

SLIM搭載近赤外分光計および小型月面探査プローブの開発状況

仲内 悠祐¹, 前田 孝雄¹, 佐伯 和人², 吉光 徹雄¹, 大竹 真紀子³, 大槻 真嗣¹, 長岡 央¹, 佐藤 広幸¹, 白石 浩章¹, 本田 親寿³, 吉川 健人¹, 山中 千博², 石原 吉明¹, 國井 康晴⁴

¹宇宙航空研究開発機構, ²大阪大学, ³会津大学, ⁴中央大学

JAXAは国内の大学と協力し、月着陸実証機 SLIM (Smart Lander for Investigating Moon) による重力天体へのピンポイント着陸に関する様々な技術の実証を計画している。SLIMプロジェクトによる精密航法制御アルゴリズム、画像認識航法、衝撃吸収脚などの技術実証により、重力天体への「**降りやすい所に降りる**」探査から「**降りたい所に降りる**」探査が可能となることが期待される。SLIMミッションでは2つの月面活動系ミッション機器 (MBC & LEV) の搭載が検討されている。

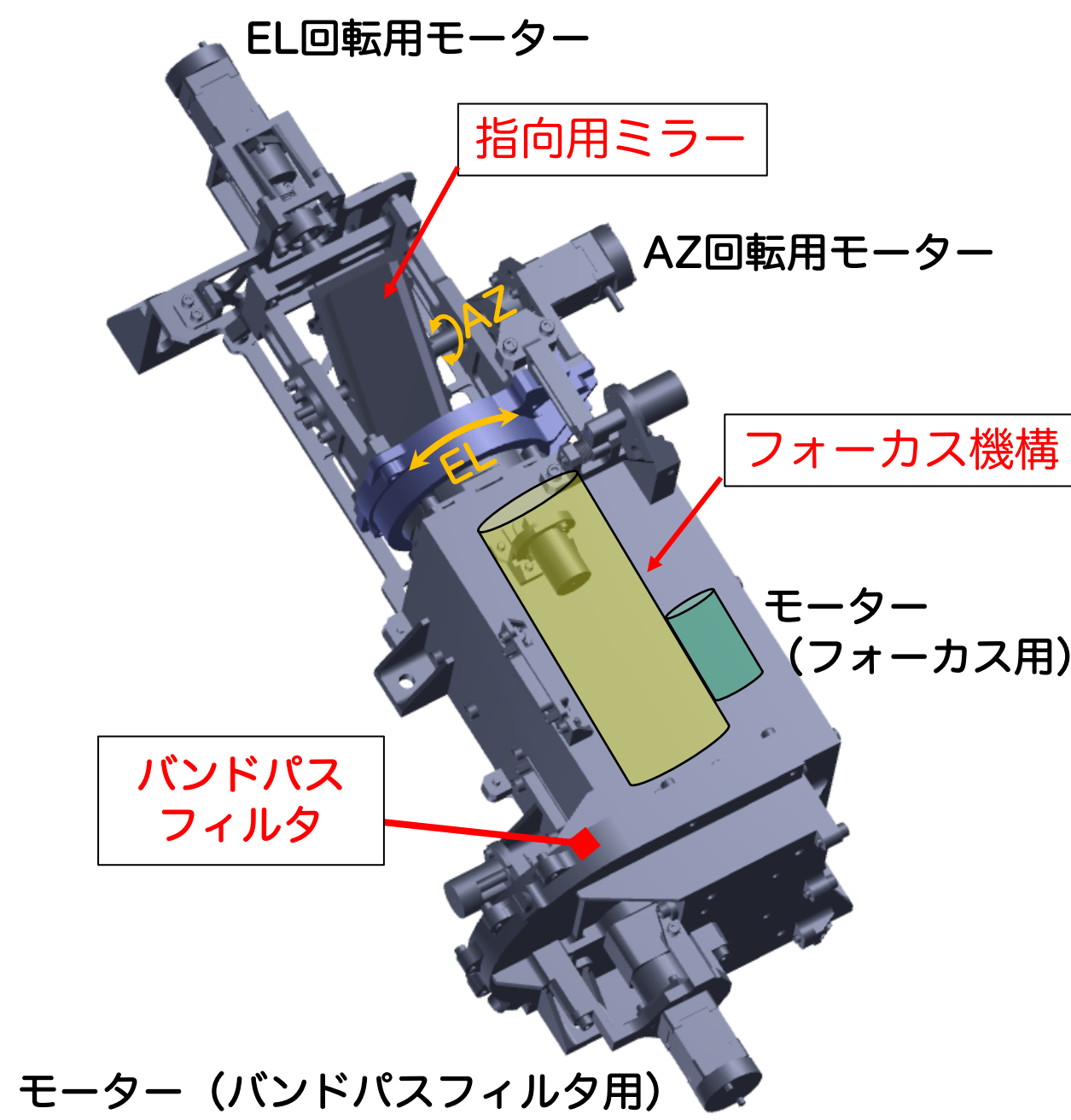
Multi-Band Camera : MBC

月は巨大衝突による形成後、早い段階で進化を終えた天体と考えられている。そのため巨大衝突の痕跡を探り、その過程を調べるには適した天体である。実際には、月と地球のマントル組成の比較が重要であるが、**月の90%以上を占めるマントルの組成は、試料が得られていない**ため、未だははっきりとはわかっていない。SLIMでは、「かぐや」で発見されたマントル由来と考えられる物質 (カンラン石を主成分とする岩石) の分布地 “SHIOLI crater” 周辺に着陸し、その場観測による月マントルの組成推定を試みる。

LanderであるSLIMは、着陸後に移動できない。MBCは、限られた視野で遠近様々な位置にある岩石を詳細に観測可能のように、**オートフォーカス機構、指向用ミラー**を搭載する。これらの機構は、日本の近赤外分光カメラ (惑星探査) において**初めて搭載**される。

【MBCの性能】

分光撮像性能	観測波長	750 nm, 920 nm, 950 nm, 970 nm, 1000 nm, 1050 nm, 1100 nm, 1250 nm, 1550 nm, 1650 nm バンド幅 30 nm
	分光方式	バンドパスフィルタ(フィルターホイールにより変更)
	検出器	VIS-InGaAs撮像素子(冷却機構無し)
	FOV	4° , 反射鏡を2軸ジンバルで駆動 (Azm. ±30° , Elev. +80° ~-40°)
その他	空間分解能	0.13 cm/pix@10 m
	質量・電力・サイズ	約4.0kg, 13W (最大24W) カメラヘッド部: W 415 x D 120 x H 220 エレキ部: W 135 x D 140 x H 51
	発生データ量	121 M ~363 M bytes 画像(非圧縮の場合)
	搭載位置	着陸機側面に搭載。(右上図参照)
	ミッション期間	着陸後の最初の昼の数日間(越夜不要)



【光学特性】

試験コンフィグレーション

試験筐体 : MBC-EM
実験施設 : 筑波宇宙センター
利用装置 : 硫酸バリウム積分球

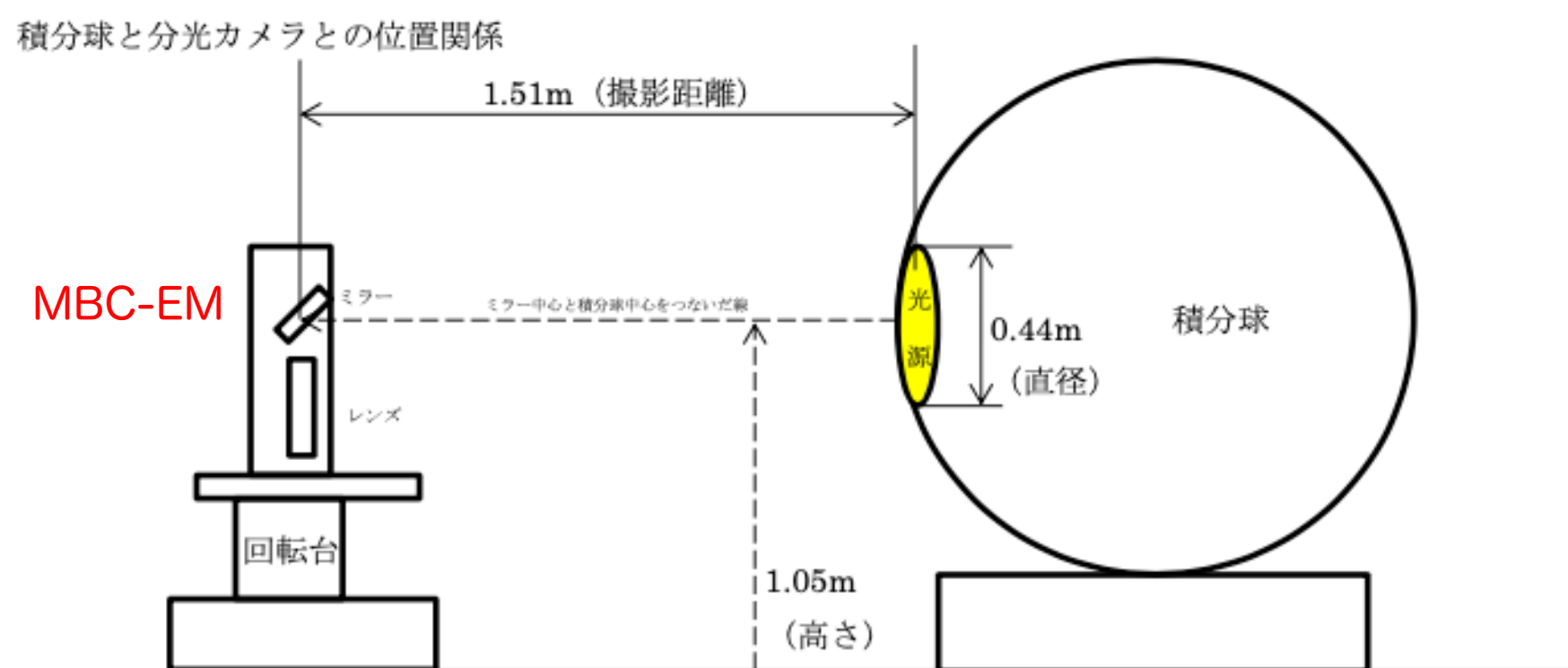
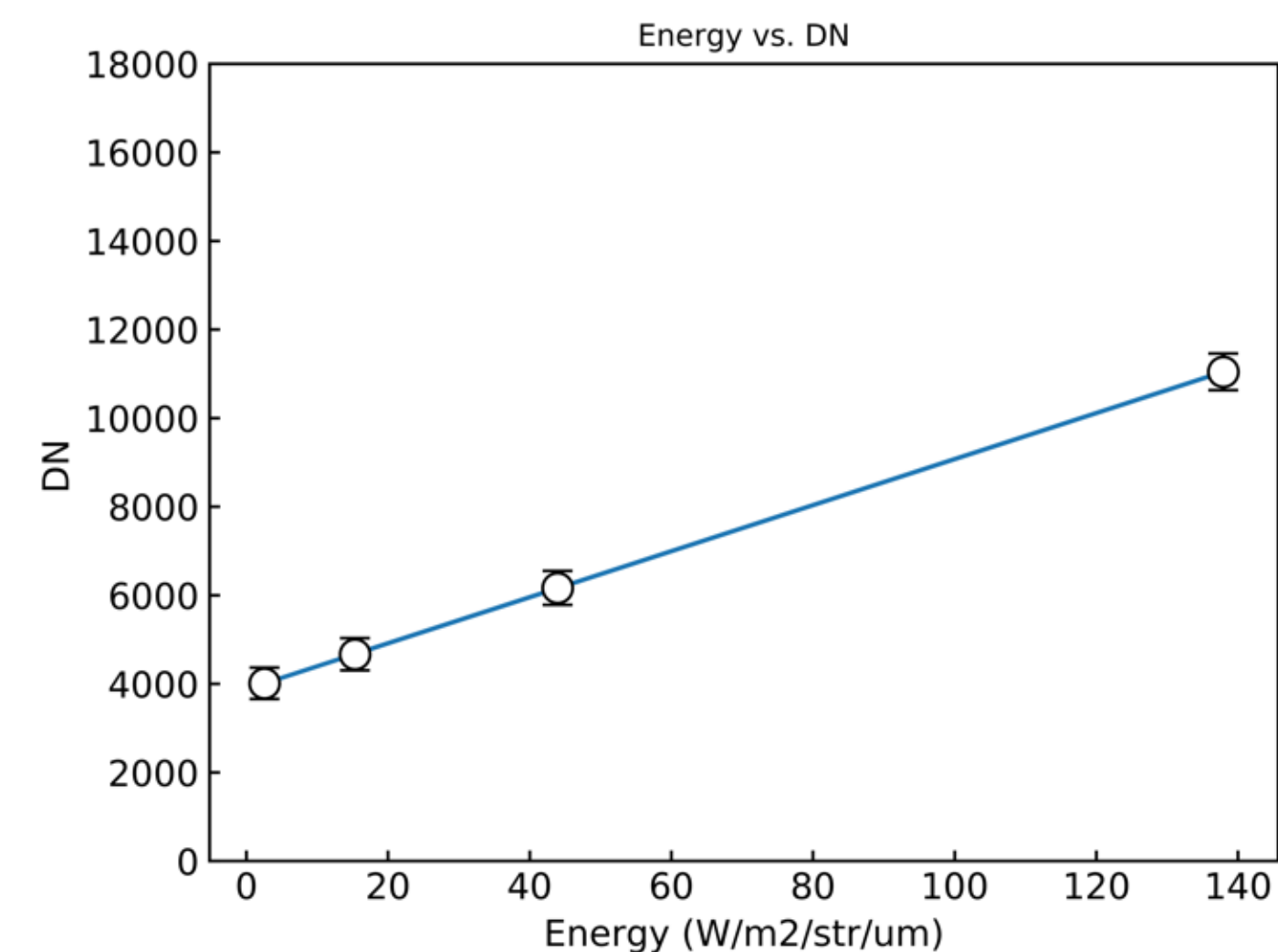


図) 試験セッティング

リニアリティ



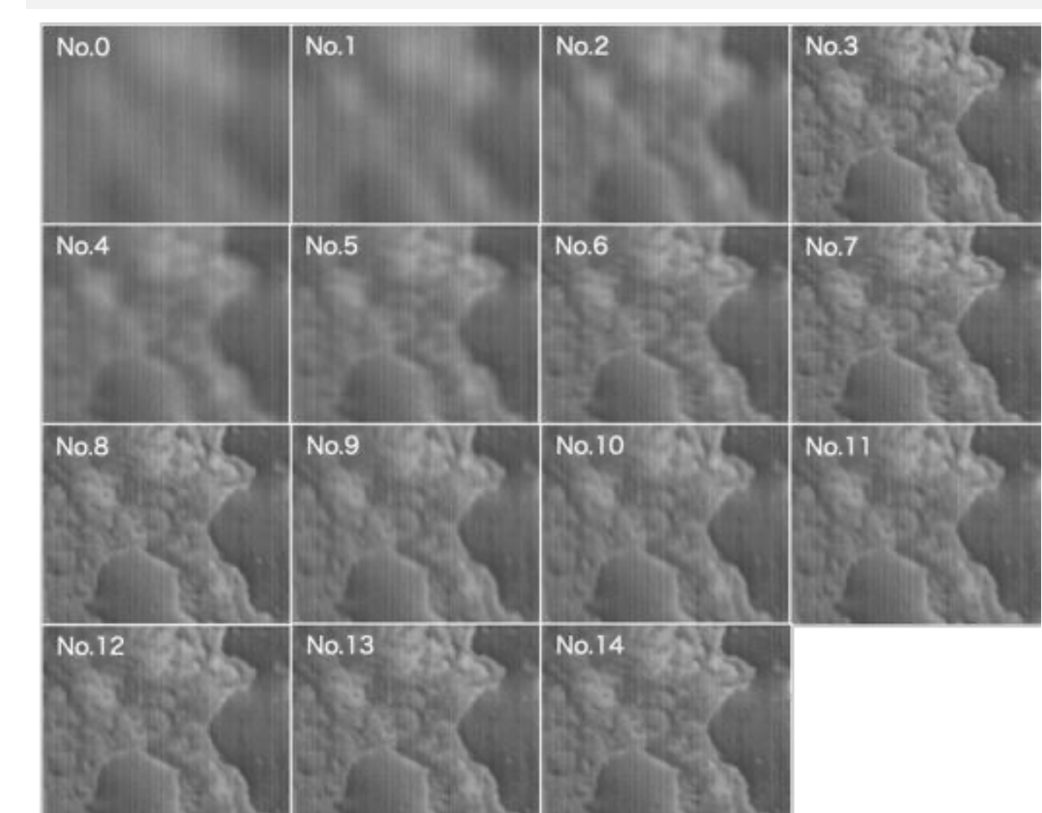
- 各条件に対して、良いリニアリティ ($R^2 \approx 1$) を示す。
- リニアリティは**全てのピクセルに対して個別にも算出しており、概ね上記と同等の成績が見られた。**
- FMにおいても同様の試験を行い、理学データのキャリブレーションに必要な地上データを取得予定

【Auto Focus機能】

試験コンフィグレーション

試験筐体 : MBC-EM
撮像波長 : 750nm
撮像対象距離 : 5m
テスト用撮像対象 : 月面火山地形画像、玄武岩

試験結果：撮像結果 (月面地形)

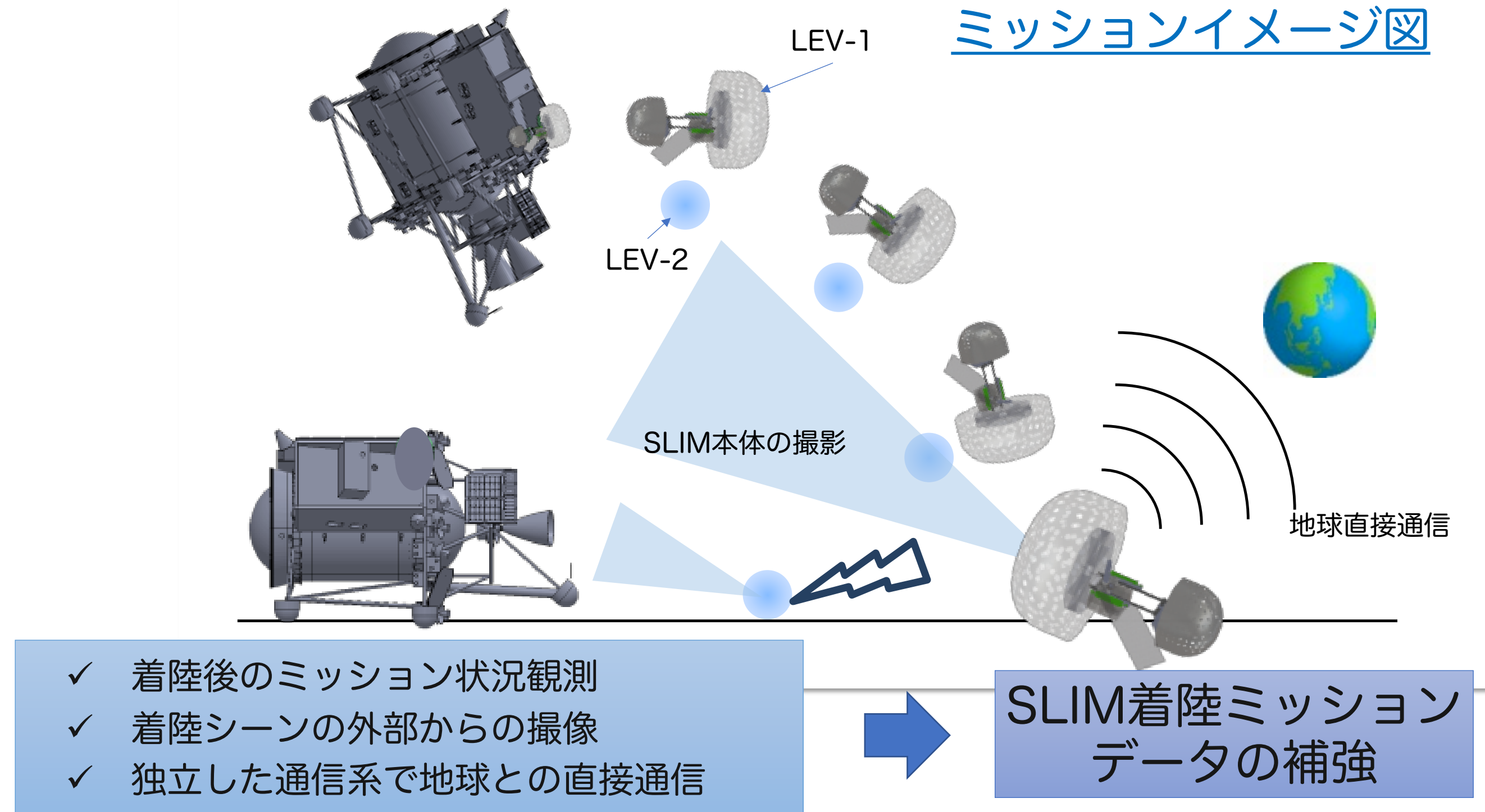


【結論】

MBC-EMを用いて、実機による機能試験を実施している。EM光学性能では各ピクセルにおける、**リニアリティは非常に良好**であり、 $R^2 \approx 1$ となった。オートフォーカス機能は問題なく動作していることがわかった。さらにEMを利用した試験では月岩石に見立てた立体物 (ハワイの玄武岩) を利用した分光撮像性能確認、AF機能確認を行い良好な結果が得られている。現在はCDRが終了し、FMの製造に取り掛かっている。

Lunar Excursion Vehicle :LEV

Lunar Excursion Vehicle (LEV) ではSLIM着陸地点の状況記録および着陸後の探査機の観測を実施し、SLIMミッションのデータ補強を行う。また、小型ローバ技術の工学実証として、小型ローバに適した不整地移動方法と自律移動アルゴリズムの検証、月面からの直接通信を通して、小型ローバでの探査技術の獲得を目指す。さらに、将来の月惑星探査に繋がるテラメカニクスのためのデータ取得や表面温度、放射線環境の取得機能も織り込み検討している。

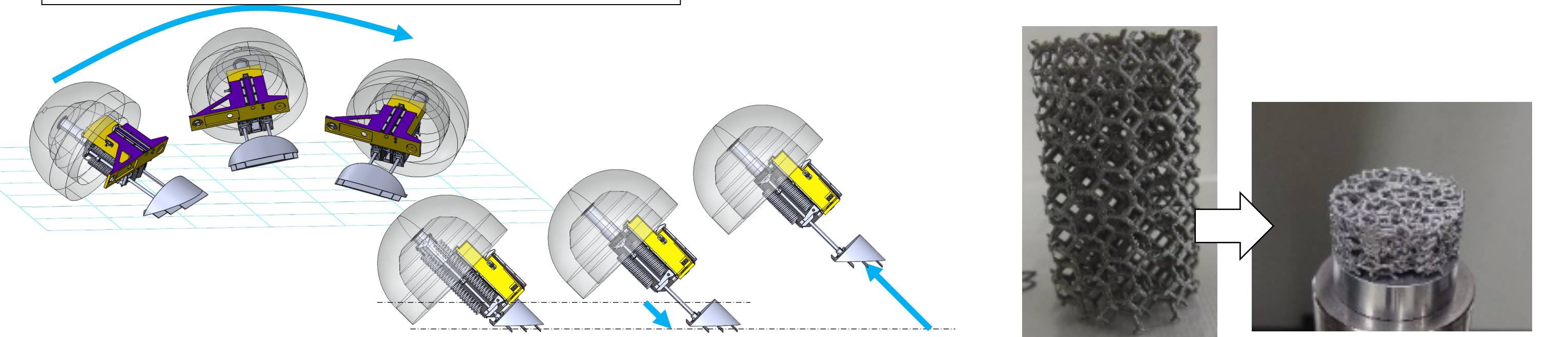
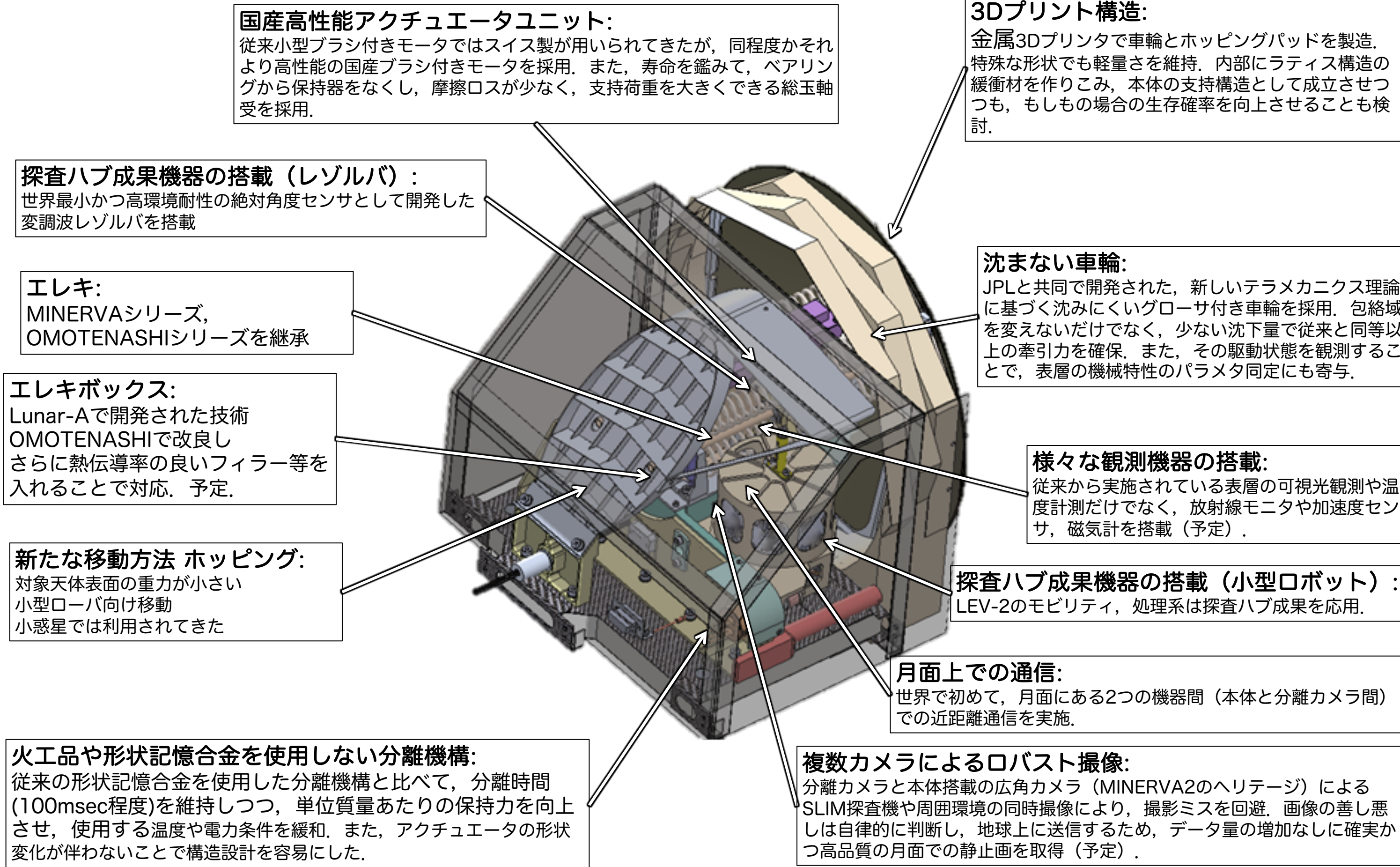


- ✓ 着陸後のミッション状況観測
- ✓ 着陸シーンの外部からの撮像
- ✓ 独立した通信系で地球との直接通信

SLIM着陸ミッションデータの補強

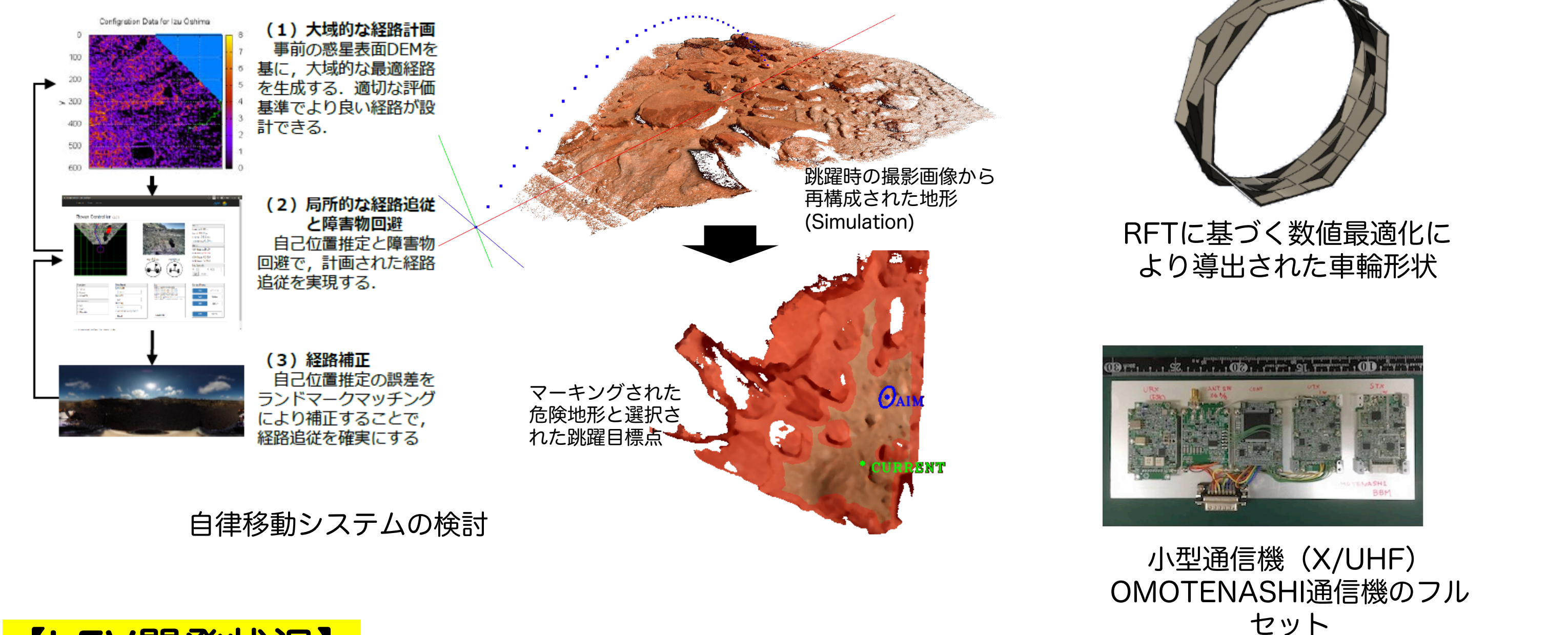
【研究課題】

LEVに搭載予定の技術実証機能を示す。



単車輪+跳躍機構による自由な移動システムの検証

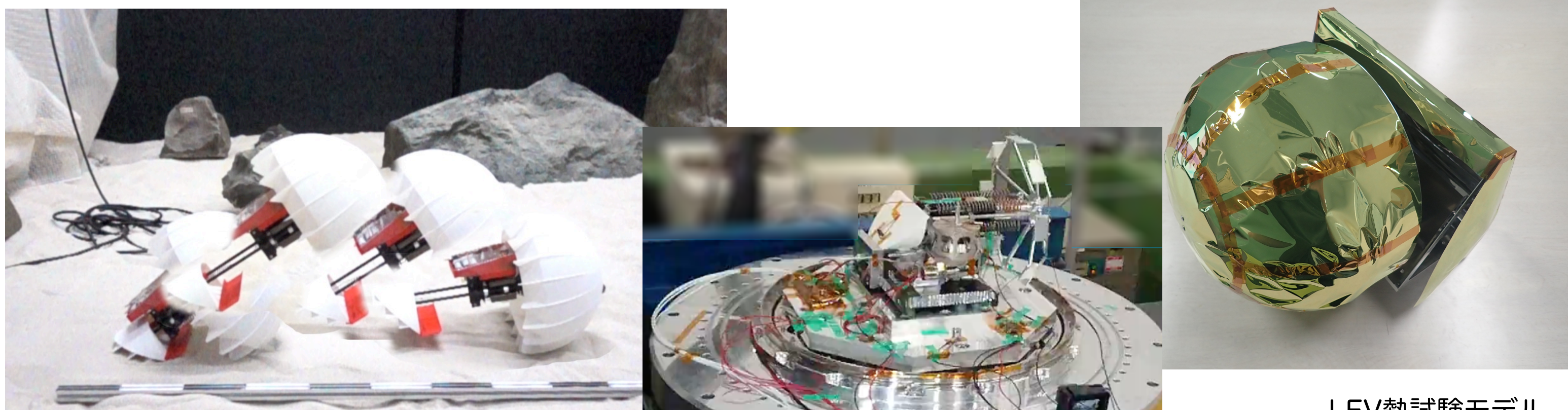
3Dプリント衝撃吸収材



自律移動システムの検討

【LEV開発状況】

LEVは現在FM製造中であり、また各種試験モデルを用いた機能検証も進んでいる。



LEV開発モデルによる跳躍試験の様子 (距離 450mm 月面想定2.7mの例)

振動試験

LEV熱試験モデル