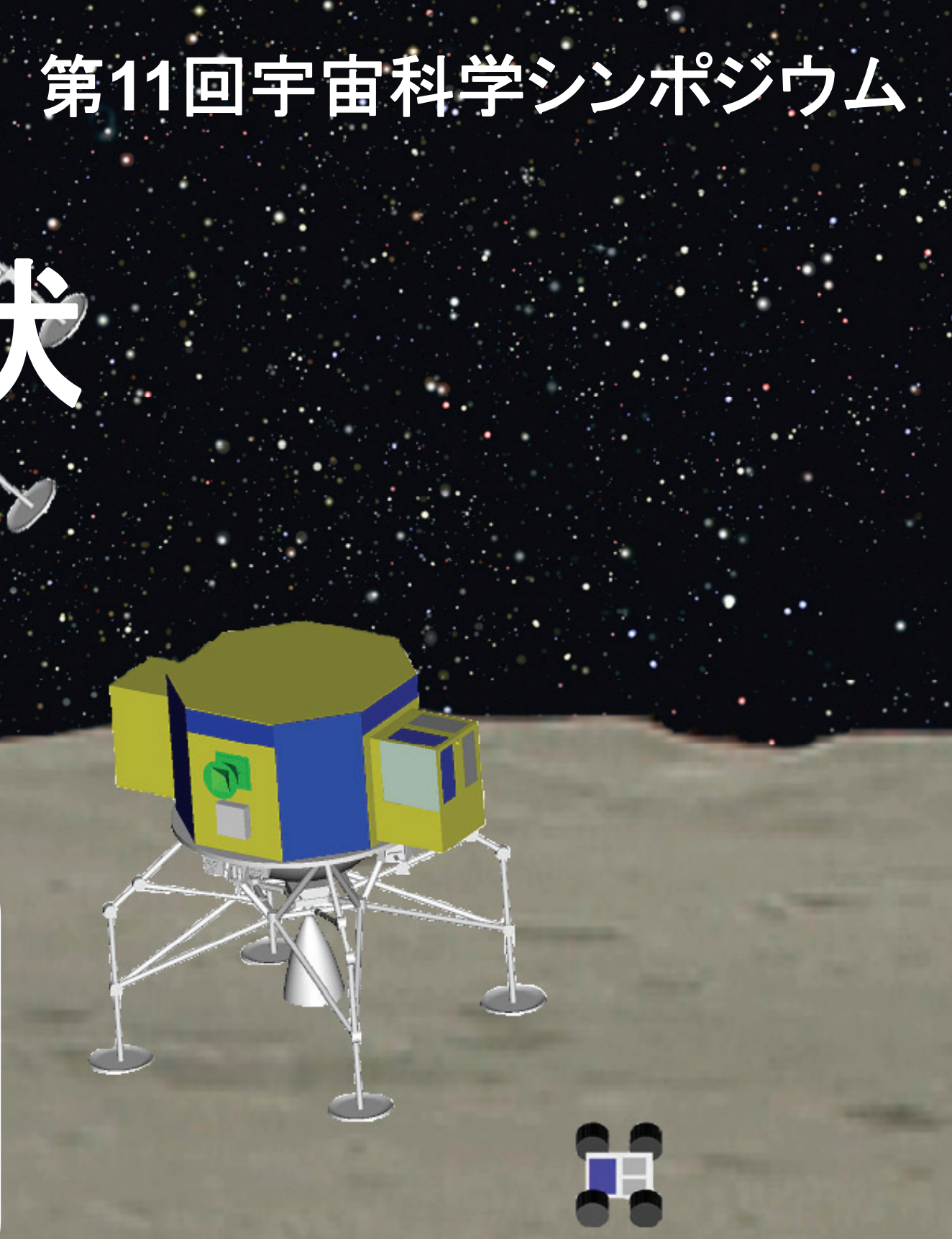


小型月実験機（SLIM）構想のシステム検討現状

澤井秀次郎、中谷幸司、水野貴秀、福田盛介、佐藤英一、吉光徹雄、坂東信尚、中塚潤一、岡田達明、春山純一（ISAS/JAXA）、SLIMワーキンググループ



◆SLIM (Smart Lander for Investigating Moon)構想とは？

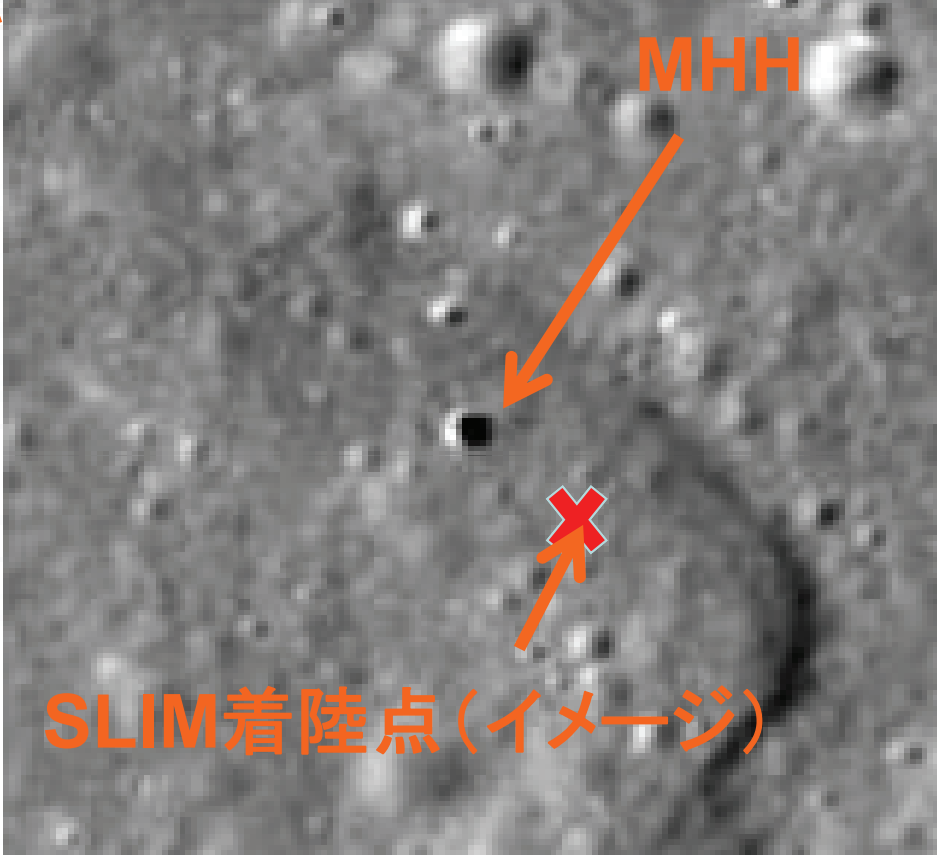
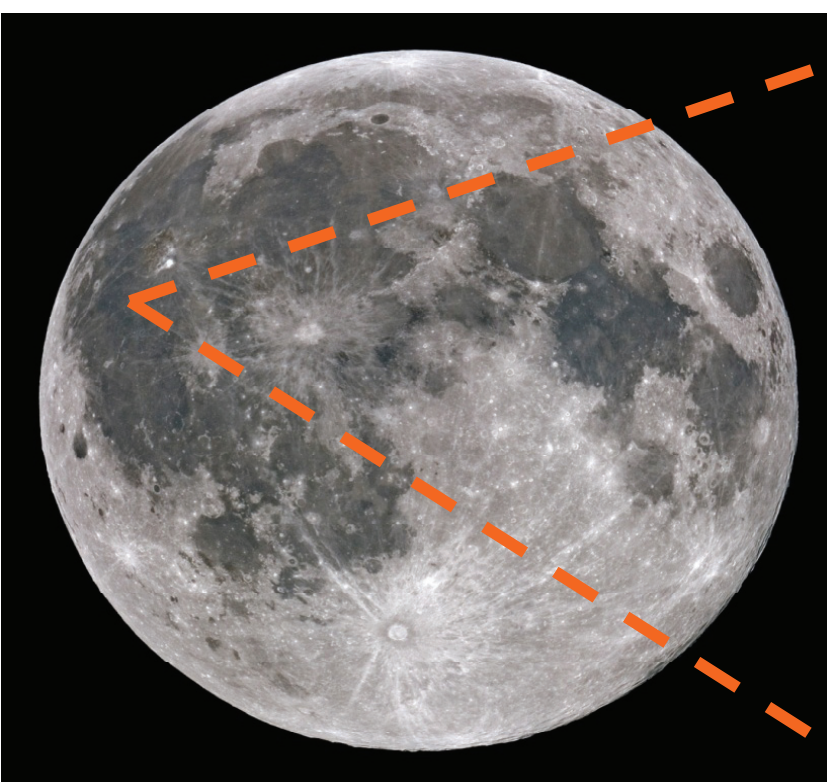
惑星表面に着陸し観測活動を行うことは**将来の月惑星探査において必須**であり、着陸及び表面探査技術を習得することは、将来の宇宙活動の自在性を確保する上からも重要である。また、本格的な探査や科学観測を行うためには、目的に適した限定された地域に着陸するピンポイント着陸技術が必要となる。すなわち、米ロが過去行った**「降りやすいところへ降りる」着陸から、「降りたいところへ降りる」着陸技術への転換**が求められる。SLIMIは、将来の月惑星探査に必要な**ピンポイント着陸技術を実証するための実験機**として、ISASの小型科学衛星シリーズ3号機を目指して提案準備中である。

◆SLIMで実証する技術

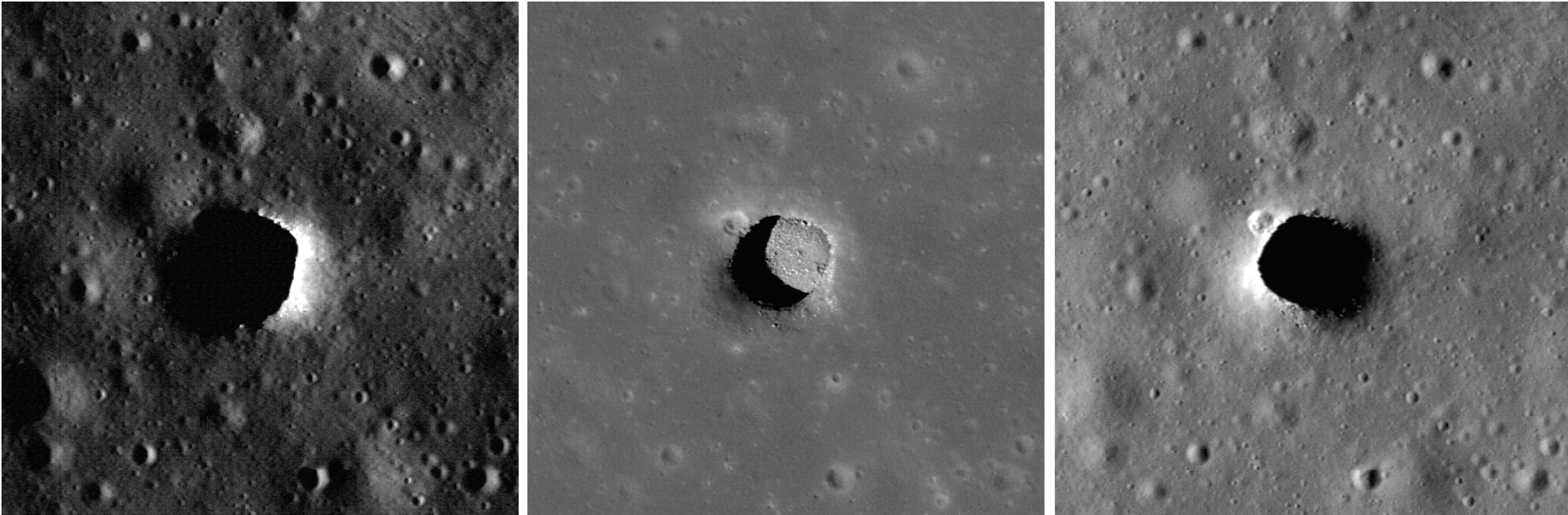
- ❖ 飛翔している探査機から下方の自然地形を撮像し、そこから探査機の位置を推定する**画像照合航法**
- ❖ 着陸直前に、着陸に障害となる物体を検知して回避する**障害物検知・回避技術**
- ❖ ある程度の誤差があるセンサ・アクチュエータを用いて、高精度の着陸（航法誤差100m以内、誘導誤差300m以内）を達成する**誘導技術**
- ❖ 軽量で効率的な**着陸衝撃吸収技術**
- ❖ 高性能でコンパクトな**新型推進系**
- ❖ 小型ローバによる探査システム

◆着陸候補点

月面の縦孔の一つである「マリウス丘の縦孔」(MHH: 直径50m程度)の周辺【303.3E、14.2N】



MHHの拡大写真(それぞれ太陽入射角が異なる)



画像提供: NASA LRO

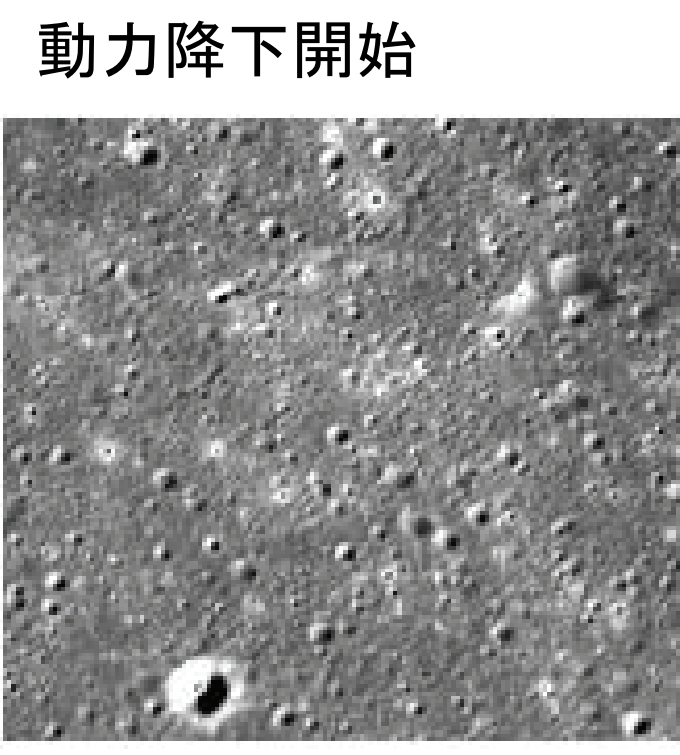
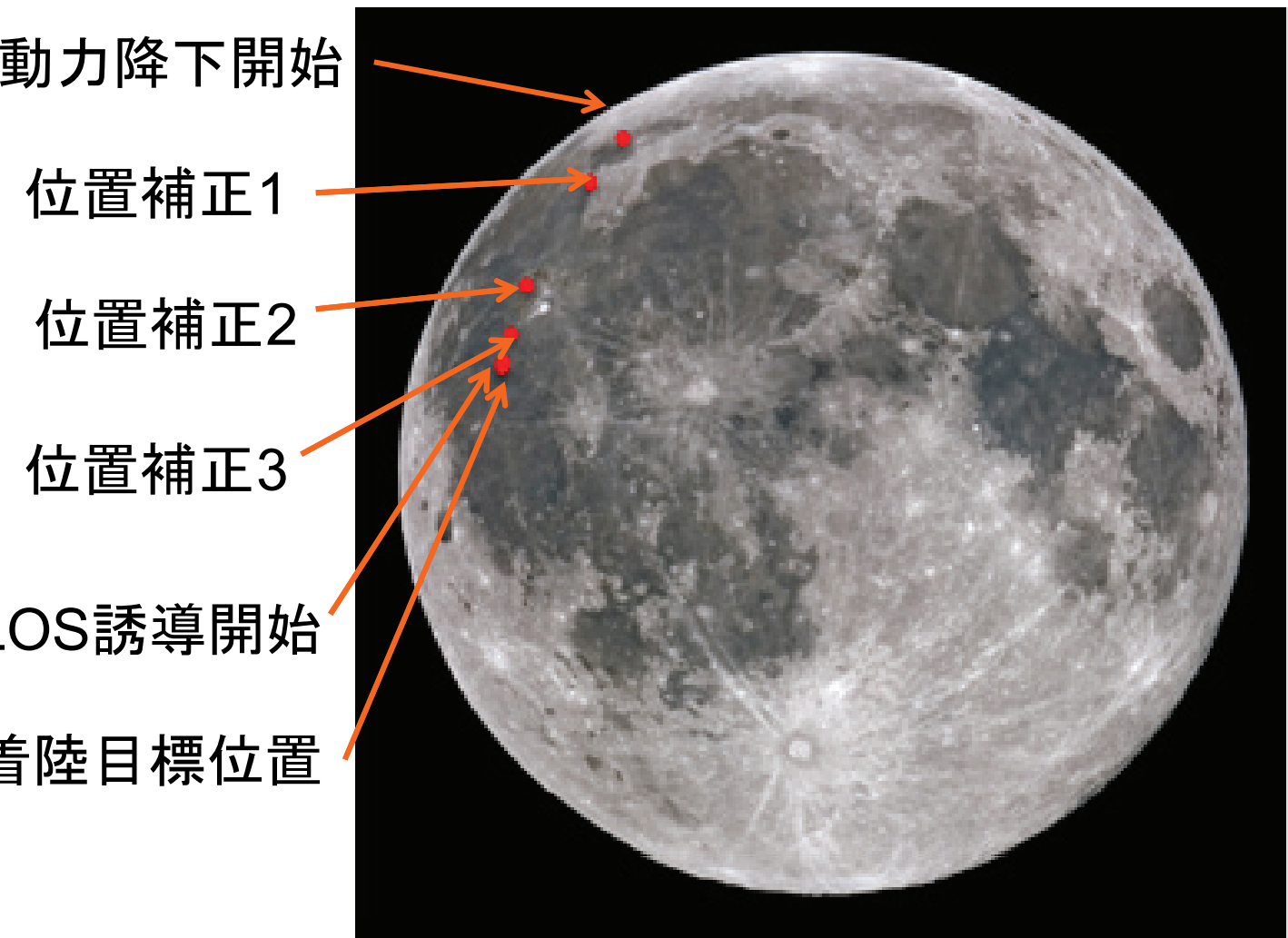
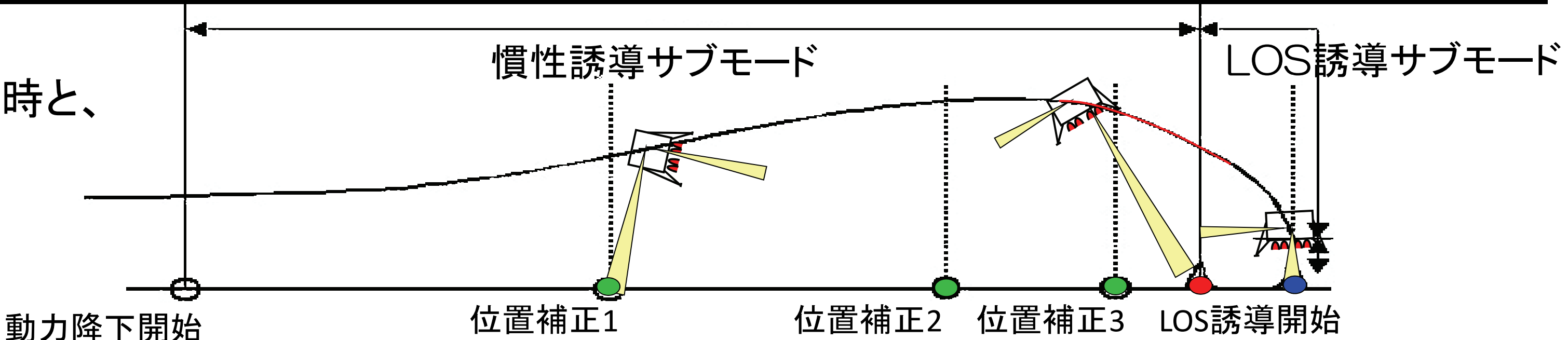
◆主要なシーケンス

- ❖ 打上ロケットは**イプシロンロケット(4段形態)**を想定
- ❖ 遠地点高度約19,000kmの長楕円軌道にてロケットから分離
- ❖ SLIM搭載の推進系で、月遷移軌道投入→月周回軌道投入を実現
- ❖ その後、動力降下フェーズ・垂直降下フェーズを経て、着陸する

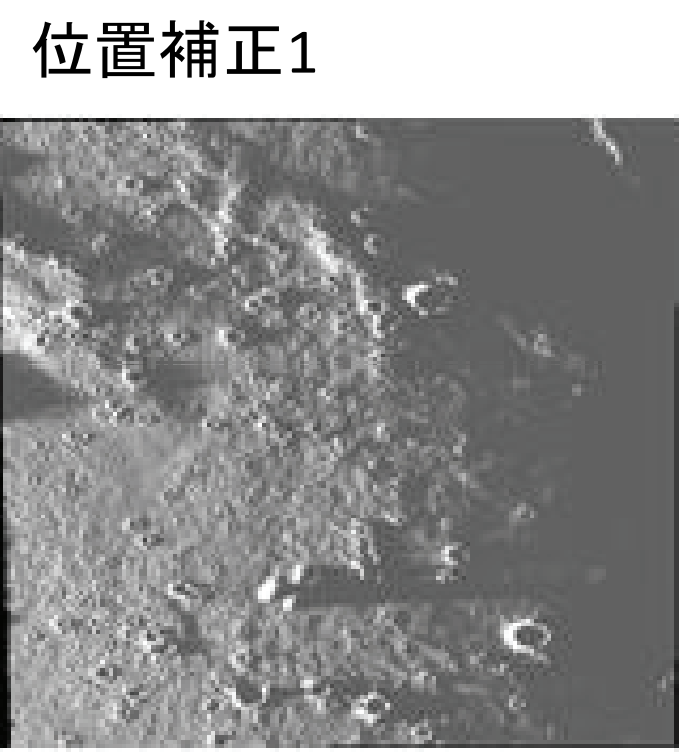
	使用スラスタ	制御量[m/s]	比推力[s]	推薬量[kg]	質量[kg]	備考
打上げ					428.0	
初期姿勢捕捉	RCS	1.4	200	0.31	427.7	250km×19134.4kmに投入し、打ち上げ質量を稼いだ結果
コースティング	RCS	0.7	200	0.15	427.5	姿勢制御は、同型衛星の慣性モーメント比で概算
遷移軌道投入姿勢	RCS	1.0	200	0.22	427.3	同上
遷移軌道投入	OME	1103.2	316	127.99	299.3	250km×19134.4km → 250km×399960km
遷移軌道姿勢確立	RCS	1.0	200	0.15	299.2	姿勢制御は、同型衛星の慣性モーメント比で概算
ミッドコースマヌーバー#1	RCS	40.0	316	3.89	295.3	概算値
ミッドコースマヌーバー#2	RCS	40.0	316	3.84	291.5	概算値
月周回軌道投入姿勢	RCS	1.0	200	0.15	291.3	姿勢制御は、同型衛星の慣性モーメント比で概算
月周回軌道投入#1	OME	467.0	316	40.75	250.6	200km×4000km(月心高度)
月周回軌道投入#2	OME	354.2	316	27.06	223.5	200km×200km
月周回軌道投入#3	OME	21.2	316	1.52	222.0	200km×100km
月周回軌道投入#4	OME	21.5	316	1.53	220.4	100km×100km
月周回軌道投入#5	OME	19.4	316	1.38	219.1	100km×15km
月周回軌道姿勢確立	RCS	1.0	150	0.15	218.9	姿勢制御は、同型衛星の慣性モーメント比で概算
コースティング	RCS	0.7	150	0.10	218.8	同上
三軸確立	RCS	1.0	150	0.15	218.7	同上
動力降下	OME	1930.0	316	101.36	117.3	
垂直降下	OME	300.0	316	11.92	105.4	
降下時姿勢制御	RCS	2.1	150	0.15	105.2	姿勢制御は、同型衛星の慣性モーメント比で概算
推薬合計		4306.4		330.20	330.2	

動力降下フェーズの誘導戦略の概要

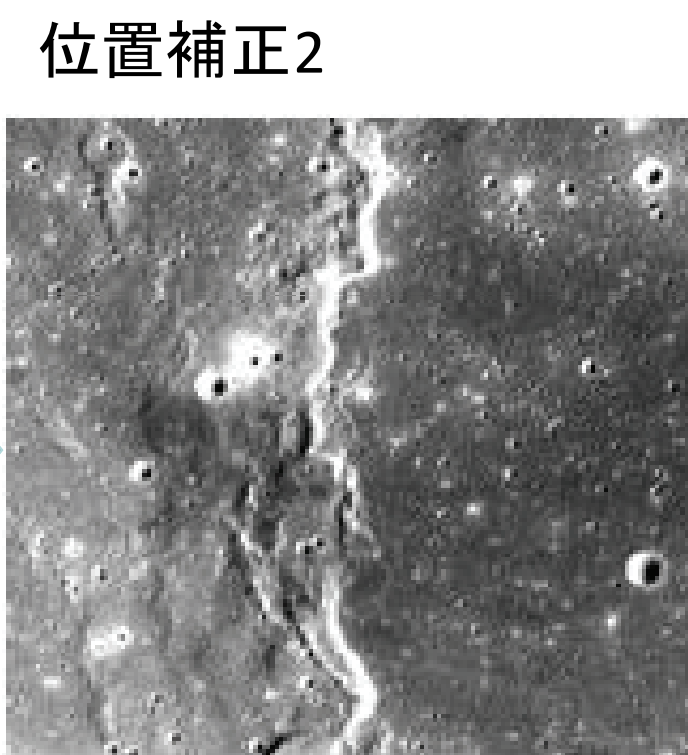
- ❖ 慣性誘導サブモードとLOS誘導サブモードに分割し、さらにその各サブモード開始時と、慣性誘導サブモード中に3点、月面をみての位置推定の補正を行う。
- ❖ MHHに北側から進入してくる経路を想定して検討を進めている。



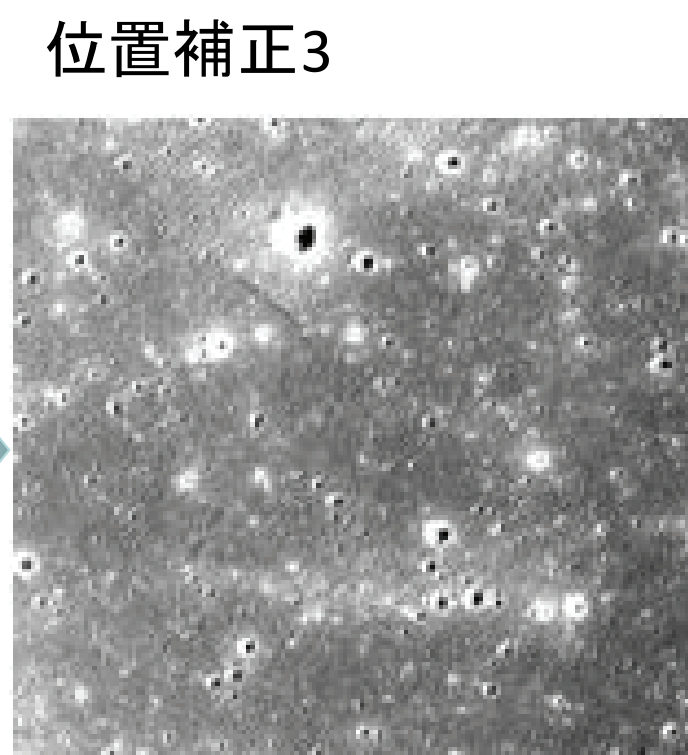
高度15.0km



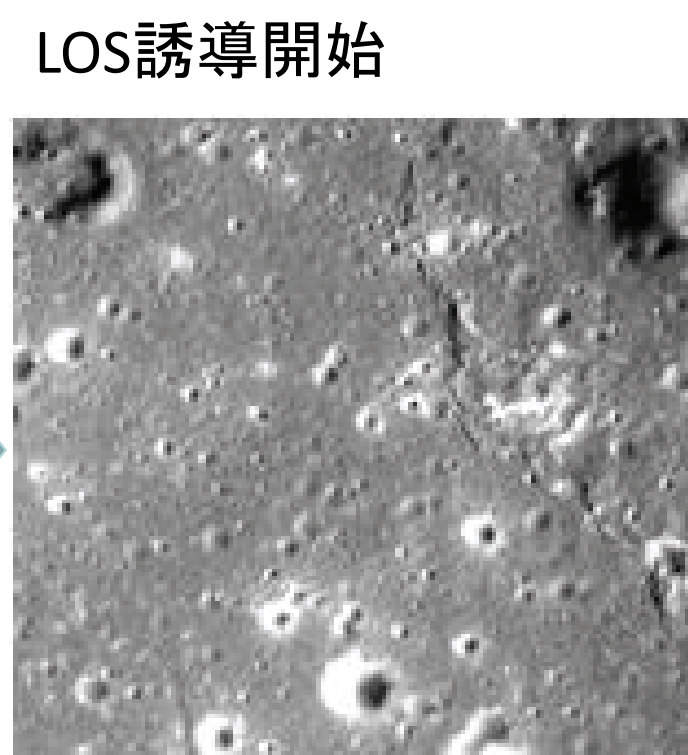
高度24.2km



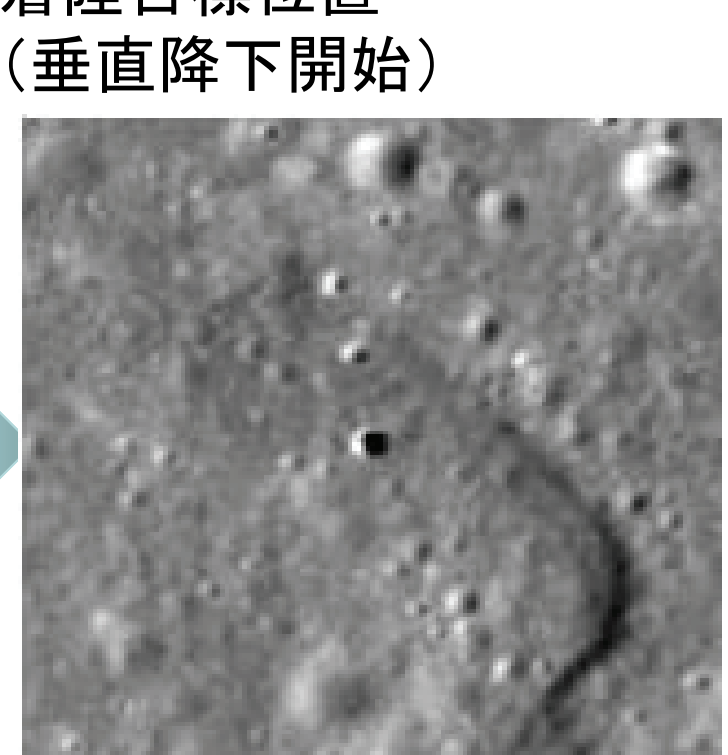
高度36.0km



高度33.8km



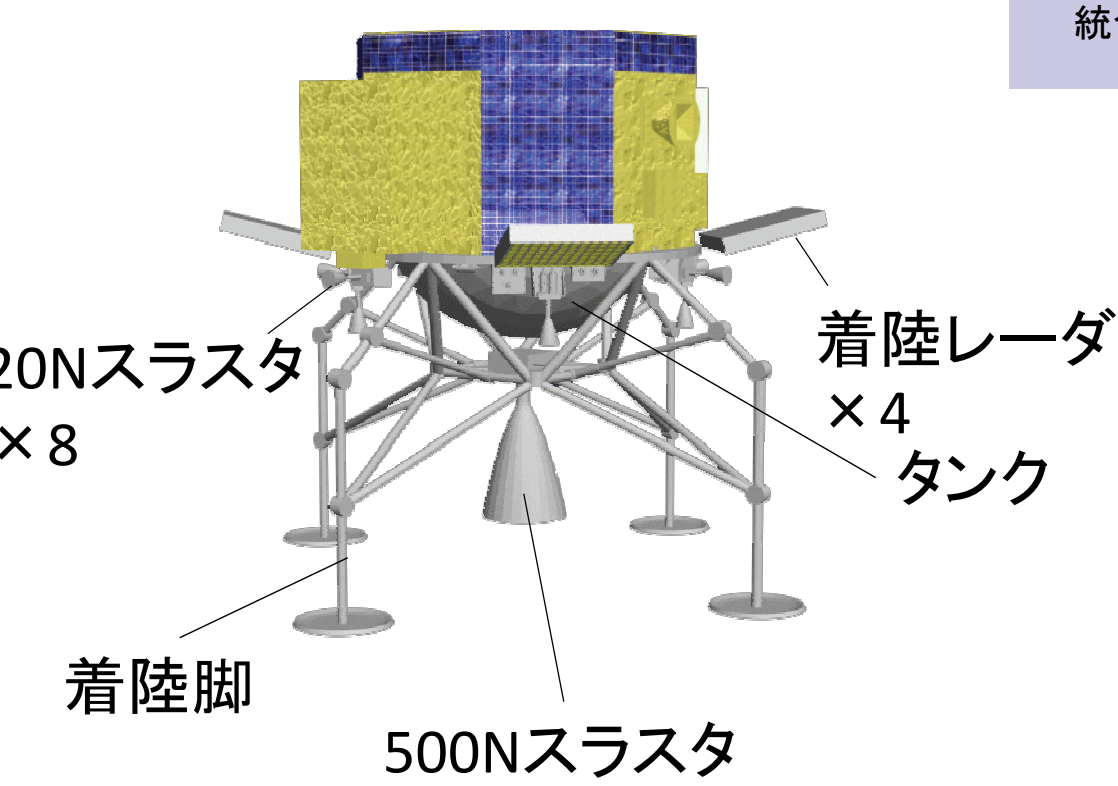
高度14.2km



着陸目標位置(垂直降下開始)

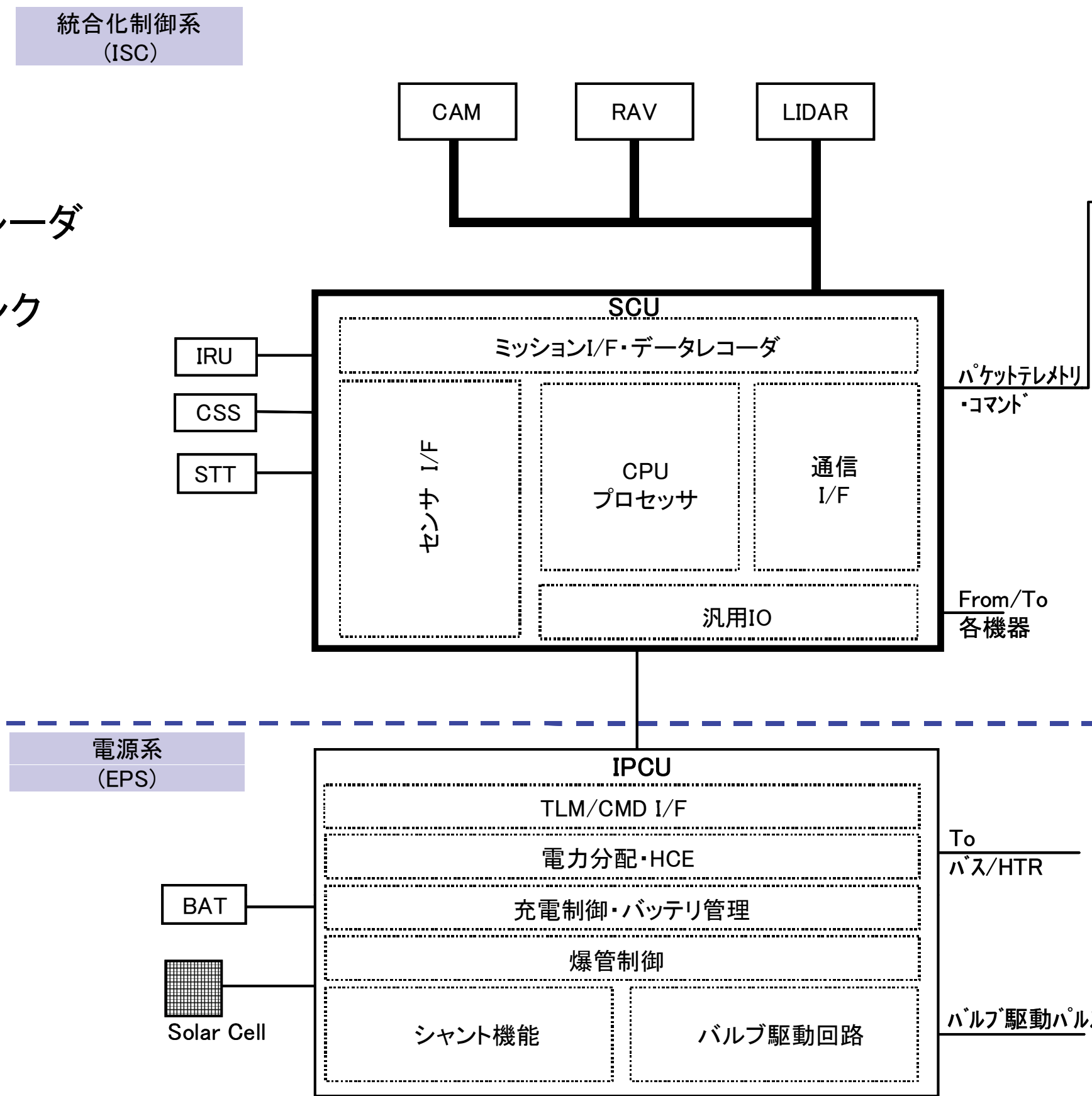
◆SLIM機体概要

機体イメージ



探査機ドライ質量(含、マージン)	110kg
推薬質量(含、無効推薬)	330kg
質量合計	440kg

システムブロック



◆検討の体制

2週間から1ヶ月おきに実施の定例会で各分野間の横の連携を確保しつつ、各専門分野ごとに6つの分科会を設定している

- システム分科会
 - 画像系分科会
 - 誘導制御系分科会
 - 着陸脚分科会
 - 推進系分科会
 - ローバ分科会
 - その他
- 定例会
- コスト検討、システム検討、コンポ選定、軌道計画 (ISAS/JAXA)
 - 画像照合航法、障害物検知、H/W実装 (明治大、愛知工科大、電通大、総研大、ISAS/JAXA)
 - 着陸降下シーケンス、誘導則、センサ・推進系I/F (横国大、九大、ISAS/JAXA)
 - 着陸脚機構、耐転倒性能向上制御 (首都大、愛知工科大、ISAS/JAXA)
 - 高性能スラスタ、タンク (JEDI/JAXA、ISAS/JAXA)
 - ローバシステム検討 (愛知工科大、電通大、信州大、ISAS/JAXA)
 - 着陸レーダ検討 (SELENE-2での検討とリンク)

