資料３－２

資料 38-4-2
科学技術・学術審議会
研究計画・評価分科会
宇宙開発利用部会
（第 38 回）H29.10.18

国際宇宙探査の在り方（案）
～新たな国際協調体制に向けて～

宇宙の広大さから見れば、探査はまだ緒についたばかりであり、今後長い将来にわたり人類が地球から宇宙へ一歩ずつ足を進めていくのは明らかである。国際宇宙ステーション（ISS）の安定した運用が 19 年に及ぶ今、さらに遠くを目指す有人探査について、各国において様々な検討がなされているものの、おおむね、月近傍、月、火星へ段階的に進めようとする大きな流れをみることができる。

ISS は、日米欧露加の各国が協力することによって、一国が取り組むよりも効果的・効率的に大きな挑戦を進めてきた、国際協力の象徴である。しかし、近年、独自に宇宙ステーションの開発を行う中国や、インド等の新興国の探査への新規参入により、いわば群雄割拠の時代に移りつつあることは２年前の報告書でも指摘した。さらに昨今、先進国間の協調体制の将来も不透明さを増しつつある。

科学技術立国としての立場、安全保障、産業育成などとの関係に鑑み、我が国にとり国際協働により行われる有人を中心とした宇宙探査（国際宇宙探査）を行わないという選択肢はないであろう。これまで日本は、ISS 協力を含め実績を重ねてきたが、いったん遅れをとってしまえば将来取り返しのつかない差がついてしまう。では、我が国の国際宇宙探査は、どのように進めるべきか。

宇宙基本計画にあるように、まず我が国の国際宇宙探査の目標、進路、戦略を明確に示す必要がある。例えば、個々のプロジェクトは、日本の宇宙探査全体の中でどのような位置づけなのか、国民の理解を得るようにすべきである。今後の当面の方向は、上記の国際的な流れを踏まえて検討を進めるのが現実的であると思われるが、この報告書では国際的な流れにおける各ステップの意義、特に有人宇宙探査の意義について多角的に検討した。有人についてはとかく宇宙飛行士が脚光を浴びるが、むしろ有人宇宙飛行、滞在を可能ならしめる全体のシステム作りを通じて我が国の人材育成、科学技術の向上、将来への産業育成が図られるという認識を示した。

次に取り組み方である。宇宙探査に莫大な費用がかかることに鑑みれば、我が国としては、独自技術の獲得戦略も視野に入れつつ、可能な限り国際協調の中で進めていくのが得策である。ただし、もちろん国際協調のための国際協調ではなく、費用対効果、先端技術の共有という観点からこれが最も合理的だからである。国際協調の在り方としては、ISS の協力で培われた日米関係をはじめとした５極との関係を重視しつつ、その他の国も含む各国がその関心や能力に応じて参画できる開かれた体制を目指すべきであろう。その際、なにより重要なのは、我が国が独自の科学技術、経験を持ち、キーとなる役割を戦略的に担うことであ

る。このための努力が強化されるべきである。なお、先進各国は、民間との協力をひとつの柱として考えるようになっている。我が国としてもこの視座を持ち、官民協力について一層重視していくべきであろう。

上記のとおり、これまでいわば所与のものであった国際協調体制の見通しがはっきりしなくなっている。このような状況はもちろん挑戦ではあるが、同時に機会ともとらえられる。すなわち、新たな国際協調体制、規範作りが求められるこの分水嶺において、我が国が戦略を示しつつ、米国をはじめとする諸外国と、何が人類にとってもっとも望ましい道筋かを議論し、体制作りをしていくことにイニシアティブを発揮できる機会である。この重要な時期に我が国が明年、国際宇宙探査フォーラム（ISEF）を主催することは、格好の機会である。会議の前に我が国としての戦略を明確にし、新たな国際協調体制づくりに貢献すべきである。

１．目的

宇宙基本計画（平成 28 年４月１日閣議決定）は、宇宙探査について、「宇宙科学・探査及び有人宇宙活動は、人類の英知を結集して、知的資産を創出し、宇宙空間における活動領域を拡大するもの」としている。

宇宙探査には、ボトムアップを基本として行われる学術としての宇宙科学探査と、国家プロジェクトとしての国際宇宙探査（天体を対象にして国際協力によって推進される有人探査活動及び当該有人活動のために先行して行われる無人探査活動）があり、いずれも重要なものである。また、宇宙科学探査の知見は国際宇宙探査に活用されるとともに、国際宇宙探査の場で科学的な知見の獲得の可能性もあることから、両者の連携が重要である。これを踏まえつつ、宇宙基本計画工程表（平成２８年度改定）において、来年３月に我が国が主催する第２回国際宇宙探査フォーラム（ISEF2）までに、我が国としての国際宇宙探査の検討に向けた原則とすべき基本的な考え方を取りまとめることとされていることを受けて、ここでは国際宇宙探査の在り方をとりまとめることとする。

２．現状

国際宇宙ステーション(ISS)は、1984 年の米国による計画の提唱以来、2011 年の完成を経て現在まで、人類史上比類のない規模の平和目的の国際共同プログラムとして遂行されてきた。その運用については、少なくとも 2024 年までの延長が決定しているものの、その後を巡っては、ISS 参加国を始め世界各国に模索する動きがある。

（１）ISS への我が国の参画状況

我が国は、ISS に参画して ISS 船長１名を含む 11 名の宇宙飛行士を輩出し、「きぼう」日本実験棟を活用した各種の宇宙環境利用実験を推進している。さらに、「こうのとり(HTV)」による着実な物資補給により ISS の安定的運用・維持に大きく貢献し、ISS 参加各国より高い信頼を得ている。このことは国際社会における我が国のプレゼンス向上に大きく寄与している。また、我が国はアジア唯一の ISS 参加国として、アジアのゲートウェイとしての役割を担い、多くのアジア諸国との協力関係を構築している。

平成 27 年末には、日米は、ISS における両国の貢献から生み出された成果の最大化に向け新たな協力的パートナーシップを結んでおり、ISS 計画の発展、国際宇宙探査の先導的な役割を日米両国が果たすべく、取組の議論がなされている。

さらに、我が国は、少なくとも 2024 年までの ISS 運用に対して効率的な物

資補給による貢献を果たすとともに、将来の波及性ある技術を考慮した新たな宇宙機「HTV-X」の開発を平成28年度より着手している。

（２）2025年以降のISS延長や国際宇宙探査をめぐる各国の検討状況

- 米国は、ISS後の地球低軌道活動が途切れることなく且つ可能な限り早期に民間主体の活動となるよう、2025年以降のISS延長も念頭に更なる成果創出を目指すとともに、ISSへの物資や有人輸送を民間企業に委託している。無人による月探査ミッションについては、月周回無人探査を定期的に実施するとともに、将来の有人探査における現地資源利用の可能性を探るための月極域無人探査ミッションを検討中。
  有人探査については、トランプ政権の下、NASAが有人火星探査を目指す計画を検討する中で、国際協力により中継点「深宇宙探査ゲートウェイ(※)」を月近傍に構築する構想を持ち、この構想の実現に向けてロシアと協力することを共同声明にて発表した。また、本年10月に開催された第１回国家宇宙会議において、官民協力・国際連携により、月、火星他の深宇宙探査を進めていくこと、その際、火星や火星以遠の足がかりとして月への有人探査を行うことを表明した。

※深宇宙探査ゲートウェイ
　NASAが検討中の人の滞在が可能な月近傍中継拠点。電力・推進モジュール、居住モジュール、エアロック、ロボットアーム等の要をドッキングしてISSのような建造物を建設し、月を周回させる構想（軌道維持に要するエネルギーが小さく、地球との通信に有利な長楕円極軌道を想定）。この構想においてNASAは有人火星探査に向けたゲートウェイとしての活用を想定しているが、国際協力により月面探査等の多様な活用が可能としている。2020年頃から現在開発中の大型ロケット（SLS）によって電力・推進モジュールを打ち上げて建設を開始し、2020年代後半の完成を目標としている。

- 欧州は、ISSの2025年以降の延長可能性、ISS欧州実験棟での中国の実験利用や中国宇宙ステーションの利用を検討中。ESAが掲げるMoon Village構想において、有人月探査の可能性に言及し、将来の有人宇宙探査に資する研究プログラムや月基地模擬施設を用いた月探査模擬実験などを立ち上げている。無人による月・火星探査では、ロシアとの協力を進め、月南極探査ミッションにおいては、着陸センサやドリルの提供を行っている。本年５月、JAXAはESAと「月をはじめとする宇宙探査分野でミッション創出の検討」を行うことで合意した。

※Moon Village構想
　特定のプログラムやプロジェクトではなく、コンセプトとして、「様々な目的を持

つ様々な人々が、月面に集まり、個別の活動よりも大きな成果を目指すもの」と ESA ワーナー長官が提唱している。3D プリンティング技術により月面の土壌成分を使った基地を造り、深宇宙探査の拠点とすることを想定し、月の土壌から望遠鏡を作ることにも言及している。

- ロシアは、ISS 延長の意図も示唆し、米国と協議を開始している模様がある一方、ISS に新たなモジュールの追加が計画され、ロシアによる独立運用の可能性や中国ステーションとの協力の可能性を検討している。地球低軌道・月近傍向けの新型有人宇宙船を開発する中、月近傍有人拠点の建設のために大型輸送ロケットなどの開発着手を検討している。また、深宇宙探査ゲートウェイ構想の実現に向けて NASA と協力することを共同声明にて発表した。また、無人による月・火星探査では、欧州との協力を進め、2024 年までに月周回機、月極域着陸機、サンプルリターンミッションを計画している。
- カナダは、将来ミッションに向け、新たな宇宙飛行士候補２名を本年夏に選抜。本年中には新たな宇宙政策が発表される見込み。
- 中国は、既に国産ロケット「長征」と有人宇宙船「神舟」による有人宇宙補給船「天舟」などの有人宇宙輸送技術を確立し、無人宇宙実験室「天宮」とのドッキング実験を通じて、2020 年台には独自の宇宙ステーション計画を本格化させる計画であり、国連を通じて、各国に対しこの宇宙ステーションの利用を呼び掛け、欧州とは利用実験テーマの実施を検討している。2025 年以降の月面基地の構想や 2020 年頃から無人火星探査の計画もある。また、無人月探査については、2013 年に月面着陸に成功し、2018 年に月の裏側・南極エイトケン盆地への世界初の着陸を目指している。
- インドは、一時頓挫した有人軌道周回機の低軌道への打上げを 2020 年台には実現する計画を再開し、環境制御・生命維持システムや緊急脱出システムなどの有人技術開発に取り組んでいる。2014 年にアジアで初めて火星周回軌道への無人探査機の投入に成功。また、2018 年には無人月面探査によるサンプルリターンを計画している。
- アラブ首長国連邦（UAE）は、2020 年代初頭の有人宇宙飛行を目指して、2018 年に有人宇宙飛行プログラムを立ち上げる計画や、100 年後の火星移住計画を打ち出している。

このように、各国が人類の活動領域の拡大を目指した有人探査の計画を立て始めているという大きな流れがあり、多くの国の関心が月近傍や月に集まっている。

３．国際宇宙探査の意義の整理

（１）国際宇宙探査の定義

国際宇宙探査とは、天体を対象にして国際協力によって推進される有人宇宙探査活動及び当該有人探査のために先行して行われる無人探査活動を範囲とする。また、有人探査を意図した深宇宙の範囲は、低軌道以遠とする。

ただし、各国が上記以外の宇宙探査活動を国際宇宙探査と呼ぶことを否定するものではなく、国際的な文脈においては留意が必要である。

（２）国際宇宙探査に参画する意義

【外交・安全保障の観点】

世界の英知を結集した国際宇宙探査への参画により、協力国間の強固な関係の構築、宇宙空間利用における主導権や発言力の確保及び国際的プレゼンスの向上につながる。

また、世界情勢が不透明化・不安定化する中、国際宇宙探査という平和目的の協力が行われ、それに参画するということは、外交・安全保障の観点から大きな意義がある。

【科学技術の観点】

宇宙探査そのものに科学的・技術的意義があることは論を待たないが、ISSの例のように、国際協力で各国の技術と資金を持ち寄ることで、一国で取り組むより大規模な挑戦が可能となり、より大きな成果の獲得につながる。

【産業競争力強化やイノベーションの観点】

国際宇宙探査は、世界の英知を結集する協力の場であるとともに、各国の技術力の競争の場でもあり、宇宙産業はもちろん、非宇宙産業、高度な特殊技術を有する中小企業の参入も得て、材料・部品からシステム統合に至る研究開発を促進し、最先端の技術の獲得・実用化につながる。

また、今後の国際的な調整を通じて、国際協力による到達点が明確に示されることは、投資の予見を可能とし、宇宙産業基盤の維持・強化、国際競争力の強化、新たな製品・サービス等の創出によるイノベーションにつながる。

特に、重力天体の一つである月を目指す場合、宇宙産業が従来から蓄積してきた宇宙技術に加えて、月資源から生成される材料を用いた現地での物品製造など、種々の新たな技術が必要であり、異分野産業との融合によるイノベーションの創出やベンチャーをはじめとする新規事業者の参入、新たな産業の創出が期待される。

このような宇宙を基点とする科学技術イノベーションによって、環境エネ

ルギー、安全安心や医療・健康、などの地球規模課題の解決に貢献し、国連の持続的開発目標（SDGs）の達成に寄与するとともに、Society 5.0 といわれる新たな経済社会の構築への貢献が期待される。

（３）我が国が有人宇宙探査を行う意義

各国が有人宇宙探査に積極的に取り組み、人類の活動領域が拡大する中で、我が国がキーとなる役割を戦略的に担う形で有人宇宙探査に取り組むことは、国際協力の中で総合的な宇宙開発利用能力を背景とした発言力のあるパートナーとしての活動参入という意義があり、また将来にわたる有人活動における日本の自律性の獲得につながるものである。

有人宇宙探査への取組により、有人宇宙活動を可能とする全体のシステム作り等を通じ、以下のような直接的あるいは間接的な効果が期待される。

＜有人宇宙探査により直接的に期待される効果＞

✧ アポロ計画における地質学的に価値の高いサンプル採取や、ISS 実験の効率的な実施等を通じて実証されているように、宇宙飛行士がその場での判断能力に基づき、実際に目で見て自ら作業することにより、複雑な状況の全体を俯瞰した総合的かつタイムリーな判断や不測の事態への臨機応変の対応が可能となる。これは、適切な活動を可能とし、より質の高い価値の創出及び成果につながる。また、インスピレーションによる新たな発見が期待されるという側面もある。

✧ 有人宇宙探査に取り組める国が限定される中で、日本人宇宙飛行士やそれを支える科学者・技術者の活躍は、当事者本人の経験や感動が直接国民に伝えられることで国民の誇りや共感につながる。これにより、宇宙に対する関心・理解、科学に対する国民の関心が一層向上し、宇宙分野の次世代育成にも貢献する。また、国際的な巨大プログラムに参画可能な人材を育成する機会となる。

＜有人宇宙探査のための技術開発等を通じて期待される効果＞

✧ 宇宙空間での人の活動には、極めて高水準の安全性・信頼性をもつ技術が要求されるとともに、究極の省資源、自律的な健康管理・生命維持など閉鎖環境での長期滞在技術の開発を必要とする。これらは、先端技術産業にとって一層高水準の技術開発の動機付けとなるとともに、挑戦的な技術開発を通じた科学技術イノベーションを促進する。また、信頼性の高いシステムを作り上げる高度な技術やマネジメント力の獲得、資源小国・少子高齢化といった我が国が抱える課題解決に資する

環境浄化技術や省資源技術、健康医療技術への貢献等、地上での応用も期待される。

- ✧ 宇宙空間で人が活動するためには、１G 以下の重力や過酷な宇宙放射線など、地上で得ることが困難な環境が人体へ与える影響の解明や対策技術の開発を行うことが必要となるが、これらが骨粗しょう症や筋量減少対策、再生医療、放射線防護といった地上課題の解決にもつながる。
- ✧ 中長期的には、米国等で見られるように、有人を念頭に置いた民間による宇宙活動の促進、宇宙ベンチャーの創出など、新たな経済活動の創出も期待される。

（３）国際宇宙探査の目的地・中継拠点とその意義

国際宇宙探査の目的地・中継地点について、各国はそれぞれに月近傍、月、火星等を目指しているが、国際宇宙探査の目的地としての月・火星や、月近傍を中継拠点とする意義は、以下のように考えられる。

①目的地としての月の意義

月は地球に最も近い天体であるにもかかわらず、その起源は依然として未解決である。月の地殻物質や内部構造の調査により、月の成因の特定が進むとともに、原始惑星間の巨大衝突過程や、地球型惑星の初期進化過程の解明が期待される。また、極域の水氷や揮発成分の由来調査によって、太古の太陽系環境を知る手がかりとなり得る。

これまでの月周回探査機の観測により、月の極域には一定量の水氷が存在すると考えられており、前述の科学的意義に加えて、深宇宙探査機への燃料として活用し、より高い自在性と経済性をもって、人類の活動領域を月面やその以遠へ拡大できる可能性がある。また月極域の丘陵部には、高日照率域（半年以上の連続日照や 80%以上の日照率が得られ、エネルギー確保の観点から重要な領域）が存在する。これらのことから、宇宙探査を推進する各国が月極域に高い関心を有しており、月における知見や資源の重大な発見と合わせ、国際協力・競争の観点から重要となっている。

また、月は地球に最も近い天体であるため、輸送、通信の観点から利点があり、重力天体への着陸・帰還技術、惑星表面探査ロボット技術など、今後の太陽系探査に向けた技術獲得・実証の重要な場である。

②目的地としての火星の意義

火星においては、月探査により得られる知見を基礎として、地球型惑星の一

つである火星の形成過程についても調査し、地球と比較することにより、太陽系における地球型惑星の形成過程を全体として理解することができる。

また、惑星科学における重要な科学目標の一つとして、生命の存在条件に支配的な影響を及ぼす惑星表層環境の解明が挙げられる。これまでの探査機によるレーダ探査等により、火星には現在も大量の水が凍土として存在する可能性が示唆されており、太陽系の中で、地球以外に表面に水が存在したと考えられる唯一の惑星である。火星表層の環境を調査し、地球の表層環境との比較を行うことによって、天体の進化過程を把握し、生命の存在との関係性を理解することが期待される。

さらに、生命体探索、長期的有人滞在や資源利用の潜在的可能性を有する。

③月近傍を中継拠点とする意義

月、火星等様々な目的地に向けた中継拠点として国際協力により構築することで、少ない投資で最大の効果を得ることが期待される。

月面探査の場合、月面の過酷な環境における建築物の設置にはまだ相当の技術開発が求められることから、月近傍の中継拠点は、以下の機能を担うものとして、月面探査の効率的・効果的推進に必要である。

- ✧ 探査機の補給拠点としての機能：探査機への電力供給や整備を行い、探査頻度の向上や探査機の繰り返し使用を可能とする。また、緊急時の退避場所としても活用可能となる。
- ✧ 通信拠点としての機能：探査機の遠隔操作において、地球から月面だと１０秒程度となる通信時間の遅れが、月近傍から月面では数秒に抑えられるとともに、地球から直接交信が困難な月の裏側や極域からの通信が可能となるなど、適時適切な操作を行うことができる。
- ✧ 研究室としての機能：月近傍拠点における観測や試料の簡易分析等により、その場の判断による新たな観測対象の設定や地球に持ち帰る試料の選別等が可能となる。

４．我が国における国際宇宙探査推進の方向性

（１）我が国としての国際宇宙探査の方針

① 取組方針

有人を中心とした宇宙探査については国際協調を基本に進めていくのが妥当であり、低軌道以遠の深宇宙における我が国の主導権、発言権を強化し、新たな国際協調体制やルール作りに当たって、我が国がイニシアティブを発揮す

ることが重要である。

また、国際宇宙探査への参画に当たっては、ISS を通じて得た技術や宇宙科学探査の知見を活かし、深宇宙探査のインフラ構築等において不可欠でキーとなる技術（有人ロケット技術、有人宇宙船技術、深宇宙補給技術、有人宇宙滞在技術、重力天体離着陸技術、重力天体探査技術等）のうち、我が国として優位性が見込まれる技術や波及効果が大きく今後伸ばしていくべき技術を戦略的に担う。これにより、総合的な宇宙開発利用能力を背景とした発言力のあるパートナーとしての地位を費用対効果の高い形で確立することが重要である。

② 取組に当たっての留意事項等

我が国は宇宙科学探査において大きな実績を有するとともに、国際協力で行われているものを含め、現在も複数の探査計画が、JAXA の宇宙科学・探査ロードマップの考え方や推進方策を踏まえた宇宙基本計画工程表において策定されている。国際宇宙探査の実施に際しては、科学的な意義に基づき実施されるこれらの宇宙科学探査の取組を尊重し、計画されているプロジェクトの着実な実施、人材育成等の基盤強化に配慮する。宇宙科学探査を通じて得られる知見や技術が国際宇宙探査において効果的・戦略的に活用されるようにすることが重要である。また、国際宇宙探査の取組が、宇宙科学探査において、科学的な知見や成果創出の場として有効活用されることが重要である。

国際宇宙探査の推進に当たっては、また、常に我が国にとっての戦略的重要性、費用対効果の視点から精査し、全体計画の効率化及び我が国の負担の軽減が追及されるべきである。こうした観点や宇宙分野における民間活動の活発化等の流れも踏まえ、宇宙産業ビジョン 2030（2017 年 5 月 29 日宇宙政策委員会決定）で示された考え方を取り入れて、国際宇宙探査に民間活動と連携を図ることが重要である。官民共同開発を通じた民間の取組の活性化、高度な特殊技術を有する中小企業の活性化、民間主体の取組に対するベンチャーファンド等の政府予算以外の資金の活用など、非宇宙産業を含む民間活力もとり入れ、新しい発想やマネジメントによって宇宙探査を充実させ、これが新たな産業創出や社会基盤の充実につながるような好循環を模索する。

（２）国際宇宙探査参加に向けた当面の具体的取組

国際協調に向けた議論が本格化し、国際宇宙探査のプログラムが具体化するのに先立ち、我が国が優位性を発揮できる技術や波及効果が大きく今後伸ばしていくべき技術の実証等に JAXA を中心に早期に取り組む。

対象とするべき技術としては、国際宇宙探査のインフラ構築等おいてキーと

なる技術のうち、我が国が優位性を発揮できる技術や、波及効果が大きく今後伸ばしていくべきと考えられる技術であり、具体的には、以下の 4 つが挙げられる。（別添参照）

- ✧ HTV の開発・運用を通じて獲得した技術を発展させた、地球低軌道以遠の深宇宙への補給技術（ランデブ・ドッキング技術等）
- ✧ 「きぼう」の開発・運用を通じて獲得した技術や地上における環境浄化技術等を発展させた、有人宇宙滞在技術（環境制御技術等）
- ✧ 小型月着陸実証機（SLIM）の開発・運用を通じて獲得が見込まれるピンポイント着陸技術を発展させた、将来の国際宇宙探査や宇宙科学探査に幅広く適用可能な重力天体離着陸技術（種々の照明条件下で着陸可能な高精度航法技術やエンジンクラスタ技術等）
- ✧ 宇宙探査イノベーションハブで開発が進められているものを含む我が国の優れた非宇宙分野の技術（建設技術、資源抽出技術、センシング技術、ロボット技術、自動運転技術等）を発展させた、将来の国際宇宙探査や宇宙科学探査に幅広く適用可能な重力天体探査技術（掘削技術、水氷分析技術、ローバー技術等）

これらの技術実証に当たっては、有人宇宙技術を含む我が国の宇宙技術が ISS への参画を通じて大きく進展し、世界から一目を置かれる存在となっていることを踏まえ、この蓄積を有効に活用するとともに継続・発展させることが重要である。

また、小型月着陸実証ミッション（SLIM）及び火星衛星探査計画（MMX）は、国際宇宙探査に必要な知見や技術の獲得という点でも有益であり、着実に実施する。

（３）国際宇宙探査のプログラムの具体化に向けた調整

今後の具体的な国際宇宙探査プログラムの立案にあたっては、ISS の協力で培われた日米関係をはじめとした５極との関係を重視しつつ、その他の国も含む各国がその関心や能力に応じて参画できる開かれた体制を目指し、調整を進めるべきである。

また、国際協力によって探査活動を行うことを念頭におき、技術検討を進めるべきである。

（４）ISS を含む低軌道有人宇宙活動への今後の取組の在り方

ISS は、運用が安定的・継続的に行われる成熟期に至っており、米国では 2025

年以降の民間主体による活動の検討が行われている一方、中国独自の宇宙ステーション建設、ロシアの ISS からの独自運用の動きがある。さらに米国では民間事業者による独自のステーション建設も検討され、将来的には様々なプレーヤーが低軌道利用に参加することが想定される。

我が国としては、「きぼう」での実験を通じて、社会に貢献可能な利用分野を特定し利用技術を構築してきているほか、地球観測や天体観測等により学術においても貢献している。有償利用を含めた恒常的な利用需要が形成されつつあり、これらの取組を継続・発展させることで低軌道有人宇宙活動による社会への成果波及が見込まれる。また、低軌道有人宇宙活動には、国際宇宙探査における技術実証の場としての利用価値もある。これらのことから、引き続き国際協力の下で低軌道有人活動に参加することが妥当であるが、選択肢としては ISS の再延長、新たな拠点の構築、他国または民間の実験サービスや一部利用権の購入等がありうる。いずれの場合であっても、利用成果の最大化や、低軌道以遠の国際宇宙探査への先導的な役割による貢献を果たすとともに、民間活力を取り入れた低軌道利用の促進や新たな産業創出を目指し、一層効果的・効率的な運用を実現することが重要であり、以下の点に留意して進めるべきである。

- ✧ 国際宇宙探査への貢献としては、人体への影響に関し残されている課題の解決がある。ISS をテストベッドとして月周辺、月面における滞在技術を洗練させるとともに、我が国のみが保有する可変重力環境の提供が可能な小動物の長期飼育装置を活用し、影響解明の実験等を行う。
- ✧ また、ISS への効率的な物資輸送を行いつつ、国際宇宙探査など将来につながる技術を盛り込んだ新たな宇宙機「HTV-X」の開発を着実に進める。
- ✧ 低軌道利用の促進や新たな産業創出としては、これまでの ISS への参加を通じて、「きぼう」日本実験棟で見えてきた強み（４つのプラットフォーム：創薬研究支援、加齢研究支援、超小型衛星放出、船外ポート利用）を軸に発展させる。プラットフォームの一部については、民間事業者等を主体とした自立化を図り、2025 年以降は民間事業者も経費の一部を負担した官民共同事業化を目指すとともに、民間事業者によるプラットフォームの利用拡大に向けた環境整備を検討することも必要である。

各国の動向や今後の国際宇宙探査の方向性も見据え、2025 年以降の ISS の在り方については、以上の観点も踏まえつつ、引き続き検討を行うのが妥当と考える。

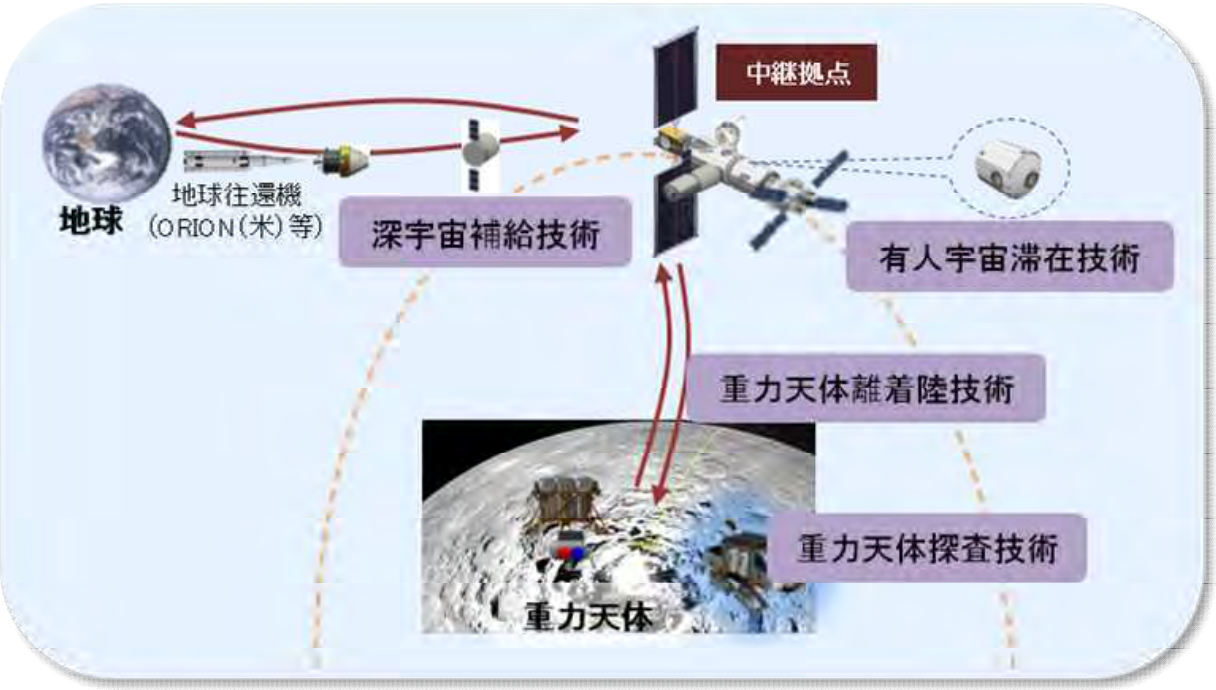
５．第 2 回国際宇宙探査フォーラム(ISEF2)において日本から発信すべき事項

来年 3 月に日本で開催される、我が国が主催する第２回国際宇宙探査フォーラム（ISEF2）においては、以下を日本から発信していく。

- ✧ 有人を含む宇宙探査が官民を通じ拡大している現状を踏まえた新たな国際協調体制づくりの重要性。
- ✧ 宇宙探査に取り組む国が認識すべき共通原則
  （想定される項目例）
  - ● 平和利用が大前提
  - ● 全人類への恩恵（科学技術、産業、課題解決等）
  - ● 科学探査との相乗効果
  - ● 技術的・資金的な持続可能性や発展性
  - ● 各国の関心・能力に応じた参画
  - ● 国際協力の促進
  - ● 民間の取組との協力
  - ● 将来的な宇宙資源活用の可能性
- ✧ 我が国の方向性
  - ● 国際宇宙探査活動への参加により国際協調体制やルール作りでのイニシアティブの発揮
  - ● 優位性が見込まれる技術や波及効果が大きく今後伸ばしていくべき技術の早期実証への取組

我が国が優位性を発揮できる技術や波及効果の大きい技術（1／2）

別添

技術	意義・必要性	優位性	非宇宙分野との糾合・地上技術への波及効果	他国との比較
深宇宙補給技術（ランデブ・ドッキング技術等）	ランデブ・ドッキング（RVD）技術は、月近傍拠点での燃料補給や月面離着陸機の往還など、将来の探査アーキテクチャで必須の共通技術要素であり、国際標準に合致した安価なシステムの開発で、海外展開も期待できる。	HTVの開発・運用で獲得した技術を発展させ活用することが可能。	●RVD画像センサ技術←→(地上)自動運転車・自動建設機械、ドローンなど	ランデブ技術 日本は、HTVでの実績有。 米・露・欧・中と同等レベル。 ドッキング技術 日本は、有人ドッキング方式を現在研究中。米・露・欧・中は実績有。
有人宇宙滞在技術（環境制御技術等）	宇宙空間において、人の生命を安全に維持するキーテクノロジであり、有人宇宙活動における根幹的・共通的な技術。特に水・空気の高再生率化は運用コスト削減の鍵。	「きぼう」の開発・運用を通じて獲得した技術や、地上における環境浄化技術等を発展させ活用することが可能。	●環境制御技術←→(地上)環境浄化技術 ●骨・筋減少、免疫低下等への対策技術、放射線防護、遠隔医療　→　(地上)高齢者医療、国民の健康向上・福祉、介護問題解決など	• 米・露・中はISS等で軌道上実績有。 • 欧は、空気再生技術を実証予定。 • 日本は、来年以降順次ISSで軌道上実証予定（独自方式で大幅なリソース削減を実現）
重力天体離着陸技術（高精度航法技術等）	重力天体の探査に必須であり、特に特定の位置へのピンポイントでの着陸技術は、競争性の高い領域への着陸に必須の技術。	「はやぶさ」で獲得した地形照合航法技術や、SLIMで実証するピンポイント着陸技術を発展させ活用することが可能。	●高精度航法←→(地上)自動車の危険物検知・回避技術 ●着地技術←→(地上)自動車・航空機などの衝撃吸収技術	• 米・露・中は実績有。 • 日本は、はやぶさでの実績有。SLIM(2019)で重力天体の着陸技術実証予定 • 欧は、露との共同で着陸ミッションを予定。
重力天体表面探査技術（表面移動技術、掘削技術、水氷分析技術、等）	表面移動技術は、重力天体の継続的且つ広域な探査活動を行うために必須。掘削・水氷探査技術は、将来の宇宙探査の在り方を大きく左右する月資源（特に水氷）探査を行うために必須。	宇宙探査イノベーションハブで開発が進められているものも含め、我が国が世界をリードする非宇宙分野の技術（建設技術、資源抽出技術、センシング技術、ロボット技術、自動運転技術等）を発展させ活用することが可能。	●表面掘削←→(地上)建設機械の自動走行・自動操作技術、自律型ロボット・遠隔型ロボット ●その場分析←→(地上)質量分析計等 ●月面走行←→(地上)自動車の路面把握・障害物検知、自動運転、悪路・未舗装道路走行技術	• 米、露、中は実績有。ただし、露は1980年以前の実績。 • 欧は実績はないが、露との共同ミッションでドリルや水分析装置を提供予定。 • 日本は軌道上実証に向け、研究中。

我が国が優位性を発揮できる技術や波及効果の大きい技術（2／2）