

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
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

新たなフロンティアを探求し、宇宙空間における人類の活動領域を拡大することを目指した挑戦は続き、昨今の有人宇宙探査は大航海時代の様相を呈している。国際宇宙ステーション(ISS)の建設から始まり、今や有人火星探査を視野に入れた月周回有人拠点ゲートウェイの建設が開始されようとしているように、これまで無人でしか成し得なかった活動が有人で行われるようになり、その範囲も、ISSを含む地球低軌道から月、火星など更なる深宇宙へと広がりを見せているなど、今後も有人宇宙探査の潮流が国際的に大きく展開していくことが予見される。

有人宇宙探査及び当該有人探査のために先行して行われる無人探査については、外交・安全保障、産業競争力、科学技術や人材育成など様々な観点からの意義を確認してきた。AIやロボット技術等の進展に伴い高度化していく無人探査技術は今後も最大限活用していくべきものだが、例えば、米国提案の国際宇宙探査(アルテミス計画)において計画されている持続的な月面探査拠点の構築のように、無人のみでは技術的にもコスト的にも実現できない質の高い計画が立案可能(※)であること、実験や探査活動等において、現段階での無人探査技術のみでは運用できない臨機応変な対応が可能であること、生命体としての人の宇宙への適用に関する研究やこれを通じた人材育成が可能であることなどを踏まえると、今後、人類は、有人宇宙探査活動の拡大によって、より広範な成果を得ていくことが想定される。

※仮に、アルテミス計画において同じ能力の無人ローバと有人ローバが存在したとしても、有人の場合、サンプル採取地点の決定、採取すべきサンプルの判断、複雑な機器操作、不測の事態への臨機応変な対応等において、無人では不可能な高度で複雑な運用による質の高い成果を得ることが可能。また、被験者として月面環境下での医学的なデータ取得も可能。

有人宇宙探査のアプローチは各国様々であり、中国は独自の有人宇宙ステーショ

ンの建設を行いつつ、月探査機「嫦娥シリーズ」の打上げやその延長上に月面での国際月面研究基地の建設を構想、本年には火星探査機「天問一号」の打上げを行うなど独自の有人宇宙探査計画を進めている。また、インドは、我が国と協力した無人探査機による月面探査や着陸探査も視野に入れた火星探査を目指しつつ、まずは独自の地球低軌道での有人活動を志向している。

一方、我が国はこれまで、費用対効果の観点を踏まえ、可能な限り国際協調の中で有人宇宙探査を進めて行くことを基本としており、例えばISS計画に関しては、日米欧露加の各極が協力することによって、一国のみで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となっている。

また、昨年10月に、我が国はアルテミス計画への参画を決定し、本年6月にこれを宇宙基本計画において位置付けるとともに、7月には文部科学大臣とNASA長官による月探査協力に関する共同宣言(JEDI: Joint Exploration Declaration of Intent for Lunar Cooperation)に署名を行い、協力内容の具体化を行ったところ。欧州やカナダなども、同様にアルテミス計画への協力検討を進めているところであり、国際協調の中で有人宇宙探査が進展している。

有人宇宙探査はいわばマラソンのような長期レースで、今はまだスタートの競技場から出るか出ないかの段階であるが、いったん出遅れると盛り返しは容易でない。我が国はISS計画参加国として、初めから先頭集団に入っていたが、昨今の大きな潮流であるアルテミス計画に参画することで引き続き先頭集団に位置取り可能となった。

アルテミス計画は、有人火星探査を視野に入れつつ、有人による持続的な月面探査の実現を目指す計画であるが、本計画への参画に当たっては、昨年10月の宇宙開発戦略本部において、外交・安全保障、国際競争力・国際的プレゼンス、非宇宙分野も含む広範な産業の拡大、火星など更なる深宇宙探査に向けた技術実証などの意義を有すると位置付けられている。現在、米国議会では当面数年間のアルテミス計画実施のため、数兆円単位という、我が国単独では到底計画できない規模の予算案が審議されていることに鑑みると、我が国が、これまでにISS計画を通じて得た技術や宇宙科学探査の知見を活かして獲得・蓄積してきた4つの重点化技術(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)を活用し、米国との

互恵的な協力関係において上記の意義を有する当該計画に参画したことは、極めて費用対効果の高い選択であったと考えられる。また、当該計画に参加することにより、火星など深宇宙探査に向けて4つの技術自体を更に磨くことが可能となったこと、日本人宇宙飛行士の活動機会の確保が見込まれること、計画の初期段階から参画したことで引き続き国際的なプレゼンスの向上や主導権の発揮が可能となったこと、既に様々な非宇宙産業を含む企業が月探査拠点の構築を想定した共同研究をJAXAと行っていることなどを踏まえると、大きな波及効果が見込まれており、このような成果は、無人による宇宙探査だけでは達成し得ないものとする。

今後、アルテミス計画は、有人による火星探査に向けて具体化し、これに相まって各国の有人宇宙活動が様々な形態で更に拡大していくことが想定される。現時点では具体的な展開は明らかではないものの、火星など深宇宙探査に向けた更なる技術的挑戦が必要であることを踏まえ、我が国としては、将来にわたる有人活動において、いかなる国際協力の中であっても我が国にとって意義のある取組を、自律的かつ費用対効果の高い形で進められるよう、4つの技術を中心とした有人宇宙技術を引き続き獲得・蓄積し備えておくことが必要である。

(参考)

国際宇宙探査の在り方～新たな国際協調体制に向けて～(抄)

(平成29年12月6日宇宙開発利用部会決定)

(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。

(4) 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。