



月面ミッションフィージビリティスタディ 活動結果報告

2023年5月18日

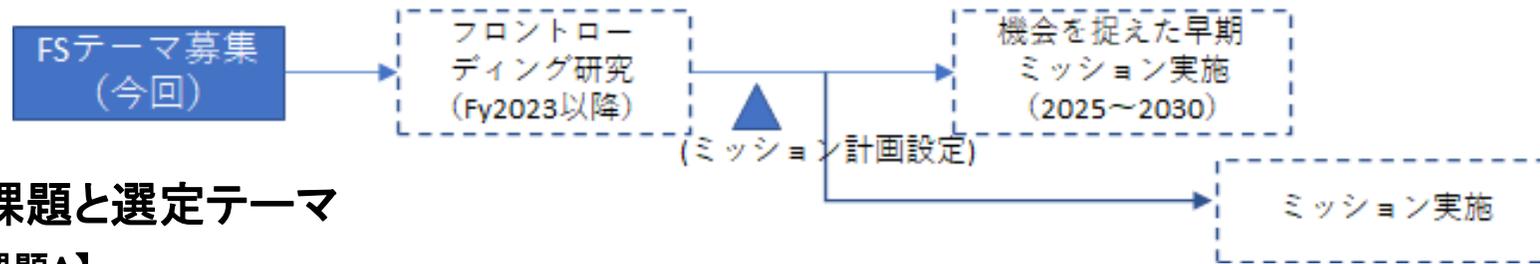
国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構
国際宇宙探査センター

月面ミッションフィジビリティスタディ(FS): 概要

※第46回宇宙科学・探査小委員会で募集を報告

1. 活動概要:

- ✓ アイデアレベルの提案を広く募り、技術的な観点及びリソース（搭載質量やサイズなど）からの実現性の検討を実施。
- ✓ 2021年5月に「月面活動に関する基本的な考え方」に取り纏められた通り、アルテミス計画における月面活動の機会を活用し、アポロ計画に匹敵するインパクトをもって科学を大きくアップデートさせることを目指し、第一級のテーマについて広範な科学分野からの参加を得て検討し、SLIMにおいて獲得する高精度着陸技術や有人圧ローバ等を活用することも含め我が国が主体的に取り組むべき科学プロジェクトを具体化することを目的とした。
- ✓ 2課題に分けたテーマを募集し、2022年2月10日に4テーマの選定を発表。2022年度末まで約1年をかけFSを実施した。



募集課題と選定テーマ

【課題A】

持続的な月面探査と月面利用の拡大に不可欠な月面環境情報の取得並びにそれに基づく環境予測モデルの構築

【課題B】

世界をリードする成果の創出が期待される月面科学の3領域

- 月面からの天体観測(月面天文台)
- 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
- 月震計ネットワークによる月内部構造の把握

	課題名	代表研究者
課題A	月面利用の拡大に向けた超小型・高機能な宇宙放射線環境の計測技術とリアルタイム被ばく線量評価システムの構築	名古屋大学 三好由純氏
課題A	マルチスケール月面誘電率計測のフィジビリティスタディによる月浅部地下探査新手法の検討	東京大学 宮本英昭氏
課題B	水資源探査とも連携した宇宙の暗黒時代に迫るガンマ線・低周波電波の月面天文台	理化学研究所 榎戸輝揚氏
課題B	第一級の月面科学を実現するためのシナリオと実現性の検討	JAXA/ISAS 佐伯孝尚氏ら

✓ 提案者チームを中心に以下検討を実施;

- 提案されたアイデアの具体化(研究目標と期待される成果の再検証と最適化)
- 実現性のあるリソースの検討
- 技術的課題の洗い出しと解決策の検討
- 研究体制の検討・構築
- 全体研究計画(案)、マイルストーンの作成(想定資金計画の検討を含む)
- 月面での科学に必要なキー技術の検討とそのフロントローディング活動計画
- 科学からの有人与圧ローバー等への要求の検討

✓ 4テーマ全てにおいて、予定していた検討を完了。

✓ ミッション実現に向け、月面搭載機会に向けたマイルストーン等の検討を開始。

月面ミッションフィジビリティスタディ(FS): 今後の進め方

- ✓ 各テーマの観測機器類について、国際宇宙ステーションやゲートウェイを活用した実証、LEADや与圧ローバ等への搭載の可能性検討を進める。
- ✓ 上記の実証機会・搭載機会を見据えて、フロントローディング研究(FL)を進める。FLは、引き続き理工学合同委員会と連携のもと進めていく。

	課題名	代表研究者	観測機器類	想定される最初の搭載・実証機会 (JAXAにて検討中)
課題A	月面利用の拡大に向けた超小型・高機能な宇宙放射線環境の計測技術とリアルタイム被ばく線量評価システムの構築	名古屋大学 三好由純氏	リアルタイム被ばく線量計測(PS-TEPC) ／被ばく管理	Gateway船内(ISSでの実証は済み)
			太陽高エネルギー粒子銀河宇宙線のエネルギースペクトル計測(Lunar-RICHeS) ／被ばく管理	ISS/きぼう船外、Gateway船外(他同類機器との比較検証)
			電子のエネルギースペクトル計測(LEXUS) ／帯電評価	Gateway船外(あらせ衛星での実証は済み)
課題A	マルチスケール月面誘電率計測のフィジビリティスタディによる月浅部地下探査新手法の検討	東京大学 宮本英昭氏	地中レーダー(GPR) ／地下構造探査、資源探査、障害物探査	有人与圧ローバ(無人、有人)
課題B	水資源探査とも連携した宇宙の暗黒時代に迫るガンマ線・低周波電波の月面天文台	理化学研究所 榎戸輝揚氏	超小型中性子・ガンマ線モニタ(MoMoTarO) ／低周波電波と組み合わせた時間軸天文学、水資源探査	ISS/きぼう船外(実証)、LEAD
課題B	第一級の月面科学を実現するためのシナリオと実現性の検討	JAXA/ISAS 佐伯孝尚氏	月震計 ／月の内部構造、浅部構造	LEAD、有人与圧ローバ(無人、有人)
			低周波電波測定アンテナ ／1-50MHz帯の電波観測	
			研削機構、ラマン分光計、分光カメラ・LIBS等 ／サンプル採取、サンプルその場分析	

参考

月面利用の拡大に向けた超小型・高機能な 宇宙放射線環境の計測技術と リアルタイム被ばく線量評価システムの構築

【参加機関】★:代表機関(以下同様)

★名古屋大学、東京大学、原研、慶応大学、神戸大学、理研、高エネ研、京都大学、JAXA

【概要】

放射線環境を測定する装置を開発するための研究を行い、ローバーにも搭載可能な省電力かつ小型で可搬性のある計測装置を開発することを目指す。具体的には、人体に被害を及ぼす高エネルギーのイオン放射線や、機器や構造物に影響を与える電子放射線を対象とした計測技術開発を行う。

- (1)被ばくに関する宇宙放射線(イオン)計測技術開発
- (2)帯電に関する宇宙放射線(電子)計測技術開発

【活動サマリ】

(1)についてはPS-TEPC(陽子・重粒子の被ばく線量計測)、及びLunar-RICHeS(太陽高エネルギー粒子、銀河宇宙線のエネルギースペクトル計測)、(2)についてはLEXUS(磁気圏・惑星間空間電子のエネルギースペクトル計測)の各計測装置について、ASICの採用により小型・軽量化を図り、回路設計、試作、照射試験等を実施し、概ね設計通りに動作することを確認した。

マルチスケール月面誘電率計測の フィジビリティスタディによる 月浅部地下探査新手法の検討

【参加機関】

★東京大学、東北大学

【概要】

月面での基地建設や資源獲得の観点で重要性が高いと考えられる月浅部の観測手法として、電磁波を地中に放射し反射波を捉える地中レーダ法があり、観測が高速(ミリ秒以下)でローバ等の移動体に搭載しつつ非接触で広範囲の地下構造を把握できる利点がある。本FSでは地下物質の誘電率の絶対値を地中レーダ観測と同時に観測することで、観測した地下構造の正確な深度推定を可能とすることを目指す。

【活動サマリ】

誘電率の測定法として、(1)反射伝送法、(2)集中定数法(インピーダンス計測)、(3)モノスタティック法(エコー強度法)、(4)マルチスタティック法の4種類について、原理確認のための実証実験を行い実現性を確認するとともに、上空からの観測可能性についても検討を行った。また、観測装置の搭載形態(ローバー、宇宙飛行士、着陸機)に関する考察を行った。

水資源探査とも連携した宇宙の暗黒時代に迫るガンマ線・低周波電波の月面天文台

【参加機関】

★理化学研究所、国立天文台、近畿大学、広島大学

【概要】

月面の水資源探査を行える放射線モニタ(MoMoTarO)の開発を通じて、熱・熱外中性子の検出だけでなく、深宇宙からのガンマ線バーストなどの天文学研究に利用可能なガンマ線モニタ(0.3-10MeV)や地球では観測が難しい低周波電波モニタ(10-100MHz)の同時観測を狙う。さらに月周回機の活用により中性子寿命の測定への活用の可能性を検討する。

【活動サマリ】

- MoMoTarOプロジェクトの科学目標の設計と新しい学際融合研究チームの結成
- 第一世代MoMoTarOモデルの概念設計と製作、電子回路およびソフトウェアの開発
- MoMoTarO搭載素子の放射線耐性の検討
- 低周波数電波での概念設計
- 低周波電波・ガンマ線の月面天文台の科学検討
- MoMoTarOのGeant4シミュレーションの構築
- 極低含水率の月模擬土壌シミュラントの作成法 の確立と含水率測定
- 月周回機を用いた中性子寿命の測定 の検討

第一級の月面科学を実現するためのシナリオと実現性の検討

【参加機関】

★JAXA/ISAS、国立天文台、東京大学、立教大学、九州大学、パリ大学

【概要】

月面3科学(月面天文台, 月面SR, 月震計NW)の合同チームにより、各科学の意義や得られる科学成果の整理とフィジビリティ検討とともに、日本が月面活動を継続的に実施するための技術獲得について、プログラム視点を導入した検討を行う。具体的には、月面活動のための共通キー技術を抽出し、それらを段階的に実証しつつ、科学観測による一級の科学成果を獲得する複数の無人ミッションの検討を行う。

【活動サマリ】

- 3科学の科学目標と期待される成果の整理
- シナリオ検討
- ミッション形態と必要リソースの検討
- フィジビリティ向上のための検討
- さらなる技術課題の洗い出しと解決策の検討
- 研究体制の検討と、人材育成や企業との関係の検討
- フロントローディング活動計画の検討