

月深部状態から揮発性成分を探る：SELENE-2 VLBI-LLR 計画

Investigation of lunar interior volatile from the state of the core and the lower mantle: SELENE-2 VLBI-LLR proposals

佐々木 晶^{1*}, 菊池 冬彦¹, 松本 晃治¹, 野田 寛大¹, 荒木 博志¹, 花田 英夫¹, 山田 竜平¹, 國森 裕生², 岩田 隆浩³

Sho Sasaki^{1*}, Fuyuhiko Kikuchi¹, Koji Matsumoto¹, Hirotomoto Noda¹, Hiroshi Araki¹, Hideo Hanada¹, Ryuhei Yamada¹, Hiroo Kunimori², Takahiro Iwata³

¹ 国立天文台, ² 情報通信研究機構, ³ 宇宙科学研究所/JAXA

¹National Astronomical Observatory of Japan, ²NICT, ³ISAS/JAXA

現在有力な月の起源説では、46億年前の原始地球に火星サイズの天体が衝突したときに放出された物質から形成されたという、ジャイアントインパクト（巨大衝突）説が有力である。形成時の月は、高温熔融状態で、マグマオーシャンが形成され、その中で金属核が分離した。月内部は揮発性物質に乏しくなるはずである。

ルナプロスペクタ、かぐやの磁気探査により、月表層の磁気異常が確実となり、過去に熔融核でダイナモ作用が起きた可能性が高い。月レーザ測距による自轉變動の解析から、誤差が大きいが現在も核が融けていることが示唆されている。月下部マントルでは月震源が無いことから、剛性率が低く、融けているか、柔らかい可能性がある。しかし、アポロ着陸計画で設置された熱流量計のデータの再解析は、従来の見積よりも低い熱流量値を示す。高温月内部モデルは考えにくい。月の核が融けているならば、硫黄が融点を下げている可能性が高い。月の下部マントルは、地球のアセノスフェアの圧力に相当するので、月の深部に水が存在すれば剛性率は低くなる。月内部の揮発性成分の存在は、巨大衝突による月の高温起源説に修正を求めることになる。

月の深部状態を明らかにするため、我々は低次重力場係数と潮汐ポテンシャルラブ数 k_2 の精度改善を目的とした新たな月重力場計測ミッションを SELENE-2 へ提案している。着陸機と周回衛星の両方に VLBI 用電波源を搭載し、同一ビーム VLBI 観測を用いて重力場を計測する。かぐやでは 2 機の小型衛星の軌道を同時に求めたのに対して、SELENE-2 では、電波源の一方が月面に固定されており、これを基準としてもう一方の電波源（周回衛星）の軌道を決定するという手法をとる。また、電波源間の離角が常時同一ビームの条件を満たすように周回衛星の軌道を選定すること、また 2 つの電波源の離角が大きいときに別々の受信機で観測すること（2 ビーム）により、高精度で大量の VLBI 観測データを取得し、低次重力場係数と k_2 の精度を効率的に向上させることを目指す。

また、月レーザ測距では、反射板が月面の南半球に無いこと、秤動により反射板アレイの両端の間で時間差が生じるため、月内部のエネルギー消散過程に関係する微小変動を求めるには精度がこれまで不十分であった。SELENE-2 では、既存の反射板から離れた南半球に新たな単一型の反射鏡を設定して、月回轉變動を高精度に測定することを提案している。

キーワード: 月の起源・進化, 月下部マントル, 月コア, 潮汐ラブ数, 月回転, 揮発性成分

Keywords: origin and evolution of the moon, lunar lower mantle, lunar core, tidal love number, lunar rotation, lunar volatiles