

LUNAR-Aペネトレータによる月熱流量計測；非定常解析による月熱流量の推定

Lunar Heat Flow Measurement by the LUNAR-A penetrator; estimation by unsteady state analysis

吉田 信介[1], 宮崎 ゆか[2], 田中 智[1], 宝来 帰一[1], 水谷 仁[1], 藤村 彰夫[1], 平井 研一[3]
Shinsuke Yoshida[1], Yuka Miyazaki[2], Satoshi Tanaka[1], ki'ichi hourai[1], Hitoshi Mizutani[1], Akio Fujimura[1], Ken'ichi Hirai[3]

[1] 宇宙研, [2] 東大・理・地球惑星, [3] IHI エアロスペース

[1] ISAS, [2] Earth and Planetary Sci. Tokyo Univ, [3] IA

LUNAR-A計画では2機のペネトレータを月面の表と裏の2点に貫入させ、月震観測とともに月熱流量計測が実施される。ペネトレータには熱流量計として7個の絶対温度計と11個の相対温度計が搭載されている。11個の温度センサーのうち5個はヒータープレートに接着して熱伝導率計として使用される。これらの計18個の温度計によって計測されたペネトレータの温度から月熱流量を推定する為には、ペネトレータ自身が月レゴリス温度場を乱す効果を考慮せねばならない。即ち、月レゴリスの熱物性、ペネトレータの熱モデルを使用した数値シミュレーションで計算し、ペネトレータ温度勾配から月レゴリス温度勾配を推定する必要がある。月レゴリスの熱物性は、熱伝導率計を使用した計測やアポロのサンプルの計測値を利用して決定される。ペネトレータは、様々な構成要素から成る複合物質なので、我々はこれまで2つの段階を経て熱モデルを構築した。第一に、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での計測環境に近い約20での熱伝率・比熱の計測が可能なシステムを構築し、主要な構成要素について約10%精度の計測を実施した。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、ペネトレータの一次熱モデルを構築した。次に、一次熱モデルを実機に適用することに対する査定の為に、2001年4月に宇宙研の大型スペースチェンバーを使用して、実機仕様モデルに対して全機熱試験を実施し、モデルの修正を行った。結果は昨年(2001年)6月の合同大会で報告されている。

本研究では、修正されたペネトレータの2次元軸対称熱モデルを使用し、各構成要素の熱物性を变化させた時のペネトレータ温度履歴の変化を調べる感度解析を実施し、各構成要素の熱物性の誤差が月レゴリス温度勾配推定精度に与える影響を調査した。これまで報告した検討では、ほぼ定常状態での計測(通信、月震観測等による内部発熱無し)を前提に評価をしてきたので、最も影響の大きいのはペネトレータ構体(CFRP)の機軸方向の熱伝導率であり、その熱物性が10%未満の誤差で計測されている事から月レゴリス温度勾配の推定誤差が6%未満に抑えられる事が判明していた。しかしながら、ペネトレータ貫入までの温度が-5以下にできなくなり、通信、月震観測開始までの定常状態到達が非現実的となったため、非定常解析での評価を実施した。ペネトレータの初期温度(月面貫入時温度)0、貫入14日後まで通信、月震観測等による内部発熱が存在しないという仮定において現状のペネトレータ熱モデルの誤差に起因する月レゴリス温度勾配の推定誤差は10%未満である事が判明した。

現在は、ペネトレータ貫入直後の初期運用による発熱、ペネトレータ電源投入以降の常時発熱(約33mW)を考慮した検討を進めており、結果を報告する予定である。