

セレーネ計画の中の相対 VLBI 用電波源ミッションによる月の力学的パラメータの観測と月のコア密度の推定

Improvement of selenodetic parameters by differential VLBI of radio sources in SELENE and estimation of density of the lunar core

花田 英夫[1], 日置 幸介[2], 松本 晃治[3], 岩田 隆浩[4], 大江 昌嗣[3], 河野 宣之[3]

Hideo Hanada[1], Kosuke Heki[2], Koji Matsumoto[3], Takahiro Iwata[4], Masatsugu Ooe[3], Nobuyuki Kawano[5]

[1] 天文台・水沢, [2] 国立天文台地球回転研究系, [3] 国立天文台・水沢, [4] NASDA

[1] Div. Earth Rotation, Nat. Astr. Obs., [2] Div. Earth Rotation, National Astron. Obs., [3] Div. Earth Rotation, Natl. Astronomical Obs., [4] NASDA, [5] Div. Earth Rotation, NAO

SELENE 計画の中では、月面とリレー衛星上の電波源間の角距離の変化を相対 VLBI とドプラー観測を組み合わせることによって、月重力場による衛星の軌道乱れを3次元的に求めることを計画している。これらの観測を通して、今までよりも一桁以上高精度で、かつ、系統誤差の入りにくい重力場の低次のストークス係数が得られるものと期待できる。これによって、月の慣性モーメントの精度が0.1%まで向上すれば、クラストの密度が $\pm 0.1\text{g/cc}$ の精度でわかるという条件で、コア密度が約15%の精度で求められるようになる。

惑星内部の密度分布は、直接には自転軸のまわりの慣性モーメントの大きさに反映される。半径 R で質量 M の球の軸のまわりの慣性モーメントを C とすると、例えば、内部が均質な球では、規格化された C の値は0.4となり、それより小さければ、中心付近に質量がより集中していることになる。しかし、慣性モーメントを直接測定することが困難であるために、月の場合には、重力場の低次の係数 C_{20} , C_{22} と、物理ひょう動の振幅から求まる力学的扁平率 $\epsilon = (C-A)/B$, $\eta = (B-A)/C$ を測定して、4個の観測量の内3個を用いて間接的に慣性モーメントを求めている。

月の慣性モーメントは、低次の重力場や物理ひょう動の観測から一見高精度に求められているが、Clementine による月の重力場観測後に決められたパラメータを用いると、 ϵ を用いた場合と η を用いた場合とで、平均慣性モーメントの値に約1%の差があることが問題となった。また、奇妙なことに、Lunar Prospector のデータを加えるとその差が解消したが、

Lunar Prospector と直接関係ない η の値も改訂されたことで、両パラメータの分離が不十分であることを示唆し、月の慣性モーメントには約1%の誤差がある可能性がある。その原因として、月の物理ひょう動の振幅が、月レーザ測距 (LLR) という、地球からの視線方向の変化しか検出できない方法で決められてきたこと、月の重力場の2次のストークス係数の精度が、現状では、物理ひょう動の振幅の精度に比べて2桁近く悪いということが考えられる。

SELENE 計画の中では、月面とリレー衛星上の電波源間の角距離の変化を相対 VLBI とドプラー観測を組み合わせることによって、月重力場による衛星の軌道乱れを3次元的に求めることを計画している。これらの観測を通して、今までよりも一桁以上高精度で、かつ、系統誤差の入りにくい重力場の低次のストークス係数が得られるものと期待できる。これによって、月の慣性モーメントの精度が0.1%まで向上すれば、クラストの密度がある範囲にあるという条件で、コア密度についてある程度制約できるようになる。

具体的に、クラストの深さを87km (上限値に近い)、コアの半径を450km、慣性モーメントの値を0.391とし、慣性モーメントの値に1%の不確定があるとすると、コアの密度の取り得る範囲は、 $5.7 \sim 9.5\text{g/cc}$ (約50%)であるが、慣性モーメントの精度が0.1%に向上すると、コア密度の取り得る範囲は、 $5.8 \sim 7.4\text{g/cc}$ (約20%)とより厳しくなる。また、クラストの深さを55km (下限値に近い)とすると、コア密度の制限要件はより強まり、慣性モーメントの精度を0.1%とすると、コア密度の取り得る範囲は $6.6 \sim 7.7\text{g/cc}$ (約15%)となる。したがって、密度境界の半径が月震観測等からわかり、クラストの密度が岩石等から $\pm 0.1\text{g/cc}$ の精度でわかれば、慣性モーメントの精度を現状の1%から0.1%に高めることによって、コアの密度が約15%の精度で求められるようになる。