

P3-045 はやぶさ2着陸探査による小惑星表面の科学観測

○岡田達明 (JAXA)、出村裕英、平田成 (会津大)、久保田孝、吉光徹雄、矢野創、照井冬人、尾川順子 (JAXA)、T. Spohn、T. Zoest、L. Witte、J. Biele、T.M. Ho (DLR)、J.P. Bibring (IAS)、はやぶさ2・ローバ・ランダサブチーム

はやぶさ2: 着陸探査

★MINERVA-II

- MINERVA-IIははやぶさ2版。1.2AU以遠に備え大型化(SAP面積拡大)
- 内部駆動により移動探査可能。寿命は2小惑星日以上。
- 主題は地形や重力の計測。
- 立体視・望遠のカメラ計3台、温度センサ3台がノミナル。
- LED照射による多色分光(特にUV-LEDによる有機物測定)機能も検討
- 2台目も搭載検討

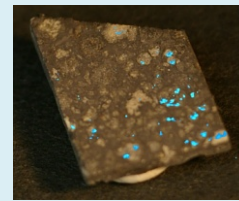
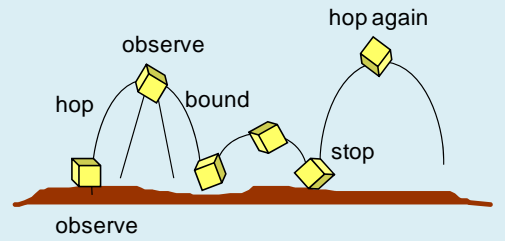
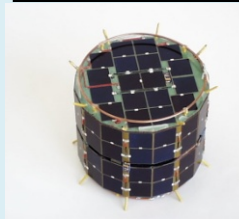
★MASCOT

- DLR、CNESなどと協働提案の10kg級のランダ。
- レバーアームで移動探査可能。寿命は2小惑星日以上。
- 主題は水・有機物を含めた表層物質探査(鉱物、主要・揮発性元素)
- 多色カメラ(周辺観察)、分光撮像顕微鏡(微細観察)、LIBS(元素分析)、熱プローブ(温度、熱物性)の測定が現状の搭載機器(計2.5kg)

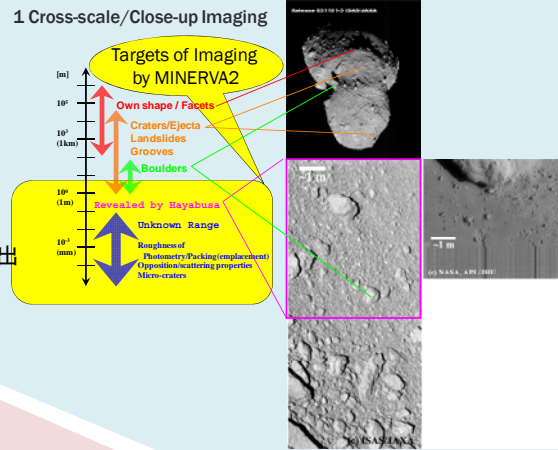
★Outreach Payload

- 日本の大学コミュニティUNISEC中心に検討したアウトリーチ目的(<1kg)
- アクティブ・ターゲットマーカ、降下中の軌道や衝撃、撮像の能力。
- 主題は重力、表層高解像度撮像
- カメラ、加速度計など

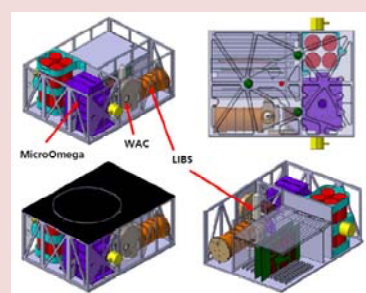
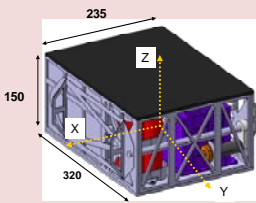
MINERVA-II



UV励起蛍光による有機物検出



MASCOT-XS



Key Objectives of XS-Lander

- 表面での科学観測 (Stand-alone surface science):**
地形や物質の高解像度撮像や微視的スケールでの観測、物質の組成や組織のその場分析、内部構造の探査を行う。
- 地質学的産状把握 (Geological context):**
帰還サンプルやサンプル回収地域付近の産状について情報を収集する。
- 指標情報 (Groundtruth):**
リモート観測データを解析するために必要な表層の物理状態、典型的な粒径、物質の元素・鉱物組成、物性についての情報を取得する。

小型ランダーの目的はミッション全体のバランスも図りつつ最適化が必要があるが、**小惑星表面における高解像度・微視的な高精度の地形や物質の観察や分析**は最重要目的である。また、表面に異なるランダーゆえに可能な**表層物理状態の探査や内部構造探査**も重要である。

インパクターによる掘削孔の構造や地下物質(宇宙風化を受けていない試料、地下の水や有機物など)の探査は**C型小惑星の水と有機物の関連性を調べる探査**として最重要課題である。

母船や他のランダー・ローバとの連携によるネットワーク探査も可能な範囲で実施する。インパクターによる人工地震探査は内部構造決定に重要であり、実施を試みる。

一方、ランダーを熱環境の悪い小惑星上で長期間運用する電源や熱設計、表面移動や確実な誘導制御という技術課題があり、実現性の検討を進めている。

System Requirements of XS-Lander:

- 取り付け位置・分離方法**
 - 搭載重量として少なくとも10kgを確保する。取り付けI/Fの詳細は今後議論する。
 - 搭載位置は、-Y面側外面(以前のSSVの位置付近)とする。
 - 母船側に通信・分離機構があり、コネクタ経緯でDH系I/Fおよびヒータ電力を供給する。
 - 探査機の-Y面側にスプリングで分離する。分離時にONC-W2で撮像する。
- 分離時の条件**
 - 高度TBDmに接近後に、地上コマンドではなく、母船の自律機能で分離する。
 - 小惑星到着後の分離時期はTBD(ミッション検討最適化の検討で決定する)。
 - ランダ運用中、探査機は高度20km以下で通信可能な範囲に滞在する。
- 分離後の運用・通信条件**
 - 通信はS帯で行う(要調整)。DH系とのI/Fは今後詳細に調整する。
 - 母船側にDR領域を確保する(ランダ用領域のみで>200MByte)
 - 運用は、母船からランダが可視中にデータを取得、コマンドでパラメータをセットする。
 - 基本的には自律モードで探査を行う。
- 衝突機を用いた内部構造の観測条件**
 - インパクター衝突による振動(初動)を搭載加速度計で検出し、内部構造探査を試みる。
 - 時刻精度: T精度(1/32秒)程度でのサンプリングレートで検出時刻を記録する。(小惑星内で振動が共鳴する場合は複数回)
 - インパクターの衝突時刻の決定精度(≦0.1秒を希望)

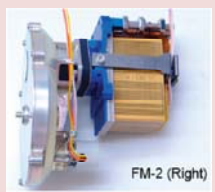
Strawman Payload Instrument (XS-class MASCOT)

Science Payload : total 3.00kg

Instruments	Mass[kg]	Remarks
APXS (Alpha-Particle-X-ray Spectrometer)	0.7	Radiosotope
Raman Spectrometer	1.2	
Mössbauer Spectrometer	0.5	Radiosotope
Neo-Mole	0.9	No anchoring
EVITA (Evolved Volatiles Ion Trap Analyzer)	0.6	
VolMet (Mid-IR ATR spectr. volatile detect., microsc.)	0.2	
ILMA (Ion Laser Mass Analyzer)	2.0	
XRD (X-ray diffractometer)	2.0	
MicroOmega (Optical microscope & IR spectr.)	0.5 → 0.7kg for Opt + IR microscopy	
Mikrosismometer	0.3	accelerometer
Shirocapanometric camera (WAC)	0.8 → 0.3kg(WAC)	
NewConsent	2.0	3m-antenna x 2
MPBeacon	1.0	telemetry / command
Laser Retroreflectors	0.5	

HK data for observational use: total 0.15kg
 Thermometers (Surface temperature and its variation by rotation)
 Accelerometer (Surface stiffness by bounce, Shock detection while impact?)
 Clinometer (Gravity center direction, Surface slope angle)

	WAC	MicroOmega	LIBS	Thermal Probe
表層固体物質の鉱物と化学組成	x	x	x	x
揮発性元素の検出	x	x	x	
表層の物性	x	x		x
表層の組織の観察	x	x		
サンプリング地点の産状記載	x			



★Wide Angle Camera (WAC) for Geological Context

- Spectral range: 400 – 1000 nm
- FOV > 60°
- Multispectral geological imaging (12 filters)
- TRL 6: 2010 (TBC)
- DLR

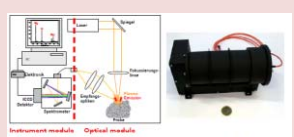


Figure 3.2-3: LIBS laser (left), pump beam diode array and microbeam control board of the LIBS laser prototype for ExoLites. The rest of the three components is 276 g (from left to right)

★Laser-Induced Breakdown Spectrometer (LIBS) for major and volatile elements



★MicroOmega for Microscopy (VIS) and Mineralogy (IR)

- Optical microscope:
 - 4 colour optical microscope
 - Resolution: 4 micrometers
- IR spectrometer:
 - Size: 20 micrometers
 - Spectrum: 0.5 to 2.6 μm, a few band: 0.5 and 0.9 μm, continuous: 0.9 and 2.6 μm.
 - TRL 6: 2010 (TBC)



★Dual Thermal Probe for Thermal properties