

J A X A 長期ビジョンから抜粋

第2章 長期ビジョンーから抜粋

(2) 知の創造と活動領域の拡大への貢献 ～ 国民の希望と未来への貢献 ～

- 世界に先駆けて、多様な波長域の宇宙観測と独自の手法による太陽系探査を実施し、宇宙・物質・空間の起源の追究と宇宙の惑星と生命の探査を行うことで、我が国を宇宙科学のトップサイエンスセンターにする。
- 月を探査し、我が国の活動領域の拡大と、国の競争力の源泉としての技術開発力の維持、強化を図るため、月面拠点の構築と利用のための技術確立する。
- さらに将来において、月や地球重力圏界（ラグランジュ点）を太陽系に広がる人類活動のための新しい場として活用する「深宇宙港構想」の実現をめざす。
- こうした未知のフロンティアへ挑戦することにより、若い世代が奮起し、科学技術への関心が高まることを通して、将来の人材の育成に貢献する。

知的創造と活動領域の拡大は、未知のフロンティアへの挑戦として位置づけられ、この取組みによって、国際的な存在感を発揮し、誇れる日本であり続けるとともに、将来の経済的利益の確保や次世代人材の育成に資することが期待される。このために、独自の科学技術、独自の文化、国益を意識した宇宙科学、宇宙探査、活動領域の拡大のための新たな開発利用を推進することが肝要である。

宇宙科学の目的は、宇宙において、宇宙・物質・地球・生命の起源と歴史を知るとともに、どのようにして地球の様に生命が生まれ持続する環境が作られたかを解明し、さらに、宇宙という極限環境ではじめて探ることのできる科学の基本法則を明らかにすることである。

そのために、太陽系探査と宇宙観測を中心に、創造性豊かな科学活動を世界に先駆けて実施し、国内のみならず海外を含めた大学・研究機関との協力による広がりのもとで、我が国を宇宙科学のトップサイエンスセンターに押し上げることをめざす。これにより、20年後頃までに、宇宙での最初

の星やブラックホールを探索し、宇宙の生い立ちを探るとともに、太陽系外の惑星における生命存在の可能性の観測を行う。さらに、木星型惑星を含む太陽系探査により太陽系の生い立ちを調べる。

月の探査では、月の科学的知見の獲得や最先端の探査技術を確立することに加え、将来の月の利用可能性を精査した上で、月面拠点の構築とその利用活動への展開をめざす。

また、20年後頃には実現しているであろう国際有人月面拠点の開発計画においては、それまでに戦略的に培ってきた技術を有効活用することで我が国の主体性を確保しつつ、応分の国際的役割を担うことをめざす。

さらに将来において、地球と太陽の重力の影響が釣り合う安定な場所であるなどの理由から長期滞在に有利な「ラグランジュ点」や「月面」を、太陽系から深宇宙に広がる人類活動のための拠点として、宇宙観測、太陽系探査、宇宙開発利用を展開していく『深宇宙港構想』の実現をめざす。

第3章 ビジョンの実現—から抜粋

3. 知の創造と活動領域の拡大に向けて

宇宙は人類の知的欲求の根源であるとともに、21世紀の様々な知的挑戦を展開するまたとない舞台である。人類は、宇宙、太陽系、生命の起源を知りたいという人類共通の欲求に支えられ、数多くの探査機を太陽系内に送り、様々な望遠鏡を宇宙へと送り込んできた。こうしたミッションは多くの知見をもたらしたが、新たに生み出された謎も多い。こうした挑戦を通じて、宇宙は世代をこえ、青少年がめざし続ける夢の実現の場となってきたといえる。

陸から海へ、そして空へと生存圏を拡大してきた人類にとって、広大な宇宙は第四の生存圏ともいえる新たな発展の舞台である。21世紀の世界的課題である人類社会の持続的発展を追求し、人類の生存基盤である地球社会全体の脆弱さとそこで生活を営む人類のことを考えるとき、その生存基盤を宇宙に求めることはきわめて自然な道筋である。その際、宇宙というフロンティアにおいて、活動領域を拡大していく道筋は「発見から探査、探査から開発、そして利用」という段階を経る。

なかでも、我々にとって最も身近な天体である「月」は、太陽系探査の対象として位置づけられるばかりでなく、将来の利用に向けた活動を進める段階に来ている。「地球の周回軌道」が最先端のフロンティアから、開発や利用の対象に変わりつつあるように、「月」も探査対象から、その先の開発と利用を見すえた技術戦略を考える段階にきている。月へ向けた国際動向のなかで、我が国が月の探査を通して月及び月以遠の宇宙探査技術を獲得していくことは、我が国の活動領域を拡大するとともに、国の競争力の源泉としての技術開発力を牽引することとなる。

ここでは、宇宙観測と太陽系探査のビジョン実現のための方策と、月の探査と利用のビジョン実現に向けた方策を以下に示す。

(1) 宇宙観測・太陽系探査

【背景と目的】

これまで我が国の宇宙科学探査は、1970年以降26機もの科学衛星を打ち上げ、科学ミッションの先端的技術要求に応える工学技術に支えられ

て、地球上層大気から宇宙の果てに至る様々な領域で新しい成果をあげ、エックス線（X線）天文観測、磁気圏観測などの分野で国際的に重要な地位を築いた。

ここ数年のうちに、我が国はX線天文学（ASTRO-E II）、赤外線天文学（ASTRO-F）、太陽科学（SOLAR-B）の3分野で世界一の天文台たりうる宇宙観測衛星を手にする。そして、電気推進技術を実現した探査機「はやぶさ」は小惑星「Itokawa」から表面物質を地球に持ち帰り、また、月周回衛星（SELENE）が、かつてないレベルで月を精査する。さらに、数年後には、金星の不思議な"気象"の解明をめざすミッション（PLANET-C探査機）や、欧州との全面協力による水星探査ミッション（BepiColombo探査機）が実現する。

21世紀、我々は「宇宙と物質・空間の起源」、そして「宇宙における生命の可能性」という二つの根源的な課題を持つ。JAXAは、こうした課題に挑戦し、「宇宙時代」における「知の創造」への貢献を行うために宇宙科学の発展に取り組む。

宇宙観測と太陽系探査とによって、先の宇宙科学の根源的な二つの課題の解明をめざす。さらに、これらの課題の基礎となるものとして、宇宙の構造と歴史全体を具体的に明らかにし、宇宙において地球のような生命を育む環境がどのようにして成立したかを解明する。

【ビジョン実現にむけた方向性】

○ 国際競争と国際協力による発展

宇宙科学は国際競争と国際協力により発展する。学問の問題意識と動向、世界的な観測・探査計画を踏まえたうえで、我が国が国際的に優位性をもち、先陣をきることができる宇宙観測・太陽系探査ミッションをすばやく立上げ、着実に遂行すると同時に、国際協力による科学ミッションに、我が国が独自の技術と経験をもって積極的に貢献することが肝要となる。

科学の発展は、多くの研究者の優れた発想と連携に基づいて長期的に進む。これまで、我が国は、自主的な探査・観測戦略に基づき、欧米先進国との相補的かつ協調性のある宇宙科学を展開し、国際的に優位性をもち探査・観測を行ってきた。今後は、より一層幅広いコミュニティとの議論のもと、国内外の大学や研究機関との連携によって新しく独創的なミッションを迅

速に実現していく。

○ トップサイエンスに不可欠な先端的な技術開発への挑戦

宇宙観測及び太陽系探査の成果をより高いものとしていくために、小型衛星による短期開発、高頻度打上げによる挑戦的なミッションや、外国計画への多様で意欲的な国際協力、さらには、JAXAの総力をあげ、世界の軌道上天文台として多くの研究者の求心力となるような大型ミッションの実現をめざす。

世界でのトップサイエンスは、先端的な技術開発への挑戦によりはじめて切り開くことができる。このため、宇宙航行技術、ロボット技術、小型化技術等、JAXAが世界でリーダーシップを取れる分野でミッションを構築し、これら未踏の領域・未知への挑戦が生み出す新しい宇宙技術の発展及び普及を進める。高度な宇宙技術は多岐にわたる技術領域の進歩を礎として成り立つものであり、これらへの着実な取組みは我が国の技術力ならびに産業競争力の向上をもたらす。

【目標とロードマップ】

○ 10年後頃までに、以下のようなミッションを実現する。

- 軌道上望遠鏡を全波長域に展開し、多様な手法で、銀河やブラックホールを観測することによって宇宙の姿を探り、宇宙の構造と歴史全体を明らかにするとともに、物質の十倍もある正体不明のダークマターの謎を解明する。また、太陽系外の大型惑星の直接観測を行う。そのために、地球低周回軌道上や、重力環境や熱環境等が優れたラグランジュ点で、国際的に優位性をもつ宇宙観測のための軌道上望遠鏡ミッションを実現する。
- 月、金星、水星の探査を進めることにより、太陽系、特に地球型惑星の今の姿を探る。また、先進的な深宇宙推進技術等による次世代の惑星間宇宙航行技術ミッションを実現するとともに、木星型惑星の探査の準備を行う。

○ これにより、その後の10年間において、

- 宇宙での最初の星や最初のブラックホールの観測を行うミッション、

重力波を検出するようなミッションを実現することで宇宙の生い立ちの謎に迫る。また、太陽系外の地球型惑星の直接観測を実現し、生命の兆候を探索する。そのために編隊飛行技術、編隊観測技術により、地球周回軌道上やラグランジュ点に編隊飛行望遠鏡、干渉型高解像度望遠鏡、重力波望遠鏡等を展開する。

- 実現された次世代の惑星間宇宙航行技術、月探査を通じて獲得した惑星への着陸や惑星表面での移動のための技術を活用することで、木星型惑星や未踏の小惑星の探査を中心に、太陽・惑星環境の多点観測や惑星内部探査、金星気球、火星大気圏での飛行機による惑星探査等を実施し、太陽系の生い立ちの謎に迫る。

○ さらに20年以降の将来では、

- 暗黒エネルギーの正体や、その存在理由を知るための新しい概念の宇宙観測ミッションが実現され、宇宙と物質・空間の起源、すなわち宇宙の正体を解明するために、素粒子論や宇宙論を統合したような新しい理解の時代が到来している。また、太陽系外の地球型惑星に「生命存在の証拠」が見い出されている可能性が高い。
- 宇宙での科学観測が地上での科学観測を凌駕する時代となり、電磁波以外の観測手段も登場する。これらを実現する手段として、月や地球重力圏（ラグランジュ点）を太陽系に広がる人類活動のための新しい場として活用する「深宇宙港構想」の実現をめざす。
- また、太陽系全体に活動領域を広げた将来においては、「片道の宇宙探査」から「往復の宇宙利用」へと転換が図られることになるであろう。これは、現在のように全てのリソースを地球上から運搬する「片道の宇宙探査」だけではなく、組立・保守、補給機能などを有する“中継点”を、月やラグランジュ点に国際共同で展開して、必要なリソース補給や物資積み替えなどを行うことで、より効率的な「往復の宇宙利用」が実現される。有人火星探査や、月・小惑星の定常的な利用も「往復の宇宙利用」の姿の一つとなる。

（２）月の探査と利用

【背景と目的】

我が国は、月探査に関しては従来より月探査技術の取得を進めており、地球に最も近い天体である月への探査を、地球外天体へ人類の活動領域を拡大する第一歩と位置づけ、月がどのようなものであり、どのように利用できるかを知るため、１９９８年に世界に先駆けて月面の詳細観測を行う月周回衛星（ＳＥＬＥＮＥ）計画に着手した。

国際的に月の本格的な探査が行われようとしている状況において、これまで培ってきた実績と技術を活かし、月を探査し、利用の可能性を探っていくことは、我が国にとって以下のような大きな意味を持つ。

- 人類のフロンティア拡大への貢献
フロンティアの拡大は、人類に新たな知見、技術、生存圏の獲得をもたらす。地球周回軌道につづく次なるフロンティアは月あるいは月以遠と目されており、月の探査と利用への展開に向けた取組みは、月のみならず、将来の太陽系探査にも活用できうるものとなる。
- 先端技術への挑戦による国際的地位の確保
月探査において先端技術に挑戦し成果を上げることが、科学技術創造立国を掲げる我が国の国際社会における地位の確保に不可欠である。これにより、産業界の技術力の強化を図るとともに、次世代の新しい宇宙利用や発展の可能性を広げることとなる。
- 月の起源・進化の解明と応用
月は地球型惑星のもつ内部成層構造、惑星の原材料物質、初期進化の過程、衝突クレータなどに代表される惑星の表層進化年代や惑星地質などを知るうえで最適な天体であり、太陽系探査の一部となる。これらの科学的知見は月の利用可能性を探査するうえでの先導的役割を担う。

【世界の動向】

２００３年、米国が新宇宙探査ビジョンを発表し、その中で理念として、宇宙開発の究極の目的は人類が持続的に宇宙空間に進出していくことであると宣言した。この政策では、人類のフロンティア拡大を中心に据えてお

り、火星に人が行くために月探査を通じて、宇宙輸送技術、有人宇宙技術、ロボット技術など、今後の宇宙活動の中核をなすキーとなる先端技術開発を加速し、かつ将来の宇宙資源権も含めた産業競争力の強化を図ることも目的としている。

E S A・中国・インド等も、月探査計画を有している。各国は米国の計画に重大な関心を寄せるとともに、多くの国々は米国との連携や協力を模索している。したがって、当面、世界の月探査分野の計画は、これらの政策や計画を中心に推移する可能性が高く、特に、世界の宇宙開発投資の8割を占める米国の今後の政策動向の影響は無視できないであろう。

また、米国は各国へ協力を呼びかけているが、一方で各国の提案の中から必要とする技術を選択する形をとろうとしており、月探査分野は米国を軸とする国際協調の場であると同時に、今後の国際競争の場としても捉えることができる。

【ビジョン実現に向けた方向性】

○ 月の科学と利用可能性調査の推進

我が国は月周回衛星（S E L E N E）により、月面の高精度全球マッピングを行い、地殻の物質分布や地殻構造の決定や、月深部物資の露出箇所、特定物質の濃集箇所や特徴的な地形などの把握に資するデータを世界に先駆けて取得する。その成果をもとに、着陸探査機・移動探査ロボットなどによる表面探査・調査の段階に進む。また、諸外国の月探査ミッションとの相互支援・協力も展開する。

○ 将来の宇宙探査や新たな宇宙利用に向けた先端技術開発への挑戦

月探査においては、約2週間毎に昼夜が変化すること、及び永久影地帯が存在することから、宇宙機の夜間及び影地域におけるエネルギー供給が重要となる。また、資源探査・科学探査のため、最適な地点に高精度に着陸したり、移動したりして、試料の採取・分析を行う技術が不可欠である。

そのため、我が国が高い技術を有するロボティクス、ナノ・マイクロマシン等を活用した探査機、エネルギー供給技術、大容量通信技術などの先端技術開発に取り組み、月面での惑星・天文観測などをはじめ、高度かつ多様な月探査・利用を展開するとともに、将来の太陽系探査にも順次応用す

る。

これらの先端技術開発を通して、将来のエネルギー危機に対応する宇宙太陽光利用など新たな利用の創出について、実現の可能性を追求する。

○ 有人月面拠点への準備

我が国は、これまで国際宇宙ステーション計画（ＩＳＳ計画）に参画して有人宇宙技術を効果的・効率的に蓄積してきている。将来、ＩＳＳ計画が終了した後は、その主たる活動の場は「地球周回軌道」から「月」に移行している可能性がある。その場合に備え、将来の「国際有人月面拠点」を、これまで培ってきた有人宇宙活動能力を最大限発揮し、継承・発展させていく場として捉えて、段階的かつ戦略的に、月面における有人支援技術を蓄積していく。

なお、２０１５年以降、国際有人月面拠点へ向けての、本格的な技術開発及び施設建設等を行うことについては、それまでに得られる月の利用可能性、及び技術の成熟度を評価の上、国の判断を仰ぐものとする。

○ 世界との相互補完的な関係の構築

JAXAは、月探査を「人類のフロンティア拡大への第一歩」と意義づけ、月周回衛星（SELENE）計画を開始した。我々は、この意義に照らし、米国の「宇宙開発の究極の目的は人類が持続的に宇宙空間に進出していくこと」との理念に共感する。そのため、我々は、世界各国と相互補完的な関係を構築し、効果的・効率的に宇宙に進出することをめざす。

【目標とロードマップ】

○ １０年後頃までに、以下の先端技術開発を行う。

- 月周回衛星（SELENE）計画などの既存の月探査計画の実現により、月面の地形、地質、重力場など着陸地点の選定に必要な月面詳細地図を世界に先駆けて取得する。なお、SELENEデータは、NASAが計画している月周回衛星（LRO）データを補完するものであることから、両者の協力関係の構築により、様々な探査目的に最適な候補地をより効率的に選定することが可能となる。

- 月の探査を行い、月の利用の可能性を探ると同時に、月及び月以遠の太陽系探査のための表面着陸・移動、月面での惑星・天文観測等の技術を獲得する。JAXAはこれらの成果をもとに、月の本格的な利用活動への展開に向けた選択肢を提示する。
- 将来の月の利用や太陽系探査への展開を見据え、ロボティクス及び月や惑星等での資源の現地調達・有効利用などのための先端技術開発を行い、技術基盤を整備する。また、我が国の優位分野を活かした高性能センサや、月面への太陽エネルギー供給システムなどの国際協力ミッションを提案し、イニシアティブを発揮しつつ、積極的に貢献し、推進する。また、宇宙太陽光利用技術については、ISSや宇宙ステーション補給機(HTV)を利用し、キーとなる技術の獲得をめざす。

○ 20年後に向けては、

- 20年後頃には実現しているであろう国際有人長期滞在月面拠点の開発計画において、我が国の独自性と優位性を持つために、それまで戦略的に培ってきた技術を有効活用することで我が国の主体性を確保しつつ、科学技術創造立国としての応分の国際的貢献と役割を担うことをめざす。
- 生命維持技術及び太陽エネルギーを大規模に利用し得る発電・無線伝送技術など有人月面拠点での長期滞在を可能とするための技術開発を行う。