

長期ビジョン懇談会報告書
「新世紀の宇宙時代の創造に向けて」
要約

【今回のビジョンの特徴】

- ① 我が国の宇宙開発も分野によっては国際的水準の技術、能力を得るに至り、その能力を本格的に世界の宇宙活動に提供できるようになったと認識。
- ② 我が国の宇宙開発を人類の将来のため、世界のために行うという、国家の枠を越えて取り組む姿勢を明示。
- ③ 宇宙開発の成果が社会的に広範囲に利用され、定着していくことを目指し、宇宙開発機関は、利用者などと密接な連携をとり開発を推進。
- ④ 宇宙開発の目標と開発の進め方について、できるだけ具体的に明示。

1. 宇宙開発の理念

「人類をはじめとする地球生命体の永続的な繁栄に寄与することを目指して、無限の可能性を秘めた未知なる宇宙を、人類共通の財産として最大限に有効利用できるようにすること」

従って、宇宙に展開するシステムは「グローバルな社会資本」と位置づけ、地球規模で協力・協調して開発を推進。

2. 宇宙開発の意義

- ① 未知なる宇宙の探究により、人類の知的フロンティアの拡大、新しい文化の創造等に貢献する。
- ② 人類の生存の確保と活動領域の拡大に貢献する（地球環境の観測、質の高い豊かな生活の実現など）。
- ③ 先端的な宇宙技術の開発により、将来の新技术、新産業の創出に貢献する。
- ④ 国際的な相互理解、相互信頼を深め、国際社会の安定と発展に貢献する。
- ⑤ 人類社会の発展を支える次世代の人材養成に貢献する。

3. 宇宙開発に取り組む我が国の基本姿勢

今後とも平和目的の原則を堅持し、以下の基本姿勢のもとに宇宙開発への取り組みを強化していく。

- ① 未知なる宇宙への挑戦及び地球の理解の一層の増進等、人類発展の基礎となる普遍的課題に対し積極的に取り組む。
- ② 宇宙での人類の活動領域の拡大を目指し、未知の世代に継承する創造的な

宇宙技術の開発に積極的に取り組む。

- ③ 世界が宇宙開発の理念と意義を共有し、協力しながら活発的な宇宙活動を展開していくように努力する。

4. 重点開発対象

当面の15年程度は以下のものについて重点的に取り組むことが必要。

① 「全地球観測システム」の構築

地球環境を守るため、国際的な役割分担により共同して、低中高度軌道及び静止軌道に配置された多くの地球観測衛星からなる「全地球観測システム」(注)の構築を目指す。また、観測データの世界的な情報ネットワークの構築に向けて、関係国との協力を強化していく。

(注)2010年頃には20～30機の衛星が運用される見込み。我が国はこのうち4分の1程度の分担を目指す。

② 先進的宇宙科学計画などの推進

M-Vロケットを用いた中型の衛星・探査機による月・火星・小惑星などの探査を行う。2000年代初期以降は上記計画に加えて、H-IIロケットなどを用いた大型衛星・探査機による太陽、木星以遠の惑星などの探査等を実施する。月の探査については、2000年以降、無人月探査計画を実施する。

③ 「軌道上研究所」を中核とした活動の充実

宇宙ステーションの日本の実験棟JEMは、我が国初の「軌道上研究所」であり、これを中核として宇宙環境利用の研究の推進と関連技術の高度化を進め、あわせて有人宇宙活動に関する経験の蓄積と技術基盤の構築を図る。

④ 新しい宇宙インフラストラクチャーの開発運用

H-IIロケットの2倍の打上げ能力(静止軌道に4トンの打上げ能力)をもつH-II発展型ロケット、宇宙ステーションへの物資の往還輸送などのための無人有翼往還機(HOPE)の研究開発を行う。

また、2010年代には、現在使用中のロケットに比べて、一桁小さい輸送コストの実現を目指し、革新的な設計思想に基づく完全再使用型輸送機の研究開発を行う。

さらに、宇宙環境利用実験の高度化等のため軌道上の無人プラットフォーム、軌道上宇宙作業ロボット、データ中継追跡衛星システム等の研究開発を行う。

5. 資金(試算)

- ・ 先進的宇宙科学計画などに約1兆2千億円
- ・ 地球観測・地球科学及び通信・放送・測位に約2兆円
- ・ 宇宙ステーション、宇宙環境利用及び有人宇宙活動に約1兆8千億円
- ・ 宇宙インフラストラクチャーに約2兆円

以上、1995年以降15年間で約7兆円。

委10-2-2

新世紀の宇宙時代の創造に向けて

平成6年7月

宇宙開発委員会
長期ビジョン懇談会

目次

はじめに	1
第1部 総論	3
第1章 宇宙開発の理念と意義	3
1.1 宇宙開発の理念	
1.2 宇宙開発の意義	
(1) 未知なる宇宙の探究により、人類の知的フロンティアを拡大し、新しい文化の創造等に貢献する	
(2) 人類の生存の確保と活動領域の拡大に貢献する	
(3) 先端的な宇宙技術の開発により、将来の新技术、新産業の創出に貢献する	
(4) 国際的な相互理解、相互信頼を深め、国際社会の安定と発展に貢献する	
(5) 人類社会の発展を支える次世代の人材養成に貢献する	
第2章 宇宙開発に取り組む我が国の基本姿勢と基本方針	6
2.1 基本姿勢	
2.2 開発の進め方に係る基本方針	
(1) 創造性のある研究開発の推進	
(2) 国際協力の積極的な推進	
(3) 技術開発成果の利用の促進及び利用者などと密接な連携をとった開発の推進	
(4) より効率的・経済的な宇宙活動の実現を目指した開発の推進	
(5) 無人システムと有人システムのバランスをとった推進	
(6) 宇宙環境保全への配慮	
(7) プロジェクトの適切な評価	
第3章 世界の宇宙開発の将来展望	10
(1) 地球環境変動の観測の高度化へ	
(2) 宇宙技術による高度情報社会の成熟化へ	
(3) 宇宙・太陽系の観測・探査の発展へ	
(4) 宇宙環境を利用した生産活動へ	
(5) より多くの人々が宇宙へ	
(6) 宇宙への輸送手段などの一層の発展へ	

第4章 我が国が目指すべき宇宙開発の目標と開発の進め方	14
4.1 重点開発対象	
(1) 「全地球観測システム」の構築	
(2) 先進的宇宙科学計画などの推進	
(3) 「軌道上研究所」を中核とした活動の充実	
(4) 新しい宇宙インフラストラクチャーの開発・運用	
4.2 個別分野の開発及び宇宙インフラストラクチャーの開発・運用の進め方	
(1) 個別分野の開発の進め方	
(2) 宇宙インフラストラクチャーの開発・運用の進め方	
第5章 宇宙開発利用のための人材の育成と国民の理解	22
5.1 研究者、技術者等の人材育成	
5.2 国民の理解	
第6章 民間の宇宙開発利用の促進のための環境整備	23
第7章 宇宙開発の推進体制の強化	24
7.1 宇宙開発委員会の活動強化	
7.2 宇宙開発機関などの活動強化及び協力強化	
7.3 資金の確保	
第II部 各論	49
第1章 宇宙活動の個別分野の研究開発の進め方	49
1.1 地球観測・地球科学	
1.2 宇宙科学	
1.3 月探査	
1.4 通信・放送・測位	
1.5 宇宙環境利用	
1.6 有人宇宙活動	
第2章 主要な宇宙インフラストラクチャーシステムの開発・運用の進め方	60
2.1 輸送系	
2.2 拠点系	
2.3 支援系	

はじめに

世界の宇宙開発は今日大きな転機を迎えている。

1950年代後半から始まった米・旧ソ連の激しい宇宙開発競争は、まさに東西冷戦構造の時代を反映した国家威信をかけた競争であった。この間、通信、気象などの分野での宇宙技術の民生利用が進んできたものの、両超大国の国威発揚や軍事的意味あいの強い宇宙活動は、1991年のソ連の消滅に伴う冷戦の終結により、新たな位置付けと方向性が求められる時代に入った。

米国においては、米国経済の回復と民生分野の国際競争力の強化という国家的課題の下で、宇宙開発全体についても経済性と効率性を一層重視する傾向にある。ロシアにおいても1992年に民生分野の宇宙開発を担当するロシア宇宙庁が設立され、冷戦時代を通じて蓄積された膨大な宇宙技術をもって、国際商業市場への参入を加速する動きがみられる。このような米国及びロシアの新たな宇宙開発の展開の中で、今日、世界の商業打上げ市場をリードしている欧州、そして独自の立場で自主技術開発を推進してきた中国が加わり、これからの宇宙開発は国際的に民生利用を重視する動きが一段と強まるであろう。

また、ロシアが、日本、米国、欧州、カナダによる宇宙ステーション計画にパートナーとして参加しようとするなど、冷戦後の時代を象徴するような動きがある。このように、人類の将来にかかわる大きな宇宙開発のプロジェクトについては、各国が協力して取り組むという国際協力重視の流れがこれからの世界の宇宙開発の主流となりつつある。

一方、21世紀の人類が直面するグローバルな課題に対して、世界的な認識と関心が深まるにつれ、宇宙開発に対する期待もとみに高まっている。一昨年の環境と開発に関する国連会議（UNCED）において、地球環境問題の解決に資するため、宇宙空間からの地球観測の重要性が指摘されたことは記憶に新しい。今後は、住みやすい地球を守るために、国際的な協力と調整を一層積極的に進めつつ、宇宙空間から地球を観測する体制を充実し、得られた観測データを地球環境の保全に活用していくことが強く期待されている。

このように、世界の宇宙開発は21世紀に向けて民生利用と国際協力の重視、地球環境問題への対応等が重要な課題となりつつある。

目を国内に転ずれば、我が国の宇宙開発も新たな段階を迎えている。

我が国の宇宙開発は、昭和30年に東京大学生産技術研究所がわずか2.3cmの長さのペンシルロケットのテストに成功したことから始まったが、米国、旧ソ連といった宇宙先進国と比べると本格的な活動は相当に遅れて開始された。米国がアポ

ロケット11号で月面に人間を送り込んだ1969年に、宇宙開発の中核的推進機関として宇宙開発事業団が設立され、翌1970年に東京大学宇宙航空研究所が我が国初の衛星を打ち上げた。その後の関係者の大変な努力の結果、宇宙科学については、多くの分野で国際的にも高い評価を得る成果を挙げてきた。また、通信、放送、気象等の実用分野の宇宙開発においても、順次自主技術開発を拡大し、本年2月4日のH-IIロケット初号機打ち上げ成功、各種衛星の開発等により、分野によっては国際水準の技術、能力を得るに至った。これらの経緯から、これまでに宇宙開発委員会が策定した宇宙開発政策大綱に基づく我が国の活動が、おおむね期待どおりの成果を挙げてきたと評価することができる。

今や我が国は、その能力を本格的に世界の宇宙活動の展開に提供していくことができる立場になった。最近、地球観測の分野でアジア・太平洋地域の国々から我が国に対する期待が高まっているが、これは我が国の宇宙技術の向上とも密接に関係している。

以上のような宇宙開発を巡る今日の内外の大きな情勢変化を踏まえ、宇宙開発委員会は、21世紀に向けての我が国の宇宙開発のあり方について、時代の変化、国民の需要の多様化、国際社会における今後の我が国の役割等に対応する長期ビジョンをとりまとめる必要があると判断した。このため、昨年10月に本懇談会が設置され、以来、本懇談会はその下に三分科会を設け、専門的な調査検討も加えつつ審議を進め、今般、本報告書「新世紀の宇宙時代の創造に向けて」をとりまとめた。

本報告書のとりまとめに当たっては、改めて宇宙開発の理念と意義を考察し、その上で我が国が宇宙開発に臨む基本姿勢と基本方針を明らかにした。また、今後の30年程度の世界の宇宙開発の将来展望を見通し、その中で我が国が取り組むべき開発目標と開発の進め方を示した。将来の世界の宇宙開発の動向は数多くの要因によって影響を受け、我が国の宇宙開発のあり方も常にそのような地球的視野の中で最も望ましい姿を追求していく不断の努力を継続すべきである。したがって、本報告書の内容についても定期的に見直すことが必要不可欠であるが、現時点で内外の将来を見据えたものとして、本報告書の内容が広く内外から理解を得られることを期待するとともに、21世紀の宇宙時代にふさわしい新しい宇宙開発政策大綱の策定に十分に活用されることを強く期待するものである。

第1部 総論

第1章 宇宙開発の理念と意義

我が国はこれまで平和目的に徹して計画的に宇宙開発を進めてきた。一方、冷戦終結後、特に米国及びロシアの宇宙開発においては、既に、国威発揚的なプロジェクトの推進から、国内産業の競争力強化を念頭に置き、国際協力を重視しながら、宇宙技術の軍民転換の促進、将来に向けた先端技術の開発、あるいは地球環境問題への対応等に重点が移りつつある。すなわち、より望ましい目的に向けて宇宙開発が展開されつつあると言える。

宇宙は国境のない無限の空間であり、その開発は本来、国家の枠を越えて、各国が協調して人類の利益のために永続的に取り組むことが望まれる分野である。

このような観点と現在の世界の宇宙開発動向を踏まえ、今回、宇宙開発のあるべき理念と意義を考察した。

1.1 宇宙開発の理念

21世紀の世界においては、より平和で安定した国際秩序を構築し、あわせて、人口爆発に伴う食糧やエネルギーの確保、地球環境の保全等地球規模の問題を克服し、人類社会の継続的発展への道筋をつけることが重要な課題となる。

宇宙開発は、これらの地球的課題の克服に大きく貢献するポテンシャルを持つものである。したがって、宇宙開発の理念とは、『人類をはじめとする地球生命体の永続的な繁栄に寄与することを目指して、無限の可能性を秘めた未知なる宇宙を、人類共通の財産として最大限に有効利用できるようにすること』であるべきである。

世界各国がこのような宇宙開発の理念を共有して、宇宙活動を進め、それによって国際的な相互理解と相互信頼を一層育むことが重要であり、そのことが、国際社会の安定と発展及び平和の維持・創造に大きく貢献すると考えられる。

また、宇宙空間からの地球観測（災害などのモニタリングを含む、以下同じ）などの宇宙に展開されるシステムの多くは、一国のみの力によって構築できるものではなく、地球的規模で協力・協調してはじめて実現できるものであり、全世界の人々の生活や社会活動を支える重要な基盤となるものである。この意味で、このようなシステムは「グローバルな社会資本」ととらえられ、そのような位置付けで開発が推進されるべきである。

1.2 宇宙開発の意義

上記の理念に則った宇宙開発を進めていくことにより、人類は各種の重要な価値、成果等を獲得することができる。21世紀の最初の四半世紀を展望した時、このような宇宙開発の意義は、次のように整理される。

(1) 未知なる宇宙の探究により、人類の知的フロンティアを拡大し、新しい文化の創造等に貢献する

宇宙の科学的探求は、宇宙、太陽系がどのように生まれ、その構造がどうなっているのか、地球やそこに住む生命がどのようにして生まれたのか、未来において人類、地球、太陽系等はどうか、といった人類の根源的な疑問に基礎を置いたものである。未知なる宇宙の探究は、人類の知的フロンティアの拡大を目指すものとして、また21世紀の人類の大きな挑戦の対象となるものとして、ますます重要なものとなっていきう。

このような科学的探究活動の中で得られる様々な知見や知識は、新しい宇宙観・地球観・生命観を生みだし、人々の意識や考え方に大きな影響を与え、それによって新たな思想や文化の創造、知的で成熟した社会の実現にも貢献する。

(2) 人類の生存の確保と活動領域の拡大に貢献する

① 地球環境の保全と人類の持続的発展に貢献する

地球環境の保全などの地球的規模の問題に対しては、今後、衛星を使って、気象・海洋・地表の変化、地球の温暖化、緑の減少と砂漠化の進行、オゾン層の状況、災害の発生状況、天然資源の分布等を定期的かつ高精度に観測する必要がある。さらに、その観測データを使って地球全体の環境の変動を予測できるようにになれば、人類にとって住みやすい地球環境を守りながら、土地利用、資源利用等を進めることが可能になる。

長期的にみて、地球上では限りある資源、エネルギー等を宇宙で獲得し、宇宙での諸活動に効率的に利用していけば、宇宙での人類の活動領域を拡大することに貢献できる。さらに、それらの資源などを地上で利用することが可能になれば、人類の活動圏・生活圏が画期的に拡大して、人類の持続的な発展に大きく貢献することになる。

② 質の高い豊かな生活の実現と活力のある社会・経済の維持・発展に貢献する

今や、衛星通信・放送、全地球測位システム(GPS)を使った航空機、船舶及び自動車のナビゲーション、気象衛星を使った天気予報などは人々の生活に不可欠なものとなっている。

このような衛星システムの利用は、今後、地球的規模でますます高度化し、将来の高度情報社会を支える重要なシステムとして、物質・精神の両面で一層快適で便利な生活の実現、世界的な経済の発展等に大きく貢献しよう。

さらに、21世紀には、微小重力などの宇宙空間の特徴を利用して新しい材料、医薬品等の開発・生産についても実用化が進展すると考えられ、これらの宇宙活動が社会の発展及び生活の向上に大きな貢献をすることが期待される。

(3) 先端的な宇宙技術の開発により、将来の新技术、新産業の創出に貢献する

宇宙では、真空などの厳しい環境への対応や高い信頼性、安全性等が要求され、また、電子技術から医学まで幅広い分野の結集が要求されることから、宇宙技術は人、もの、情報のすべてに係る非常に先端的な総合技術である。このため、宇宙技術を開発し、高度化・成熟化するための絶ゆまぬ努力は、将来、材料、コンピュータ、エレクトロニクス、ロボット、通信、情報処理、環境、生命科学、エネルギー等の様々な分野において新技术の創出に貢献するとともに、これらの新技术を利用した付加価値をもつ新しい産業を創出することに貢献する可能性を持っている。

したがって、科学技術がその発展と繁栄の重要な基盤となる国にとっては、とりわけ宇宙技術は重要な技術である。

(4) 国際的な相互理解、相互信頼を深め、国際社会の安定と発展に貢献する

大規模な宇宙プロジェクトは国家を越えた相互協力によって行われる傾向にあり、このような国際協力に各国が自主的に参加すること自身が、国際社会の安定と発展に貢献する。

また、衛星通信・放送の普及により、様々な情報が地球的規模で瞬時に流通する情報化が進んだ。これによって人々が、例えば地球上の他の地域の自然の破壊や悲惨な紛争の状況などを直ちに見ることが可能となり、国家の安定や平和の大切さを痛感できるようになった。このことが各国の国民のみならず指導者にも影響を与え、民主主義の広がり、国際的な紛争の抑止等に貢献している面がある。

(5) 人類社会の発展を支える次世代の人材養成に貢献する

人類の進歩は絶えざる未知への挑戦によってもたらされるものであり、未知なる宇宙は次世代の青少年にとって最大の挑戦対象の一つである。

今後、宇宙活動の拡大や高度化を進めるためには、それを支える多くの人材の養成と確保が必要不可欠であるが、宇宙開発を通じて、この宇宙への夢とチャレンジ精神を次の世代の青少年に引き継いでいくことは、科学技術にとどまらず幅広い分野において将来の人材の養成を促し、人類の経済社会の活力の維持に貢献する。

第2章 宇宙開発に取り組む我が国の基本姿勢と基本方針

第1章の宇宙開発の意義として整理した項目は、21世紀に向けた我が国の課題とも重なるものであり、宇宙開発は今後とも重要な国の政策として推進されるべきである。

一方、我が国においては、これまで計画的かつ着実に宇宙開発を進めてきた結果、今日、分野によっては高度な宇宙技術が確立し、折からの冷戦終結に伴う世界情勢の複雑な変化ともあいまって、このような我が国の宇宙開発の動向を世界が注視する状況となった。

また、冷戦後の世界の宇宙開発の動向は、今後の我が国の宇宙開発のあり方にも示唆を与え、地球的視野に立ち、未来指向の、そして、国民からより多くの理解と支持の得られる宇宙開発を進めなければならないことを改めて認識することになった。

このため、我が国としては、今後の宇宙開発の基本姿勢と開発の進め方に係る基本指針を明らかにすることが必要であると考え、以下のとおりとすることが適当であると判断した。

2.1 基本姿勢

我が国は、世界との交流を深め、協調を強化していくことが重要であり、第1章で述べた宇宙開発の理念と意義を踏まえ、今後とも平和目的の原則を堅持し、以下の基本姿勢の下に宇宙開発への取組みを強化していく。

- (1) 未知なる宇宙への挑戦及び地球の理解の一層の増進など、人類発展の基礎となる普遍的課題に対し積極的に取り組む。
- (2) 宇宙での人類の活動領域の拡大を目指し、未来の世代に継承する創造的な宇宙技術の開発に積極的に取り組む。
- (3) 世界が宇宙開発の理念と意義を共有し、協力しながら活発な宇宙活動を展開していくよう努力する。

2.2 開発の進め方に係る基本方針

以上の基本姿勢の下で、以下の基本方針に則り、今後の我が国の宇宙開発を進めていく。

(1) 創造性のある研究開発の推進

我が国としては、今後、これまで開発した技術を一層発展させるとともに、未知の領域を開拓していく積極性をもって、創造性のある新しい技術及びシステムを自ら開発する努力を拡充し、国際的水準の技術の厚みと幅を広げていく。

また、宇宙の探査にかかわる宇宙科学、宇宙空間からの観測結果を活用する地球科学、宇宙環境利用における物質科学、生命科学等、いわゆる基礎的・先行的な研究への投資を長期的観点に立って充実していく。

(2) 国際協力の積極的な推進

宇宙開発は、第1章の理念に照らして、その活動の多くは本来国際性を有したものである。したがって、我が国としては、このような国際性に着目して、以下の方針により、国際協力を重視して宇宙開発に取り組んでいく。

① 協力のあり方

国際協力を効果的に推進して意義のある成果を挙げるために、参加国には、それぞれ寄与すべき能力が求められる。我が国は、技術によって国を支えてお

り、意味のある国際協力を進めるため、自らが努力して開発した技術力をもって国際協力プロジェクトに参画していく。

また、今後の国際協力においては、我が国から世界に対し、積極的に提案を行うようにしていく。

② 協力の分野と方法

地球観測、宇宙科学等の分野では、国際協力によって実施することが効果的かつ効率的であり、観測システムの共同構築、衛星や探査機への各国の観測センサの相互搭載、観測データの相互利用、情報ネットワークの構築等の協力を従来にも増して着実かつ積極的に進めていく。

さらに、宇宙インフラストラクチャー（後述）については、世界全体の宇宙活動を効率化するために、様々な形の国際協力によって開発・運用することが望ましい。したがって、我が国としても各国の需要を踏まえ、個々の宇宙インフラストラクチャーのシステムの構築に最適な協力形態を選択しつつ、国際協力を拡大していく。

③ 協力のための協議

国際協力は大規模なものになるほど各国の資金、人材等の負担が大きなものとなるため、その計画性や長期安定性が確保される必要がある。このため、計画の構想段階から、関係国間で協力プロジェクトの進め方、役割分担等について、十分な共通認識を持って進められるよう、意見交換や協議の場を積極的に設けるよう努力する。

また、アジア・太平洋の地域の一員として、地球観測などの分野におけるこれらの地域の国々の宇宙開発に対する期待の高まりとその需要を踏まえながら、宇宙での研究の機会の提供、共同プロジェクト、共同研究、人材交流等多様な方法によって協力を拡大していく。この際には、既存の協力の枠組みの積極的な活用などを図る。

(3) 技術開発成果の利用の促進及び利用者などと密接な連携をとった開発の推進

我が国の宇宙開発においては、ともすれば技術開発に力点が置かれがちであったが、今後は、その成果が社会の中でより広範囲に利用され、定着し、不可欠な社会基盤として一層成熟していくことが重要である。

このため、21世紀には、技術開発の成果が社会的に一層利用されるよう必要な環境整備などに努めるとともに、宇宙開発機関は利用者及び研究者との間で十分密接な連携をとり、それらの需要を的確に反映して開発を進めていく。

(4) より効率的・経済的な宇宙活動の実現を目指した開発の推進

21世紀に、様々な宇宙活動が人々の日常的活動の一部として広く社会に定着するためには、これに必要なコストを可能な限り低減させていく必要がある。このため、その中で大きな割合を占める輸送コストの大幅な低減を図るとともに衛星などについてもコスト低減を図り、より効率的かつ経済的な宇宙活動が展開できるよう格段の努力を傾けていく。

(5) 無人システムと有人システムのバランスをとった開発の推進

これまで我が国の宇宙開発は、その技術的能力、規模等から無人システムの開発に大きな努力を傾け、有人システムについては、我が国のみで開発を行うのではなく、主に米国との協力の下で、有人宇宙往還機「スペースシャトル」を利用した実験などの国際協力の枠組みの中で進めてきた。

今後とも、我が国の宇宙開発の推進に当たっては、無人システムの高度化、高信頼性を徹底して追求することに重点を置く。

一方、有人システムでは、宇宙ステーションの実現に協力する。また、宇宙ステーション運用終了後においても、国際的に有人宇宙活動が継続されていくよう、将来、より積極的な役割を担えるようになることを目指す。

(6) 宇宙環境保全への配慮

世界の宇宙開発が始まって約40年がたつが、その間に軌道上にスペースデブリ（宇宙ゴミ）が増加し、宇宙環境の悪化の問題が指摘されている。これまでもにおいても、このようなスペースデブリをなるべく増加させないよう、技術的に可能な対策が講じられてきた。

今後の宇宙開発にあたっては、宇宙空間での諸活動の円滑な実施のためにも、宇宙環境保全により一層配慮することが重要である。このため、我が国としてもできる限り宇宙空間に物を残さないようなシステムの開発を目指していく。また、既に存在しているスペースデブリの低減策についても関係各国と協力して検討していく。

(7) プロジェクトの適切な評価

宇宙開発のプロジェクトは一般的にその規模が大きいという特色もあり、それぞれのプロジェクトの推進が適切に行われていくことがますます重要となる。このためには国としても、今後の宇宙開発が専門的、技術的活動の領域にとどまるのではなく、広く社会的な観点からの理解と評価を受け、人々の十分な支援が

得られるよう、努力しなければならない。

したがって、プロジェクトの推進に当たっては、国際動向も十分に踏まえながら、その進展状況を宇宙開発委員会において適切に評価、検討しつつ、計画的かつ柔軟に進めていく。

第3章 世界の宇宙開発の将来展望

今日、人類にとっての宇宙は大きく二つの観点から捉えることができよう。一つは、未知の探究の対象としての宇宙であり、もう一つは、人類の様々な活動の拠点を築いていく場としての宇宙である。この後者の宇宙は、そこにおける活動が地球上での活動と密接不可分であり、地球と一体となった発展が図られるべき空間であることから、「地球圏宇宙」と呼ぶことがふさわしい。

このような宇宙の開発にかかわる世界の活動の将来のイメージについては、今後の15年程度はかなりの程度で推測することができる。その後の10年から20年については技術の発展状況、国際情勢、各国の政治・経済状況や政策等の変化によって大きく変わるため、確実に見通すことは困難であるが、現時点の国際的な動向などを踏まえて今後30年を展望すれば以下のとおりである。

(1) 地球環境変動の観測の高度化へ

21世紀には、人類の生存にかかわる地球環境の変動などを把握・解析、研究するために、世界的な地球観測システムの構築に向けた活動が活発化していよう。さらに、このようなシステムから得られる観測データは、全世界的な情報ネットワークを通じて共有され、利用されるようになる。

2010年ころには、大気・海洋観測、土地利用調査等のために定期的な観測を行う低中高度軌道衛星と、気象観測、災害監視等のために常時観測を行う静止衛星が、国際的な協議、調整を経て、計画的に20～30機が運用され、基本的な「全地球観測システム」が構築されていよう。また、このような国が打ち上げる衛星の外にも、民間が独自に打ち上げる商業用の衛星が運用されていよう。こうして全世界で、気象観測の外に、地球上の自然の諸現象、人類の活動の影響等を把握するため、幅広い分野で衛星による観測が一般的に利用されるようになる。

また、「全地球観測システム」は、衛星の高機能化、データ処理などの一層の自動化、迅速化等に伴い、2020年過ぎにはますます信頼性のある高度なシステ

ムへと発展していき、全世界的に地球環境変動を事前に予測できるシステムが構築されている可能性もあろう。(図1参照)

(2) 宇宙技術による高度情報社会の成熟化へ

既に衛星を利用したサービスが実用化している通信、放送及び測位は、宇宙活動の中では最も国民に身近な存在となっており、この分野における技術進歩は人々の予想を超えた速さで進展している。21世紀には、衛星を利用した高音質な移動体デジタル音声放送、立体ハイビジョン放送等が現実化し、通信と放送の融合も進展するとみられ、また、衛星を利用した航空管制も世界的に実施されていくであろう。

2010年ころには、地上の光ファイバー網などと一体となった衛星システムが国際的に運用され、世界中の様々な場所で多様な情報のやりとりが日常生活に溶け込み、より高度な情報サービスが手軽に利用できる高度情報社会が到来していよう。また、航空交通量の増大に対応して、GPSを用いた航空機の測位と衛星を用いた管制通信が一般化するとともに、状況によっては、現在ナビゲーションに利用されているGPSの後継として、移動体通信と複合化した測位システムの利用が行われている可能性もあろう。

さらに、2020年代には、高度の衛星システムと地上の光ファイバー網などとの融合が一層進み、革新的な技術進歩により、パーソナル化、マルチメディア化、サービスの無国境(ボーダレス)化が飛躍的に進展するなど、高速度、高機能、高密度の地球的規模の情報流通網が整備され、情報による地球全体のコミュニティー化が加速されるであろう。(図2参照)

(3) 宇宙・太陽系の観測・探査の発展へ

宇宙の構造、始まり、進化等を明らかにするため、宇宙技術の発展に伴い、より遠くの、そして、より精密な宇宙の科学的探究が進むであろう。

2010年ころには、各種の無人の衛星・探査機により、地球周辺空間、月・火星などに加えて小惑星、彗星並びに冥王星など木星より遠い惑星及びその衛星群の科学探査などが進むであろう。また、遠方の天体を詳細に観測できる多くの天文観測衛星が打ち上げられ、地上では実現できなかった多様な観測が行われていよう。

2020年前後には、月面において、国際協力により、無人天文観測や将来の有人活動に備えた無人の実験システムの構築・運用が行われている可能性がある。そして2020年代には、有人宇宙活動の状況によって、月・火星の有人探査が進展している可能性があり、有人による月面天文台などの展開もあり得よう。(図3

及び図4参照)

(4) 宇宙環境を利用した生産活動へ

微小重力、高真空等地上では得られない宇宙の特性を利用した実験・研究を行い、将来の宇宙環境を利用した生産活動などに発展させるため、2000年過ぎには日本、米国、欧州、カナダ及びロシアによる宇宙ステーションの運用が開始され、6名の宇宙飛行士が常駐して生命科学、新材料等の様々な実験・研究が行われていよう。これによって得られたデータ、技術、経験の蓄積により宇宙での本格的な研究活動や生産活動への見通しが得られることになる。

また、宇宙ステーションの成果を踏まえ、宇宙環境利用の一層の高度化を図るため、無人プラットフォームやその発展型で人間が適時介在できる有人支援型プラットフォームの開発・運用が進められよう。さらに、宇宙ステーションの運用終了後、例えば2020年代には次世代の宇宙ステーションが国際協力によって開発・運用される可能性もあろう。これらの施設において、地上では製造困難な医薬品の製造、新材料の生産等が行われ、国民生活の向上と経済活動の発展に貢献しているであろう。

一方、今後の20～30年間の宇宙活動の高度な展開のためには、プラットフォームの運用などに大きなエネルギーが必要である。このような需要を満たすため、宇宙における太陽エネルギーの利用の高度化が進み、さらに月面システムなどでの利用が進んでいるであろう。これは、地球から宇宙にエネルギーを持ち出さず、宇宙でのエネルギー生産や自給を可能にするために重要である。さらに長期的に、経済面、環境面等における課題の解決の目途が得られれば、太陽エネルギーを地上に伝送できる可能性も出てこよう。(図5参照)

(5) より多くの人が宇宙へ

有人宇宙活動は、現在は米国のスペースシャトル及びロシアのミール(ロシア単独の宇宙ステーション)により行われているが、21世紀に入れば宇宙ステーションの運用により有人活動の裾野が国際的に広がることとなる。

有人宇宙活動については、人類の行動範囲を着実に拡大していくために、国際的に長期にわたって計画的かつ継続的に維持することが重要である。このため、宇宙ステーション運用終了後においても国際協力によって次世代宇宙ステーションあるいは月面における有人活動へと発展していく可能性がある。

他方、長期間特別な訓練を受けた宇宙飛行士だけでなく、遠い将来、一般人が比較的容易に宇宙に行けるようになってはじめて、宇宙という空間が人類の活動圏の完全な一部になるということであろう。航空機の発達の歴史を見ると、ラ

イト兄弟による初の動力飛行の当時は世界のだれもが夢にも思わなかったが、その90年後の今日では、年間約10億人すなわち世界の5人に1人が自由に航空機を利用するようになった。ロケットは必ずしも航空機と同じではないが、今後の努力によって、例えば21世紀の半ばころに、一般人による経済的な宇宙旅行の実現を可能とするような航空機並みに信頼性の高い有人輸送システムが国際的に共同開発される可能性があるであろう。(図6参照)

(6) 宇宙への輸送手段などの一層の発展へ

21世紀において、様々な宇宙活動が量的に拡大し、質的にも高度化、多様化が進展するにつれて、それらの活動を効率的かつ自在に展開するため、宇宙インフラストラクチャーの開発・運用が、積極的な国際協力によって促進されているであろう。

2010年ころには、低中高度軌道、静止軌道等への多様な打上げ要求に応じて、世界全体の民生分野で年間百回を超える打上げが行われていると考えられる。このため、輸送コストの一層の低減化の実現と宇宙環境保全への一層の配慮を目的として、完全再使用型輸送機の利用が始まっているであろう。一方、再使用型の宇宙往還機が、宇宙ステーションなどへの双方向の人員や物資の輸送及び低中高度軌道上のプラットフォームなどへの支援・修理に頻繁に利用されているであろう。また、低中高度軌道衛星による観測データは、国際的に相互に利用できるデータ中継追跡衛星システムにより、必要な時にはいつでも入手できるようになっているであろう。

2020年ころには、国際協力プロジェクトが月にまで拡大して、完全再使用型輸送機により物資が双方向に輸送されている可能性がある。また、静止軌道上においても交換・修理などが行われているであろう。さらに、現在の航空機と同様に水平離着陸能力などを有する有人宇宙航空機の実験機が、2020年代には初飛行している可能性もあろう。

スペースデブリについては、2010年ころには国際的に高度なスペースデブリ監視システムが運用されているであろう。また、完全再使用型輸送機の利用や軌道上での修理・交換などが行われるような時期になれば、新たに発生するスペースデブリの量は減少していくと考えられ、さらに、既に発生したスペースデブリについても、2010年代から2020年代にかけて、これを低減するシステムの開発・運用が進むであろう。(図7参照)

第4章 我が国が目指すべき宇宙開発の目標と開発の進め方

来るべき21世紀の最初の四半世紀における世界の宇宙開発の将来展望（第3章）を踏まえ、我が国は、第2章に述べた基本姿勢と基本方針の下で、世界の宇宙開発の発展とその成果の利用の促進に積極的な役割を果たしていく必要がある。このような活動は、世界と共に生きる我が国の立場をより明確なものとするものである。また、これは、「科学技術政策大綱（平成4年4月24日閣議決定）」の趣旨にも合致し、科学技術立国としての立場をより強固なものにしようとする我が国にとって、その重要な存立基盤の一つである高度先端技術の育成と蓄積にも多大の貢献をなし得るものである。

このような点を踏まえ、国が中心となり、我が国が目指すべき宇宙開発の具体的な目標と開発の進め方を以下のとおりとすることが必要である。

「4.1 重点開発対象」では、当面の15年程度について我が国が重点的に取り組むことが必要なものの要点を整理し、「4.2 個別分野の開発及び宇宙インフラストラクチャーの開発・運用の進め方」では、今後の約30年を展望し、「4.1 重点開発対象」も含めた宇宙開発全体の開発の進め方を示した。

4.1 重点開発対象

(1) 「全地球観測システム」の構築

地球環境問題の解決に大きな役割を果たし、「グローバルな社会資本」の典型とも位置付けられる「全地球観測システム」について、国際的な役割分担により共同して構築することを目指し、積極的に対応する。（図1参照）

また、このシステムによって得られる観測データを有効利用するため、全世界的な情報ネットワークの構築が必要不可欠である。我が国は、アジア・太平洋地域の一員としての立場も踏まえつつ、同ネットワークの構築に向けて関係国との協力を強化していく。

(2) 先進的宇宙科学計画などの推進

人類の知的フロンティアの拡大に資する宇宙科学について、我が国の人的、技術的能力を十分に活用し、M-Vロケットを用いた中型衛星・探査機計画を進めていく。さらに、2000年代初頭以降H-IIロケットなどを用いた大型衛星・探査機計画を加えることによって宇宙科学の一層の発展を図る。（図8参照）

また、月の探査は、その成果や国際的動向によっては、長期的に国際協力による月面活動に発展し、人類全体に恩恵をもたらす可能性がある。このため2000年代初頭以降、関連技術の蓄積と高度化にも努力しつつ、月の探査を一過性の取

組みではなく計画的、段階的に進めていくことが我が国の課題である。

(3) 「軌道上研究所」を中核とした活動の充実

宇宙ステーション計画は、21世紀の世界の宇宙開発の発展に大きな影響を及ぼすものであり、我が国としてもその成功に向けて最善を尽くし、関係国との協力を強化していく。（図9参照）

宇宙ステーションの日本の実験棟（JEM）は我が国初の「軌道上研究所」と位置付けられるものである。この「軌道上研究所」を中核として、宇宙における実験活動と地上における実験・研究活動とが密接に連携した総合的な研究体制を構築することにより、宇宙環境利用の研究の推進と関連技術の高度化を進め、あわせて、我が国の有人宇宙活動に関する経験の蓄積と技術基盤の構築を図る。

一方、アジア・太平洋地域の国々との交流、協力を進める中で、JEMにおいて、これらの国々の要望にも合致した実験・研究を進めていく。

さらに、宇宙ステーションの運用が十分に安定した段階に達した後、宇宙が人々のより身近な存在に感じられるよう、また、21世紀半ばに一般人の宇宙旅行実現に向け、宇宙ステーションJEMへの文化、芸術、人文・社会科学等の分野の専門家あるいは一般人の搭乗の可能性も検討する。

(4) 新しい宇宙インフラストラクチャーの開発・運用

H-IIロケットは設計面、技術面で発展性のあるロケットであり、その高度化開発を進める。また、2000年代の多様な打上げ需要に応えるとともに、より経済的かつ合理的な宇宙システムの開発・運用に向けて、輸送コストの一層の低減化と輸送能力の拡大等を実現するH-II発展型ロケットの研究開発を行う。

宇宙ステーションへの物資の往還輸送などを目的として、宇宙環境保全にも配慮した無人有翼往還機（HOPE）（図10参照）の研究開発を進める。

2010年代には、現在使用中のロケットによる輸送コストと比べて大幅に低減し、ひとけた小さい輸送コストの実現を目指す。このために、H-II発展型ロケットとHOPEの技術開発の成果を踏まえて、革新的な設計思想に基づく完全再使用型輸送機の開発へ発展させるべく、先行的な研究開発を進める。

一方、高度宇宙環境利用実験の実施、軌道上での機器の交換等を可能とする無人プラットフォーム、軌道上宇宙作業ロボット、地上と衛星などの間の情報通信システム（データ中継追跡衛星システムを含む）等について、国際協力を視野に入れながら、計画的に研究開発を進めていく。

4.2 個別分野の開発及び宇宙インフラストラクチャーの開発・運用の進め方

(1) 個別分野の開発の進め方

① 地球観測・地球科学

宇宙空間からの地球観測及びそれを活用する宇宙からの地球科学（以下「地球観測・地球科学」）は、地球環境の保全に貢献し、人類の生存を守るための重要な手段の一つである。このため、各国などが打ち上げる衛星及びその運用の整合性を図り、全体として一つの大きな「全地球観測システム」を構成することが望ましく、我が国はこのような国際的システムの構築に応分の役割を果たすこととし、積極的に国際的な協議・調整を進めていくこととする。

我が国としては、2010年ころには「全地球観測システム」を構成する衛星の4分の1程度の割合を分担することを目指すことが望ましい。また、衛星による観測データを国内及び国際間で円滑かつ迅速に提供できるように、世界的な情報ネットワークを早期に構築することが必要である。また、これらのネットワークは、アジア・太平洋地域の国々にも広げられる必要があり、我が国はこのようなネットワークの構築にも積極的に努力する。

さらに、長期的には、適切な地球環境モデルを作成し、衛星による観測データ及び地表で測定したデータを利用した環境変動を予測できる総合的なシステム及び体制を構築することが国際的な課題となる。2020年代には、このような国際的システムの完成を目指して、我が国も積極的に貢献していく。また、このようなシステムの開発・運用に貢献できるように、我が国の能力を高めていくためには、人材育成を含む国内における地球科学の研究体制を充実していく必要がある。このため、開発・運用機関は研究者及び利用者とは十分連携をとりながら研究開発を進めていく。

衛星による観測データの利用拡大に伴い、今後経済的な価値を有する観測データの商業的利用が進むと考えられるが、国としてはその促進のための環境整備に努める。

② 宇宙科学

経済的に豊かになり、国際的水準の宇宙技術をもった我が国にとっては、今後とも国際協力を着実に進めながらこの分野の活動を拡大していくことが、重要な国際的役割である。

このため、M-Vロケットにより打ち上げる中型の衛星・探査機を計画的、継続的に開発・運用し、我が国の先進的技術により地球周辺空間、月・火星・小惑星などの探査、金星・火星などの大気及び電離層の観測を進めるとともに、地上からの観測と連携をとりつつ様々な波長域での天文観測を進める。

さらに、2000年代初頭以降には、上記計画に加えて、H-IIロケット（発展型を含む）などにより大型の衛星・探査機を打ち上げ、太陽、木星以遠の惑星等への独創性のある未踏の科学探査計画及び静止軌道などからの大型天文観測衛星計画を進める。

③ 月探査

月は人類が目にすることができる最も身近な天体であり、月面を拠点とする宇宙活動は地球外天体に人間が宇宙活動を広げていく場合の第一歩となるものである。1960年代から1970年代にかけて、米国及び旧ソ連により月の探査が行われたが、継続的・体系的な活動には至らなかった。今後は月面を拠点とする宇宙活動の可能性を検討するため、月に関する科学的知見を蓄積し、月全体の地形、地質・鉱物組成やその分布等の詳細な探査が必要となる。

我が国としては、宇宙開発事業団と宇宙科学研究所などが連携・協力し、2000年代初頭以降、科学探査及び月の利用可能性調査を目的として、月周回観測や月面着陸探査をはじめとした体系的な無人月探査計画を実施すべく、その具体的な進め方を検討する。同計画は、合理的なコストで段階的に、成果を評価しながら進める。

さらに、2010年以降2020年代にかけて、各国の無人月探査の成果を踏まえつつ、国際協力による月面天文台などへ発展していく可能性がある。このため、そのような状況に備えて、着実に関連技術の研究開発を進め、技術の蓄積と高度化を図る。

④ 通信・放送・測位

通信、放送及び測位の需要は、高度化、多様化の速度が速く、このような動きに的確に対応するため、国際的なネットワーク構築の動向を踏まえながら、携帯用移動体通信、立体ハイビジョン放送並びに航空機、船舶及び自動車のナビゲーション等の、新たに求められるサービスを適時適切に提供できるように、継続的に新技術の開発を行っていく。

このため国は、情報の大容量化、携帯用利用者端末の小型化等のための多様な技術開発を行うとともに、柔軟性のある開発の進め方を心掛ける。また、開発期間の短縮など衛星開発の効率化の観点から、既存の大型衛星及びJEMを活用した技術実証を行うとともに、中小型衛星などの開発を進める。

また、基礎的・先端的技術やシステムの基盤となる技術のうち、研究開発要素が大きく、衛星を利用した実証が必要な技術や開発リスクが大きい技術は、国が研究開発を実施する。他方、国際的な動向を踏まえつつ、官民が適切な役割を

分担することにも留意する。

今後とも、国の行う技術開発の成果が民間に適切に移転され、実用化されることにより国民生活の向上に貢献できるよう、適切な環境整備に努める。

⑤ 宇宙環境利用

・ 微小重力利用

宇宙環境を利用して得られた新しい知識は、将来の宇宙における本格的な研究や生産活動の実現に活かしていくとともに、地上での研究・生産活動にも反映することが重要である。このために、当面は、我が国初の「軌道上研究所」であるJEMを中核として、これを最大限に活用して実験・研究を行う。

2000年過ぎの宇宙ステーションの運用開始までは、落下塔、航空機、小型ロケット、回収カプセル等の活用や、米国のスペースシャトルの利用など国際協力により、微小重力の実験機会を確保する。それによって、宇宙環境利用技術の開発を進めながら、できるだけ多くの経験を積み、あわせて、宇宙開発事業団と国立試験研究機関などが連携・協力できる総合的な研究体制を構築するとともに、各研究分野毎に中心となる研究体制を整備する。

宇宙ステーション運用開始後は、これへの参加を中核として、上述の総合的な研究体制の下で、明確な研究目標を立て、宇宙環境利用について実験・研究の経験を十分積む。これにより、技術の開発と高度化を着実に進め、将来の新技术・新産業の創出にも貢献することを目指す。また、アジア・太平洋地域の国々とも、微小重力利用分野の実験・研究についての協力の可能性を積極的に探究し、JEMにおいてこれらの国々の要望も踏まえた実験活動などを実施していく。他方、JEMでは実施が困難な、より高度の微小重力環境を必要とする実験を実施するため、HOPE、無人プラットフォーム等を活用することが望ましい。

宇宙ステーションの運用経験を踏まえ、宇宙環境利用の高度化、多様化に向け、恒常的に実験・研究を行うことができる完全自動化した本格的無人プラットフォームや有人・無人のメリットを合わせ持つ有人支援型プラットフォームの研究開発を国際的視野に立って進めていくことが期待される。そのような努力を積み重ねることによって、次世代宇宙ステーションが実現する場合には、我が国として、より大きな国際的役割を担うことを目指す。

・ 太陽エネルギー利用

宇宙活動におけるエネルギー生産や自給のためには、宇宙空間で太陽エネルギーを高度に利用していくことが必要であることから、その効率的な利用技術について国際協力も考慮しつつ研究開発を進め、JEMなどを用いた実証実験を行

う。また、これらの実証実験の成果を踏まえ、太陽エネルギー利用の高度化の可能性を追求する。

⑥ 有人宇宙活動

人類はこれまでも、その長い歴史において活動領域の拡大を図ってきたが、人類がその活動領域を宇宙へと拡大していくことは人類が永続的に発展、繁栄していくという希望のあらわれの一つであろう。地球の有限性についての認識が高まる一方、技術的にかなりの信頼性をもって宇宙へと活動領域を拡大する可能性を有するに至った現在において、人類が宇宙に進出したいと考えることは自然な欲求であるといえることができる。

有人宇宙活動について、我が国としては徹底した信頼性、安全性の確保を図り、可能な限り自動化技術を活用しつつ、人間の介在により格段の効果と信頼性の向上が期待できる活動について進めていく。

当分の間は、米国、ロシア等の有人宇宙活動の先進国との国際協力を基本とする。まずは、JEMの運用を通じて有人宇宙活動についての経験を十分に積み、ロボットを利用した有人支援技術、テレサイエンス（地上からの遠隔操作宇宙実験）技術等、有人宇宙活動を支援する技術をより信頼性の高いものにしていく。また、人間が宇宙空間で生活していくための基礎となる閉鎖生態系の技術開発の推進及び宇宙飛行士の健康管理、宇宙酔いの解明等の宇宙医学の研究体制の整備、充実を行い、有人関連の基盤技術の修得及び人材の育成に努める。

宇宙ステーション運用終了後には、JEMの運用を通じて蓄積した有人技術及び有人宇宙活動の経験並びに我が国の無人技術を最大限に活用し、国際協力による次世代宇宙ステーションあるいは月面における有人宇宙活動といった展開の可能性に対処できるようにしていく。

長期的には、宇宙での滞在がより一般的になることが有人宇宙活動の主要な目標となるものと予想され、大きな技術革新によって一般人でも行けるようになることを目指し、国際協力を進めながら、息長く有人宇宙活動に関する基盤的・先行的研究を進めていく。

(2) 宇宙インフラストラクチャーの開発・運用の進め方

以上の各個別分野における宇宙活動の拡大、高度化、多様化の進展に伴い、これらの宇宙活動を効率的かつ安定的に展開していくために必要な共通基盤的な設備、施設及びシステムが宇宙インフラストラクチャーである。これは、

- ① 衛星打上げロケットなどの輸送系
- ② 宇宙ステーション、プラットフォーム等の拠点系

③ 地上と衛星などの間の通信を行うデータ中継追跡衛星システム、追跡管制システム、射場等の支援系に分けられる。

このうち、宇宙へのアクセスに必要な輸送系は、宇宙活動を自在に展開していくための基本であり、自ら開発・運用できる能力及び技術力を保持、発展させていく必要がある。

一方、宇宙インフラストラクチャーは、世界全体の宇宙活動の効率化の観点から、国際共同開発、国際的な相互適合性を確保した形での分担開発、各国が開発したものの国際的な相互運用等、様々な形で国際協力を行うことが望ましい。この意味で、宇宙インフラストラクチャーは全体として各国の宇宙活動を支える「国際共用インフラストラクチャー」の側面も有する。今後は、宇宙インフラストラクチャーのそのような側面がますます重視される傾向が強まるとみられることから、我が国はその開発・運用に当たり、国際的な視野に立って対応していく。

① 輸送系

M-V ロケットは宇宙科学分野の中型衛星・探査機計画に対応するものであり、国際的に評価の高い我が国の宇宙科学を安定的にかつ高度に推進していくため引き続き開発を進める。

静止軌道に衛星を打ち上げることができるロケットとしては、我が国初のN-I ロケットとH-II ロケットを比べると、この約20年間に打上げ能力はおおよそ15倍に、打上げ重量当たりの輸送コストはおおよそ8分の1となった。21世紀にはこれらの打上げ能力や経済性を格段に改善する必要がある。(図11参照) このため、H-II ロケットの大きな技術的発展性を活かし、まず、その高度化開発を進める。その上で、その成果を的確に反映しながら、低軌道に20トン(静止軌道に4トン)程度の打上げ能力を持つH-II 発展型ロケットを研究開発し、輸送コストの低減化を更に進めるなど、2000年代の多様な打上げ需要に応えられる柔軟な輸送手段を確立する。

また、宇宙ステーションへ物資を補給したり、成果物などを再び地上に持ち帰るといった宇宙と地上との間の往還輸送の需要に応えるため、HOPEを2000年代半ばころに実用化することを目標に研究開発を進める。HOPEは、プラットフォーム等への機器の交換などの軌道上作業を行うため、ロボット機能を備えることとする。また、HOPEは無人かつ有翼型の往還機という国際的に特色のあるシステムであり、その利用については積極的に国際的に開放する。

一方、輸送コストを大幅に低減するためには、革新的な設計思想を採用した完全再使用型輸送機などの実現が不可欠である。したがって、今後の約20年間

に、過去20年間の輸送コストの改善度と同程度の一層の輸送コストの低減化を目標に、H-II 発展型ロケットとHOPEの技術開発の成果を踏まえ、宇宙環境保全にも配慮した無人の完全再使用型輸送機を実現することを目指す。

有人輸送システムについては、当面米国のスペースシャトルなどを利用して宇宙ステーションへ宇宙飛行士を輸送する。また、その後は、スペースシャトル後の新しい有人輸送システムの開発の動向を踏まえながら、これに適切に対処できるように無人輸送技術と有人技術の育成と蓄積に努めていく。ただし、将来の国際的な有人輸送システムの開発・運用の動向によっては、HOPEの有人宇宙往還機への技術的発展性を具体化することが望ましい状況になる可能性もあり、その点も念頭に置いて、HOPEの研究開発を進めていくことが望まれる。

また、2020年代には、国際共同開発により、水平離着陸能力などを有するスペースプレーン(有人宇宙航空機)の実験機の飛行を実現することを目標として、我が国としても基礎的・先行的研究を進めていく。

② 拠点系

無人の拠点系については、宇宙環境利用分野の実験を効率的に行うため、国際共同開発の可能性も十分念頭に置きながら、まず、2000年代初頭以降の利用を目指して軌道上で実験機器の交換などができる無人の低中高度プラットフォームの研究開発を行い、その後、無人の静止プラットフォームへ発展させる。

プラットフォームなどへの燃料の補給、機器の交換等の軌道上作業を行うためには、当面、実用化されたHOPEを利用することとし、2010年代初頭に、宇宙活動の拡大により軌道上作業に対する需要が増大した段階では、国際共同開発又は相互適合性を確保して軌道上宇宙作業ロボットなどの開発を目指し、国際的な相互運用を図っていく。

宇宙ステーションのような有人の拠点系については、有人宇宙活動の中でも触れたように、今後とも国際協力の下でその開発、運用を進めていく。

③ 支援系

宇宙活動の高度化と拡大に応じて、H-II 発展型ロケットに必要な射場の整備を行うとともに、HOPEの研究開発の進捗に応じてその着陸場を確保する。また、21世紀の宇宙開発の発展、衛星打上げ需要の拡大によって、これらの射場の整備・運用については新たに適切な方策が必要となる可能性があり、安全確保、国際協力等の幅広い見地に立って、長期的に必要なとなれば国内の射場などを補完するものとして海外に射場などを確保することも検討する。

低中高度軌道上の衛星などで取得した大容量の観測データ、実験データを伝

送し、HOPEなどを常時追跡管制するためのデータ中継追跡衛星(DRTS)システムについて、2000年ころの打上げを目指して研究開発を行い、地球観測衛星やJEMとのデータ中継などについてシステム全体の実証を行う。

21世紀に本格化していく有人宇宙活動の支援、無人活動の量的拡大と質的高度化を円滑に実現するため、増加傾向にあるスペースデブリや、小惑星・彗星などの監視システム及び宇宙放射線環境予報システムを2000年代半ばを目途に国際的に共同して開発・整備していくことを目指す。

第5章 宇宙開発利用のための人材の育成と国民の理解

5.1 研究者、技術者等の人材育成

宇宙開発利用は、国民の理解を得ながら、長い将来にわたって受け継がれていくべきものである。このように、宇宙開発利用を長い将来にわたって継続的に推進していくためには、何と云っても、それを支える人材の育成と確保が必要不可欠である。このため、以下のような措置を講じていく必要がある。

(1) 21世紀の宇宙開発利用の広がりを展望すれば、創造的な宇宙開発に努力することが一層重要な時代となる。このため、宇宙からの地球科学、宇宙医学、宇宙での材料・生命科学等の幅広い分野において、計画的に研究者や技術者を育成していく。

したがって、大学、国立試験研究機関及び民間における関連分野の研究活動の充実、国の宇宙開発の着実な拡大を図りつつ、国内外に開かれた積極的な研究者、技術者による人的交流の促進などを進め、さらには、宇宙法、宇宙心理学等の人文・社会科学分野の人材育成を行う。

(2) 将来にわたり、未知なる宇宙への挑戦の担い手となる青少年については、例えば、宇宙開発を初等・中等教育の教材に取り上げることにより宇宙に対する関心を一層高める。また、小中学生が夏季休暇時に合宿などを行って宇宙について学ぶスペースキャンプなどの事業を通じて生徒や教師が宇宙開発の現場において宇宙技術や宇宙開発に接する機会をできるだけ多く設け、将来、多くの青少年が宇宙開発に関係する分野で活躍したいという意欲を持つような環境を作る。

さらに、大学などを含む若手研究者に対して、小型衛星を利用した実験機会

の提供、海外の研究者との交流、関係機関の試験設備を円滑に利用できる体制の整備等の支援を充実する。

(3) 今後、宇宙分野において、我が国がアジア・太平洋地域の国々との協力を拡大していく中で、これらの国々の若手の研究者、技術者の活動を支援していく。

5.2 国民の理解

宇宙開発については、他の科学技術プロジェクトに対して比較的大きな資金を要するため、その推進に当たっては国民の理解と協力を得ることが必要不可欠であり、宇宙開発の目的、開発状況、成果等の実状を分かりやすい言葉、写真、映像等により、率直かつ正しく伝える努力を行うことが重要である。

このため、日本の宇宙開発についての情報をいつでも提供できるよう、官民が協力して普及啓発の実施機関の基盤と体制を一層強化する必要がある。また、その上で、「宇宙の日」(毎年9月12日)などの機会を活用し、様々な催しの実施、科学館等の支援、宇宙開発機関などにおける宇宙活動の模擬実験の実施等を行い、国民が宇宙技術に直接触れて体験できる機会をできるだけ多く確保することが必要である。さらには、我が国の宇宙活動についての報告の作成・公表などを幅広く進めていくことも効果的である。

第6章 民間の宇宙開発利用の促進のための環境整備

21世紀において、宇宙開発利用が国民にとってより身近なものになり、生活の中に定着していくためには、民間の宇宙開発利用の活発化が必要である。また、国の宇宙開発の円滑な推進のためにも、国の宇宙開発プロジェクトに参画している宇宙機器製造業を中心とする宇宙産業及びそれを取り巻く産業の基盤がしっかりしている必要がある。

宇宙先進国の欧米等における宇宙産業も、これまで国防分野、民生分野を問わず、その事業の大半を国からの受注(官需)に依存しており、民間単独の事業としての本格的拡大は21世紀に入ってからになると考えられる。また、冷戦終結後の世界的な軍縮の動きに伴い、国防関係を中心とする航空宇宙分野での相対的な規模の縮小が進む中で、企業の生き残りをかけ、また、競争力の維持・確保

を目的として、関連企業間での合併なども進んでいる。

我が国では、民間事業者による衛星通信・放送のサービスは進展しているが、宇宙機器製造業は国の宇宙開発計画への参加が主であり、欧米の宇宙産業と比べても民間企業としての自立度が低い状態にある。このため、我が国の宇宙産業は、21世紀に向けて、自ら企業体力の強化を図りつつ、長期的観点から、事業活動の拡大に向けた努力を一層強化することが期待される。

今後、国としては、民間による事業活動の促進と円滑化に資するため、宇宙実証・実験機会の提供、技術移転の円滑化、国の試験施設などに対する利用の要望への適切な対応、税制・財政投融资上の措置による適切な支援、事業活動の進展に対応して必要となる制度の整備等を行うことにより、適切な環境整備を進めていく必要がある。

第7章 宇宙開発の推進体制の強化

7.1 宇宙開発委員会の活動強化

宇宙開発委員会は、その設置法に述べられているように「宇宙の開発に関する国の施策の総合的かつ計画的な推進とその民主的な運営に資する」ことを目的としたものであり、今後とも、我が国の円滑な宇宙開発の推進のため、中期計画の策定などによる各種施策の審議の充実強化、開発計画に対する適切な評価の実施、我が国の宇宙活動に関する報告の作成と公表等によりその活動強化を図るべきである。

7.2 宇宙開発機関などの活動強化及び協力強化

今後の我が国の宇宙開発が期待される十分な効果を上げていくため、各機関が果たすべき役割の明確化とその活動の強化を図るとともに、開発機関の間及び開発機関と研究機関、利用機関との間の連携・協力を一層強化していく必要がある。

このため、今後の宇宙開発機関などの事業活動については、特に以下の点に十分に留意して進めることが重要である。

(1) H-IIロケット（発展型を含む）を用いた先進的宇宙科学計画などの推進に当たっては、宇宙科学研究所と宇宙開発事業団は連携・協力の下で、国立天文台などの宇宙科学関連研究機関とも適切な役割分担を行う。また、HOPEなどの宇宙往還機及び将来の完全再使用型輸送機の研究開発については、宇宙開発事業団は、今後とも航空宇宙技術研究所、宇宙科学研究所等の研究機関の基礎的・先行的研究の成果の積極的活用を図るなど、適切な協力関係を構築し、効率的に研究開発を進める。

(2) 地球観測・地球科学及び宇宙環境利用の分野については、それぞれの対象領域が広範であることもあり、その推進のための体制が十分組織化されていないのが現状である。このため、今後はこのような利用側の体制の整備、充実に向けて、共同研究の推進などにより開発機関と利用機関の協力関係を強化していく。また、宇宙医学の研究についても、まだ十分な研究体制が整っていないため、今後宇宙開発事業団と関連する大学及び国立試験研究機関が連携、協力できる研究体制を構築していく。

(3) 今後の我が国の宇宙開発においては、創造性の発揮が特に重要であり、このためには新しい発想に基づく基礎的・基盤的・先行的研究の推進が極めて重要である。このため、宇宙科学研究所、航空宇宙技術研究所などの国立試験研究機関、宇宙開発事業団及びその他の研究機関（特殊法人の研究所を含む）において将来を見据えた基礎的・基盤的・先行的研究を強力に実施していくとともに、大学などにおいても同様に研究の充実が図られていくことが期待される。

なお、今後、国際協力を積極的に視野に入れなければならない大規模な宇宙開発プロジェクトの推進のためには、研究開発体制の強化が必要になってくるものと考えられ、そのための不断の検討を行っていく必要がある。また、諸外国との国際協力に伴う諸課題に対して、国内的にも適切に対処していく必要がある。

7.3 資金の確保

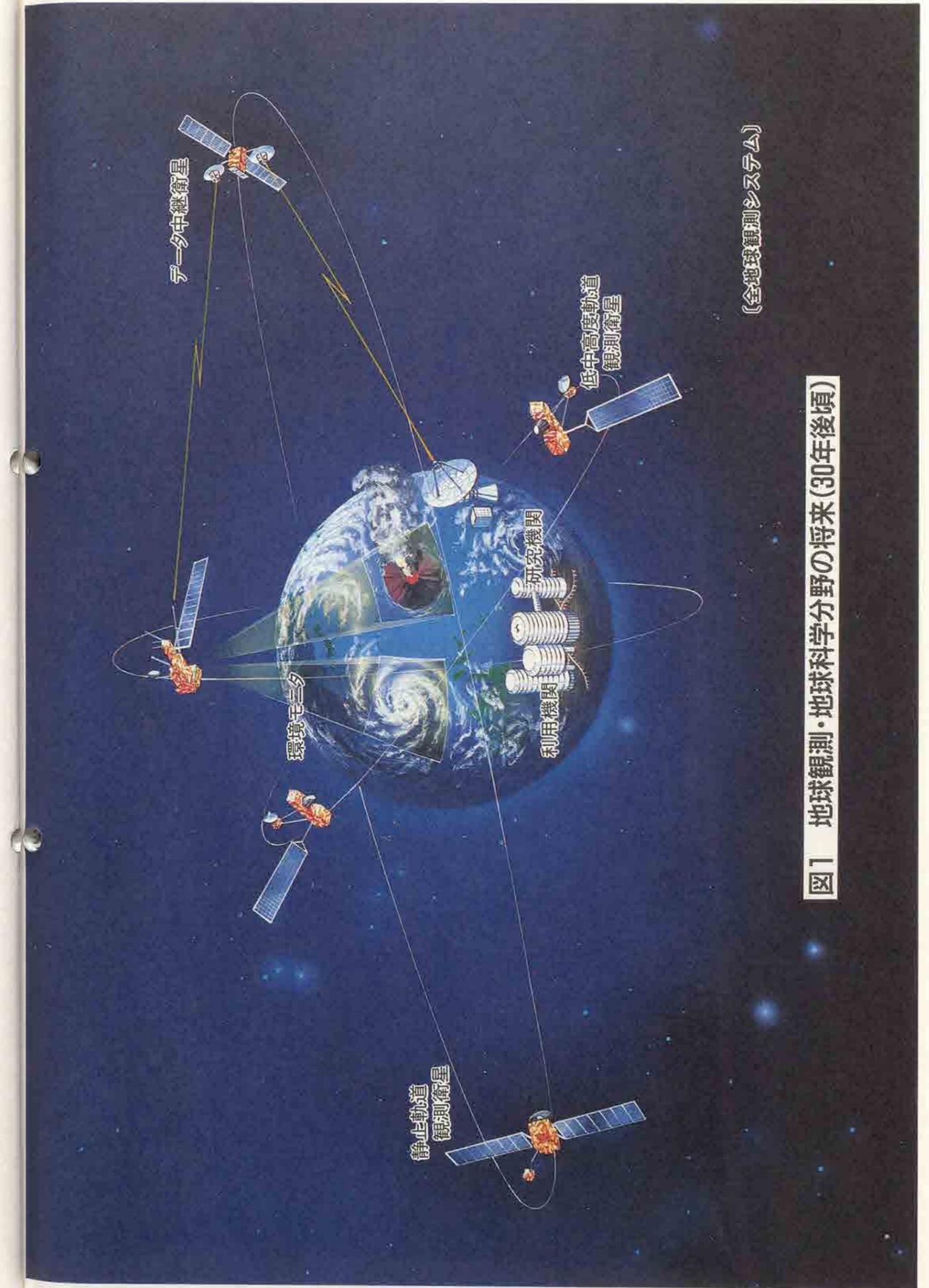
主要国における宇宙開発予算は、1993年度で比較すると、米国が約1兆6千6百億円（NASAのみ）、欧州宇宙機関（ESA）が約3千4百億円、フランスが約2千8百億円、ドイツが約1千6百億円であるのに対し、我が国は約2千億円である。また、これらの予算を国民総生産（GNP）に対する比率で比較すると、米国は0.227%（NASAのみ、1992年）、フランスは0.153%（1991年）、ドイツは0.058%（1991年）であるのに比べ、我が国は0.040%（1992年）と低

い値となっている。

これまで、我が国の宇宙開発は国際的に評価の高い宇宙科学分野、自主開発を行ったH-IIロケット等相対的に小規模な予算で相当の成果を挙げてきており、今後とも効率的開発を進めていくことは極めて重要である。

一方、第4章において示した宇宙開発を進めていくための所要資金は、各プロジェクトなどの研究開発の具体化に当たり、さらに検討を要する部分が多くあり、また、今後の諸情勢の推移に影響されるものでもあるが、現時点でそれぞれのプロジェクトに1995年度以降15年間に必要となる資金を試算すると、合計で7兆円程度となる。この内訳は、先進的宇宙科学計画などに約1兆2千億円、地球観測・地球科学及び通信・放送・測位に約2兆円、宇宙ステーション、宇宙環境利用及び有人活動に約1兆8千億円、宇宙インフラストラクチャーに約2兆円である。

創造的な技術開発には、当初の期待通りの成果が得られるとは限らないというリスクがあり、また、国内外の情勢によってはプロジェクトの優先度に変化が生ずることもあり得る。国の科学技術に対する投資全体の中での宇宙開発予算の規模に関する検討も引き続き行われるであろう。したがって、第2章に述べたように、今後の宇宙開発プロジェクトの推進は、適切な評価、検討を加えつつ、計画的かつ柔軟に進めていくことが必要であるが、世界と我が国の将来のため、第4章に示した宇宙開発の目標の達成に向けて、着実に開発が進められるよう所要資金の適切な確保が必要である。



(全地球観測システム)

図1 地球観測・地球科学分野の将来(30年後頃)

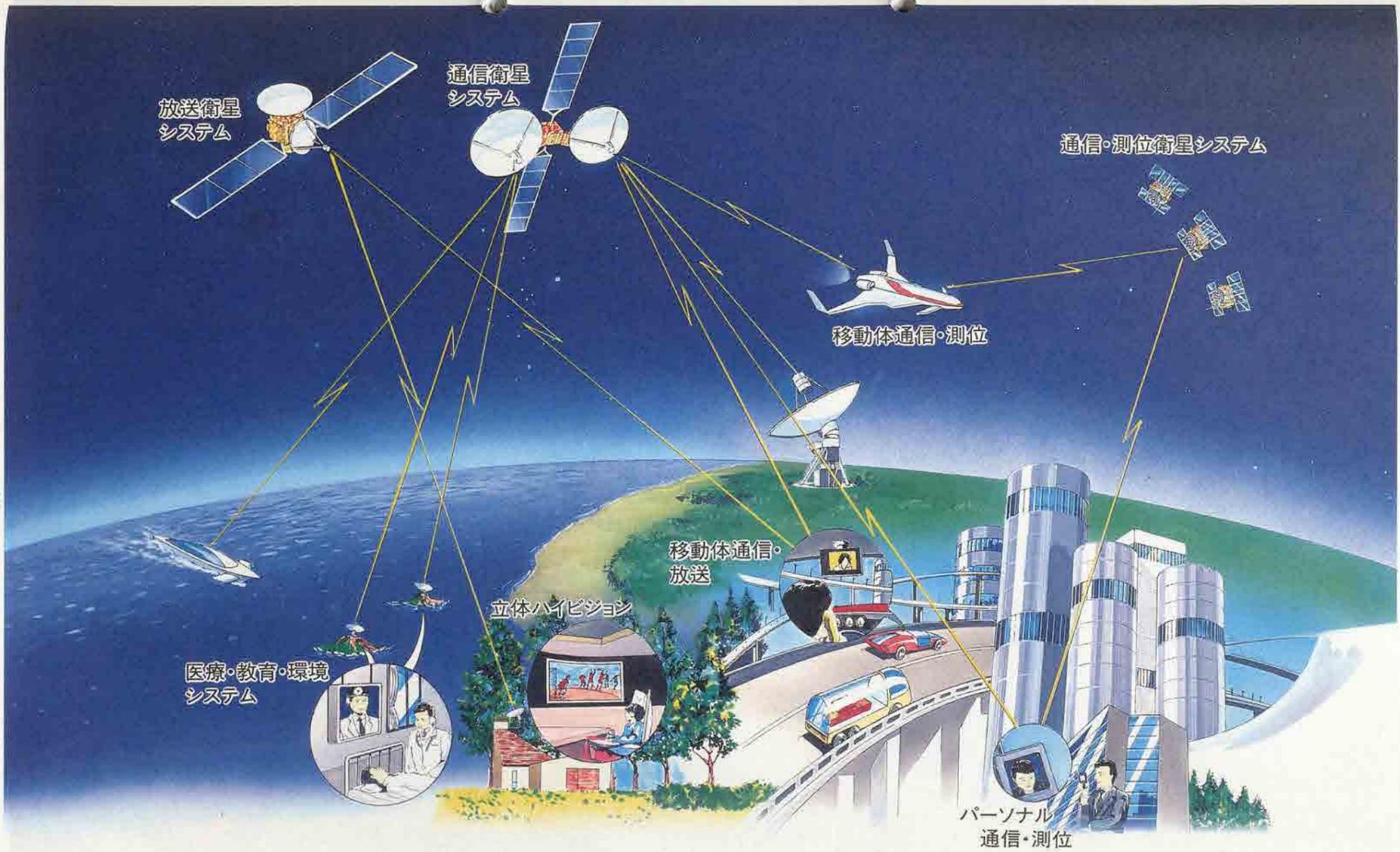


図2 通信・放送・測位分野の将来(30年後頃)

銀河

月

月面天文台

通信システム

月面観測システム

惑星探査機

天文観測衛星

深宇宙通信支援システム

小惑星

試料採取

地球

太陽地球物理系

磁気圏等観測システム

太陽

図3 宇宙科学分野の将来 (30年後頃)



図4 月探査の将来(30年後頃)

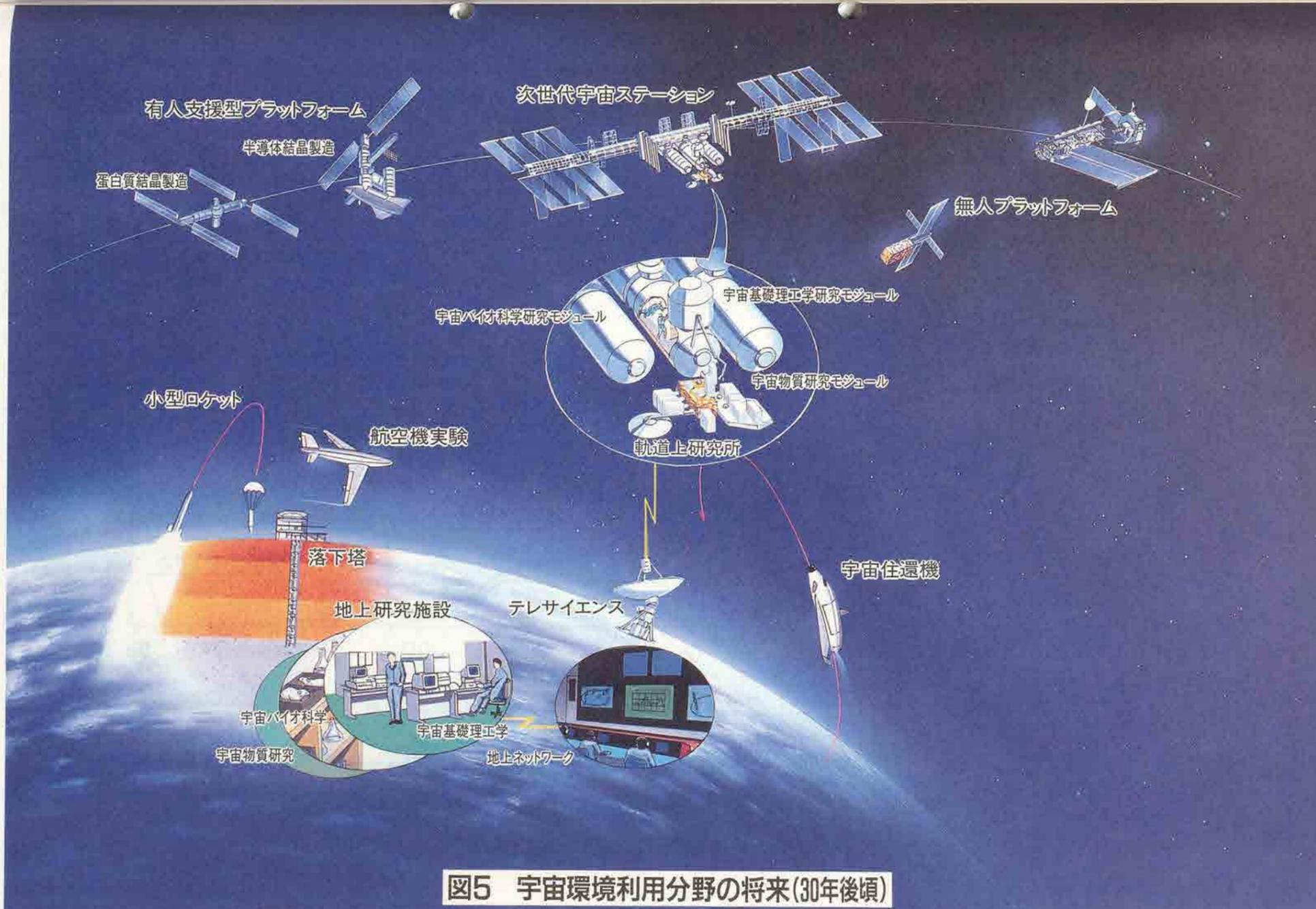


図5 宇宙環境利用分野の将来(30年後頃)

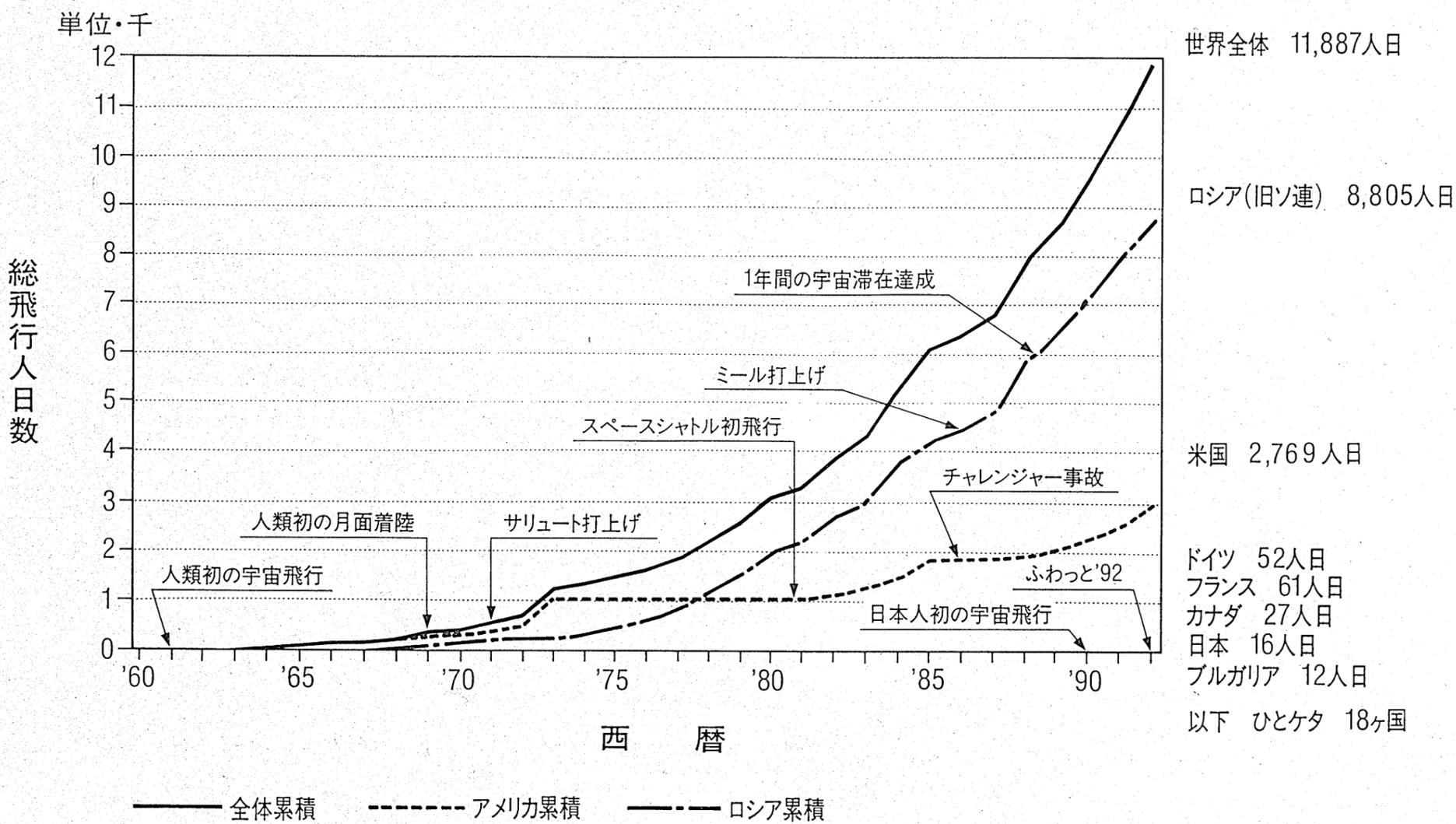
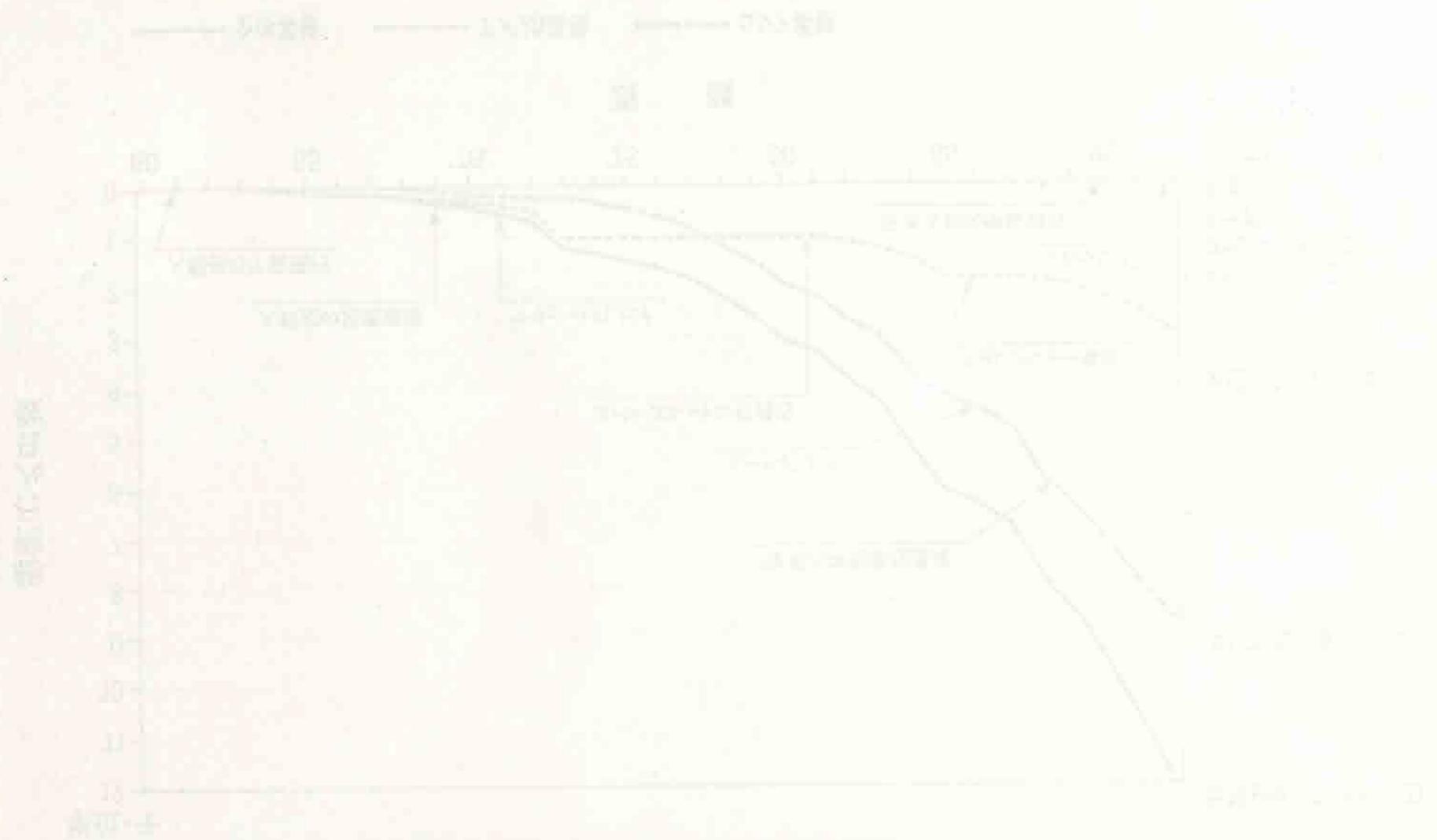


図6 世界の有人宇宙滞在の実績(1992年末)

図6 低軌道の衛星システム運用のシナリオ(国際共同)



地球圏宇宙

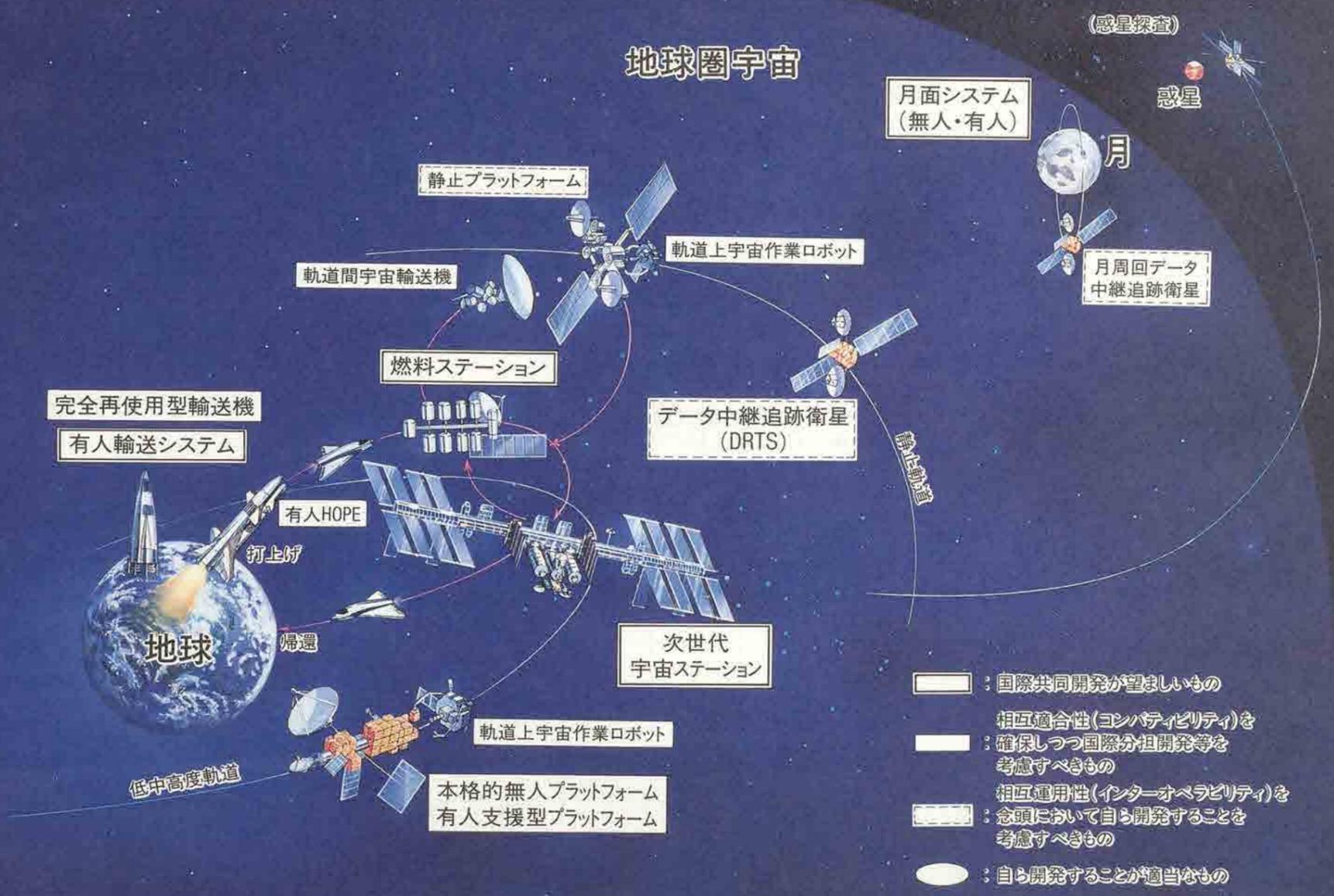


図7 宇宙インフラストラクチャーの将来(30年後頃)

内部構造	①												
有人着陸	②												
試料採取													
移動探査機													
着陸機		③	④										
大気探査													
惑星周回軌道													
人工衛星の 接近飛行					⑥	⑥	⑥	⑦	⑤	⑥	⑧	⑥	
人工衛星による 遠方からの観測													
地上天文台													
	月	火星	金星	木星	木星 の 衛星	土星	土星 の 衛星	水星	小惑星	天王星	彗星	海王星	冥王星

■ 既に実施された衛星

衛星名	国名	打上げ年
① LUNAR-A	日本	1997 (予定)
② アポロ	米国	1972
③ バイキング	米国	1975
④ ベガ	旧ソ連	1984
⑤ ガリレオ	米国	1989
⑥ ボイジャー	米国	1977
⑦ マリナー	米国	1973
⑧ ジオット すいせい	ESA 日本	1985 1985

(注) 最も最近に行われた探査について番号を付し記載した。
LUNAR-Aのみ計画。

図 8 太陽系惑星・衛星の宇宙科学探査

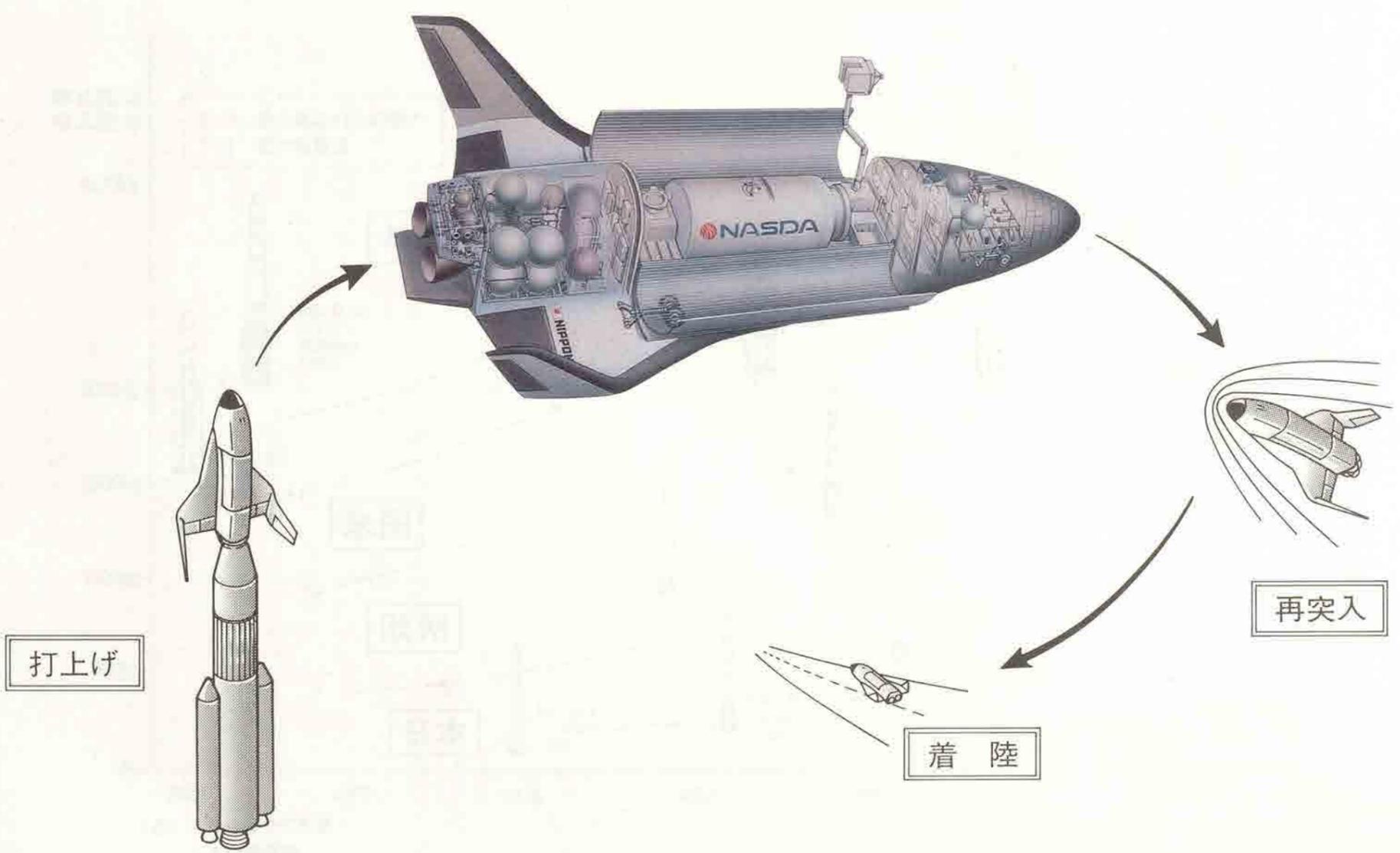
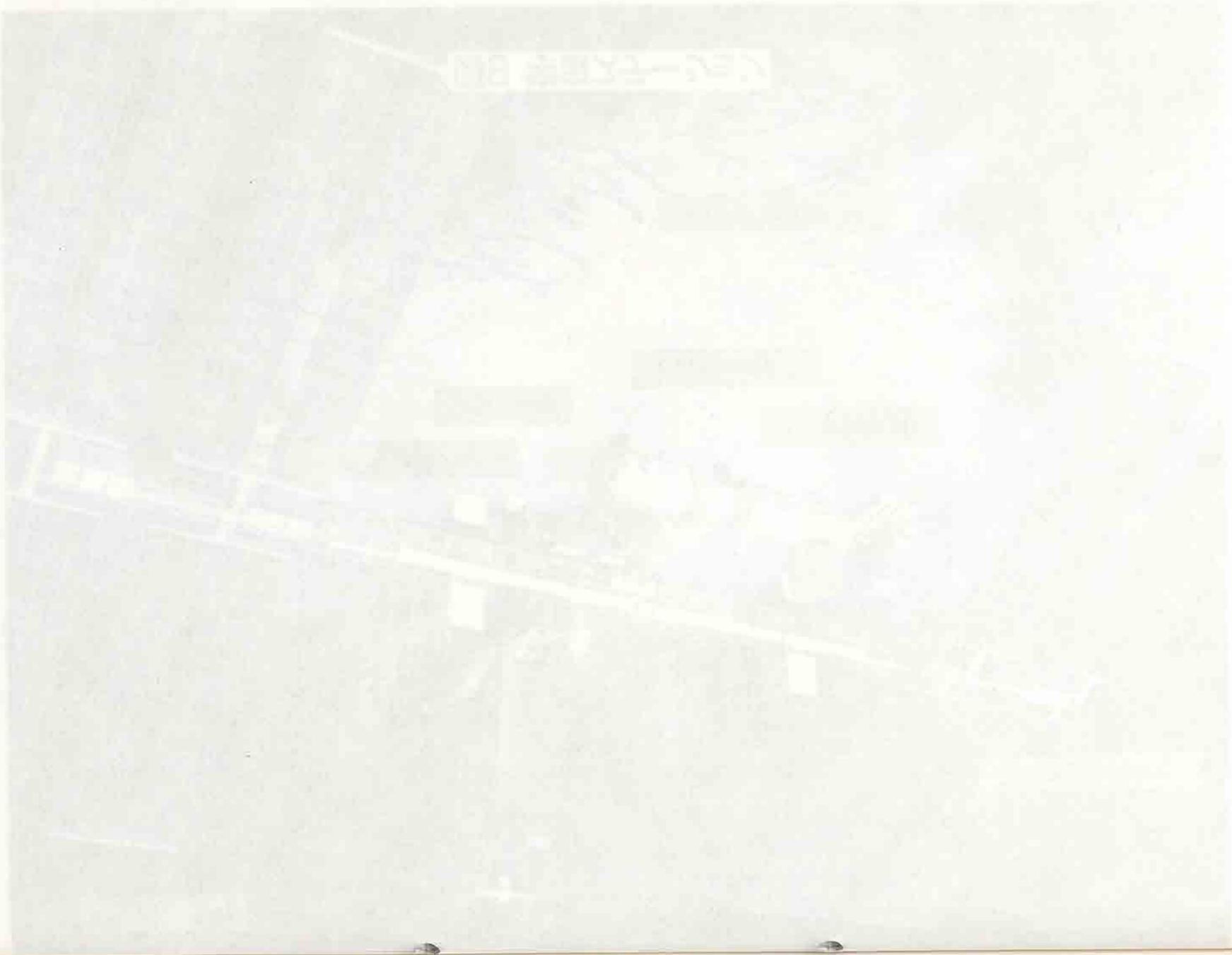
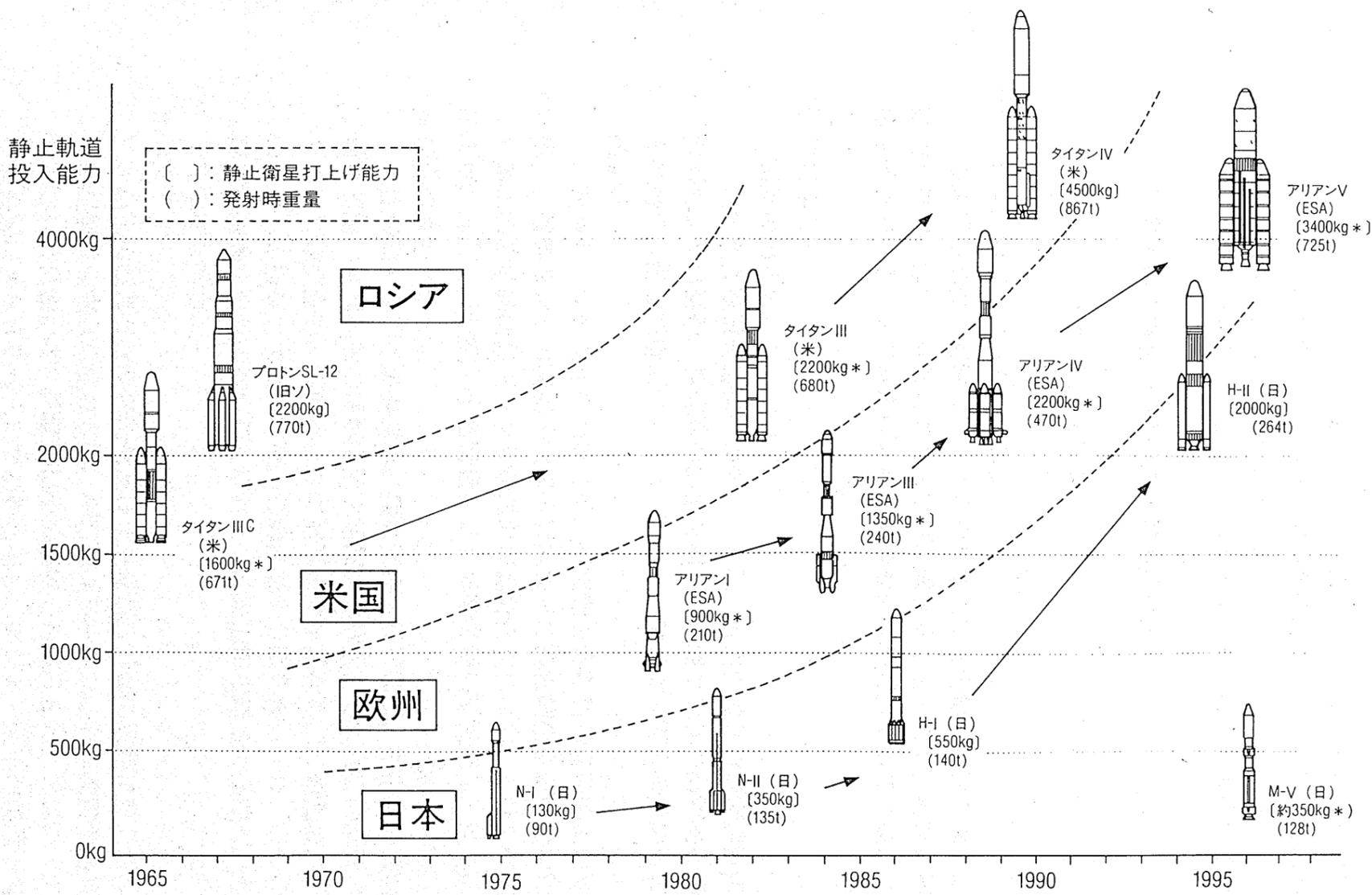


図10 無人有翼往還機(HOPE)



(注) ・数値は全て概算
・*は換算値

図11 各国ロケット打上げ能力

第II部 各論

この「第II部 各論」においては、「第I部 総論 第4章」で示した我が国が目指すべき宇宙開発の目標及び研究開発の進め方について、特に補足すべきと考えられる具体的事項を中心に記述する。

また、今後の開発スケジュールの目安となる線表などを添付する。

第1章 宇宙活動の個別分野の研究開発の進め方

1.1 地球観測・地球科学（表1参照）

(1) 「全地球観測システム」の構築

地球環境問題の解決に大きな役割を果たす「全地球観測システム」を、国際的な役割分担により2010年ころまでに構築するとともに、将来の地球環境変動を予測できるシステム及び体制の可能性について見通しを得る。

① 2010年ころまで

1. 衛星の開発等

低中高度軌道衛星については、米国、欧州の地球観測衛星計画との間で観測センサの種類、性能等の調整を図り、観測センサの国際的な相互搭載などを行う。静止衛星については、主としてアジア・西太平洋地域の観測を分担する。

観測センサの開発については、研究者を含む利用者の要望の高度化に対応し、観測センサの精度・空間分解能などの高性能化及び新たな対象を観測するための能動型観測センサなどの開発を行う。なお、これらの開発については、適宜、航空機、小型衛星、JEM等を用いて実証し、効率的かつ着実に進める。

実時間・高頻度の観測が必要な気象・災害監視、高頻度の観測が必要な海洋観測、定期的な観測が必要な自然状況調査、ある程度間隔をおいた観測でよい資源探査等、目的によって観測頻度が異なる。このため、観測センサの衛星への搭載に当たっては、この点を十分踏まえ、グローバル観測、陸域詳細観測等その目的に応じた観測センサを適切な衛星に搭載し、適切な間隔で打上げを行う。

以上の観測センサの開発及び衛星搭載の計画の策定に際しては、地球観測衛星調整会議（CEOS）、極軌道プラットフォーム調整会議（EO-1 CWG）等において、国際的に十分調整を行う。また、アジア・太平洋宇宙機関会議（APRSAF）などを活用し、アジア・太平洋諸国の具体的需要を衛星計画に反映させる。

ロ. 地上施設の開発・整備

各種地球観測衛星の観測データを効率的に受信するため、アジア・太平洋地域を中心として、相手国の国情や必要性を勘案し、また、政府開発援助（ODA）の活用にも留意しつつ、受信設備の逐次拡大を進める。また、全世界の観測データを我が国において随時に取得するため、データ中継追跡衛星システムを構築する。

観測データの国内及び国際間の流通を円滑化、迅速化するため、地球観測情報ネットワーク（GOIN）、地球観測衛星情報ネットワーク（GSOIN）等の世界的な情報ネットワークの構築を推進し、その運用の経験を積み重ねる。

大量の観測データを高い精度で迅速に処理・解析する機能を整備し、処理・解析後のデータを利用者が利用しやすい形で提供するシステムを構築する。

ハ. 地球規模の諸現象の解明等

大気成分、海面水温等の物理量を高精度に抽出し地球環境モデルを作成することにより、全地球規模の諸現象を解明し、国際的な地球環境変動の予測を行うシステムの構築に向けて努力を行う。

② 2010年ころ以降

2020年代には、「全地球観測システム」の一層の高度化と成熟化のため、我が国として分担すべき高性能な観測センサの開発などを継続するとともに、プラットフォームの利用、観測頻度の向上、観測項目の拡大等を図る。

さらに、地球環境変動メカニズムの研究体制を充実するとともに、情報ネットワークや大容量データ解析機能の高度化などを行い、世界の情報ネットワークから入手した地表観測データなどと併せて、国際的に地球環境変動を予測できるシステムと体制の構築が可能となることの見通しを得る。

(2) 推進環境整備

イ. 地球科学及び利用研究体制の強化

「全地球観測システム」及び地球環境変動予測システムの構築に向けて、我が国が国際的に実質的な貢献をするためには、地球科学及び資源探査などの利用研究において、人材育成、教育の充実、若手研究者への支援拡充による人材の確保等を図る。また、宇宙開発事業団並びに多様な分野の地球科学関連研究機関及び研究者が、密接な連携と相互協力を行い、我が国全体として総合的に研究を進めるための体制の整備を図る。

ロ. 観測データの利用拡大方策

観測データの利用拡大を図るために、宇宙開発事業団などの開発・運用機関と国立試験研究機関、大学等の利用者が協力し、共同研究及び実証研究の拡大による観測データの有効性の確認、データ処理・解析ソフトウェアの流通等のための環境整備などを行う。

ハ. 中長期的な計画の策定

宇宙開発委員会において、観測センサ及び衛星の開発・打上げ、開発機関と利用機関を結ぶ情報ネットワークの構築、地球科学及び利用研究の推進方策等について、国際的な動向を踏まえた上で、我が国として取り組むべき方向を示す中長期的な計画を策定する。

1.2 宇宙科学（表2参照）

(1) 観測・探査計画

宇宙科学は、衛星・探査機などを用いた直接観測及びこれらを用いた大気外からの天文観測を手段とし、全宇宙を研究の対象とする分野であり、「太陽系科学」と「スペース天文学（大気外からの天文観測）」の2つに分けられる。それぞれについて、今後の観測・探査計画は以下のとおりとする。

① 太陽系科学

中型衛星・探査機計画を推進することにより、地球大気や電離層の研究をさらに発展させ、火星・金星などの大気や電離層の研究を進める。また、月の内部構造の研究を進め、その成果を火星など他の天体の内部構造の研究に反映させる。さらに、小惑星、彗星等の小天体からの試料採取を実施する。これらの研究を通して、太陽系の構造、進化、生命の誕生の謎などを探る。

2000年代初頭からは、上記計画に加えて、大型ロケットにより、水星、太陽、木星より遠い惑星及びその衛星群の大気や電離層の科学探査等太陽系惑星に関する独創性のある未踏の科学探査を計画的に実施していく。また、国際的な月・惑星の多点観測網（ネットワーク）、移動探査機による地質調査等を実現する。

2020年代には、観測対象をさらに太陽系外縁部まで広げ、中型衛星・探査機計画の継続的発展及び国際協力を視野に入れた大型ロケットによる新たな月・惑星科学探査計画の推進を図る。

② スペース天文学

中型天文観測衛星を用いて、X線、赤外線、電波等多様な波長域で高感度撮像、干渉計等の先進的技術による観測を行い、地上からの観測施設と連携して、宇宙観測のフロンティアを広げる。

2000年代初頭からは、上記計画に加えて、静止軌道及び太陽周回軌道に、個別波長の高精度観測機能または多様な波長域の観測機能をもつ長寿命の大型天文観測衛星を展開する。

2020年代には国際協力を前提として、軌道上の天文観測衛星と月面上の無人・有人天文台を組み合わせる宇宙規模の干渉計を構成するなど、先進的観測計画が推進される可能性がある。これに対して、我が国は、国際的にふさわしい役割の分担を行う。

(2) 推進環境整備

イ. 宇宙科学研究の充実・強化

我が国が宇宙科学の分野で国際的にふさわしい役割を果たしていくために必要不可欠な研究者などの養成、確保に留意しつつ、宇宙科学研究所及び宇宙科学関連研究機関などにおける研究の充実強化を図る。

ロ. 国内機関間の連携・協力

大型の観測・探査計画については、宇宙科学研究所は宇宙開発事業団との連携・協力の下に、国立天文台など他の宇宙科学関連研究機関との適切な役割分担を行い、研究者の考え方が十分に反映される形で効果的な推進を図る。

ハ. 国際協力の推進

宇宙科学の発展が人類全体の知的フロンティアの拡大に役立つものであることから、諸外国の観測・探査計画に参加するとともに、我が国が主導して行う観測・探査計画にも広く諸外国の参加を求めるなど、積極的な国際協力を進める。

1.3 月探査（表2参照）

(1) 探査の進め方

月面を拠点とする宇宙活動の可能性を検討するために、まず、無人探査を継続的、段階的に進める。

① 無人月探査活動の準備

新たな技術課題に対処するため、月面の部分的な模擬実験、遠隔実験、観測技術等の要素技術について、早期に研究開発に着手し、着実に推進する。

② 「無人月探査計画」

月の科学探査と利用可能性の探究の2つを目的として、H-IIロケット（発展型を含む）により、宇宙開発事業団と宇宙科学研究所などの密接な連携・協力の下で、2000年代初頭以降から以下のように段階的に実施すべく、具体的な進め方を検討する。各段階の終了時には、それぞれの成果の評価を十分に行う。

第1段階：月周回観測衛星による月面の観測（月面の科学観測、月面全体の地形・地質調査等）

第2段階：月面移動探査機による探査（月面での直接測定、月の科学・環境データの取得等）

第3段階：月面からの試料採取（標本の地球への回収と地球での分析）

③ 「無人月探査計画」の終了後

2010年以降には、各国の無人月探査の成果を踏まえ、例えば恒常的に月面から無人科学観測、月利用実験等を行うことを目的とした無人月面観測・実験システム（月面天文台等）の構築など、国際協力による月面活動が行われている可能性がある。

さらに、2020年代には高信頼性、低コストの有人輸送などを可能とする宇宙インフラストラクチャーの開発・運用を前提とし、また、有人活動が十分に効果があることを見極めた上で、国際協力による有人月面天文台などの構築へと進むことも考えられる。

以上のような国際協力については、我が国も積極的に参加していく。

(2) 国際協力など

月の探査を進めるに当たっては、国際的に整合性のとれた活動を実施するため、諸外国の観測センサなどの相互搭載、観測データの相互利用等の国際協力を積極的に推進する。

また、米国、ロシア、主要欧州諸国及び我が国が未だ批准していないものの、既に「月その他の天体における国家活動を律する協定（月協定）」が発効していることに留意し、月面環境の保全にも配慮する。

1.4 通信・放送・測位 (表3参照)

(1) 技術開発の進め方

高度情報社会の実現に向けて、将来の衛星利用者の高度化・多様化する需要に的確に対応し、情報伝送の大容量化、端末のパーソナル化等を進めるため、以下のような先端的技術を計画的、継続的に開発し、衛星技術の開発と蓄積を図る。

① 当面の技術開発

通信・放送・測位を、

- ・複数の固定した地点（ビルなど）の間の通信を行う固定通信
- ・自動車、船舶、航空機等移動体との通信を行う移動体通信
- ・立体ハイビジョンなど主に映像を放送する衛星テレビジョン放送
- ・自動車など移動体を対象に高音質な音楽などを放送する移動体デジタル音声放送
- ・航空機、船舶、自動車等のナビゲーション

の5つに分類する。分野毎及び共通の主な技術開発項目は以下のとおりである。

1. 分野毎の技術開発項目

○ 固定通信

多数の地点間において、需要に応じて柔軟に通信回線を設定し、超高速デジタル信号やテレビなどの映像も含めた大量の情報を高速に伝送するため、高機能コンピュータの利用による衛星内交換など衛星のインテリジェント化、衛星用アンテナの大型化・マルチビーム化、中継器の大出力化・広帯域化、静止衛星間通信システムの大容量化等の技術開発を行う。

○ 移動体通信

利用者端末の小型化により携帯性を向上させ、出力の小さい移動体相互の直接通信を可能にするなどのために、衛星のインテリジェント化、衛星用アンテナの大型化・マルチビーム化、中継器の大出力化、低中高度衛星間通信システムの高度化、先端的利用者端末等の技術開発を行う。

○ 衛星テレビジョン放送

テレビ映像の一層の高精細化、立体映像の実現等のために、広い帯域を利用できる高い周波数帯の開発、衛星用アンテナの大型化、中継器の大出力化・広帯域化等の技術開発を行う。

○ 移動体デジタル音声放送

利用者端末の小型化のために、衛星用アンテナの大型化、中継器の大出力化等の技術開発を行う。

○ 測位

状況によっては、GPSの後継として移動体通信と複合化した測位システムが実現する可能性がある。この衛星については、国際協力も考慮しながら必要に応じて研究開発を行う。

2. 共通の技術開発項目

衛星利用が拡大するにしたがって、静止軌道位置及び周波数の混雑が予想されるため、未利用の新しい周波数帯の開発を進めるとともに静止軌道位置及び周波数の確保を行い、マルチビーム化など、それらを有効に利用する技術を開発する。

② 長期的な技術開発

長期的には、通信と放送の融合を睨みつつ、上記の技術の一層の高度化と成熟化を目指すとともに、将来の様々な通信・放送及び測位システムに関する基礎的な研究、技術開発及び宇宙実証を行う。

③ 衛星開発のあり方

今後の衛星開発においては、一層の効率化と柔軟性のある開発のため、これまでの成果と経験を十分に活かし、中小型共通バスの開発、衛星機器の小型化・軽量化等のための共通基盤技術の開発を進める。

また、急速に高度化、多様化する需要を踏まえて先行的な技術開発を継続し、先端的な衛星技術を育成していく。このため、開発機関は、利用・運用機関と密接に連携して、衛星と地上設備の間で適切に機能が配分されるよう技術開発を進め、さらに実証を行うことにより、先端的衛星機器技術の開発や衛星組立技術の蓄積を行う。

④ 国際協力の推進

サービス地域のボーダーレス化（無国籍化）に対応し、国際協力を考慮して高機能な衛星の研究開発を行う。また、アジア・太平洋諸国との間において衛星通信ネットワークの国際共同実験などを推進する。

(2) 推進環境整備

開発した高度な技術が、民間の事業者適切に移転され実用化されていくよう、適切な措置を講じていく。また、衛星通信・放送サービスの実利用の拡大、高度化に向けた民間事業者の活動を促進するため、税制及び財政投融资上

の措置による適切な支援などを行う。

1.5 宇宙環境利用 (表4参照)

宇宙環境利用には、微小重力などを利用した生命科学、新材料等の知見の獲得及びその応用並びに無限の太陽エネルギーを利用した研究開発がある。

(1) 微小重力利用

JEMは我が国初の「軌道上研究所」であり、これを中核として最大限に利活用し、以下のように段階を追って、着実に研究を推進する。

① 宇宙ステーションの運用開始まで

イ. 多様な実験手段の利用

以下のような実験手段を、それぞれの特徴を活かしながら組み合わせ計画的に実験を行うことにより、技術の蓄積を図る。

(イ) 実験技術の向上及び実験データの蓄積のため、短時間ではあるが簡便かつ安価で実験ができる落下塔、航空機、小型ロケット等の微小重力実験施設・設備を計画的・継続的に利用する。

(ロ) 上記地上実験・研究での成果に基づく多様な要求に簡便かつ効率的に対応できるよう、無人の回収カプセルなどを開発、利用する。

(ハ) JEMの利用に備えて多様な実験機会を数多く確保するため、有人での実験が可能な米国のスペースシャトルなどについて、共同研究、実験装置の相互利用等の国際協力により積極的に利用する。

ロ. 宇宙環境利用手段の先行的研究開発

HOPE、無人プラットフォーム等のより高度な宇宙環境利用手段について、自在性の確保の観点から、先行的な研究開発を進めておく。

② 宇宙ステーション運用開始後

それまでの技術の蓄積と広範かつ多様な利用研究の経験をもとに、JEMを中核として我が国における宇宙環境利用の一層の高度化を図る。

イ. JEM

JEMを最大限活用するため、合金、半導体、タンパク質、生物等の分野毎に具体的な研究目標を定め、計画的、体系的な利用研究を進める。

また、JEM曝露部は、宇宙ステーションで唯一、常時宇宙に開かれた

利用空間であり、流体现象や燃焼現象の解明、宇宙での大型建造物の構築、理工学の研究等のための基盤的・先端的な技術開発のため、我が国の創造的な活動や国際協力の場として有効に利用する。

ロ. 無人宇宙環境利用手段

安全性、実験環境等の制約によりJEMでは実施が困難な宇宙環境利用の要望については、HOPE、無人プラットフォーム等を用いて実施することが望ましい。

ハ. 地上実験

JEMでの実験の予備的研究を実施するとともに、JEMで実施した実験の成果を継承、発展させるための研究を推進する。

③ 宇宙ステーション計画以降

宇宙環境利用の需要が専門分野に分化、高度化、多様化するため、その手段には実用化に向けた本格的な機能が要求される。これに対応するため、以下のシステムを最適に組み合わせて研究開発を進めることが期待される。

イ. 大電力・大容積を必要とする実験、生産等が完全自動、低コストで恒常的に可能な本格的無人プラットフォーム

ロ. 人間による適切な判断、臨機応変な対応等が可能という有人の利点と良質な微小重力環境などの無人の利点を合わせ持つ有人支援型プラットフォーム

ハ. 国際協力プロジェクトの選択肢の一つとして可能性のある次世代有人宇宙ステーション

④ 推進環境整備

イ. 利用研究の拡大方策

研究者・利用者への技術的支援、知識の提供等を行うため、専門家の育成並びに組織の育成及び充実を図る。また、宇宙環境利用の実験研究成果のデータベース化及び研究機関間の情報ネットワークの整備を進める。

ロ. 国際協力の推進

JEMを含む日本の宇宙環境利用手段については、海外の利用者、特にアジア・太平洋諸国の利用者に対して開放することを積極的に検討するとともに、これらの国々の需要を踏まえた実験研究活動を実施していく。

ハ. 宇宙環境利用計画の策定

当面の宇宙環境利用については、研究分野毎に具体的な研究目標を定め、これを計画的、体系的に進めるとともに、JEMを中核とし、多様な実験手段、地上研究等を含む総合的な推進方策を定めるため、宇宙開発委員会において宇宙環境利用計画を策定する。

(2) 太陽エネルギー利用

当面、宇宙活動におけるエネルギー需要の増大に応えるために太陽エネルギーの利用の高度化を進め、長期的には地球のエネルギー問題の解決に寄与できる可能性も考慮しながら、以下のような研究開発を進める。

① 太陽エネルギー利用システムの成立可能性の確認

国立試験研究機関などにおいて、マイクロ波送電技術などの要素技術を中心に基礎的・先行的研究を推進する。また、要素技術の組合せによる部分システムの宇宙実証は、国際協力も視野に入れつつ、小型ロケット、JEM、小型衛星等を利用することを検討する。

② 機能実証実験

2020年代には要素技術開発の成果を踏まえ、プラットフォームなどへのエネルギー伝送、月面での太陽エネルギー利用等に関する実証実験を進める。また、宇宙から地上への太陽エネルギー伝送技術の実証実験に関しては、技術面、経済面（合理的コストによる実現可能性など）、環境面（電離層、生態系への長期的な影響等）からの十分な評価・検討を行った上で実施する。

1.6 有人宇宙活動（表4参照）

(1) 有人技術の開発

当分の間、宇宙先進国との国際協力による宇宙ステーションとその中のJEMの運用を通じて、有人活動の経験を積み、その後の展開に備える。

① 宇宙ステーションの運用開始まで

米国やロシア等の有人宇宙活動の先進国との国際協力や共同研究を推進しつつ、宇宙ステーションへの参加に備え、我が国としての有人宇宙活動に必要な基盤技術の修得、開発に努める。

② 宇宙ステーションの運用段階

1. JEMの運用、利用及び地上での研究開発活動を通じて、次のような研究活動を計画的、段階的に充実、拡充し、21世紀に低中高度軌道、月面等での有人宇宙活動に適用できる技術基盤の育成を図る。

(イ) 宇宙飛行士の選抜・訓練・健康管理技術、有人宇宙輸送にかかわる技術、放射線対策・スペースデブリ対策技術、生命維持技術等の基本的な有人技術の研究開発。

(ロ) ロボットを活用した有人活動支援技術、地上研究者が宇宙での活動に参加するためのテレサイエンス技術等我が国の独自性が発揮できる分野の重点的な研究開発。

(ハ) 将来人間が宇宙空間で生活していくための基盤となる閉鎖生態系の研究開発、無重力の宇宙空間での長期滞在が生体に及ぼす影響及びその対策としての人工重力等の基礎的研究。

ロ. 宇宙ステーションの運用が十分安定した段階に達した後に、文化、芸術、人文科学等の分野の専門家あるいは教師、主婦等の一般人のJEMへの搭乗の可能性についても検討する。

③ 宇宙ステーション計画以降

1. 無人技術の高度化・成熟化及びJEMなどを利用した有人技術の蓄積・進展を踏まえ、有人・無人技術を融合した有人支援型プラットフォームなどを用いて有人宇宙活動の展開を図る。

ロ. 国際的な有人宇宙活動としては、以下のような展開の可能性があり、これらについて、我が国としては、それまでに開発、蓄積した有人技術と高度な無人技術により、企画、構想段階から具体的提案を行うなど積極的に貢献する。

(イ) 低中高度軌道上のより快適かつ安全な長期宇宙滞在、宇宙環境利用の本格的な実用化等の実現を目指した次世代有人宇宙ステーション

(ロ) 月面特有の環境下での長期滞在、探査、天文観測、実験・研究等の活動の実現を目指した有人月面システム

④ 21世紀半ばころ

今後の大きな技術革新によって、宇宙旅行など経済的な有人宇宙活動が一般化する可能性もある。このため、低コストで人体への負担の小さな宇宙輸送手段や特別な訓練なしで宇宙環境に適応できる宇宙滞在システムの構築など、一般人でも宇宙に行けるようにすることを目指し、関係国との協力を進めながら、息長く先行的研究を進めていく。

(2) 体制整備等

有人宇宙活動の推進に当たっては、人間の宇宙への適応性に関する研究、宇宙生理学の研究等人間にかかわる科学的研究への取組みが必要不可欠である。宇宙ステーションへの参加を控え、このような宇宙医学などの研究を効果的に推進するための体制及び施設・設備の整備、さらには専門的知識・技能を有する人材の育成を図っていく。

第2章 主要な宇宙インフラストラクチャーシステムの開発・運用の進め方

(表5、図1、2、3参照)

2.1 輸送系

(1) 無人輸送システム

無人輸送システムは、宇宙活動を支える基本的なシステムであるため、その輸送コストの低減は宇宙活動全体の発展に大きな効果をもたらすものである。また、多様な宇宙活動の実現のためには地球と宇宙の間での往還輸送システムの実現が鍵となる。将来、宇宙活動を低コストで広範に展開するためには、技術の発展性を考慮し、また、需要の拡大に応じて、順次、以下のような輸送システムの研究開発を進めていくことが必要である。

① H-Ⅱ発展型ロケット

H-Ⅱロケットについては、その大きな技術的発展性を活かし、まず高度化開発を進め、その成果を的確に反映しながら、21世紀に向けて多様な需要に応えられる柔軟性のある輸送手段としてH-Ⅱ発展型ロケットの研究開発を行っていく。

具体的には、

- ・ H O P E までの間の J E M に必要な物資の輸送
- ・ 効率性を目的とした大型衛星の複数打上げ
- ・ 宇宙往還技術試験機 (H O P E 試験機) を改修した実証機 (後述) の打上げ
- ・ J E M に必要な物資の往還輸送等を行う H O P E の打上げ
- ・ 宇宙科学分野の大型衛星・探査機の打上げ
- ・ 無人月探査のための大型探査機の打上げ
- ・ 宇宙環境利用分野における無人プラットフォーム及び有人支援型プラットフォームの打上げ

等の将来において予想される需要に対応していくため、国際的な適合性にも留意して、2000年ころに、低軌道に20トン(静止軌道に4トン)程度の打上げ能力を持つことを目指してH-Ⅱ発展型ロケットの研究開発を進めていく。

② 無人有翼往還機 (H O P E)

宇宙ステーションへの物資の輸送・回収、宇宙環境利用実験・観測、軌道上作業(無人プラットフォームの機器の修理・交換、燃料補給、衛星の修理・回収等)等の往還輸送の需要の拡大に対応するため、2000年代半ばころの実用化を目指してH O P E の研究開発を進めていく。

このため、今世紀中を目途にH O P E 試験機を打ち上げて基本技術の確立を目指す。また、ランデブー・ドッキング技術、宇宙ロボット技術等H O P E に必要な技術については、H O P E 試験機の計画と並行して技術試験衛星などにおいて開発する技術を最大限に活用し、研究開発を進めていく。

H O P E の実用化開発については、H O P E 試験機の成果を基に宇宙開発委員会において技術面及び政策面からの十分な評価・検討を行った上で着手する。この研究開発を着実かつ円滑に進めるため、H O P E 試験機を改修した実証機により飛行実験を行うことを考慮する。

③ 無人完全再使用型輸送機

輸送コストの格段の低減を目指し、宇宙環境の保全にも有効な宇宙輸送システムを実現することは、今後の宇宙活動を大きく発展させるために不可欠である。このため、H-Ⅱ発展型ロケットとH O P E の技術開発成果を踏まえ、2010年代の実現を目途に、革新的な設計思想を採り入れた完全再使用型輸送機の研究開発を進め、2010年ころには実験機の飛行を行うことを目標とする。このためには、再使用型の信頼性の高いエンジン、軽量・高強度の機体等の数多くの技術分野での大きな技術革新が必要であり、長期的見地から先行的、創造的な研究の積上げが必要である。

④ 無人軌道間宇宙輸送機

無人軌道間宇宙輸送機は、地球観測・地球科学や通信、放送及び測位分野の静止プラットフォームでの機器の交換などに必要となる再使用可能な輸送機である。これは、その需要が増大するとみられる2010年代おわりころに、運用が期待される。このような輸送機は国際的に共用されることが適切であり、国際共同開発または相互適合性を考慮した分担開発によって実現することが適当である。

(2) 有人輸送システム

当面の我が国の有人計画の中核となるJ E M への宇宙飛行士の輸送は、米国のスペースシャトルを利用する。その後は、スペースシャトル後の新しい有人輸送システムの開発の動向を踏まえながら、これに適切に対処できるよう無人輸送技術と有人技術の着実な育成と蓄積に努めていく。

ただし、将来の国際的な有人輸送システムの開発・運用の動向によっては、

H O P E の有人往還機への技術的發展性を具体化することが望ましい状況になる可能性もあり、その点も念頭に置いて、H O P E の研究開発を進めていくことが望まれる。

また、2020年代には、国際共同開発により、水平離着陸能力などを有するスペースプレーン（宇宙航空機）の実験機の飛行を実現することを目標として、我が国としても基礎的・先行的研究を進めていく。このスペースプレーンなどの研究開発に当たっては、H-Ⅱロケットなどの利用を積極的に検討するなど効率的な開発を行う。スペースプレーンのように人間への負担が小さな有人輸送手段が実現すれば、一般の人々が特別な訓練を必要とせずに宇宙旅行ができるようになり、多くの人々の夢の実現に大きく近づくことになる。

2.2 拠点系

(1) 無人システム

軌道上での実験や観測といった宇宙活動をより効率的に行うためには、軌道上での機器の交換などが可能なプラットフォームが必要である。まず宇宙環境利用のための低中高度プラットフォームが、H O P E の支援を受けながら運用され、その後、プラットフォームの数の増加など軌道上作業の需要が増大すれば軌道上宇宙作業ロボットなどが必要となる。このプラットフォームは、通信・放送・測位、地球観測・地球科学等の分野で利用される静止軌道のプラットフォームへと発展していく。

以下に示すプラットフォーム、軌道上宇宙作業ロボット等については、我が国の技術によって開発・運用を進めることも考えられるが、各国共通に必要なとされるシステムであることから、国際的な共同開発や相互適合性を十分に考慮した研究開発を進めていくこととする。

① 低中高度プラットフォーム

低中高度プラットフォームは、

- ・ J E M などの有人システムでは実現が困難な宇宙環境利用実験の実施
- ・ 地球観測・地球科学分野における観測センサの多様化・大型化及び継続観測の効率化
- ・ 通信・放送・測位や宇宙科学の分野における通信機器及び観測機器の効率的実証

に有効である。

まず宇宙環境利用の効率的実験のため、おおむね2000年代初頭以降の運用を目指して研究開発を行う。

さらに、2010年ころには、宇宙環境利用の実用化に向けて、大電力が供給でき大規模な本格的無人プラットフォームが必要となろう。

② 軌道上宇宙作業ロボット等

低中高度軌道の衛星、プラットフォーム等を効率的に活用するためには、それらへの燃料補給、機器交換等の作業が必要である。これについて、当初はH O P E により対応することになるが、プラットフォームの数の増加によって作業の需要拡大が予想される2010年代には、軌道上宇宙作業ロボットなどを開発して低中高度軌道上に配備することにより、軌道上作業の高度化、コストの低減等を図る必要が生じると考えられる。

軌道上宇宙作業ロボットを実現するためには、宇宙ロボット、ランデブー・ドッキング、機器の組立・交換・修理などが行える構造のプラットフォームなどの基盤技術が必要である。これらはH O P E にも共通に適用できる技術であり、その開発を積極的に進める。

③ 静止プラットフォーム

静止軌道上に配置された衛星が使える電波の量には限りがあるため、例えば災害監視のように常時の観測が必要な地球観測・地球科学分野において、各種観測センサを相乗りさせてデータ回線を共同利用する必要がある。また、搭載機器が多様化・大型化の方向にある通信・放送・測位分野においては、大型アンテナなどを搭載する必要がある。将来のこのような多様な要求に対応できるよう、静止プラットフォームについて、2010年代おわりころの運用を目指して研究開発を進める。

(2) 有人システム

まず、国際協力の枠組みで進められる宇宙ステーション計画において有人宇宙技術を蓄積していくことを基本とし、その後も、積極的な国際協力を行いつつ関連する有人宇宙技術の開発と蓄積を進めていく。このため、以下に示す有人支援型プラットフォーム、次世代宇宙ステーション等の構想についても、国際協力を前提として積極的に対応していく。

① 宇宙ステーションの日本の実験棟（J E M）

J E M は、宇宙環境利用実験、各種宇宙実証等を長い期間にわたって継続的に実施できる場であるとともに、有人宇宙活動のための施設として我が国が本格的に取り組む初めての施設である。したがって、宇宙ステーション計画の成功に向けて、引き続き関係国間の調整・協議に積極的に対応する。J E M の運用開始は2000年ころに予定されており、その利用は我が国が、有人技術を取得する重要なステップと位置付けられる。

② 有人支援型プラットフォーム

無人プラットフォームの利点に加えて、人間が適時介在できるという利点を合わせもつ有人支援型プラットフォームは、

- ・実験試料の交換や装置の調整が必要な宇宙環境利用実験
 - ・人間による調整が有効な地球観測センサなどの実証実験
- などに有効である。

まず上記のうち宇宙環境利用の需要に対応するため、2010年代半ばころを目途に国際的視野に立って研究開発を進める。

③ 次世代宇宙ステーション

現在計画中の宇宙ステーションの運用終了後にも、その成果などを踏まえ低中高度軌道上の有人活動の継続、拡大を図る観点から、選択肢のひとつとして次世代宇宙ステーションの開発が国際的に進められる可能性がある。この場合は早い段階から国際的な協議を進めることが重要であり、我が国としても具体的な構想が提案できるよう対処していくとともに、より大きな役割が果たせるよう技術の開発と蓄積に努力していく。

(3) 無人及び有人の月面システム

力学的・電磁氣的に静かな環境、大型建造物の建設が可能などの月面環境の特長を活かし、月面において太陽系の起源・進化の解明のための高精度な天文観測を行うなど広範囲な宇宙活動の拠点として月面を利用できる可能性がある。

このような月面利用について、合理的な開発コストで実現することを目指して、国際協力の下で段階的に進めていく。

まず無人月面探査の段階を終え、無人観測・探査システムの試験的・実験的展開を行う無人月面観測・実験システムの段階、そして、人間による機器の保守などによる天文観測及び月探査の高度化を実現するための有人月面システム（月面天文台を含む）の段階へ移行することを目標とする。

2.3 支援系

(1) データ中継追跡衛星（DRTS）システム

宇宙活動の発展に伴い、2000年過ぎには、

- ・地球観測・地球科学分野における大容量の観測データの伝送及びグローバル
- ・実時間観測の実施
- ・JEMの運用・利用に伴う軌道上実験データの大容量化への対応及び地上からの実験支援
- ・宇宙科学分野における低中高度軌道衛星からの観測データの随時取得
- ・HOPEなどの常時追跡管制
- ・軌道上宇宙作業ロボット等の実時間の遠隔操作
- ・大型プラットフォームでの通信機器の交換

等を可能とするような通信ネットワークとして、低中高度軌道上の衛星などと地上との間の双方向データ通信を中継する機能が必要となる。

このため、低中高度軌道上の衛星などが我が国からみて地球の裏側にあっても通信が確保できるようにするため、DRTSシステムの研究開発を進めていく必要がある。このDRTSシステムについては、静止軌道上に2機配置した形でのシステム実証を行う必要がある。

また、将来的には、月での探査などの活動を支援するため、月周回軌道にデータ中継追跡衛星を打ち上げる必要もでてこよう。

(2) 自動化・自律化された追跡管制システム

効率的な追跡管制を行うという観点から、追跡管制システムの一層の高度化を目指し、その自動化・自律化のための研究開発を着実に進めていく。

(3) 情報ネットワーク

2000年ころ以降には、宇宙科学分野における取得データを保管・分配するための情報流通システムの確立並びに地球観測・地球科学等のための国内及び国際的な情報ネットワークの構築が必要である。

このため、国内の開発機関と利用機関との連携・協力、国際的な関係機関間の役割分担等を行いつつ、これらの情報ネットワークの開発・運用に配慮していく必要がある。

表1 我が国の地球観測・地球科学分野の研究開発の展望

	1995	2000	2010	2020~
低中高度軌道衛星による地球観測	<u>長期的・継続的な観測による地球観測システムの構築</u>			<u>観測センサの高性能化</u> <u>観測頻度の向上</u> <u>継続的観測</u>
静止衛星による常時地球観測	<u>気象衛星による観測</u> <u>継続的観測</u>	<u>低中高度軌道衛星と連携した地球観測運用</u> (気象を含む)		
地上システム	<u>基幹情報ネットワーク構築による</u> <u>準実時間伝送</u>		<u>利用者までの情報ネットワーク接続</u> <u>による実時間伝送</u>	<u>地球環境モデル化</u> <u>地球環境予測</u>
		<u>物理量抽出技術の確立</u>		

表2 我が国の宇宙科学分野及び月探査の展望

	1995	2000	2010	2020~
太陽系科学	地球周辺、惑星間空間等の科学探査	月内部・火星・金星・小天体等の初期の網羅的探査	新たな探査技術による探査領域の拡大	木星以遠惑星の本格的な科学探査
スペース天文学	様々な波長域の本格的な天文観測衛星の展開 初期の網羅的観測をほぼ達成	静止軌道・太陽周回軌道での大型天文観測衛星	無人月面観測・実験システム (天文観測)	大型天文観測衛星と月面天文台との組合せ
月探査		月周回衛星による月面観測 月面移動探査機の着陸と探査 月面からの土壌試料の採取	無人月面観測・実験システム (月利用実験等)	月面システム(無人・有人)

分野	1995	2000	2010	2020～
宇宙環境利用		宇宙ステーションの利用 低中高度無人プラットフォーム	有人支援型プラットフォーム	次世代宇宙ステーション
太陽エネルギー利用		部分システムの宇宙実証の実施(JEM、小型衛星等を活用)	宇宙での太陽エネルギー利用の高度化 (月面での利用、軌道上衛星への供給等)	
宇宙有人活動の展開		宇宙ステーションを中心とした技術開発、蓄積	有人・無人技術の融合した 宇宙技術の開発・蓄積	国際的な有人活動の構築への貢献

表 4 我が国の宇宙環境利用分野及び有人宇宙活動の展望

	1995	2000	2010	2020～
宇宙環境利用		宇宙ステーションの利用 低中高度無人プラットフォーム	有人支援型プラットフォーム	次世代宇宙ステーション
太陽エネルギー利用		部分システムの宇宙実証の実施(JEM、小型衛星等を活用)	宇宙での太陽エネルギー利用の高度化 (月面での利用、軌道上衛星への供給等)	
宇宙有人活動の展開		宇宙ステーションを中心とした技術開発、蓄積	有人・無人技術の融合した 宇宙技術の開発・蓄積	国際的な有人活動の構築への貢献

表5 宇宙インフラストラクチャーの開発・整備の展望

	1995	2000	2010	2020~
輸送系		<u>M-Vロケット</u> <u>J-Iロケット</u> <u>H-IIロケット</u>	<u>H-II発展型ロケット</u> 宇宙往還技術試験機 <u>H O P E</u>	<u>無人完全再使用型輸送機</u> <u>無人軌道間宇宙輸送機</u> 有人輸送システム (有人H O P E) (ス ^h -ス ^p レーン)
拠点系		<u>宇宙ステーションJEM</u>	<u>低中高度無人プラットフォーム</u> <u>軌道上宇宙作業ロボット</u>	<u>静止無人プラットフォーム</u> <u>有人支援型プラットフォーム</u> (次世代宇宙ステーション) (無人月面観測・実験システム)
支援系		<u>自動化・自律化された追跡管制システム</u> <u>データ中継追跡衛星システム</u> <u>射場(射点整備含む)</u>	<u>着陸場</u>	<u>(月周回データ中継追跡衛星システム)</u> <u>ス^h-ス^pレ^hリ監視システム及び宇宙放射線環境予報システム</u>

	1990年代	2000年代	2010年代	2020年代
技術	打ち上げコスト削減 衛星搭載機種の多様化 衛星寿命の延長	打ち上げコストのさらなる削減 衛星搭載機種のさらなる多様化 衛星寿命のさらなる延長	打ち上げコストのさらなる削減 衛星搭載機種のさらなる多様化 衛星寿命のさらなる延長	打ち上げコストのさらなる削減 衛星搭載機種のさらなる多様化 衛星寿命のさらなる延長
衛星	衛星搭載機種の多様化 衛星寿命の延長	衛星搭載機種のさらなる多様化 衛星寿命のさらなる延長	衛星搭載機種のさらなる多様化 衛星寿命のさらなる延長	衛星搭載機種のさらなる多様化 衛星寿命のさらなる延長
運用	打ち上げコスト削減 衛星搭載機種の多様化 衛星寿命の延長	打ち上げコストのさらなる削減 衛星搭載機種のさらなる多様化 衛星寿命のさらなる延長	打ち上げコストのさらなる削減 衛星搭載機種のさらなる多様化 衛星寿命のさらなる延長	打ち上げコストのさらなる削減 衛星搭載機種のさらなる多様化 衛星寿命のさらなる延長

表2 衛星インフラストラクチャーの展開 - 衛星の運用

177

地球圏宇宙

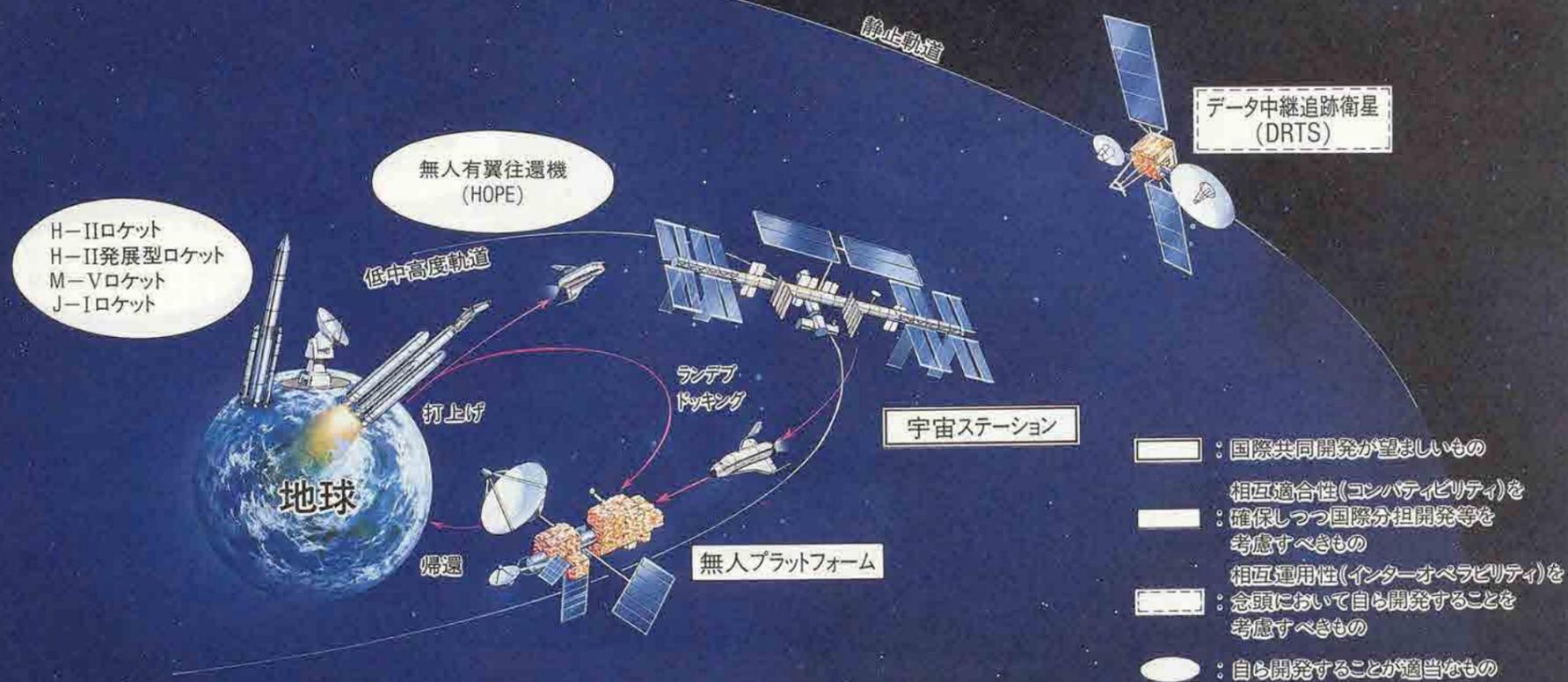


図1 宇宙インフラストラクチャーの展開のイメージ(10年後頃まで)



地球圏宇宙

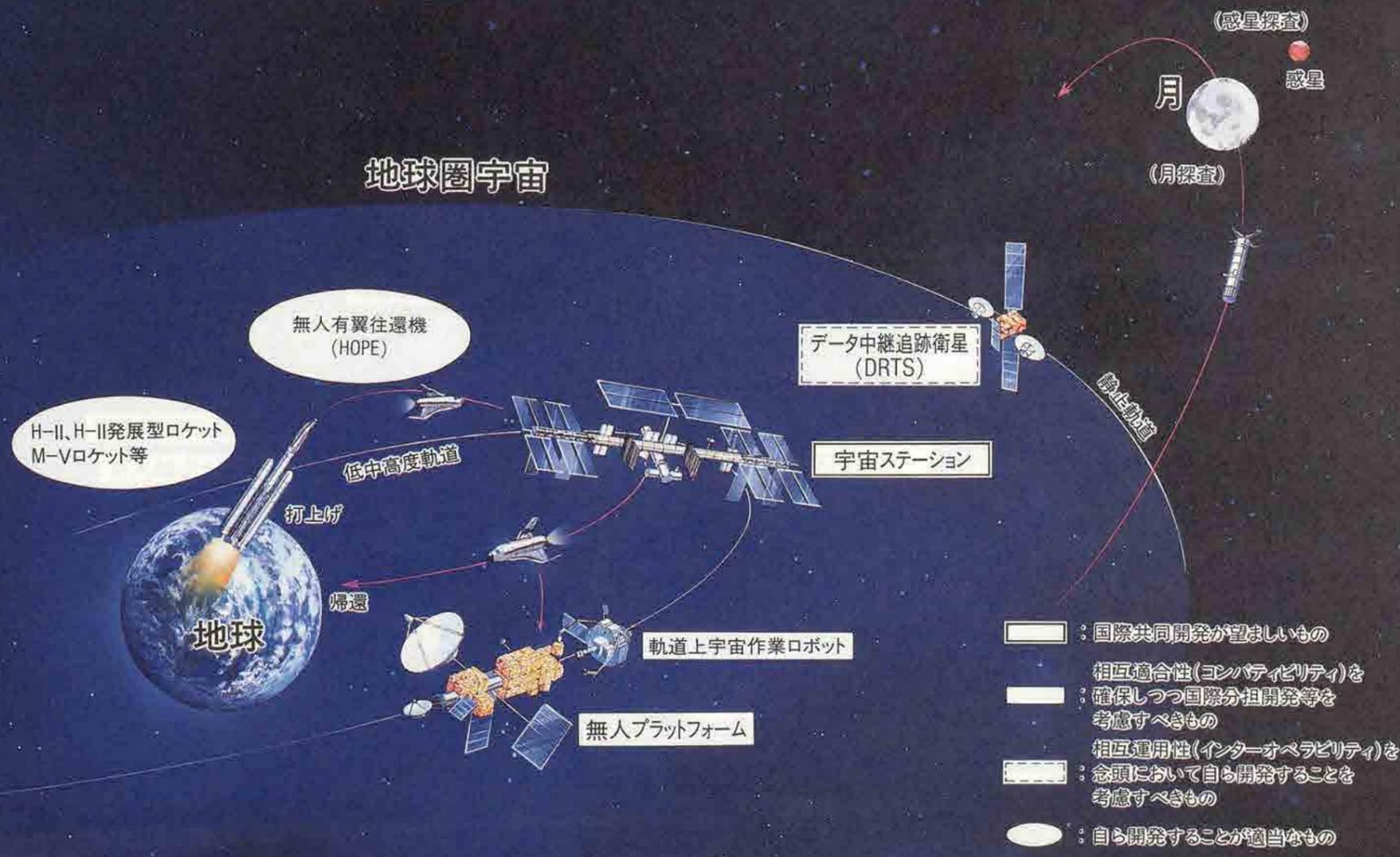


図2 宇宙インフラストラクチャーの展開のイメージ(15年後頃まで)

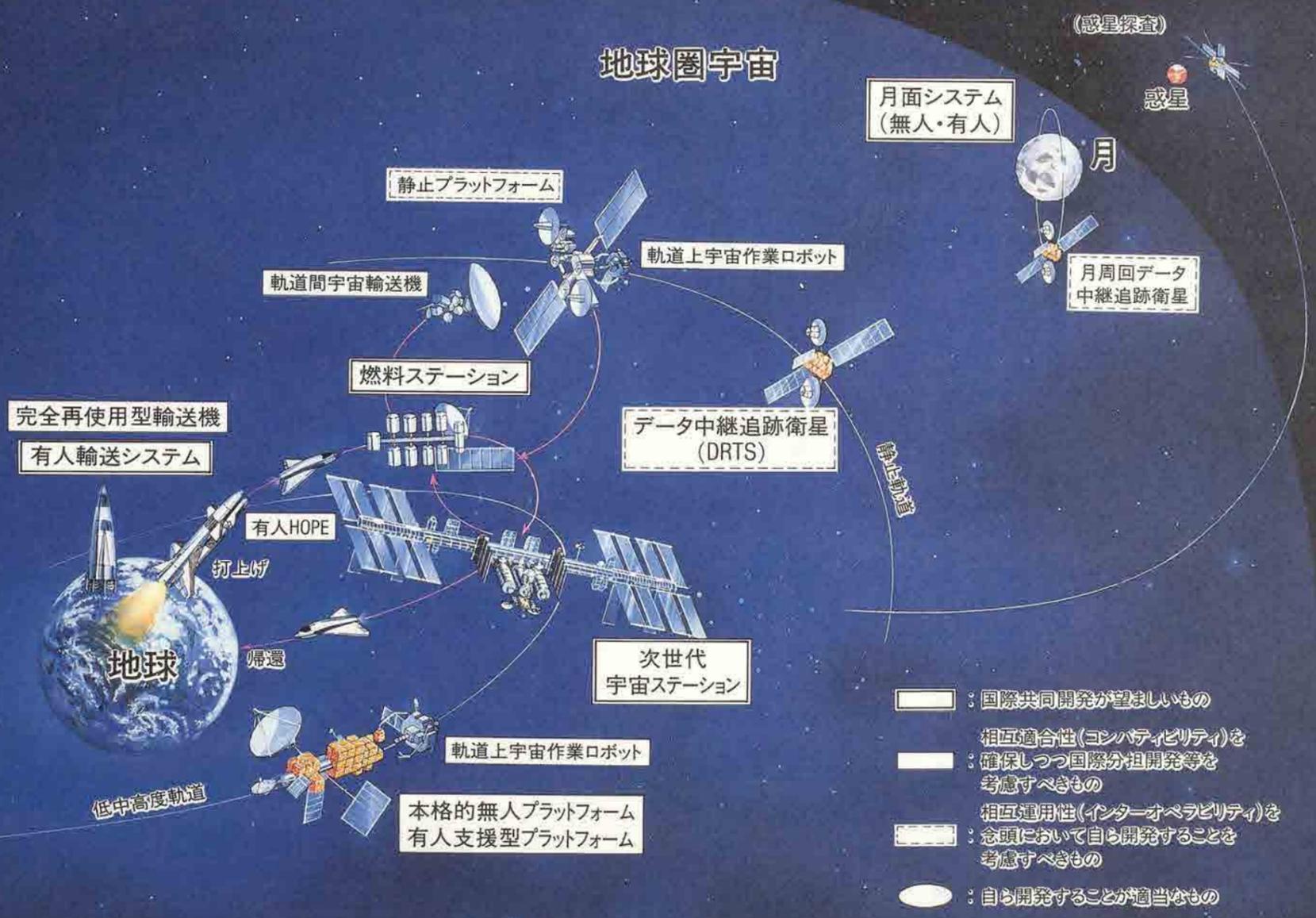


図3 宇宙インフラストラクチャーの展開のイメージ(30年後頃まで)

長期ビジョン懇談会の設置について

平成5年10月20日
宇宙開発委員会決定

1. 趣旨

内外における宇宙の開発及び利用の進展、我が国の宇宙開発活動の展開に対する要請等を踏まえるとともに、次期宇宙開発政策大綱の策定に資することを目的として、21世紀を見通した長期的な視野にたち、今後の我が国の宇宙開発の長期ビジョンについて、幅広く審議を行う長期ビジョン懇談会（以下「懇談会」という）を設置する。

2. 調査審議事項

- (1) 21世紀を見通した我が国の宇宙開発の長期的な展望
- (2) 内外の宇宙の開発及び利用の現状と長期的な動向
- (3) その他の重要事項

3. 構成員

別紙のとおり

4. その他

その他懇談会の運営に必要な事項は、懇談会で定める。

(別紙)

長期ビジョン懇談会構成員

座長	野村 民也	宇宙開発委員会委員
	内田 勇夫	〃
	田島 敏弘	〃
	山口 開生	〃
	相川 賢太郎	三菱重工業(株)社長
	秋葉 鏡二郎	文部省宇宙科学研究所所長
	秋山 豊寛	東京放送(株)国際ニュースセンター長
	有馬 朗人	理化学研究所理事長
	石井 威望	慶応義塾大学環境情報学部教授
	市川 惇信	前国立環境研究所長(第2回まで)
	市原 博	国際電信電話(株)社長
	稲葉 興作	(社)経済団体連合会宇宙開発推進会議会長
	猪口 邦子	上智大学法学部教授
	今井 通子	医師
	落合 誠一	東京大学法学部教授
	川口 幹夫	日本放送協会会長
	小林 繁夫	東京大学名誉教授
	今野 由梨	(株)生活科学研究所所長
	斎藤 成文	元宇宙開発委員会委員
	坂田 俊文	東海大学情報技術センター所長
	里中 満智子	漫画家
	佐和 隆光	京都大学経済研究所教授
	関本 忠弘	日本電気(株)社長
	高原 須美子	経済評論家
	武田 峻	前運輸省航空事故調査委員会委員長
	武部 俊一	朝日新聞社論説委員
	中村 政雄	読売新聞社論説委員
	西垣 昭	海外経済協力基金総裁
	宮崎 弘道	第一勧業銀行(株)顧問
	村上 陽一郎	東京大学先端科学技術研究センター所長
	毛利 衛	宇宙開発事業団有人宇宙活動推進室長
	山野 正登	宇宙開発事業団理事長

長期ビジョン懇談会の開催経緯

1. 第1回 (平成5年11月24日(水))
 - (1) 宇宙開発の現状と今後の方向
 - (2) 現行宇宙開発政策大綱の概要とその達成状況
 - (3) 今後の審議の進め方
 - (4) その他
2. 第2回 (平成6年2月9日(水))
 - (1) 宇宙開発の意義、理念、目標等
 - (2) 宇宙開発の推進の基本的考え方
 - (3) 国際協力のあり方(対先進国、対開発途上国)
 - (4) その他
3. 第3回 (平成6年5月31日(火))
 - (1) 各分科会報告について
 - (2) 長期ビジョン懇談会報告書の骨格について
 - (3) その他
4. 第4回 (平成6年6月13日(月))
 - (1) 長期ビジョン懇談会報告書(案)について
 - (2) その他
5. 第5回 (平成6年6月24日(金))
 - (1) 長期ビジョン懇談会報告書のとりまとめ

分科会の設置について

平成5年11月24日
長期ビジョン懇談会

1. 趣旨

長期ビジョン懇談会（以下「懇談会」という。）における審議に資するため、それぞれの分野について、専門的見地から、必要な事項について調査審議を行う分科会を設置する。

2. 調査審議分野

(1) 第1分科会

通信・放送、科学及び地球観測の分野

(2) 第2分科会

宇宙環境利用、有人宇宙活動等の宇宙空間の利用の分野

(3) 第3分科会

宇宙インフラストラクチャー、宇宙開発利用のための環境整備等の分野

3. 構成員

別紙のとおりとする。

4. その他

(1) その他分科会の運営に必要な事項は、それぞれの分科会で定める。

(2) 各分科会は、その調査審議状況及び調査審議結果を懇談会に報告することとする。

(別紙)

第1分科会構成員

相原 宏徳	三菱商事(株)取締役宇宙航空機本部長
◎ 秋葉 鎌二郎	文部省宇宙科学研究所長
泉 武博	日本放送協会放送技術研究所長
太田 亨	国際電信電話(株)取締役
小野 和日児	建設省国土地理院長
海部 宣男	文部省国立天文台教授
○ 坂田 俊文	東海大学情報技術センター所長
島山 博明	日本電気(株)取締役無線事業本部長
清水 雅彦	慶応義塾大学経済学部教授
住 明正	東京大学気候システム研究センター教授
武部 俊一	朝日新聞社論説委員
田崎 公郎	日本電信電話(株)取締役長距離通信事業本部長
谷口 一郎	三菱電機(株)取締役電子システム事業本部副本部長
鶴田 浩一郎	文部省宇宙科学研究所教授
鳥羽 良明	東北大学名誉教授
中富 信夫	宇宙工学アナリスト
藤原 一絵	横浜国立大学環境科学研究センター教授
前田 佐和子	京都造形芸術大学教授
松井 隆	宇宙開発事業団副理事長
吉村 和幸	郵政省通信総合研究所長

◎：主査 ○：主査代理

第2分科会構成員

- | | |
|---------|------------------------------|
| 秋山 豊寛 | 東京放送(株)国際ニュースセンター長 |
| 石澤 禎弘 | 宇宙開発事業団理事 |
| 伊藤 献一 | 北海道大学工学部教授 |
| 今井 通子 | 医師 |
| 大慈彌省三 | 石川島播磨重工業(株)常務取締役航空宇宙事業本部長 |
| 太田 利彦 | 清水建設(株)常務取締役技術研究所長 |
| 川合 真紀 | 理化学研究所主任研究員 |
| 小出 五郎 | 日本放送協会解説委員 |
| ◎ 小林 繁夫 | 東京大学名誉教授 |
| 今野 由梨 | (株)生活科学研究所所長 |
| 澤岡 昭 | 東京工業大学工業材料研究所長 |
| ○ 田邊 徹 | 東京大学工学部教授 |
| 津田 幸雄 | (株)プランニングマインド常務取締役 |
| 新田 慶治 | (財)環境科学技術研究所理事 |
| 二木 節夫 | 川崎重工業(株)常務取締役航空宇宙事業本部長 |
| 松本 紘 | 京都大学超高層電波研究センター長 |
| 的川 泰宣 | 文部省宇宙科学研究所教授 |
| 宮崎 總一 | 東京都中学校理科教育研究会会長(葛飾区立常盤中学校校長) |
| 森田 雄平 | 不二製油(株)中央研究所長 |
| 谷島 一嘉 | 日本大学医学部教授 |
| 渡辺 悟 | 名古屋大学環境医学研究所教授 |

◎ : 主査 ○ : 主査代理

第3分科会構成員

- | | |
|---------|--------------------------|
| 猪口 邦子 | 上智大学法学部教授 |
| 餌取 章男 | 三田出版(株)専務取締役 |
| 狼 嘉彰 | 東京工業大学工学部教授 |
| 落合 誠一 | 東京大学法学部教授 |
| 久保田弘敏 | 東京大学工学部教授 |
| 五代 富文 | 宇宙開発事業団理事 |
| 佐々木実智男 | 前(社)経済団体連合会参事 |
| 里中 満智子 | 漫画家 |
| 篠原 昭雄 | 日産自動車(株)取締役宇宙航空事業部長 |
| 下村 尚久 | (株)東芝取締役電波通信システム事業本部長 |
| 瀬尾 征男 | 東京海上火災保険(株)取締役航空保険部長 |
| ◎ 武田 峻 | 前運輸省航空事故調査委員会委員長 |
| 鳥井 弘之 | 日本経済新聞社論説委員 |
| 野本 陽代 | 科学技術作家 |
| 原田 佑介 | 日本開発銀行理事 |
| 日根野 穰 | 三菱重工業(株)常務取締役航空機・特車事業本部長 |
| ○ 松尾 弘毅 | 文部省宇宙科学研究所教授 |
| 和地 英磨 | ロケットシステム(株)専務取締役 |

◎ : 主査 ○ : 主査代理

分科会開催経緯

○ 第1分科会

- 第1回 平成5年12月21日(火)
- 第2回 平成6年1月20日(木)
- 第3回 平成6年2月15日(火)
- 第4回 平成6年3月17日(木)
- 第5回 平成6年4月19日(火)
- 第6回 平成6年5月10日(火)

○ 第2分科会

- 第1回 平成5年12月17日(金)
- 第2回 平成6年2月3日(木)
- 第3回 平成6年2月24日(木)
- 第4回 平成6年3月24日(木)
- 第5回 平成6年4月15日(金)
- 第6回 平成6年5月24日(火)

○ 第3分科会

- 第1回 平成5年12月9日(木)
- 第2回 平成6年2月8日(火)
- 第3回 平成6年3月14日(月)
- 第4回 平成6年4月26日(火)
- 第5回 平成6年5月19日(木)

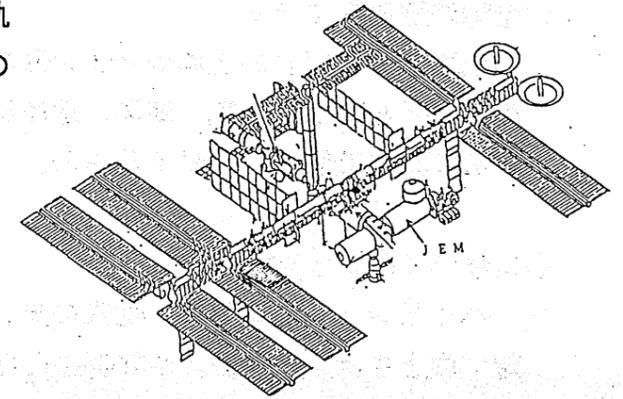
参考

宇宙開発関連用語の解説

(はじめに)

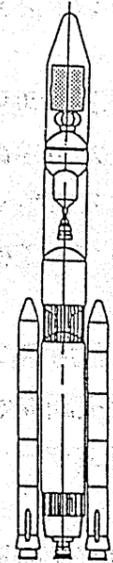
○宇宙ステーション

日本、米国、欧州、カナダ、ロシアが共同で開発している宇宙空間に浮かぶ軌道上研究所。人間が乗って材料や生物の実験を行う。



○H^{エイチ ツー}-IIロケット

静止軌道(赤道上空約3万6千km)に約2トンの衛星を打ち上げることができる我が国の大型ロケット。



(第1部 総論)

(第2章 宇宙開発に取り組む我が国の基本姿勢と基本方針)

○宇宙インフラストラクチャー

様々な宇宙活動を効率的に進めていくために共通に使われる施設や設備。衛星を打ち上げるロケットなどの輸送システム、宇宙ステーションなどの拠点、及びロケットの射場など宇宙活動を地上から支援するシステムがある。

(第3章 世界の宇宙開発の将来展望)

○地球圏宇宙

人類の様々な活動の拠点を築いていく場として、地球に対する情報や資源提供の重要な拠点となるものであり、地球上での活動と密接不可分な活動を行っている宇宙空間。現状では地上約3万6千kmの静止軌道までを含み、今後は更に遠方へ拡大することが考えられる。

○全地球観測システム

地球全体の気温の上昇やオゾン層の破壊などの仕組みや原因を明かにするために衛星を使って大気、海洋、地表などを観測したり、災害を最小限に抑えるために衛星で監視したりするもの。

○立体ハイビジョン放送

ハイビジョン放送とは、従来のテレビ放送に比べて画像のきめの細かさを大幅に向上させ、画像をより鮮明にした放送で、現在、放送衛星による放送が行われている。立体ハイビジョン放送とは、画像が立体的に見える更に高度なハイビジョン放送。

○宇宙環境利用

重力が極めて小さい、真空度が極めて高いなどの宇宙空間に特有の環境を利用して材料や生物その他の実験などを行うこと。将来的には、宇宙空間の特長を利用して機能の優れた物資を生産することも考えられる。

○次世代宇宙ステーション

現在開発が進められている宇宙ステーションの後継として考えられる将来の宇宙ステーション。

○低中高度軌道

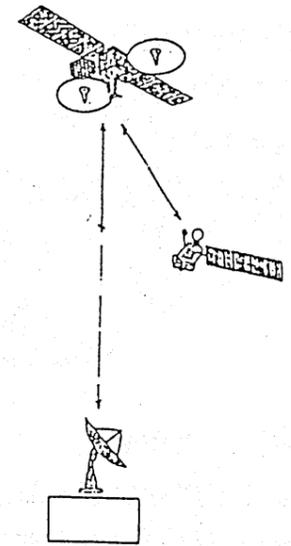
地上からの高度約3百～1千5百kmにあって、衛星が地球を周回する軌道。この軌道にある衛星は、1日に地球を十数周する。

○静止軌道

赤道の上空約3万6千kmの高度にあって、衛星が地球を周回する軌道。静止軌道にある衛星を静止衛星といい、地球の自転と同じ速度で周回するので地上からは静止して見える。

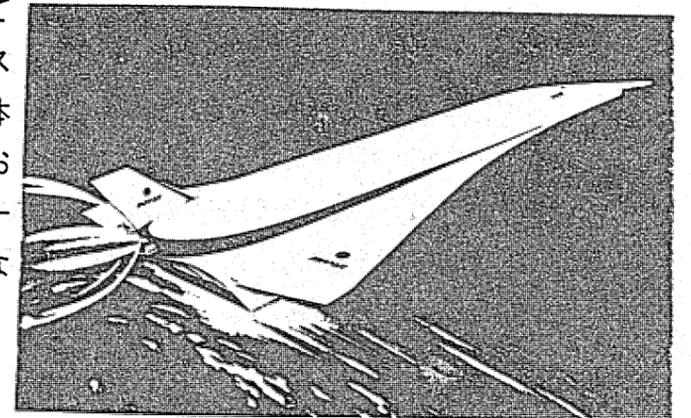
○データ中継追跡衛星(DRTS ; Data Relay and Tracking Satellite)システム

低中高度軌道の衛星と地上局(衛星の追跡管制や衛星からのデータの受信等を行う)とのデータのやりとりを中継する静止衛星。これにより低中高度軌道の衛星が地上局に対して地球の裏側にある時でもデータのやりとりが可能となる。



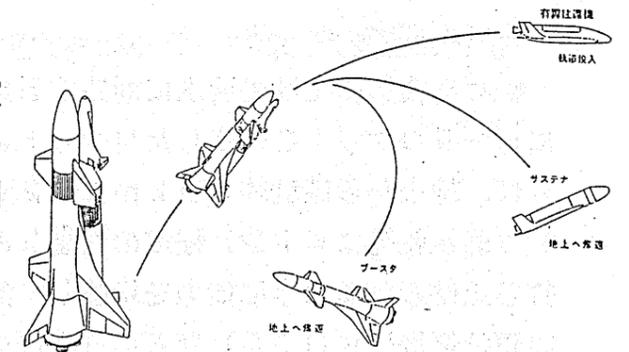
○有人宇宙航空機

航空機のような機体の宇宙輸送機。全ての部分の再使用が可能。大幅に打上げコストを下げることで、打上げの時にかかる人体への負担を軽減することなどを目指しており、これが実現すれば、訓練を受けない一般人でも宇宙へ飛行することが可能となる。



○無人完全再使用型輸送機

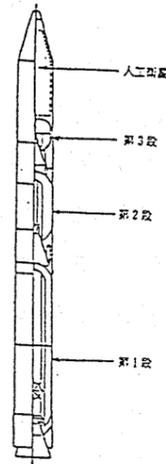
H-IIロケットなどとは異なり、エンジンや機体の全てを何回も使用することによって効率性、経済性を高め、また、宇宙空間に機体などを廃棄しないため宇宙環境の保全にも適した無人の衛星打上げ機。一例として、地上から垂直に打ち上げられるロケット型のものが考えられている。



(第4章 我が国が目指すべき宇宙開発の目標と開発の進め方)

ミューファイブ
○M-Vロケット

現在我が国で開発中の宇宙科学のためのロケット。低高度軌道(地上から高度約2百~3百km)に約1.8トンの衛星を打ち上げることができる。

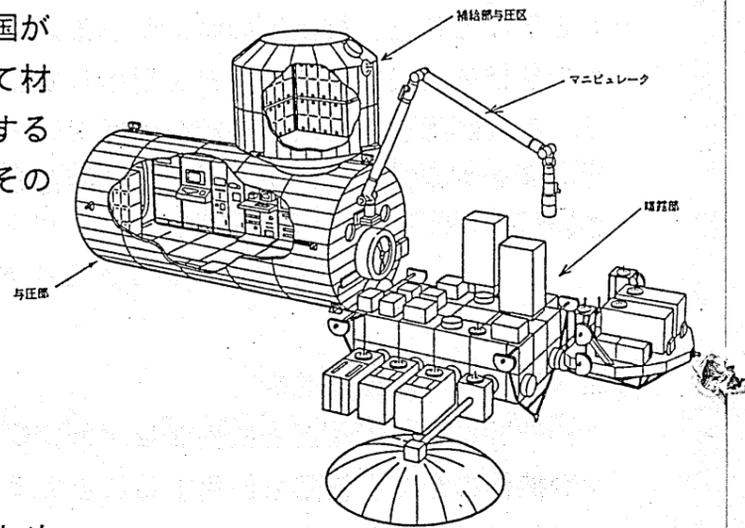


○小型、中型、大型衛星

明確な基準はないが、軌道にかかわらず大まかな目安として、重量が0.5トン程度以下の衛星を小型衛星、0.5~2トン程度を中型衛星、2トン程度以上を大型衛星という。

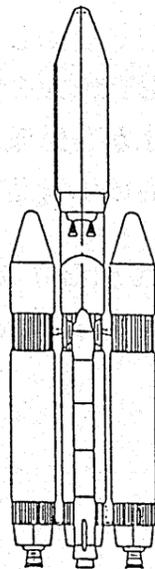
ジェム
○JEM (Japanese Experiment Module; 宇宙ステーションの日本の実験棟)

宇宙ステーションの1部として我が国が開発を分担している施設。人間が乗って材料や生物の実験を行う所や衛星に搭載する機器などを宇宙空間に曝して実証試験その他を行う所などからなる。



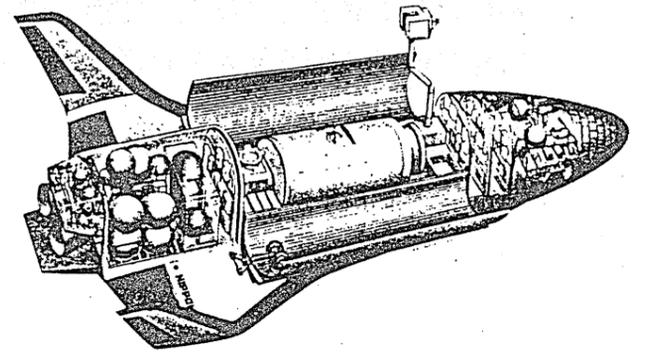
○H-II発展型ロケット

様々な衛星打ち上げの要求に対応するためにH-IIロケットを改良したロケット。例えば、地上から高度約3百kmに約20トン(静止軌道に4トン)程度の衛星などを打ち上げられるように能力を増強し、無人有翼往還機(HOPE)などの打ち上げに使用される。



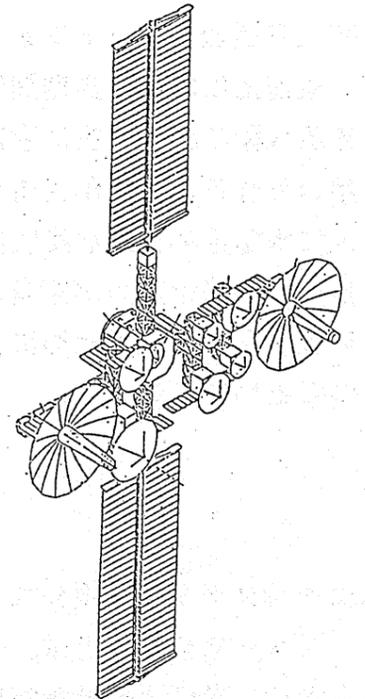
○無人有翼往還機 (HOPE; H-II Orbiting Plane)

H-II発展型ロケットで宇宙に打ち上げられ、その後地球に帰る無人機。機体に翼を持ち、航空機のように地上に水平に着陸するもので何度も使用できる。宇宙ステーションなどへの物資の輸送や回収、プラットフォームの機器の交換や修理などに使われる。



○無人プラットフォーム

軌道上において長期間にわたって利用できる大型で無人の施設。衛星に比べて多くの機器、あるいは大きな機器が搭載でき、これらの機器は軌道上宇宙作業ロボットを用いると修理や交換ができる。

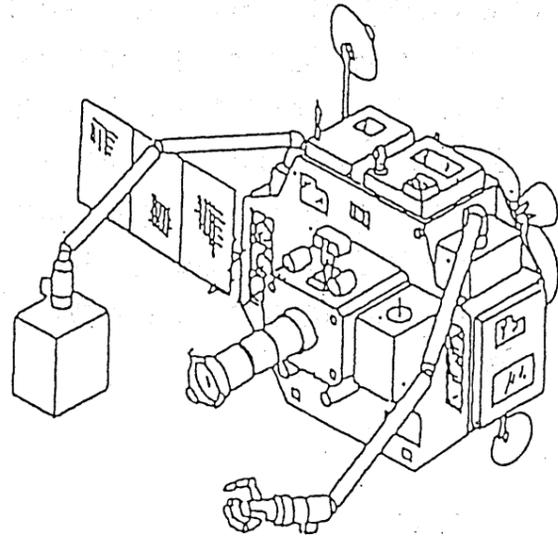


○回収カプセル

宇宙空間に打ち上げられて宇宙環境利用実験などを行った後、大気圏に再突入し陸上又は海上で回収される衛星。

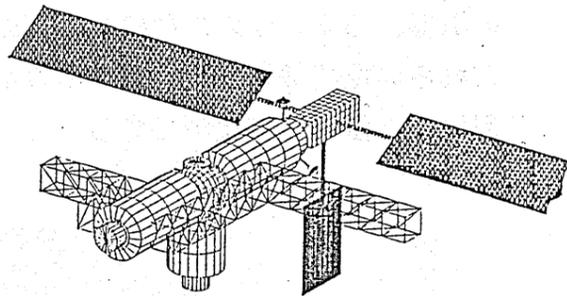
○軌道上宇宙作業ロボット

プラットフォームに搭載されている機器等に対して軌道上で修理・交換、燃料の補給等の作業を行う無人のロボット作業機。



○有人支援型プラットフォーム

軌道上において長期間にわたって利用できる大型の施設で主に宇宙環境利用実験に用いられる。人間が適時介在できるので、人によるきめ細かな実験操作ができ、一方、無人の期間は重力が非常に小さいという宇宙環境利用実験のためにより良い状態を保つことができる。



○スペースデブリ監視システム

スペースデブリとは、宇宙空間に存在する不要な人工の物体のことでロケット機体、寿命の尽きた衛星、それらの破片などの宇宙ゴミのこと。現在数百万個存在していると推定されており、年々増加傾向にある。衛星などに衝突し機能障害の原因となったり、特に有人活動においては搭乗員に傷害を与える可能性がある。スペースデブリの観測には、レーダーなどを用いるシステムがある。

○放射線環境予報システム

宇宙空間においては、太陽を主な発生源とする高エネルギー粒子、X線、太陽風や銀河系から飛来する宇宙線などの放射線が降り注いでいる。この宇宙放射線は、衛星の搭載機器の劣化、誤動作の原因となり、また、有人宇宙活動において人体へ影響を及ぼす恐れがある。現在、天文台や衛星により観測されている。