

## 宇宙技術戦略に関する考え方（宇宙科学・探査）（案）

宇宙技術戦略策定のため、「宇宙科学・探査」の具体的な技術分野について分類し、「宇宙技術戦略に関する考え方（宇宙科学・探査）（案）」として整理を行った。また、「衛星」、「輸送」との分野間で共通の基盤技術については、「分野共通技術」として整理を行った。

## 宇宙科学・探査

## (1) 重要技術のスクリーニングの考え方

## ① 技術的優位性

世界的に見て独創的な科学的アイデアの実現に必要な特長ある技術や、独創的・先鋭的な宇宙探査のための技術、国際協力ミッションにおける我が国の役割分担の履行のための技術について支援していく。具体的には、当該技術がコアとなって実現されるミッションの成果が科学的に高い評価を得られるか、又は機能・性能面で優位であるか（今後、優位性を獲得しうるか）、国際協力ミッションに関する技術については、当該技術がコアとなって実現される国際貢献により我が国のプレゼンスを発揮・向上できるかについて評価する。

なお、先端的な科学的成果を得るために、まず、独創的な科学的アイデアを広く集め、基礎研究段階からの育成や必要な要素技術開発を行う。宇宙科学・探査ミッションとして具体化する段階にあたっては、世界的な科学的成果が得られるか、コスト・納期面を含め技術的に実現可能性があるかという観点から、スクリーニングやステージゲート等により評価する。

また、将来の地球低軌道活動や持続的な月面活動等が段階的に進展していくことを見据え、開発した技術が、その技術的優位性を活かして、将来の活動の進展に応じた基盤整備や市場創出等につながる可能性があるかどうかについても評価する。

## ② 自律性

宇宙科学・探査ミッションは、独創的なアイデアを実現する観点から一品物が多く、技術によっては必ずしも広い市場が見込めない場合もあるが、我が国において継続・発展させていくためには、サプライチェーン上における重要性の高い技術とそれを支える施設・能力について、企業と研究開発機関で適切に役割分担しつつ、継続的に支えていく必要がある。

具体的には、当該技術のサプライチェーン上の代替困難度、調達自在性のリスクに加え、システム構築のコア技術であるかどうか、評価する。また、当該技術を開発する企業や研究開発機関が、技術の維持・開発リスクを低下させるため、技術開発プロジェクト計画の早期の明確化や要素技術の先行的な研究開発、商業分野や国際市場への展開、当該技術を支える施設や能力の維持等、国内需要を支える意志や計画を有するかについても、評価する。

## (2) 宇宙科学・探査分野における重要技術

## ① 宇宙物理分野

宇宙望遠鏡は、遠方の天体等から発せられる電波、赤外線、可視光、X/γ線等の様々な波長域での微弱な放射を高感度に観測することが求められる。その際、放射雑音や素子由来の

熱雑音を減らす**冷却技術**が重要である。また、優れた宇宙望遠鏡の実現のためには、高機能な能力・機能を有する電磁波や粒子を検出するための装置、天体からの光を収集して検出器に導くための光学系の部品、それらを統合し各機器を宇宙環境下で長期間、安定的に稼働させ、優れた観測データを取得できる**宇宙用センサシステム技術**が重要である。我が国は X 線分野において、先駆的なセンサシステムを実現してきた。また、太陽系外の恒星系の惑星観測のためには、近赤外線観測技術、紫外線観測技術、高コントラスト観測技術といった**系外惑星観測技術**が重要である。

今後、より大型かつ高精度な観測が可能な宇宙望遠鏡システムを実現するためには、限られたペイロードの中において、**望遠鏡の軽量化・高精度化を可能とする技術**が重要である。一方で、単一の宇宙機の物理サイズを超えた宇宙科学・探査の実現を図るためには、複数の宇宙機の相対距離・姿勢を制御し、**宇宙機群を一つの編隊として飛行・制御する技術**が重要である。

さらに、ミッションで収集された観測データについて、成果最大化等の観点から、**データ解析技術**も重要である。

## ② 太陽系科学・宇宙工学分野

**サンプルリターン技術**は、「はやぶさ」シリーズの技術を基盤としつつ、火星衛星探査計画（MMX）そしてそれに続く先進的な新たな計画、さらに国際的連携による、より大規模なミッションを実現するために、一層の高度化が求められる。このために、「天体のサンプルを獲得し確実に保管する技術」、高耐熱性を維持しつつ、より軽量・大型のヒートシールドを実現する「惑星間軌道から直接地球大気圏に突入できるサンプルリターンカプセル技術」、「地上での回収技術」、「帰還サンプルの分析技術（キュレーション技術）」、そしてこれら4つの技術開発を下支えする「汚染管理技術」が重要である。また、**超小型探査技術**は、小型軽量・低コスト・短期開発という特徴を生かした、より遠方への到達、探査対象天体の現地で活動する子機としての、ハイリスクで高度なミッションの展開、高頻度な探査ミッションの展開などのために重要である。

火星以遠への飛行を可能とし、かつ、多様な行先に対応する共用性を持つ、**深宇宙軌道間輸送技術**も重要である。火星本星への着陸、木星距離の小天体への往復飛行などを視野に、超遠方惑星間航行に加え、超遠方での重力天体周回、小天体周りの航行、深宇宙ドッキング・協調運用技術などの輸送機機能を具備することが求められる。

**大気圏突入・空力減速・着陸技術**（EDL [Entry, Descent and Landing] 技術）は、重力天体・大気重力天体での活動を進めていく基盤となり、重要である。大気のある天体では、探査機は大気圏に突入し、その突入速度により発生する加熱や荷重に耐え、大気の抵抗により効率よく速度を落として、天体表面に着陸しなければならない。大気がない月においては、大気圏突入・空力減速技術は必要ないが、その減速分も含んだ大推力の逆噴射により軟着陸できることが求められる。

探査対象となる天体について、まず、月において、**月面科学に係る技術**、具体的には、**月面天文台、月サンプル選別・採取・分析、月震計等に係る技術**の開発が重要である。今後、早期に科学観測機器の実証とパッケージ化、更には表面探査技術の獲得を進め、その後は国際協力の枠組みを利用し、観測システムの広域展開等により本格的な科学観測を行うことが求めら

れる。

また、太陽圏システム探査と固体惑星探査のそれぞれにおいて表面探査技術、即ち、**その場観測技術、表面探査ロボット技術及び惑星保護技術**が重要である。太陽系探査システムに関する**その場観測技術**は、観測対象である惑星間空間や天体周辺空間において、その場のプラズマ・高エネルギー荷電粒子・中性粒子などの粒子の速度分布関数、電磁場の時系列データ等を取得することにより、惑星間空間、天体周辺空間の構造とその変動のメカニズムを理解するための技術である。また、それにより、惑星間空間、天体周辺空間の構造とその変動を予測するための技術である。**表面探査ロボット(探査ローバ)技術**は、走行技術、地形の画像処理、自己位置同定と地図の同時生成(SLAM [Simultaneous Localization and Mapping])、サンプリングや研磨、土壌の整地などの土木作業、これらを地上からの介在なしに行うための自律化・知能化、これらの技術を統合してローバを動作させるシステム技術などである。

宇宙探査ミッションを行う場合には、宇宙条約及びそのガイドラインである COSPAR 惑星保護方針を鑑み、**惑星保護技術**が重要となる。中でも、生命生息可能性のある天体(火星、エンセラダス、エウロパなど)を対象とした探査ミッションにおいては、滅菌・微生物汚染管理に関する基盤技術の獲得、設備・装置の整備、人材の育成、及びその適切な運用が重要であり、組立・試験・輸送・射場に至るまで、清浄度管理された空間(クリーンルーム)、及び微生物検査を行う実験設備の整備が重要となる。また、探査機に付着した微生物のサンプルの保存、それらの遺伝情報の取得が、世界的に標準化されており、これらの技術獲得および設備整備も重要である。

さらに、将来の我が国の強みとなりうる技術(太陽光推進技術、月面等での越夜・外惑星探査に向けた半永久電源の基盤技術等)の研究開発を行うことも重要である。

### ③ 国際宇宙探査・地球低軌道

深宇宙および地球低軌道において有人による宇宙活動を行うためには、活動の場となる拠点とそこへのアクセスと活動を支える技術として、**物質補給技術や有人宇宙滞在技術、遠隔化・自動化・自律化技術**等が重要である。

**物資補給技術**について、我が国においては、国際宇宙ステーション (ISS) への物資補給の宇宙ステーション補給機 (HTV) や新型宇宙ステーション補給機 (HTV-X) の開発により、優位性の高い技術を獲得してきており、これらを活用、発展させることが効率的かつ効果的である。

人が宇宙に滞在するための**有人宇宙滞在技術**については、特に、月等の深宇宙探査活動では、地球から提供する消耗品、補用品および飛行士によるメンテナンス等を最小限に抑えると同時に、遠隔地であることや宇宙特有の環境等に配慮した技術開発が重要である。

また、**遠隔化・自動化・自律化技術**も重要である。地球低軌道活動や月等の深宇宙探査活動では、遠隔地における厳しいリソースの制約とクルーの活動期間・人数の制限があるため、滞在拠点が無人になる期間やクルーの休憩時間等に、ロボットが人に代わり繰り返し作業や定型的な作業を自動で実施するクルー作業の代替・支援が重要となる。地球低軌道においては、これらの技術を活用することで、高い成果が期待される実験等の高頻度化と

効率化により、成果創出の加速や低軌道利用の拡大にも貢献できる。

地球低軌道活動において欧米や中印等が積極的に取組を進めているなか、我が国でも、産学官が自在かつ高頻度に活動できる場として上記の自律飛行型モジュールを構築するとともに、日本実験棟「きぼう」で培ったライフサイエンス、創薬、材料分野等に関する独自性や国際競争力の高い**宇宙環境利用技術**を継承・発展させた最先端の実験装置群を開発することが重要である。これらの技術開発では、将来の市場のニーズを取り込むことが必要である。これにより、官から民に主体が移行するISS運用終了後（ポストISS）においても、科学的・産業的価値の高い成果を効率的・持続的に創出し、我が国のプレゼンス維持、市場獲得、宇宙環境利用による社会課題解決等につなげる。

月等での活動にあたっては、**着陸技術**（月極域を含む高精度誘導制御技術、推進系技術、降着系技術等）を早期に確立することが重要である。探査活動の自律性を維持するためには、国内で確保、発展させていくことが重要な技術である。技術開発にあたり、単純に着陸するというだけでなく、狙った場所に高精度に到達できる能力を獲得することは、限られた科学的価値の有る場所や有人探査の拠点として利用できる場所へのアクセスが可能となり、戦略上も重要な意味を持つと考えられる。

月等の深宇宙探査の本格化に向け、月等の表面探査に必要となる我が国の優れた**エネルギー技術**（薄膜太陽電池、リチウムイオン電池（LIB [Lithium Ion Battery]）、再生型燃料電池（RFC [Regenerative Fuel Cell]）、省エネルギー技術、半永久電源等）を活用しつつ、**発電技術・蓄電技術・送電技術**の研究開発に取り組むことが重要である。

**月等の表面移動技術・作業技術**（走行機構技術、月面での航法誘導制御技術、掘削・採取技術等）は、着陸後の人や物の移動機能や、各種作業を実施するための作業プラットフォームとしての基本機能を提供する技術である。特に、移動機能は、人や物を目的地に到達させるだけでなく、月面で実施可能な科学・利用ミッションの幅を広げるための基本機能であり、探査範囲の拡大と成果の最大化につながることから、有人と圧ローバでの実用化を目指し、長期目標を定めて確実に技術獲得を進めることが重要である。

月探査においては通信・測位インフラも重要であり、国際協調で規格共通化や共同利用を進めていく方向性が示されている。今後、各国が協働で構築・整備する通信・測位インフラの開発、利用にあたって我が国がより優位に関わっていくための**通信・測位技術**の開発が重要である。（大容量リアルタイム通信の実現、小型軽量化、惑星間インターネット技術、月測位システム）

また、持続的な月面活動を可能にするためには、限られた資源から必要な物資を現地で調達・生産できる月面インフラの構築やそのために必要な技術を含めた、効率的な月面における**資源利用システム**が重要となる。（水資源探査技術、水資源利用技術（水抽出、液化、貯蔵）、建設・インフラ技術、月面での食料生産技術等）