

2024年度 第7回 宇宙教育指導者セミナー
X-NIHONBASHI TOWER

講座2 ほんもの体験講座

探査ロケットの
過去と未来と
宇宙教育

宇宙航空研究開発機構

平澤 遼

自己紹介

平澤 遼 (ひらさわ りょう)

■ 学生時代

- ・ CanSat

■ 宇宙航空研究開発機構 JAXA

- ・ 月面探査ローバ
- ・ 小型衛星, CubeSat

■ 日本宇宙少年団 YAC

- ・ 横浜分団 指導者



● もくじ

探査ローバとは

JAXAが進める月極域探査機ローバ

探査ローバと宇宙教育プログラム

● もくじ

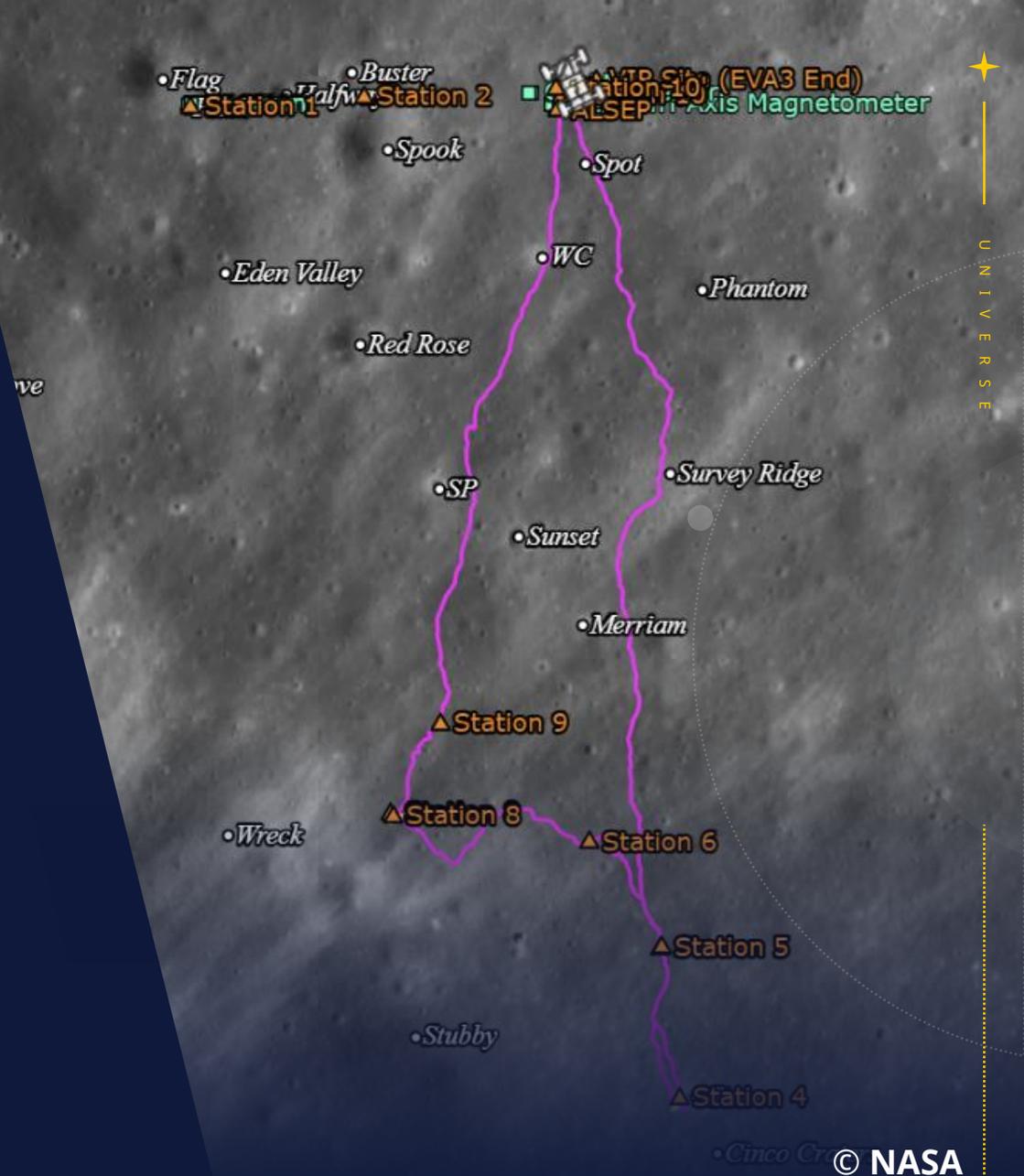
探査ローバとは

JAXAが進める月極域探査機ローバ

探査ローバと宇宙教育プログラム

そもそもローバって どうゆう意味

英単語 rove (ローブ) ○○○○する





アポロ 月面探査車 (LRV : Lunar Roving Vehicle)

別名 ムーンバギー (moon buggy)

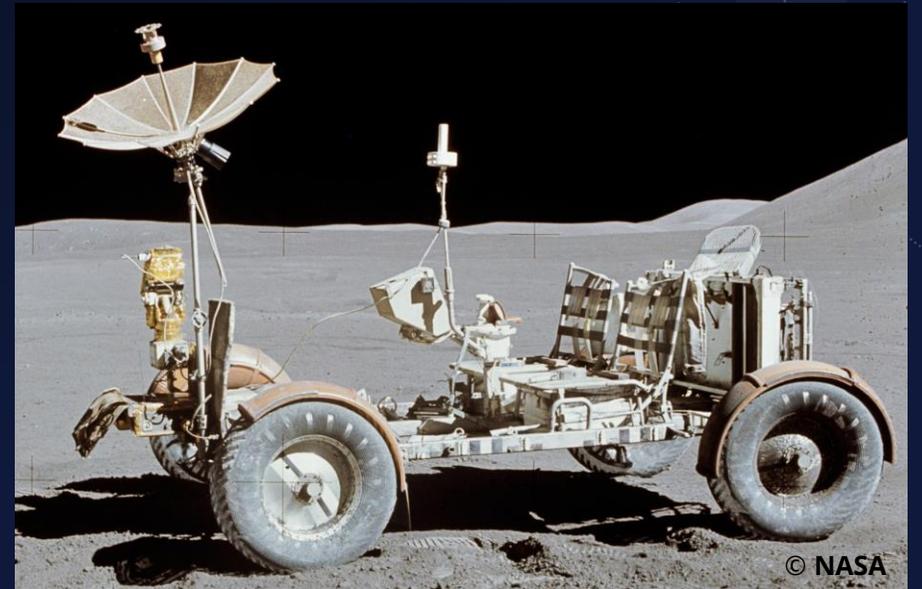
1971～1972年 人類最初のローバ 重さ210kg

アポロ15,16,17号で月を走った

人が運転するオープンカー (暴露ローバ)

最高時速は約13km/h

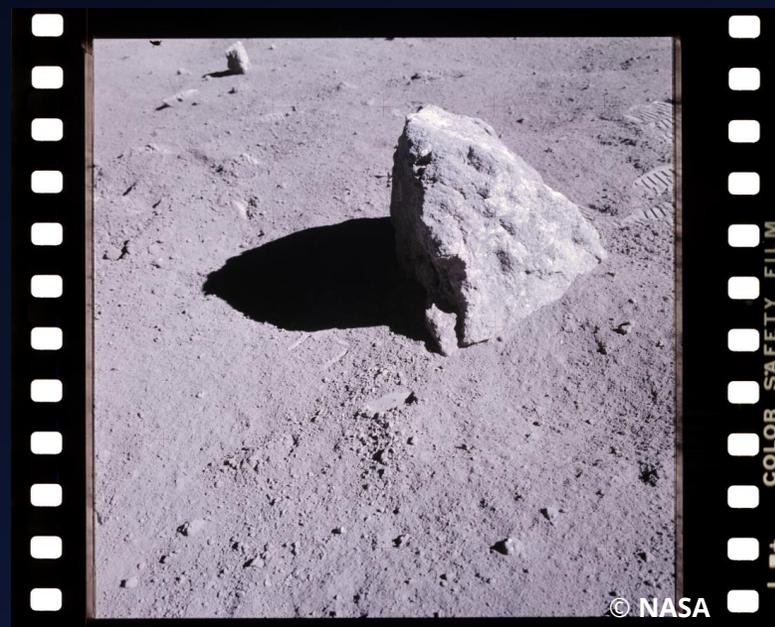
宇宙飛行士が速度超過して18km/hまで出した。
これが現在の月面最高速度記録。

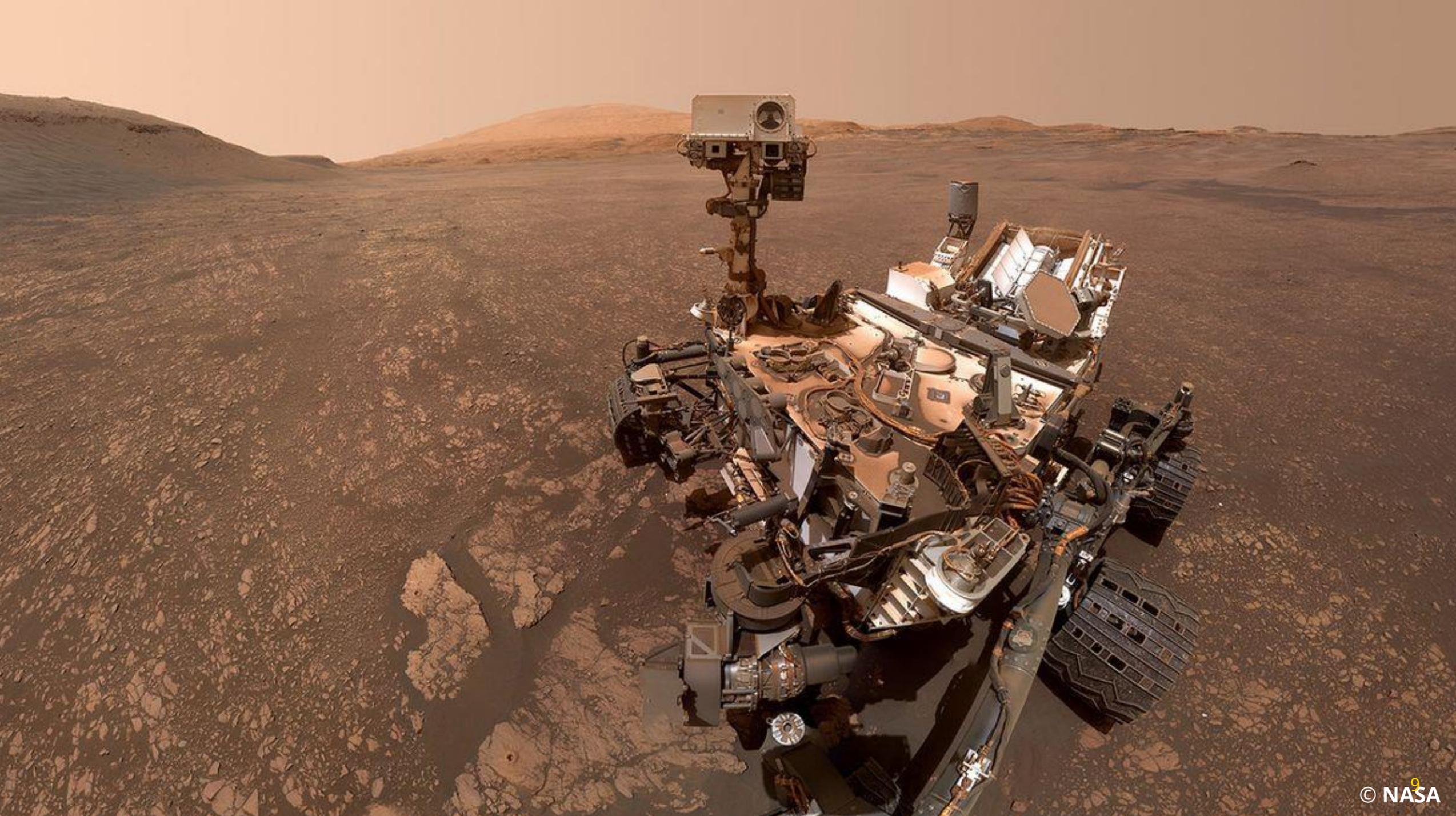


アポロ 月面探査車 (LRV : Lunar Roving Vehicle)

別名 ムーンバギー (moon buggy)

月面探査車が見つけたさまざまな月の地形





NASA 火星ローバ (Mars Rover)

Sojourner / Spirit / Opportunity / Curiosity / Perseverance

1997-1998年	Mars Pathfinder - ソジャーナ (Sojourner)
2004-2018年	Mars Exploration Rover - スピリット (Spirit), オポチュニティ (Opportunity)
2012年～	Mars Science Laboratory - キュリオシティ (Curiosity)
2021年～	Mars 2020 - パーサヴィアランス (Perseverance)



- ソジャーナ (Sojourner)

11.5 kg, 65 x 48 x 30 cm

- スピリット (Spirit)

オポチュニティ (Opportunity)

185 kg, 2.3 x 1.6 x 1.5 m

- キュリオシティ (Curiosity)

899 kg, 2.9 x 2.7 x 2.2 m

- パーサヴィアランス (Perseverance)

2260 kg, 2.9 x 2.7 x 2.2 m



NASA 火星ローバ (Mars Rover)

Sojourner / Spirit / Opportunity / Curiosity / Perseverance

火星ローバが見つけたさまざまな火星の地形



NASA 火星ローバ (Mars Rover)

Sojourner / Spirit / Opportunity / Curiosity / Perseverance

スピリット, オポチュニティの悲劇



月や火星の地面はスタックしやすい

※ スタック

雪道、砂地、ぬかるんだ地面などに車のタイヤがはまって、自力では動けなくなる状態のこと

スタックしやすい地形を避ける経路計画や、スタックの予兆を検知する方法を確立したことで、キュリオシティ、パーサヴィアランスでは発生なし

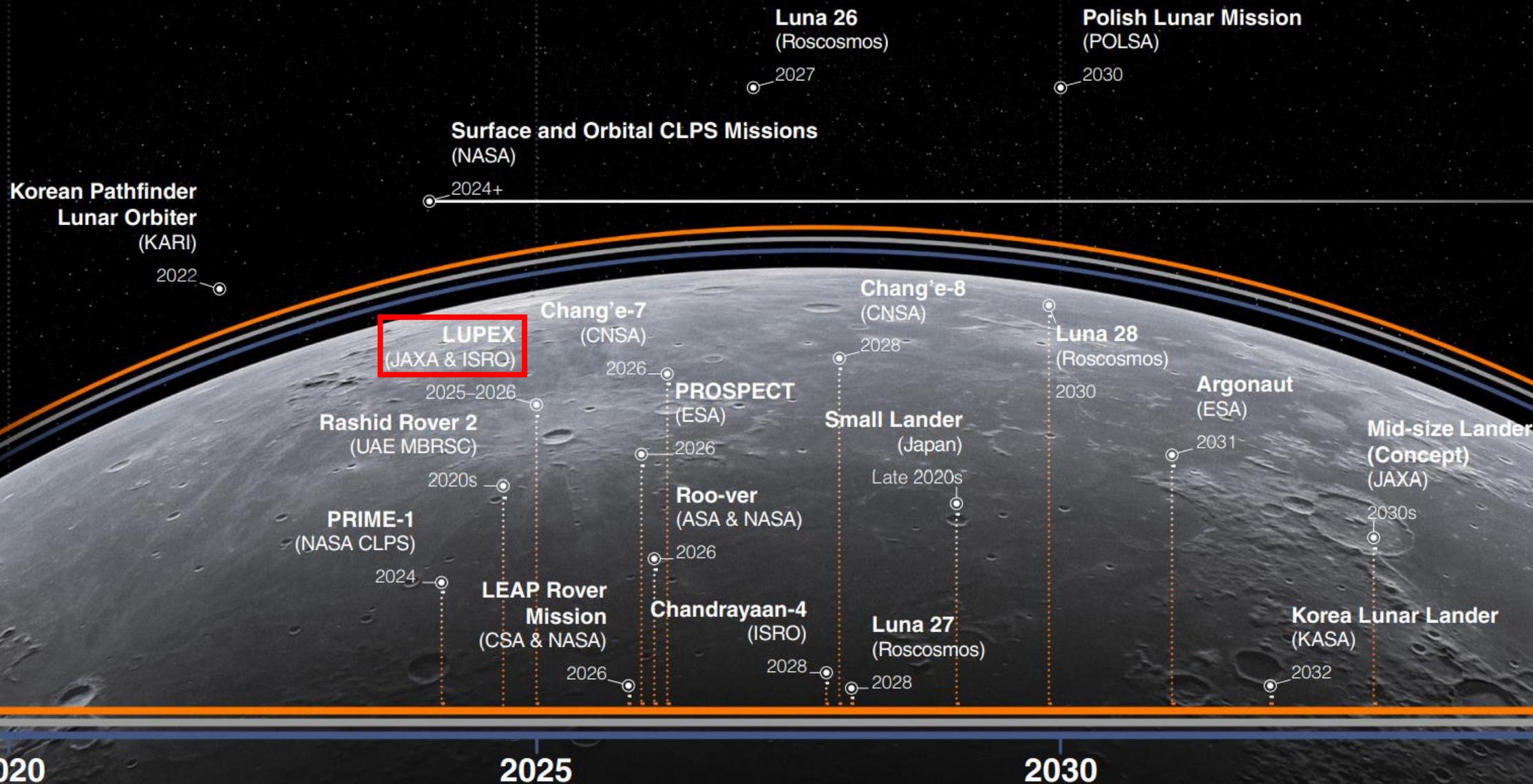
● もくじ

探査ローバとは

JAXAが進める月極域探査機ローバ

探査ローバと宇宙教育プログラム

Operational and Planned Lunar Robotic Missions



月極域探査機 (LUPEX) プロジェクト

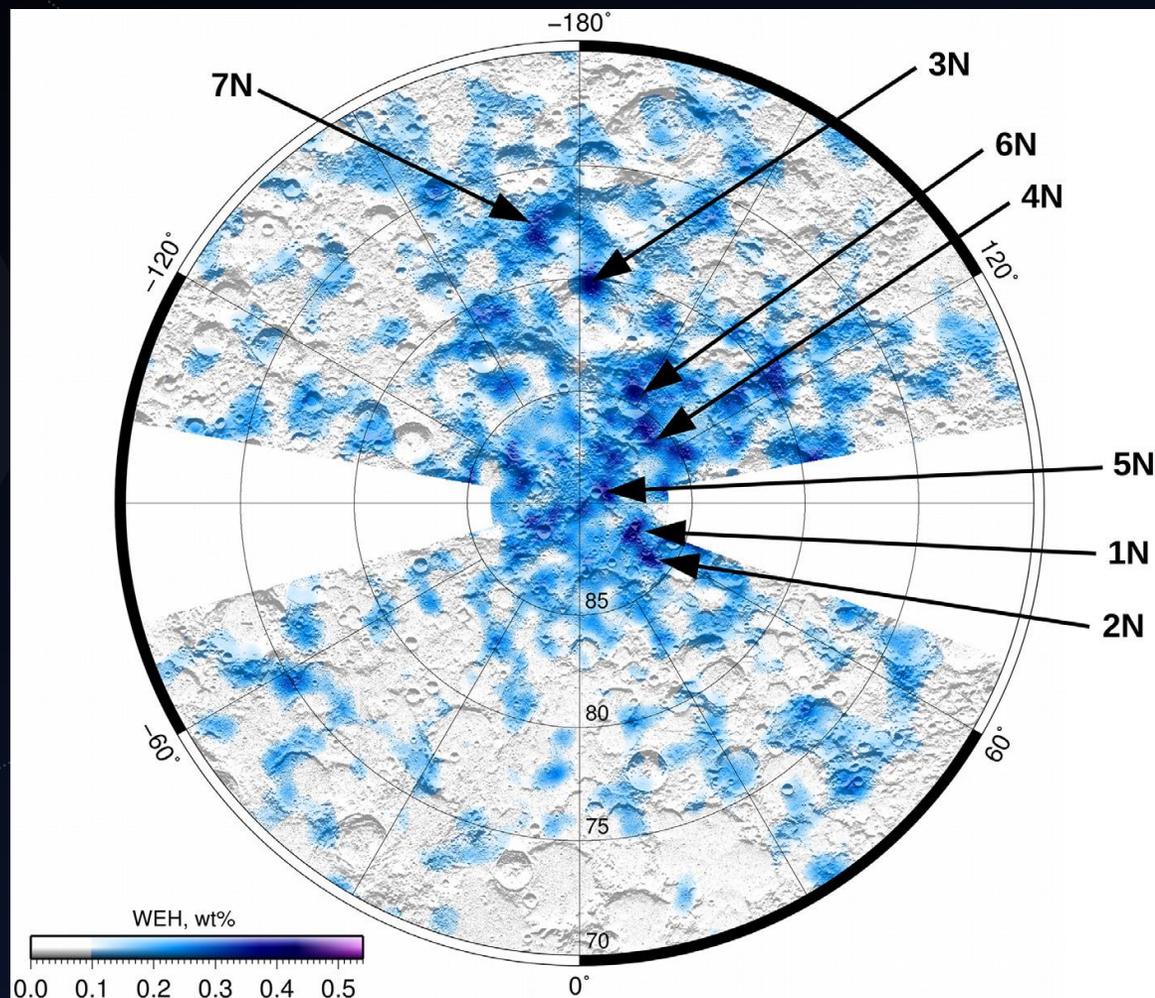
日本が担当するローバ

インドが担当する着陸機

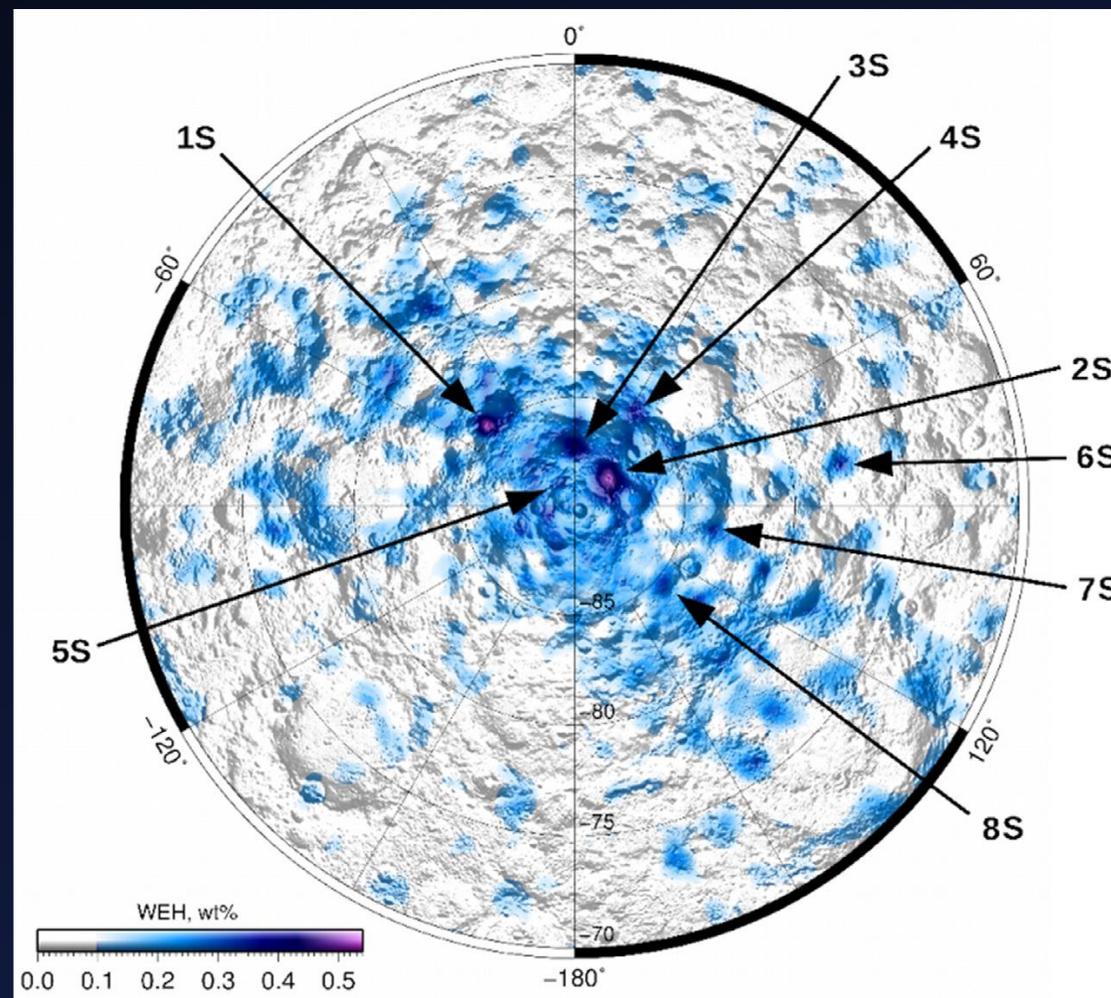
- 水の量や質に関する定量データの取得
- 月面活動に必要な 移動・越夜・掘削の重力天体表面探査に関する技術の獲得

月極域 水素分子分布

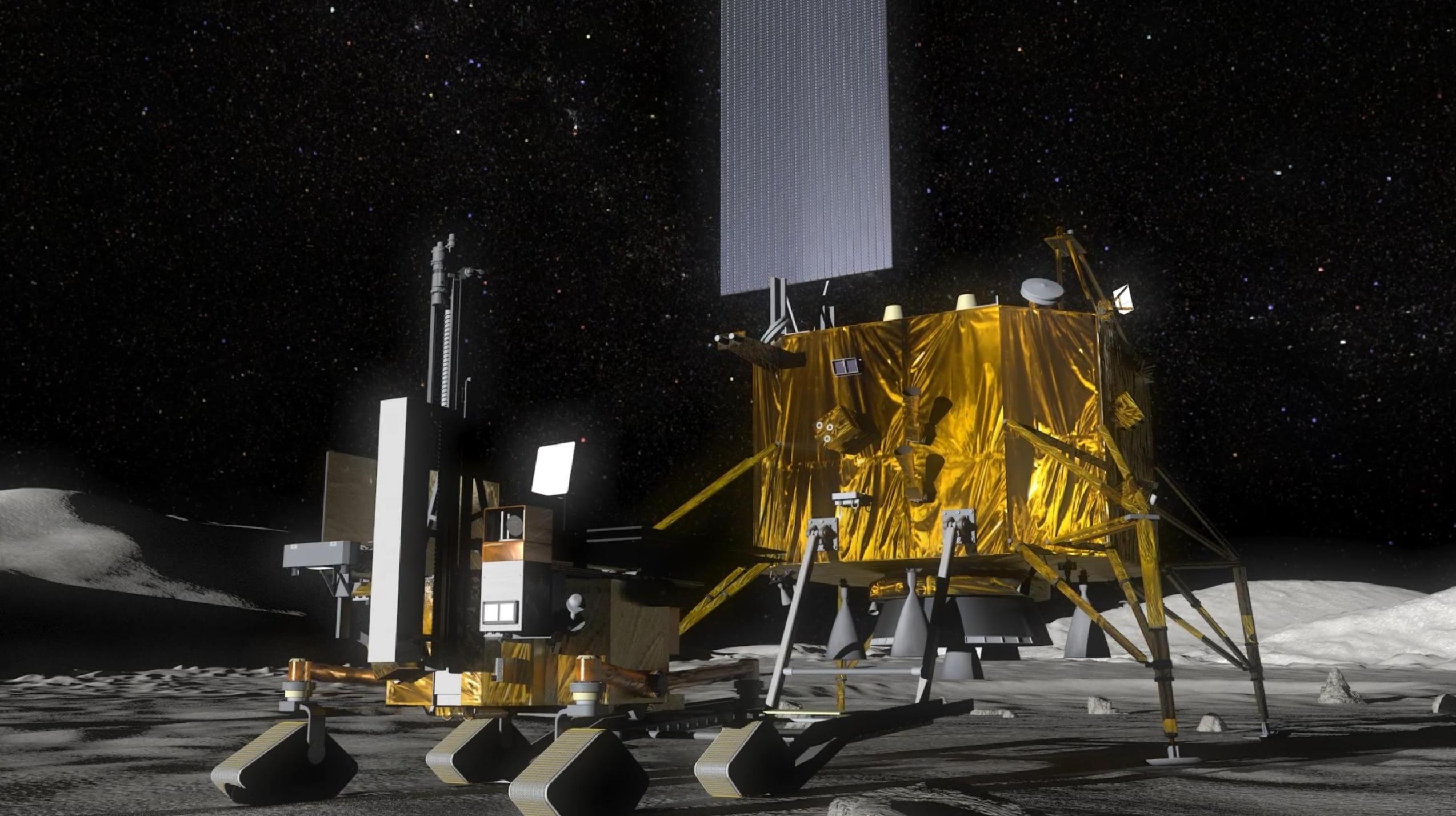
A. B. Sanin et al. 2016



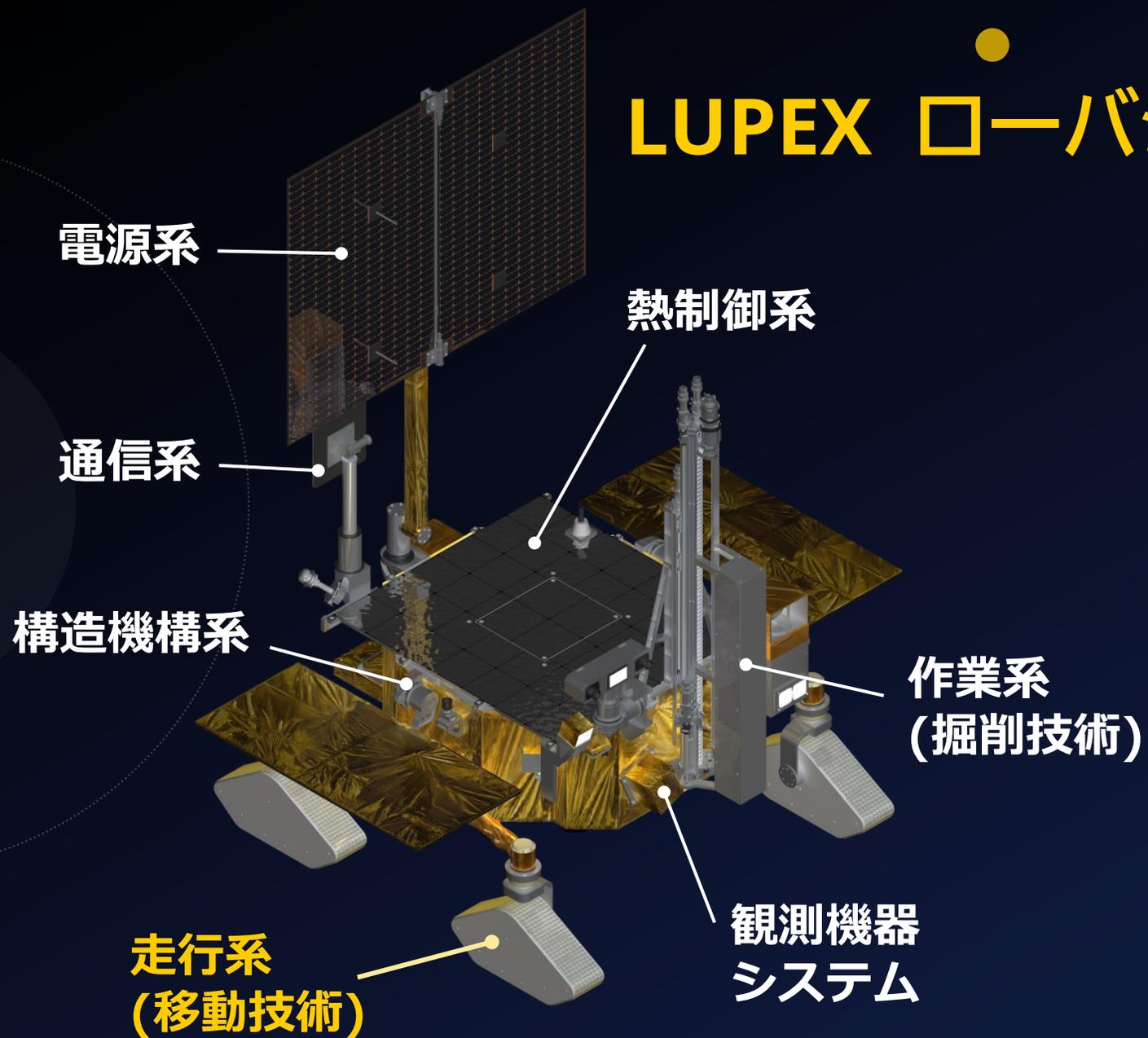
北極



南極



LUPEX ローバシステム



◆ ローバ質量
350kg (観測機器含む)

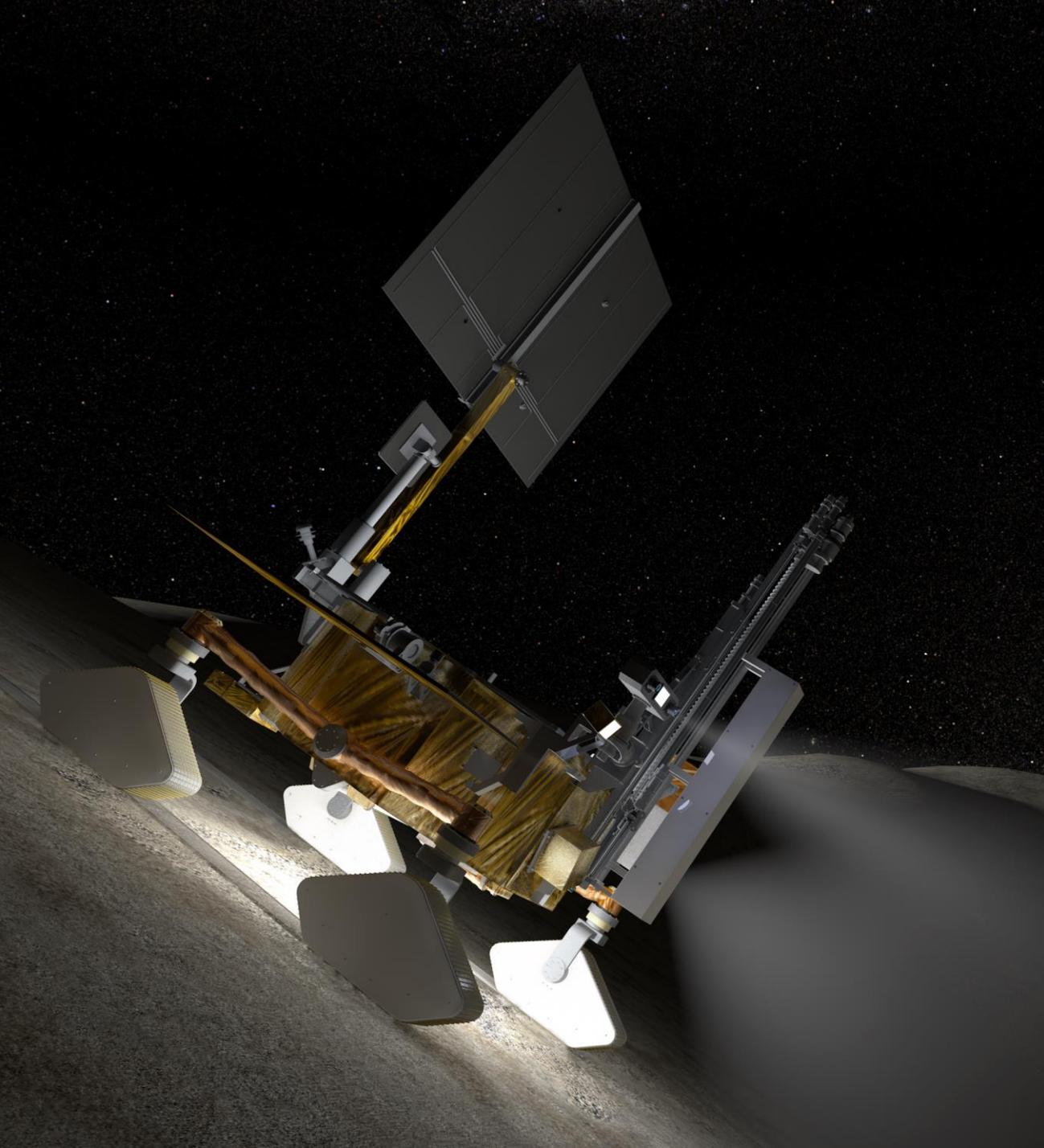
<構体内部>

- 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

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

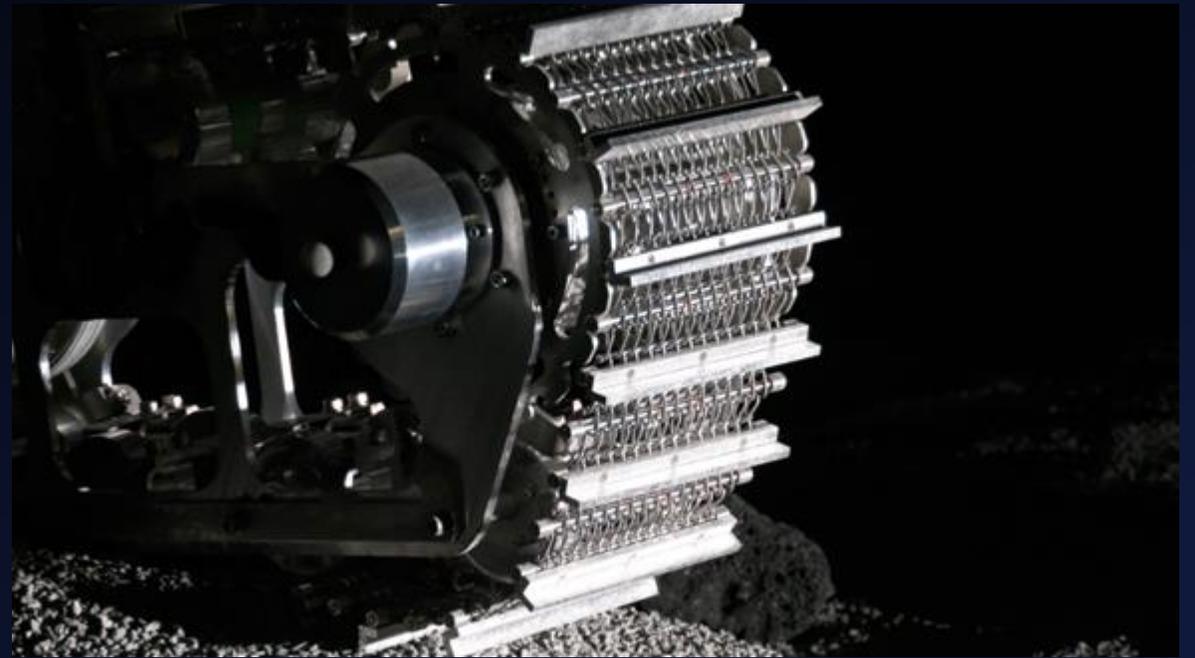
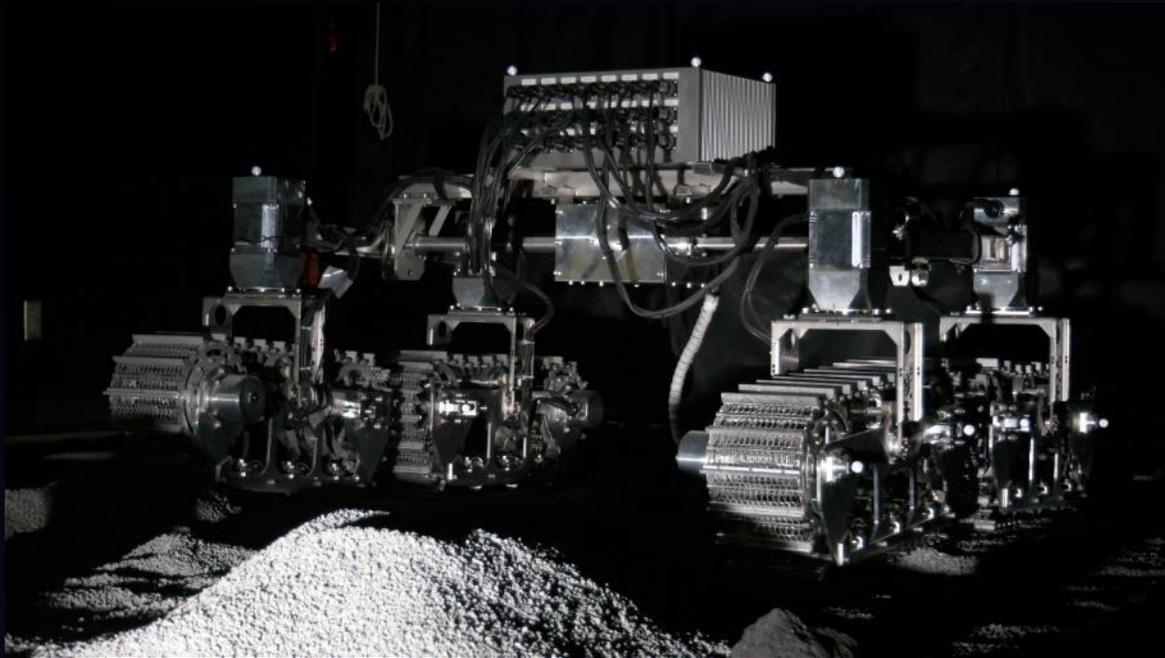
□耐久性

□登坂性能

□岩石等を乗り越える乗り越性能

**月面で考えうる様々な地盤及び
岩石条件で実験を行っている**

ローバシステム走行系 試験モデル



- 4輪駆動・4輪操舵の車体
- 主に制御装置, 走行機構, 懸架機構で構成
- 走行機構には, 不整地で高い走行性能を有するクローラを採用
- 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

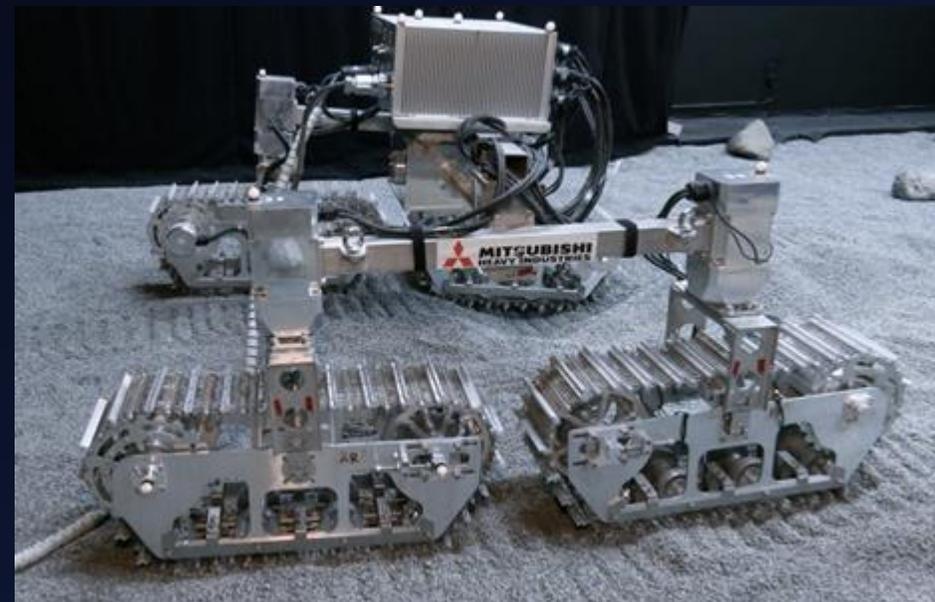
移動技術に関する走行試験の概要



1脚走行試験

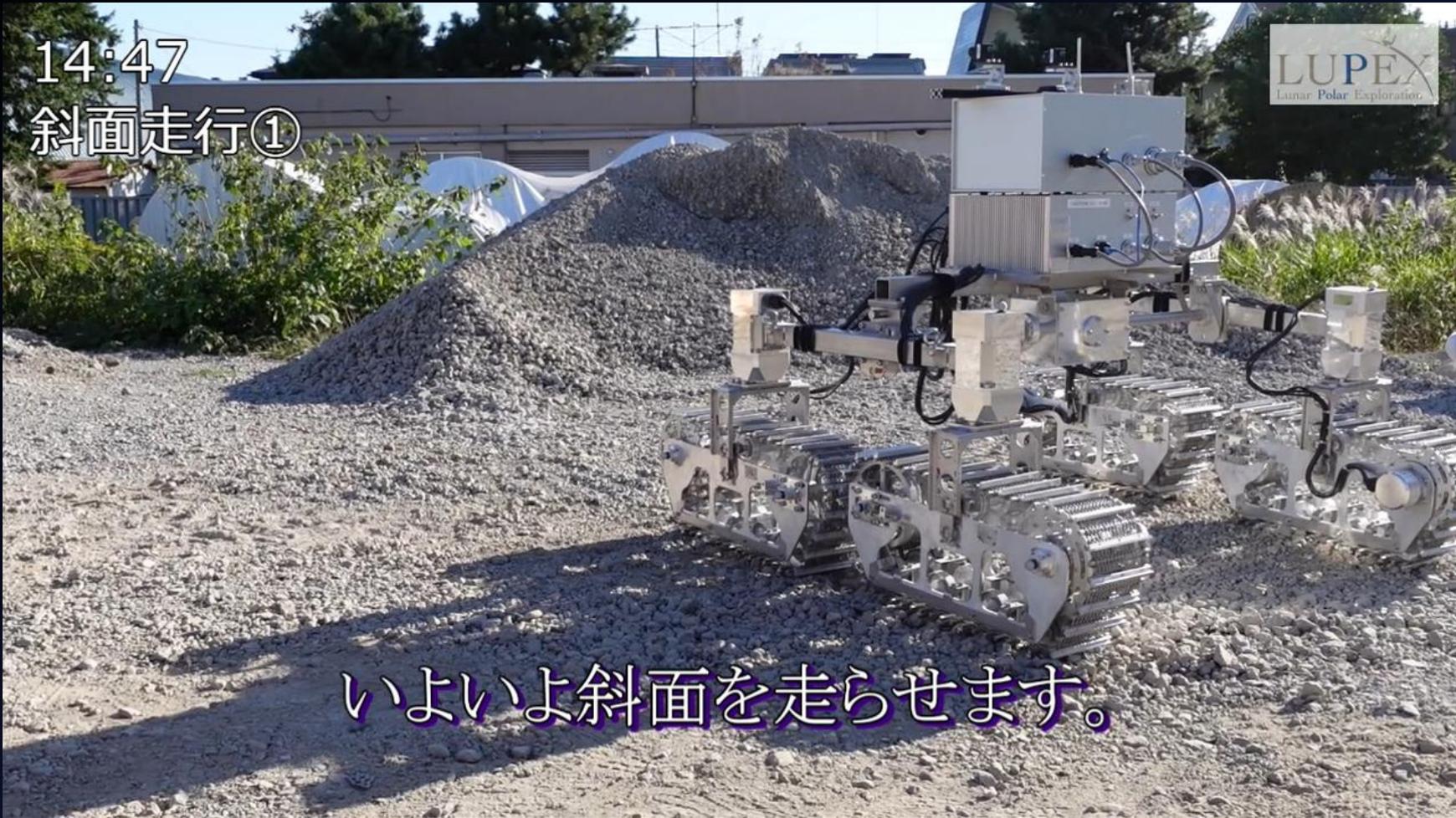


2脚走行試験



車体走行試験

走行系試験モデルの1脚，2脚，車体を用いた試験を様々な地盤・岩石条件で行うことで，効率的に移動技術の開発を進める



14:47

斜面走行①

LUPEX
Lunar Polar Exploration

いよいよ斜面を走らせます。

JAXA国際宇宙探査センター Xのポスト

https://x.com/jsec_jaxa_jp/status/1730499626648871094

https://x.com/jsec_jaxa_jp/status/1730499630532800966

今後の月探査に向けたLUPEXの役割

技術開発

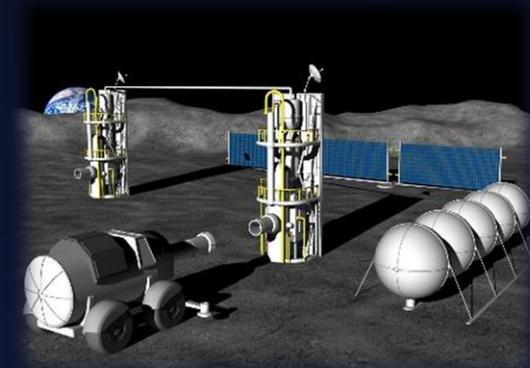
事前調査



有人与圧ローバ



月面拠点構築



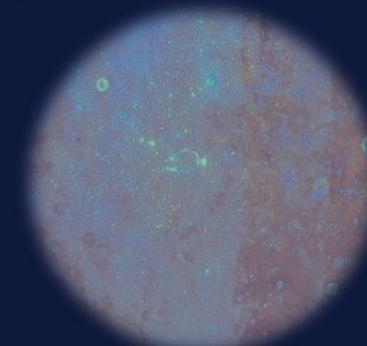
水資源プラント



民間連携



アルテミス計画



科学

● もくじ

探査ローバとは

JAXAが進める月極域探査機ローバ

探査ローバと宇宙教育プログラム

探査ローバと宇宙教育プログラム

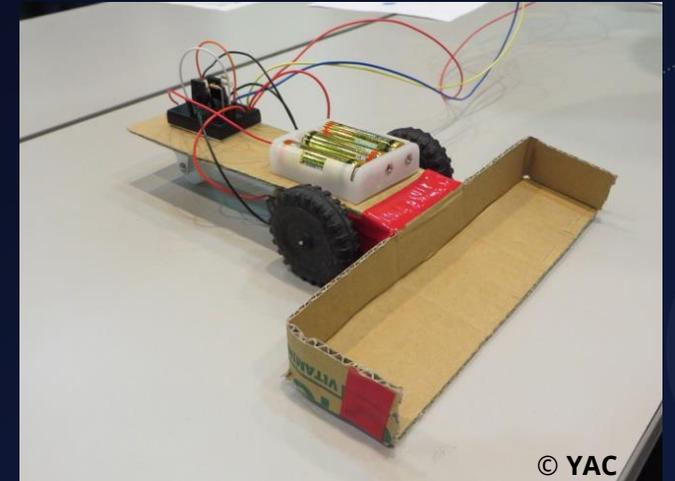
- 探査ローバの本質は移動ロボットであり、基礎的なものであれば小学生でも十分に製作することができる。
- ハードウェア、ソフトウェアの両面に触れることができ、総合的なSTEM教育を行うことで問題解決能力を養うことができる。
- 段階的に難易度を設定することが可能なため、年代や能力に応じた課題設定が行える。子ども自身がクリエイティビティを発揮できる設計の余白と難易度設定が重要である。

(初級編) ダンボールローバ

- 小学生～中学生レベルを想定
- ブルドーザーのような形状で机上进行し、サンプル(ビー玉、あめ玉など)を回収するミッション
- プログラミングを必要とせず、電池、モータ、配線とスイッチのみで動作する。
- ダンボールで作成するボディがミッション達成の肝になっている。小学校の低学年でもクリエイティビティを発揮できる。

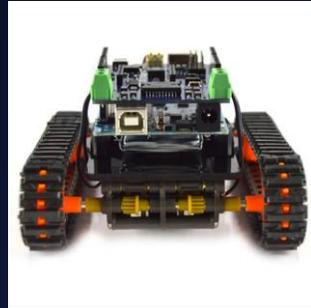
教材リンク : YACホームページ「ローバを作ろう」

https://www.yac-j.com/wp-content/themes/yac/pdf/labo/list/bundan/yokohama_rover.pdf



(中級編) 市販ロボット + プログラミング

- 中学生～高校性レベルを想定
- ハードウェアを自作するのは大変だが、便利な市販品がたくさん売られている。ハードウェアを市販便で準備してプログラミングに注力することで、アルゴリズムなどを駆使したクリエイティビティを発揮しやすい学習環境になる。



(上級編) CanSat そして大会出場

- 高校性～大学生レベルを想定

- **CanSat(カンサット、缶サット)**

空き缶サイズの模擬人工衛星。モデルロケットや気球で上空に打ち上げ、降下中や着陸後にミッションを行う。大学コミュニティでは、着陸後にローバを展開して目的地へ移動するローバタイプのカムバックミッションが盛んに行われている。

- まず、自分たちのミッションを考えるとところから始まる。
- 大きさや重さの厳しい制約の中で、一からハードウェアを設計する必要がある。センサを駆使したアルゴリズムやアクチュエータの制御などのソフトウェアと合わせて、システム開発の総合力がミッション達成の鍵となる。
- CanSatの大会に向けてチームで活動することで、プロジェクトマネジメント(スケジュール・予算管理、チームング活動)やシステムズエンジニアリング(要求・仕様の対応、リスク管理、審査会)に触れることができる。
 - ➡ 高校性なら缶サット甲子園、大学生なら能代宇宙イベント、ARLISS



THANK YOU

