

有人と圧ローバー走行システムの検討状況と 月測位信号を用いた航法

第9回 月測位研究会
@JAXA東京事務所
2025年1月23日

宇宙航空研究開発機構
有人と圧ローバーエンジニアリングセンター
河合 優太

1. 背景
2. 目的
3. 走行システムの概要
4. 要素試作車



有人与圧ローバーCG ©TOYOTA

有人と圧ローバーの意義価値

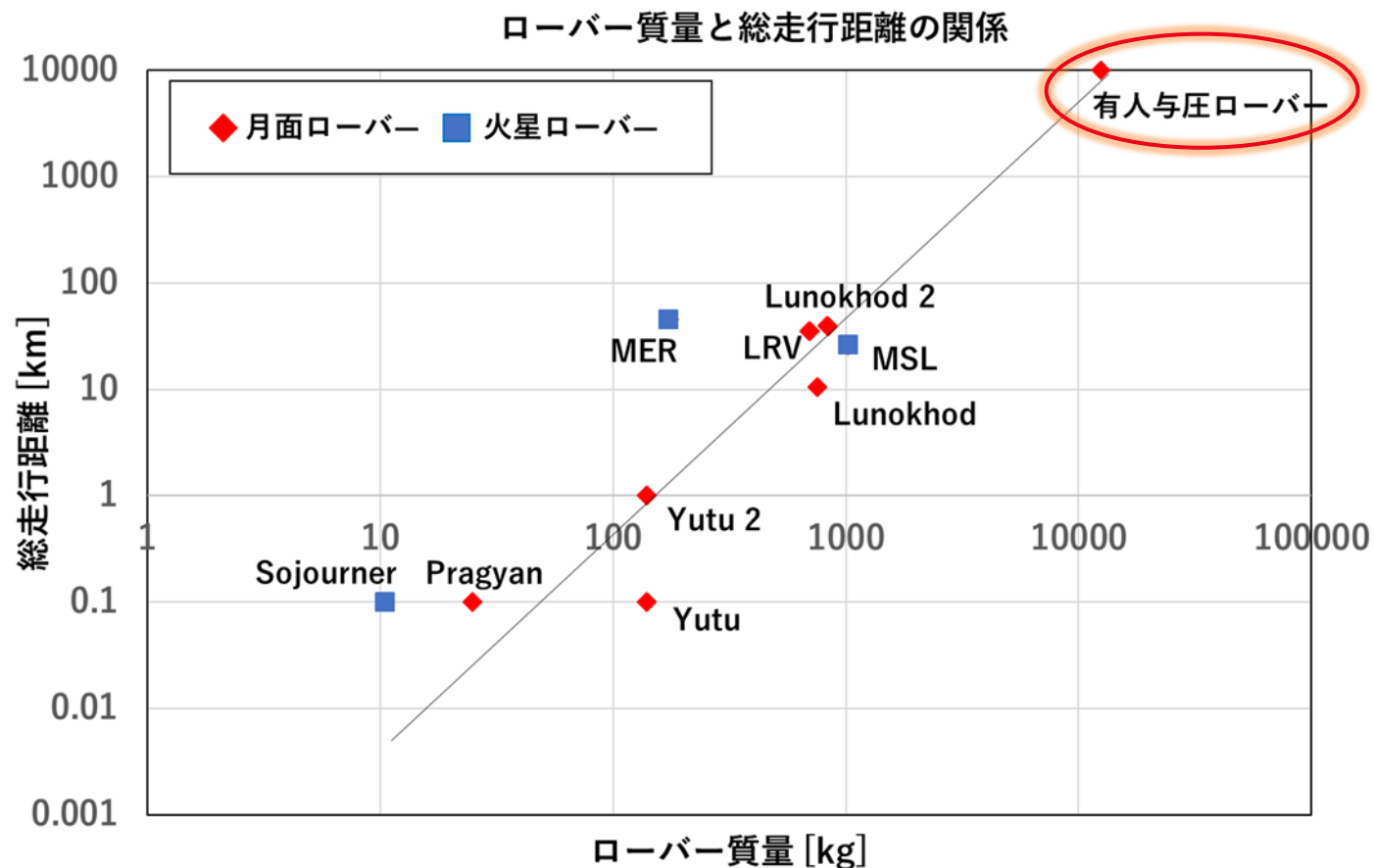
- ① 有人の月面探査範囲を飛躍的に拡大。無人時も常に遠隔操作で探査を実施。
 - 持続的な月面探査の中心的役割を果たす。【**人類の活動領域の拡大**】
 - 実施可能なサイエンスの幅が大きく拡大。【**科学的成果の創出**】

- ② 月面・火星探査技術の実証 【**技術的能力の拡大**】
 - 日本として初の独立型の有人宇宙システム。
 - モビリティ技術・居住技術の実証と、運用データの獲得。

- ③ アルテミス計画における主要構成要素の提供による貢献 【**国際的なプレゼンス**】
 - 世界初のシステム。日本だけが提供する方向。
 - 日本人宇宙飛行士の月面着陸機会の確保

先行プロジェクト

- 各国で開発・運用されてきた探査ローバーの中で、有人ローバーはアポロのLRVのみであり、与圧空間を有し、船内にてシャツスリーブで過ごせるものは有人与圧ローバーが世界初となる。
- 月面での総走行距離も、**10,000kmの走行能力**を目指しており、世界最長となる。



2. 目的

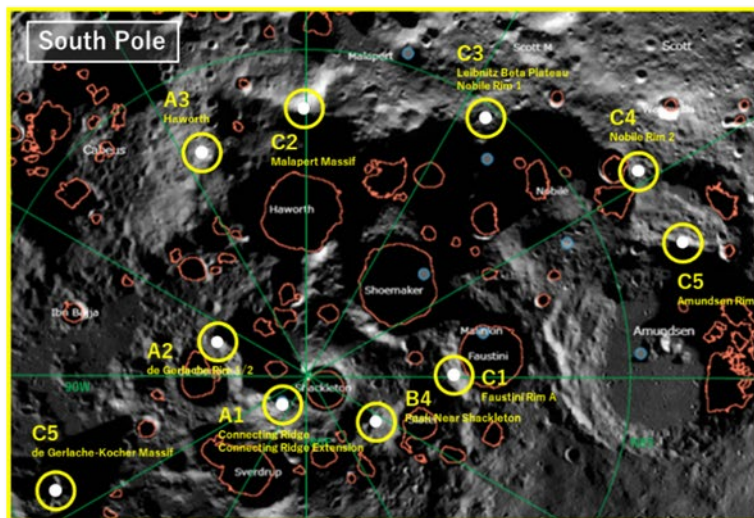
- JAXAとしてもこれまでに経験のない月面特有な環境（1/6G、広範囲温度環境）であり、トヨタ自動車にとっても地上と異なる土壌特性、深宇宙放射線環境、真空中という環境は未経験であるため、開発のハードルは非常に高い。
- 特に走行システムは、有人与圧ローバシステムの実現に必要な不可欠なキー技術であるが、JAXA/トヨタ自動車ともに開発実績がない。

走行システムの要素試作車を開発して様々な走行試験を実施することで、フロントローディングによる技術成熟度の向上・技術的実現性の確認を行う。

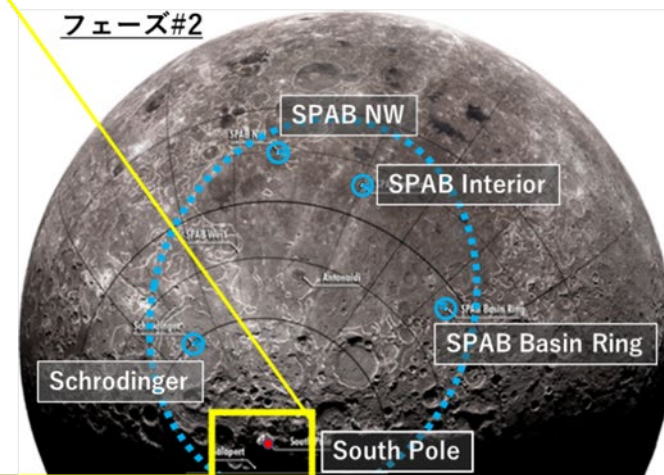
月面環境



フェーズ#1



フェーズ#2



有人与圧ローバで走行を想定している南極域については、アポロでの走行実績がなく、不確定性（月面土壌、傾斜、クレータ・岩石分布）が高い。

走行システムの範囲

- **走行システム**は、有人と圧ローバーのうち、走行機能や制御機能を有する**シャシ系**と自己位置姿勢推定機能や経路計画機能を有する**航法・誘導系**、操縦機能に係るインタフェースを有する**クルーシステム系**から構成される。

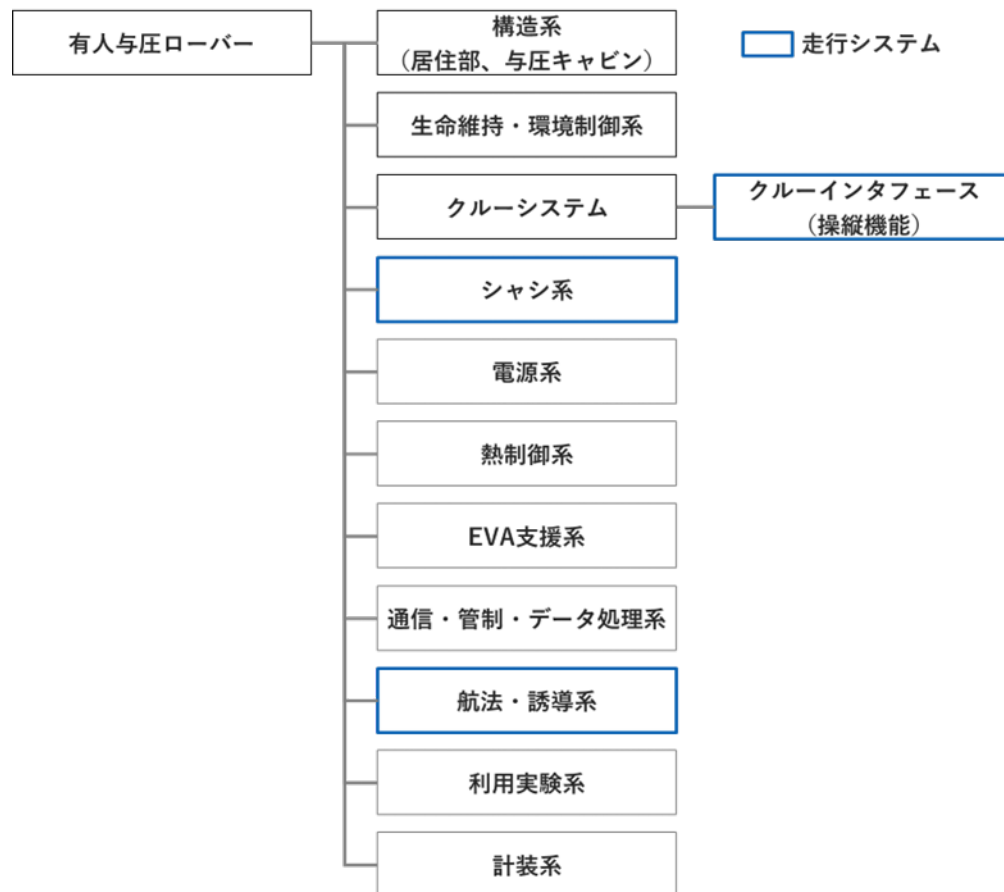


表 走行システムの性能 (検討中)

項目	諸元
ミッション期間	10 年
総走行距離	10,000 km
1日の走行距離	26 km
走行時質量	18,000 kg
最高速度	15 kph
最大斜度	±20 deg
最大乗越え高さ	30 cm (平坦路) 7 cm (20deg傾斜)
最小回転半径	10 m

走行システムの機能

- **自動操縦**、**遠隔操縦**、**手動操縦**と操作量を決定する主体に応じた3つの走行モードを定義している。

表 走行システムの主要な構成部品（検討中）

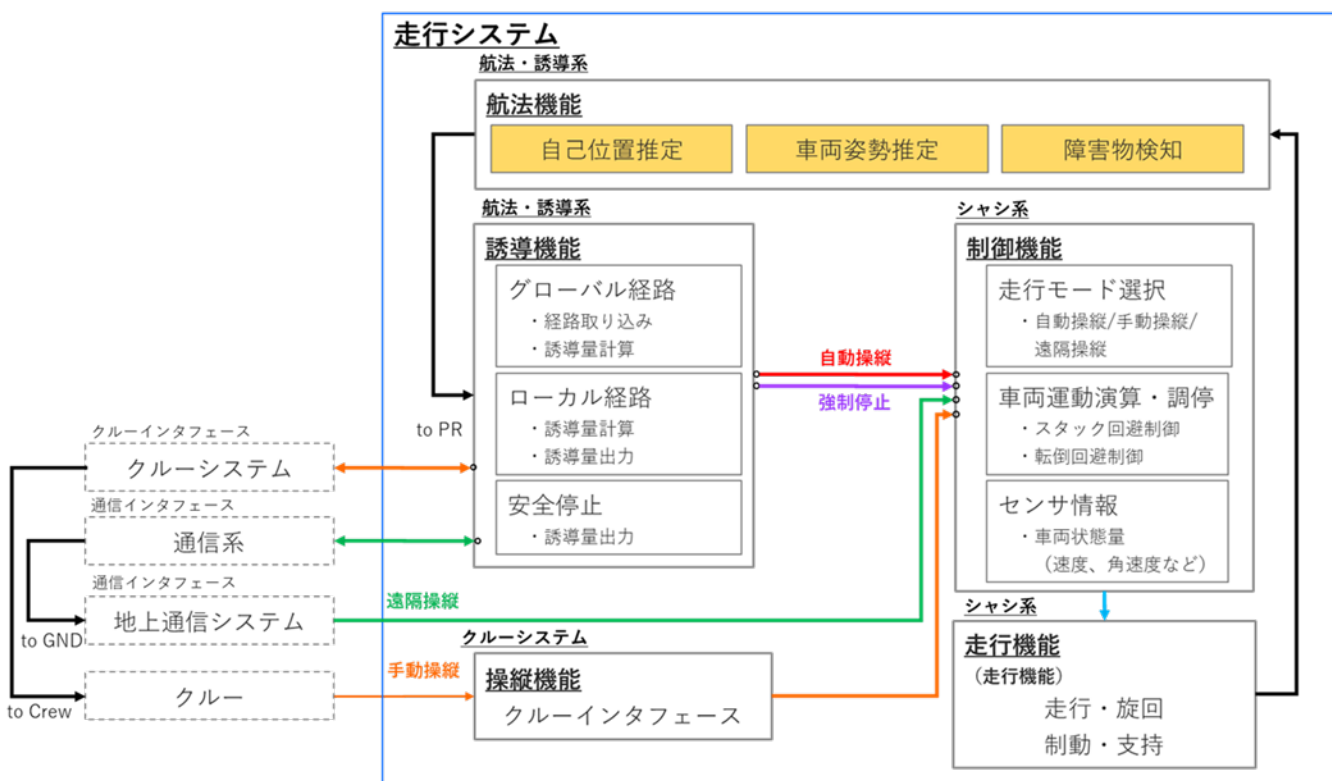


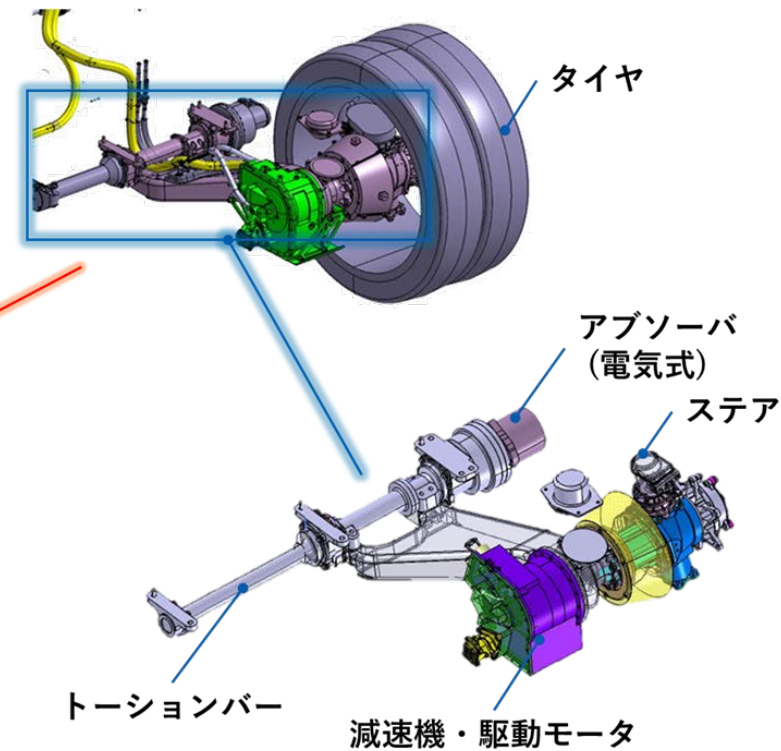
図 走行システム機能ブロック図

項目		主要な構成部品
シャシ系	走行機能	タイヤ、ステア、アブソーバ、フレーム、駆動モータ、減速機、駆動インバータ、(電池)
	制御機能	運動マネジメント コンピュータ
航法・誘導系	航法誘導機能	IMU、LiDAR、ステレオカメラ、LANS受信機※、STT、航法誘導コンピュータ
クルーシステム系	操縦機能	ジョイスティック、緊急停止スイッチ (表示デバイス) 等

※Lunar Augmented Navigation Serviceの略で月周回衛星により測位システムを指す。

シャシ系 (走行機能)

- 主要なアクチュエータは**車輪駆動モータ**、**ステアモータ**、**アブソーバモータ (パッシブ)** の3種。
- 駆動モータとアブソーバモータは**制動時に回生電力を発生**し、バッテリーを充電する。
- 駆動モータは減速機は**オイル潤滑**、ステアとアブソーバ減速機は**固体潤滑**および**グリス潤滑**を採用。



航法・誘導系

● 自己位置推定

探査走行中は、**LANS測位**により月面上における絶対位置情報を取得しながら、相対航法手法と組み合わせて自己位置を推定する。

● 障害物検知

LiDARを主要な障害物検知センサとして使用し、20 m先の30cm以上の障害物や20度以上の勾配を検知する。

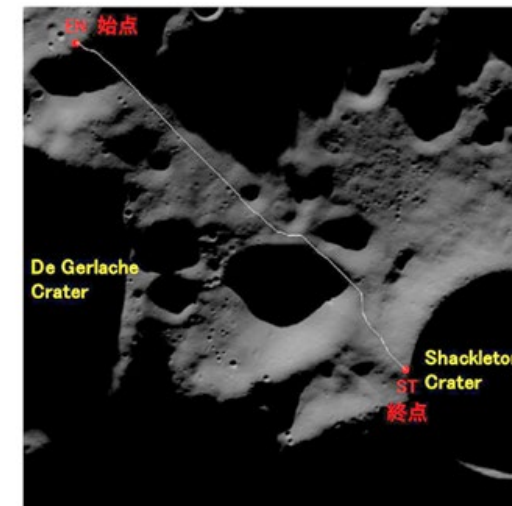
● 経路計画

➤ グローバル経路計画(地上)

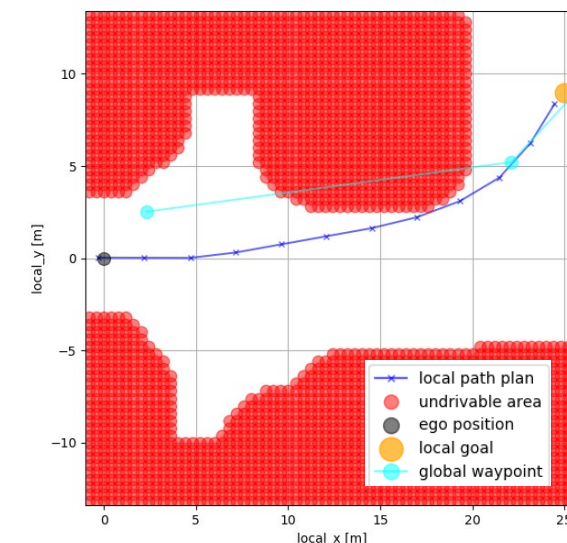
- 月周回衛星による画像・標高データから走行可能領域を識別
- 走行エネルギー量や移動時間、日照条件などを考慮して事前に経路計画(1探査日につきノミナルで1回)
- 計画した経路を探査走行開始前に有人与圧ローバーへ転送

➤ ローカル経路計画(有人与圧ローバー搭載コンピュータで実施)

- 有人与圧ローバーに搭載されたセンサで外界環境を観測
- 局所的な急斜面や障害物を回避するようにローカル経路を計画



グローバル経路計画
図は50km × 50kmの範囲
1日の走行距離は26km以下



ローカル経路計画 9

4. 要素試作車

- 要素試作車の電子部品は地上試験を想定したものであり、大気中・常温下での試験に用いる。耐月面環境性能については、熱真空試験等を別途実施することで評価する。
- LiDARやタイヤ・駆動モータ等の**各機器のレイアウトは月面走行を想定した位置**としている。

LiDAR (高さ3.7mに設置)

ロールバー



サスアーム



駆動モータ・減速機



表 要素試作車概要

項目	諸元
トレッド	3,200 mm
ホイールベース	4,060 mm
全長	5.3 m
全幅	4.4 m
車両質量	3,200 kg

図 走行システム要素試作車