

月惑星の重力場におけるカウラ則とカウラ定数のスケーリング則

Kaula's rule and the scaling law of the Kaula constant in the lunar-planetary gravity fields

橋本 実奈^{1*}, 日置 幸介¹

Mina Hashimoto^{1*}, Kosuke Heki¹

¹ 北海道大学大学院理学院自然史科学部門宇宙測地学研究室

¹Department of Natural History Sciences, Faculty of Science, Space Geodesy, Hokkaido University

月惑星の重力場は重力ポテンシャルを球関数展開した際の係数(ストークス係数)でモデル化される。月惑星の全球的な重力場は、地球はGRACE、月はSELENEやGRAILといった重力探査衛星で観測される。現在では地球や月では球関数の次数にして数百次までの係数が推定されており、高解像度の重力異常図を描くことが可能になった。高次の係数は細かい重力異常の特徴を、低次の係数は大局的な構造を反映しており、研究の用途に応じて様々な解像度の重力異常が用いられる。

カウラの法則とは、こういった重力場の係数の大きさが次数 n の2乗に反比例するというおおざっぱな目安(rule-of-thumb)である。本研究では、この法則が月・火星・地球・金星で良く成り立っていることを明らかにした。球関数の次数が高いほど重力異常の波長が小さく、低次のものほど大きい。つまりこの法則は重力異常の振幅が波長の2乗に比例して大きくなることに対応している。

本研究では、カウラの法則の比例定数のことをカウラ定数と呼ぶ。一般にカウラ定数は小さい天体ほど大きな値をとるが、ここでいうスケーリング則はその値が表層重力の2乗に反比例して小さくなるという法則である(本来の文献[Kaula,1963]では半径の4乗に比例、質量の2乗に反比例すると書かれている)。月・火星・地球・金星のカウラ定数を比較してみた結果、これら4天体に関してはスケーリング則がほぼ成り立つことがわかった。ある天体がこの法則から外れている場合は、その天体の内部を構成する物質の温度や粘性等が他の地球型天体と違っていることが示唆される。最近のMessengerの探査によると、水星の重力場はこのスケーリング則から下にずれるらしい。その原因として、水星は金属でできた中心核の半径が相対的に大きいため、岩石に比べて小さい金属の粘性が低次の重力異常を小さく抑えている可能性が考えられる。

月には表側と裏側の二分性があることが良く知られている。表側は地殻が薄く地形が平坦であるが、裏側は地殻が厚く凸凹が多い。二分性の原因については諸説あるが、表裏の熱史の違いを反映している可能性が高い。月の成り立ちや熱史は重力異常図からもある程度推測できる。本研究でこれまで天体間で比較していたカウラ定数を、同一天体の半球間で比較することで、地下構造や熱史の違いを考察した。その結果、裏側でより大きなカウラ定数が得られ、表側よりも裏側の重力異常が相対的に大きいことをカウラ定数の値の形で比較することができた。

キーワード: カウラ定数のスケーリング則

Keywords: scaling law of the kaula constant