

はやぶさ2搭載中間赤外カメラTIR: 性能評価と観測運用

○岡田達明¹, 福原哲哉², 田中智¹, 田口真³, 荒井武彦¹, 千秋博紀⁴, 今村剛¹, 和田武彦¹, 長谷川直¹, 中村良介⁵, 関口朋彦⁶, 小川佳子⁷, 北里宏平⁷, 出村裕英⁷, 松永恒雄⁸, 坂谷尚哉^{9,1}, 滝田隼^{10,1}, 堀川大和^{9,1}, Jorn Helbert¹¹, Thomas Mueller¹², Axel Hagermann¹³, はやぶさ2-TIRチーム¹
¹ISAS/JAXA, ²北海道大, ³立教大, ⁴千葉工大, ⁵産総研, ⁶北海道教育大, ⁷会津大, ⁸国立環境研, ⁹総研大, ¹⁰東京大, ¹¹DLR, ¹²MPE, ¹³オープン大

「はやぶさ2」での熱観測

1) 対象小惑星の素性の理解: 熱物性の特徴から推定

- ・表層の物理状態とその分布, 地形との対応から母天体内での圧密or低密度化の過程
- ・現在の低重力小惑星での圧密や堆積過程
- ・地上観測と現地観測との比較
- ・地上観測による熱モデルの妥当性検証と将来の応用性
- ・Yarkovsky/YORP効果の実観測と力学進化への応用

2) サンプル採取地点選定のための基礎情報

- ・表層状態を熱慣性から推定
- ・砂, 礫, 岩盤の地域をHome Positionから選定
- ・粒子内に組織的多様性を含む1mm径粒子の採取可能な地点
- ・軌道履歴の推定と合わせて過去の最高到達温度の推定
- ・有機物の揮発温度依存性から残存成分を予測

3) 小惑星への降下運用の安全アセスメント

- ・小惑星熱放射, 表面温度
- ・探査機の安全な降下運用を保証
- ・MASCOT/MINERVA-IIの着陸運用の安全性
- ・小惑星熱モデル
- ・熱シミュレーションによるミッション観測運用計画立案



C型: 253 Mathilde (D~50km)
非ラブルパイル構造
非常に低密度~1300kg/m³
巨大クレータ存在



小型小惑星: 25143 Itokawa (D~0.3km)
ラブルパイル構造
低密度~1900kg/m³
クレータ乏しく, 巨大岩塊あり
平原(堆積地)あり

「はやぶさ2」ミッション

- ・目的: C型近地球小惑星の探査とサンプルリターン
- ・打上: 2014年12月@種子島 (バックアップ: 2015年)
- ・到着: 2018年7月
- ・出発: 2019年12月以前
- ・帰還: 2020年12月
- ・体制: JAXA, 海外協力(米, 独・仏, 豪)

探査対象天体: 1999JU3

- ・分光タイプ : Cg, NEA
- ・天体直径 : 0.92±0.05km
- ・自転軸傾角 : (λ, β)=(331, 20), (73, -62)
- ・自転速度 : 0.3178day (~7.6 h)
- ・アルベド : 0.063 ± 0.006
- ・熱慣性 : 200-300 (SI)
- ・軌道 : 0.96~1.42AU

TIR (中間赤外カメラ)

- ・小惑星の熱撮像(サーモグラフィ)を10μm帯で世界初実施
- ・非冷却ボロメータアレイ使用による軽量化設計
- ・「あかつき」LIRと同設計で短期間での確実な開発を実現

Table. Specifications of TIR (at EOL)

Mass	3280 g
Power	22W
Detector	NEC 320 bolometer (AR coating)
Wavelength	8-12μm
FOV	16° × 12°
IIFOV	0.877mrad = 0.05°
Detection range	250-400K
Pixel numbers	344 × 260 (effective 320 × 240)
Temp. resolution	< 0.5K (@350K), < 0.6K (@250K)
Abs. temp accuracy	< 5K (@350K), < 6K (@250K)
Ge Lens F-value	1.4
MTF (@nyquist freq)	> 0.3
A/D Conversion	12 bit

TIR (中間赤外カメラ) の科学目標概要

・対象天体=C型・小型・近地球型(NEO)の予想される物理的特徴

H=20km~0.1kmで熱撮像, 熱慣性を±20%で決定し物性・物理状態を決定

- ・炭素質隕石的な物質, 極めて低いバルク密度
- ・低密度(or低強度)のため巨大クレータが形成, 内部が露見
- ・低重力場のため巨大岩塊が表層に点在
- ・砂礫や岩石小片が重力ポテンシャル面に沿って堆積, 平原形成
- ・クレータが表層を掘削, 内部を露出, エジェクタが周囲に堆積(?)

- ↓
- ・熱放射から熱物性を決定し, 表層状態を制約
- ・小惑星の物理的・熱的進化過程の解明

・C型の地形観測

20m@20km, 1m@1km等での解像度で0.3K以下の精度で地形判別

- ・低反射率, 波長依存性の低い反射スペクトル
- ・高太陽高度からの観測が大部分
- ↓
- ・地形認識に温度差にたいする熱撮像が有効

・Yarkovsky・YORP効果

小惑星熱モデル(解像度20m, 熱慣性±20%, 放射率±3%)を構築

- ・小惑星熱モデルから予想される1年後の小惑星軌道・自転変化
- ・高精度軌道決定と, 撮像による自転変化
- ↓
- ・小惑星質量, 慣性能率への制約

・含水鉱物・有機物吸収帯の熱放射成分の除去・補正

絶対温度±2K以内で決定し, NIRS3の吸収帯の深さが最悪で±50%以内に

- ・NIRS3による3μm帯分光スペクトルから熱放射成分の除去
- ↓
- ・小惑星表面上の含水量等の定量的検出

・小惑星からのダスト雲等の放出物の検出

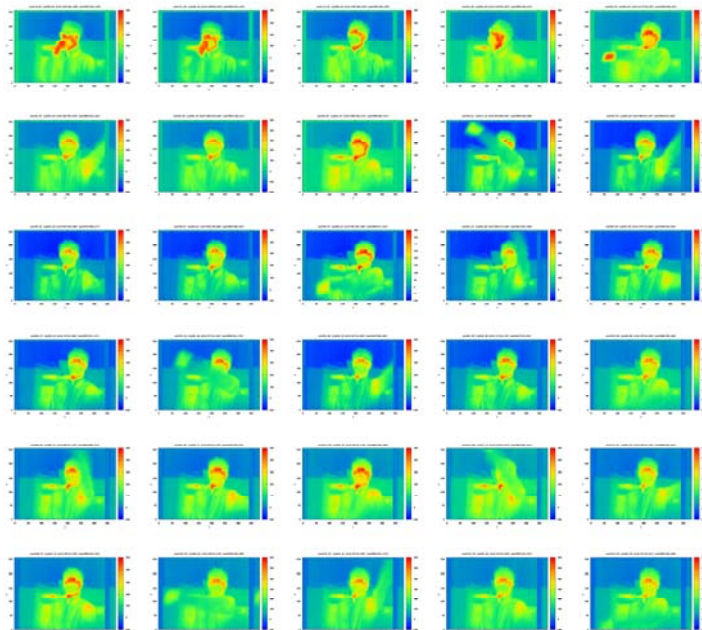
50μm大粒子で数個/cc以上なら検出可能性あり

- ・静電力, 微小隕石衝突等で小惑星から周辺に浮遊するダスト
- ・人工クレータ(SCI)衝突後の浮遊ダスト
- ↓
- ・ダスト生成と浮遊メカニズム
- ・はやぶさ2の試料採取の「謎」の解明

・衛星探索

HPから10m以上のサイズで検出・軌道追跡が可能

- ・小惑星を周回する衛星の探索
- ↓
- ・小惑星質量の決定と軌道安定性から質量分布の推定



HAYABUSA 2 TIR Imager