

## 天体表層レゴリスの熱伝導率に関するパラメータ依存性調査実験 Experimental investigation of parameter dependence for thermal conductivity of regolith

坂谷 尚哉<sup>1\*</sup>, 小川 和律<sup>1</sup>, 飯島 祐一<sup>1</sup>, 本田 理恵<sup>2</sup>, 田中 智<sup>1</sup>

SAKATANI, Naoya<sup>1\*</sup>, OGAWA, Kazunori<sup>1</sup>, Yu-ichi Iijima<sup>1</sup>, HONDA, Rie<sup>2</sup>, TANAKA, Satoshi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 宇宙科学研究所, <sup>2</sup> 高知大学

<sup>1</sup>Institute of Space and Astronautical Science, <sup>2</sup>Kochi University

月や水星、小惑星表面はレゴリスで覆われている。レゴリスのような粉体の熱伝導率は真空下において、粒径、空隙率、温度、応力など様々なパラメータに依存する。月において、アポロ計画によって熱流量観測が行われ、レゴリス層の熱伝導率と温度勾配がその場測定された。しかし、レゴリス層の掘削により本来の熱伝導率とは異なる値が観測されたと考えられている (Langseth et al., 1976)。アポロ熱流量観測の補正、更に今後の天体表層でのその場熱流量観測のためには、レゴリス状態の変化による熱伝導率変化を定量化する必要がある。また、レゴリスのような粉体は真空下において、0.001 W/mK オーダーの非常に低い熱伝導率を持つ。したがって、微惑星のような小天体において強い断熱効果を持ち、その熱史に影響を与える (Akridge et al., 1998)。一方で、微小重力を持つ小天体表層のレゴリスの状態は不明確であるため、熱伝導率をモデル化しその範囲を制約する必要がある。本研は真空下において粉体の熱伝導率測定実験を行い、パラメータ依存性を調査することにより、熱輸送メカニズムを理解することを目指す。

真空環境での粉体の熱伝導率は粒子接触部を通じた熱伝導の寄与 (固体伝導率) と粒子表面間の熱輻射の寄与 (輻射伝導率) の和で表される。したがって、測定された熱伝導率の意味を考えるためにはそれぞれの寄与への分離が必要である。その方法の1つが温度依存性を調査する方法であり、輻射伝導率の温度依存性を仮定することにより2つの寄与への分離を行うことができる (Watson, 1964)。Merrill (1969) はいくつかの粒径のガラスビーズを用い、この方法により固体伝導率と輻射伝導率の粒径依存性を調査した。その結果、固体伝導率は粒径の減少関数で、熱抵抗となる接触点の単位体積当たりの個数で説明できると主張された。また、輻射伝導率は粒径の増加関数であり、粒子間距離の増加によるものと解釈された。しかしながら、彼が用いたガラスビーズは粒径によって空隙率が38?50%と大きく異なり、粒径の影響のみを反映した結果では無い可能性がある。熱輸送メカニズムを明らかにするためには、この空隙率コントロールの問題を解決し、粒径の影響のみを抽出できる実験系が必要である。そこで本発表では、粒径ごとにほぼ同じ空隙率を持つ粒径の揃ったガラスビーズを用いて、固体・輻射伝導率の粒径依存性を再調査した。

ガラスビーズは粒径 53-63, 90-106, 355-425, 425-500, 710-1000  $\mu\text{m}$  の5種類であり、空隙率は40?42%で、ほぼ同じ空隙率を持つ。熱伝導率は線熱法で測定した。サンプル容器の入った真空槽は恒温槽中に入れられており、系の温度を-25?50 degCまでコントロールした。先行研究と同様の方法によって、測定した熱伝導率を固体伝導率と輻射伝導率に分離し、それぞれの粒径依存性を調べた。

その結果、輻射伝導率は粒径が大きいほど高く、直線的に増加していた。これは粒子間距離の増加によるもので、接触した2つの粒子表面間を2つの平行板で近似したモデルによって説明できる。一方、固体伝導率は先行研究の傾向とは異なり、粒径の増加関数であった。先行研究との違いは空隙率コントロール精度の違いを反映しているのであろう。本研究の結果は(1)単位体積当たりの接触点数の影響のみでは説明できず、(2)1個当たりの接触面における熱コンダクタンスの影響を取り入れる必要があると考えられる。すなわち、粒径が大きいほど粒子間の接触半径は大きくなるため、接触熱コンダクタンスは増加し、(1)の影響はキャンセルされる。この2つのメカニズムを取り入れた理論モデル (Halajian and Reichman, 1969) では、固体伝導率は粒径に依存せず一定値を取ることもわかっており、理論推定値は本研究で得られた固体伝導率と同程度の値が得られた。

キーワード: レゴリス, 熱伝導率

Keywords: regolith, thermal conductivity