

# 地上観測結果から推定した Itokawa 表層の熱物性構造

斎藤靖之<sup>[1,2]</sup>、吉田信介<sup>[2]</sup>、矢野創<sup>[2]</sup>、田中智<sup>[2]</sup>、宝来帰一<sup>[3]</sup>

これまで、小惑星探査機はやぶさの探査対象となっている (25143)Itokawa の熱慣性値 ( $I = \sqrt{\rho C_p k}$ ) は、地上での中間赤外線での観測から  $57 \text{ J/m}^2/\text{s}^{1/2}/\text{K}$  (長谷川他, 2002) と求められた。しかし近年、 $1200 \text{ J/m}^2/\text{s}^{1/2}/\text{K}$  (関口他, personal communication)、 $750 \sim 1000 \text{ J/m}^2/\text{s}^{1/2}/\text{K}$  (Müller et al., personal communication) など、大きな熱慣性値が報告されている。このことから、(25143)Itokawa の表面はレゴリスが存在せず、剥き出しの岩盤である可能性が指摘されている。

しかしながら熱慣性値は、レゴリスの熱慣性値  $I =$  約 100 よりも大きく、岩盤の値  $I =$  約 2000 ~ 3000 より小さな値となっている。そこで本研究は (1) レゴリスと岩盤の熱伝導率  $k$  と密度  $\rho$  は、両者の化学組成が一致していても明らかに異なること、(2) 熱慣性値は体積的な情報を持つという 2 点に着目して、地上観測で得られた熱慣性値から、小天体表面の薄い regolith 層の厚さを推定する方法を試みた。

ここで上層に熱慣性が小さいレゴリス、下層に熱慣性が大きい岩盤からなる 2 層モデルを仮定する。小惑星表面の温度変化は太陽位相角と共に変化するが、この温度の絶対値  $T$  と時間変化率 ( $\partial T/\partial t$ ) の計測から、レゴリスの厚さ  $\delta$  を推定する。表層に熱慣性の小さな regolith が存在する場合、表面温度変化は表層の小さな熱慣性に引きずられ、急激に温度の絶対値が高くなる。その後、ある一定の時間  $\Delta t$  後に温度の時間変化率  $\partial T/\partial t$  が急激に小さくなる。これは熱伝達プロセスが下層の岩盤に達し、熱浸透がよくなるためである。したがって、太陽位相角  $-90 \text{ deg}$  (日の出) から、温度の時間変化率  $\partial T/\partial t$  が変化するまでの時間  $\Delta t$  はレゴリスの厚さ  $\delta$  を反映していると言える。

しかしながら実際に位相角  $0 \text{ deg}$  から  $\partial T/\partial t$  を観測する場合、夜明けの瞬間 (termination) から、高い時間分解能 (あるいは細かい太陽位相角) で時系列の温

度を求めることは簡単ではない。しかしながら、前述の小惑星表面の温度変化を踏まえれば、次の 2 点 (1)  $\Delta t$  はレゴリスの厚さを反映していること (2)  $\Delta t$  後の温度の時間変化率は、レゴリスと岩盤を合わせた熱慣性値を反映していると言える。本研究では以上の特徴を踏まえ、(25143)Itokawa の熱慣性値の地上観測結果  $750 \text{ J/m}^2/\text{s}^{1/2}/\text{K}$  の解釈として、レゴリスが存在する場合にどの程度の厚さになるかを検討した。レゴリスの熱伝導率を  $0.01 \text{ W/m/K}$ 、岩盤の熱伝導率を  $1.00 \text{ W/m/K}$  と仮定した場合、熱慣性値  $750 \text{ J/m}^2/\text{s}^{1/2}/\text{K}$  と等価となるレゴリスの厚さは最大でも  $1 \text{ mm}$  程度であることが分かった。月レゴリスの平均粒径が約  $100 \mu\text{m}$  であることを踏まえると、非常に薄い層であることが予想されるが、この結果から比較的大きな熱慣性を持つ天体でも、その表面にレゴリスを持つ可能性が示された。

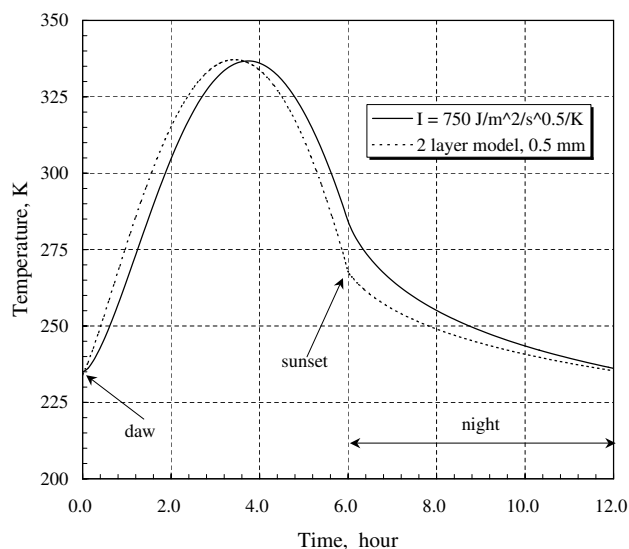


Fig. 1: 1 A.U. で太陽放射を受けて、(25143)Itokawa 表面の温度が上昇する様子を、1 層モデルと 2 層モデルを比較してプロットしたグラフ。実線は 1 層モデルで、熱慣性が  $750 \text{ J/m}^2/\text{s}^{1/2}/\text{K}$  の場合のグラフ。点線はレゴリスと岩盤の 2 層モデルで、レゴリスの厚さが  $0.5 \text{ mm}$  の結果を示した。レゴリスの厚さは、1 層モデルの場合と日中の平均温度が一致するように厚さを決めている。

<sup>1</sup> 東京大学理学系研究科, The University of Tokyo, Graduate School of Science

<sup>2</sup> 宇宙航空研究開発機構, The Japan Aerospace Exploration Agency

<sup>3</sup> 元気象科学研究所, retired Meteorological Research Institute