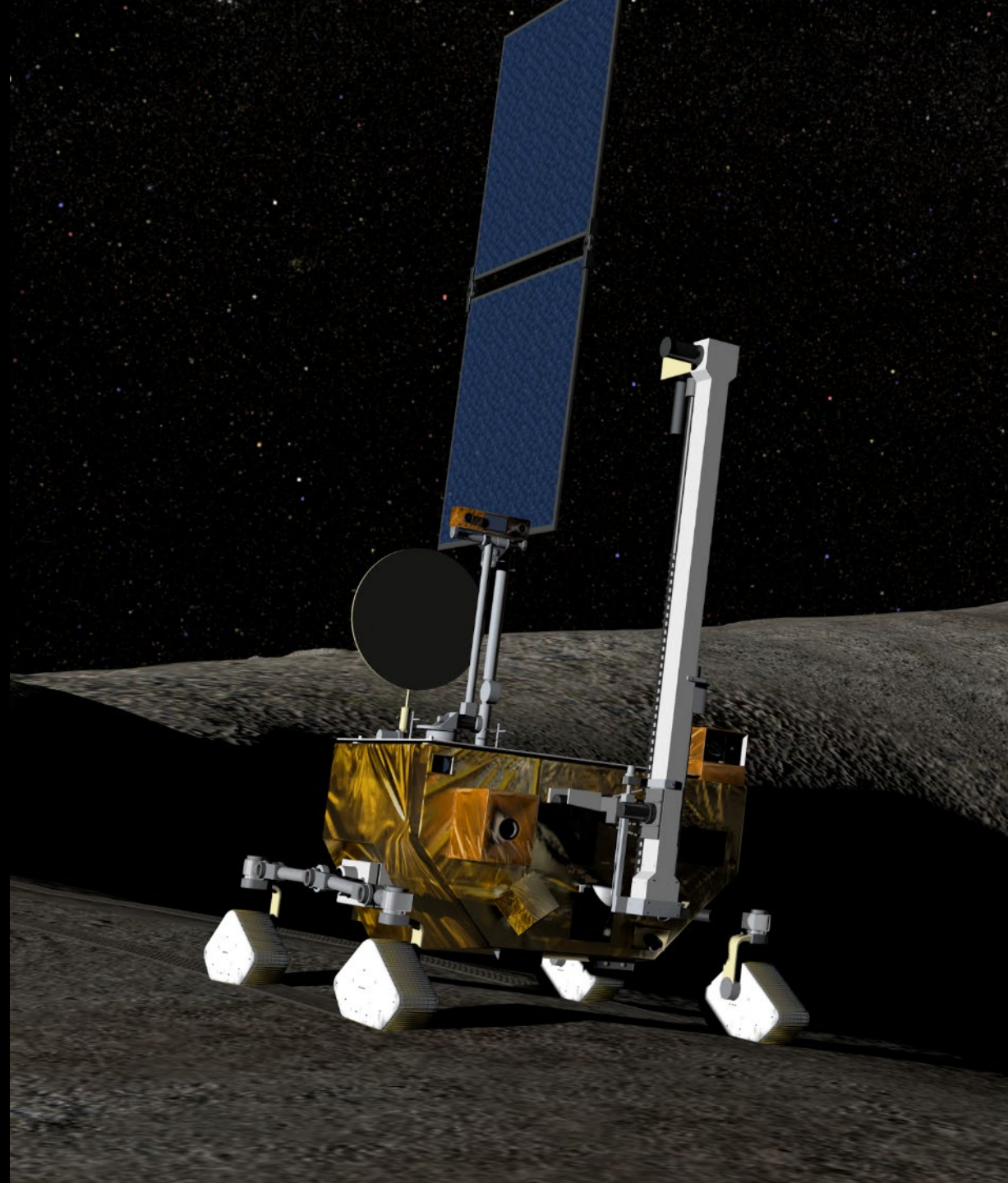


# 月極域探査機(LUPEX)プロジェクトにおける ローバの移動及び掘削技術

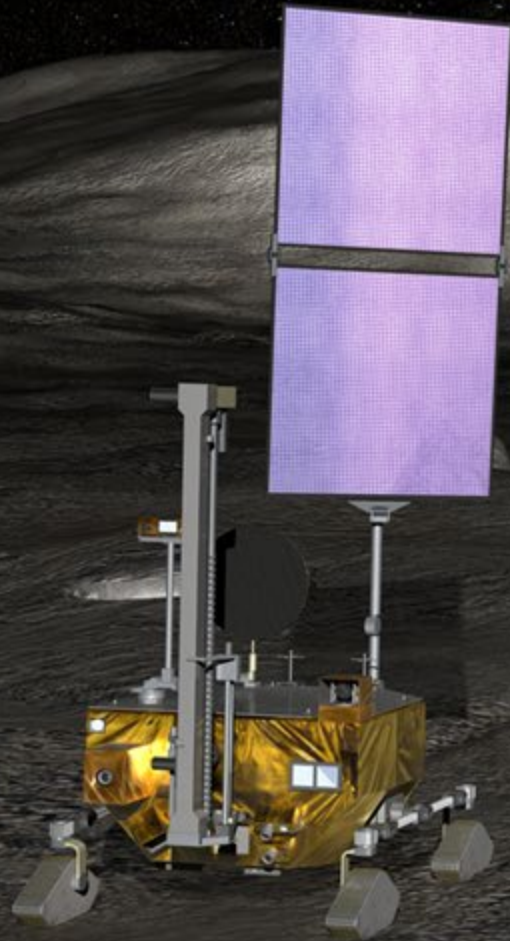
○須藤 真琢, 若林 幸子, 勝又 雄史, 島田 潤, 星野 健, 大槻 真嗣, 平澤 遼, 藤岡 夏 (JAXA)

# Outline

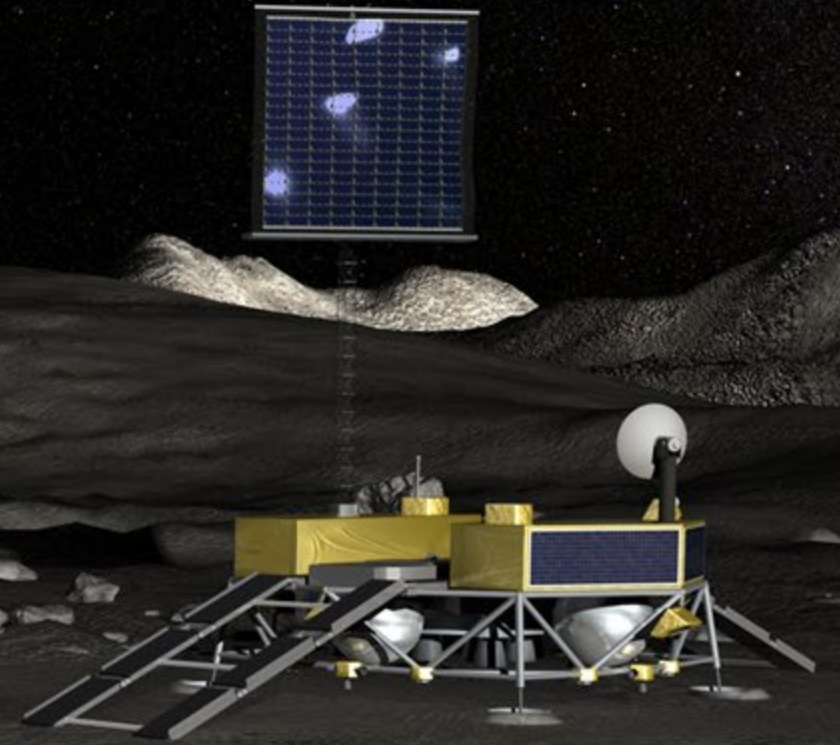
- ◆ 月極域探査機(LUPEX)プロジェクトとは？
- ◆ ローバの移動技術の概要
- ◆ ローバの掘削技術の概要
- ◆ まとめ



# 月極域探査機プロジェクト(LUPEX)



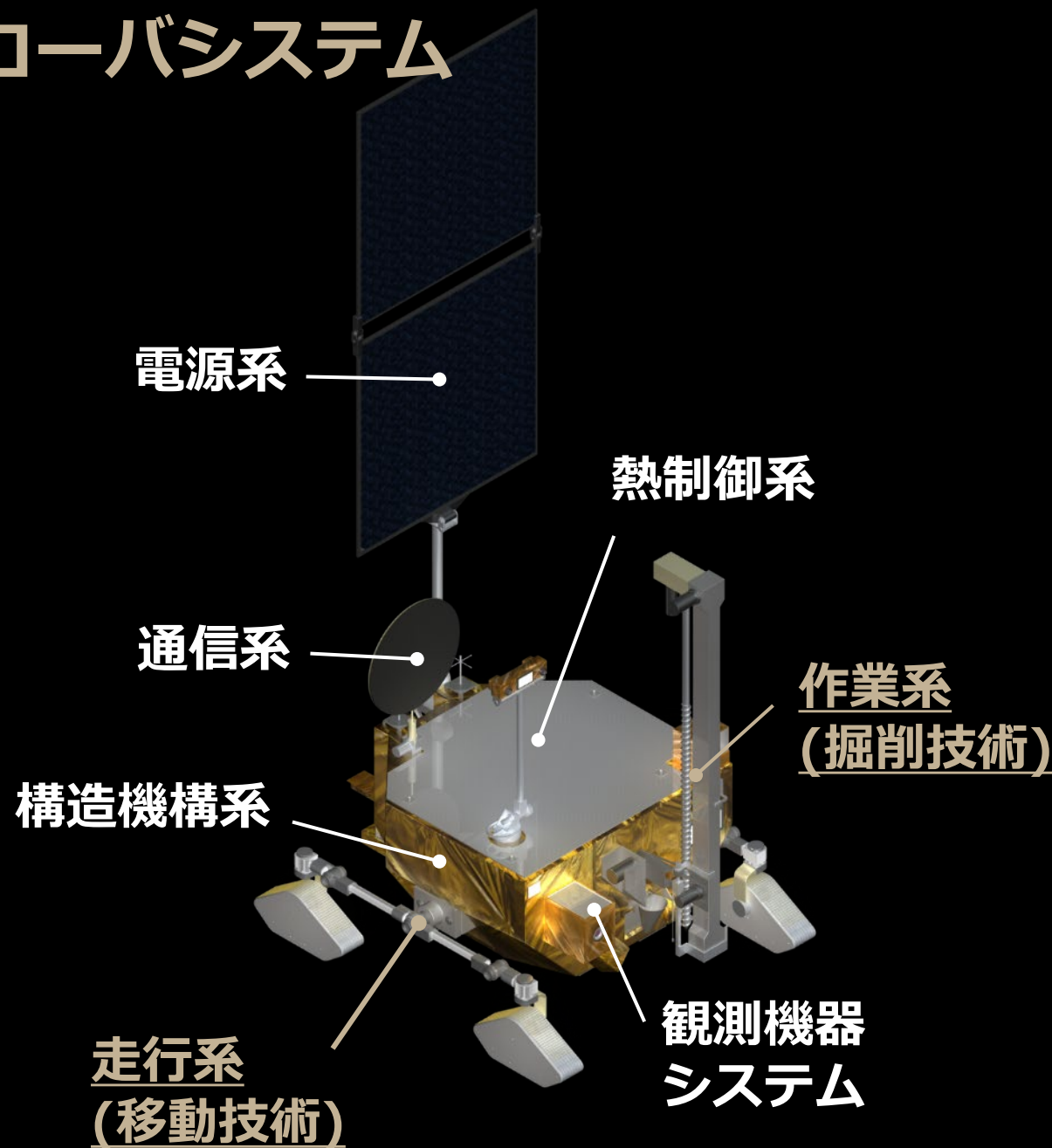
日本が開発する  
探査車(ローバ)



インドが開発を担当する着陸機

- 水の量及び質に関する定量データの取得
- 将来の月面活動に必要な「移動」「越夜」「掘削」等の重力天体表面探査に関する技術の獲得

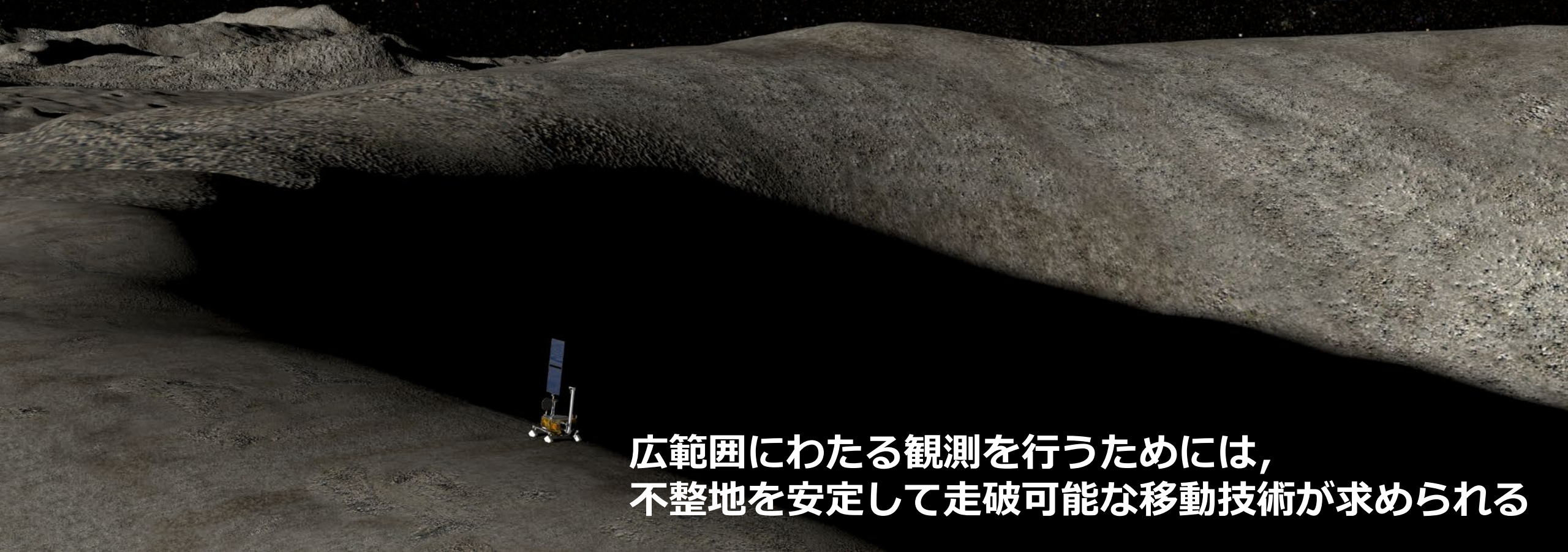
# ローバシステム



◆ ローバ質量  
350kg (観測機器含む)

<構体内部>  
モータ制御系  
データ処理系  
航法誘導系  
搭載ソフトウェア系  
計装系

細かな砂(レゴリス)で覆われた月の表面  
急斜面が点在する山岳地帯である月の南極域



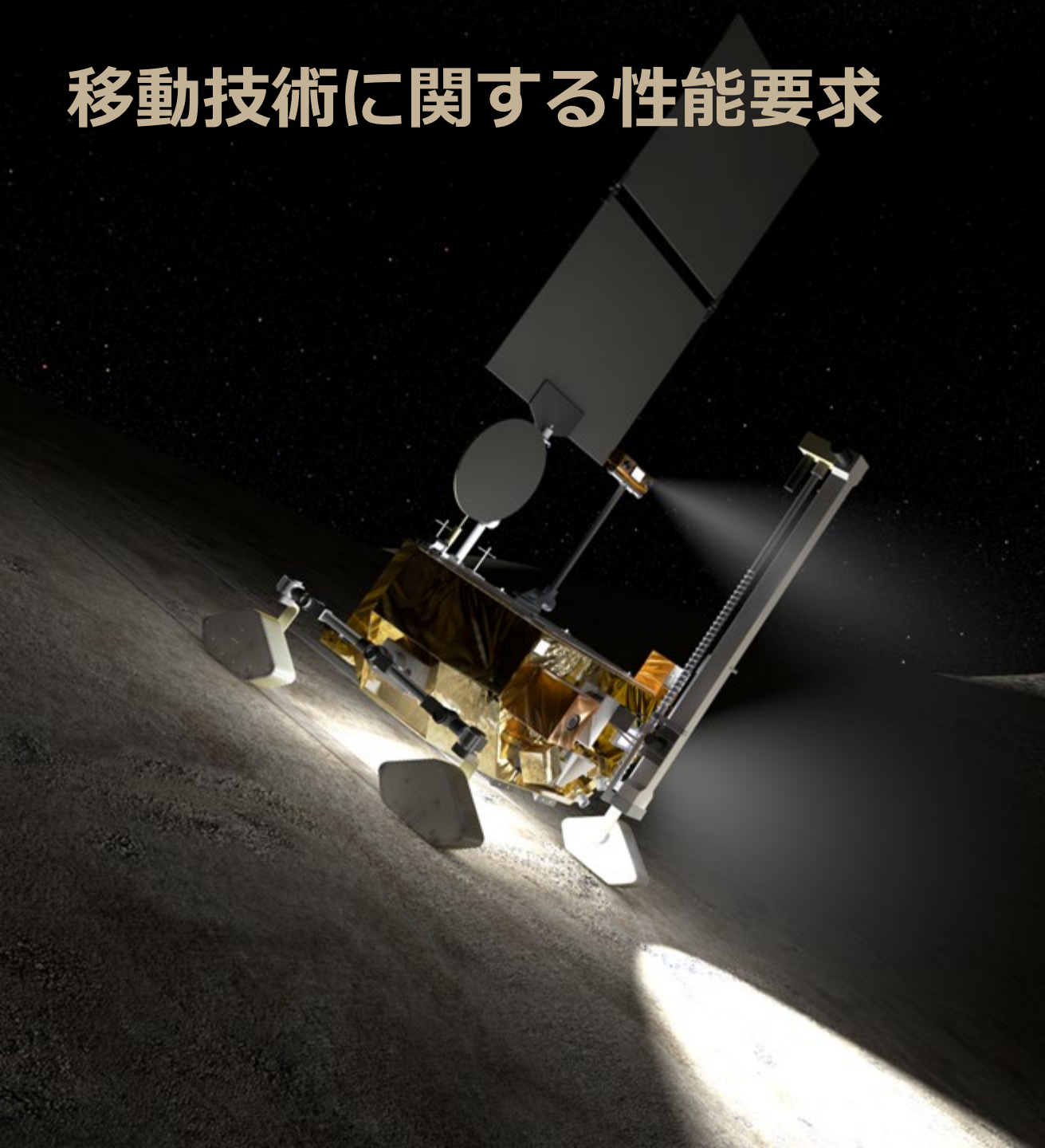
広範囲にわたる観測を行うためには、  
不整地を安定して走破可能な移動技術が求められる

# 移動技術に関する性能要求

長期の月面活動を通して  
ローバが安定して探査を行うため、  
以下のような性能が求められる

- 耐久性
- 登坂性能
- 岩石等を乗越える乗越性能

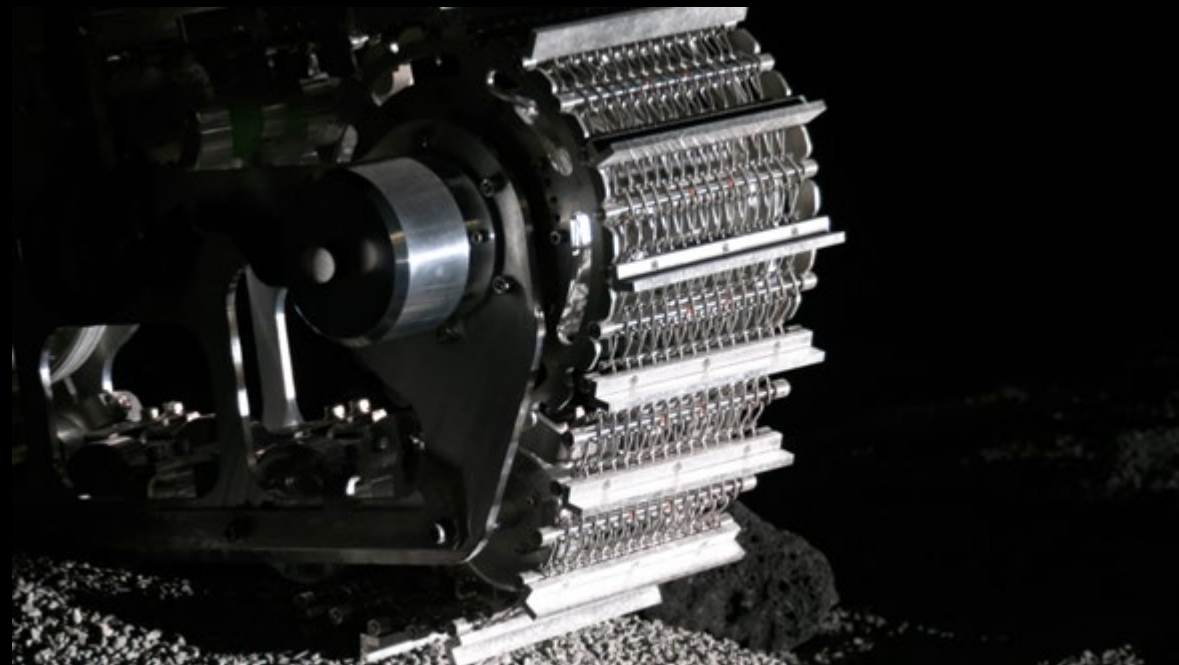
月面で考えうる様々な地盤及び  
岩石条件で実験を行なっている



# 移動技術に関する評価方法

形態	地盤	岩石	確認項目
1脚 	標準砂	無	機構
	碎石	無	噛み込み
	月模擬砂	無	登坂・耐久性
2脚 	標準砂	無/有	機構
	碎石	無/有	噛み込み・耐久性
	月模擬砂	無/有	乗越・耐久性
車体 	標準砂	無	機構
	碎石	有	乗越
	月模擬砂	無	登坂・耐久性
	屋外 (多様な地形・不整地)		総合特性

# ローバシステム走行系 BBM



- 4輪駆動・4輪操舵の車体
- 主に制御盤，懸架機構，及び走行機構で構成
- 走行機構には，不整地で高い走行性能を有する履帯機構を採用
- サイズ：L 1.5 m x W 1.5 m x H 0.9 m
- ホイールベース 0.8 m x トレッド幅 1.2 m



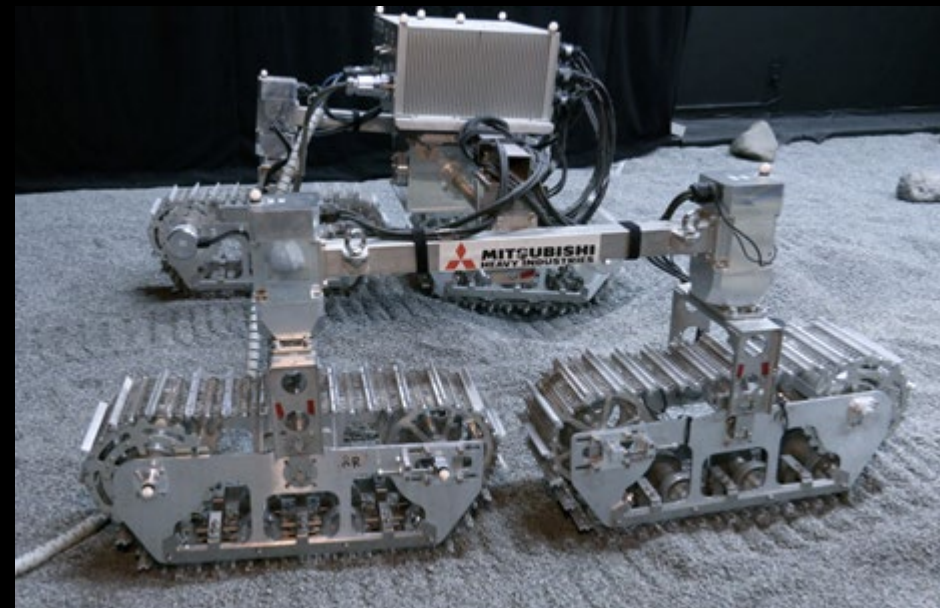
# 移動技術に関する走行試験の概要



1脚走行試験



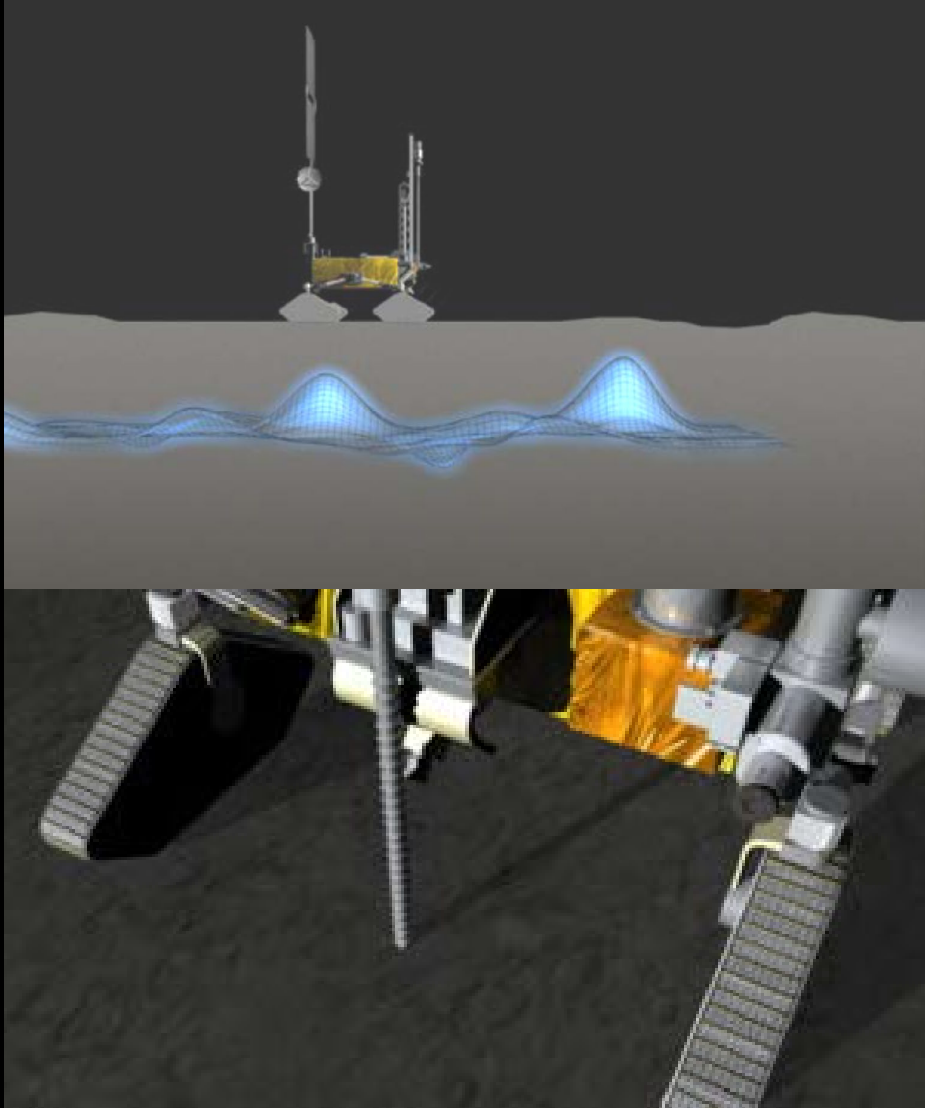
2脚走行試験



車体走行試験

走行系BBMの1脚/2脚，車体を用いた試験を様々な地盤・岩石条件で段階的に行うことで，効率的に移動技術の開発を進める

# 掘削技術に関する機能要求



(目的 1) 月の水資源「利用可能性」の調査：

- 月面を掘削し，表層から深さ1.5m程度の複数の深さで砂サンプルの採取を行い，サンプルを分析機器に移送して分析
- 地盤強度と掘削に必要な動力の測定

⇒掘削・採取・移送

(目的 2) 重力天体表面探査技術の獲得：

- 移動技術の設計検証として土壌計測を行い地盤状態を把握

⇒土壌計測

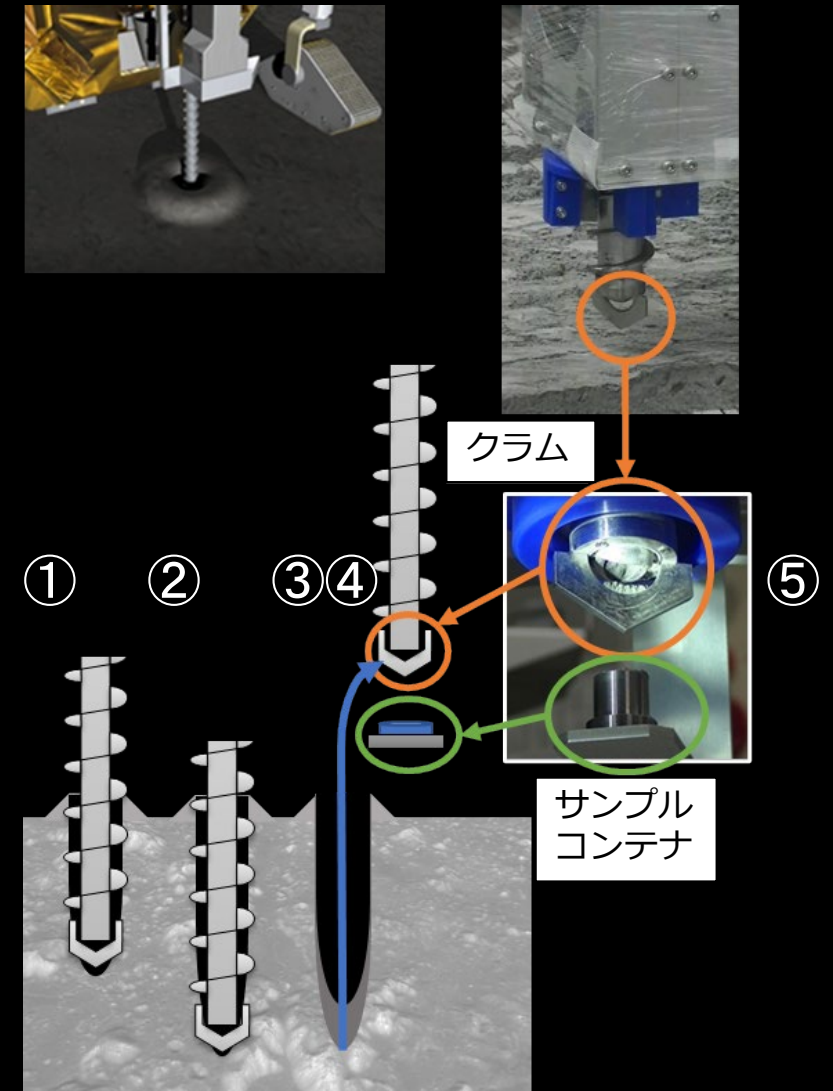
# 掘削技術に関する作業シーケンス

## ◆掘削・採取・移送シーケンス

- ① アースオーガによる掘削で目標深さに到達
- ② 目標深さで局所サンプルを採取
- ③ ドリルの引き抜き
- ④ サンプルコンテナまで移送
- ⑤ クラムを開きサンプルを受け渡し

## ◆実現の制約

- 車体への搭載方法・搭載位置
  - 車体からの展開方法・自由度
  - 他系とのインタフェース
- これらを考慮して設計を進める



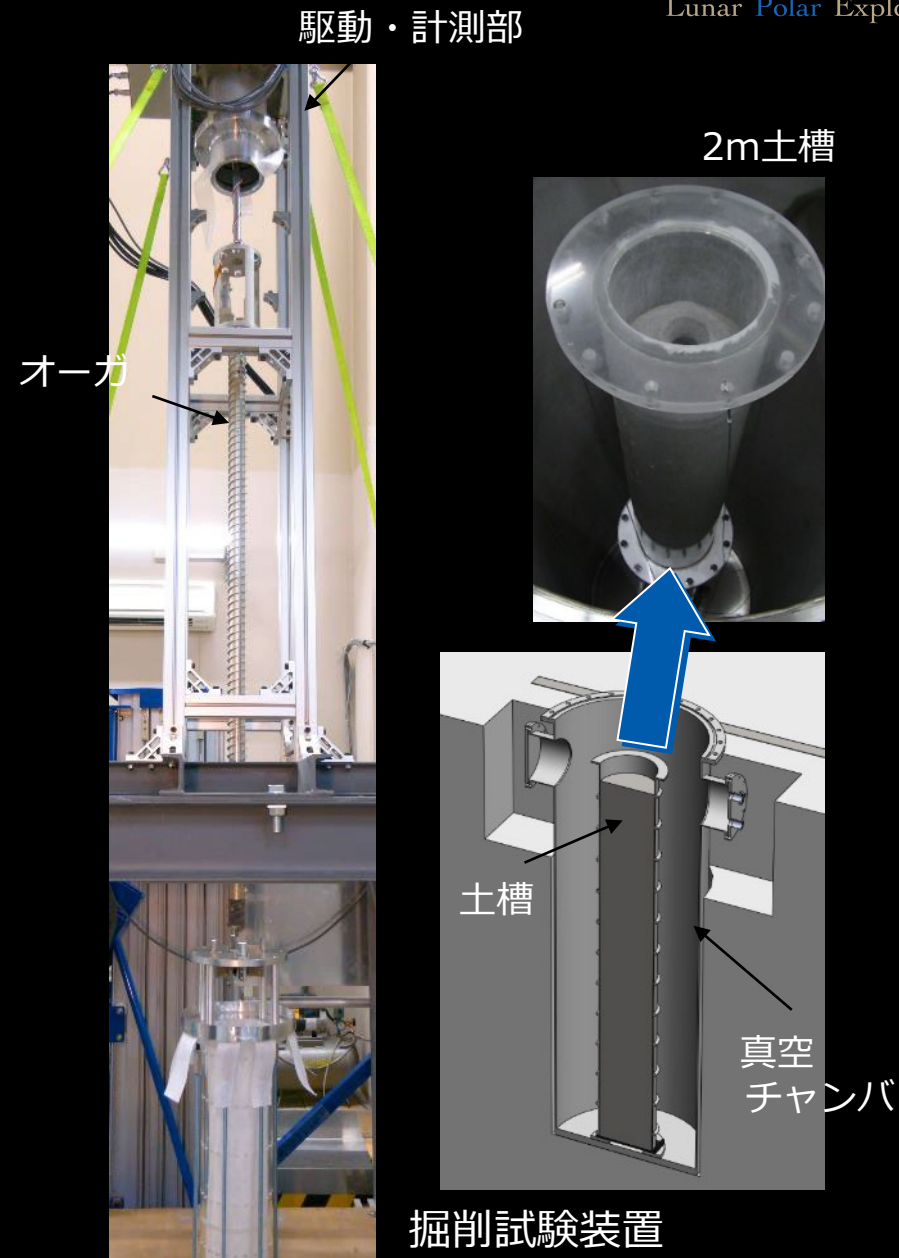
掘削・採取・移送方式の概要

# 掘削技術に関する地上検証の概要

## ◆月面環境を模擬可能な掘削試験装置を活用

- 1.5m深さの掘削に対応可能な2m土槽
- 模擬環境条件：真空，地盤，温度
- 地盤は砂が支配的な地盤を想定

## ◆掘削時のカトルク等の検証結果は良好



# 土壌特性計測（走行実証）

## 目的：

- 未走行地盤の強度やローバ走行前後の締固め具合をその場で計測
  - その場でせん断強さを計測可能なベーンせん断試験を採用
  - ベーン部，直動機構部，回転機構部，トルク計，及びエレキ・電装系で構成



## 計測概要：

- ベーン（羽根）先端部を地中に垂直に押し入れ低速で回転
- 地盤が破壊する際のせん断強さや応力-ひずみに関する時間履歴を計測

## 動作パラメータ：

- 駆動速度，回転角等は，月模擬砂で最適値を得るためのデータ取得を行い決定



# 持続的な月探査に向けたJAXAやLUPEXの役割

## 技術開発



有人与圧ローバ



民間連携

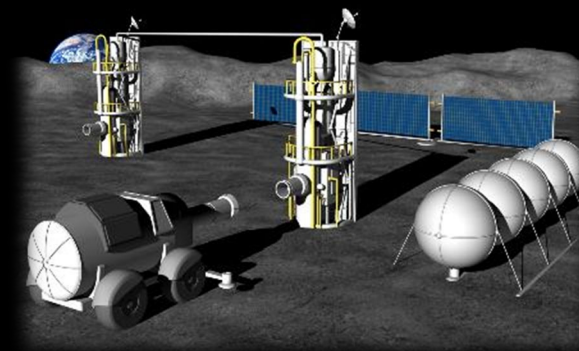


月面拠点構築

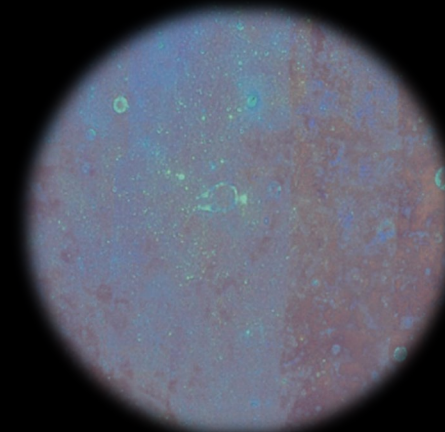


Artemis計画

## 事前調査



水資源プラント



科学

- 月探査・利用に向けたLUPEXプロジェクトにおけるローバシステムの移動技術及び掘削技術の開発状況について説明しました
- LUPEXプロジェクトを通して、重力表面探査に関する技術基盤を確立し、将来の月面拠点建設を実現するための土木及び建設作業につなげることを目指します
- 土木に関する知識・知見が不可欠、かつチャレンジングな技術領域であり、土木に関わる皆様との意見交換を通じて、その技術を向上させていきたいと考えております



# LUPEX

Lunar Polar Exploration

