

# 月面科学の具体的な進め方について

令和5年（2023年）12月5日

宇宙航空研究開発機構

宇宙科学研究所

# 1. 進め方に関する具体的な方針



月・火星に関する宇宙基本計画における方向性に基づき、下記の方針で月面科学を進める。

## 1. コミュニティと連携し、国際宇宙探査の機会を活用

月面におけるサイエンス全般について、JAXA宇宙科学研究所宇宙理工学委員会等を中核としてコミュニティと連携して国際宇宙探査の機会を活用。

## 2. 月面の科学を2本柱としてプログラム、戦略的に対応。

① 月面3科学（宇宙基本計画記載の「月面における科学」（i. 月面からの天体観測（月面天文台）、ii. 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、iii. 月震計ネットワークによる月内部構造の把握）を指す）

月面での科学成果創出はISSの科学に比べ準備の難易度が高いため、我が国として中核テーマ（月面3科学）が設定された。**月面3科学は次頁シナリオに基づき、プログラムの進め、確実な科学成果の創出を図る。**

② 月面3科学以外のテーマ

アルテミス計画等のアドホックな搭載機会に対して都度最適な宇宙科学を行う。機会を最大限活用すべく、コミュニティに対する情報提供や事前の準備等を行う。

## 3. 月以遠の探査へ向けた先導的な技術・科学ミッションの実施

新たな宇宙基本計画に基づき、2030年代後半以降には国際調整の開始が見通される国際火星探査へ向けた先導的な火星本星探査について検討を進める。その際、月面探査を火星含めた月以遠探査への技術実証機会として積極的に活用する。

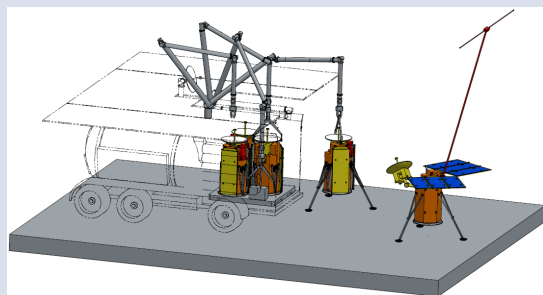
月面の科学実現にあたって、日本の強み技術を最大限に活用する。

### <月面の科学3テーマ>

①

月面からの天体観測  
【月面天文台】

- ・ IKAROS等で培った軽量なアンテナ展開技術
- ・ アルマ望遠鏡 (ALMA) 等で培った電波天文技術

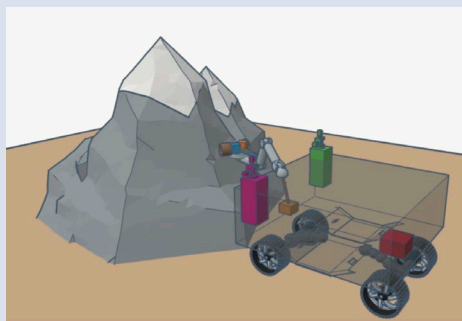


月面天文台設置イメージ

②

重要な科学的知見をもたらす月サンプルの選別・採取・地球帰還  
【月面サンプルリターン】

- ・ はやぶさ等で培ったロボティクス技術、リモートセンシング技術（その場観測技術）、サンプル分析/保存技術

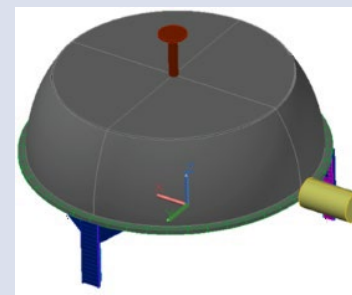


ローバによる月面サンプル採取イメージ

③

月震計ネットワークによる月内部構造の把握  
【月震計NW】

- ・ LUNAR-A、Dragonflyで培った宇宙用地震計技術（我が国の地上用途の強みを持つ地震計技術を宇宙仕様化することで、更なる強化を図る。）
- ・ PROCYON、OMOTENASHI、EQUULEUS等超小型探査機で培った小型パッケージ技術



月震計ユニットイメージ

## 2. 前のご報告時からの月面科学の具体化に関する進捗



### ①. 有人と圧ローバのミッション定義審査の完了

- 国際宇宙探査センターにおいて10月末にミッション定義審査（MDR）が実施され、完了。
- 月面3科学をユースケースとしてミッション要求が設定されており、現段階で月面3科学の実施に対応する有人と圧ローバが計画されている。

### ②. フロントローディングの開始

- フィージビリティスタディを踏まえた、月面3科学（特にミッション部を中心とした）フロントローディングが開始。
- 有人と圧ローバ等の搭載機会側の進捗と並行して、月面3科学の観測機器等の技術成熟度の向上を今後進める。

### ③. NASA科学局-ISAS間の対話の本格化

- 従前、国際宇宙探査センター中心に有人と圧ローバのI/F要求の聴取を行ってきたNASA科学局との対話について、月面科学の協力可能性について協議すべく、ISASも月面科学のPIと連携のうえ、組織的に参画することを決定。
- 月面への輸送機会は限定される。今後協力が適切な分野について見極め、可能性を探る。

### 3. 宇宙科学から見た現状の課題



今後、科学機器に関するフロントローディングを本格化する。国際協力計画において科学的な成果を挙げ、人類の英知への寄与、及び国際的なプレゼンスの向上にも貢献していくが、そのうえで、現状、以下の課題が挙げられる。

#### ① 具体的な搭載機会の確保・明確化

- 科学機器側とランダー側間の機能配分、着陸地点の選定、越夜への対応等、ランダー側とのI/F調整を踏まえたフロントローディングが必要。直近、どのような搭載機会をターゲットにした技術検討を行うか、I/F条件の明確化が課題。
- 他方、月面への輸送に係る経費は相当な規模と推察されるなか、月面への至る機会は、国内手段だけではなく、NASAアルテミスの余剰スペース等、多様な機会を最大限、活用を図ることが重要。早期かつ高頻度な月面への搭載機会を獲得するため、各科学機器は、多様な機会に迅速に対応できるよう、可能な限り自立・標準化が望まれる。
- 直近の国内搭載ミッション及び、海外の搭載機会の両面で、具体的な搭載機会の確保・明確化が課題。

#### ② 国際協力計画における科学機器の搭載プロセスの明確化と技術的準備の加速

- 国際協力計画として、科学機器等のペイロードの搭載は国際間の協議によって決定する調整が進められている。そのためのプロセスについて明確化されると、より準備が行いやすい。
- 特にNASAアルテミスの相乗り科学機器募集等ではこれまで、高い技術成熟度（TRL）と実現性が求められると認識。各科学機器のTRLを早期に向上させることが、より多くの機会確保において重要。
- 各科学機器は大学・研究機関含めたコミュニティの持つ先端的な知見により担うことが期待されるところ、早期のTRL向上へ向けた投資が課題。

## 4. 今後の取組にあたっての方向性



前頁までの内容を踏まえ、当面、次に示す方向性で月面の科学の具体化を推進したい。

### ① 多様な月面輸送機会の確保に資する標準的なペイロードのシステム概念検討に着手

- 有人と圧ローバの立ち上がり、民間月面輸送サービスの具体化、NASA科学局との科学協力の議論の着手等を踏まえ、今後月面輸送機会は、JAXAによる輸送、国際協力（CLPS）、民間サービスの利用等、多様化することが予想される。
- 月面3科学は特性上、複数かつ多様な地点での設置により、一層科学的成果が向上する。
- 有人と圧ローバへの搭載を含め、早期かつ多様な月面輸送機会をとらえるため、月面3科学の各ペイロードは可能な限り自立・標準化を図る。また、可能な限り搭載機会のハードルを下げるため、各機器の小型・軽量化を図る。

### ② ISASにおける月面3科学の体制強化

- 今後、従前のサイエンス計画や技術検討に加え、国際調整、企業との調整、コミュニティとの調整等、月面3科学への対応が本格化する。
- アルテミス計画の機会を活用して科学的成果を最大限創出するため、ISASやコミュニティでの体制の拡充を図る。特に「結節点」としてISASにおいて宇宙科学協力に関する国際協力の調整を含めたJAXA内外のI/Fを定常的に担う体制の構築が重要。

### ③ 月探査促進ミッションの具体化とIF調整の着手

- 実施・提供主体が官民いずれにせよ、プリカーサとして月面輸送を行う月探査促進ミッションの予算確保（開発費や月面輸送費）等の現実を踏まえた具体化と、科学機器側とのI/F調整を進める。

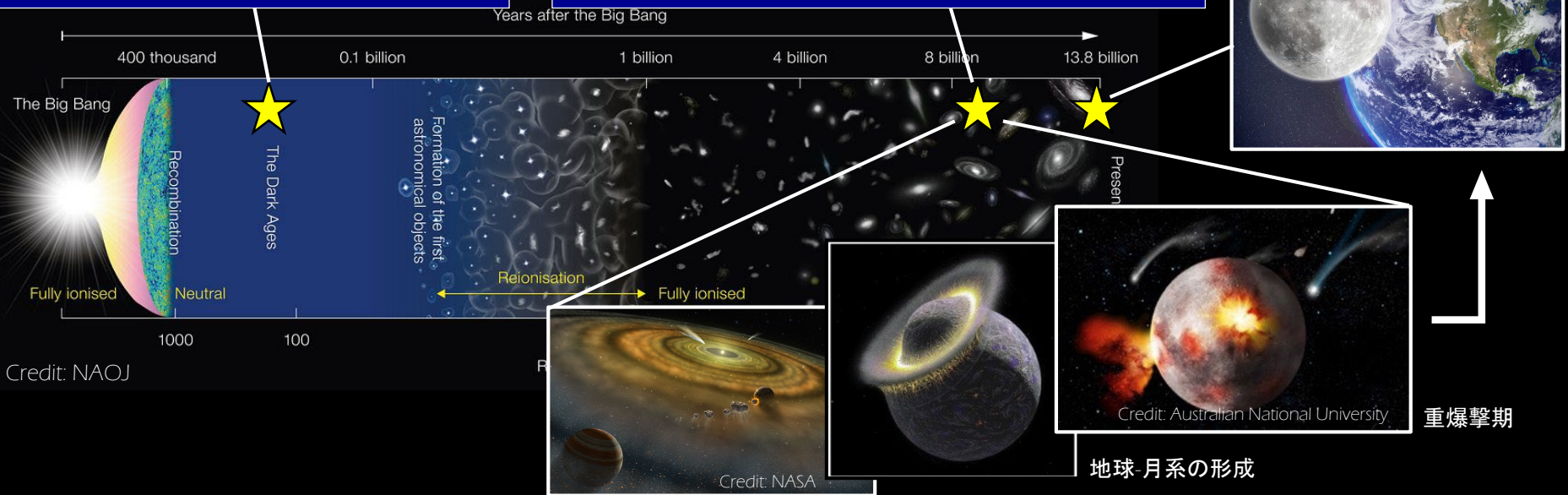
- 月面3科学により、宇宙誕生から現在の地球-月系に至るまでの進化の理解を進める。

月面天文台：

天体形成以前の暗黒時代の  
中性水素線  
→ 宇宙初期の進化モデル  
→ 宇宙の構造の初期条件

月面SR, 月震計NW：

コアサイズ, 地殻厚・組成  
→ 地球・月系の形成条件と初期状態  
衝突地形の形成年代  
→ 太陽系初期の大規模構造進化



重爆撃期

地球-月系の形成