

月面探査における当面の取組と進め方について

令和6年7月23日
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

1. 国際宇宙探査の基本的な考え方

宇宙開発利用部会や国際宇宙ステーション・国際宇宙探査小委員会においては、これまで「国際宇宙探査の在り方」※1、「国際協力による月探査計画への参画に向けて」※2、「我が国の有人宇宙探査に関する考え方について」※3、「今後の我が国の地球低軌道活動及び国際宇宙探査の在り方（中間とりまとめ）」※4等において、国際協力による有人宇宙探査に向けた取組（国際宇宙探査）についての考え方をまとめている。

国際宇宙探査は、新たなフロンティアを開拓し、人類の活動領域の拡大を目指す活動であり、探査を通じて得られる知見は人類の共有財産となるものである。有人での宇宙探査は、人がその場で判断しつつ高度で複雑な探査活動を行えることに加え、生命体としての人の宇宙への適応に関する知見も得られるため、大きな意義を有している。国際協力により宇宙開発を進めることは、技術の革新や国際協調の象徴としても大きな価値があると言える。我が国は、国際宇宙ステーション（ISS）への参画によって得た有人宇宙技術に加え、宇宙科学や輸送、衛星等においても、長期にわたる経験と独自の技術の蓄積があり、これらの知見や技術を通じて国際宇宙探査に積極的に貢献することは、我が国の宇宙先進国としての役目でもある。また、国際宇宙探査に関するルール形成に向けても、人類社会の発展につながる、国際的に調和のとれたものとなるよう、我が国はイニシアティブを発揮することが期待される。国際宇宙探査への参画により、科学技術・イノベーションの活性化や産業競争力の強化、人材育成、協力国との関係強化や国際プレゼンスの向上といった我が国への裨益も考えられる。

国際宇宙探査を効率的に進めるに当たっては、我が国の独自技術の獲得も視野に入れつつ国際協力の下で進めること、宇宙科学探査を通じて得られる知見・技術を国際宇宙探査で効果的に活用するとともに国際宇宙探査が科学的な成果の創出の場ともなるよう連携すること、月・火星へのステップ・バイ・ステップアプローチを基本とすることが重要である。また、優位性の高い技術や今後の波及効果が大きい基盤技術の獲得を進めるとともに、スタートアップや非宇宙産業を含む多様な民間企業や異分野の研究者の参画拡大を図ることも必要である。

2. 月面探査に関する国際動向

米国は、将来の火星有人探査も見据え、国際パートナーと共に、月面での持続的な探査を目指すアルテミス計画を進めており、「1. 国際宇宙探査の基本的な考え方」の下、2019年10月に我が国として参画を決定した。アルテミス計画では2026年9月の有人での月面着陸に向けて打上げロケットや宇宙船の開発が進んでいるほか、月周回有人拠点（ゲートウェイ）については国際協力の枠組みが構築されている。また、中国が2030年までに有人での月面着陸を行うとともに、2035年から2045年にかけて月科学研究ステーション(ILRS)を建設する構想を発表している。

月面探査の将来像としての月面経済圏の規模やその発展の道筋については、月面での燃料製造等が可能な資源の有無のほか、宇宙輸送に係るコストの低下や蓄電技術など今後の技術革新や宇宙開発全体の進捗によって変わり得るものであるが、これらの状況を考慮しつつ、国内外で検討が進められている。アルテミス計画においても、有人基地の規模を含め活動の全体像は段階的に具体化が進められている。米国航空宇宙局（NASA）が2022年に発表した「Moon to Mars Architecture」※5においては、月面への着陸、基礎的な探査活動、持続的な活動、火星探査に向けた取組の順に、段階的に検討を進化させるとしており、毎年更新が行われている。我が国においても、2023年に月面活動に関するアーキテクチャについて、内閣府を中心に関係者による検討に着手したところである。

一方、各国の月面での探査活動は活発化しており、今後、その動きは更に加速化すると見込まれる。例えば、我が国では、2024年1月にJAXAが小型月着陸実証機（SLIM）によりピンポイントでの月面着陸に成功した。また、JAXAはインドと協力して水資源を探査する月極域探査機（LUPEX）の開発を進めるなど、国際連携による取組も進展している。海外では、2013年に中国、2023年にインドが無人探査機での月面着陸に成功した。2024年には、2月に米国企業の無人探査機が民間企業としては初めての月面着陸に、6月に中国が世界初となる月の裏側からのサンプルリターンにそれぞれ成功したところであり、同年末にはNASAによる月面の水資源探査が計画されている。アルテミス計画においては、2024年4月に、日本が有人圧ローバ※6を開発することを発表するとともに、NASAは曝露ローバ※7の開発事業者候補を選定しており、月面上の移動手段等の開発に向けた具体的な取組も進められている。

3. 月面探査に関する当面の取組

各国において月面活動が本格化している状況に鑑み、我が国としても切迫感を持って戦略的に月面探査を進める必要がある。具体的には、将来の有人探査に向けて、水等の資源や地質などの月面の調査を実施するとともに、アルテミス計画を着実に進める必要がある。あわせて、宇宙科学の成果の創出を目指し、月や火星の形成過程の解明やそのための技術開発等を推進することも重要である。これらの推進に当たっては、月面における調査や技術実証の機会を定期的に確保するとともに、産学官の多様な機関や人材が探査活動を担うための基盤を構築する必要がある。将来の火星探査への更なる展開も考慮に入れつつ、必要な技術や知見の獲得に努めていくことも重要である。

また、将来的な月面活動における国際規範・ルール形成、国際市場の獲得や国際協力プロジェクトの形成を視野に入れつつ、取組を進めることも必要である。特に、国際規範・ルール形成では、先行して多くの活動実績を積み重ねた国が実質的に大きな発言力を持つことが予想される。このため、我が国の国際規範・ルール形成における発言力の確保の観点からも、我が国の産学官による月面活動が活発に展開されることは重要である。

（1）月面における調査研究

①水資源等に関する調査

月面活動を今後活発化させていく中では、地球からの輸送に頼らず、月においてその場で資源を調達することが必要になると考えられる。月には水や金属の存在が確認されているが、水は資源としての可能性が高く、電気分解等により水素と酸素を得ることができれば、月面活動のエネルギー源や有人活動の資源、火星探査等に向けたロケットの

推進薬の製造に利用できる可能性がある。

これまで、月周回軌道からの探査機の観測により月極域の地下1 m程度に水素の存在を示すデータが得られているなど、月には、水素あるいは水氷が存在すると考えられている。一方で、その存在量や存在形態などは明らかになっておらず、資源としての利用可能性や適切な利用方法については分かっていない。このため、含水率、環境条件による水の分布、水の抽出し易さ（吸着水、水酸基）を定量的に調査し、水の現地資源としての利用可能性を判断することは重要な課題である。米国、欧州、中国、インド等の諸外国においても、水資源に注目が集まっており、探査に向けた着陸機等の開発も進んでいる。

我が国においては、水資源を探査する月極域探査機（LUPEX）を国際ミッションとして進めており、JAXA が打上げと探査ローバの開発を行い、インド宇宙研究機関

（ISRO）が着陸機を提供するほか、NASA と欧州宇宙機関（ESA）が観測機器を提供する予定である。このミッションでは、月極域において月面を掘削し、深さ最大約1.5mからサンプルを採取し、その場で分析を行うことが予定されており、含水率の直接計測や高精度な水の垂直分布のマッピングなど世界初の成果が期待されている。また、水資源のマッピングについては、月面を周回軌道から観測し、水平分布を明らかにするセンシング技術の開発も総務省を中心に進められている。

LUPEX については、他国に先駆けて水資源の利用可能性を明らかにする観点から、JAXA と ISRO 共同での基本設計を開始し、2020 年代中頃の打上げを目指して開発に取り組むことが重要である。また、水資源の全体像については、LUPEX 後を見据え、関係府省と連携しつつ、周回衛星によるマッピングと月面の掘削等による直接観測を組み合わせた効果的・効率的な水資源の調査の在り方を検討しておくことが重要である。その際、調査結果の公開方法や水資源に係る国際的な協力や調整に我が国がリーダーシップを発揮するための戦略も検討すべきである。また、水資源以外にも金属資源等の資源の存在量や場所、活用方法の調査に関する検討を進めていくことが望まれる。

②月面における宇宙科学の推進

月面における宇宙科学について、月そのものの調査分析による月の起源と進化や太陽系の形成過程の解明、月面からの天文観測など月面を活用した観測による宇宙の理解の深化等の科学的知見の創出が期待される。さらに、月面において工学的な実証を行うことは、月以遠での科学探査技術の獲得のためにも必要である。

宇宙科学コミュニティ※8においては、「月面3科学」（①月面からの天体観測（月面天文台）、②重要な科学的知見をもたらす月サンプルの選別・採取・分析、③月震計ネットワークによる月内部構造の把握）に取り組むべき目標として挙げており、宇宙基本計画でもその具体化を進めることとしている。

月面を活用した観測としては、月面天文台が検討されている。特に月面の裏側は、大気がないことや地球からの電波妨害もないため、天体観測において良好な環境になり得る。このため、月面の裏側に、低周波（1～50MHz）の電波を受信するアンテナを設置することにより、宇宙誕生初期の理解等に向けた観測を行うことが考えられる。また、月そのものの観測については、サンプル採取による月の組成や地質の解明に加えて、月震計により内部構造や地盤特性等を把握することが可能となる。これらにより、月の起源を含めた進化の過程等の学術的な知見に加え、有人探査や将来の月面開発に資する月面の情報を得ることができる。

「月面3科学」については、3つの活動を連動させつつ、アルテミス計画とも相乗効果をもたらすものとなるよう具体化を進めることが重要である。また、装置の開発及び

月面実証、小規模（１機）観測、大規模観測へと段階的に進めていくことが現実的である。月面天文台や月震計による本格的な観測の実現には複数の機器の設置が必要になるため一国で担うのは困難であり、さらにサンプル採取については有人によるサンプリングも想定されるため、国際協力と国際調整による推進が不可欠である。加えて、月面で使用する機器の共通課題の克服等に向けた技術開発も重要である。このような観点から、宇宙戦略基金の技術開発テーマ※９の一つとして、月面の過酷な環境において長期間にわたり使用可能な機器の開発に必要な「半永久電源システムに係る要素技術」が設定されている。

学術的な価値を世界に先駆けて創出するだけでなく、国際協力・国際調整に向けた議論をリードしていくこと、観測機器やデータの書式等の標準化への貢献やデファクトスタンダードの獲得、要素技術、素材等の日本の強みである技術の提供など産業競争力への貢献の観点からは、他国より早く月面における実証を行うことが必要である。月面での広範囲のサンプリングや機器の設置を可能とする有人と圧ローバの打上げ時期（2031年目標）を踏まえると、「月面３科学」の最初のステップとしての月面実証は、2020年代後半を目標に実現することが重要である。

（２）アルテミス計画の構成要素の提供

①有人と圧ローバの開発

2024年４月に、アルテミス計画において、国際パートナーによる月面活動での具体的な協力としては初めてとなる「与圧ローバによる月面探査の実施取決め」※10に文部科学大臣とNASA長官が署名した。この実施取決めでは、日本による有人と圧ローバの提供と米国による日本人宇宙飛行士の２回の月面着陸の提供等を規定している。また、日米首脳共同声明においては日本人宇宙飛行士が「米国人以外としては初めて月面に着陸する」という共通の目標も発表された。

有人と圧ローバは、月面における長距離の移動機能と居住機能を兼ね備え、有人の月面探査範囲を飛躍的に拡大するなど、唯一無二の重要な役割を果たすことが期待されている。また、移動及び居住機能は将来の月面経済圏の創出や火星探査においても必要となると予想され、有人と圧ローバの開発は宇宙探査の発展に貢献するものと考えられる。個別の要素技術について、10年間という長い期間、安定的に運用するためには複数の新たな技術開発が必要となる。例えば、地上とは異なる重力や地表面に対応する月面走行システム、月面の長い夜を乗り越えるために必要な大容量のエネルギーを高密度で蓄電するシステム、大きな面積を有しつつ収納可能な太陽電池パネルなどの技術開発であり、これらの技術については、月面をはじめとする宇宙探査に応用可能なだけでなく、自動運転や再生型燃料電池など地上への波及効果も期待できる。また、このような革新的・挑戦的な技術開発を通じて、我が国の技術力や開発プロセスそのものの底上げにもつながることが期待できる。さらに、有人と圧ローバは、初めて我が国がシステム全体の設計を担う有人システムであり、この開発を通じて、人が滞在する場合の安全設計の考え方など将来の有人輸送機の開発にもつながる技術が得られると期待される。

現在、システム全体の実現に向けたフロントローディングとして、開発上の重要な技術について要素試作試験等を実施中であるが、その結果を踏まえつつ、2031年の打上げを目指し、本格的な開発に着手する必要がある。

②月測位システムの確立に向けた技術開発

月面への着陸や探査活動を効率的に実施するためには、探査機等が自己位置を正確に把握するための月測位システムが必要となる。将来の月面探査における測位インフラの

構築に向けては、欧米の宇宙機関を中心に LunaNet 構想※11 と呼ばれる国際的検討が進められており、この検討に日本も初期段階から参画している。同構想においては、月測位インフラの相互運用性を確保するための仕様やフォーマット、要求等の検討・調整が進められており、シナリオ案として、2028 年頃を目標に欧米と共同で月測位システムに関する技術実証を実施し、2030 年代半ばを目途に ELF0※12 の 2 軌道面に計 8 機の衛星コンステレーションを構築することが提案されている。

月測位システムは、我が国の産学官の活動において重要となる可能性が高く、我が国がその一翼を担う可能性があるインフラの一つである。具体的には、我が国の民間企業等が月周回測位衛星の開発や運用サービスを受託することが考えられる。このためには、月測位システムに関する技術実証を欧米と同時期に実施し、我が国の強みを更に明確化し、国際的な構想の議論の中で、我が国として技術要求等を積極的に示し貢献していくことが求められる。このような観点から、宇宙戦略基金の技術開発テーマの一つとして、「月測位システム技術」が設定されているが、この技術の実証を早期に実施し、国際的な議論に戦略的に参加していくことが重要である。

なお、LunaNet 構想のシナリオ案では、月測位システムと月通信システムを一体として整備していく考え方が示されており、既に月-地球間の通信システムについて検討を開始している関係府省と連携しつつ進めていくことが重要である。

③ゲートウェイの建設・運用及び利用

月面探査に向けた中継地点としても重要な位置付けとなるゲートウェイについては、ISS に関する国際的な枠組みの下で、ゲートウェイ了解覚書に沿って各国において提供要素の開発が進められている。我が国も ISS への参画等を通じて培ってきた技術をいかし、居住機能（環境制御・生命維持システム）や物資補給などを提供することとし、2022 年のゲートウェイ実施取決め※13 において、これらの提供と米国による日本人宇宙飛行士のゲートウェイ搭乗機会（1 回）の確保が合意された。また、「月周回有人拠点（ゲートウェイ）の利用の基本的な考え方」※14 を踏まえ、ゲートウェイの環境を活用した利用ミッションの検討も JAXA を中心に進められている。2020 年代後半のゲートウェイ運用開始に向けて、国際協力の下で我が国の取組を着実に進めることが必要である。

（３）月面への輸送能力・機会の確保

月面における調査活動や測位衛星等の技術実証を行うとともに、今後の月面開発に向けた技術開発を実施するためには、観測機器や実証機器等のペイロードを月面に自立性・自在性を持って輸送する能力を確保することが重要である。

月面着陸技術について、我が国では、2024 年 1 月に JAXA の小型月着陸実証機（SLIM）が世界初の月面における 100m 精度のピンポイント着陸に成功し、着陸後も月面において過酷な温度環境となる夜を越えて運用を継続する越夜に複数回成功している。探査機の着陸地点は一定の日照期間が確保でき、障害物が少ない地形である必要があるとともに、月面において水などの資源や科学的な価値の高い地質、岩石等が存在する場所が限られていることから、狙った場所にピンポイントで着陸する高精度着陸技術は、有用性の高い技術である。また、越夜技術は、1 回の着陸で長期間、複数回の調査等を可能にすることで、月面活動の効率を高め、その可能性を広げることが期待される。

また、米国では、持続的かつ効率的な月面探査活動を進める観点から、自国の民間企業による月面輸送サービスの確立に向けた取組が進んでおり、2017 年から NASA が商業

月面ペイロード輸送サービス（CLPS）プログラム※15 を実施している。CLPS では、観測機器などのペイロードの月面への輸送サービスを複数の米国企業から調達することを通じて、民間参入の促進等を目指しており、2024 年 2 月には米国企業が開発した着陸機が、民間企業としては世界初、米国にとっては 1972 年以来の月面着陸を果たした。日本企業においても、CLPS に米国企業と共同で参加するなど、月面輸送の事業化を目指す取組も生まれている。

このような状況に鑑み、我が国としても、日本企業が国際競争力を確保しつつ月面輸送サービスを提供することを通じて、自律的・持続的な月面活動を実施していくことを目指すべきである。

事業化の成功には、国の事業だけではなく、民間や世界各国から受注を得ることが不可欠であり、国際競争力の強化が鍵となる。世界的にも注目度が高い高精度着陸技術や越夜技術について、SLIM で得られた技術や知見を我が国の民間企業に移転しつつ更に発展させ、世界に先駆けて実証することは、大きな優位性になる。そのためには、月極域にピンポイント着陸し一定期間継続して探査活動を行うことを目標とする取組について、民間主導で早期に実施できるよう検討する必要がある。また、国の事業によるサービス調達や輸送ロケットを含めた継続的な月面輸送サービスの在り方について、月だけでなくその先の深宇宙探査を見据えたシリーズ化も視野に入れ、関係府省と連携しつつ検討していくことが必要である。

（４）将来の火星探査に向けた取組

火星は、地球と比較的類似した惑星であり、過去に水が存在していたこと等を示す調査結果が得られている。このため、火星探査は、将来の人類にとっての資源や有人活動といった観点だけでなく、生命やその痕跡の発見や、火星の環境変化の過程の理解を通じた惑星科学の進展等の科学的観点から大きな意義を有している。火星への有人探査については、アルテミス計画において将来的な目標とされている一方、その進め方は明確になっていないが、今後月面活動が進展する中で、具体化が進んでいくと考えられる。

このため、我が国においては、火星において宇宙科学を中心に調査研究を実施しつつ、将来の有人探査への活用にも資するキー技術の開発や火星環境の調査を進めていくことが望ましい。

現在、米国は 2033 年の火星からのサンプルリターンを目指す Mars Sample Return 計画※16 を進めており、中国も 2030 年頃の火星サンプルリターンミッションを計画している。また、日本は、火星圏の観測と 2031 年の火星衛星フォボスからのサンプルリターンを目指す火星衛星探査計画（MMX）※17 を進めている。

我が国における MMX の次の取組としては、中長期的には MMX で獲得した技術を発展させて火星本星の探査を小型の着陸機で実施することが考えられるが、まずは必要かつ重要な技術を、これまでの深宇宙探査等における技術的蓄積を基に、我が国の民間企業の参画も得つつ段階的に開発・獲得することが重要である。

日本独自の革新的な技術として、将来の火星有人探査にも活用が期待できるものとしては、大気突入・着陸技術であるエアロシェル技術※18 がある。当該技術については、宇宙戦略基金の技術開発テーマの一つとして「大気突入・空力減速に係る低コスト要素技術」が設定されており、着実に開発を進めることが重要である。また、宇宙空間での探査機等の輸送を担う軌道間輸送技術※19 は、火星をはじめとした今後の深宇宙探査にも不可欠な技術であり、国際競争力の確保の観点から早期に取組を開始できるよう検討すべきである。さらに、火星への着陸を実現するためには、国際基準のガイドラインで定められた惑星保護技術が必須であり、この技術の獲得も進める必要がある。

（５）持続的な活動のための産学官の基盤整備

月面活動を持続的かつ効果的に進めるとともに将来の月面経済圏の創出のためには、非宇宙分野からの参画も含め、機関や人材の裾野を拡大し、産学官の多様なプレーヤーを支える基盤を構築していくことが不可欠である。

非宇宙分野の民間企業の参画の促進については、JAXAにおいて、2015年に宇宙探査イノベーションハブ事業を立ち上げ、民間企業の技術シーズを宇宙探査へ応用することを目指してJAXAと民間企業が共同研究を行う仕組みを構築しており、この10年間で約250以上の民間企業等が参画するなど一定の成果が挙げられている。今後の月面探査の本格化に向けて、あるべき月面活動のニーズを明確にした上で、地上の技術をいかした技術開発を進めていくことが効果的と考えられる。

大学等においては、人材育成や先端的な研究開発、知識基盤の確保などを自律的に進めつつ、宇宙活動を支える重要な役割を担うことが期待される。個々の大学等有するリソースは限られており、より効果的・効率的に宇宙活動を支える取組を展開するためには、各大学等の特徴や強みをいかした拠点形成とそのネットワーク化を進めることが重要である。さらに、長期的な視点に立って必要な施設整備を戦略的に進めるとともに国際連携や産学連携の体制を整えることが重要である。

2023年度には、民間企業、スタートアップ、大学等による宇宙分野の先端技術開発や技術実証、商業化を支援するため、宇宙戦略基金が設置された。宇宙戦略基金の3つの分野（輸送、衛星等、探査等）のうち、探査等においては、月や火星圏以遠への探査や人類の活動範囲の拡大に向けた我が国の国際プレゼンスを確保することや、太陽系科学・宇宙物理等の分野における優れた科学的成果の創出と国際的な大型計画への貢献にもつなげることなどの方向性に沿った技術開発を推進することとしており、非宇宙分野も含めた多様な民間企業の参画やスタートアップの活性化が重要となる。また、大学等における拠点形成、宇宙探査イノベーションハブの成果の発展に基金を活用することも考えられ、基金を効果的に活用することが重要である。

4. 月面探査に関する情報発信、人材育成、国際連携等

国際宇宙探査を継続、発展させていくためには、国民からの理解と支持が不可欠であり、月面探査の意義や成果について積極的に発信する必要がある。また、月面探査を通じて、子供たちに夢と希望を与えると同時に、次世代の人材育成につなげる観点から、日本人宇宙飛行士の月面着陸等の機会を最大限活用することも重要である。国際協力を効果的に推進する観点からは、日本の貢献等について協力の相手国に対する発信も重要である。

国際宇宙探査を担う人材の育成・確保に当たっては、国内での人材育成・基盤整備の取組とともに、日本人学生や若手研究者の長期留学や国際的な共同研究への参画を促進することや、海外からの研究者、技術者や留学生を日本の大学あるいは企業に広く呼び込むことも重要と考えられる。

米国、欧州、アジアの各国と連携しつつ取組を進めていくことも重要であり、現在のISS「きぼう」におけるアジア協力の取組も参考にしつつ、アジア・太平洋地域宇宙機関会議（APRSAF）等も活用し、月面探査を目指す国々との協力について検討することも必要と考えられる。

- ※ 1 「国際宇宙探査の在り方～新たな国際協調体制に向けて～」(平成 29 年 12 月 6 日宇宙開発利用部会)
(https://www.mext.go.jp/component/b_menu/shingi/toushin/_icsFiles/afiedfile/2017/12/22/1399592_2.pdf)
- ※ 2 「国際協力による月探査計画への参画に向けて」(令和元年 8 月国際宇宙ステーション・国際宇宙探査小委員会)
(https://www.mext.go.jp/component/b_menu/shingi/toushin/_icsFiles/afiedfile/2019/08/29/1420708_1_1.pdf)
- ※ 3 「我が国の有人宇宙探査に関する考え方について」(令和 2 年 9 月 17 日宇宙開発利用部会)
(https://www.mext.go.jp/content/20200928-mxt_uchukai01-000010148_1.pdf)
- ※ 4 「今後の我が国の地球低軌道活動及び国際宇宙探査の在り方(中間とりまとめ)」(令和 5 年 4 月宇宙開発利用部会)
(https://www.mext.go.jp/content/20230428_mxt_uchukai01-000030233_1.pdf)
- ※ 5 NASA が月・火星における有人探査の目標として定めた「Moon to Mars Objectives」について、Objectives を実現するために必要となる様々な構成要素や構成要素間の関係性をまとめたもの。2022 年から NASA 内にて検討が開始され、2023 年 4 月に初版の文書が公表された。初版では、Space Launch System(大型打上げロケット)、Orion Spacecraft(有人宇宙船)、Exploration Ground Systems(地上設備)、Gateway(月周回有人拠点)、Deep Space Logistics(物資補給)、Human Landing System(有人月面着陸機)、xEVA System(船外活動服)、Comm, Positioning, Navigation, Timing(通信、測位、航法、測時)、Commercial Lunar Payload Services(商業月面輸送サービス)が必要な構成要素として特定された。2024 年の改訂版では、Gateway Extravehicular Robotic System(Gateway の船外ロボットアーム)、Gateway ESPRIT Refueling Module(Gateway の燃料補給、観測窓モジュール)、Gateway Airlock Module(Gateway のエアロックモジュール)、Human-class Delivery Lander(大型月面輸送着陸機)、Pressurized Rover(有人圧ローバ)、Lunar Terrain Vehicle(有人曝露ローバ)が追加された。
- ※ 6 与圧空間を持ち宇宙飛行士が宇宙服無しで搭乗できる月面探査車。
- ※ 7 与圧空間を持たず宇宙飛行士が宇宙服を着用して搭乗する月面探査車。
- ※ 8 JAXA 宇宙科学研究所は大学共同利用のプラットフォームとして全国の大学を中心とした研究者と宇宙科学研究を推進。月面 3 科学については宇宙理工学委員会国際宇宙探査専門委員会において検討した。
- ※ 9 「宇宙戦略基金 実施方針(文科省計上分)」(令和 6 年 4 月 26 日文科科学省・内閣府)
(https://www.mext.go.jp/content/20240426-mxt_uchukai01-000035600_2.pdf)
- ※ 10 2023 年 6 月に発効された「日・米宇宙協力に関する枠組協定」のもと、アルテミス計画における与圧ローバを使用した月面探査に関して、日米の協力事項の詳細を規定した実施取決め。2024 年 4 月に盛山文部科学大臣及びネルソン NASA 長官によって署名された。
(https://www.mext.go.jp/a_menu/kaihatu/space/jigyoudetail/1347482_00017.html)
- ※ 11 月面及び月周回において通信、ナビゲーション、測位等のサービスを提供する構想。
- ※ 12 Elliptical Lunar Frozen Orbit の略で、安定した運用が可能な月周回の長楕円軌道。
- ※ 13 2020 年 12 月に締結された「民生用月周回有人拠点のための協力に関する日本国政府とアメリカ合衆国航空宇宙局との間の了解覚書」のもと、月周回有人拠点「ゲートウェイ」における日米の協力事項の詳細を規定した実施取決め。2022 年 11 月に永岡文部科学大臣及びネルソン NASA 長官によって署名された。
(https://www.mext.go.jp/a_menu/kaihatu/space/jigyoudetail/1347482_00011.htm)
- ※ 14 「月周回有人拠点(ゲートウェイ)の利用の基本的な考え方」(令和 2 年 11 月 17 日宇宙開発利用部会)
(https://www.mext.go.jp/content/20201117-mxt_uchukai01-000011215_1.pdf)
- ※ 15 Commercial Lunar Payload Services の略で、小型科学実験機器等のペイロードの月面への輸送を米国企業からサービスとして調達する NASA のプログラム。
- ※ 16 NASA の火星探査車「Perseverance」によって採取された火星表面のサンプルを地球へ持ち帰ることを目標として NASA 及び ESA にて検討が進められている計画。
- ※ 17 Martian Moons eXploration の略で、火星の衛星であるフォボスのサンプルを世界で初めて地球に持ち帰り含水鉱物・水・有機物等を解析することにより、原始太陽系における「有機物・水の移動、天体への供給」過程の解明に貢献し、水や有機物の存在を明らかにするとともに、火星衛星の由来を解明することを目標とする計画。
- ※ 18 探査機等が大気突入時に受ける熱と圧力から機体を保護し、突入速度を減少させる熱シールドシエル。
- ※ 19 多様な軌道に対応し物資輸送を効率的に行うための輸送技術。軌道間輸送機(OTV:Orbital Transfer Vehicle)の活用などが考えられる。

月面探査における当面の取組と進め方について（検討の経緯）

【国際宇宙ステーション・国際宇宙探査小委員会（第 59 回）】

1. 日時：令和 6 年 3 月 14 日
2. 議題：
 - (1) 月探査の進め方について
 - (2) 月測位システムについて（JAXA からのヒアリング）
 - (3) JAXA 宇宙探査イノベーションハブについて（JAXA からのヒアリング）

【国際宇宙ステーション・国際宇宙探査小委員会（第 60 回）】

1. 日時：令和 6 年 4 月 24 日
2. 議題：
 - (1) 月極域探査機（LUPEX）について（JAXA からのヒアリング）
 - (2) 小型月着陸実証機（SLIM）の結果と今後の月面着陸技術について（JAXA 及び産業界からのヒアリング）

【国際宇宙ステーション・国際宇宙探査小委員会（第 61 回）】

1. 日時：令和 6 年 5 月 17 日
2. 議題：
 - (1) 有人と圧ローバの開発について（JAXA 及び産業界からのヒアリング）
 - (2) 月面の科学について（JAXA からのヒアリング）
 - (3) 当面の月探査の進め方について

【国際宇宙ステーション・国際宇宙探査小委員会（第 62 回）】

1. 日時：令和 6 年 6 月 5 日
2. 議題：
 - (1) 火星の科学探査について（JAXA からのヒアリング）
 - (2) 当面の月探査の進め方について

【国際宇宙ステーション・国際宇宙探査小委員会（第 63 回）】

1. 日時：令和 6 年 6 月 19 日
2. 議題：
 - (1) 当面の月探査の進め方について