

はやぶさ2搭載中間赤外カメラTIRの開発と現状 Development of Thermal Infrared Imager onboard Hayabusa2

岡田 達明^{1*}, 福原 哲哉², 田中 智¹, 田口 真³, 荒井 武彦⁴, 千秋 博紀⁵, 小川 佳子⁶, 北里 宏平⁶, 出村 裕英⁶, 中村 良介⁸, 関口 朋彦⁹, 長谷川 直¹, 今村 剛¹, 松永 恒雄⁷, 和田 武彦¹, 滝田 隼¹⁰, 坂谷 尚哉¹¹, Helbert Jorn¹², Mueller Thomas G.¹³, Hagermann Axel¹⁴

Tatsuaki Okada^{1*}, Tetsuya Fukuhara², Satoshi Tanaka¹, Makoto Taguchi³, Takehiko Arai⁴, Hiroki Senshu⁵, Yoshiko Ogawa⁶, Kohei Kitazato⁶, Hirohide Demura⁶, Ryosuke Nakamura⁸, Tomohiko Sekiguchi⁹, Sunao Hasegawa¹, Takeshi Imamura¹, Tsuneo Matsunaga⁷, WADA, Takehiko¹, Jun Takita¹⁰, Naoya Sakatani¹¹, HELBERT, Joern¹², MUELLER, Thomas G.¹³, HAGERMANN, Axel¹⁴

¹ 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所, ² 北海道大学, ³ 立教大学, ⁴ 国立天文台, ⁵ 千葉工業大学惑星探査研究センター, ⁶ 会津大学, ⁷ 産業総合研究所, ⁸ 北海道教育大学, ⁹ 国立環境研究所, ¹⁰ 東京大学, ¹¹ 総合研究大学院大学, ¹² ドイツ航空宇宙研究センター, ¹³ マックスプランク地球外物理学研究所, ¹⁴ オープン大学

¹Institute of Space and Astronautical Science, JAXA, ²Hokkaido University, ³Rikkyo University, ⁴National Astronomical Observatory of Japan, ⁵Planetary Exploration Research Center, Chiba Institute of Technology, ⁶University of Aizu, ⁷National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, ⁸Hokkaido University of Education, ⁹National Institute for Environmental Studies, ¹⁰University of Tokyo, ¹¹Graduate University for Advanced Studies, ¹²German Aerospace Center, ¹³Max Planck Institute for Extraterrestrial Physics, ¹⁴Open University

中間赤外カメラ(TIR)は小惑星探査機「はやぶさ2」に搭載され、近地球型C型小惑星1999JU3の熱撮像を行う装置である。本機器は2次元非冷却ボロメータを搭載し、小惑星表面からの熱放射を8~12ミクロンの単バンドで撮像する。視野角 $16^\circ \times 12^\circ$ 、画素解像度は 0.05° 、有効画素数は 320×240 である。小惑星から距離20km離れたホームポジションから、小惑星1999JU3の全体が視野内に入り、画素解像度が約20mである。熱放射量は小惑星の表面温度と熱光学特性(熱放射率、可視光反射率)で決定される。当該波長域でのC型小惑星の熱放射率はほぼ炭素質コンドライト隕石で代表できると考えられ、 0.96 ± 0.02 程度であるため熱放射率による依存性は小さく、表面の絶対温度が ± 2 の誤差で決定される。熱慣性は熱容量と熱伝導率で決まる物理量である。岩の場合は空隙に依存し、多孔質岩石では空隙が増えるほど熱容量が減り、また断面積の縮小により熱の伝導が制限されるため、表層の温度変動幅が大きくなる。表層のみのため時間応答も早くなる。一方で空隙が減るほど熱容量の増大と内部への熱伝導増加によって表層温度の変動幅が縮小し、時間応答が長くなる。砂利や砂礫の場合は空隙率に加えて粒径が小さいほど熱伝達効率が低下する。これらの結果として、細粒ではSI単位系で熱慣性は100以下、ミリメートルサイズの砂だと100~200、センチメートルサイズだと200~400などと上昇する。岩盤については、多孔質で1000~2000、稠密な岩石で2000以上となる。

小惑星上での温度変動幅は、表層の熱慣性と小惑星の自転速度や地理緯度によって変わる。小惑星の1自転中に複数枚撮像して各地点の温度履歴を調べることによって、小惑星の太陽距離、地理緯度から期待される温度変動幅、最高温度到達時刻の南中時からの時間遅れによって、各地点の熱慣性を決定することができる。これまで撮像された小惑星はそれぞれ多様な特徴を示すが、1999JU3も同様と考えられる。表層に点在する岩塊が多孔質であるか稠密な岩盤であるかは揮発性物質とともに形成された天体の圧密状態を示す指標であるが、熱慣性が決定できれば推測が可能である。平原やポンドなど堆積地形では、表層レゴリスの典型的粒径やその地域分布を熱慣性から調べ、ることで、粒子流動や堆積過程について調べることができる。クレータ内部の観察によって天体内部を直接探査できるが、ラブルパイル的に岩塊の集合体であるか、低圧密状態のレゴリス層が深くまで存在するかを熱慣性により確認することができる。その他、地上観測から推定された小惑星の熱モデルと実際の小惑星の熱物性分布を比較することによって、地上観測で得られた小惑星直径と熱慣性の関係、表層凹凸と熱放射強度の角度依存性など、熱モデルを評価し、信頼度の向上につなげられると期待する。

TIRは「あかつき」搭載LIRと同設計品であるが、搭載環境や目標観測対象温度、および機上処理用デジタルエレキの仕様は異なる。TIRのフライトモデルを製作し、試験・評価を進めている。2012年11月から2013年1月までPMを用いて機械環境サーベイ試験に参加し、探査機搭載条件での音響・衝撃耐性を確認した。熱解析については小惑星へのタッチダウン条件などでの熱モデル評価を実施しており、問題ないことを確認している。2013年1月から2月にはボロメータを搭載して特殊なパターンのターゲットを利用して、焦点位置の調整を実施した。2013年2月以降には一次噛合試験において、デジタルエレキとの噛合せやコマンド・テレメトリ試験等の電気試験を進めている。観測プログラム等による自動観測モードの試験については今後進めてゆく。一次噛合試験後には、TIR単体での機械・熱環境試験や、性能評価・校正試験を実施する予定である。現在、性能評価・校正試験用の試験環境の構築を進めている。本発表ではTIRの開発の現状を報告する。

Japan Geoscience Union Meeting 2013

(May 19-24 2013 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2013. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



U07-08

会場:105

時間:5月19日 11:45-12:00

キーワード: はやぶさ2, 小惑星, 熱慣性, 表層進化過程, 熱放射, 温度

Keywords: Hayabusa2, asteroid, thermal inertia, planetary surface process, thermal emission, temperature