

S3-12

小型月実験機(SLIM)の検討概要

澤井秀次郎 (SLIM/WG) ほか

2011/1/7

2011年宇宙科学シンポジウム

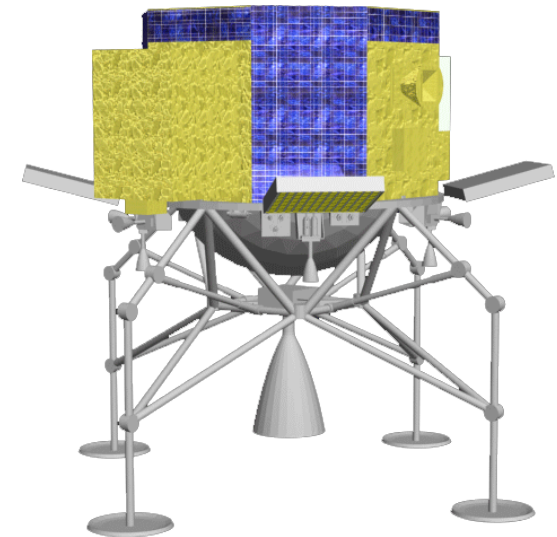
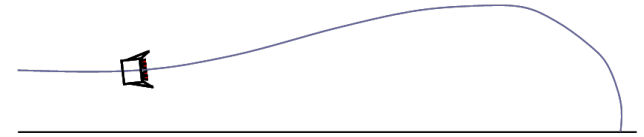
SLIMの目的

・SLIM (Smart Lander for Investigating Moon)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しようという検討である。

・ピンポイント着陸によって、従来技術の「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」技術の確立を目指す。

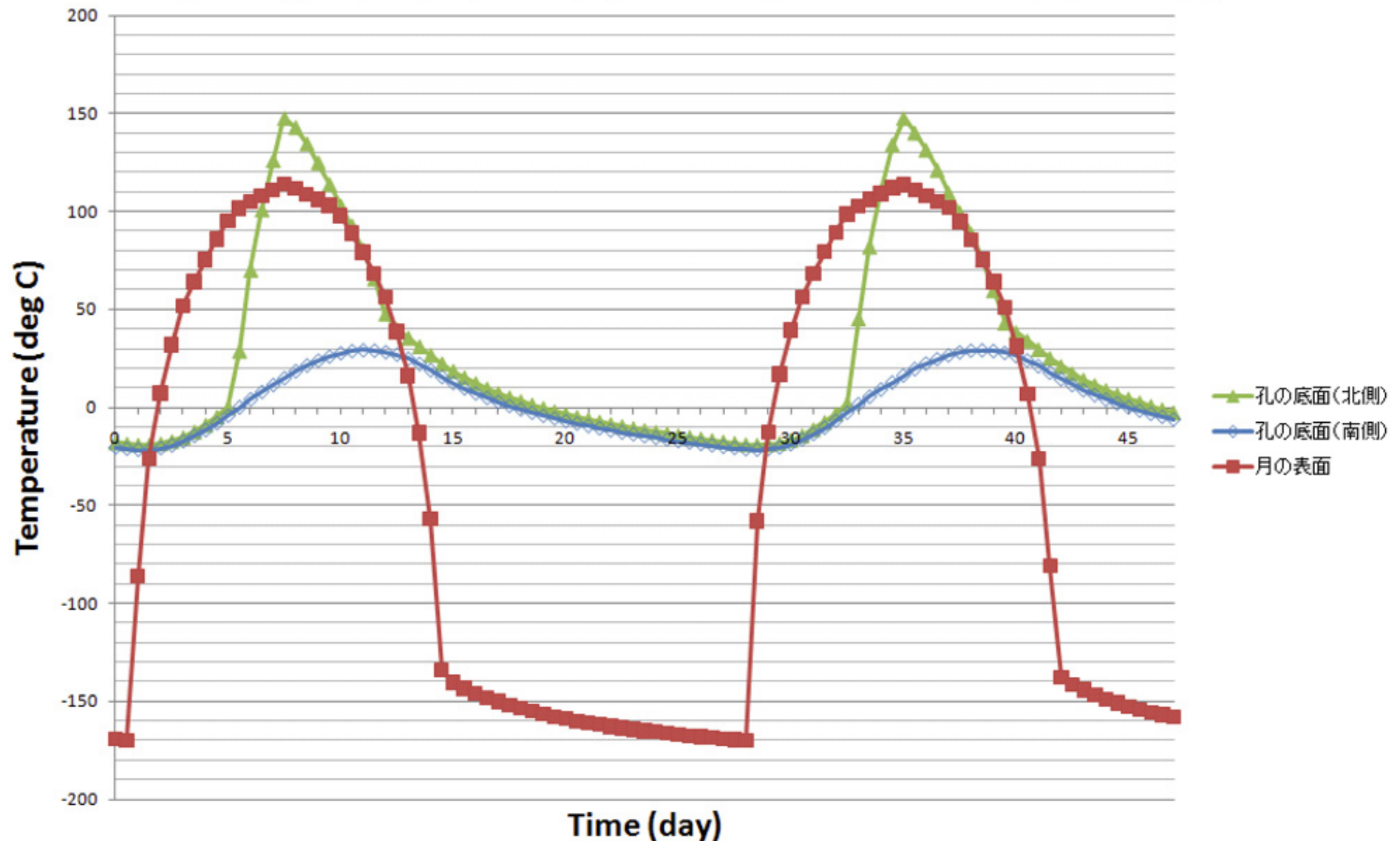
・着陸候補点として、月面の縦孔のひとつである「マリウス丘の縦孔」(MHH)を設定し、そこに降りるための具体的な検討を実施している。

・小型探査機による工学実験構想であり、ISASの小型科学衛星シリーズ3号機に向けて提案準備中である。



SLIMの探査候補地について

北緯15degにある、直径50m、深さ50mの縦孔の穴底の1ヶ月間の温度変化



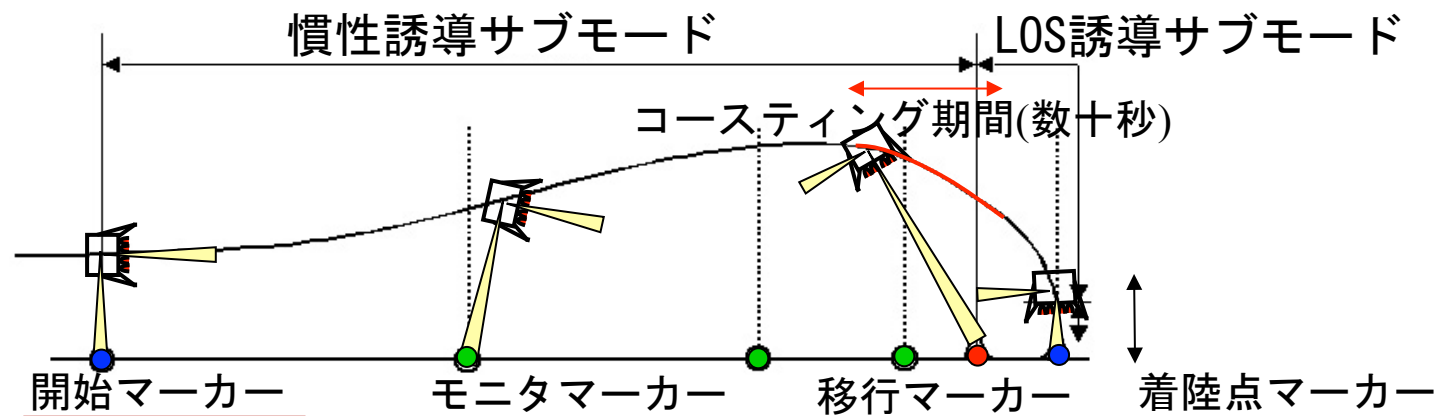
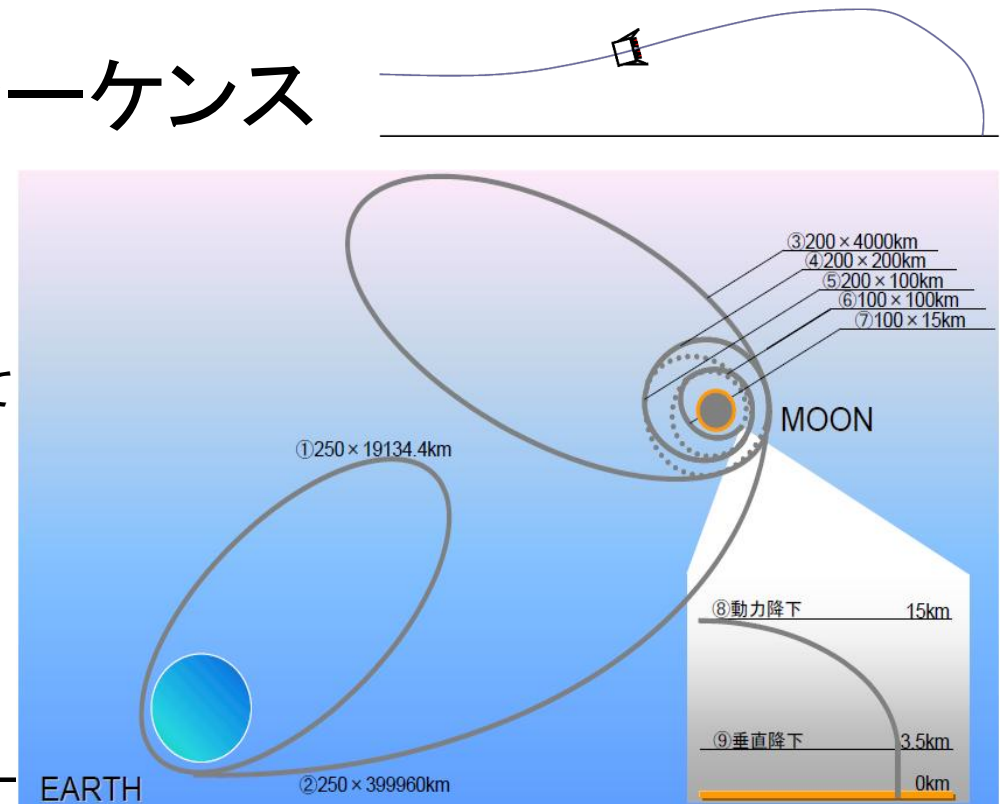
SLIMの主要なシーケンス

・打上ロケットはイプシロンロケット(4段形態)を想定している。

・遠地点高度約19,000kmの長楕円軌道にてロケットから分離。

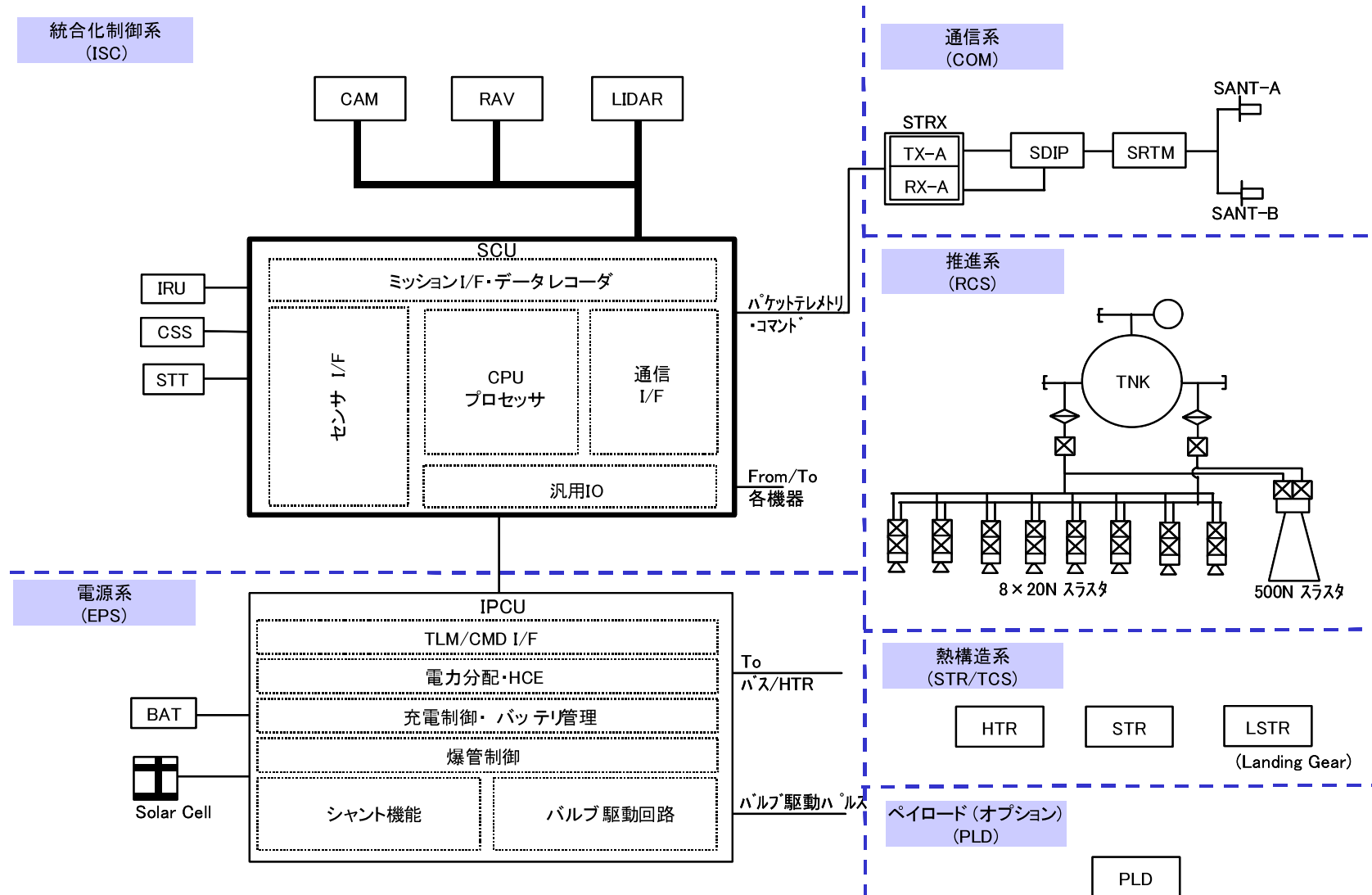
・探査機搭載の推進系で、月遷移軌道投入→月周回軌道投入を行う。

・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。

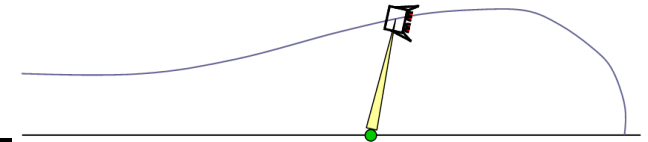


SLIMのシステム構成

低リソースでの実現のため、計算機の統合化、冗長構成の省略などを考えている。

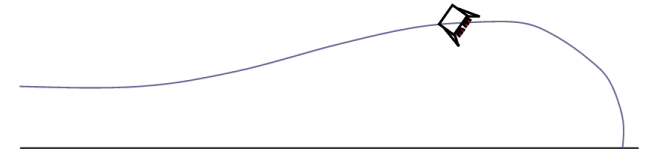


SLIM・重量管理表



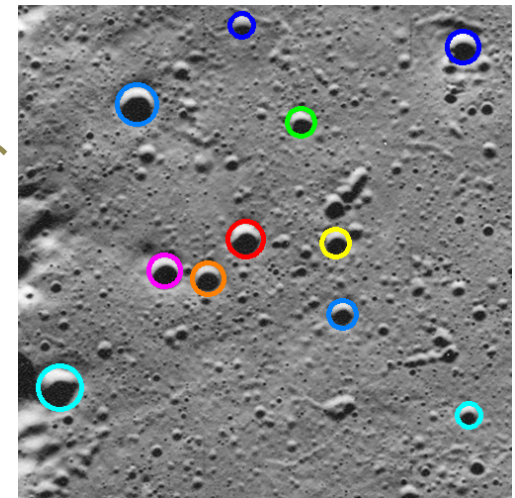
	略称	機器		質量 [kg]
		名称	略称	SS小計
通信系	COM			2.52
		Sバンドアンテナ	SANT	
		Sバンドハイブリッド	SHYB	
		Sバンドダイプレクサ	SDIP	
		Sバンドトランスポンダ	SRX	
統合化制御系	ISC			21.92
		システムコントローラユニット	SCU	
		スターセンサエレキ	STT-E	
		スターセンサヘッド	STT-H	
		粗太陽センサ	CSS	
		慣性基準装置/加速度計	IRU	
		着陸レーダアンテナ部(高度測定用)	AANT	
		着陸レーダアンテナ部(速度測定用)	VANT	
		着陸レーダ電気ユニット	RREU	
		着陸レーダ計装系	RINT	
		カメラヘッド	CAMH	
		カメラ制御部	CAMCNT	
		カメラケーブル	CAMCB	
電源系	EPS			6.80
		リチウムイオンバッテリー	BAT	
		電力制御分配器	IPCU	
		太陽電池セル	SC	
熱構造系	STC			25.40
		主構体	STR	
		着陸脚構造	LSTR	
		タンク支持構造	RSTR	
		PAFフィッティング構造	PAF	
		熱制御系	THTR	
計装系	INT			3.00
		電気計装	EINT	
		機械計装	MINT	
推進系	RCS			39.50
		スラスタ(500N)	THR	
		スラスタ(20N)	THR	
		タンク	TNK	
		配管・バルブ類	RMINT	
		電気・熱計装	REINT	
ペイロード	PLD			1.50
		超小型ローバ	ROV	
		ローバ放出機構	RLSM	
探査機ドライ質量合計1				101
質量マージン(10%)				10
探査機ドライ質量合計2				111
推奨質量(含、無効推奨)				330
探査機ウェット質量合計				441

SLIMで習得をめざす技術



・SLIMは、「降りたいところに降りる」技術の習得に特化した工学実験探査機として、小型科学衛星（SPRINTシリーズ）3号機での実現を期し、提案準備中

- ・具体的に習得を目指す技術は以下の通り
 - ・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、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



画像処理
（クレータ抽出）

画像照合航法の検討

ピンポイント着陸のために、画像照合航法は必須だが、探査機は常に月面を観測している必要は無い(ある間隔を置いて、航法誤差が溜まる前に画像照合をかければよい) → 必要な間隔毎に、「都合のよい地形」が現れるか??

動力降下開始



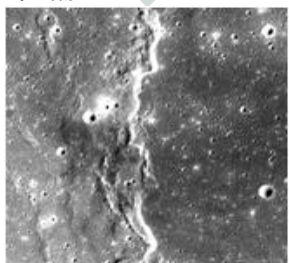
高度:
15.0km

位置補正1



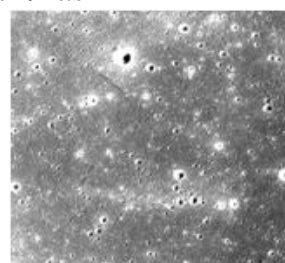
高度:
24.2km

位置補正2



高度:
36.0km

位置補正3



高度:
33.8km

LOS誘導開始



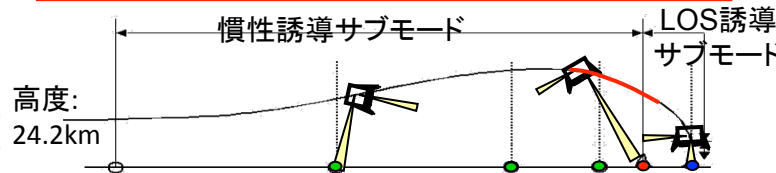
高度:
14.2km

着陸目標位置(垂直降下開始)



高度:
3.5km

MHHに北側から進入してくる経路は、画像照合航法の観点から対応可能



動力降下開始

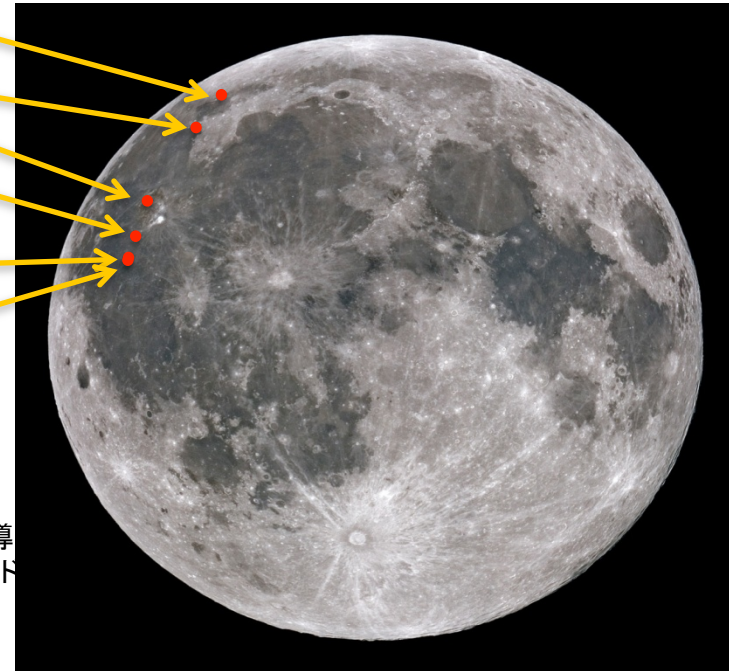
位置補正1

位置補正2

位置補正3

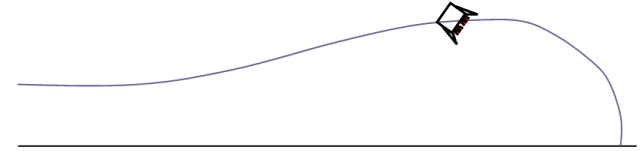
LOS誘導開始

着陸目標位置



(イメージ図)

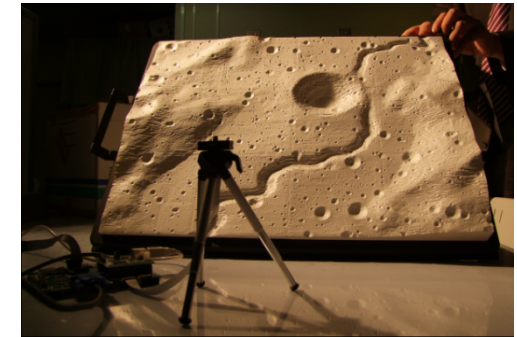
SLIMで習得をめざす技術



・SLIMは、「降りたいところに降りる」技術の習得に特化した工学実験探査機として、小型科学衛星（SPRINTシリーズ）3号機での実現を期し、提案準備中

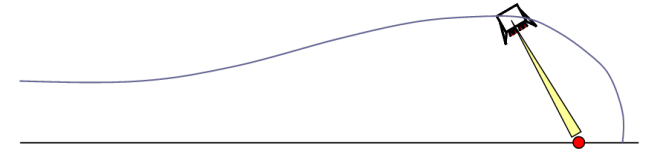
・具体的に習得を目指す技術は以下の通り

- ・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、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



画像を用いた
リアルタイム障害物検知

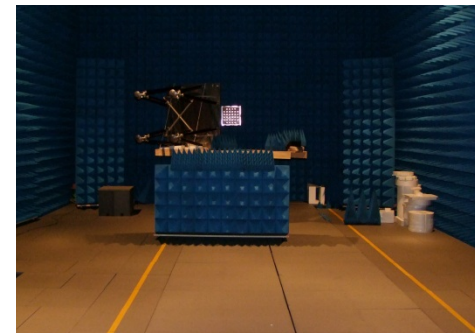
SLIMで習得をめざす技術



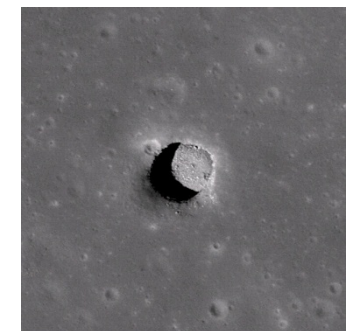
・SLIMは、「降りたいところに降りる」技術の習得に特化した工学実験探査機として、小型科学衛星（SPRINTシリーズ）3号機での実現を期し、提案準備中

・具体的に習得を目指す技術は以下の通り

- ・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、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

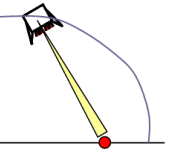


着陸レーダ・着陸脚
干涉確認試験



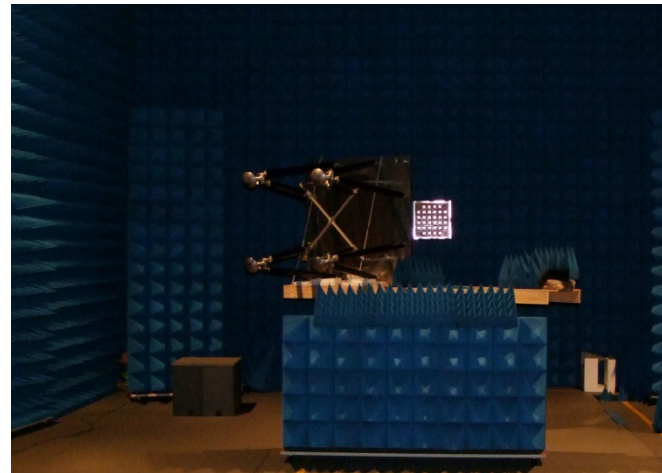
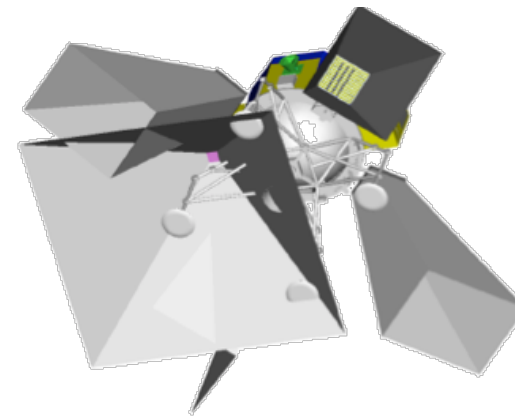
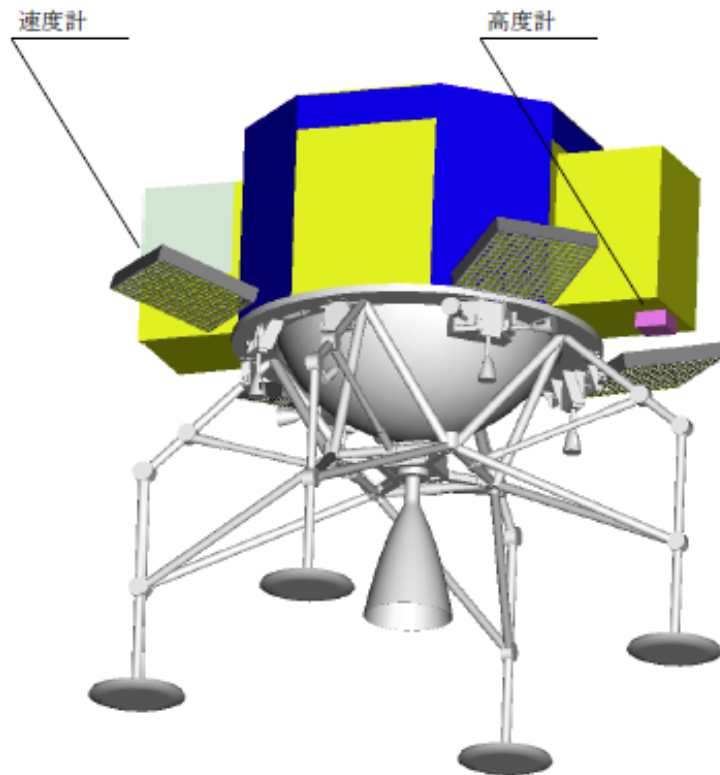
着地点候補点
に対する軌道・誘
導技術の検討

小型探査機へのセンサの実装性検討例

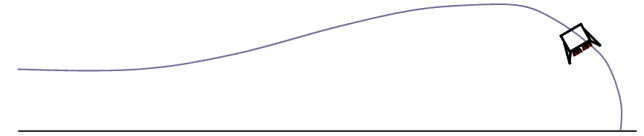


小型の探査機であるため実装性が厳しくなり、センサなどの視野干渉を避けるための検討を初期段階から実施する必要がある。

たとえば、着陸レーダアンテナについては、CAD上の視野干渉の他、電波暗室を使っての確認(1/1模型を使用し、着陸脚との干渉など)を実施している。



SLIMで習得をめざす技術



・SLIMは、「降りたいところに降りる」技術の習得に特化した工学実験探査機として、小型科学衛星（SPRINTシリーズ）3号機での実現を期し、提案準備中

・具体的に習得を目指す技術は以下の通り

- ・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、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



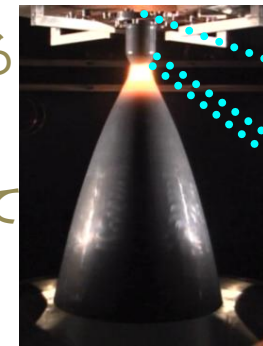
軽量な衝撃吸収機構

SLIMで習得をめざす技術

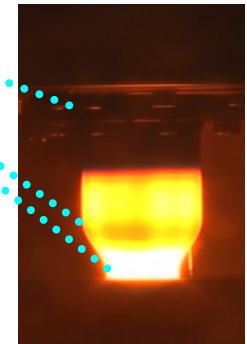
・SLIMは、「降りたいところに降りる」技術の習得に特化した工学実験探査機として、小型科学衛星（SPRINTシリーズ）3号機での実現を期し、提案準備中

・具体的に習得を目指す技術は以下の通り

- ・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、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

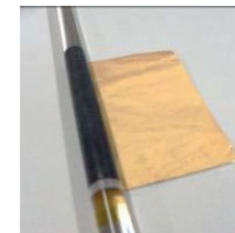


PLANET-C搭載品



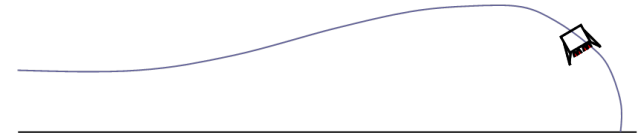
性能向上スラスタ

メインスラスタの性能向上



耐酸化剤ダイヤフラム

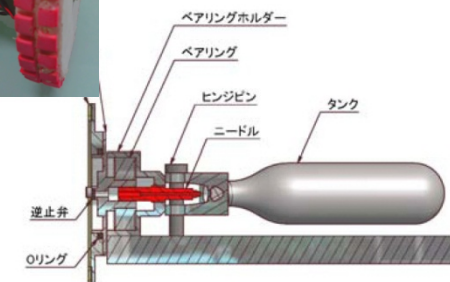
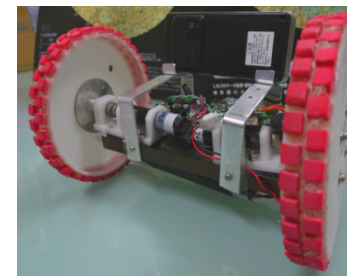
SLIMで習得をめざす技術



・SLIMは、「降りたいところに降りる」技術の習得に特化した工学実験探査機として、小型科学衛星（SPRINTシリーズ）3号機での実現を期し、提案準備中

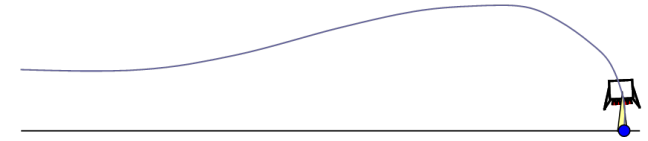
・具体的に習得を目指す技術は以下の通り

- ・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、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

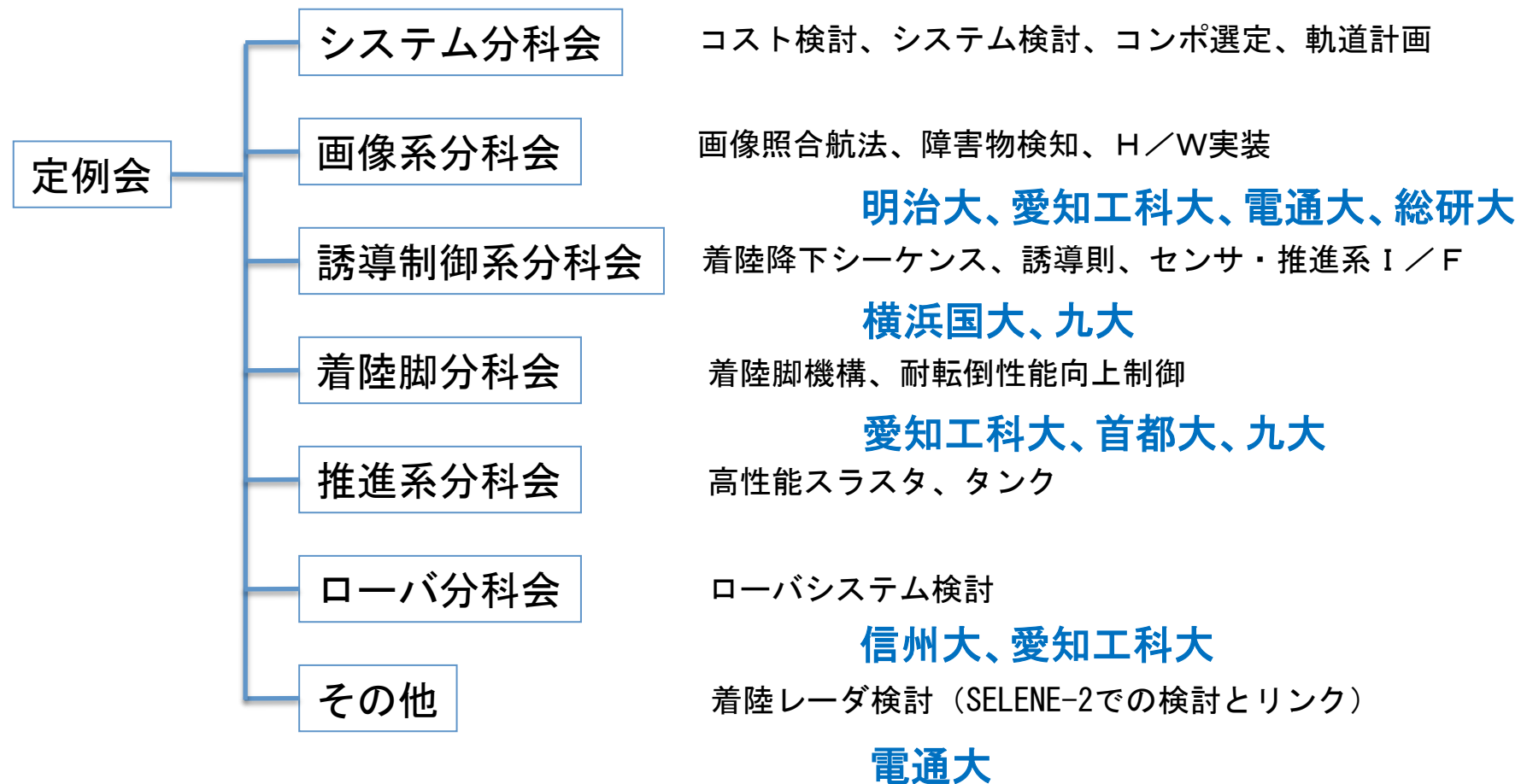


小型ローバ

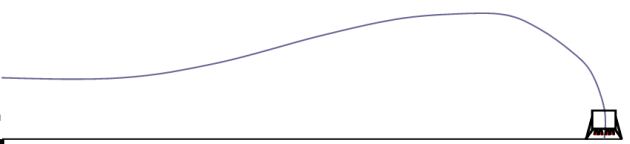
SLIMの開発体制



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



関連するポスター発表



- P3-190 小型月実験機(SLIM)構想のシステム検討状況
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
SLIMワーキンググループ
- P3-191 SLIM画像航法系の検討
福田盛介 (ISAS/JAXA), 鎌田弘之 (明治大), 小沢慎治 (愛知工科大), 高玉圭樹 (電通大), 金澤慧 (総研大),
水見翔人 (明治大), 中谷幸司, 澤井秀次郎 (ISAS/JAXA)
- P3-192 SLIM小型月着陸機のための着陸航法誘導手法とシミュレータ開発
坂東信尚, 上野誠也, 樋口丈浩, 外本伸治, 功刀信, 吉河章二, 福田盛介, 澤井秀次郎, 安光亮一郎
- P3-193 SLIM推進系の検討
中塚潤一, 澤井秀次郎, 佐藤英一 (JAXA/ISAS), 森島克成, 古川克己, 松尾哲也 (三菱重工長崎造船所)
- P3-194 小型月着陸実験機SLIMに向けた着陸衝撃吸収機構の検討
北園幸一 (首都大), 佐藤英一 (ISAS/JAXA), 丸祐介 (ISAS/JAXA), 奥山圭一 (愛知工科大), 澤井秀次郎 (ISAS/
JAXA)
- P3-195 SLIM探査候補地、月の縦孔(地下の溶岩チューブの天窓?)
春山 純一, 澤井 秀次郎, 吉光 徹雄, 福田 盛介
- P3-196 月面孔をめざす小型ローバシステムの提案
吉光 徹雄, 春山 純一, 澤井 秀次郎 (ISAS/JAXA), 角田 博明 (東海大学), 倉富 剛, 渡辺 和樹 (ウエルリサーチ)