

惑星探査コンソーシアム

① ビジョンの概要

近年の小惑星サンプル回収の成果から、今後 20 年で惑星探査と天文観測の接点が広がり、惑星系の分子進化から太陽系内の物質輸送を俯瞰する学術領域が生まれる。他方で、国際宇宙探査の急激な進展は、月・火星の科学が純粋科学の枠を超えて「人類の宇宙進出」に貢献することを強く求めている。人類圏の宇宙拡大の中で分野融合、産学連携、国際協調を進めながら惑星の起源や生命生存環境の探究が発展する未来を描く。

② ビジョンの内容

宇宙惑星科学分野のロードマップの公表以降に惑星科学分野のビジョンは大きく変わった。第一に、「はやぶさ 2」が小惑星リュウグウのサンプルを持ち帰り、世界の惑星科学者と日本社会に衝撃を与えた。他方で、電波望遠鏡の観測は惑星系外縁部でのダストの形成を明らかにし、光赤外の大望遠鏡は我々の太陽系外側の海王星外縁天体の姿をとらえている。ダスト形成が海王星外縁天体に、更には惑星探査機が持ち帰った小天体サンプルの分析に繋がることで、天文学と惑星科学の境界に新しい学術領域が生まれようとしている。しかし、従来型の惑星探査プロジェクトには a) 学生が個別プロジェクトに入れ込みすぎて系統的な人材育成に適さない、b) 獲得された技術が分散されてコミュニティに蓄積しない、という課題がある。今後 10 年間でこれらの課題を克服し、20 年後には未来の研究者が新領域を開拓している環境を整えることが必要である。

第二に、宇宙政策委員会の工程表が令和 2 年度に改定され、今後の月・火星探査は米国主導の国際宇宙探査の枠組みの中で進められることになった。国際宇宙探査は科学貢献を通して日本のプレゼンスを高める絶好の機会になる。一方で、「人類の宇宙進出」を掲げる国際宇宙探査は政策主導のトップダウンプロジェクトであり、民間事業者の参入とその基盤強化、裾野の拡大が科学に並ぶ重要項目である。20 年後の月科学は純粋科学の域を超えて異分野間融合や産学連携、国際協調を中心に展開される。その場合は、表層環境の理解と浅い地下構造の探査が月と火星に共通する探査技術の中心課題になるだろう。そうした「実学」とともに、惑星の起源や生命生存環境探究という純粋科学を並立させるために、まずは惑星科学分野として強固な中核を形成し、トップダウンの目まぐるしい転換に遅れを取らない体制を建てる必要がある。

③ 学術研究構想の名称

惑星探査コンソーシアム

④ 学術研究構想の概要

惑星探査コンソーシアムは、今後 20 年間の惑星科学分野の発展を見据えて、研究基盤を整備し、共同利用するためのバーチャル中核研究所である。既存のネットワークを活用して、効果的に、迅速に惑星探査科学の中核拠点を形成する。また、バーチャル拠点の可塑性を生かして、分野融合や産学連携、国際協調を進めて、ボトムアップ型とトップダウン型両方のプロジェクトが併存する 20 年後の宇宙開発において日本が世界最高水準の科学成果を創出しているための環境を形成する。コンソーシアムは搭載機器開発、惑星探査シミュレーション、地球外サンプル分析、惑星探査データアーカイブの 4 部門からなり、部門間の連携と運営、評価のために本部を置く。また他分野との連携を促進するための部を設置する。その成果は研究目的に加えて、科学振興のため民間事業者はもちろん、海外、一般も利用できるように情報発信を行う。

⑤ 学術的な意義

②でもふれたように、他の惑星系でのダスト形成（電波天文観測）と海王星外縁部の天体のサイズと軌道（光赤外天文観測）、そして惑星探査が持ち帰るサンプルの分析結果を繋ぐことで、「原始惑星系円盤内の化学進化と物質輸送を明らかにして惑星系形成論を実証する」という新たな学術領域が生まれる。我々の太陽系から遙か遠方の惑星系までを俯瞰して宇宙生物学を議論する土俵ができあがる。ただし、そのためには天文観測の精度・分解能を向上させるとともに、惑星探査がメインベルト小惑星や、さらに遠くの木星以遠の小天体まで到達してサンプルを持ち帰らなければならない。とりわけ、太陽系形成の鍵を握ると言われる雪線の位置をサンプルの同位体分析から明らかにすることが新たな学術領域でのブレイクスルーとなる。本構想はそのような大目標を夢で終わらせないための基盤形成を企図している。

国際宇宙探査における月探査の惑星科学的意義は、第一に、46 億年前の地球・月系の痕跡を探し出し、生命誕生以前の地球の姿を明らかにすることである。第二に、月では、地球型惑星に固有の大規模火成活動の

変遷を明らかにすることができる。加えて、国際宇宙探査という巨大国家プロジェクトに参加することで、広範な波及効果が期待できる。月面での資源開発は、原理的には地球の資源開発と同じ手法を用いて、同じ段階を経て発展していくと予測される。従って、月有人探査は、いずれは惑星科学に留まらず、地球惑星科学分野全体の対象に拡大するであろう。また、国際宇宙探査は宇宙産業を育成する。民間事業者が提案するムーンビレッジには多くの非宇宙産業が関心を寄せている。地球惑星科学は、月面環境と資源の利用、基地建設、人間活動の安全性確保など、様々な場面で貢献することができる。産業と科学のスムーズな連携のために、コンソーシアムは非常に重要な機能となる。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

本構想に深く関わる宇宙研プロジェクトは原則的にボトムアップ型である。従来型スキームでは、宇宙研の探査経験を大学・研究機関へ還流させてアイデアの実現性を高めていくことが肝要であるが、現状では受け入れを斡旋する責任体制が無く、宇宙研との連携が滞っている。トップダウン型の国際宇宙探査では、変化の激しい政策要求にコミュニティが臨機応変に対応しなければならない。学会の「来る10年」をコンソーシアムに取り込み強化して、多種多様な観測提案を用意する。海外では米国に SSERVI というバーチャル研究組織があるが、NASA の資金支援を受けている点では自立的な本構想と異なっている。

⑦ 社会的価値

第一に民間の宇宙開発事業者に向けたアウトプットとして、搭載機器開発部門では装置開発に民間企業との共同技術開発を取り入れる。また、宇宙実証を経た機器は、宇宙開発に新規参入する民間事業者とペアを組んで小型化・軽量化を行い、技術とノウハウの移転を行う。惑星探査シミュレーション部門と惑星探査データアーカイブ部門で開発する数値計算コードやデータ利用ツールでも開発に民間企業を導入し、オープンソースの民間利用を支援する。第二に、科学振興のためのアウトプットとして、惑星探査データアーカイブ部門で開発するデータ利用ツールは国内外の一般の方々でも利用し易いようにインターフェースを簡素化する。地球外サンプル分析部門は全国の科学館・博物館と協力して、地球外サンプルの一般公開を促進する。また、小・中・高の教育支援のための出前授業や SNS を利用したオンライン講演会を導入して普及に務める。

⑧ 実施計画等について

実施計画・スケジュール 搭載機器開発部門は、24-25 年度は国際宇宙探査の LEAD ミッションの科学検討を注視しながら、有力装置を絞り込み、開発中の装置を修正して LEAD へ適応させる。LEAD 以外にも月・火星探査の機会を伺いながら各機器の開発を継続する。惑星探査シミュレーション部門は 2030 年代半ばに計画されている火星地下水圏探査を念頭に、火星の気象と気候の数値計算コードを開発する。まずはデータ同化により火星大循環モデルの精度を上げ、次いで電磁気圏・プラズマ圏科学分野との協働により大気散逸を組み込む。最終的には地下水圏と大気の相互作用モデルを作成し、オープンソースとして公開する。地球外サンプル分析部門は MMX が持ち帰る火星衛星サンプル分析に向けて拠点の整備を行う。まずはサンプル分析施設的设计・建設する。同時に測定装置の較正を実施する。サンプルが獲得されれば、分析と高次キュレーションを行って成果創出に注力する。惑星探査データアーカイブ部門は、2020 年代の宇宙研ミッションに対してデータ公開とデータ解析ツールの提供、データアーカイブを行う。

実施機関と実施体制 搭載機器開発部門は立命館大学の新設センターがハブとなり、千葉工業大学、東京大学、立教大学、宇宙研が参加する。惑星探査シミュレーション部門は神戸大学 C P S がハブとなり、東北大学、宇宙研が参加する。地球外サンプル分析部門は宇宙研がハブとなり、MMX 及び国際宇宙探査の回収サンプル分析チームが参加する。惑星探査データアーカイブ部門のハブは会津大学である。国立天文台 RISE は本部として部門間の連携、調整を行い、(1)人材育成と分野連携、産学連携のためのスクール主催、(2)運営協議会の開催、(3)外部評価の開催、(4)ロードマップ策定・改訂の会議主催、(5)広報・普及活動、を担う。更に、分野融合・海外協力を専門に担当する部を東京工業大学 ELSI 設置する。

所要経費 コンソーシアムはバーチャル組織であるが、地球外サンプル分析は温度や湿度、清浄度が一定の環境で一貫した分析を実現する必要があるため、地球外サンプル分析部門の宇宙研ハブにサンプル分析施設を建設し、分析装置を集約する。総経費は10年間で37.5億円を見込んでいる。

⑨ 連絡先

竝木 則行（自然科学研究機構 国立天文台）