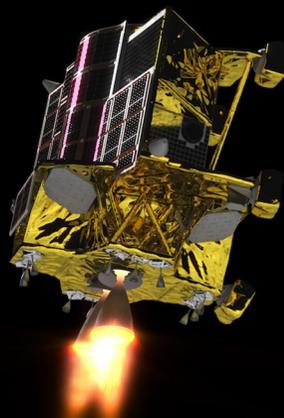


MOON
レーコズロケット
Sniper
SLIM PROJECT



小型月着陸実証機「SLIM」 打ち上げ準備状況について

宇宙科学研究所
SLIMプロジェクトチーム
プロジェクトマネージャ
坂井真一郎



▶ SLIMミッションの目的

SLIM(Smart Lander for investigating Moon)は、以下の2つの目的を達成することで、将来の月惑星探査に貢献することを目指したJAXAプロジェクトです。

【目的A】 月への高精度着陸技術の実証を目指す

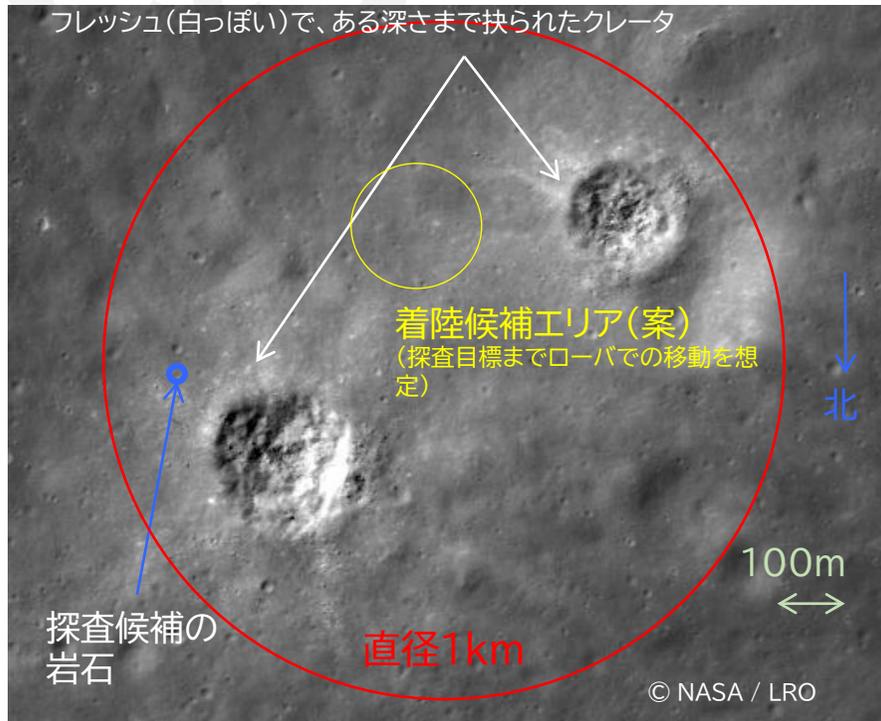
- 従来の月着陸精度である数km~10数kmに対して100mオーダーを目指す
- キーとなる技術は、「**画像照合航法**」および「**自律的な航法誘導制御**」

【目的B】 軽量な月惑星探査機システムを実現し、月惑星探査の高頻度化に貢献する

- 小型・軽量で高性能な化学推進システムの実現
- 宇宙機一般で中核をなす計算機や電源システムの軽量化



▶ ピンポイント着陸技術の必要性

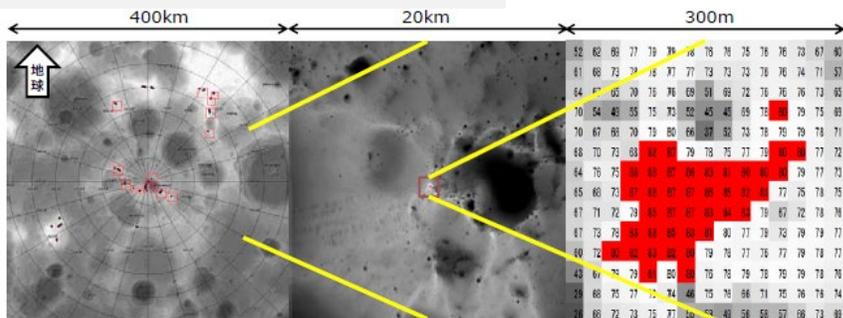


サイエンスとして興味深い着陸点候補エリアの状況
(SLIM着陸点とは異なる)

月周回衛星「かぐや」「LRO」が高分解能な月面観測データを大量にもたらした結果、現在の月探査ミッションは、「あのクレータの隣のあの岩石」といった粒度で議論されるようになっていきます。このような岩石の“その場観測(組成分析など)”を実施するためには、近傍の平坦地を選んで探査機を着陸させる必要があります。左の図はSLIMの着陸点とは異なりますがサイエンスとして興味深い着陸点の例になります。この例では月面ローバを使用できると仮定して検討していますが、その場合でも、傾斜地や凸凹の厳しい地形の走破は難易度が高いため、ピンポイントで着陸することが重要となります。

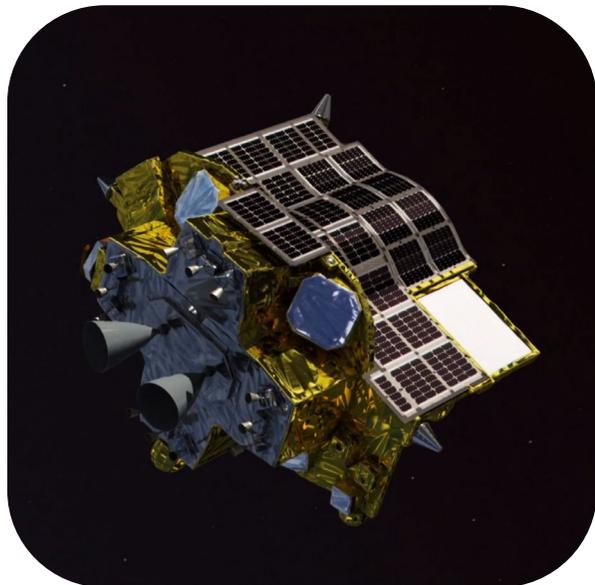


▶ ピンポイント着陸技術の必要性



南極400km四方の地形 20km四方の中心の赤い点が80%
(年間300日以上日照域) 300m四方の赤い領域(1辺20m)が
80% (年間300日以上日照域)

月の極域における、日照時間の長いエリア



小型月着陸実証機 SLIM(スリム)

また、極域で水資源探査を行う場合も、日照率の高さなど、着陸して持続的な探査を行うために有利な場所は、非常に狭い領域に限定されると言われています。一方で、月のような有重力天体にピンポイント着陸した例は、世界的にもこれまで見当たりません。そのため、「小型の月着陸機により、ピンポイント着陸の技術実証を行うミッション」を実施することとなりました。これが、JAXA / 宇宙科学研究所が推進するSLIM Project です。

【参考】

- 従来の代表的な月着陸機の着陸精度は、数km ~ 10数km
- 「はやぶさ」、「はやぶさ2」は精密なタッチダウンを実現しているが、小惑星の重力は月や地球と比べて数桁小さいため、ダイナミクスが全く異なる(これらはゆっくり接近し、必要があれば再上昇することも可能。逆にSLIMではゆっくり慎重に接近することはできず、また、着陸のやり直しもきかない)



▶ ピンポイント着陸技術の必要性

- ▶ 有人月面探査等において水資源の探査等を有利に行う上でピンポイント着陸を実現することが重要です。
- ▶ 直近月着陸を予定している国内外の着陸機の制度が数km~10数kmである中、SLIMの着陸精度は100mであり、今後に向けた挑戦的な着陸技術実証ミッションになります。
- ▶ SLIMでは画像照合航法や傾斜地に適した二段階着陸方式といった新規技術を実証します。

【各国の着陸機比較】※公開・報道情報を踏まえ整理

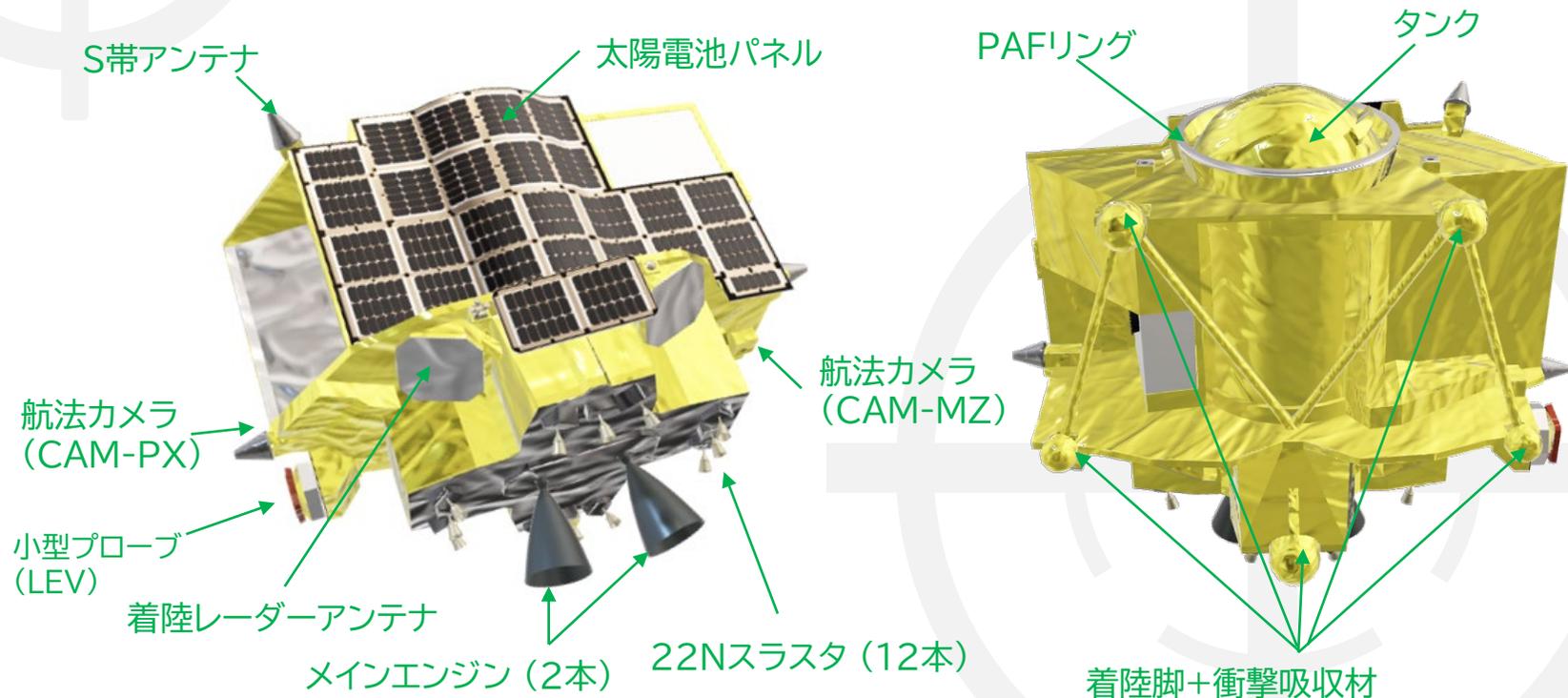
【参考：キューブサットの着陸機】

	SLIM	HAKUTO-R (M-1:1号機)	Chandrayaan-3	Luna-25	Peregrine Lander (M1:1号機)	OMOTENASHI
機関	JAXA (日)	Ispace社 (日)	ISRO (印)	Roscosmos社 (露)	Astrobotic社 (米)	JAXA (日)
打上げ時期	2023年8月	2022年12月	2023年7月	2023年8月	2023年後半	2022年11月
着陸機等質量 ※打上げ時(燃料込み)	約700-730kg	約1,000kg	約1,750kg	約1,750kg	約1,300kg	約13kg
画像照合による 高精度航法	搭載	非搭載	非搭載	非搭載	試験搭載 (着陸航法には不使用)	非搭載
着陸精度 (km)	0.1km	数km ※同社の記者会見に関する報道情報による	4km × 2.4km	30km × 15km	24km × 6km	—
主要ミッション	高精度着陸 技術実証	民間月面着陸	月面着陸、 科学ミッション	月面着陸、 科学ミッション	民間月面着陸	超小型での月面着陸技術 実証(セミハードラン ディング)、放射線環境 測定



▶ SLIM探査機外観

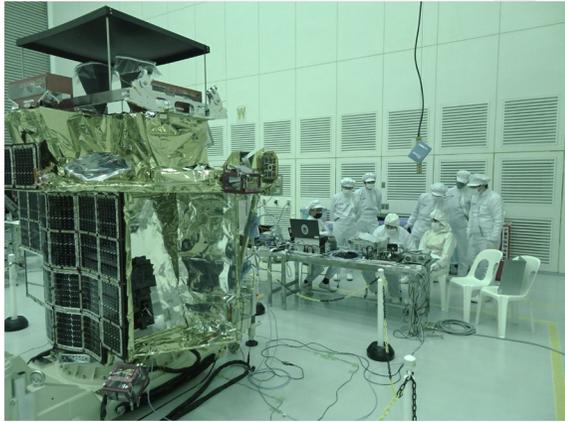
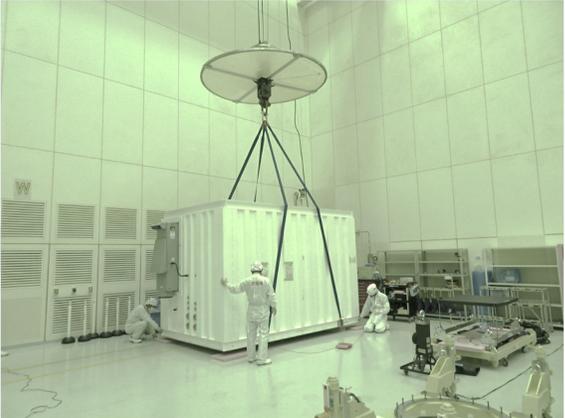
- 質量:200kg(推葉なし) / 約700-730kg(打ち上げ時)
- 高さ:約2.4m、縦:約1.7m、横:約2.7m



軽量化のため燃料・酸化剤一体型タンクを採用しており、これが探査機主構造を兼ねています



▶ 種子島宇宙センターでの作業状況



衛星フェアリング組立棟(SFA)への搬入から打上げに向けた整備作業の様子



▶ 種子島宇宙センターでの作業状況

- 探査機システムの準備を完了し、ロケットの下部フェアリング内で打ち上げを待っている状態です。
- 追跡ネットワークを含む地上システムについても、準備が完了していることを確認済みです。
- 追跡管制隊も準備を完了し、打ち上げ後の運用に備えています。



ロケット結合部への搭載



下部フェアリングへの収納
(フェアリング内上部:XRISM、下部:SLIM)



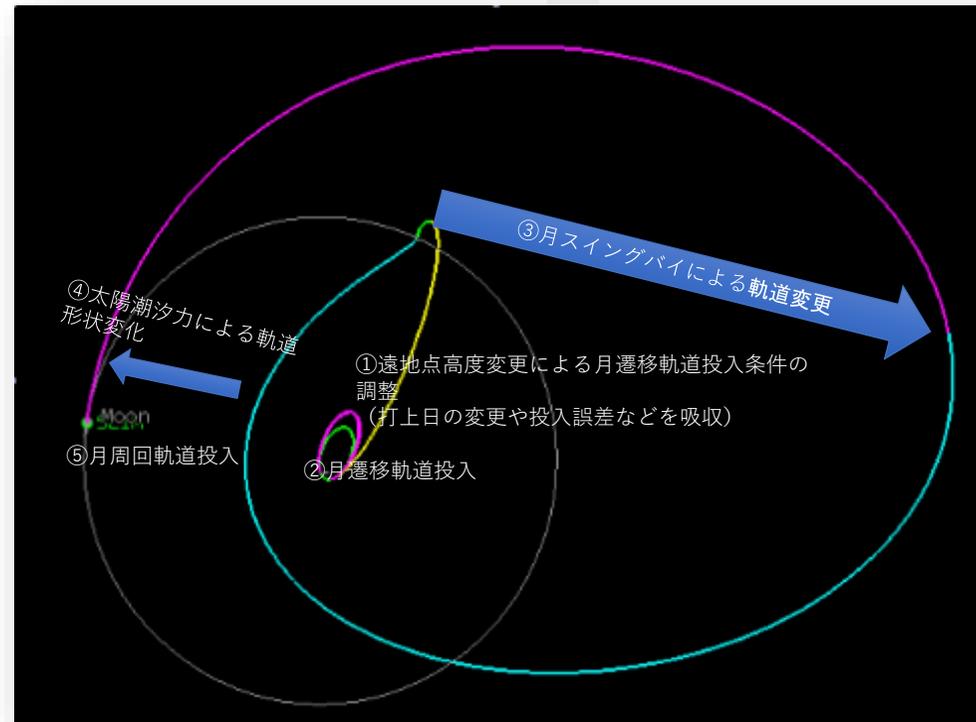
大型ロケット組立棟への移動



▶ 打ち上げ・分離後のSLIM軌道

SLIMは長楕円軌道に分離投入後、自身の推進系で月へ向かって軌道変更を行います。そのため、消費推薬量の少ない軌道設計を採用しています。その分、数ヶ月程度の時間をかけて月に到達することになります。

- ・月周回軌道到着 : 打ち上げ後、3-4ヶ月
- ・月周回期間 : 約1ヶ月
- ・月着陸降下 : 打ち上げ後、4-6ヶ月

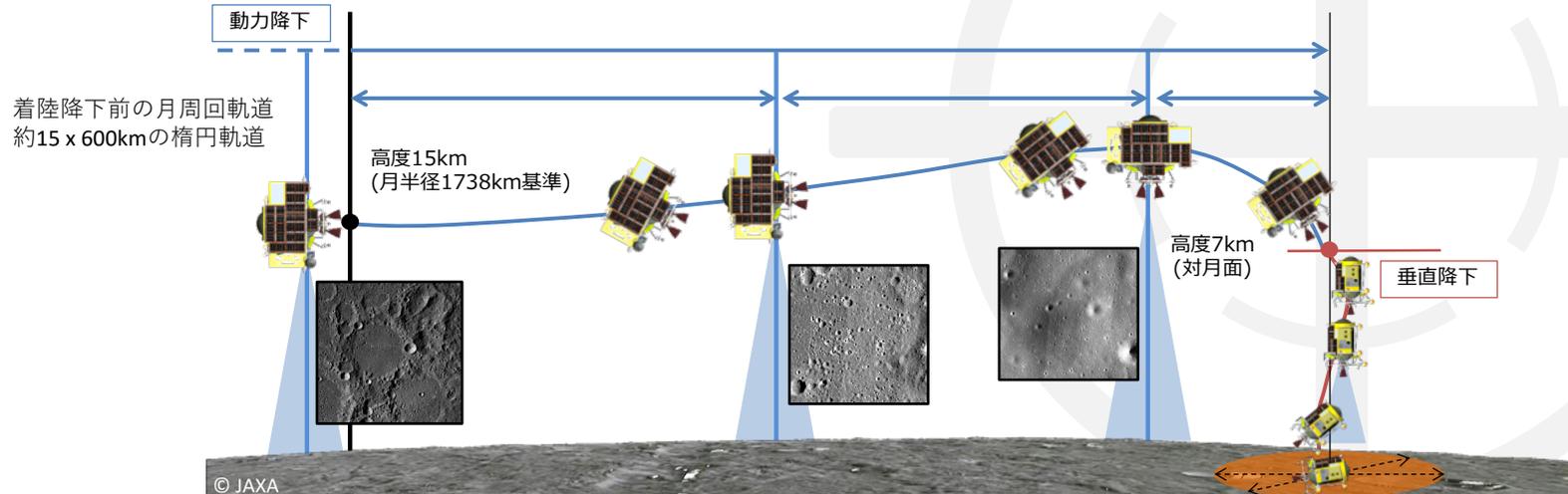




▶ 着陸シーケンス

SLIMの着陸シーケンスは以下の通り実施します。

1. 月周回軌道から着陸降下を開始、航法カメラによる画像航法を行って高精度に自身の位置を推定しながら、自律的な航法誘導制御により、月面上の目標地点に接近します。
2. 目標地点上空からは、着陸レーダによる高度・地面相対速度の精密な計測も開始し、航法誘導に反映します。
3. 着陸地点上空では画像ベースの障害物検出・回避を自律的に行い、危険な岩などを避けて着陸します。



動力降下開始後の着陸シーケンス



▶ 打ち上げ後の主要スケジュール

打上げ SLIMは、打ち上げ後約48分後にロケットから分離され、約600km x 10万kmの長楕円軌道に投入されます。

クリティカル運用

(打上げ～約1週間)

探査機分離後、太陽指向姿勢の確立、探査機維持に必要な機能の初期確認、地球出発に必要なとなる推進系の機能確認などを実施します

地球周回運用

(打上から約0.5-1ヶ月後まで)

地球を周回しながら搭載機器の機能確認を実施し、併せて地球出発の条件を整える軌道調整等を実施します。

月遷移運用

(打上から約3.5-4ヶ月後まで)

地球周回軌道から月遷移軌道への軌道遷移を行い、地球を出発して月へ向けて出発します。出発数日後には月スイングバイを実施します。

月周回運用

(約1ヶ月間程度)

軌道遷移を行い月周回軌道に入り、着陸へ向けた軌道調整などを実施します。

月着陸運用

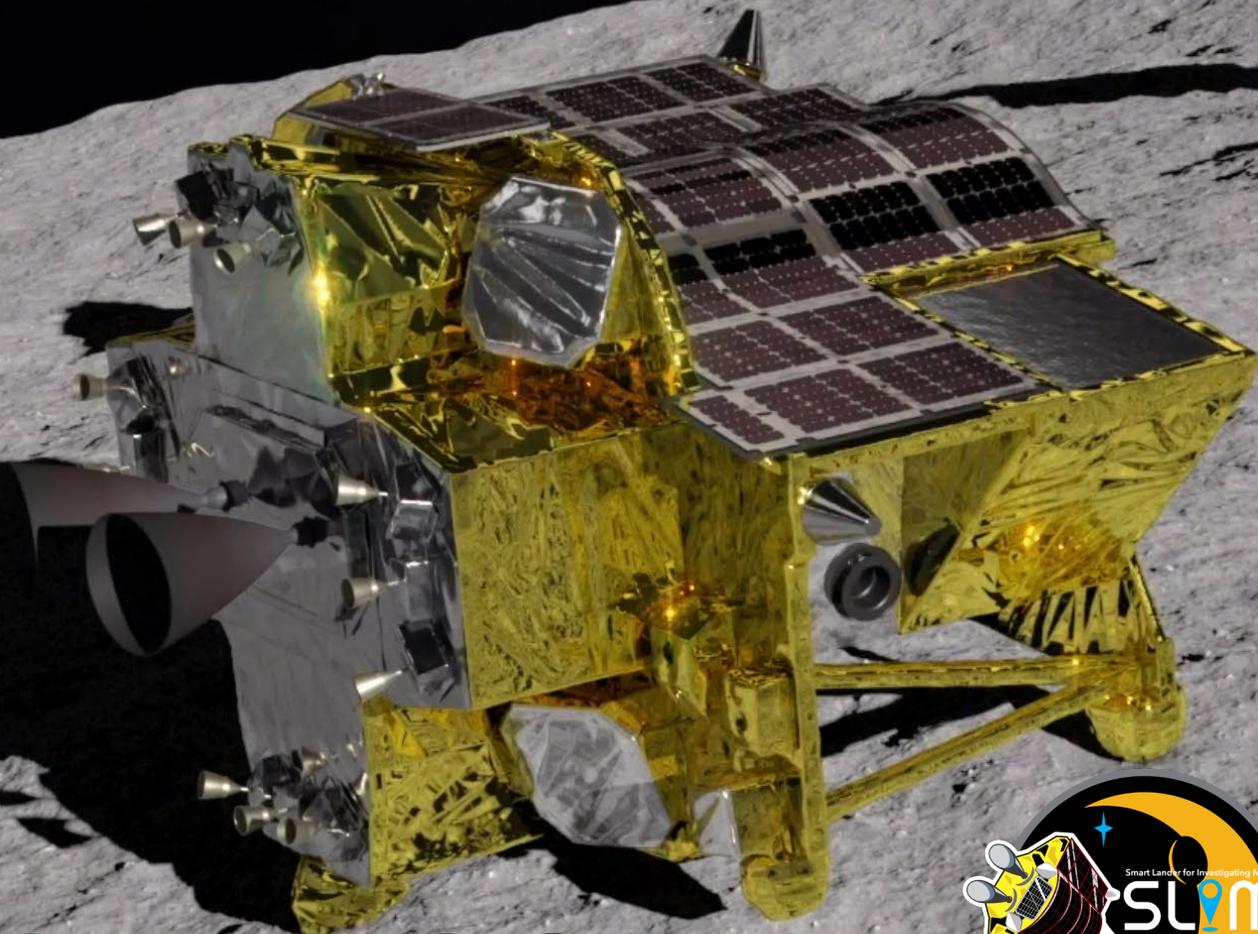
(2024年1月～2月頃)

約15km x 600kmの月周回軌道

から月面への着陸降下を実施します。

分光カメラ、小型プローブによる月面活動(数日程度)

「降りやすいところに降りる」
から
「降りたいところに降りる」
時代へ



応援よろしくお願いします



本資料に使用している画像、図のクレジットはJAXA（特にクレジット表記があるものを除く）