

# 有人月面探査実証ミッション (HERACLES) の概要



2018年10月25日

宇宙航空研究開発機構 森戸俊樹

## ■ 有人月着陸船による国際宇宙探査への貢献を検討中



# 有人月面探査実証ミッションの目的

## ■有人月探査技術の実証

- ・月着陸、表面移動、深宇宙ゲートウェイとのランデブ等の技術を実証する。

## ■探査と科学に関する知見の獲得

- ・その場観測とサンプル回収により、有人探査着陸地域の表面環境を見極める。

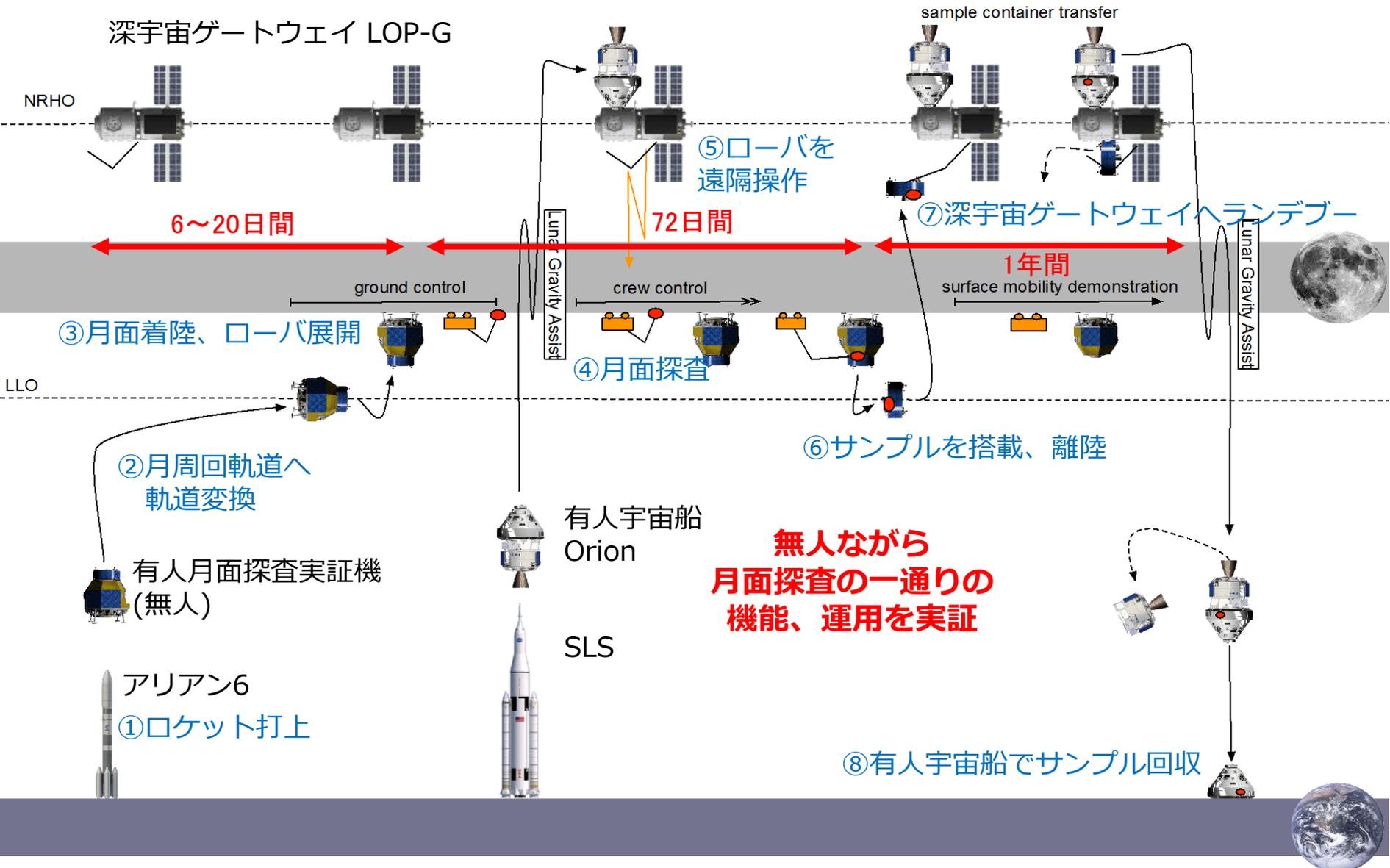
## ■国際協力の推進

- ・国際宇宙探査ミッション遂行のために真のパートナーシップを築く。

⇒国際協力でジョイントスタディを実施中(ESA/CSA/JAXA)



# ミッション・シナリオ(案)



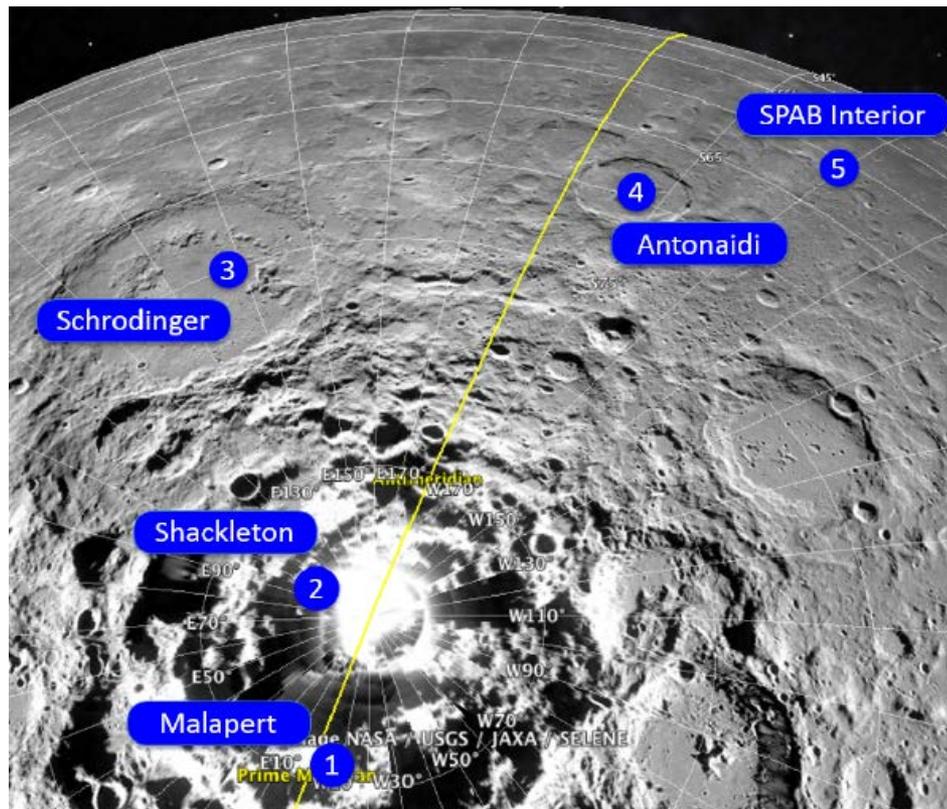
# 着陸地点(候補)

■着陸地点の候補は、以下の2つの観点を踏まえて検討中

①有人月面探査の事前計測(探査着陸地点候補の表面環境の計測)

②月科学のテーマ(サンプルの種類、採取方法、観測機器含む)

国際協力のサイエンスワーキンググループで検討中。

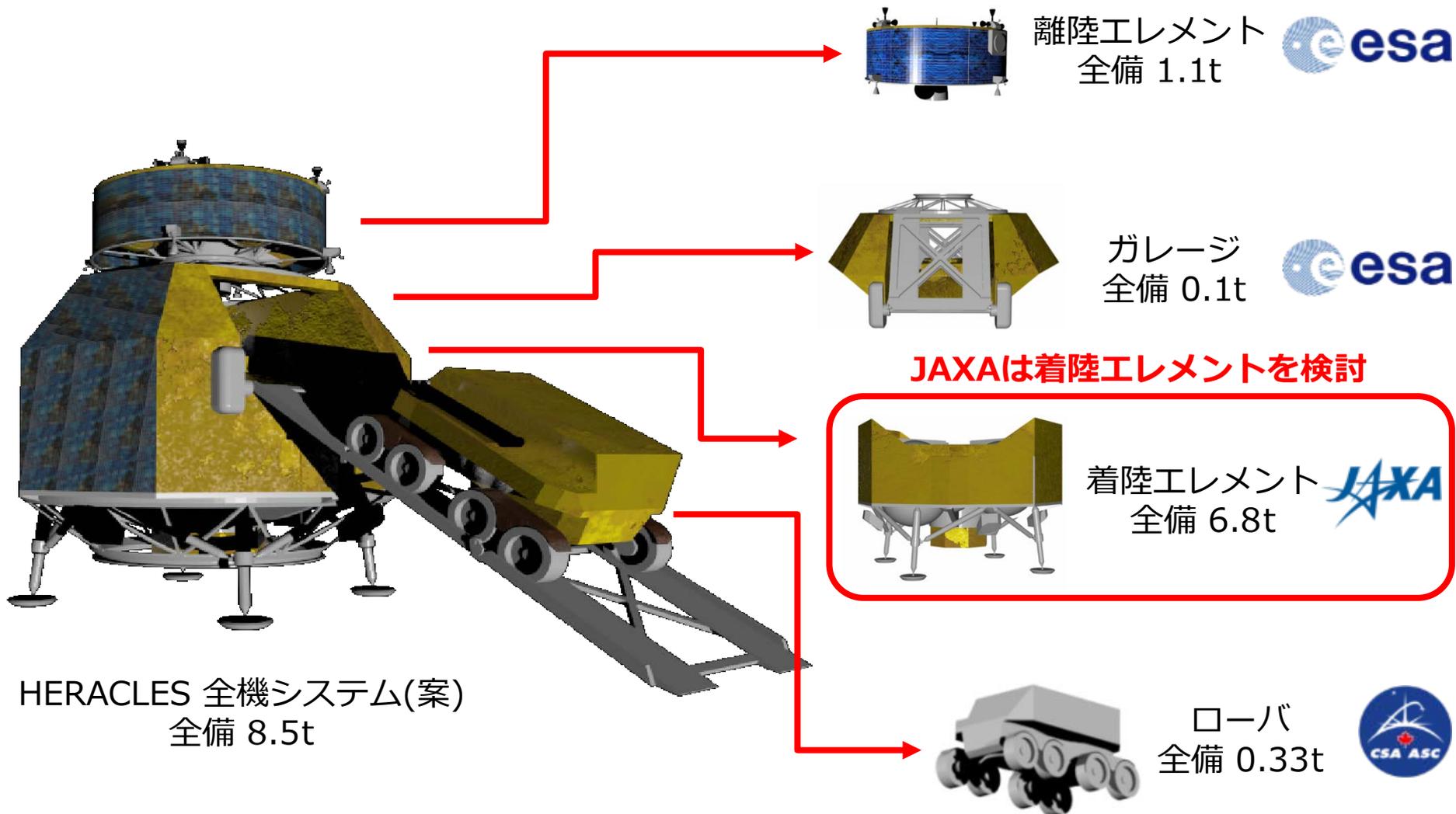


月の裏側、高緯度地域も想定

有人月探査着陸地点候補(例)

# システム構成と分担(案)

■ジョイントスタディでは、各国機関によるシステムの分担を検討中



# 離陸エレメントの構想(案)

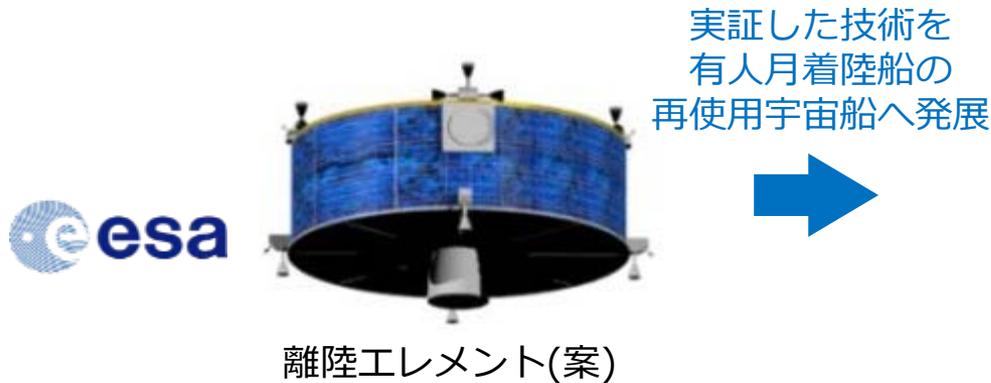
## ■ 機能

- ・ 軌道上での全機システムの飛行制御(着陸エレメントの推進系を利用)
- ・ 月面から離陸、ゲートウェイへバーシング、サンプルコンテナ輸送

## ■ 技術開発

- ・ ストアラブル推進薬のポンプ式高性能エンジンを開発中
- ・ 推進薬移送機能を含む新規ドッキング機構を研究中

**再使用へ向けて  
関連の技術開発も**



再使用型 有人月着陸船 構想(例)

	HERACLES 着陸エレメント
主推進系	推力6 kN (ストアラブル) x 1基
航法系	IMU、サンセンサ、恒星センサ、航法カメラ、ランデブLIDAR等
システム質量	1.1t
増速量	3km/s

# ローバの構想(案)

## ■ 機能

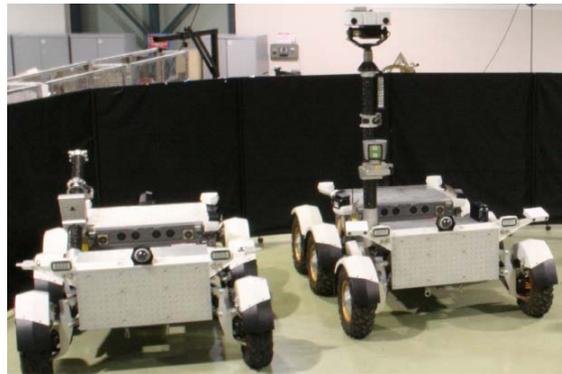
- ・ 自律運用／遠隔操作による表面走行、サンプリング
- ・ 越夜を含む長期間運用(サンプリング70日間、その後1年間)

## ■ 技術開発

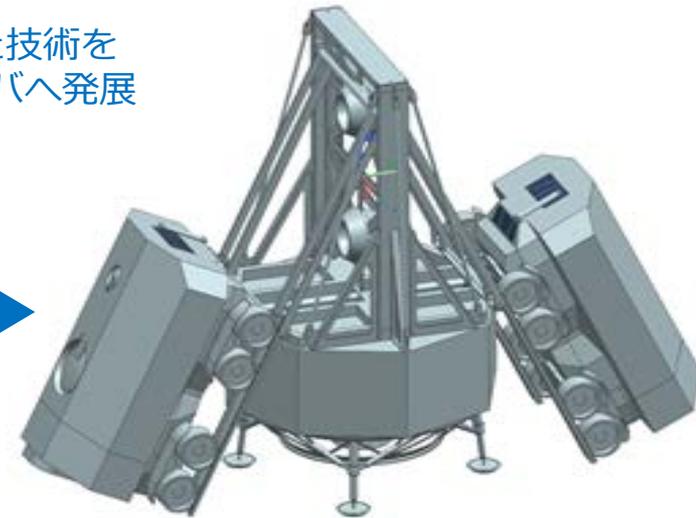
- ・ ローバの試作試験を実施中

**走行性能等だけでなく  
電力リソースも重要  
(RTG適用も検討中)**

実証した技術を  
与圧ローバへ発展



ローバ試作試験(例)



有人与圧ローバ 構想(例)

	HERACLES ローバ
走行距離	40km (サンプリング)
走行速度	3.6km/h(最大)、1km/h(平均)
システム質量	330kg (ペイロード含む)
ペイロード質量	90kg (マニピュレータ含む)

# 着陸エレメントの構想(案)

## ■ 機能

- ・ 全機システムの推進、月面着陸(飛行制御含む)

## ■ 技術開発

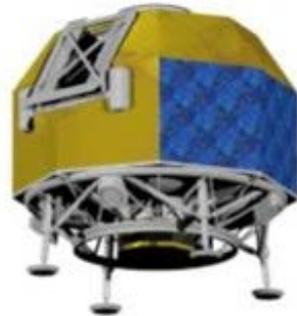
- ・ SLIM等のピンポイント着陸技術を発展
- ・ 研究中の世界トップクラスの高性能LNGエンジン技術をベース

日本の強みとなる  
技術を活かす



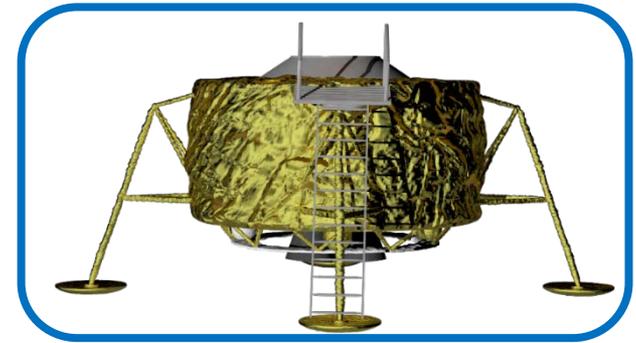
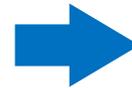
SLIM

ピンポイント  
着陸技術  
を発展



着陸エレメント(案)

実証した技術を  
有人月着陸船  
の着陸段へ発展



有人月着陸船 構想(例)

	HERACLES 着陸エレメント	有人月着陸船(着陸段)
主推進系	推力30 kN (LOX/LNG) x 1基	推力30 kN (LOX/LNG) x 3基
推進薬	4.5 t	20 t
システム質量	6.8 t	25 t
ペイロード質量	1.5 t	10 t
増速量	3 km/s	3 km/s
着陸精度	±100 m (目標)	TBD

# 月面着陸シーケンスの構想(案)

## ■ SLIMの着陸シーケンスをベースに検討中

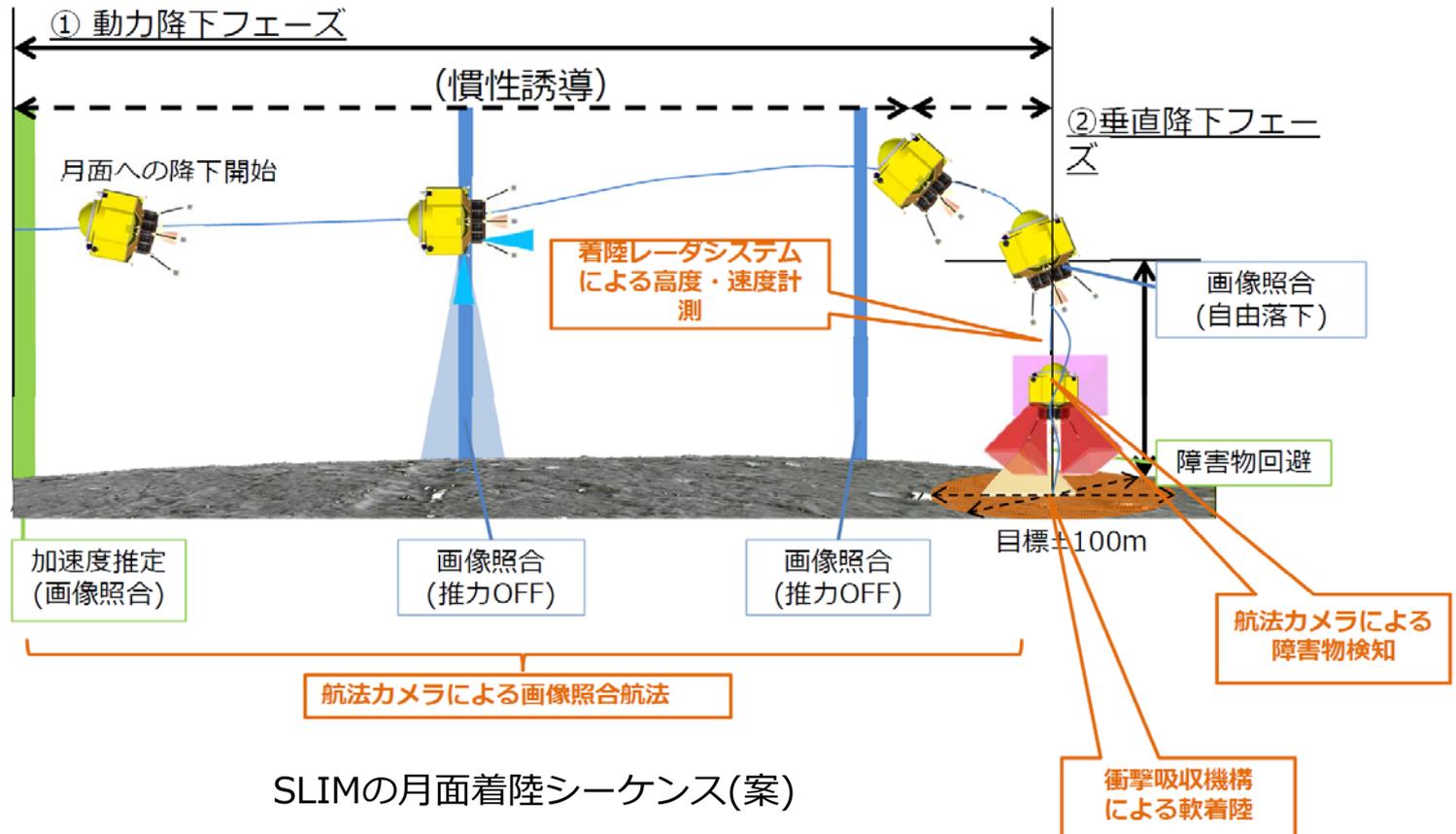
### ①動力降下フェーズ

月周回軌道100×15kmから軌道離脱し、水平速度を0にする。

### ②垂直降下フェーズ

高度3.5kmから誤差修正、高度1kmから障害物回避、高度3mでエンジン停止し着陸する。

- SLIMとの主な違いは
- ・月の裏側、高緯度の航法
- ・推カスロットリング制御



SLIMの月面着陸シーケンス(案)

## ■ 技術開発方針

- ・ JAXAが研究中のLNGエンジン高性能化の技術をベースに発展

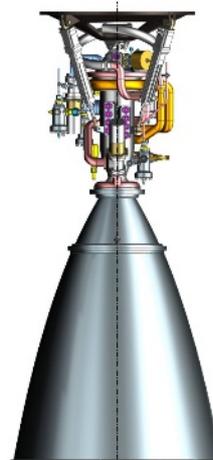
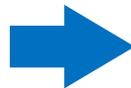
## ■ 主な技術課題

- ①スロットリング量変更
- ②再着火機能追加
- ③有人安全要求へ対応する強度、寿命

- 研究中エンジンとの違いは**
- ・ 着陸のための高機能化
  - ・ 有人月着陸船へ向けた有人安全対応



供試体エンジン



LNGエンジン構想(案)

項目	LNG推進系の研究(想定)	HERACLES要求仕様(案)	主な技術課題
推進薬	LOX / LNG	同左	
推力	30 kN以上	同左	
比推力	370 s以上	同左	
推力制御	50-100 % 連続	40-100 % 連続	スロットリング深度
作動回数	1 回	3 回 / フライト	再着火機能
有人安全要求	なし	強度、フラクチャコントロール	強度・寿命評価

# 推進薬蒸発率 低減技術 構想(案)

## ■ 推進薬蒸発率の技術目標

- ・ 0.1%/日以下(ロケットの1/100以下)

**極低温推進系の軌道上長期運用は新規課題**

## ■ 主な技術課題

- ① 推進薬タンク周囲の機体構造の温度低減
- ② 低熱伝達率のタンク支持構造
- ③ 打上前の大気中と打上後の真空中の両方で高性能なタンク断熱材

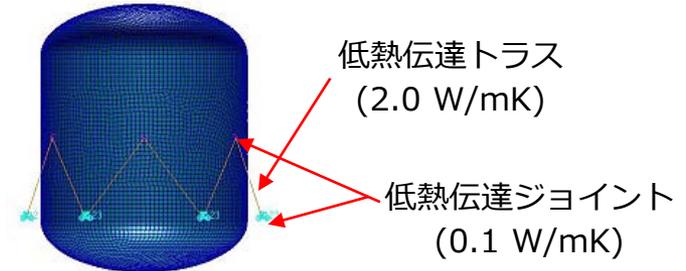
**推進薬充填は打上24時間前の予定なので大気中での断熱性能も重要**

高性能タンク断熱材 諸元(案)

	値
方式	スペーサ型MLI(NICS MLI)と真空断熱MLI(LB-NICS MLI)の複合
層構成	NICS MLI 11層とLB-NICS MLI 5層
真空中熱入力	0.1 W/m <sup>2</sup> (@215 K)
大気中熱入力	14 W/m <sup>2</sup> (@300 K)

構造からの熱入力による推進薬蒸発率(例)

タンク周囲構造の温度 (K)	蒸発率 (%/日)
300	0.05
250	0.025
200	0.010



タンク支持構造(例)



NICS MLI  
要素試験



LB-NICS MLI  
要素試験

- 国際有人月面探査に先駆けた  
有人月探査実証ミッション(HERACLES)を  
国際協力で研究中
- HERACLESの着陸エレメントには、  
日本の強みとして  
ピンポイント着陸技術、  
高性能LNGエンジン技術の適用を検討中
- HERACLESの構想検討を深めるとともに、  
推進系等の要素技術の研究を進める予定

