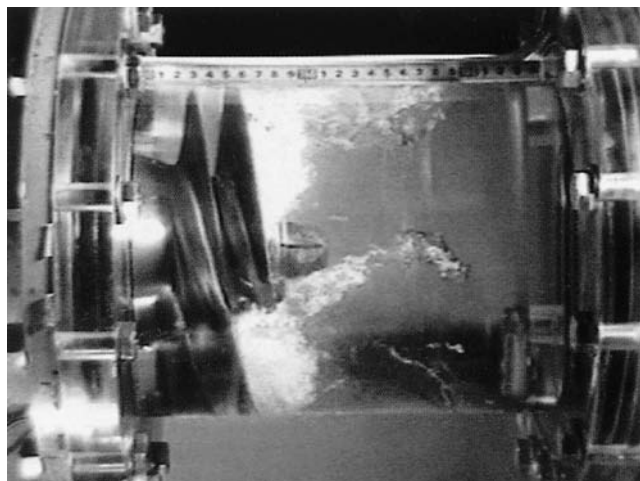
LE-7Aエンジンへの直接的な対策に加え、H- Aの開発強化策として、LE-7A認定エンジンを2台追加製作し、より厳しい条件での試験を行って、耐久性に関するデータを蓄積した。また、第2段目のLE-5Bエンジンについても、信頼性向上のためにかつてない厳しい作動条件での燃焼試験を追加した。その他固体ロケットブースタ(SRB-A)燃焼試験の追加、誘導制御系のシステム試験の実施、H- Aロケット試験機の1機追加により飛行実証の充実を図ることなどの対策を実施した。

H- 8の失敗を契機として、もう1機残っていたH- 7の打ち上げ中止を決めると共に、H- Aロケットの開発強化と打ち上げの1年延期が決定され、NASDAはH- Aロケット開発全般にわたっての総点検、開発試験の強化を実施した。その後、平成12年6月末、8代目として就任した山之内理事長は国鉄

時代の運用体験に基づき万全を期すため、H-A-1の打ち上げを更に半年間延期したのであった。



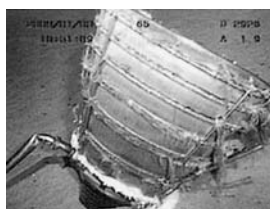
H-A-1の第1段エンジン (LE-7A) 本体等の回収



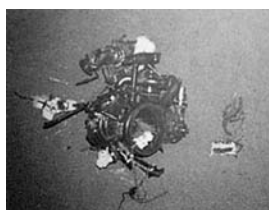
旋回キャビテーション現象



機体バルブ付配管



海底に沈むノズルスカート



海底に沈む主燃焼室

海底に沈んだH-A-1の第1段本体等

2 M-Vロケット4号機の打ち上げ失敗と計画の見直し

H-A-1の原因究明のさなかの平成12年2月10日、宇宙研は、M-V-4(3回目)で第19号科学衛星であるX線天文衛星 (ASTRO-E) を打ち上げた。しかし、第1段の燃焼末期に一時期姿勢が大きく乱れたため、第1段燃焼終了時の速度増分が計画値を下回り、姿勢制御による懸命の回復を試みたが、ついに軌道に投入できず、打ち上げに失敗した。

打ち上げ後、射点の周辺に黒い破片が数多く散乱しているのが発見され、分析の結果第1段モータのノズル・スロートの一部であることが判明した。3,000度Cを越える燃焼ガスによる熱応力によりノズル・スロートが打ち上げ直後から徐々に破損脱落し、ノズル側面に穴が空き、そこから燃焼ガスが漏れて周辺の姿勢制御機器を焼損した為に姿勢が乱れたものと推定された。

グラファイト製のノズルスロートの素材内部に異物や亀裂などの欠陥が内在したか、表面に亀裂があったことが原因と推定された。これまでの地上燃焼試験や打ち上げで十分にその信頼性が証明されていた素材であり、実績への過信が結果的には設計や品質管理の死角となった一例であった。その後、宇宙研はメーカーと一致協力して固体ロケットモータのスロート・インサートの素材をM-Vの第4段モータやH-AのSRB-Aのものと同様なカーボン・カーボン材に変更し製造の品質管理を強化し、地上燃焼試験を行って確認して次号機の打ち上げに備えている。

このようにして、我が国を代表する2種の液体・固体大型打ち上げロケットであるH-AとM-Vは約2年の間に3回連続して失敗したこととなり、大々的に報道され、その結果国会にも問題(信頼性の強化、体制の強化の必要性があり)として取り上げられたのである。

第4章 宇宙商業化への対応：国際競争力養成の時代（1999～）

1節 宇宙商業化に向けた世界の流れ

米国初の民間通信衛星会社（コムサット）が発足したのは1963年2月1日のことで、第2次大戦終了の18年後であった。その後の通信・放送衛星による活躍は目ざましく、今後も発展が見込まれる分野である。

スペースシャトル初飛行の翌1982年、レーガン米大統領は国家宇宙政策を発表し、民間部門の投資及び非軍事宇宙活動への関与の増大を目標として民間による宇宙技術開発の促進を実施原則の一つとし、米国の宇宙商業化政策が示された。その後、使い捨てロケット（ELV）の民営化（1983年）、民間企業による商業打ち上げへの移行、運輸省（DOT）連邦航空局（FAA）内に商業宇宙輸送局（AST）をつくりロケットメーカーの子会社が商業打ち上げを行う（1984年）、チャレンジャ号事故後にスペースシャトルは国家安全保障・外交・科学技術上必要な場合に限定し、商業打ち上げは民間ELVへ（1986年）、新商業宇宙打ち上げに対する規制の撤廃（1991年）、国家打ち上げ戦略国家宇宙輸送政策で国防省は発展型ELV（EELV）、NASAはシャトル後継用再利用型ロケット（RLV）の開発（1994年）と次々と宇宙産業化を促進してきた。

また、地球観測分野では、分解能の制限が10m以上（1992年ランドサット法）から3m（1993年）1m（1994年）へと緩和され、1991年の米国商業宇宙政策ガイドラインの再強調（1996年）更に1996年から難産していた商業宇宙法の成立（1998年）によって、国際宇宙ステーションの民営化、商業利用化の加速、RLV運用の民間開放、GPSの無料使用、政府が民間企業から地球科学・宇宙科学データ購入の奨励等が規定された。

我が国における宇宙商業化への対応については、平成14年6月19日の「今後の宇宙開発利用に関する取り組みの基本について」の中で初めて戦略として示されたのである。

2節 新たな宇宙開発体制と宇宙開発利用の基本方針

1 総合科学技術会議による宇宙開発利用の新基本方針

21世紀の始まった平成13年1月6日、中央省庁を1府22省庁から1府12省庁に再編する機構改革が実施された。総合科学技術会議は、内閣総理大臣及び内閣を補佐する「知恵の場」として、我が国全体の科学技術を俯瞰し、各省より一段高い立場から、総合的・基本的な科学技術政策の企画立案および調整を行うことを目的とし、内閣府設置法（平成11年法律第89号）に基づき、「重要政策に関する会議」の一つとして内閣府に設置された。

一方、我が国全体の宇宙開発に関する重要政策をこれまで審議してきた宇宙開発委員会の位置付けが、中央省庁再編に伴い文部科学省内に置かれ、宇宙開発事業団に関する事項のみを審議することとされた。このような経緯から平成13年10月30日総合科学技術会議の下に宇宙開発利用専門調査会が設置され、我が国宇宙産業の国際競争力の強化を図るとともに、宇宙の利用を通じて国民生活の質の向上等に資するため、今後の宇宙開発利用に対する取り組みの基本等について調査・検討を行うことになった。

同年1月22日の第1回から平成14年6月11日の第11回に亘る会合で審議され、その成果は「今後の宇宙開発利用に関する取組みの基本について（案）」及び「同（概要）」としてまとめられた後、同年6月19日の総合科学技術会議で同報告書は議決された。同報告書の目標と方針を、以下に示す（宇宙開発利用の戦略と商業化等の項目については省略）。

我が国の今後の宇宙開発利用は、知の創造、経済社会の発展、安全の確保、人類の持続的発展、国民生活の質の向上という目標の下に推進。我が国の国際的地位、存立基盤を確保するため、諸外国における宇宙開発利用の状況を踏まえつつ、我が国は人工衛星と宇宙輸送システムを必要な時に、独自に宇宙空間に打ち上げる能力を将来にわたって維持する。

このため、人工衛星及び宇宙輸送システムを全

体として、技術的にもコスト的にも世界レベルで、設計・製造・運用・利用できる能力（人材、施設、情報など）を国内に維持する。また、この過程で得られた技術が輸出などにより、国際的な平和と安全の維持を妨げることとしないよう適切に対応する。

宇宙開発のメリハリのきいた重点化と宇宙利用の戦略的拡大を図るとともに、宇宙産業が将来の我が国の基幹産業に発展するよう宇宙開発利用の産業化を促進する。また、宇宙科学や基礎的研究については長期を見据え着実な取り組みを進める。

平成14年7月1日、宇宙開発事業団法第24条の規定に基づき、同事業団の業務運営の基準となる「宇宙開発に関する基本計画」が総務大臣、文部科学大臣、国土交通大臣名で発表された。その内容は、総合科学技術会議報告を踏まえるとともに、後述する宇宙3機関統合を見込んだ具体的なものとなっているが、従来の宇宙開発政策大綱のようなオールジャパンに亘るものとはなっていない。

一方、経済産業省は7月2日、「我が国宇宙産業の現状と今後の政策の基本的方向について」と題する資料をまとめ、同日開かれた産業構造審議会航空機宇宙産業分科会の第1回宇宙産業委員会に提出した。日本の宇宙機器産業の市場は、平成12年度は3,699億円の売上高だったものの、市場規模は米国の10分の1、欧州の3分の2程度にとどまっていることを指摘している。更に、冷戦後の宇宙利用の拡大に伴って宇宙が本格的な産業利用の時代に突入していること、さらに世界の宇宙市場が民需中心に拡大、さらなる伸びが期待されていることなども報告された。そして同委員会では今後、大きな成長が期待される宇宙産業の競争力強化に向けた施策、すなわち宇宙産業を日本の基幹産業の一つに位置付けることや重要部品の製造・開発基盤の維持や宇宙利用のビジネスモデル構築などを検討する予定と述べている。

2 文部科学省下の宇宙開発委員会と 宇宙三機関統合問題

中央省庁再編によって文部省と科学技術庁が合併して文部科学省（MEXT）となり、宇宙科学研究所（ISAS）、航空宇宙技術研究所（NAL）の両国立研究所、そして特殊法人の宇宙開発事業団（NASDA）

の所謂宇宙3機関が従来の宇宙開発委員会とともに文部科学省の傘下に入った。NALは、NASDAの前身の科学技術庁宇宙開発推進本部、推本時代から双方の共同研究や共同プロジェクトに参加していたため航空技術のリードセンターでありながら宇宙3機関の一つとされた。平成13年4月1日NALは独立行政法人となり、同月6日にはこの3機関が連携して研究プロジェクトを実施するための運営本部が発足した。このような具体的なシステム作りとあわせて3機関の在り方の検討が更に進められ、同年8月21日には3機関統合の方針が示された。続いて同年9月18日には統合準備会議が発足し、同年12月19日に「我が国の宇宙開発利用の目標と方向性」を中間取りまとめ、明けて平成14年3月27日、同会議は「宇宙三機関統合後の新機関の在り方について」の報告書を発表した。

その骨子となる新機関の主要業務内容は、基幹システムの整備・運用に関する業務、衛星等利用システムの企画、開発及び利用促進に関する業務、基盤的・先端的技術開発に関する業務、そして宇宙科学研究・教育に関する業務である。宇宙3機関の統合により、我が国の宇宙開発、宇宙科学研究および航空科学技術の研究開発の中核機関として、国民・社会の期待に応える新機関が誕生することを切望すると報告書は結んだ。平成14年10月21日に国会に提出された、独立行政法人「宇宙航空研究開発機構」法は、平成14年11月19日および12月6日にそれぞれ衆議院、参議院で可決され、平成15年10月1日には新機構として大改組されることになった。

目的や文化等の異なった3機関は今後、設立までに運営上の諸問題を解決する具体策の検討が行われるが、産業界と連携して産業化・商業化を大いに支援する仕組みを構築していくことが期待される。

3節 商業化を目指して

1 国際ロケット市場

国際市場における衛星打ち上げロケットとしては、米国のデルタ と 、アトラス とV、タイタン とV、ペガサス、アテーナ、トーラス、欧州のアリアン とV、中国の長征シリーズ、ロシアのソユーズ、プロトン、ロコット（独・ロシア）、ゼニット3L（ロシア、ウクライナ）、コスモス、モルニア、スタールト、ドニエプル、アンガラ、インドの

PSLV（極軌道用）、GSLV（静止軌道用）、ブラジルのVLS、イスラエルのシャビットの如く多種のものが運用中であり受注にしのぎを削っている。日本の商業衛星は、日本のロケットが海外のロケットに比べコスト競争力に劣るため、これまでは以下に示すように海外のロケットで多く打ち上げられている。

米NASAのデルタ2914型ロケットにより打ち上げられた衛星は、NASDAの「ひまわり」(GMS；1977(昭和52)7.14)、「さくら」(CS;1977(昭和52)12.14)、「ゆり」(BS;1978(昭和53)4.7)またデルタロケットによる宇宙研の「GEOTAIL」(地球磁気圏尾部プラズマ観測衛星；1992(平成4)7.24)がある。

JSAT社、宇宙通信社(SCC)及び衛星放送システム社の米タイタン、アトラス及び欧アリアンロケットで打ち上げられた各商業通信衛星はJCSAT8基(含NTTのNスター2基)、スーパーバード5基、及びBSAT3基である。今後、それぞれシリーズとして後継機を計画中である。

独・ロシア合弁ユーロコット社のロコット・ロケットによるUSEFのSERVIS-1は、2003(平成15)年10月1日に、ロシアのプレセツク基地から打ち上げ予定。(後述7節参照)

2 H-Aロケットの開発

(1) H-Aロケットの開発

H-Aロケットは、21世紀における内外の人工衛星の打ち上げ、国際宇宙ステーションへの補給等の多様な輸送需要に、高い信頼性を確保しつつ低コストで対応するという要請に応えるために、H-ロケットの開発技術成果をもとに平成7年度概念設計後の平成8年度から開発し現在運用している我が国の基幹ロケットである。H-ロケット最終号機となったH-8打ち上げ失敗後、全体について徹底的な改善と信頼性向上、コストダウンが行われた。(図H- からH-Aへの信頼性向上とコストダウン参照)

H-Aロケットは、標準型と増強型があり、標準型はH-と同様に静止トランスファ軌道(GTO)に4トン級の衛星を打ち上げる能力を有する。増強型は、例えば標準型に対して大型ロケットブースタを追加装備することにより、GTOに7トン級の衛星を打ち上げることができる。また、簡単な

改修にて、さらに大型の衛星を打ち上げを可能とする発展性を有している。なお、増強型H-Aのコンフィギュレーションについては、宇宙開発委員会の指摘により平成14年度には見直すこととされ、検討・審議の結果、経費面等から中断され、当面標準型とされた。

(2) H-Aロケットの連続打ち上げ成功

平成13年8月29日16:00、H-Aロケット試験機1号機(全長53m、直径4m、全重量約285トン)は、関係者全員の思い及び国民の期待を込めて打ち上げられた。所定の軌道にペイロード(複数)を投入し、初打ち上げは見事に成功した。ペイロードはロケットの総合的な性能である軌道投入精度と衛星が搭載される温度や振動環境の確認を目的としたもので、性能確認用ペイロード(VEP-2;Vehicle Evaluation Payload-2)と呼ばれた。(VEP-1はH-1で打ち上げ済)

H-Aロケット1号機打ち上げ約5ヶ月後の平成14年2月4日11:45、2号機は打ち上げられた。固体補助ロケット(SSB)を4本装着した2024型に、2衛星を同時に打ち上げるための上下2段重ねの4/4D-LC型衛星フェアリングを装着して、標準型H-Aとしてはもっとも複雑な形態による打ち上げが実施できることが確認された。この打ち上げでは第1段エンジン(LE-7A)の液体水素ターボポンプに、信頼性を向上した新しいインデューサ(吸い込み口に装着する羽根車)を採用した。ペイロードは性能確認ペイロード「VEP-3」および、H-Aとして初めて本格的な衛星である民生部品・コンポーネント実証衛星「つばさ」(MDS-1)の静止トランスファ軌道の投入に成功した。しかし、残りのピギーバック衛星(ロケットの余剰能力を活用した小型副衛星)である宇宙研の高速再突入実験機「DASH」はその内部の分離機構の配線上の設計ミスのため分離に失敗したが、H-A-2の打ち上げは成功とされた。

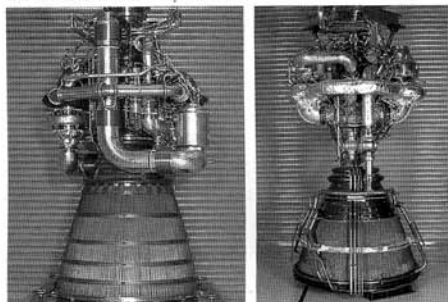
平成14年9月10日16:00、3号機も打ち上げに成功し、2基の衛星を別々の軌道に投入した。ペイロードには、NASDAのデータ中継技術衛星(DRTS:Data Relay Test Satellite)と、USEFの次世代型無人宇宙実験システム(USERS)であり、両者ともそれぞれの軌道で順調に運用中である。更にH-A-3の打ち上げ3ヵ月後の平成14年12

月14日10:31、H-A-4がADEOS- と3個のピギーバック衛星(FedSat, WEOS, μ -Labsat)を所定の軌道へ投入し、連続4回の打ち上げ成功となった。

その後、H-A-5による第1回目の情報収集衛星の打ち上げは平成15年3月28日10:27に打ち上げられた。

●第1段エンジン

ロケットの心臓部となる第1段エンジンは、性能を維持しつつ、配管の引き回しや溶接個所の低減など大幅な簡素化を行ない、信頼性向上を図った。

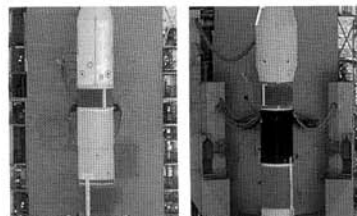


LE-7エンジン

LE-7Aエンジン

●段間部

第1段と第2段を接合する段間部は、アルミ系合金から炭素系複合材に変更し、軽量化を図った。

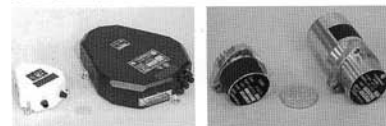


段間部(H-II)

段間部(H-II A)

●搭載電子機器

小型・軽量化を図った各種電子機器



リングレーザジャイロ(左:H-II A, 右:H-II)

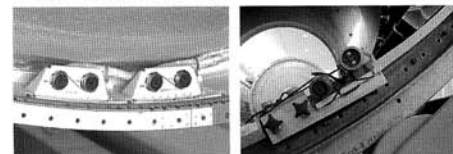
直径500円玉大の加速度計(左:H-II A, 右:H-II)



ジャイロ・加速度計各4個が組込まれたH-II A冗長構成センサブロックアセンブリ

●電子系統の合理化

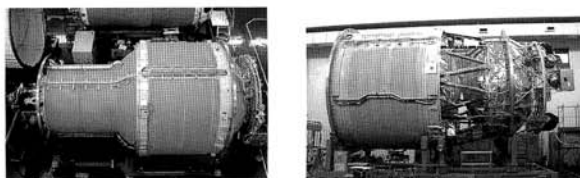
H-II Aでは、各段の誘導制御計算機間及び地上設備側との通信に、データベースを採用し、コネクタやケーブルの本数を大幅に削減した。



第1、2段分離コネクタ:2段側(左:H-II, 右:H-II A)

●第2段タンク

H-II 第2段では、温度の異なる液体酸素と液体水素のタンクが、共通隔壁による一体形式であった。H-II Aでは独立タンクとなり、推進薬注入時の温度管理が用意になったため、整備作業の効率化と安全性が向上した。

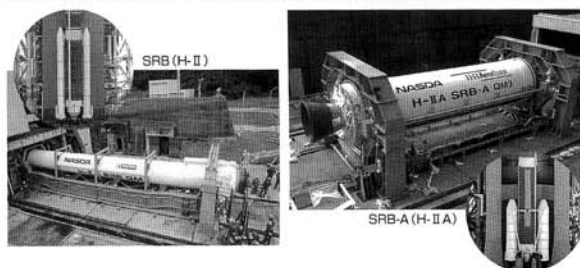


第2段タンク(H-II)

第2段タンク(H-II A)

●固体ロケットブースタ

四分割ボルト接合から一体成形品となった固体ロケットブースタ。組立て作業の効率化とコストダウンを図った。また、分離機構の見直しも行った。



SRB(H-II)

SRB-A(H-II A)

●人工衛星の搭載

従来、人工衛星は、射点でロケットに搭載していたが、H-II Aでは、組立棟でロケットに搭載した後、射点へ向かう。組立てから打上げまでの作業時間が短縮できると同時に、人工衛星に負担がかからない取付け作業が可能になる。



組立棟から射点への移動(H-II)

組立棟から射点への移動(H-II A)

2つの射点へ移動発射台(ML)を効率よく運ぶドロー

●打上げ射点

今後の打上げ需要拡大に対応するため、射点の見直しも行った。従来までの射点に加え、第2射点を増設。ロケット組立棟では、同時に2機のロケットを組立てられるよう改修を行った。



H-II 打上げ射点

H-II A 打上げ射点

H- からH- Aへの信頼性向上とコストダウン

(3) H-Aロケットの今後の展開と打ち上げ予定

宇宙開発委員会は平成14年5月、商業化のための低コスト化を考慮したH-Aロケット増強型の開発に関して、試験機2機の打ち上げ成功によって検証されたH-Aのロケット技術に基づき、システムや開発方式などを1年かけて再検討することが提案された。また、それに併せて、標準型のラインナップとして固体ロケットブースタ（SRB-A）を4本装着し、静止軌道へ3t級衛星の打ち上げ能力を持つH-A204型を追加する計画も検討されている。増強型の再検討については、例えば、液体ロケットブースタ（LRB）を1本装着するH-A212型については、さらに簡素にしてコスト効果も期待できる案として、LRB装着を取りやめ第1段の直径を5mにしてLE-7Aエンジンを2基装着する形式が検討されている。新たな増強型は、開発コストと運用コスト、さらには種子島などの設備整備コストの合計を最小に留めつつ、十分な打ち上げ能力を持つことが期待された。

H-A-5号機以降の当面の標準型打ち上げ予定を、以下に示す；

- ・平成14年度：IGS1号（2基）
- ・平成15年度：IGS2号（2基）、MTSAT-1R（第2段の再々着火を含む）
- ・平成16年度：ALOS、ETS-
- ・平成17年度：増強型試験機（見直し中）、SELENE（月周回衛星）、WINDS（超高速インターネット衛星）

3 H-Aロケットの商業化への努力と民間移管

(1) H-Aロケットの商業化への努力

平成14年6月、総合科学技術会議と宇宙開発委員会は、H-Aロケットの将来について、開発が完了した標準型のH-Aロケットを日本の基幹ロケットとして位置づけ、政府の人工衛星の打ち上げについて優先的に使用することを原則とするとともに、早期の技術の民間移転による信頼性の向上、製造責任の一元化、営業体制の強化など、民間的な経営手法により効率化を図るとの将来方針を示した。

ロケットによる衛星打ち上げ市場は欧米露中による競争が激化している。アメリカは、ボーイング社のデルタ、ロッキード・マーチン社のアトラスVと、それぞれ低コストの大型ロケットを開

発した（2002年8月21日と11月20日にそれぞれ初打ち上げに成功）。これらのロケットの参入により、単位重量当たりの打ち上げコストはますます低下する傾向にある。

デルタとアトラスVは、ともにモジュラー構造を採用しており、ブースタを増やしたり第2段から上の上段ロケットを交換することで小さな衛星から巨大な衛星までの幅広いペイロードを打ち上げられるように工夫されている。デルタの基本型はほぼH-Aと同等の能力だが、液体酸素・液体水素ブースタを追加することで静止トランスファ軌道（GTO）に最大で13.1tを打ち上げられ、アトラスもGTOへ最大8.6tを打ち上げる能力を持つ。

現在、商業打ち上げ市場でトップシェアを持つ欧州のアリアンVロケットは、GTOに6.8tを打ち上げる能力を持つが、欧州は第2段ロケットエンジンを高性能化することで、GTOに10tを打ち上げる発展型（EC-A）を開発したが、2002年12月11日に初の打ち上げは2段点火前に姿勢不具合となり地上破壊指令されて失敗した。

ロシアや中国のロケットも商業打ち上げ市場に参入しており、特にロシアはプロトンロケットの改良型プロトンMを進めているほか、デルタやアトラスVと同じくモジュラー構造を採用して幅広い重量のペイロードを打ち上げることができる新型ロケット「アンガラ」の開発を進めている。商業打ち上げ市場でH-Aロケットは、市場の覇者であるアリアンVだけではなく各国の新世代のロケットと競わなくてはならず、国際競争力をいかに高めるかが緊急の課題である。

(2) 基幹ロケットとしてのH-Aロケットの民間移管

NASDAは「H-A民営化作業チームの中間とりまとめ」（平成14.8.28）に基づき、H-A標準型について、民間の効率的かつ迅速な経営手法によるコスト低減対策、製造責任の一元化による品質向上及び活力強化を行い、国際競争力を確保するため、民間移管対象企業の公募を、平成14年10月23日に開始した。1社のみ申請書を提出した三菱重工が、製造体制（品質管理体制、品質向上・コスト低減方策を含む）、営業体制（商業マーケット開始の見通しと設備投資計画を含む）及び技

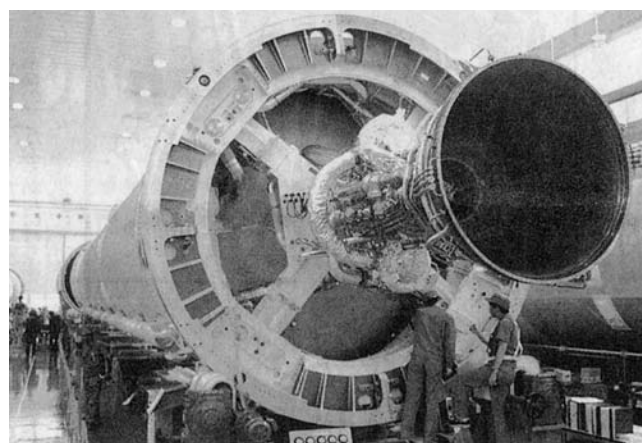
術・情報管理体制等についての審査を経て、平成14年11月20日に民間移管対象企業（プライム）に選定された。目下、平成17年度からの商業打ち上げビジネスへの参入に向けH-A標準型、増強型のラインアップを揃える等、技術、営業の両面にわたるプライムと関連企業のより一層の努力により、商業衛星打ち上げを確実に実現して行くことが我が国の宇宙産業界の発展につながるものとして大いに期待される。

（3）H-Aロケットによる商業衛星打ち上げの受注

平成2年7月5日、商業衛星打ち上げ目的として期待を担って創立された(株)ロケットシステム（RSC）は、NASDAが開発するH-Aロケットを用いた商業打ち上げの受注活動を積極的に開始した。その結果、1996年11月にヒューズ社（当時、現在ボーイング社）より20機（内10機はオプション）およびスペースシステムズ（SS）/ロラール社より10機の打ち上げ契約をそれぞれ受注した。これら人工衛星の打ち上げ準備を鋭意進める中、H-ロケット5号機、8号機の連続打ち上げ失敗により、平成12年7月ヒューズ社との20機の契約が解約され、更に平成13年1月にはSS/ロラール社との契約10機のうち2機が解約された。商業打ち上げ契約に関しては、SS/ロラール社との間の8機の契約が残っている現状にある。



H-A試験機1号機の打ち上げ（平成14.2.4）



H-Aロケットの組み立て状況

4節 宇宙利用産業の将来展望と衛星の商業化の努力

1 宇宙利用の拡大

SIA/FutronのSatellite Industry Indicators Survey 2001によると、世界の宇宙産業の売上高は、平成13年度において約12兆円（97.7B\$）である。宇宙産業内の比率は、宇宙関連利用産業47%、人工衛星製造産業21%、地上施設20%、および打ち上げ産業11%である。1996年以来、宇宙産業関連利用産業は引き続き増大の傾向にある。これまでのところ次のような民生分野における宇宙利用が進められている。こうした宇宙利用は国民の生活の質を向上させるものであり、企業経営の効率化、迅速化から考えても、今後更に多くの新事業が出てくることが予想される。

(1) 通信・放送・測位事業分野の急速な拡大

通信・放送・測位事業分野は、ここ数年、急速な拡大を続けており、宇宙産業全体の需要動向にも大きな影響を与えている。これに伴って、国内で通信・放送事業を利用する際に必要な衛星通信の受信機器や、カーナビゲーションシステム等を製造する地上の関連機器産業分野も急速な拡大を続けている。今後更に、通信・放送分野におけるBS/CSデジタル放送の本格導入、ITS（Intelligent Traffic System）分野における測位の利用拡大、画像データを利用した各種アプリケーションの開発等の発展が見込まれ、今後も拡大傾向にあると言える。

(2) リモートセンシング画像の配布・販売

近年、地球環境の保全と持続的な開発との調和が世界全体の緊要な課題となっている。これに応えるべく地球科学技術の進展を図り社会活動を展開するため、リモートセンシング技術は極めて重要な役割を果たしつつあり、また、安全保障及び危機管理等に資する情報の収集にあたっても、効果的な技術として関心を集めている。NASDAは、昭和53年10月に埼玉県比企郡鳩山町に地球観測センター（EOC）を設置し、各種の地球観測衛星からのリモートセンシング画像を10m直径の受信パラボラアンテナ2基により受信・記録・処理し、これらのデータをCD-ROM、8mmテープ等に収

録し、国内外の利用者の要望に応じ配布している。これらの観測データは、更に昭和50年7月28日に設立された配布機関の（財）リモートセンシング技術センター（RESTEC）を通して、国内外の利用者に提供している。更に、衛星データのオンライン授受、カタログ情報のオンライン提供等を行うための地球観測情報システムを運用するADEOS-及び今後打ち上げられる陸域観測技術衛星（ALOS）等の打ち上げに備え、関連地上システムの開発と共に、観測データの受信処理及び解析研究への準備業務を引き続き進め、ADEOS-の初期評価・試験運用を実施するほか、米NASAの極軌道プラットフォーム（AQUA）の打ち上げ（2002.5.4）を受けて、それに搭載された改良型高性能マイクロ波放射計（AMSR-E）の観測データ処理等の初期運用及び校正検証を行っている。更に、外国衛星のデータの収集に係る受信処理については、NASDA等の協力の下に引き続いてRESTECが外国の地球観測衛星運用機関と直接協力関係を構築して自主的な運用を行っている。一方、資源・環境観測解析センター（ERSDAC）は、ASTERセンサーの画像データの配布を行っている。

2 国際衛星市場における受注活動

(1) 国際衛星市場の動向

米国連邦航空局（FAA）商業宇宙輸送局（AST）の2002年での世界の商業衛星打ち上げ市場予測（2002～2011年）によれば前年発表の予測より23%も縮小している。内訳をみると、静止衛星（GSO）が273基、非静止衛星（NGSO）が79基で計352基で、今後10年間の年平均は35基となり、打ち上げサービス市場は激しい競争状態となる。しかしNGSOは、2004～2005年には極端に落ち込み年平均8機と予測されているが、FAAが予測を開始して以来、NGSO衛星が通信衛星ではなく、科学衛星とリモートセンシング衛星で大半を占めたのは初めてである。

(2) 我が国衛星メーカーの活躍

三菱電機は鎌倉製作所内に大型衛星組立て試験工場を建設するなど海外の商業衛星市場への参入準備を進めてきたが、平成11年10月に豪州第2位の通信事業者であるオプタス社（現シングテル・

オプタス社)より、日本の衛星メーカーとしては初めて衛星システム「オプタスC1」を受注した。「オプタスC1」は、打ち上げが2003年に予定されており、衛星重量5t、全長26m、電力10kw、寿命15年と世界最大規模の商業通信衛星で、打ち上げ後は東経156度のパプア・ニューギニア上空の軌道に静止し、オーストラリア・ニュージーランドを中心に東アジア・東南アジアに通信サービスを提供する。

更に三菱電機は、平成12年7月に、運輸省航空局(現国土交通省航空局)及び気象庁より、運輸多目的衛星2号(MTSAT-2)を受注した。これは、日本の衛星メーカーとして、初めて日本の衛星システムを国際競争入札で受注したものである。また、この衛星には、同社の標準衛星バスが用いられており、日本の国産バスを使用した商用衛星第一号機でもある。「MTSAT-2」は、衛星重量約4.6t(打上げ時)、発生電力約3.4kw、寿命10年の航空管制ミッションと気象ミッションの2つのミッションを搭載した衛星で、平成16年度にH-Aでの打上げが予定されている。

(3) コンポーネント・地上設備の商業化の努力

日本航空宇宙工業会が平成12年度データを基に分析した我が国の人工衛星関係の輸出関連データによると、輸出額は276億円でカテゴリ別では人工衛星関連126億円、地上設備150億円である。更に、人工衛星関連126億円の内訳を見るとバス機器のうち構造系12億円、姿勢制御系76億円、電力系8億円で、ミッション機器のうち送受信機器24億円、観測センサー11億円、その他44億円、追跡管制関連で5億円である。また地上設備関連では、追跡運用の設備で1億円、通信/放送(CS/BS)地上局(ユーザ端末・地上施設)で150億円である。

なお、それらの輸出先を見ると、米国が32億円、欧州170億円、アジア55億円、中近東・アフリカ7億円、中南米12億円、大洋州1億円となっている。この中で、主な輸出品目は構体パネル、バッテリー、太陽電池パドル、ビーコン、トランスポンダ、精密地球センサー、地上局の多重化装置である。

従って、三菱電機、NEC東芝スペースシステム(NECと東芝の宇宙部門の統合会社)、日本電気航空宇宙システムといった我が国の人工衛星関連メーカーのシステム・レベルでの商業化の努

力と、日立製作所、富士通といったコンポーネント/センサー・メーカーや三菱スペースソフトウェア、ソラン、宇宙技術開発といったサービス・ソフトウェア関連メーカーのコンポーネント・地上設備レベルでの商業化の努力により、上記に示すコンポーネント・地上設備についてはかなり世界的な競争力を有すると言える。

5節 我が国宇宙産業の新たな動き

世界の金融需要やユーザ需要そして製造スケジュールや産業界の統合までの広い範囲にわたって影響を受ける商業打ち上げサービス市場の中、国内企業においてもこれまでのメーカー体制を見直し、自社の不得意な分野を得意とするため、競合していた他社との統合、新しい分野に乗り出す企業が現われた。

1 IHIエアロスペースの誕生

日産自動車は、宇宙航空事業部門と、主ロケットの地位の確立を目指す石川島播磨重工(IHI)宇宙開発事業部との合併話を進めていたが、IHIは相互補完し合うメリットありとして、平成12年7月1日、日産自動車の宇宙航空事業部をIHIの傘下に入れ、新しいロケット・メーカーである(株)アイ・エイチ・アイ・エアロスペース(略称IA)を創立した。資本金40億円(IHI全額出資)従業員約900名で、本社は東京都千代田区、群馬県内に富岡事業所、埼玉県川越市に研究開発センター、愛知県に武豊事務所を置き、事業内容は宇宙機器、防衛機器等の設計、製造及び販売である。生産品目としては、Mロケット・シリーズ、H-Aの大型固体ロケット・ブースタ、MT-135P、S-310、S-520の観測ロケット等、宇宙ステーション「きぼう」の船外実験プラットフォーム、各種宇宙実験装置などである。なお、平成14年9月30日、IHIは平成15年4月1日を目途にH-A第1段エンジンのタービン・ポンプと2段ロケット姿勢制御装置、及びGXロケット・プロジェクトはIHI本体に残し、それ以外の宇宙開発事業をIAに分離・移管すると発表した。

大正13年に中島飛行機の原動機工場(荻窪)の発足以来、昭和20年に富士産業、昭和25年に富士精密、昭和36年にプリンス自動車工業、そして昭和41年に日産自動車を経てIHIの100%子会社であるIAと変遷し、戦時中最大の航空機メーカーであった中島飛行機

の航空機事業は、富士重工の宇都宮製作所のみにて存続することとなった。

2 NEC東芝スペースシステムの誕生

これまで衛星メーカーは、日本電気（NEC）、三菱電機、東芝の大手3社とされ、それぞれ激しい受注・製作・運用を行ってきたが、NECと東芝は相互補完のメリットありとして宇宙開発部門を合併し、平成13年4月2日、NEC東芝スペースシステム(株)を設立した。資本金35億3000万円（持ち株はNEC60%、東芝40%）、従業員約900名、本社は横浜市港北区、サイトはNEC横浜プラント、東芝の小向オペレーションと、京浜製品オペレーション及び府中プラント内にある。

事業内容（生產品目）は、宇宙機システム（衛星及び搭載機器、宇宙ステーション「きぼう」搭載機器、M-V、H-Aロケット等の搭載機器等、宇宙関連地上システムの企画・開発・設計・製造・組立試験、販売及び宇宙機システムの利用に係わるコンサルティング等である。

3 ギャラクシーエクスプレスの誕生

我が国ではH-Aにより世界の主要ロケットと比肩し得る能力を保持し、かつ科学衛星打ち上げ用ロケットとしてM-Vを使用しているが、世界商業打ち上げ市場の動向及び主として以下の国内事情を踏まえ、官民共同による中小型ロケット（GXロケット）開発と民主導による同ロケットの打ち上げサービス事業の構想が現われた。

宇宙科学分野の衛星の利用者は、H-Aによるシングル・ローンチでは高コストかつ非効率であるのでデュアル・ローンチを標準とするも、相乗り衛星の打ち上げやインタフェース条件に影響を受け易く、また打ち上げ直前のレイト・アクセス作業に柔軟に対処するためには、H-Aのみに依存することは非現実的であるとの意見が強い。このため、当面の間はM-Vを使用し、国内で他の代替ロケットの信頼性等が確立した時点で、改めて科学衛星用ロケットの開発を判断することとし、M-Vについては3機統合を機にその研究開発を終了する。このリソース（経費、要員等）を幅広い宇宙科学研究に活用する、そしてM-Vのコスト低減を企業努力に期待する、との見解が、平成14年5月20日の初の文科省宇宙開発委員会主催のワークショップ等で示された。

NASDAは平成12年度からJ-ロケット（平成8年2月12日にJ-ロケット1号機でHYFLEXを打ち上げ）に次いで、高性能・低コストを目指したJ-（仮称）ロケットの開発着手を計画したが、平成11年11月15日のH-ロケット8号機の打上げ失敗によりこの開発を凍結した。その後、官民協同プログラムとして名称を改めGXロケットとし、NASDAは液体天然ガス（LNG）を推進薬とするLNG推進系（GXロケット2段）を分担して開発に参画することとし、平成14年度に宇宙開発委員会にこの開発移行の審議付託をしている。

一方民間主要企業7社（石川島播磨重工、IHIエアロスペース、三菱商事、川崎重工、日本航空電子工業、富士重工、国際倉庫）は、中小型衛星打上げ用“GXロケット”（6節参照）の開発・製造及び打上げサービスと販売を目的として新会社「株式会社ギャラクシーエクスプレス」（資本金1億円、本社は東京都港区）を平成13年3月27日に設立した。その後14年末には増資及び新たに米国ロッキードマーチン社の出資を含め4億円強の資本金とし、将来には新たな企業の出資を仰ぎ4.9億円に増資予定である。その後、GXロケットは平成15.3.10宇宙開発委員会です承された。

4 中小企業の挑戦

最近、全国最大の中小企業の集積地として知られる大阪府東大阪市で、中小企業が力を合わせてピギーバック式の小型の人工衛星「まいど1号」（約50kg）を打ち上げようという計画が進み、3年後の打ち上げを予定して「東大阪宇宙開発協同組合」が平成14年12月16日に設立された。また、宇宙ベンチャー企業であるアストロリサーチ社のように、海外市場を視野に入れた海外の宇宙企業を顧客とした設計支援・製造業務を提供しようとする元気のある動きが出てきている。予算の制約のある発展性の少ない国内から、可能性を秘めた海外への事業展開の動きが始まろうとしている。

6節 官民協同によるニュープロジェクトの推進

1 GXロケットの開発・運用を

官民協同開発の良き先例を作るために、GALEXは、J-（仮称）の開発目的を踏まえ、宇宙開発委

員会が平成14年6月にとりまとめた「我が国の宇宙開発利用の目標と方向性」に基づいて、将来の中小型衛星に関わる実証実験プロジェクトへの貢献及びH-Aロケットの補完手段としての役割を果たすとともに、海外の中小型衛星打ち上げ市場にも参入して行くものとして、GXロケットを提案した。

同社は全体事業計画の立案・推進、国内外市場マーケティング、打ち上げサービス提供等に係わる技術・営業活動を行うこととされ、GXロケットそのものの開発・製造についてはIHIが責任を持ち、国内関係メーカー及び米ロッキード・マーチン社の技術協力を得て実施することとなった。

GXロケットは、2段式液体ロケットで全長約48m、直径3.1m（1段）3.3m（2段と衛星フェアリング）全重量約210t（衛星を除く）第1段はロッキード・マーチン製アトラスロケットの1段タンクをベースとしてロシア製エンジンを採用、第2段は液体天然ガス（LNG）と液体酸素（LOX）エンジンを国内開発とする商業ロケットである。種子島からの打ち上げ能力は低軌道へ4.4t（高度200km）、太陽同期軌道へ2.0t（高度800km）、静止トランスファ軌道へ1.4tである。平成18年度の初打ち上げを目指す国際協同開発GXロケットの開発には、平成14年10月現在約500億円（文部科学省、経済産業省と民間が拠出）が見込まれている。

2 準天頂衛星システムの構想の具体化へ

準天頂衛星システム（QZSS；Qusai Zenith Satellite System）は、移動体衛星通信において、障害となる都市部のビル等の遮蔽物や降雨による回線影響を抑えて「電波の影」を作らないため、高品質な移動体データ通信や放送に有効なシステムで移動通信・放送・衛星測位に向いており、複数の衛星を打上げて中緯度でも高仰角を得られる優れた同期軌道で、いつでもどれかの衛星が日本の真上にあり、安定した通信を提供することができ、静止軌道の混雑の緩和や、様々な事故や災害時の緊急時に役立つと考えられる。

その特長としては、(1)静止軌道に対して約45度傾けた同期軌道に3機程度の衛星を交替で相互同期で配置する等により、常に1機の衛星が日本上空（天頂）付近に滞留する衛星通信システム、(2)高仰角なため、高層ビル等建物による電波遮蔽物や降雨による回線影響が少なく、高品質な移動体データ通信・

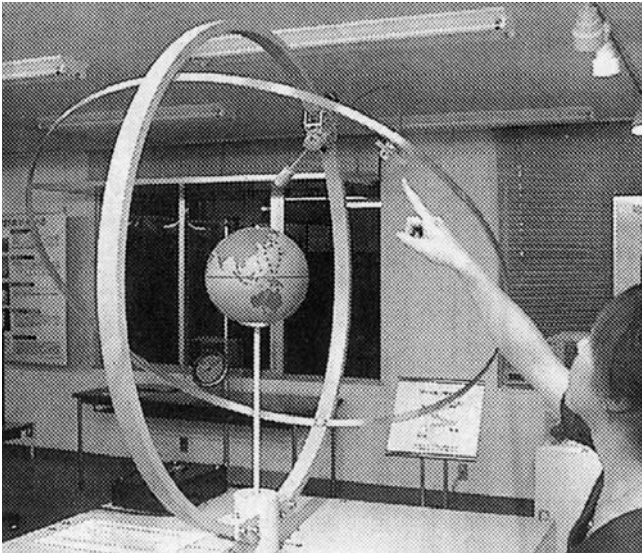
放送の提供が可能、(3)静止軌道衛星との周波数共有が可能で、電波資源の有効利用に貢献、(4)ひっ迫する静止軌道位置を補完する新しい軌道を開始することである。

平成13、14年度に経済産業省は、「次世代時間・位置情報利用システムに関する合同委員会、利用委員会を日本航空宇宙工業会に立ち上げ、またその後民間の有志の研究会である「新衛星ビジネス研究会」が発足した。日本航空宇宙工業会、日本経済団体連合会、新衛星ビジネス研究会の三者の連名でQZSSプロジェクトの推進活動にあたった。現在、省庁・産業界・宇宙研究開発機関に亘るオールジャパンメンバによる準天頂衛星システム開発利用推進協議会・幹事会が設けられ、本システムの具体化が検討されている。

QZSSの開発や打ち上げ経費として約1,600億円、システムの運用には約500億円が見込まれており、文部科学省、総務省、経済産業省および国土交通省の4省は、平成15年度に研究費として58億円の予算を確保した。平成16年度開発研究フェーズ、平成17～20年度開発フェーズ、平成20年度実証衛星打ち上げ、以降民間による実用化フェーズである。このため三菱電機、日立製作所、NEC東芝スペースシステム、伊藤忠商事、三菱商事、トヨタ自動車の6社が発起人会社となり、「新衛星ビジネス株式会社」が平成14年11月1日付で設立された。



GXロケットの概要



準天頂衛星の模型

3 「きぼう」利用ビジネスへ向けて

平成12年12月の宇宙開発委員会において、国際宇宙ステーション（ISS）の日本実験棟（愛称「きぼう」）の初期の利用段階における推進方策として、その潜在的な能力を掘り起こし、これを活用していくという観点から、現在の有人「軌道上研究所」としての科学技術上の利用に加え、教育や人文社会的な活動への利用など、新たな分野および形態への利用の多様化を図ること、その際、適切な形で民間活力及び資金の導入や利用者負担による利用を取り入れるなどにより、「きぼう」の民間利用等を段階的に推進することの方針が打ち出された。

「きぼう」利用ビジネスを立ち上げるため、NASDAは上記の推進方策に基づき、ビジネス利用に焦点を当て本社に「きぼう相談室」を設けるとともに、「きぼう」の利用拡大・多様化促進を目指した仕組みとして一般産業界およびメディアの利用分野と検討を進め、平成15年10月の新機関「宇宙航空研究開発機構」（独立行政法人）の発足前に取りまとめるべく検討中である。

現在、関心を持つ産業界としては、日本製薬工業協会、浜松ホトニクス、資生堂、各大学の技術移転機関（TLO）センター、日本経済団体連合会等があり、文部科学省および経済産業省も支援している。また、メディア界としては、電通、NHK、朝日新聞、フジテレビ、マガジンハウス等が強い関心を示している。課題としては、特許制度と守秘義務との両立性、テーマの選択基準の緩和と公平性、参加呼びかけ方法の全国化であり、誰でも容易に参加でき

低コストで短期達成できる仕組みが肝心である。この仕組みに基づく実施体としては、NASDA自体ではなく民間主体のものが望まれる。

7節 宇宙産業基盤の強化に向けた努力

1 CALSを用いた宇宙産業基盤の整備

(1) 宇宙CALSとSERVIS

日本の宇宙産業界における情報交換は、ほとんど紙ベースで行われている。産業化・商業化の観点から日本の宇宙開発において宇宙産業が基盤産業の一つとして成長していくためには、他の産業と同様CFB（Cheaper, Faster, Better）の基盤を確立する必要がある。そのため、平成8年に、宇宙開発関連企業で構成されるUSEFを中心とし、人工衛星の設計・製造分野にCALSの概念を導入し、生産性・効率性の向上を図ることを目的とした、生産・調達・運用支援統合情報システム技術研究組合（NCALS）の中の1つとして宇宙産業CALSプロジェクトが発足し、宇宙CALS-I、II、IIIとして以下のように推進されている。

1) 宇宙CALS-I

平成8、9年度の2年間にわたり、宇宙CALS-Iは、衛星開発のライフサイクル（基本設計、試験モデル製造・試験、詳細設計、飛行モデル製造・試験、打ち上げ、運用）の各段階における設計フェーズの業務を対象にして、インタフェース管理文書（ICD）、テレメトリ・コマンドデータのデジタル化による設計作業の効率化ならびに技術連絡文書の作成・管理を実施した。調達者とインテグレータと企業間で共有あるいは交換するドキュメントのデータ交換をCALS技術を導入しすることにより実現すると共に、その標準化を図り業界内の共通プラットフォームを確立した。

2) 宇宙CALS-II

衛星を構成する機器・部品は宇宙という特殊な環境で使用されるので耐放射線などの制約があり、MIL規格等による高信頼性部品を採用せざるを得ない。高信頼性部品は、価格が民生部品の100～1000倍、納期についても18ヵ月必要とされ、これが衛星の高価格、長納期の要因となっている。

平成10年度先進的情報システム開発実証事業

(電子商取引の実用化等)のもとに、「宇宙部品・コンポーネントの企業間情報交換システムの構築<宇宙CALS- >」として、平成10年11月から平成11年12月にかけて、企業間で電子商取引の活用として、宇宙部品/衛星コンポーネント/宇宙素材の提供企業と衛星の設計企業間で、宇宙部品情報・衛星設計情報を電子交換し共有できる環境を構築した。

3) 宇宙CALS-

平成11年度からUSEFが開始した宇宙環境信頼性実証システム(SERVIS; Space Environment Reliability Verification Integrated System)プロジェクトの一環として、従来の宇宙CALS- および宇宙CALS- の成果を発展させ、トータルな実用システムとして、衛星の設計情報やプロジェクトの支援情報をインターネットで共用・交換する開発支援システム(: パーチャルインテグレーション)を開発している。特に衛星設計情報はインタフェース情報として3次元CADによる交換と、電子的なインテグレーション/解析を行い、また衛星の設計仕様等のドキュメント、スケジュール、アクションアイテム等のプロジェクト支援情報もデータベース化している。宇宙CALS- としての開発支援システムは、次項のSERVISプロジェクトの一環として、システムの開発・運用・評価を行うものである。

4) SERVIS

SERVISは、NEDOの委託を受けてUSEFが開発を進めている宇宙実験システムであり、我が国の民生部品・民生技術を宇宙環境下で使用するための知的基盤として各種ガイドライン類を作成し、また民生部品データベースを構築することを目的としている。

SERVISプロジェクトは平成11年度から18年度にかけて実施され、平成15年度と18年度にそれぞれ各1機の宇宙機システムを打ち上げる予定である(1号機は、平成15(2003)年10月1日に独・ロシアのロケット「ロコット」でロシアのプレセツク射場から打ち上げる予定)。この民生部品・民生技術の宇宙分野への転用のためのガイドラインができれば、民生部品、民生技術を衛星製造に採用することが可能となり、世界市場に通用する低コスト衛星の実現が期待できる。

(2) ロケットCALS

1) システム設計・インテグレーション高度化 知的基盤研究開発

上記の衛星主体の宇宙CALSとは別に、平成13年度、当工業会(SJAC)はNEDOよりの受託事業である「システム設計・インテグレーション高度化知的基盤研究開発」(別称:ロケットCALS)を実施した。ロケットのような大規模システムでは、システムと多くの構成要素間の設計仕様が相互かつ複雑に関連するところから、そのインテグレーションにおいては、設計仕様の設定あるいは変更における分析・検証作業が膨大になるとともにシステムと各構成要素に含まれる開発リスクの分析・管理が困難となり、開発の長期化と信頼性低下の要因となっている。一方、システム設計においては、熱・構造など多岐の要因が複合的に絡み合い、要因毎に独自に行われている各解析の有効性及び各要因間の連成性に関する効果的検証が困難なため、多くの試作モデル試験に依存し、開発が長期化しコストが上昇する。本プロジェクトでは、今後の需要拡大に伴い産業技術力の強化が必要とされる低高度・中小型衛星打上げ用ロケットの開発を取り上げ、開発の信頼性向上、低コスト化ならびに期間短縮をめざしたインテグレーション及びシステム設計の高度化に関する技術を研究開発し、ロケットだけではなく、プラント、自動車、造船、原子力分野等の大規模システムへも適用できる技術基盤を確立した。

2) 次世代輸送系システム設計基盤技術開発

平成14年度から17年度にかけて、当工業会(SJAC)はNEDOよりの受託事業である「次世代輸送系システム設計基盤技術開発」の研究開発として、ロケット開発の更なる信頼性の向上、開発期間や受注から打上までの期間の大幅短縮を目的とし、以下に示す「次世代輸送系システム設計基盤技術」の研究開発を実施している。

(1) 仮想空間でのシミュレーションによる改修をシミュレーションモデルの基となる3D-CADの図形データへ自動的に設計に反映し、開発後期や実運用段階で発生する不具合を排除する技術手法、および人的要素に関わる設計上の不確定要素を排除する技術手法等を含む、「ヴァーチャル・プロトタ

イピング技術」を開発する。

- (2) 飛行制御ソフトウェアの開発において、あらゆる事態を想定して事前にソフトウェアの妥当性を検証し、開発後期や実運用段階で発生する不具合を排除する「高度信頼性飛行制御検証技術」を開発する。この技術は、他の大規模システム及び輸送系産業への適用できるものである。
- (3) これまで主として人手に頼っていたロケットの機体の点検や運用を自動的に実施するための、「自己診断・自律対応型機体点検自動化システム」とそれを可能とする「制御機器を含むアビオニクス機器」による「次世代LNG制御システム技術」を開発する。この技術は、小型LNG気化設備等の制御系設備へ適用できるものである。

2 プロジェクトによる宇宙産業基盤の育成例

(1) スペース・ネットワーク

スペース・ネットワークは、NASDAが静止軌道に配置されたデータ中継技術衛星（DRTS）を介して地球観測衛星及び宇宙ステーション等の低中高度周回宇宙機のデータを中継することを目的としている。これまで追跡管制地上局網のみを利用することで生じていたデータ伝送量及び可視時間等に対する制限を大幅に向上し、且つユーザ宇宙機に要求されている複雑なミッションの実現が可能となり、将来の通信技術の基盤となることが期待されている。これまで打ち上げられた技術試験衛星型（ETS-）「みどり」、通信放送技術衛星（COMETS）「かけはし」及びデータ中継技術衛星（DRTS）「こだま」等を用いて、衛星間通信を実施するための捕捉追尾技術、通信品質及びスペース・ネットワーク運用技術等、将来のネットワーク基盤に必要な技術を修得することができる。

(2) i-Space

i-Spaceは、日本そしてアジア太平洋域の人々が最先端のIT技術の恩恵を受けられる情報社会の実現を目指した「宇宙インフラ」構想である。NASDAは、宇宙インフラの開発・利用を通じこれからのIT社会に貢献するため、現在開発中の技術試験衛星型（ETS-）超高速インターネッ

ト衛星（WINDS）、研究中の準天頂衛星システム（QZSS）等を用いて、インターネット、教育、医療、災害対策、ITS等の各分野において衛星を利用するための技術開発やパイロット実験を関係省庁・民間と共同で行う予定である。（準天頂衛星システムについては6節参照）

1) 技術試験衛星型（ETS-）

携帯端末による音声・データ通信が可能な静止衛星を用いた移動体衛星通信が特徴の技術試験衛星で、21世紀初頭に必要とされる通信・放送・測位の技術開発を行うため、平成16年度にH-Aロケットで打ち上げ実験・実証する。主要ミッションは、3t級静止衛星バス技術の修得、将来の宇宙開発に必要な大型展開アンテナに係る基盤技術の修得、日本及びその近海領域をカバーし、小型携帯端末（携帯電話サイズ）で利用できる静止衛星によるSバンド周波数移動体衛星通信システム技術の宇宙実証、静止画像伝送、及びCDクラスの高品質オーディオサービスが可能な移動体衛星デジタルマルチメディア放送システム技術の宇宙実証、高精度時刻基準装置を用いた測位等に係る基盤技術を修得することである。

2) 超高速インターネット衛星（WINDS）

WINDS（Wideband Inter Networking engineering test and Demonstration Satellite）は、IT社会で必要とされる大容量な情報をより速く伝えることを目指した静止衛星で、その機能は国内だけでなくアジア・太平洋地域にも広く提供することができる。政府のIT戦略本部は、「e-Japan重点計画」（高度情報通信ネットワーク社会の形成に関する重点計画）における世界最高水準の高度情報通信ネットワークの形成に係わる研究開発の推進の一環として、平成17年までに超高速インターネット衛星を打ち上げて無線超高速の固定用国際ネットワーク実証試験を行い、平成22年を目途に実用化することとしている。WINDSは、広域性、同報性、耐災害性といった衛星通信の特性を活かした技術開発を行うとともに、新たな衛星利用に向けた実験の推進を行うことを目的とし、H-Aロケットによる衛星3基の打ち上げは平成17年度を予定している。

8節 将来へ向けて

1 将来へ向けたプロジェクト

(1) 地球環境観測・保全へ

情報収集衛星（IGS;平成14、15年度打ち上げ予定）及び陸域観測技術衛星（ALOS;平成16年度打ち上げ予定）に続く地球環境観測衛星の計画については、現在NASDAを中心として国内外機関と連携をとりながら地球環境変動観測ミッション（GCOM;Global Change Observing Mission）等を企画中である。国内機関としては、経済産業省、気象庁、環境省、総務省があり、海外機関としては、米（NASA）、欧州（ESA）、独（DLR）、仏（CNES）等があり、それぞれの衛星に他機関のセンサーを搭載し、観測分野（大気、海洋、陸域）の計画的かつ継続的な観測を国際的に協力・分担するものである。

国内には、衛星リモート・センシング推進委員会、地球科学技術フォーラムがあり、国際的には、全地球的な地球観測システムを構築するために、地球観測衛星委員会（CEOS）、全球観測システム（GEOS）、世界気候研究計画（WCRP）、地球圏生物圏国際共同研究計画（IGBP）などの組織がある。

(2) 月・惑星探査へ

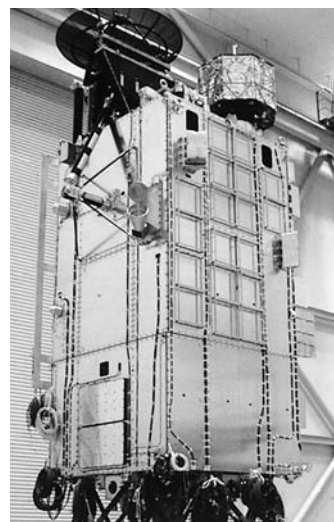
1) ルナー-A衛星（LUNAR-A）

宇宙研は平成2年1月24日に第13号科学衛星「ひてん/はごろも」をM-3S-5で打ち上げ、スイングバイ飛行によって月周辺に達し、同年3月4日に子衛星「はごろも」を、翌年2月15日には「ひてん」を月周回軌道にそれぞれ投入したのみに終わった。ルナー-Aは、当初は平成10年度にM-Vロケット2号機で打ち上げ、月周回衛星に投入してペネトレータを月面上に打ち込んで月の内部構造などを解明すべく準備したが、ペネトレータの不具合・改造、そしてM-V-4（3回目）の打ち上げ失敗・対策などのため、打ち上げは大幅に遅れて、現在のところ、平成15年度と予定されている。ルナー-Aは重量540kgで、打ち上げ後の長楕円軌道は近地点200km、遠地点17,000km、傾斜角25度、周期128分と計画されており、5年遅れて打ち上げる予定である。

2) 月周回衛星セレーネ（SELENE）

宇宙研とNASDAの共同ミッションとなる月周回衛星「セレーネ」（SELENE；SELenological and ENgineering Explorer）は、日本初の大型月探査機として企画され、平成17年度にH-Aロケットで打ち上げることとして現在開発中である。月周回軌道上観測ミッションとしては、月全表面の元素組成、鉱物組成、地形、表面付近の地下構造、磁気異常、重力場を高精度、高分解能で観測するものである。技術開発ミッションとして、月周回軌道への投入や月周回軌道上での三軸姿勢制御・軌道制御技術を確立する。また将来の月面軟着陸技術開発のための基礎データを取得する。

セレーネは高度100kmの月の極軌道を周回する主衛星と小型のリレー衛星（50kg）およびレーダ発生源のVRAD衛星（VLBI RADio source）（50kg）から構成され、打ち上げ時の重量は約2.9tである。主衛星は搭載された観測機器によって月の全球マッピングや磁場の観測などの様々なミッションを行い、さらにリレー衛星とVRAD衛星に搭載された観測機器と連携し、月全球の重力場の観測を行う。



セレーネ（SELENE）の構造試験モデル

(3) 宇宙太陽発電システム（SSPS）へ

国民生活や経済活動の基盤をなすエネルギーについては、気候変動枠組条約の進展をはじめとして、今後の地球環境保全等の要請に十分対応しつつ、その安定的かつ多様な供給の実現を図っていくことが求められている。宇宙太陽発電システム

(SSPS: Space Solar Power System) は、天候や昼夜に左右されず安定して電力を供給できる特徴があるが、最近における様々な分野での大規模な技術革新により技術的可能性並びに、全体としてのコストの大幅な改善の可能性ができており、実用化に向けたフィジビリティが多方面で実施されている。

宇宙太陽発電 (SSP) の研究は、米国の Peter E. Glaser 博士が1968年に提案し、特許出願した太陽発電衛星 (SPS) に始まる。その後、宇宙太陽発電の研究は1970年～1980年代前半に米国を中心に活発に行われリファレンスモデルと言う成果を生んだ。技術的な実現可能性は発電能力10GW (地上の受電力5GW)、大きさ5km×10km、重量5万tの巨大なシステムであり、その技術的な実現性には問題があった。

日本では宇宙研 (ISAS) が昭和62年に太陽発電衛星ワーキンググループを設立して要素技術の開発およびシステム検討に実績を残した。その後NEDOも平成3～5年度に、更に平成9年度に日本航空宇宙工業会が、平成10年度にはNASDAが、そして平成12年度のNALにおいて実現可能性等の調査研究を実施してきた。経済産業省は、平成13～14年度の2年間の予定でUSEFに「新発電システム等調査研究 (宇宙太陽電池システム (SSPS) 実用化技術調査研究)」を委託し、平成13年度は、エネルギーの需給構造、経済性、周波数割当、安全性・環境への影響、国際協力の推進、主要技術の現状と動向、地上受電施設 (レクテナ) 立地条件等について国内外の動向等調査を行うとともに、宇宙太陽発電システムの概念検討を行い、平成14年3月に中間報告書をまとめた。

(4) 宇宙観光旅行時代へ

東京放送 (TBS) の秋山豊寛氏が旧ソ連のソユーズ・ロケットで打上げられ「ミール」にドッキングしてソユーズ宇宙船で帰還し日本人として初の宇宙飛行 (1990.12.2～10、宇宙滞在時間7日7時間5分)、毛利衛パイロード・スペシャリストが、日本人初のスペースシャトル飛行 (1992.9.12～20) を行った日本としても、宇宙へ行きたいとの気運が台頭してきた1990年代に、ロケットを用いて宇宙へものを運ぶ仕事は、一つの転換期を迎えていたと言われる。これは既に完成を見た多段式のロ

ケットを次々に捨てながら衛星を軌道に投入するという従来のやり方から、何か質的な転換が図れるのではないかと、いうものである。この動機は、更に具体的に言うと「輸送コストをもっと大幅に下げたい」、「宇宙へ行くのはお金も時間もかかりすぎて大変だ」、「ロケットは旅客機のようにならないか」などという要望に集約されている。

我が国では任意団体の日本ロケット協会 (JRS: 昭和31年9月4日創立; 初代会長は糸川英夫氏) では、有志が集って平成5年から運輸研究委員会を設立し、宇宙旅行に関する研究が始まった。そして平成7年の宇宙旅行事業化研究委員会、平成10年の民間輸送用法制研究委員会での活動の後、平成11年には宇宙旅行事業化フォーラム (座長: 舟津良行氏) の活動をもって研究活動を終了し、同委員会は (財) 日本航空協会に引継がれた。そして同協会は平成13年8月1日に航空宇宙輸送研究会を立ち上げて第1回研究会を開催し、現在に至っている。

2 宇宙工業の流れ

(1) 宇宙工業の歴史の変遷

敗戦後、昭和29年から始まったペンシル・ロケットの研究は、日本における宇宙開発を加速したばかりでなく産業界にとっても宇宙開発ビジネス誕生の出発点となった。我が国は米・ロシアに比較して大きく遅れて宇宙技術の研究開発をスタートしたのであったが、その後の宇宙技術の進歩は著しいものがあり、現在では宇宙先進国に肩を並べるレベルに達していると言える。

宇宙工業は、航空機工業と同様に、付加価値率が高く典型的な創造的知識集約型であり、研究開発的な要素を強く有する技術指向の工業でもある。宇宙技術に、電気、電子、光学、計測、機械、化学、医学などの既存技術をインテグレートすることにより宇宙工業は発展してきた。更に今後はIT、バイオ、ナノ技術そして伝承されている「物づくり」をも取り入れた新しい産業への発展が望まれている。

また、科学研究、通信、放送、地球観測等宇宙空間の利用技術が進んだことにより、従来からのロケット、人工衛星や地上設備などのいわゆるハードウェアの開発、製造を主とした産業に加え、各種衛星ミッションで得られた情報やデータを処

理活用する宇宙利用産業と言われる分野が発展してきた。更に、宇宙空間のもつ微小重力等の特質を利用する宇宙環境利用技術も、小型ロケット、航空機によるパラボリック・フライト、地上落下、スペースシャトル利用などを経て国際宇宙ステーションによる本格的利用によって、将来特殊材料や医薬品、並びにライフサイエンスに関連する宇宙産業の一分野として成長して行くことが期待される。

我が国はこれまで、約50年にわたり独自の宇宙関連技術を蓄積してきた。経験や実績が浅い分野では、宇宙先進国、特に米国技術を導入するとともに、その技術を効率よく消化、吸収する一方、我が国独自の技術を付加して行き、ロケットの分野ではH-ロケット及びH-Aロケットの完成により、また衛星の分野でも技術試験衛星や科学衛星により国際水準に達するまでに至った。

ロケット技術では、H-ロケットの成功により海外技術への依存が終了し、その発展型であるH-Aロケット連続打上げ成功により商業衛星打上げ分野での国際市場参入に向けて一歩、一歩と前進してきた。衛星技術では、太陽電池パネル、トランスポンダ等一部コンポーネントにおいては世界の最先端の技術を保有するようになり、衛星バス技術においては標準化を図ることにより世界の一流国の仲間入りをしつつある現状である。21世紀に入り、日本の次世代産業としてまた科学技術創造立国として国際的役割を果たすことが求められている。

(2) 宇宙産業の現状

1) ロケット分野

大型ロケットにおいては、H-ロケットの後継機であり今後の商業化の道を拓いた世界の六指(アリアン、プロトン、デルタ、アトラス、長征、H-A)に入る液体ロケット技術を保有した。中小型ロケットにおいては、世界のトップクラスであるM-固体ロケット技術を保有し、また初の民間商業ロケットであるLNGエンジンのGXロケットが調査研究中である。更に、将来の再使用型宇宙システムの技術基盤育成を目的とし、宇宙往還技術試験機の研究、再使用型宇宙機の研究、国際宇宙ステーション時代に対応するための日本の実験棟「きぼう」および

宇宙ステーション補給機(HTV)の開発・運用や軌道間輸送機(OTV)等の研究が実施されている。

2) 衛星利用分野

通信、放送の分野では、広域性、同報性、広帯域性、通信網設定の柔軟性の特徴を活かし衛星を利用したサービスが実用化している。リモートセンシング分野としては、地球観測、資源探査、環境保全、国土保全、国土調査や危機管理、安全保障の分野で衛星システムが広く利用されている。測位分野においては、米国のGPSの補完を目的とした準天頂衛星システムが官民共同で研究中であり、平成15年度からの本格的な研究に進む予定である。

3) 宇宙環境利用分野

宇宙環境利用の一つには、微小重力(μg)や高真空など地上にない環境の中で新素材の開発や加工を行う事が挙げられ、薬品製造、結晶成長、触媒分離等の分野で利用されている。新素材の開発等は、地上での生産活動に反映されることが期待され、産業的関心が高まっている。また、太陽光発電等宇宙空間での太陽エネルギーの高度利用も期待されている。太陽活動の変動による地球周辺の宇宙天気予報、宇宙塵の低減を図るための軌道上検査・修理技術等の宇宙環境計測技術の進展は、通信、放送、測位等宇宙システムの重要性が急速に高まっている現在において、その安全性、信頼性を向上させる上で非常に期待される分野である。さらに、将来の有人宇宙活動の本格化は、さらなる人類の宇宙への進出に対する安全性確保の観点からも重要な課題であり、NASDAの筑波宇宙センターを中心として宇宙医学、心理学、有人サポート技術等について継続的に研究開発中である。

我が国の宇宙産業の市場規模は、平成8年度の約8,000億円から平成12年度の約1兆2,000億円と拡大傾向にある。飛翔体および地上施設の製造等を行う宇宙機器製造分野の市場規模は、平成11年度まで2年連続して減少となった。特に、平成11年度においては、地上施設の需要が減少し宇宙産業全体の市場規模減少の主要因となっていた。しかし、平成12年度では、飛翔体部門において需要の持ち直しが見られ、飛翔体産業分野全体では3,699億円の市場規模となった。

(3) 将来の課題

平成12年4月10日、政府の国家産業技術戦略検討会において15分野の産業技術戦略が策定された。その中で宇宙分野においては、我が国の宇宙技術の着実な発展を図り、宇宙工業の一層の拡大を目指していくためには、地球環境の持続的観測・監視、宇宙太陽発電技術、資源探査等によるエネルギーの安定的供給推進、経済社会新生の基盤となる高度情報通信社会の実現、危機管理・防災システムの構築、人・物の位置探索システムの構築、低コスト化、高機能化及び短納期化によるシェアの獲得およびマーケットの拡大、先端技術・高付加価値化技術の開発、基盤技術の整備・開発、知的基盤・標準の整備・開発などの広範かつ専門的な宇宙産業技術の課題の解決が求められている。

宇宙産業の課題としては、ロケット分野においてはコストを考慮した再利用型ロケット、将来の宇宙観光旅行時代に則した有人再利用型ロケットの開発であり、衛星利用分野においては衛星システムを受注できる競争力強化であり、また宇宙環境利用分野においてはISSを活用した有人宇宙技術の習得である。