

国際宇宙探査における 科学探査の位置付けについて (進捗報告)

令和元年(2019年)11月25日

宇宙航空研究開発機構

宇宙科学研究所

藤本 正樹

第31回宇宙科学・探査小委員会(2019年9月5日)における主なご意見

- ✓ 宇宙科学・科学探査が、国際宇宙探査にどのように貢献するのか、国際宇宙探査の機会をどう活用できるのか、といった国際宇宙探査における宇宙科学・科学探査の位置付けについて、議論が必要ではないか。
- ✓ 火星や火星以遠の探査まで見据えながら、日本として何に取り組むべきか、国際宇宙探査の機会をどう活かすのか、といった課題や、科学的な意義についてもISASとコミュニティが協力して整理し、宇宙基本計画改定の議論にも反映していく必要があるのではないか。

第32回宇宙科学・探査小委員会(2019年10月1日)においてJAXAから提示:

検討の進め方

- 惑星科学全体による将来計画検討の結果・経緯を踏まえ、惑星科学コミュニティと議論し、宇宙科学研究所として意見集約する。
- 国際宇宙探査専門部会の下で、分科会として検討チームを編成。

検討内容

以下の観点で20年先を見据えた当面10年を考慮し検討を進める。

- 工学理学の連携
 - ✓ 深宇宙進出の観点から月探査においても活用が見込まれる超小型探査機のシナリオの構築。
- 工学
 - ✓ 月面探査・深宇宙進出の観点からのGateway活用・月水資源活用の整理。
- 理学
 - ✓ 月全球へのアクセスが可能にする惑星科学の展開。
 - ✓ Moon- to- Marsの観点からの月面探査計画の整理・活用。

- 理学に関しては、異なる文脈においてではあるが、過去から検討がされてきたこと。一方で、工学アカデミアがこのレベルに踏み込んで検討を行うことは新しい取り組み。
- 理学、工学と課題が分かれているかのように見えるが、理工合同で検討を進めることが必要。特に、月面水資源に関する検討、超小型探査機の活用に関して、この側面が強いことを留意。
- 超小型探査機の活用に関して、日本で活用できるリソース量を考えれば、太陽系の外側領域の探査、あるいは、月・火星での多数分散探査・高頻度探査は超小型探査機を活用して行う必要がある。逆に、理工連携により超小型探査機での魅力的な探査を推進すれば、日本の強みを伸ばすことにつながる。

工学・技術検討におけるアクション (時系列順)

1. 国際宇宙探査専門委員会の機能強化を開始。

- 同委員会が果たすべき役割実現を目指して、主体的な形でJAXA国際宇宙探査センターとアカデミアを橋渡しする機能、さらにはより幅広い分野において探査に主体的に参加するプレイヤー層を拡大させる機能を充実させる。
- その端緒として宇宙工学分野のメンバーを中心とした検討チームを立ち上げ、宇宙科学・科学探査が国際宇宙探査にどのように貢献するのか、国際宇宙探査の機会をどう活用できるのか、について、「日本として獲得すべき技術は何か」という観点から早急にまとめることとした。

2. 以下の問いに工学・技術的視点で答えるための検討チームを結成した。

問1「月に水があるのか、あるとしたら、どれくらい? どの深さに?」

問2「もし問1に答えられないなら、どうすれば分かるか?」

問3「国際宇宙探査を通して、宇宙科学コミュニティが参加する科学的意義は何か?」

- 月面の水資源利用は理工共通のキーワードと考えている。
- 軌道間輸送 OTV (Orbit Transfer Vehicle) の枠組みにおいて、Gatewayの利用や月面離着陸を検討。
- 表面移動技術、深部内部探査： 石上玄也（慶応大）、小林泰三（立命館大）
- ペネトレータ、材料工学： 後藤 健（ISAS）
- 水を推進剤とする推進系： 小泉宏之（東大）
- 輸送系： 永田晴紀（北大）、徳留真一郎（ISAS）、船木一幸（ISAS）
- 超小型探査機： 船瀬 龍（ISAS）
- 衛星システム、重力天体への着陸： 福田盛介（ISAS）
- アストロダイナミクス： 津田雄一（ISAS）
- OTV、MMX： 川勝康弘（ISAS）
- 軌道決定： 竹内 央（ISAS）
- 全般： 山崎直子（宇宙飛行士）

3. 国際宇宙探査センターによる国際宇宙探査シナリオの説明会を2回実施
国際宇宙探査専門委員会委員および宇宙理学・工学コミュニティメンバに対して現況報告と意見交換を行った。
4. Gateway利用のサイエンスを再整理するためにTFメンバーと討議開始
初期運用と本格運用それぞれにおける成果創出可能な研究の識別から始めた。
5. NASAが提案するアーキテクチャに関連する源泉資料の入手
以下、主要な資料。
 - DSG-RQMT-001 Gateway Requirements Document
 - DSG-ADD-001 Gateway Architecture Definition Document
 - DSG-CONOP-001 Gateway Concept of Operations
 - DSG-CONOP-002 Utilization Concept of Operations for The Gateway
 - 宇宙機関Technical Interchange Meeting資料
6. “戦略的に獲得すべき宇宙科学技術”として定義されていたもので、国際宇宙探査への参加によりその獲得が加速されるものを抽出（10/17）
ISAS「宇宙科学技術ロードマップ 初版」を参考資料とする。
7. 工学・技術検討チームによるNASA Gateway資料の査読終了（10/25）
「本当に宇宙科学の将来展望を可能にするものであるのか？」の視点でNASAのGateway資料を査読し、技術的成立性と新たな工学の展開可能性を改めて検討する。

<11/25までに完了させるアクション>

- 現有の科学・探査のミッション構想に基づく既存の技術ロードマップに対して、技術のマッピングをしているが、今後、アルテミス計画の分析を進め、科学・探査との相乗効果が高い参加項目や技術開発項目を抽出していく。
- 理学検討チーム発足、TF中間報告書からの重要項目分類開始 (10/21)
- 工学検討チームによるNASA Gateway資料査読結果を理学検討チームに展開 (10/31)
- 工学検討チームによるJSEC国際宇宙探査シナリオの分析開始 (11/1)
- 宇宙科学技術連合講演会にて専門委員会活動の紹介 (11/8)
- 国際宇宙探査専門委員会にてレビュー会用資料（ドラフト）の概要説明 (11/15)
- レビュー会に向けて4つのTF報告書（詳細版）の一般公開 (11/21)

A. レビュー会用資料案作成

工学と理学の検討結果をマージして、国際宇宙探査専門委員会として仕上げる。

B. Gateway利用のサイエンスの再整理

Gateway TF中間報告の改訂作業。Phase 1とPhase 2におけるテーマ実施の切り分け含む。

<11/25以降の検討課題>

- Gatewayに関する検討を先行しているが、今後、アルテミス計画の他の要素（月面で何をするか）に検討を広げていく。
- レビュー会 (12/7) @相模原キャンパス大会議場

12/7開催のレビュー会に向けての進捗

12/7開催のレビュー会に向けて、理学・工学検討チームの協働によりレビュー資料「（仮）日本のアルテミス計画参加に向けた理学的・工学的検討」を作成中。以下、構成を示す。

1. はじめに

1. 1. 背景
1. 2. 宇宙科学・探査小委員会からの問いかけ
1. 3. 検討チームの構成
1. 4. 検討の経緯

2. 月における水（氷）探査に関する検討

2. 1. 「Q1. 月に水はあるのか？あるとしたら、どれくらい？どの深さに？」
2. 2. 「Q2. もしQ1に答えられないなら、どうすれば分かるか？」

3. 理学コミュニティが参加する科学的意義検討

3. 1. アルテミス計画への日本の参画について
3. 2. 「Q3. 国際宇宙探査を通して、理学コミュニティが参加する科学的意義は何か？」

4. アルテミス計画への参加に向けた新たな工学提案

4. 1. Gateway統合アーキテクチャおよび機能の概略
4. 2. 参加項目の条件設定
4. 3. 工学提案例

5. おわりに

6. 参考文献

惑星科学界における検討状況

Q1. 月に水はあるのか？

あるとしたら、どれくらい？どの深さに？

Q2. もしQ1に答えられないなら、どうすれば分かるか？

Q3. 国際宇宙探査を通して、理学コミュニティが参加する科学的意義は何か？

■Q1, Q2については、それらへの回答が宇宙理工学委員会に設置された国際宇宙探査専門委員会のタスクフォース（月極域探査タスクフォース）の報告においてまとめられている。学界でのレビューを経てから、その内容を国際宇宙探査専門委員会の報告に盛り込む作業を行う。

- Q3に関連する検討は4つのタスクフォースにおいて行われ、それぞれ、タスクフォースレポートとしてまとめられている。そこでは、月の科学を深化させるという観点だけではなく、「月から火星へ」という視座を持つことが月での探査活動を惑星科学の推進に最大活用する上での鍵であることも述べられている。それらのレポート内容は、学界でのレビューを経てから国際宇宙探査専門委員会の報告に盛り込む作業を行う。
- これらの活動は、探査小委員の竝木（国立天文台）を中心に、臼井（JAXA・火星探査）、諸田（東大・コミュニティ代表）、大竹（JAXA、月極域探査）がコアメンバーとなり進めている。
- 上記の理学チームでの議論の結果、「月から火星へ」の探査においては、工学技術の連続性・発展性と切り離れた検討はその科学意義・価値を大きく毀損するとの結論に達し、理工の検討結果を有機的に盛り込んだレビュー会資料を作成することになった（P7）。
- 国際宇宙探査を推進していく上で惑星科学人が果たすべき役割、また、上述の活動を探査専門委員会において進めていくことについて、10月初旬にあった日本惑星科学会において議論した。
- 「月から火星へ」においては理学的には探査頻度の向上の観点から、「超小型探査機の活用」がキーワードの一つである。その観点からの討論会も惑星科学会において開催した。

報告書の理エアカデミアによるレビュー

- 国際宇宙探査専門委員会による報告書提出期限は年末である。12月7日(TBD)、理エアカデミア・メンバーを集め、提出に向けて準備最終段階にある報告書のレビュー会を開催する予定である。