

資料99-3

科学技術・学術審議会
研究計画・評価分科会
宇宙開発利用部会
(第99回) 2025.9.29

有人と圧ローバ研究開発の進捗状況

2025年9月29日
JAXA 有人宇宙技術部門

- 2024年4月に、日米間で「与圧ローバによる月面探査の実施取決め」に署名がなされ、日本は2031年を目標に月面活動で唯一無二の貢献となる有人与圧ローバを実現すること、並びにNASAは日本人宇宙飛行士による2回の月面着陸機会を提供することが合意された。
- JAXAでは、上記実施取り決めを踏まえ、現在、**月面での「居住機能」と「移動機能」を併せ持つ、世界初の有人与圧ローバシステムの実現を目指し、研究開発を進めている。**
- 本報告では、**有人与圧ローバの政策的・技術的な位置づけおよび現在の研究開発の状況、ならびに今後の予定に関し、以下についてご報告する。**

1. 宇宙基本計画上の位置づけ
2. 有人与圧ローバの意義価値
3. 米国アルテミス計画における有人与圧ローバの位置づけ
4. 有人与圧ローバの概要
5. 研究開発の状況と今後の予定

1. 宇宙基本計画上の位置づけ

宇宙基本計画(2023年6月改定)

4. 宇宙政策に関する具体的アプローチ (3)(b) 月面における持続的な有人活動

【国際パートナーや民間事業者と連携した持続的な月面活動】

(中略)

- 具体的には、アルテミス計画の下、国際協力による月・火星探査を実施するとともに、持続的な有人活動に必要な、環境制御・生命維持システム、月周回有人拠点（ゲートウェイ）補給機及び**有人と圧ローバの研究開発**、月極域探査機（LUPEX）による水資源関連データの取得等に向けた取組を着実に実施していく・・・

宇宙基本計画工程表(2024年12月改定)

令和5年度 (2023年度)	令和6年度 (2024年度)	令和7年度 (2025年度)	令和8年度 (2026年度)	令和9年度 (2027年度)	令和10年度 (2028年度)	令和11年度 (2029年度)	令和12年度 (2030年度)	令和13年度 (2031年度)	令和14年度 (2032年度)	令和15年度以降
【国際パートナーや民間事業者と連携した持続的な月面活動】										
米国提案の国際宇宙探査計画(アルテミス計画)への参画[内閣府、文部科学省等]										
ゲートウェイ居住棟への我が国が強みを有する技術・機器の提供						ゲートウェイの運用・利用				
HTV-XによるISSへの物資補給機会を活用した技術実証							ゲートウェイ補給機によるゲートウェイへの物資輸送			
月面探査を支える移動手段(有人と圧ローバ)に関する開発研究								運用		
車輪や走行系等の要素技術の開発研究・技術実証										



© JAXA/TOYOTA

- 2024年4月9日に盛山文部科学大臣（当時）とネルソンNASA長官（当時）との間で署名。
- 日本による有人与圧ローバの開発・運用（2031年打上げ目標）と、米国による日本人宇宙飛行士の2回の月面着陸機会の提供等について規定。

《 主な内容 》

- 日本側の責務として、以下を提供。 ※JAXAは日本政府（文科省）責任の下、実施を担う
 - ・ 与圧ローバ1台、運用、維持（補用品）
 - ・ 与圧ローバ地上管制施設
 - ・ 与圧ローバに係る訓練機器、日本での訓練の提供
 - ・ 地上管制局／有人与圧ローバ間の通信（副）
 - ・ 与圧ローバ搭載利用用機器（JAXA利用分）

- 米国側の責務として、以下を提供。
 - ・ 日本人月面活動機会（2回）
 - ※ 搭乗時期については、日本側の希望（できるだけ早期）と与圧ローバの主要マイルストーンに留意する。
 - ・ 与圧ローバの月面への輸送
 - ・ 与圧ローバに係るクルーおよび物資の月面への（からの）輸送
 - ・ 与圧ローバ以外のアルテミス要素に関する訓練の提供
 - ・ 与圧ローバに搭載する運動機器、健康管理機器、医療機器、食料・衣料・水等
 - ・ 地上管制局／有人与圧ローバ間の通信（主）
 - ・ 与圧ローバ搭載利用用機器（NASA利用分）



署名式の様子
盛山文部科学大臣（当時）と
ネルソンNASA長官（当時）

2. 有人と圧ローバの意義価値

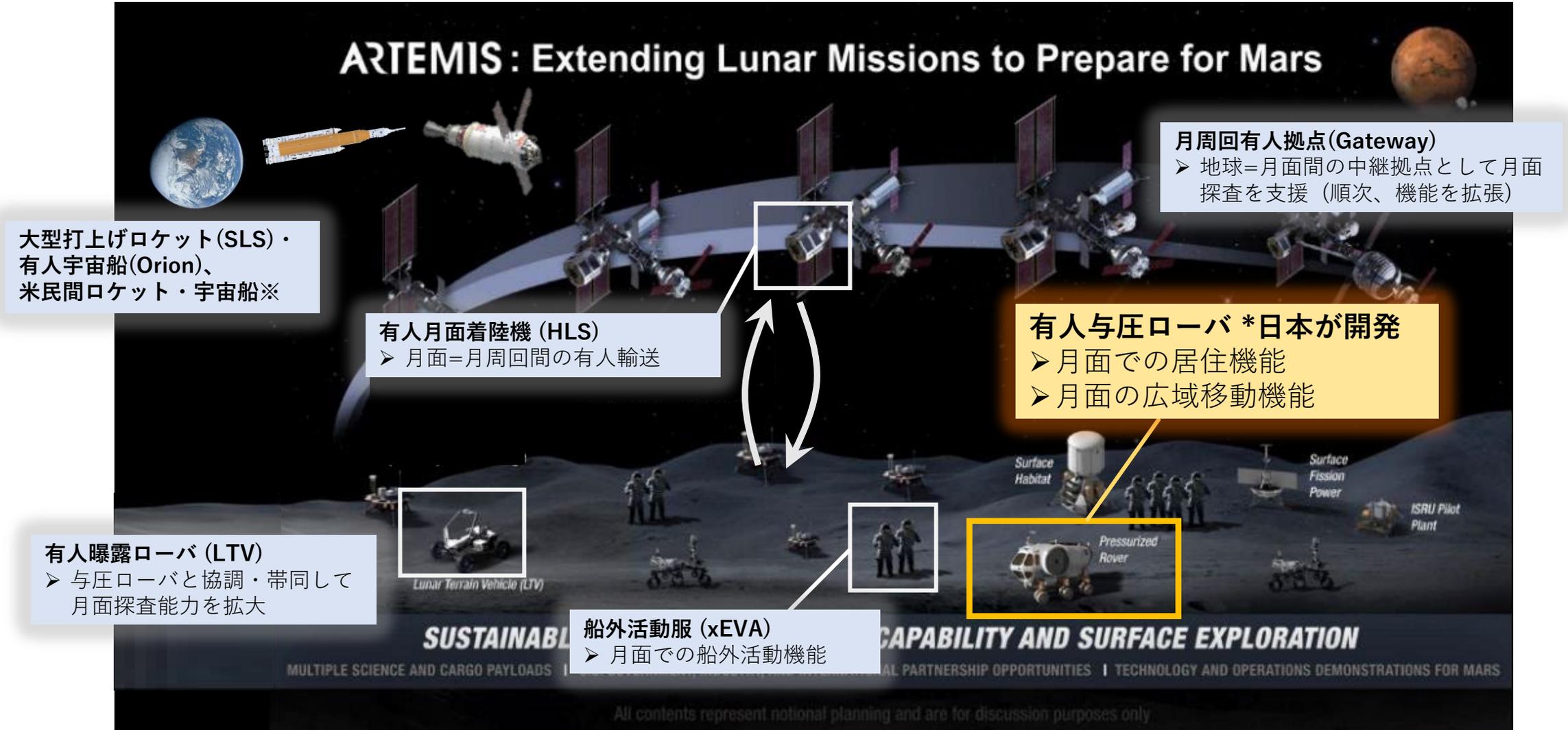
- ① 有人の月面探査範囲を飛躍的に拡大。無人時も常に遠隔操作で探査を実施。
 - 「持続的な月面探査」の中心的役割。【人類の活動領域の拡大】
 - 実施可能なサイエンスの幅が大きく拡大。【科学的成果の創出】

- ② 月面・火星面探査技術の実証【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の機会の確保。

3. 米国アルテミス計画における有人と圧ローバの位置づけ

- アルテミス計画による月面探査を構成する主要要素として、大型打上げロケット、月周回有人拠点、有人月面着陸機、有人曝露ローバ等が定義されており、日本が開発する有人と圧ローバも含まれる。

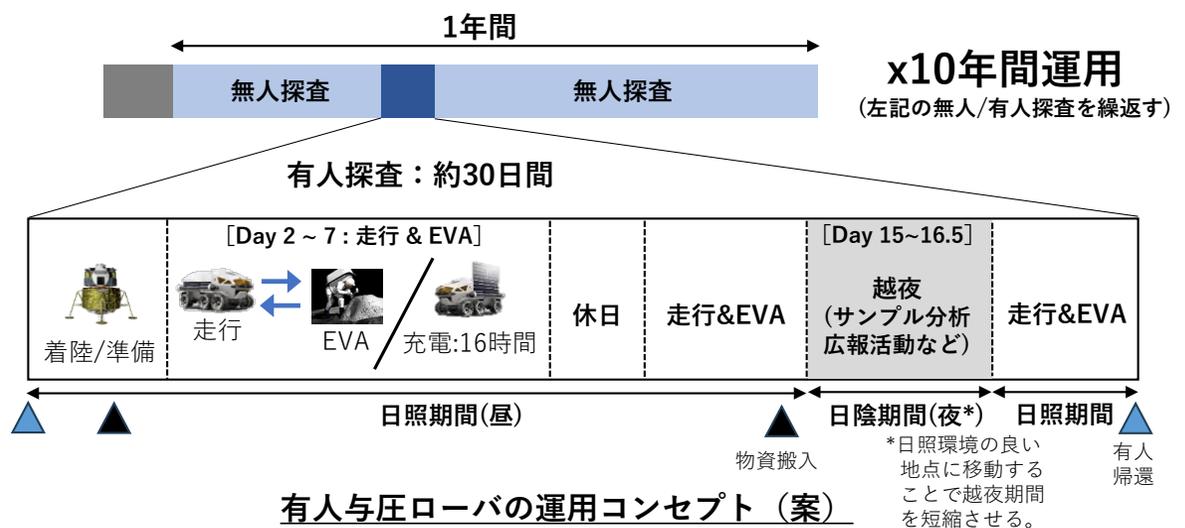


※NASAは、有人月面着陸機 (Space-X社) を大型貨物輸送用に改変したものを、有人と圧ローバの輸送に使用する計画

- 米国が主導する「アルテミス計画」のキー要素として、月面上の広い範囲を長期間にわたり移動可能なモビリティ
- 有人月面着陸機(HLS)で到着した飛行士に、月面上での「居住空間」と「移動手段」を提供
 - 船外宇宙服を着た状態で乗降
 - シャツスリーブで居住
 - 飛行士の操作、遠隔操作及び自律運転で移動
- 年1回の有人ミッション期間以外は、無人探査ローバとしての探査機能を提供



有人探査 ミッション 要求	運用期間	2031年～
	探査領域	南極域
	クルー人数	2名
	有人ミッション頻度	1回/年
	有人ミッション期間	28日 (+異常時対応3日)
	越夜日数	有人ミッション中：~36時間 (無人期間：~192時間)
	連続走行距離	18 km/1充電
システム 走行性能 (検討中)	EVA頻度 (クルー)	最大4回/週
	総走行距離	10,000 km(目標)/10年間
	最大速度	15km/h
	最大斜度	±15度
	障害物乗越え性能	30cm @平坦路 7cm @15° 傾斜路



システム設計課題

【走行時質量・打上質量、打上げ搭載エンベロープ、システム故障許容性・保全性(クルー安全性、ミッション継続性)、エネルギー収支(走行時、越夜時)、レゴリス対策(キャビンコンタミ)】

窓

【樹脂材の放射線等評価、隕石衝突評価】

微小隕石防護バンパ

【防御性評価試験】

走行システム

【自動運転、検証手法の確立(試験+シミュ)、回生ブレーキ、自動車部品適用評価、機構寿命評価、レゴリス挙動評価】

LiDAR 【障害物検知性能(広範囲、分解能の精細化)】



© JAXA/TOYOTA

ハッチ

【EVA操作性、シール部レゴリス耐性】

再生型燃料電池システム(RFC)

【H₂/O₂昇圧、変換・蓄電効率、膜寿命、O₂適合性、リーク抑制】

ロボットアーム

【駆動部レゴリス対策】

単相冷媒ループ・ラジエータ

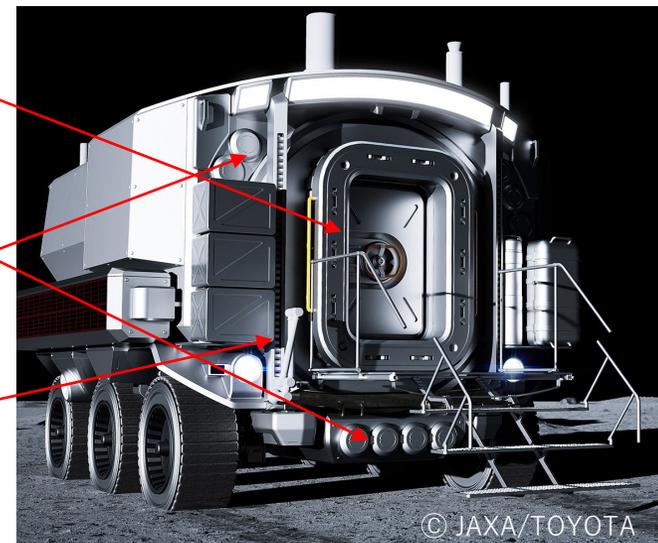
【排熱効率、隕石衝突耐性(冗長配管)、越夜時排熱抑制、船内コンプレッサループ】

太陽電池パネル

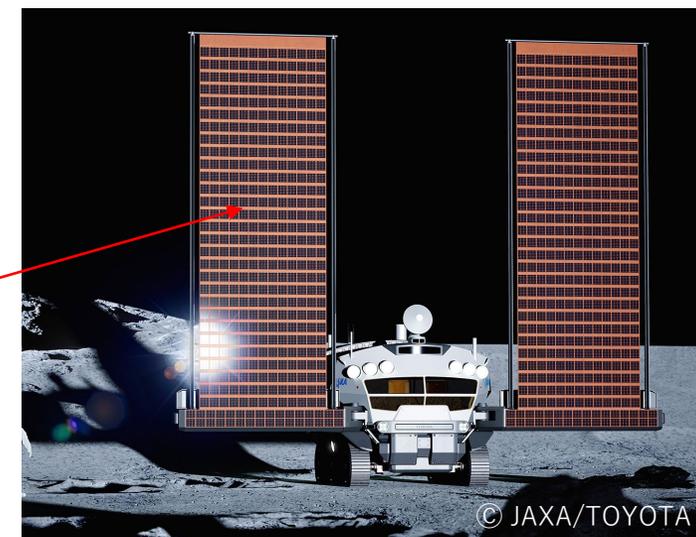
【大型パネル(W4m*H10m)の重力下繰返し展開収納(1000回以上)、レゴリス耐性】

金属タイヤ

【低接地圧、疲労寿命、一発大入力への耐性、軽量化】



© JAXA/TOYOTA



© JAXA/TOYOTA

【主要諸元】

L×W×H = 6.44m × 4.84m × 4.85m (打上時エンベロープ 6.35m φ)

■ ホイールベース = 3,810mm / トレッド幅 = 3,200mm

■ 打上げ時初期質量 ≤ 15MT / 月面上全備質量 ≤ 18MT

5. 研究開発の実施状況と今後の予定

1. 概念設計

NASAとのシステム要求調整や、トヨタ社等と連携した技術検討を進め、概念設計フェーズの活動を概ね完了した。

- 機能配分や故障許容性、搭載性を考慮したシステム系統図の検討、および構成機器の識別（コンポリスト）を実施。
- サブシステムおよび主要開発機器に関し、調達先候補ベンダーでの技術検討も含め、基本設計の着手に向けた準備を実施中。

2. 試作試験

(1) 走行系BBM試験（P11参照）

- 走行系BBMの評価試験を進め、EM開発に向けたデータ取得を進めている。
- 1/6G環境下の設計検証のため、走行系BBMによる動的試験データを用いて解析モデルのコリレーションを行う。

(2) 展開・収納型太陽電池パネル（P12参照）

- バイステーブル式展開収納機構のフルスケールモデル（高さ10m）用いて展開収納機構の耐久評価やレゴリス付着対策検討を実施中。
- （詳細確認中）パネルの収納形態の設計評価のため、振動試験用の供試体を準備中。

(3) 炭素繊維複合材（CFRP）ハッチ（P13参照）

- 軽量化を目的としたCFRP材料によるハッチの実現性検討として、ハッチプレートの供試体を試作。
- 開閉機構を含む概念設計の詳細化やシール機構等の試作試験を実施中。

(4) 操縦シミュレータによる操縦性能・視認性評価（P13参照）

- モーションプラットフォームを用いた操縦シミュレータを使用し、車体挙動を模擬した操縦性や外部視認性の評価を実施中。

概念設計の結果としてシステム成立性に一定の見通しを得て、本年9月に、NASA、文科省を交えたプログラム管理委員会において、基本設計フェーズに向けた審査プロセスに移行する準備が整っていることを確認した。現在、JAXA内で、2025年度中の基本設計フェーズへの移行に向け、システム要求/定義審査（SRR/SDR）を進めている。

2031年打上げに向けた
マイルストーン（想定案）



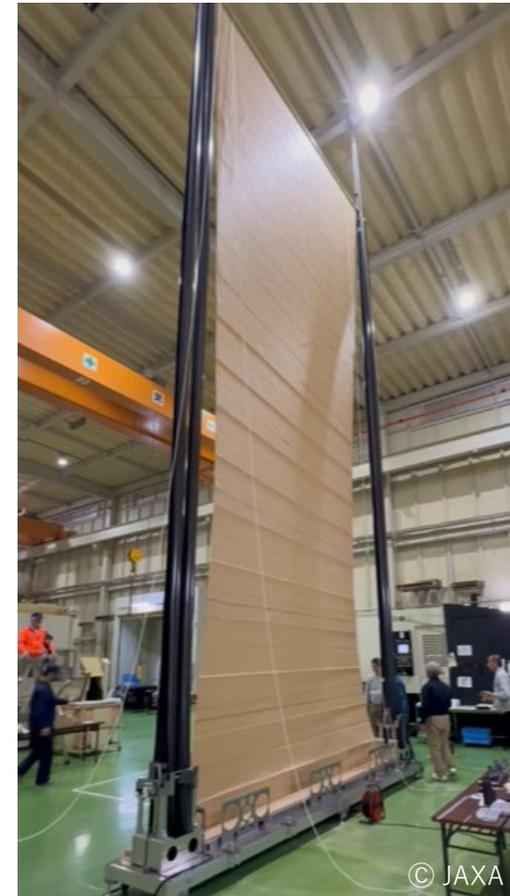
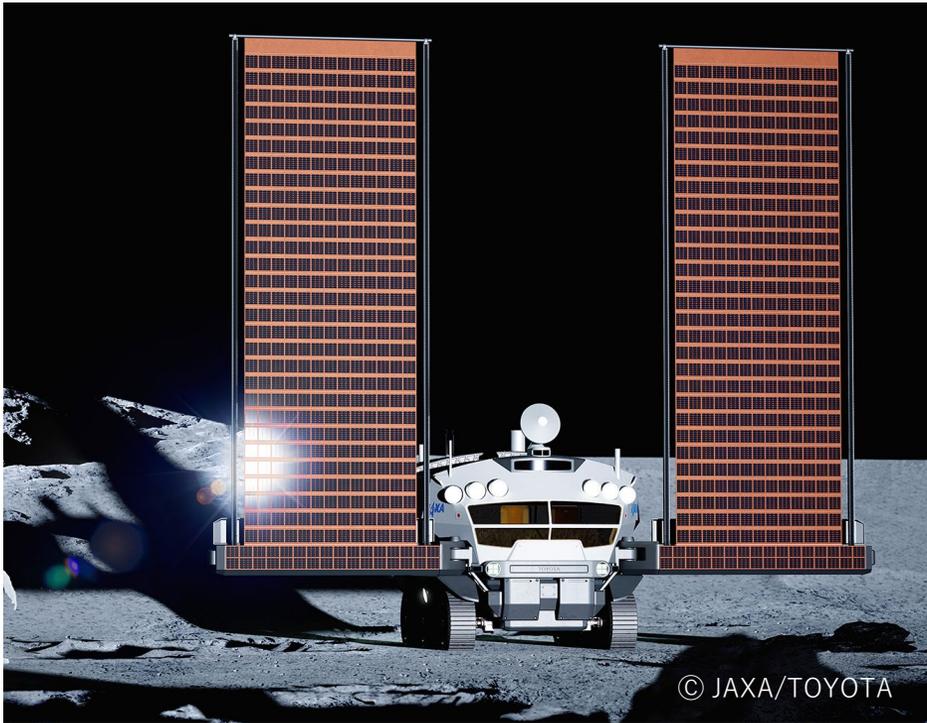
1. 走行系BBM試験

- 走行系BBMの評価試験を進め、EM開発に向けたデータ取得を進めている。



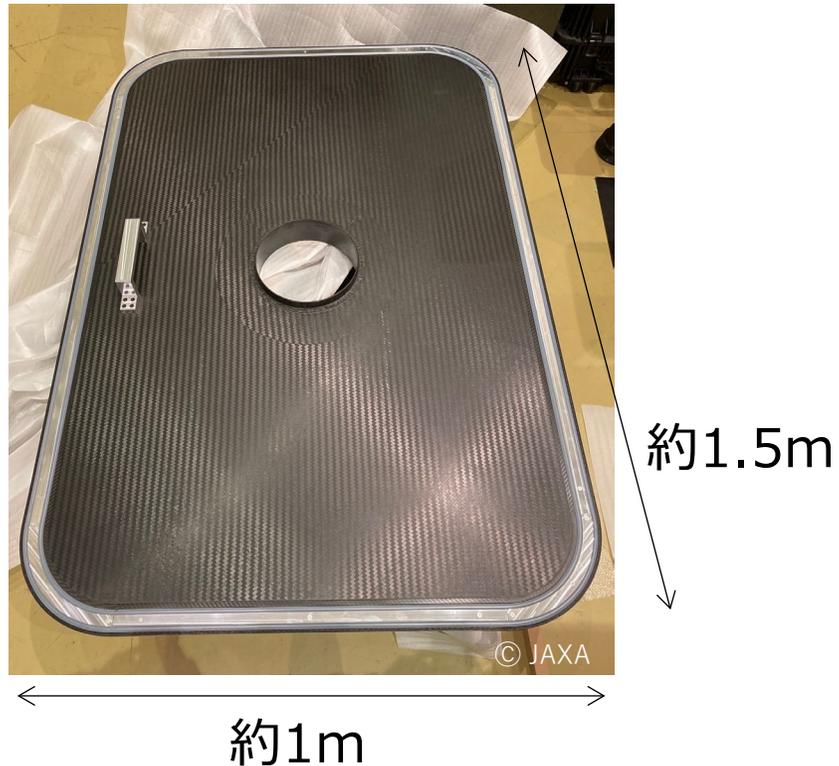
2. 展開・収納型太陽電池パネル

- バイステーブル式展開収納機構のフルスケール試験モデル（高さ10m）を製作し、展開収納機構の耐久評価やレゴリス付着への対策検討を実施中。



3. 炭素繊維複合材 (CFRP) ハッチ

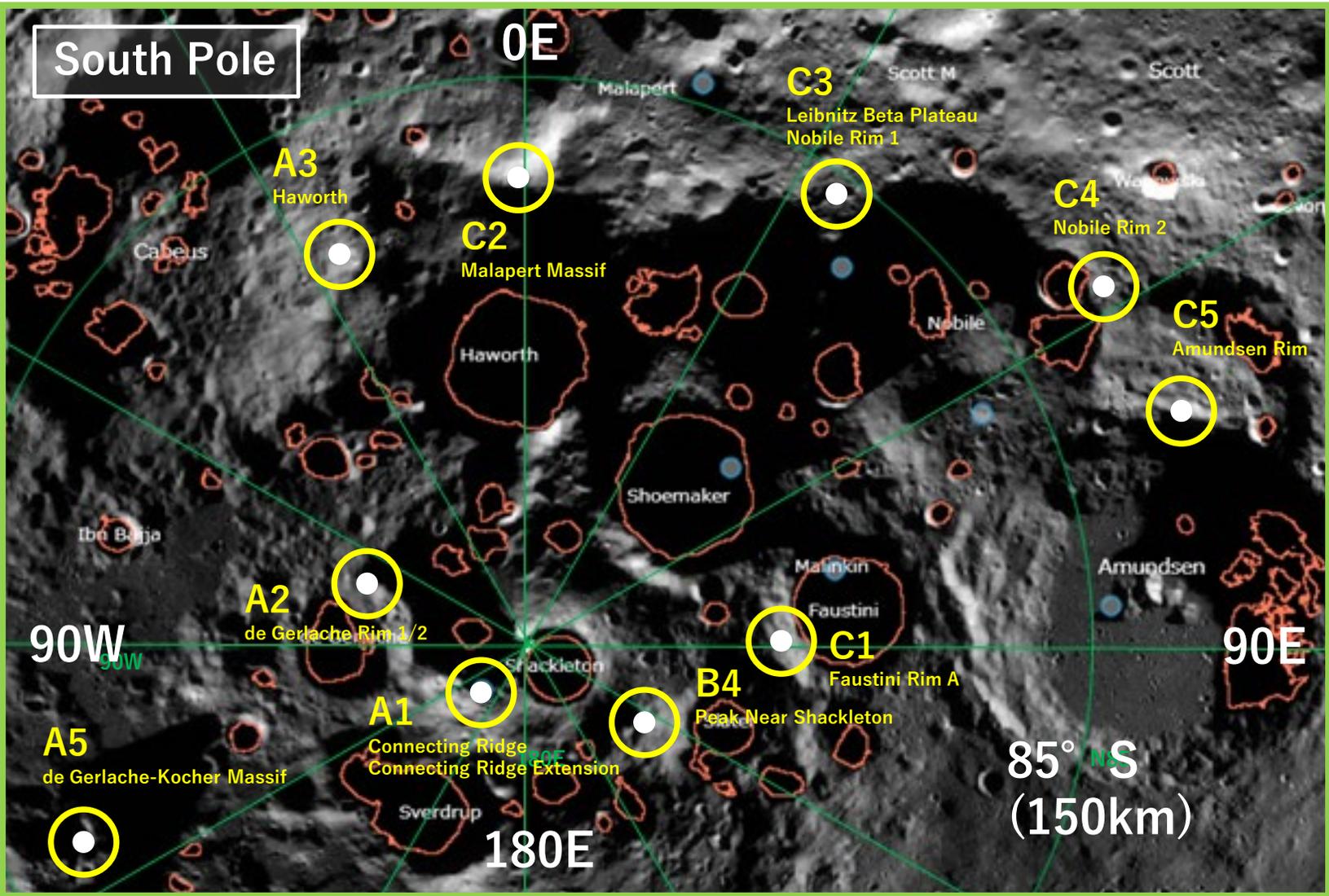
- 軽量化を目的としたCFRP材料によるハッチの実現性検討として、ハッチプレートの供試体を試作。
- 開閉機構を含む概念設計の詳細化やシール機構等の試作試験を実施中。



4. 操縦シミュレータによる操縦性能・視認性評価

- 6軸駆動のモーションプラットフォームを用いた操縦シミュレータ (トヨタ東富士) を使用し、車体挙動を模擬した操縦性や外部視認性の評価を実施中。

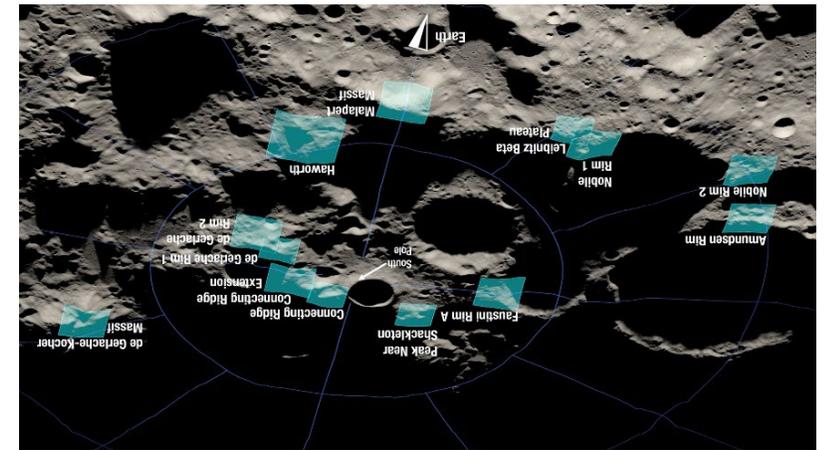




A1~C5 :

NASAが、Artemis-IIIの有人着陸候補として選定している領域

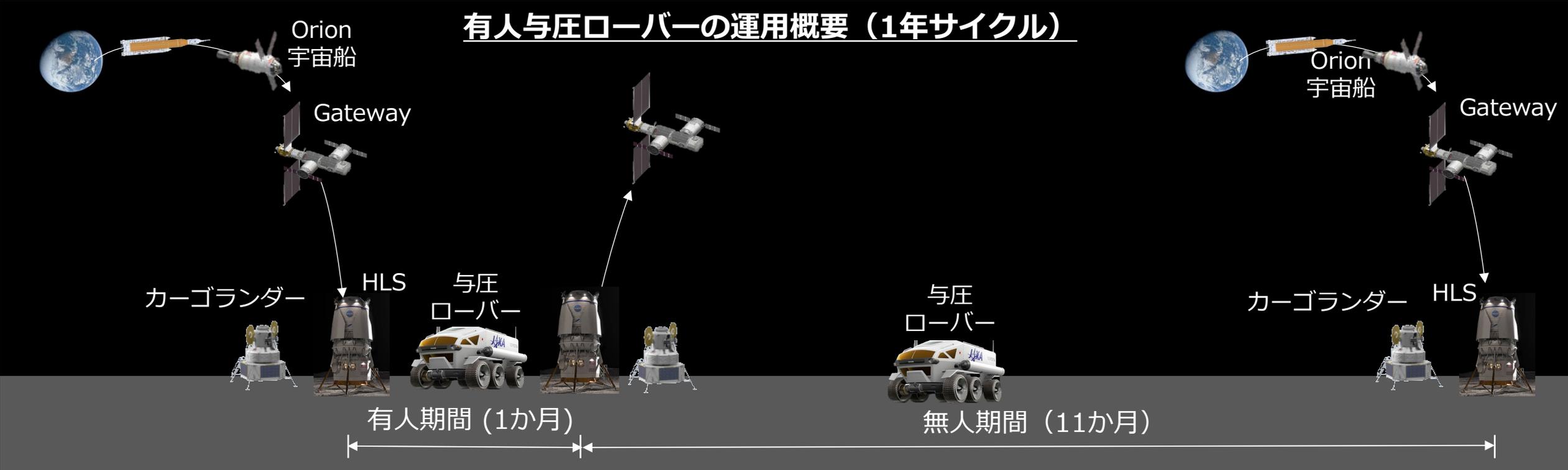
- 打上げ可能期間に加え、地形の傾き、地上との通信、日照条件等を考慮
- 永久影に十分近い一方で、6日半（アルテミスIIIの有人滞在期間）の滞在中、継続的に日照が得られる



(ref.) <https://www.nasa.gov/news-release/nasa-identifies-candidate-regions-for-landing-next-americans-on-moon/>
(Aug.19, 2022)

(参考) 有人と圧ローバの想定ミッションプロフィール

有人と圧ローバの運用概要 (1年サイクル)



無人期間中(11か月)の運用⇒

<p>[Day 1 : Parking /Recharge]</p> <p>Crew Return</p> <p>Standby /Recharging</p>	<p>[Day 2 : Traversing & Robotic Exploration]</p> <p>Traversing</p> <p>Robotic Exploration</p> <p>Total : 8 hrs</p> <p>Parking / Recharging : Total 16 hrs</p>	<p>[Day 3 : Recharging]</p> <p>Recharging</p>	<p>[Day 4-15]</p> <p>Repeat Day 2 & 3 Operations</p>	<p>[Day 16 - 23 : Parking]</p> <p>Uncrewed PED</p> <p>Standby</p>	<p>[Day 24 - 332]</p> <p>Repeat Day 1 thru Day 23 operation</p>	<p>Next Human Exploration Point</p> <p>Standby /Recharging</p>
<p>← Lunar day →</p>				<p>← Lunar night →</p>		