

はやぶさ 2 搭載 TIR が示す Ryugu 熱物性

寫生有理¹、田中智¹、福原哲哉²、荒井武彦³、千秋博紀⁴、坂谷尚哉¹、出村裕英⁵、
須古健太郎⁵、岡田達明¹

¹ISAS, JAXA, ²立教大学, ³足利大学, ⁴千葉工大PERC, ⁵会津大学
(January 25, 2019)

1 はじめに

はやぶさ 2 搭載の中間赤外カメラ TIR は小惑星の熱放射撮像を行い、小惑星の表面熱物性と物理的状态を調査することを目的としている。TIR は金星探査機あかつき搭載の LIR の設計を引き継ぎ、熱型の非冷却 2 次元ボロメータを用いて波長 8–12 μm 帯での熱画像を撮像する (Fukuhara et al., 2011)。小惑星の表面熱物性は熱慣性で代表され、一般に砂、砂利–礫、岩塊の熱慣性はそれぞれ ≤ 100 , $100\text{--}1000$, ≥ 1000 [$\text{Jm}^{-2}\text{s}^{-0.5}\text{K}^{-1} \equiv \text{tiu}$] である。

はやぶさ 2 は 2018 年 6 月 27 日に C 型小惑星 162173 Ryugu に到着し、リモートセンシングを開始した。TIR は高度 20 km のホームポジションおよび高度約 5 km の中高度において複数回の一自転観測を実施した。本報告では中高度観測、表面凹凸を考慮した熱計算、および熱計算と観測結果の比較から推定した表面ラフネスと熱慣性の解析結果を報告する。

2 方法

TIR は小惑星の熱放射をデジタル値の熱画像として観測する。この熱画像データは地上試験データに基づく校正データベース HEAT (Endo et al., 2017) によって輝度温度画像に変換される。ONC-T 画像に基づく小惑星形状モデルと SPICE kernel を用いて、輝度温度画像は小惑星形状モデル上に投影され、形状モデル投影輝度温度データが生成された。小惑星の一自転観測から一連の形状モデル投影輝度温度データを取得することで、小惑星の各緯度経度における温度履歴を取得した。

凹凸表面の場合、小惑星の見かけの輝度温度は小惑星の太陽距離、南中緯度、表面物質の熱慣性だけでは決まらず、観測方向と表面傾斜も重要となる (Senshu et al., 2017)。そこで、観測温度履歴から表面ラフネスと熱慣性を推定するため、中高度観測での小惑星配置で凹凸表面の熱計算を行った。パラメータとして、熱慣性 Γ を 10 から 800 tiu、ラフネス σ を 0.0 から 0.5、緯度を -88 から 88 度まで変化させた。また、それぞれのパラメータを 4 次関数もしくはスプラインによって補完し、より密な参照データセットを作成した。

パラメータ変化が温度履歴に与える影響を調べるため、熱計算で得られた温度履歴を 4 次関数で近似し、その係数を各緯度ごとに Γ と σ について多変量解析を行った。これにより得られた多重回帰式と観測で得られた 4 次関数近似の係数から、 Γ と σ を推定した。

一般に、画像から復元された形状モデルは細かい形状を再現しないため、実際の地形よりも緩やかな傾斜になる。表面の東西傾斜は南中時刻を決定し、南北傾斜は最高到

達温度に影響を与える。そこで、観測された温度履歴が参照温度履歴と一致するように、東西および南北傾斜補正を実施した。

3 結果と議論

リュウグウ表面の日中温度履歴は朝夕の温度が高く、正午付近で平坦な形状を示した。赤道付近では、表面ラフネスは最高到達温度を低下させ温度履歴を平坦にする。これは、リュウグウで観測された温度履歴は凹凸の激しい様子を示している。

それぞれのポリゴンについて、東西および南北方向の傾斜補正を行い、観測値と推定値の差の残差乗和平均 RMS が 5 K 以下となるポリゴンを抽出した。その結果、熱慣性は南半球より北半球で高い傾向を示し、全球熱慣性はおよそ 200 tiu であることがわかった。同時に求めた全球表面ラフネスはおよそ 0.3 であることがわかった。

References

Endo, K., Demura, H., Dairaku, T., Fukuhara, T., Okada, T., and Tanaka, S. (2017). Heat: Image and database browser for the thermal imager on hayabusa2. In *Aerospace Conference, 2017 IEEE* (pp. 1–10).: IEEE.

Fukuhara, T., Taguchi, M., Imamura, T., Nakamura, M., Ueno, M., Suzuki, M., Iwagami, N., Sato, M., Mitsuyama, K., Hashimoto, G. L., et al. (2011). Lir: Longwave infrared camera onboard the venus orbiter akatsuki. *Earth, planets and space*, **63**(9), 1009–1018.

Senshu, H., Morota, T., Yokota, Y., and Sakatani, N. (2017). Numerical model on the albedo of rough surfaces. In *Lunar and Planetary Science Conference*, volume 48 (pp. 1950).