

LUNAR-A・ペネトレータの部分熱物性測定実験：熱流量計測に対する各熱物性の感度解析

Measurements of thermal properties of the penetrator's mechanical components: parametric study to lunar heat-flow measurements

吉田 信介 [1], 田中 智 [1], 宝来 帰一 [1], 水谷 仁 [1], 藤村 彰夫 [1], 早川 雅彦 [1], 平井 研一 [2]
Shinsuke Yoshida [1], Satoshi Tanaka [1], ki'ichi hourai [1], Hitoshi Mizutani [1], Akio Fujimura [1], Masahiko Hayakawa [1], Ken'ichi Hirai [2]

[1] 宇宙研, [2] 日産自動車

[1] ISAS, [2] Nissan Motor Co., Ltd

LUNAR-A計画の月熱流量計測は、ペネトレータの熱数学モデルを作成し、数値シミュレーションを行って月レゴリスに貫入したペネトレータの温度場を計算して実施される。

本研究では、月での計測環境に近い約—20でペネトレータ各構成物質の熱物性を計測できるシステムを構築した。熱伝導率は定常法、比熱は断熱法を用い、約10%の精度でペネトレータの熱数学モデル作成の基礎データが得られた。

各熱物性データの、熱流量計測に対する感度解析を行い、熱物性計測誤差に起因する熱流量計測誤差は定常状態でおよそ10%程度になるという結果が得られた。

熱流量の直接計測は、惑星・衛星内部の熱的状態を推定する上で大きな手がかりとなる。LUNAR-A計画の月熱流量計測は、数値シミュレーションを行って月レゴリスに貫入したペネトレータ内外の温度場を計算して実施される。月レゴリスの熱伝導率はペネトレータ熱伝導率の10分の1以下であるので、詳細なペネトレータの熱数学モデルを作成し、高精度の数値シミュレーションを行う必要がある。

本研究では月レゴリス中での計測環境に近い、約—20でペネトレータ各構成物質の熱物性を計測できるシステムを構築した。熱伝導率は、供試体を一定方向から加熱して定常状態になった時の温度勾配から求め、比熱は一定量の加熱に対する供試体の温度上昇速度から求めた。以上の計測を約10%の精度で行う事に成功した。

各構成物質の熱物性の測定値を用いてペネトレータの熱数学モデルを作成し、差分法を用いた二次元軸対称熱伝導数値シミュレーションから、月熱流量とペネトレータ温度分布の関係を調べた。ペネトレータ熱数学モデルの標準値から1つブロックの熱物性値をパラメータとして振り、ペネトレータ温度分布に与える効果の大きさを調べた。実際に温度計測を行う機軸方向計5点のペネトレータ表面の温度で評価を行った。

特に重要なのは、月レゴリスと接するペネトレータ構体：CFRP（炭素繊維強化プラスチック）であるが、この熱物性は10%の精度で計測されている。他の熱物性の効果も含めて、各部分熱物性計測誤差に起因する熱流量計測誤差は、定常状態の計測で10%程度であるという結果が得られた。