



小型月着陸実証機(SLIM) プロジェクトの総括に係る 記者説明会

2024年12月26日

国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構
宇宙科学研究所
SLIMプロジェクトマネージャ
坂井 真一郎

着陸後、月面で航法カメラ(CAM-PX)
により撮像された月面画像

着陸後、マルチバンド分光カメラによる
スキャン撮像により得られた月面画像
© JAXA/立命館大学/会津大学



▶ 本日のご報告内容



本日は、2016年にプロジェクトとしての開発を開始し、2024年1月20日に世界で初めて月面ピンポイント着陸に成功した小型月着陸実証機SLIMについて、その総括を以下の通りご報告します。

1. SLIMプロジェクトの結果
 1. SLIMプロジェクトの目的と概要
 2. ピンポイント着陸の成果
 3. 軽量化の成果
 4. 着陸後に月面で得られた成果
 5. 運用終了
 6. プロジェクト目標の達成状況
2. 着陸直前に発生した推進系トラブルの原因調査結果
3. これまでに得られたアウトカム・インパクトについて
4. 今後の成果創出・アウトカムの実現へ向けて



▶ 1.1. SLIMプロジェクトの目的と概要(1/2)



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(2016~)。

【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**」「**自律的な航法誘導制御**」および「**細かく推力調整可能な推進系**」

【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

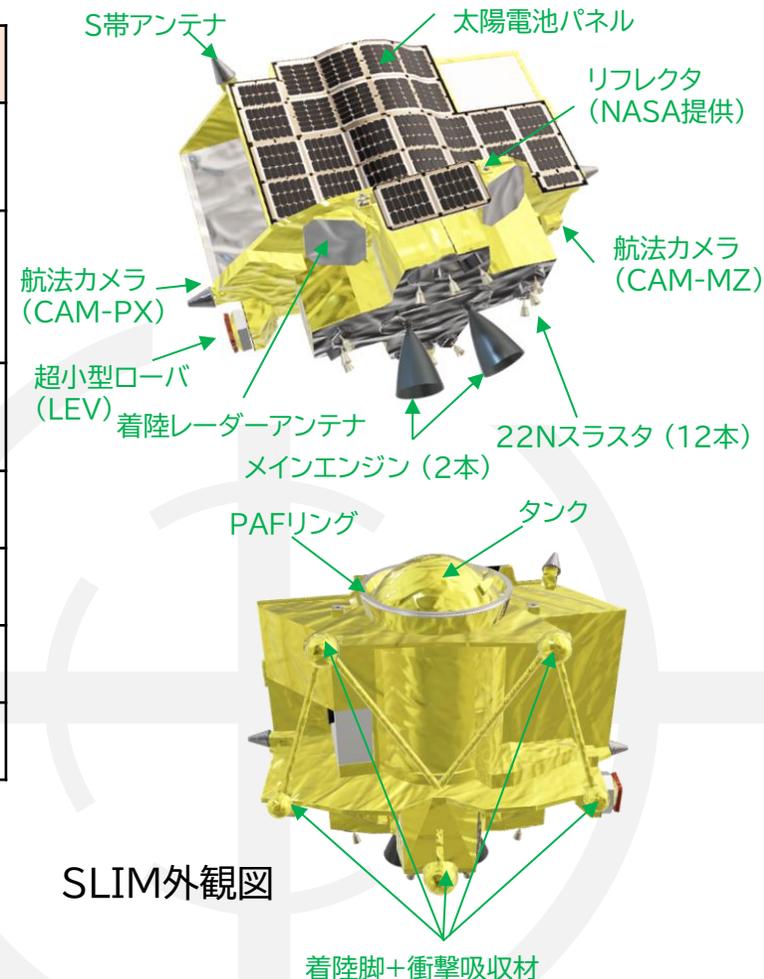
- 小型・軽量で高性能な化学推進システムの実現
- 宇宙機一般で中核をなす計算機や電源システムの軽量化



▶ 1.1. SLIMプロジェクトの目的と概要(2/2)



項目	SLIM
質量	約200kg(推薬なし) 約715kg(打ち上げ時)
寸法	高さ: 約2.4m 縦 : 約1.7m 横 : 約2.7m
打上手段	H-IIAロケット47号機 (X線分光撮像衛星XRISMと相乗り)
打上日	2023年9月7日
月周回軌道到着日	2023年12月25日
月着陸日	2024年1月20日
プロジェクト総開発費	149億円(*1)



SLIM外観図

*1 … プロジェクト移行時は180.5億円であったがASTRO-H運用異常を踏まえた計画変更(打上ロケットのイプシロン→H-IIA相乗り打上変更を含む)等を経て再設定されたもの

開発スケジュール概要

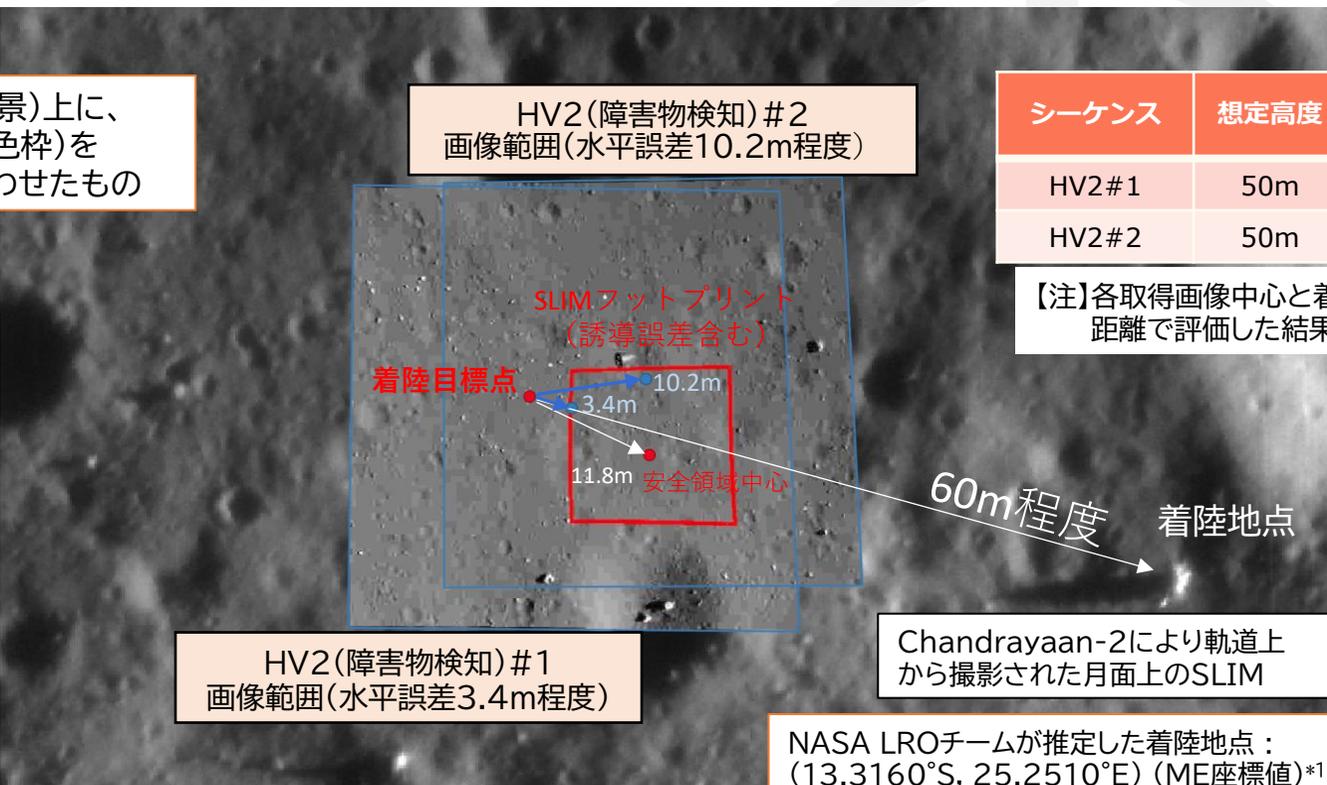




▶ 1.2. ピンポイント着陸の成果

- Chandrayaan-2高分解能画像とSLIM取得画像の比較により、着陸性能は10m程度ないしそれより良好と評価
- 評価には高度50m付近で取得した画像を使用(これ以降は障害物回避動作となるため)。この高い精度は、画像照合航法、自律的な航法誘導制御、推進系の高い推力調整能力により達成されたものであり、打上前の評価結果とも概ね整合している。障害物検知についても、適切に動作したと判断されている。
- この画像取得中に推進系にトラブルが発生した結果、以降は徐々に東に流れながら降下し、着陸目標地点から東に60m程度の地点に軟着陸した(着陸後も探査機は動作を維持、地上との通信も維持された)。

Chandrayaan-2撮像画像(背景)上に、SLIMが撮像した2枚の画像(水色枠)を特徴点が一致するように重ね合わせたもの



HV2(障害物検知) #2
画像範囲(水平誤差10.2m程度)

HV2(障害物検知) #1
画像範囲(水平誤差3.4m程度)

シーケンス	想定高度	着陸目標点との水平距離【注】
HV2#1	50m	3.4m
HV2#2	50m	10.2m

【注】各取得画像中心と着陸目標点間の距離で評価した結果

Chandrayaan-2により軌道上から撮影された月面上のSLIM

NASA LROチームが推定した着陸地点：
(13.3160°S, 25.2510°E) (ME座標値)*1

*1 ... NASA LROC, M. Robinson, <https://www.lroc.asu.edu/images/1358>



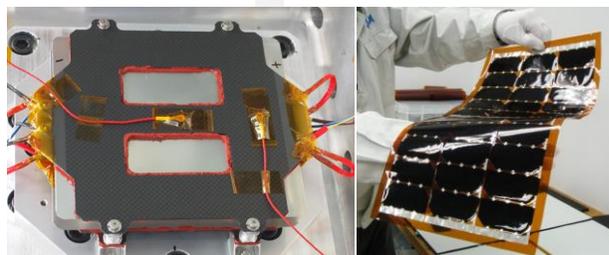
▶ 1.3.軽量化の成果



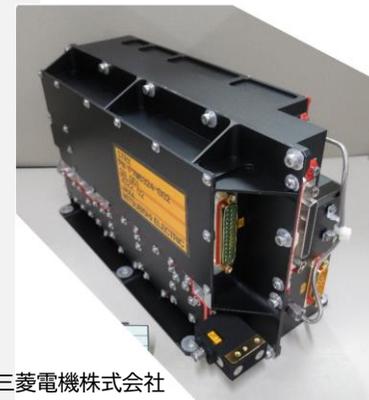
- 月惑星探査機を軽量化するための要素技術の開発を行い、軽量の探査機を実現した。
- 結果として、これまで月着陸に成功した中では、おそらくSLIMが最軽量であると考えている。

電源系: 軽量の「SUSラミネートバッテリー」と「薄膜太陽電池セル」を採用
(曲面形状での搭載は日本初)。電源制御器もフルデジタル化

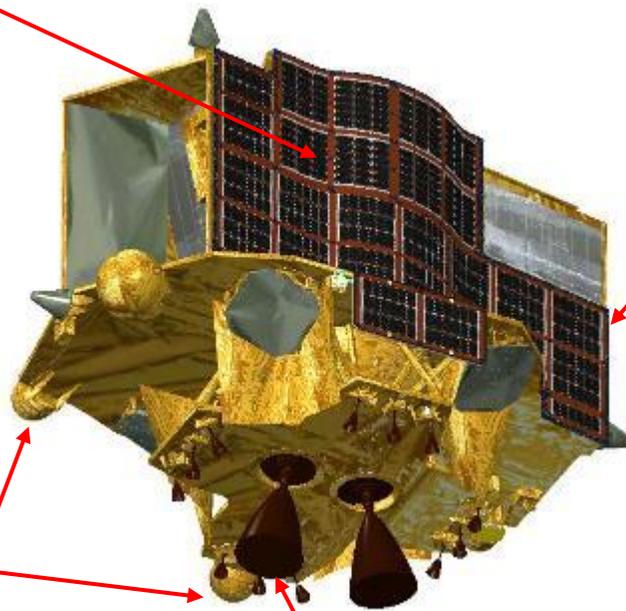
通信系: S帯送受信機をフルデジタル化
(衛星・探査機への搭載は世界初)



シャープ株式会社



三菱電機株式会社

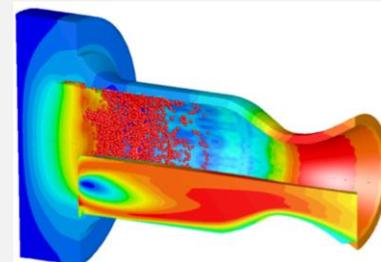


着陸脚: 関節方式ではなく、3D積層造形により作成された「ポラス金属」が潰れることで、着地時のエネルギーを吸収する方式



株式会社コイワイ
日本積層造形株式会社
株式会社テクノソルバ
有限会社オービタルエンジニアリング

メインエンジン: 高効率で推力可変な「セラミックスラスタ」を採用



三菱重工業株式会社
京セラ株式会社



なお、酸化剤・燃料一体型タンクを主構造とする構造様式も、軽量化に大きく貢献



▶【参考】最近の月着陸機との比較



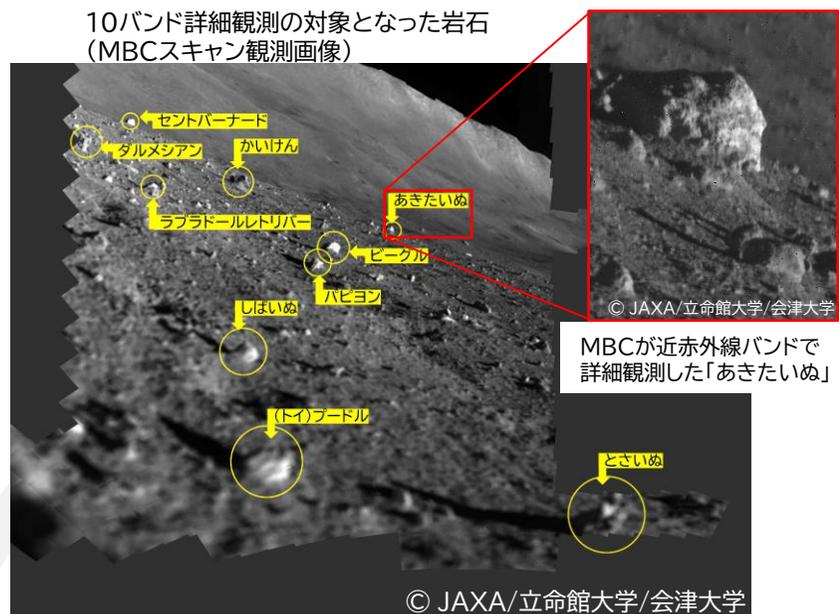
直近の月着陸機6機とSLIMとの比較(※推測値を含む)

	SLIM	HAKUTO-R (M-1:1号機)	Chandrayaan -3	Luna-25	Peregrine Lander (M1:1号機)	Nova-C (IM-1:初号機)	嫦娥6号
機関	JAXA (日)	Ispace社 (日)	ISRO (印)	Roscosmos (露)	Astrobotic社 (米)	Intuitive Machines社 (米)	中国国家航天局 (中)
打上げ時期	2023年9月	2022年12月	2023年7月	2023年8月	2024年1月	2024年2月	2024年5月
打上時質量 ※(燃料込み)	約715kg	約1,000kg	約1,750kg	約1,750kg	約1,300kg	約1,900kg	約8,350kg
着陸機質量 ※(燃料除く)	約200kg	約340kg	(不明)	約800kg	約480kg	約620kg	(不明)
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 (着陸には不使用)	搭載	非搭載
着陸精度 (km)	0.1km (仕様値)	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	(詳細不明だが結 果は数km)	6km(3号要求値) (6号実績は 16.7km?)
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	民間月面着陸	月裏側からの サンプルリターン
着陸結果	成功	失敗	成功	失敗	失敗	成功	成功



▶ 1.4. 着陸後に月面で得られた成果(1/2)

- 着陸後の姿勢は計画と異なるものとなり、探査機は一旦電源オフとなったが、太陽方向の変化に伴い運用を再開することができた*1。
- 再開後、搭載したマルチバンド分光カメラ(MBC)により、10個の岩石および2箇所のレゴリスの科学観測を、それぞれ10バンドの波長帯で実施することができた。その後、SLIMは月での最初の夜を迎えた*2。
- 着陸直前に、SLIMは2機の超小型ローバの分離に成功した。それぞれ月面での完全自律動作に成功、また世界で初めて、複数ロボットの連携動作による月面探査を達成した。
 - LEV-1は、跳躍（ホッピング）および車輪による月面移動の実験を行った。独立した通信系で地球との直接通信可能。質量約2.1kg。
 - LEV-2(愛称:SORA-Q、JAXA探査イノベーションハブを中心に民間と連携して開発)は、SLIM探査機本体の撮像及びLEV-1を介した地球への画像伝送に成功した。また、世界最小・最軽量の月面探査ロボットとなった。LEV-1との通信機能を有する(Bluetooth)。質量238g、直径約8cm。



LEV-2(愛称SORA-Q)が月面で撮影して近距離通信によりLEV-1に送信、LEV-1が地球へ直接送信することで得られた月面上のSLIM

*1 ... 2024/1/28 *2 ... 2024/1/31



▶ 1.4. 着陸後に月面で得られた成果(2/2)



- 月表面は14日間の昼間と14日間の夜間を繰り返し、その間、大きな温度変化を伴うため、SLIMとしては夜間を越えて活動する「越夜」は設計上想定していなかったが、結果として、3回の越夜*1後も探査機の動作を確認することができた。
- SLIMが越夜できた理由を解明することは難しいと考えているが、越夜後に各種の機体データを取得できたことは意義のある成果と考えている。
- SLIMには、NASAとの国際協力の一環として提供されたりフレクタ(LRA)も搭載されている。月周回軌道からこのLRAを狙ってレーザを照射し、LRAからの反射光により精密な測距を行うことが目的とされている。
- 着陸後にはSLIMの姿勢情報などをNASAに提供し、その後、実際にNASAの月周回機LRO(Lunar Reconnaissance Orbiter)からのレーザ測距に成功している*2。
- 今後も、NASAは継続的に測距を試みること。その意味で、SLIMは今後も月面上において、この測距の標的・基準点となり続けることになる。



NASAから提供を受けたLRA(Laser Retroreflector Array)。再帰反射性があり、光を、光が入射してきた方向に向かって反射することができるミラーが複数配置されている。質量約21g



*1 … 2024/2/25~3/1、2024/3/27~3/30、2024/4/23~4/29

*2 … 2024/5/24. <https://science.nasa.gov/missions/nasa-jaxa-bounce-laser-beam-between-moons-surface-and-lunar-orbit/>



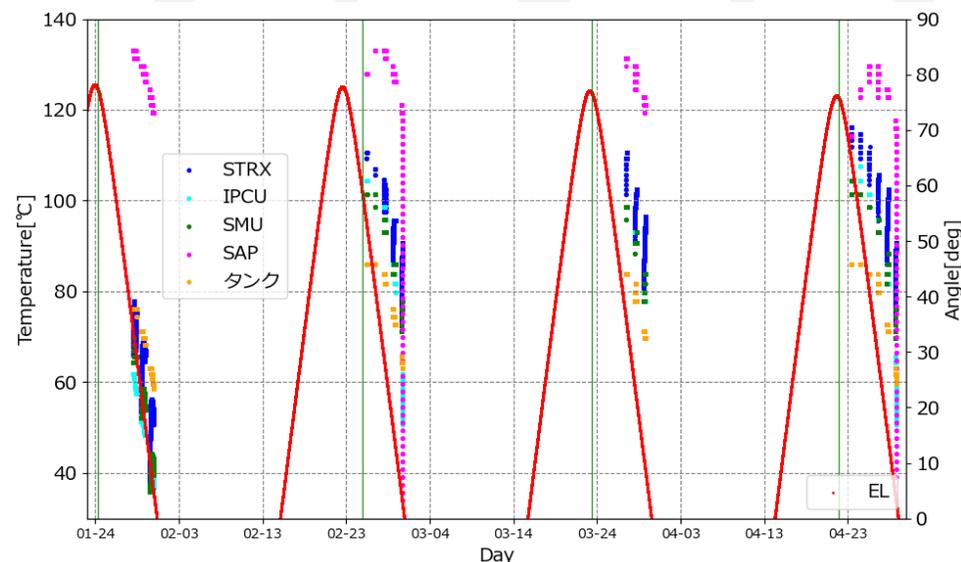
▶ 1.5. 運用終了



- 2024年4月28-29日の運用終了後、4回目の夜を迎えて以降も、月が午後となる期間中にSLIMとの通信再確立を試みる運用を実施してきたが、通信確立することはできなかった。
- そのため、2024年8月23日に停波運用を実施し、SLIMの運用を終了した。
- なお、越夜後の探査機について得られたデータからは、今後の月着陸機開発に活用しうるなんらかの知見が得られる可能性もある。そのため、プロジェクト解散後も、越夜により探査機が動作しなくなった原因の調査などを、JAXA内の研究活動として継続する。

越夜後の探査機データの一例。1月末に最初の夜を迎えて越夜して以降、探査機内の各部温度が越夜前と比べて高くなっている様子が見られている。

(STRX:Sバンドトランスポンダ、IPCU:電力制御分配器、SMU:統合化計算機、SAP:太陽電池パネル)





▶ 1.6. プロジェクト目標の達成状況

成功基準に対する達成状況を以下に示す。いずれも達成できたと判断されている。

基準	内容	達成状況
ミニマムサクセス	<p>小型軽量の探査機による月面着陸を実施する。それによって、以下の2項目を達成する。</p> <ul style="list-style-type: none"> 高精度着陸に必須の光学照合航法を、実際の月着陸降下を実施することで検証する 軽量探査機システムを開発し、軌道上動作確認を行う 	達成
	(A-1) 高精度着陸に必須となる画像照合航法を開発し、他の航法系とも組み合わせることで、結果として100m程度の航法誤差を実現する。	○：画像航法技術を実証し、HV2時点で3～4m程度の精度を実現
	(A-2) 軟着陸のためのシンプルな衝撃吸収機構を実現する。	○：新たに衝撃吸収機構の開発を完了し、搭載した
	(B-1) 小型・軽量で高性能な化学推進システムを実現する。	○：搭載した小型・軽量の推進系により月投入・着陸を達成
	(B-2) 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を実現する。	○：統合化計算機SMU、統合化電力制御器IPCUを開発・運用
フルサクセス	<p>精度100m以内の高精度着陸が達成されること。</p> <p>具体的には、高精度着陸航法系が正常動作し、誘導則に適切にフィードバックされ、着陸後のデータの解析により着陸達成に至る探査機の正常動作と着陸精度達成が確認されること。</p>	達成
	(A-3) 障害物を検知しつつ、航法誤差・誘導誤差を考慮した自律的な着陸誘導則を実現する。	○：障害物検知系の正常動作、着陸誘導則の実証
	(A-4) これらの技術を搭載した探査機により月面への高精度着陸(精度100m)を実施し、検証を行う。	○：HV2時点で3～4m、着陸地点評価で55m程度の精度で着陸
	(B-3) 着陸後に探査機が機能を維持する	○：着陸後も探査機の機能を維持し、着陸運用のデータを取得
エクストラサクセス	<p>フル成功基準に加え、高精度着陸に関する技術データ伝送後も、日没までの一定期間、月面における活動を継続し、将来の本格的な月惑星探査を見据え、月面で活動するミッションを実施する。</p>	達成
	(B-4) 月面到達後、日没までの一定期間、ミッションを行う。	<p>○：SAP電力の回復後、日没までの間、MBC運用を実施</p> <p>※：3回の越夜後動作を確認しデータを取得することができた</p>



▶ 2. 着陸直前に発生した推進系トラブルの原因調査結果(1/4)

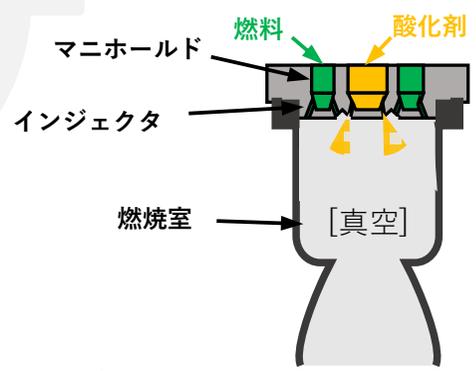


- 高度50m付近で発生した推進系トラブル、具体的には、メインエンジン(OME)2機(±X)のうち1機(-X側)のノズル離脱・推力低下について、JAXA研究開発部門をはじめとする各部門の専門家の協力も得ながら、関係メーカーと共に原因調査を行ってきた。
 - その結果、このトラブルはメインエンジンそのものに起因するものではなく、推進系システムにおける以下のような動作の結果として、メインエンジンのノズル離脱および推力低下に至った可能性が高いとの結論を得た。
 - 前提として、SLIMは軽量化のため、推薬消費と共に徐々に供給圧力が低下する「ブローダウン方式」を採用していた(一般には、気蓄機・調圧装置を搭載して供給圧を一定に保つ「調圧方式」を採用することが多い)。
 - 本トラブルが発生したのは運用末期であり、そのため推薬供給圧はかなり低下した状態であった。
 - なおスラスタは一般に、推薬供給圧力が低い条件下では着火しづらくなる傾向を有している。
1. メインエンジン噴射開始タイミングに、制御のため、多数の補助スラスタ(THR, 全12台)の噴射開始が重なった。
 2. このため、メインエンジンへの推薬供給圧が、一時的に、さらに減少した。結果として、-X側メインエンジンはこのタイミングでは着火することができず、供給される推薬が未燃のまま、-X側メインエンジン内に滞留していく状態となった。
 3. 約1秒後、所定の噴射を終えた多数の補助スラスタが一齐に噴射を停止し、メインエンジンへの推薬供給圧が回復した。
 4. 推薬供給圧が回復した結果、このタイミングで-X側メインエンジンが着火した。一方、それまで約1秒間に渡って供給された推薬は未燃推薬として-X側メインエンジン内に滞留しており、この未燃推薬にも引火した結果、過大な着火衝撃が発生した。
 5. この過大な着火衝撃により-X側メインエンジンのノズルが破損し、推力が大幅に低下する結果となった。

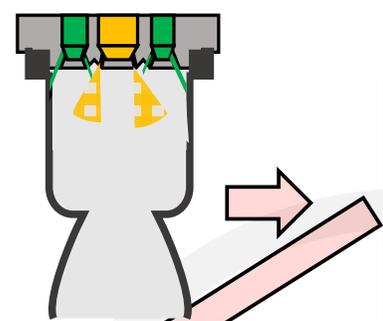


▶ 2. 着陸直前に発生した推進系トラブルの原因調査結果(2/4)

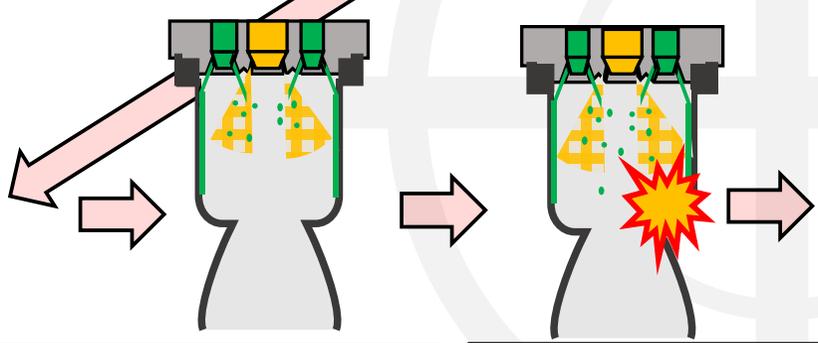
前ページに記載したノズル離脱に至る推定プロセスを、以下に図示する



① 酸化剤を先行噴射。飽和蒸気圧が高いためガス化



② OME着火開始時に多数台のTHRがONとなり、供給圧が過渡的に変動し、推進流量が減少することにより不着火



③ 不着火状態が継続し、未燃推進剤が燃焼室内に残留・堆積

④ THR多数台がOFFになることで、供給圧が上昇して十分な推進剤が燃焼室に供給され、OMEの着火性が回復

⑤ 燃焼室内に蓄積した未燃推進剤が異常燃焼して生じた過大な着火衝撃により、スラスタが破損、ノズル部から離脱





▶ 2. 着陸直前に発生した推進系トラブルの原因調査結果(3/4)

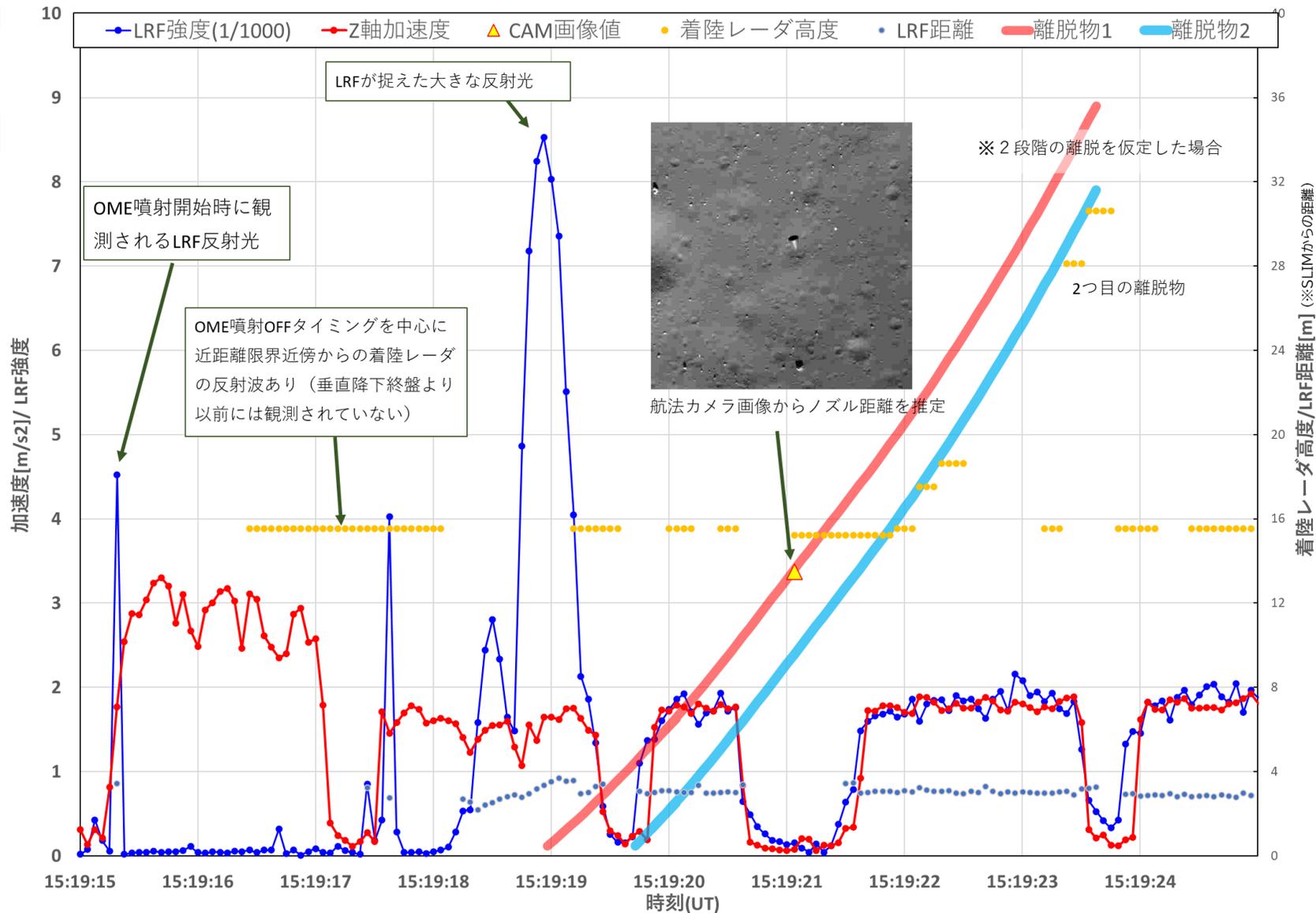


- 前ページに記載したシナリオは、SLIMの推進系を再現した数値解析モデルを用いて、SLIM着陸降下時のテレメトリデータを参照しつつ、実際の典型的なパルスパターンにおける着火状態の評価を行って、その妥当性が確認されている。
- その評価の際には、SLIMの設計情報や開発データ、燃焼試験や燃焼実験の結果などに基づくJAXA内専門家の知見も参照されている。
- 前ページに記載したシナリオは、事象発生前後に得られた各種のテレメトリデータ(加速度計出力、着陸レーダ出力、レーザー距離計出力、航法カメラ画像出力)とも概ね整合することが確認されている(次ページ)。
- なお、過大な着火衝撃によるスラスタ破損は、このメインエンジン(セラミックスラスタ)に特有のものではなく、設計想定外での動作であり、一般的な金属スラスタであっても機能損失に至った可能性が高いと考えている。
- 素材がセラミックであり材料の寿命を考慮する必要が事実上ないことから、本メインエンジンについては、搭載実機について搭載前に過負荷試験も実施しており、製造過誤などの可能性を排除できている。
- 今回得られた知見については、今後のプロジェクト等で適切に参照される必要がある。そのため、JAXA安全・信頼性推進部を通じてJAXA内および関係するメーカーへの情報展開を開始している。
- なお、推進系はロケット分離直後から月着陸まで、軌道変更(ΔV)や姿勢制御、着陸降下に継続的に使用されている。今回の推進系トラブルは、総 ΔV 量、メインエンジン噴射時間積算値どちらで評価しても、分離から月着陸までの総噴射のうち約98%を終えたところで発生しており、それまでは所定の性能が得られていたことが確認されている。



▶ 2. 着陸直前に発生した推進系トラブルの原因調査結果(4/4)

メインエンジン-X側ノズル離脱事象に関する推定タイミングの整理

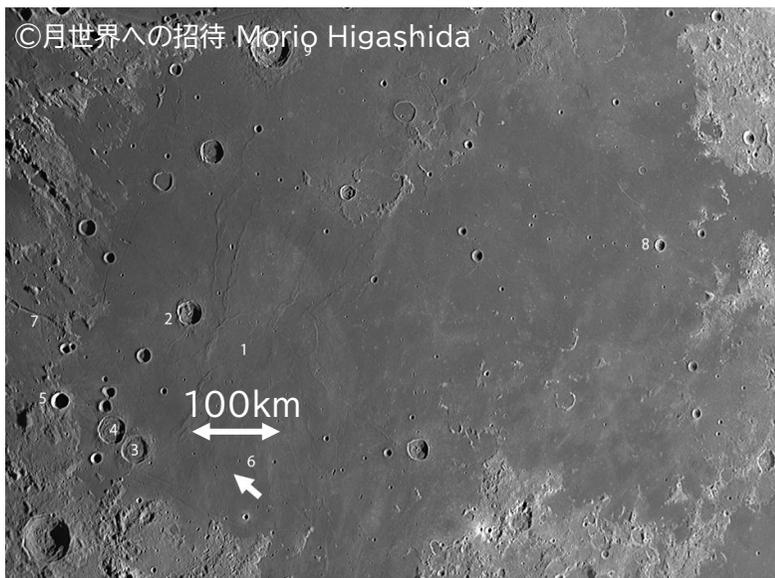




▶ 3. これまでに得られたアウトカム・インパクトについて(1/4)



- 提案段階からSLIMが世界に先駆けて提唱し続け、結果として世界で初めて実証・獲得した高精度着陸技術は、従来の「降りられるところに降りる探査」から、「降りたいところへ降りる探査」へのパラダイムシフトを実現するものであり、今後の月惑星探査の可能性を拡げることができた。
- 国際的にもピンポイント着陸の重要性が認識されてきており、現状、SLIM以外では未達ながらも、米国などにおいてピンポイント着陸技術を実装した探査機の開発が進められている。
- この技術は今後持続可能な月惑星探査を行うために必須の技術であり、従って、技術的な成果ということに留まらないインパクトを有する成果である。



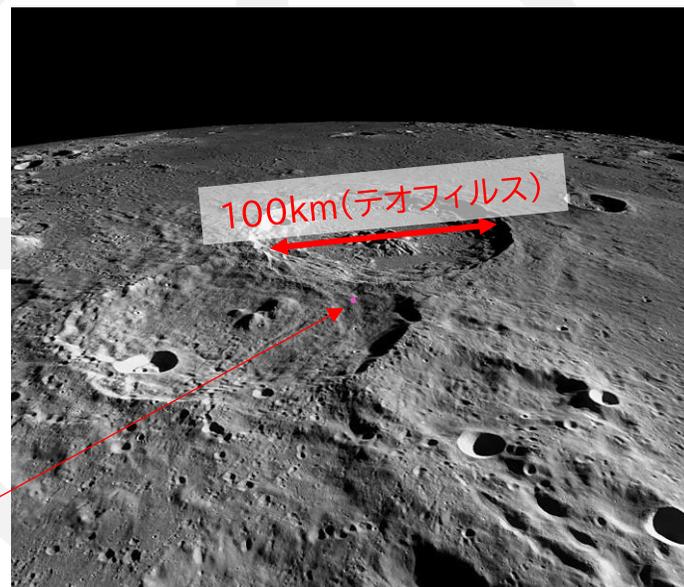
©月世界への招待 Moriō Higashida

静かの海付近。矢印がアポロ11号着陸地点

出典：月世界への招待：静かの海

<https://moonworld.jp/tranquillitatis/>

これまでの月着陸機は、基本的に、「海」と呼ばれるような広い領域に渡って平坦で安全な場所に着陸してきた。



SLIM着陸地点

出典：X, @dfuji1

<https://x.com/i/status/1748103951336227113>

©藤井大地, LRO

ピンポイント着陸により、これまでは降りたくても降りられなかった様な、複雑な地形への着陸が可能となった。すなわち、「新しい扉が開かれた」。



▶ 3. これまでに得られたアウトカム・インパクトについて(2/4)



- ピンポイント技術実証を世界最軽量級の着陸機で実現したこと、また当初想定していない月での越夜を複数回成功させたことを通じて、一部の分野においては我が国の宇宙開発が世界水準にあることを示した。これにより、我が国の国際的なプレゼンス向上に貢献できた。
 - 国連宇宙空間平和利用委員会にて、SLIM着陸成功について報告した
 - 岸田首相が訪米中の議会演説でSLIMに言及頂き、その後、首相官邸を表敬訪問した(前後して、文部科学大臣、宇宙政策担当大臣への表敬訪問も実施)

米国議会での首相演説 (2024/4/11、後半部でSLIM成果に言及)



©外務省



国連宇宙空間平和利用委員会にてSLIM報告
(2024/6/21@ウィーン)



首相官邸を表敬訪問(2024年4月17日)

©首相官邸



▶ 3. これまでに得られたアウトカム・インパクトについて(3/4)



- 広報活動などを通じて、一般社会の宇宙活動への理解を深めることに貢献した。
 - 民間玩具メーカーの製品を月面に送り届けることを通して、宇宙業界への参入障壁が低くなっていることを民生業界にアピールできた。
 - SLIMが投稿したSNSで閲覧数が数百万に達するものが複数あった。また、着陸運用のライブ配信は同時接続数が30万以上、YouTube録画動画の視聴回数は200万以上を達成するなど、ネットを通じた一般社会への訴求ができた(例えばその結果として、SNS流行語としてSLIMもランキングされた)


 SNSマネージャーが選んだ
 SNS流行語ランキング
第9位
 2024年1~3月期
SLIM (JAXA)

JAXA (宇宙航空研究開発機構) が打ち上げた無人探査機SLIM (Smart Lander for Investigating Moon) が2024年1月20日、日本で初めて月面着陸に成功しました。共同開発したタカトミー、ソニーグループ、SHARPなどがSNS上で応援メッセージを投稿し、大きな反響を呼びました。

最先端の宇宙探査に身近な企業が関わっていること、また太陽電池で動くSLIMが月面の状況に応じて休憩することなどがSNSで話題になりました。

SLIMのSNSアカウントでは専門的な話を一般ユーザー向けに分かりやすく発信しており、幅広い層の関心を集めました。

SNS流行語ランキング(2024年1月~3月期)でSLIMが第9位(一般社団法人ウェブ解析士協会) ※専門的な話を一般ユーザー向けに分かりやすく発信、幅広い層の関心を集めた、と評価されている

← Post

小島月着陸実証機SLIM @SLIM_JAXA

SLIM着陸後運用に関連してWebページ(主にOperationとGallery)を更新いたしました。
isac.jaxa.jp/home/slim/slim/
 運用中のテレメトリ(Golot)や降下中の運用室の様子などが掲載されておりますので是非ご確認ください。

#JAXA #SLIM #たのしむーん

Translate post



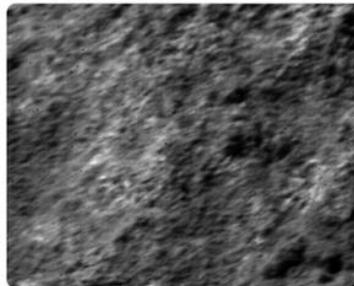
3:09 PM · Jan 25, 2024 · 3.4M Views

← Post

小島月着陸実証機SLIM @SLIM_JAXA

昨夜SLIMとの通信を確立することに成功し、運用を再開しました！早速MBCの科学観測を開始し、無事、10/10観測のファーストライトまで取得しております。
 下の図はマルチバンド観測のファーストライトにてトイプードルを観測したものです。

Translate post



8:04 AM · Jan 29, 2024 · 6.9M Views

← Post

小島月着陸実証機SLIM @SLIM_JAXA

昨夜、コマンドを送信したところSLIMから応答がありました。SLIMは通信機能を維持しての月面での越夜に成功しました！昨夜はまだ月の昼で通信機内の温度が非常に高かったことから短時間の運用のみで通信を終了しています。今後、温度が十分に下がったところで観測を再開できるように準備を進めます。

Translate post



1:36 PM · Feb 26, 2024 · 3.6M Views

閲覧数がミリオン越えのSNS(X;旧twitter)投稿
 (左:月面画像公表時、中:通信再確立時、右:越夜成功時)



▶ 3. これまでに得られたアウトカム・インパクトについて(4/4)



- SLIMの開発・運用を通じて、人材育成にも貢献することができた。
 - 2002年「SELENE-B計画」検討当時のメンバ(“ベテラン”)もSLIMチーム内におり、技術検討や開発を進める上でのコアして機能してきた。
 - 2016年のプロジェクト移行前後から、多くの中堅・若手エンジニアがJAXA内各部門から参画、ベテランメンバと連携し、開発から打上・着陸まで一貫した経験を積むことができた。
 - 特に、メーカーのエンジニアと共に自らも手を動かし現場で技術課題の解決にあたりながら、自らの担当箇所をマネジメントすることでプロジェクト管理のスキルも向上することができた。このことにより、後続ミッションに多くの即戦力人材を輩出できたと考える。
- メーカーを含めて密に連携する「One Team」体制を構築して難易度の高いミッションに挑戦し、その結果として、メーカー内での人材育成にも貢献できたのではないかと考えている。以下に、そのことが窺える一例を紹介する。
 - 『探査機開発は経験がなく、新しいものをゼロから作り出すことも得意ではありませんでした。(中略)そのうち「新しいことに挑戦したい」という若手も巻き込んで、プロジェクトを本格的に動かし始められるようになりました。この経験を通して、できない理由でなく「どうしたらできるか」を考える習慣が身に付きました。また新しいものを創り出す過程を通して社内関係者も、従来の減点主義でなく、加点主義の大切さを実感する経験ができたと思います。』



▶ 4. 今後の成果創出・アウトカムの実現へ向けて(1/2)



- SLIMを通して実証された技術については、今後各所での活用が期待され、またそのために必要な活動を継続する方針。
 - H-IIAロケットとの結合に新型の低衝撃分離機構を備えた衛星分離部(PAF)を採用することで、優れた国内技術に対して実証機会を提供できた。今後、この技術は基幹ロケットや民間ロケットに受け継がれていくと期待される。
 - SLIMで実証した画像航法の基本部分を活用した手法が火星衛星探査計画MMXの画像航法の一部で使われており、開発にあたってはSLIMにおける設計例も参照されている。
 - 月極域探査機(LUPEX)プロジェクトにおいても、インド宇宙研究機関(ISRO)が開発する着陸機の着陸シミュレーションに対するSLIM着陸シミュレータを利用した検証の実施、JAXAが開発するローバに搭載する科学観測装置である近赤外画像分光装置(ALIS)へのマルチバンド分光カメラからの技術継承などが行われる予定。
- SLIMで得られた高精度着陸に関する技術や知見についても、月着陸を実施する国内の民間事業者に提供する方向で調整中。



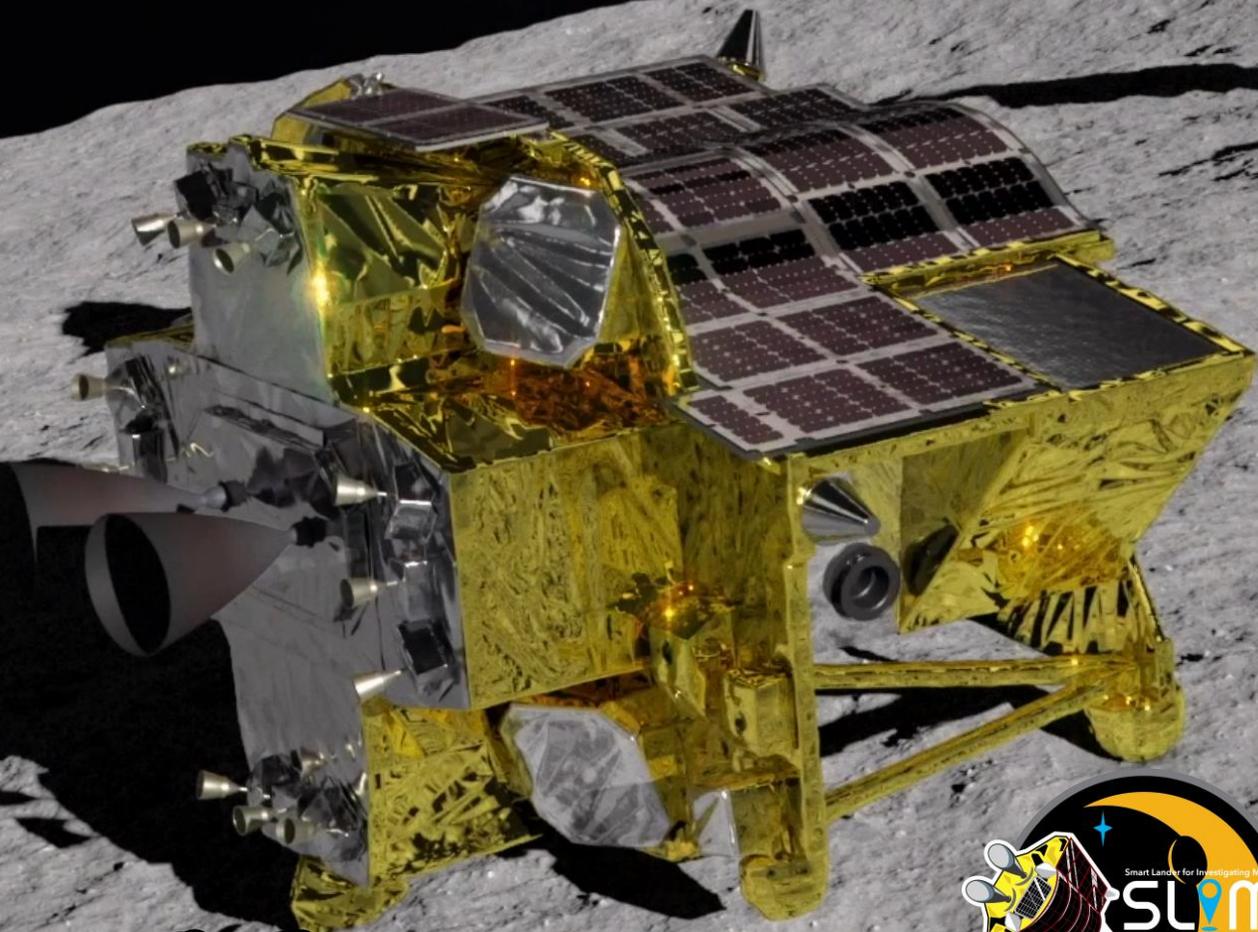
▶ 4. 今後の成果創出・アウトカムの実現へ向けて(2/2)



- 着陸および月面活動で得られた成果については、今後も論文投稿を計画している。
 - 工学技術については、各技術の開発・運用結果を中心に、18本-20本程度を投稿準備中ないし投稿済。
 - 理学成果についても、月面で観測した岩石に月深部由来だと考えられるカンラン石が含まれていることを、学会にて発表済み。現在、このカンラン石についての観測データから月の起源と進化過程を議論する論文を複数投稿中。
 - 今後も、研究進展等に伴い得られる成果については、随時、論文投稿することを予定している。
- 今後、JAXA内での手続きが完了次第、SLIMプロジェクトは解散となる予定。

構想検討開始から約20年間、プロジェクト発足から約8年半の間、長きにわたってご支援・ご協力を頂いた各大学の研究者の方々、三菱電機を始めとする多くの関係企業、文部科学省を始めとする政府関係の方々、そして様々なところから・様々な方法で着陸降下を見守り応援して下さいました多くの方々に、心からの感謝を申し上げます。

「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



応援ありがとうございました。



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）



▶ 【付録】略語集およびSLIM関連資料等



略称	名称(英語)	名称(日本語)
AANT	RAV Altimeter ANTenna	着陸レーダ高度測定用アンテナ
ADM	Apolune Descending Maneuver	遠月点降下マヌーバ
BAT	BATtery	バッテリー(二次電池セルモジュール)
CAM	navigation CAMera	航法カメラ
COM	COMmunication system	通信系
CSS	Coarse Sun Sensor	粗太陽センサ
DSN	Deep Space Network	深宇宙用追跡ネットワーク
EPS	Electrical Power System	電源系
FLT	FiLTer	フィルタ
GFD	Gas Fill and Drain valve	ガス系注排弁
GN	Ground Network	追跡ネットワーク
IMU	Inertial Messurement Unit	慣性基準装置
INT	INTegration hardware	計装系
IPCU	Integrated Power Control Unit	電力制御分配器
ISC	Integrated Spacecraft Control system	統合化制御系
LEV	Lunar Excursion Vehicle	小型プローブ
LOI	Lunar Orbit Insertion	月周回軌道投入
LRA	Laser Retro-reflector Array	リフレクタ(NASA JPL)
LRF	Laser Range Finder	レーザレンジファインダ
LRO	Lunar Reconnaissance Orbiter	ルナー・リコネサンス・オービター
MBC	Multi-Band Camera	分光カメラ
NPV	Non-Pyro valve	ノンパイロ弁
OME	Orbit Maneuvering Engine	メインエンジン
PAM	Period Adjustment Maneuver	周期調整マヌーバ
PD	Powered Descent	動力降下
PDM	Perilune Descending Maneuver	近月点降下マヌーバ
PFD	Propellant Fill and Drain valve	液系注排弁

略称	名称(英語)	名称(日本語)
PLD	PayLoaD mission system	月面活動系
PT	Pressure Transducer	圧力センサ
RAV	Radio Altimeter and Velocity meter	着陸レーダ
RCS	Reaction Control System	推進系
REU	Rav Electorical Unit	着陸レーダ電気ユニット
SABS	Shock ABSorber	衝撃吸収材
SANT	S-band ANTenna	Sバンドアンテナ
SAP	Solar Array Panel	太陽電池パネル(薄膜太陽電池シート)
SDIP	S-band DIPllexer	Sバンドダイプレクサ
SHYB	S-band HYBrid	Sバンドハイブリッド
SLIM	Smart Lander for Investigating Moon	小型月着陸実証機SLIM
SMU	System Management Unit	統合化計算機
SSW	S-band SWitch	Sバンドスイッチ
STR	STRucture system	構造系
STRX	S-band TRansponder	Sバンドトランスポンダ
STT	STar Tracker	スタートラッカ
SWB	lunar SWing-By	月スイングバイ
TCS	Thermal Control System	熱制御系
THR	THRuster	補助スラスタ
TLI	Trans-Lunar Injection	月遷移軌道投入
TNK	fuel TaNK	推進薬タンク
TOR	Trim ORifice	トリムオリフィス
UDSC	Usuda Deep Space Center	臼田局
USC	Uchinoura Space Center	内之浦局
VANT	RAV Velocity meter ANTenna	着陸レーダ速度測定用アンテナ
XRISM	X-Ray Imaging and Spectroscopy Mission	X線分光撮像衛星

SLIM Project 概要説明資料(2023/10)

https://fanfun.jaxa.jp/countdown/xrism-slim/files/SLIM-presskit-JP_2310.pdf

小型月着陸実証機(SLIM) 月面着陸の結果について(2024/1/25)

https://www.jaxa.jp/projects/files/youtube/ml_slim_lev1_lev2/jaxa_doc01_20240125-a.pdf

小型月着陸実証機 SLIM | ISAS/JAXA (プロジェクトホームページ)

<https://www.isas.jaxa.jp/home/slim/SLIM/index.html>