

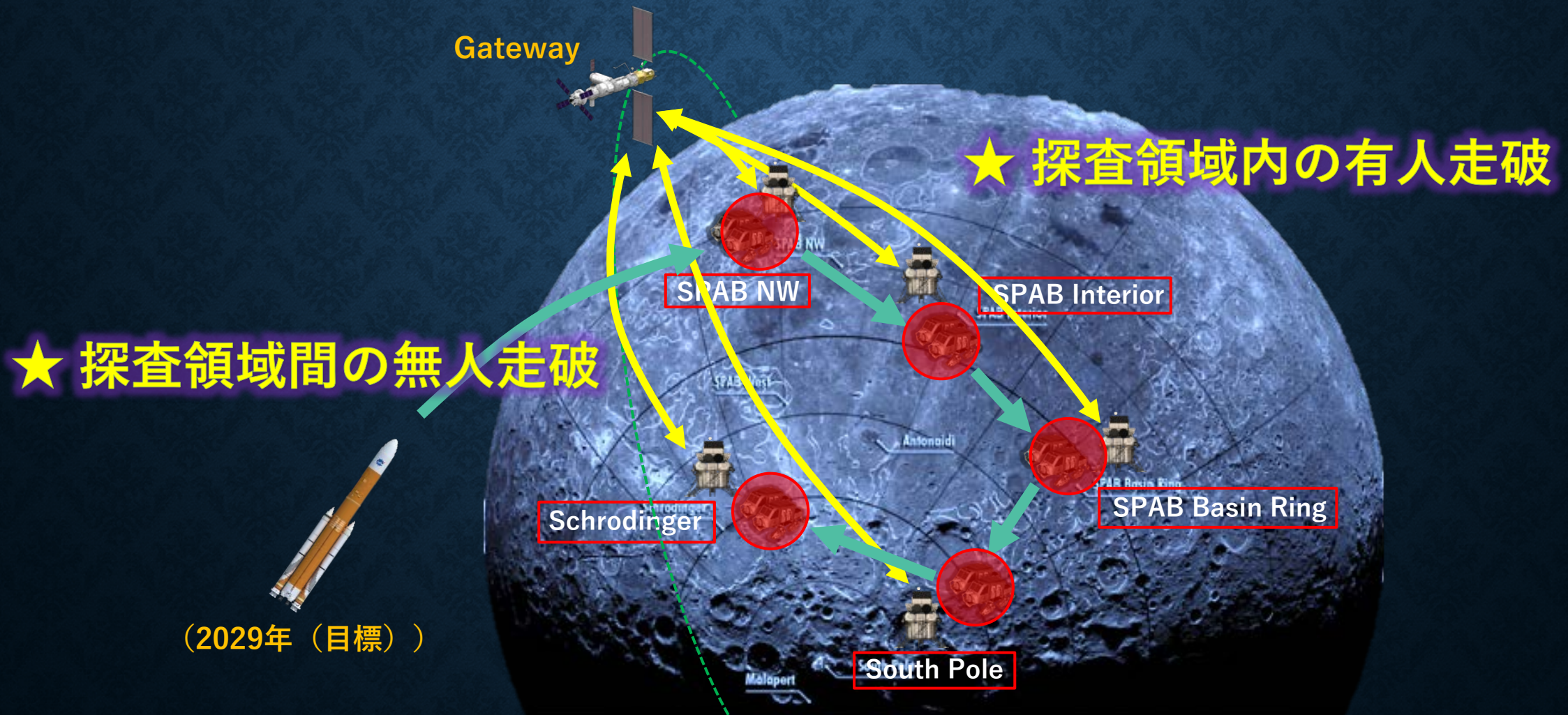
有人与圧ローバの検討状況 ～一次検討結果と今後の課題～

2020年2月7日(金)

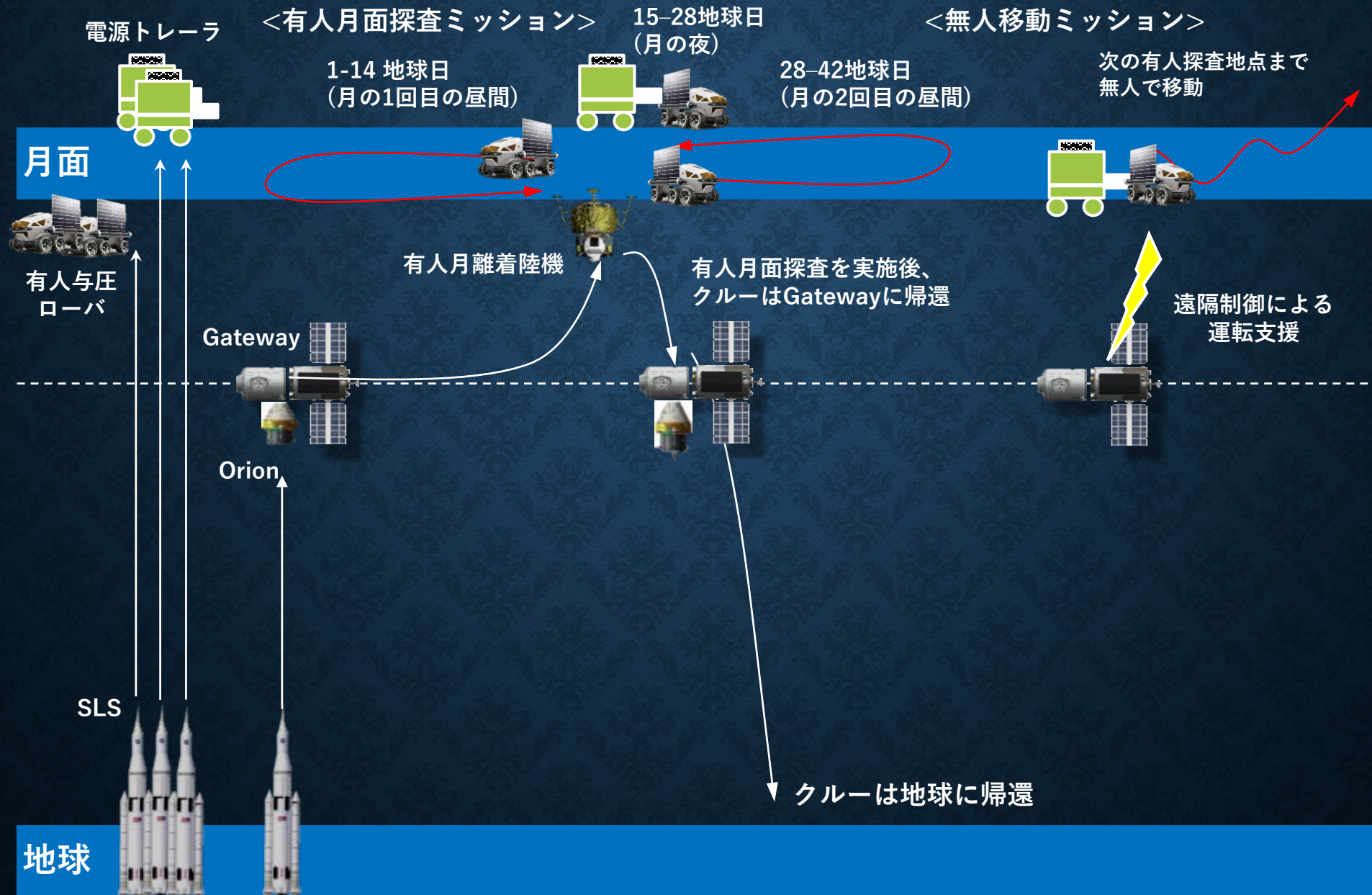
宇宙航空研究開発機構(JAXA)
有人宇宙技術部門 有人宇宙技術センター
技術領域主幹 降籟 弘城

有人与圧ローバの探査領域

- ◆ 探査領域：5領域（候補）
- ◆ 運用期間：2029～2035年（有人与圧ローバ2台によるタンデム運用）
- ◆ ミッション期間：42地球日（月の1回目の昼－月の夜－月の2回目の昼）



有人と圧ローバの運用コンセプト



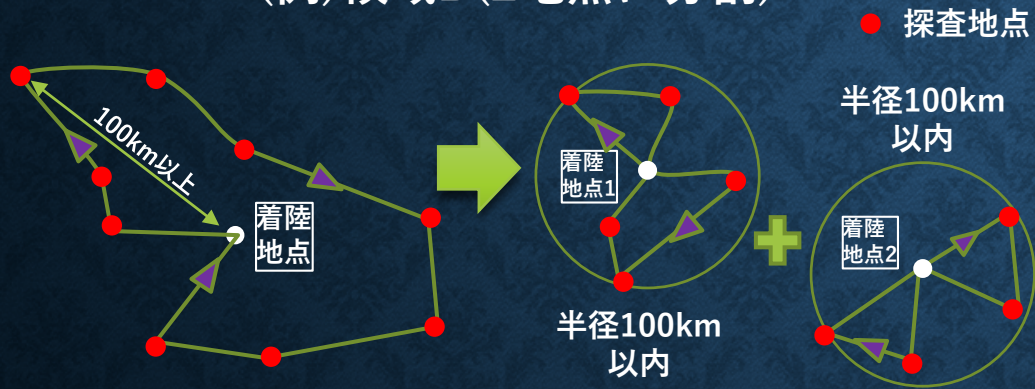
有人月面探査の運用シナリオ



ミッション要求(例)～走行距離～

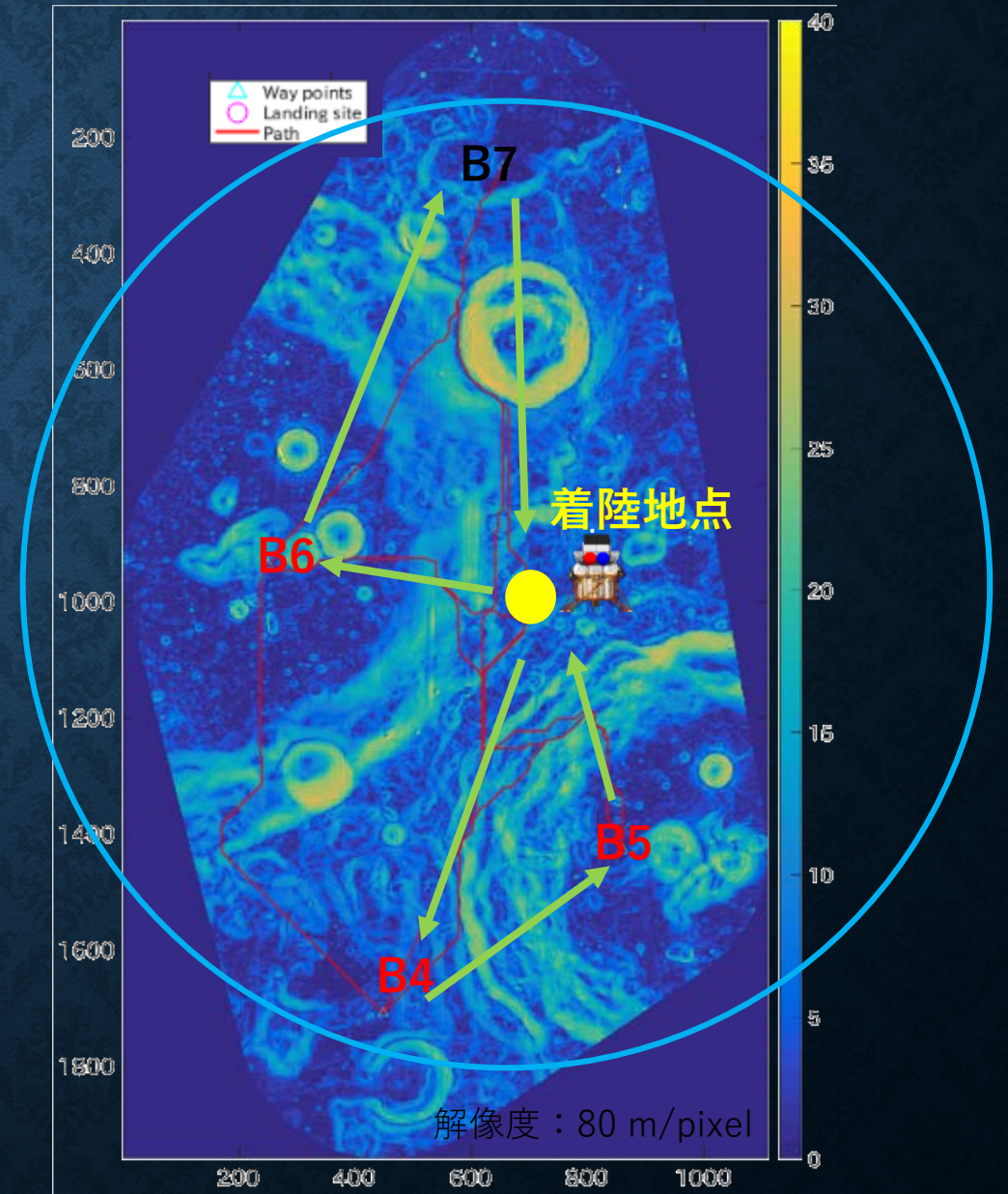
- 2台の有人と圧ローバでのタンデム運用で、1台が故障した場合には、正常な1台に4人搭乗して緊急帰還することを想定し、着陸地点までの距離を半径100kmに制限。
- 1回目の探査(14日)後の越夜時には、着陸地点に戻る想定。

(例)領域B(2地点に分割)



- 走行経路解析の結果、安全係数を考慮し、1回の有人月面探査あたりの走行距離を1,000km(500km×2回)、6地点で合計6,000kmと設定。(最大勾配：25deg)
- 探査領域間(A→B→C→D→E)の合計距離は、3,000km。安全係数を考慮して6,000kmと設定。

➡ 有人と圧ローバ1台の総走行距離要求を12,000kmと設定。



月面でのエネルギーマネジメント(一次案)

		有人月面探査	無人移動
月の昼	走行	燃料電池	メイン：電源トレーラ (サブ：有人と圧ローバに搭載された太陽電池とバッテリー)
	熱・環境制御	有人と圧ローバに搭載された太陽電池とバッテリー	メイン：電源トレーラ (サブ：有人と圧ローバに搭載された太陽電池とバッテリー)
月の夜	走行	N/A(夜間は走行しない)	N/A(夜間は走行しない)
	熱・環境制御	電源トレーラ	電源トレーラ

有人ミッションの開始時



有人ミッション

<月面の昼：走行時>



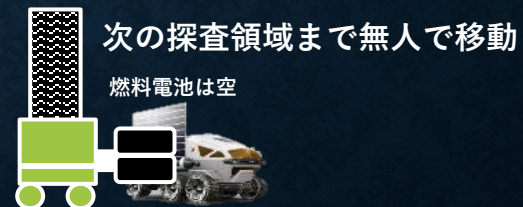
<月面の昼：停車時>



<越夜>



無人ミッション



有人与圧ローバ システム仕様～一次案～

【主要仕様】

項目		仕様
● 有人与圧ローバ本体		
クルー搭乗数		2名
クルー滞在日数		42地球日
質量	打上時	～7.0 t(マージン込)
	月面走行時	～11.5 t(マージン込)
形状	サイズ	6.0*4.4*3.8 m
	ホイールベース間	4.6 m
	トレッド間	3.6 m
容積	滞在容積	13m ³ ～
	与圧容積	～22m ³
エネルギー (有人運用時)	走行	600kWh
	太陽電池	3.0kW
	蓄電池	32kWh
自動運転用機器		Camera、3D LiDAR
排熱要求		7.6 kW
利用実験	搭載機器	500kg
	サンプルリターン	200kg
● 電源トレーラ		
質量		～10.0 t
蓄電容量		670kWh (越夜対応時の環境・熱制御)

有人与圧ローバ(外観図)



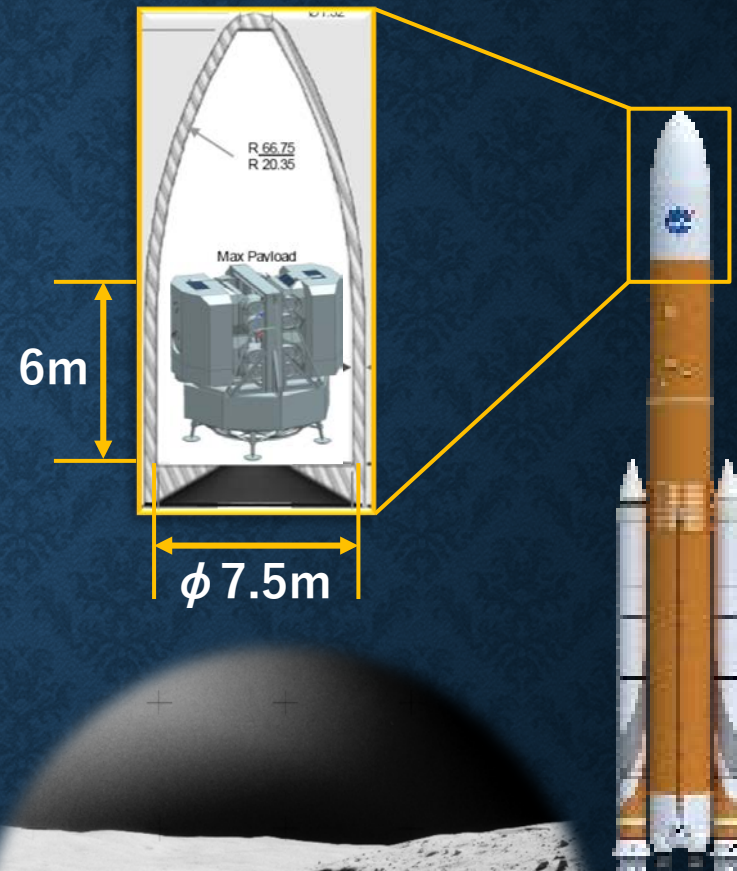
打上げ環境、月面環境への挑戦

■ 打上げ環境

- 打上げ機(米国SLSロケット)による制約
 - 搭載スペース： $\phi 7.5\text{m} \times 6\text{m} / 2\text{台}$
 - 質量：6ton / 台
- 振動環境：最大4G(縦方向)
最大2G(横方向)

■ 月面環境

- クレータ、丘、急斜面
- レゴリス
- 1/6重力
- 極高真空： $10^{-12} \sim 10^{-15}$ 気圧
- 熱環境： $-170^{\circ}\text{C} \sim 120^{\circ}\text{C}$
- 宇宙放射線



主要課題～現状および必要な技術・対策～(1/2)

項目	課題	現状	必要な技術・対策
ミッション要求	探査地点の詳細が未定義	国際調整の結果に基づき定義された月南極域の盆地	● 国際調整・科学コミュニティとの連携による探査地点の詳細化
	路面条件(距離、傾斜、障害物)が未定義	「かぐや」で取得した画像を用いた経路解析	● 詳細な経路解析 ● <u>JAXAが実施する事前の月面ミッションにおける月面図の高精度化に必要な観測装置・技術(3次元地図生成、SLAM、環境認識等)</u>
	路面条件(転がり抵抗)が未定義	アポロ実績(0.02)および地上車ワースト条件(0.25)を想定	● <u>地上試験</u> ● <u>JAXAが実施する事前の月面ミッションにおける転がり抵抗の計測</u>
打上げ機・着陸機	打上げ機・着陸機とのインターフェースが不明	打上げ機として米国SLSを想定(月面へのオフロード方法は未検討)	● 国際調整による打上げ機・着陸機の明確化 ● <u>着陸機から月面へのオフロード技術</u>
エネルギーマネジメント	走行・越夜に必要なエネルギー量が未確認	(走行)燃料電池によるエネルギー供給 (越夜)電源トレーラによるエネルギー供給	● 運用シナリオに基づく必要エネルギーの明確化 ● <u>最適なエネルギー供給システムの選定・月面環境下での実現性確認(燃料電池、太陽電池、バッテリー)</u>
月面環境対策	昼夜で大きく異なる熱環境・最大発熱時の熱マネジメントの成立性が未確認	「きぼう」で実績がある流体ループによる温度制御および形態変更による断熱	● <u>運用シナリオに基づく詳細熱解析・設計(冷媒の選定、流体ループ設計)</u>
	放射線環境への遮蔽・防護対策が未定義	放射線解析(一次検討)による自然・吸収線量の推定	● <u>放射線解析、遮蔽・防護設計の詳細化</u> ● <u>部品・材料の適合性の確認</u>
	レゴリスからの防護対策・除去方策が未定義	過去のミッション(Apollo)での対策・実績の調査	● <u>レゴリスを侵入させない技術</u> ● <u>レゴリスの除去技術</u>

主要課題～現状および必要な技術・対策～(2/2)

項目	課題	現状	必要な技術・対策
ローバ本体	打上げ質量の実現性(制約：6トン)が未確認(ボデー・与圧キャビンの軽量化が必要)	CFRPまたは柔軟膜(Kevlar)による構成	<ul style="list-style-type: none"> ● <u>部品・構造体の軽量化技術</u> ● <u>成型の実現性評価</u>
	走行系の実現性が未確認	6輪(直径1.5m)、インホイールモータの構成	<ul style="list-style-type: none"> ● <u>タイヤ設計・試作モデルによる評価</u> ● <u>地上試験</u>
	自動運転の実現性が未確認	可視カメラ・3D LiDAR、計算機の構成	<ul style="list-style-type: none"> ● <u>地上試験(解析含む)</u> ● <u>JAXAが実施する事前の月面ミッションにおける実証(可視カメラ・3D LiDAR、計算機)</u>
	与圧キャビンの船内検討が未実施	滞在容積(13m ³)のみ定義	<ul style="list-style-type: none"> ● <u>船内の機器配置の検討</u> ● <u>最適な居住空間(1/6重力環境)の検討</u>
安全	クルーの生命を守るシステムの実現性が未確認	2故障許容(2 Fault Tolerant)な安全システム	<ul style="list-style-type: none"> ● 国際調整による安全要求の明確化 ● <u>安全検討の詳細化</u>
燃料補給	燃料充填方法・補給量の成立性が未確認	酸素・水素高圧ガスタンクのカートリッジ交換(1回の有人月面探査のために約1トンの補給量が必要)	<ul style="list-style-type: none"> ● <u>月面環境での結合機構</u> ● <u>補給を不要とする再生型燃料電池</u>