

LUNAR-A・ペネトレータの熱モデルの実験的決定

Experimental determination of a thermal model of the LUNAR-A penetrator

吉田 信介[1], 田中 智[1], 山下 靖幸[2], 宝来 帰一[1], 水谷 仁[1], 藤村 彰夫[1], 早川 雅彦[1], 平井 研一[3]

Shinsuke Yoshida[1], Satoshi Tanaka[1], Yasuyuki Yamashita[2], ki'ichi hourai[1], Hitoshi Mizutani[1], Akio Fujimura[1], Masahiko Hayakawa[1], Ken'ichi Hirai[3]

[1] 宇宙研, [2] 宇宙研・次世代探査機研究センター, [3] 日産自動車

[1] ISAS, [2] CAST, ISAS, [3] Nissan Motor Co., Ltd

LUNAR-A計画ではペネトレータ自身が月レゴリス温度場を乱す効果を数値シミュレーションで計算して月熱流量計測が実施され、その精度はペネトレータの熱モデルの精度に大きく依存する。我々はペネトレータの熱モデルを2つの方法で決定した。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伝導率・比熱を約10%の精度で計測できるシステムを構築し、計測データから暫定熱モデルを構築した。外気の温度変化(20~ -20)による輻射冷却に対するペネトレータ温度の応答を計測し、暫定熱モデルを用いた数値シミュレーションでの予測との差からインバージョンを用いて暫定モデルを微修正した最終熱モデルを構築した。

熱流量計測により、我々はその惑星・衛星内部の熱的状态を推定する上で大きな手がかりを得ることができる。LUNAR-A計画ではペネトレータに搭載された熱伝導率計、温度計によって計測された温度データを用いて月熱流量が計測される。ペネトレータ自身が月レゴリス温度場を乱す効果を数値シミュレーションで計算する必要があるため、月熱流量計測精度にとってペネトレータの熱モデルの決定精度は重要な要素の一つである。ペネトレータは様々な形状、材料物質から成る複合物質である。そこで我々はペネトレータの熱モデルを構築するために2つの方法(部分熱試験、全機熱試験)を用いた。

数十cmオーダーのペネトレータ各構成物質毎に、貫入する月レゴリス中の温度環境に近い約20での熱伝導率・比熱の計測(部分熱試験)が可能な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て主要な構成物質について約10%の精度で計測した。未計測の物質の熱物性に関しては、構成物質の組成、各組成の熱物性の文献値等を参照して推定し、部分熱試験データと合わせてペネトレータの暫定熱モデルを構築した。

外気の温度を20から-20に8時間かけて変化させ、輻射冷却によりペネトレータ全体が降温する時に生じる温度分布の計測(全機熱試験)を行った。暫定熱モデルを用いた数値シミュレーションでの予測と定性的には一致した温度分布の時間変化が計測されたが、全機熱試験結果と計算結果との間に最大1K未満の温度差が見られた。この差を減少させるために、インバージョンを用いて暫定熱モデルを改良し、各構成物質の熱物性を最大20%未満変化させて、より全機熱試験結果を説明できる最終熱モデルを構築した。部分熱試験で計測された、主要な構成物質の熱物性の変化量は10%未満であり、部分熱試験結果、全機熱試験結果と矛盾しないペネトレータの熱モデルが構築できた。