

特集「物理探査ミッションで知る月の内部構造と進化」

月の二分性

佐々木晶¹

昔から月の表面には暗い地域と明るい地域があることは知られていた。望遠鏡の観測から、暗い地域「海」にはクレーターが少なく、明るい地域「高地」にはクレーターが多いことが分かっていた。もっとも、クレーターが天体の衝突で形成されたことが明らかにされたのは今世紀にはいつてからである。月に探査機が飛ぶようになり、まず判明したことは、月の裏側にはほとんど海が無いことである。また、海は地球の海洋底のように玄武岩を主体とする一方、高地は斜長岩を主体とすることが、サンプルリターンや分光観測などから明らかにされた。表面の違いだけではなく、月の重心は形状中心より地球の方向に約2kmほどずれていることがわかった。ここにおいて、月の二分性：クレーターの多く古い高地（主として裏側）とクレーターの少ない新しい海地域（主として表側）が、月進化の上で説明すべき大きな問題として認識されたのである。

90年代になり、クレメンタインが月の全面を探査した。クレメンタインの高度・重力データの解析において、重力異常の原因を密度の小さい月の地殻の厚さの違いとして解釈する。地殻の厚さの絶対値はアポロ着陸地点での地震データから与える。その結果、地殻の厚さという観点からは、月表面の二分性は異なった形で現れることがわかった（図1）。基本的には海地域の地殻は薄く、高地は厚い。しかし、南極エイトケン盆地は高度が低く、地殻も薄い。マントル物質が露出している可

能性さえも指摘されている。厚い高地地殻の成因も、マグマオーシャンから分別したときの初生的な分布ではなく、後の衝突のエジェクタが堆積したという可能性も論じられている。実際に、エジェクタに埋められたと解釈できる盆地も存在する。

月の二分性は様々な観測量で特徴づけられている。表面の岩石・鉱物組成は、リモートセンシングによる可視・赤外・X・γ分光や、アポロの月試料や月隕石の直接分析によって解析される。年代はクレーター年代学と月岩石の年代から求められている。地殻の厚さは、重力、高度計、地震探査のデータから求められる。しかし、月の二分性が地殻だけで説明できるのか、マントルまで及んでいるのかについては、まだ手がかりもつかめていない状態であろう。

月の二分性の解明には、表層の岩石・鉱物組成とその分布を確定すること、特に原始地殻の組成を明らかにすることが重要である。また、クレーターの中央丘などの組成から、地殻の成層構造を明らかにする必要がある。さらに、マグマオーシャン説を裏付ける材料として、純粋に近い斜長岩の探査も重要である。今回は、岡田達明氏、武田弘氏に、この観点からの話をさせていただいた。

また、大谷栄治氏は、月の地殻の厚さが月のバルク組成や起源にとっても重要な意味を持つことを説明した。地殻の平均厚さが大きく60km程度あると、月全体の Al_2O_3 濃度は6~7%となる。また、マグマオーシャンの深さは500km程度と予想され

¹ 東京大学大学院理学系研究科

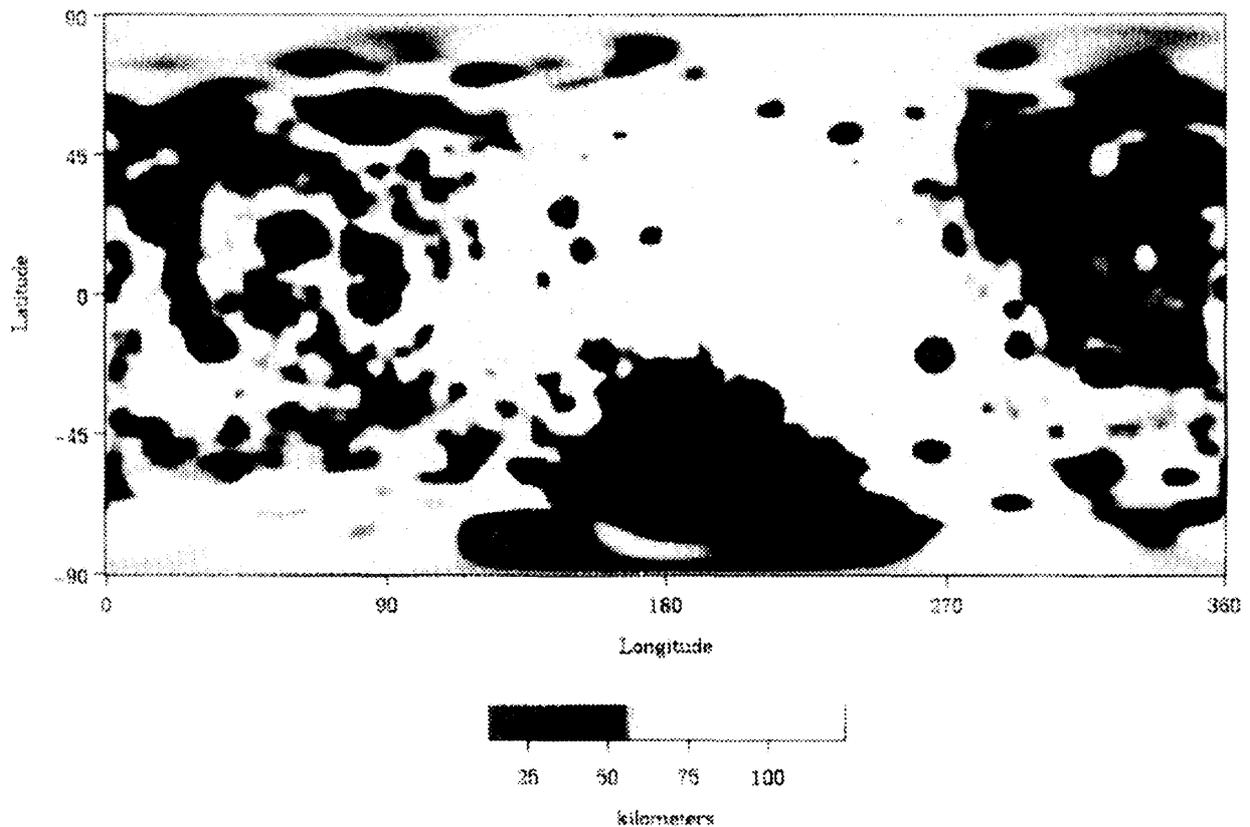


図1 クレメンタインの高度・重力データから求めた地殻の厚さの分布。図の中央は月の裏側の中央部である。中央南部の領域が南極イトケン盆地である。なおクレメンタインの重力・地形データはWebサイト<http://pds-geophys.wustl.edu/pds/clementine/>から入手できる。

る。一方で、地殻の平均厚さが20km程度であると、月全体の Al_2O_3 濃度は3%程度で、地球のマントルと対応する。この場合は、月の全体が融けて分化したと考えられる。

一方、重力データ・軌道データに関する話を、阿部、福田、古在氏にいただいた。阿部氏は admittance を説明する弾性リソスフェアのモデルから、二分性に代表されるような長波長地形が月形成から2億年以上経ったあとで形成されたという指摘をした。そして、外因説に立つモデルとして、衝突によるクレータリングで重力中心のずれが説明できることを指摘した。一方、福田氏の話で印象的であったのは、地球では海洋底地形が重力データできれいに求まっていることである。非常に重力と地形の相関が高く、月とはコントラストを示している。

月の二分性が、マグマオーシャンの分化過程を直接反映するような内因性か、衝突による外因性をつきとめるためには、今後の探査が必要である。特に、全面の詳細なりモートセンシング分光によるマッピングとともに、裏側の信頼度の高い重力データは欠くことはできない。これまでの探査では月の裏側では、ごく限られた領域でしか探査機速度の直接ドップラー計測は行われていない。また、地殻の厚さの基準点を与える地震波測定も裏側では行われていない。今後の探査により、地殻の厚さや内部構造、地殻だけではなくマントルの水平方向の不均質を明らかにしたい。

二分性というのは、決して月に限ったものではなく、太陽系の天体にかなり多く見られる表面の特徴である。火星では、クレーターの多い南半球と平坦でクレーターの少ない北半球に分かれる。

また、エンセラダスのように半径わずか250kmの天体でも表面はクレーター密度で明確に二分される。地球の海陸の二分性もプレートテクトニクスのみによるのではなく、マグマオーシャンの時期に起源を求める考えもある。しかし、地球では昔の記録はほとんど消えてしまっている。月での詳細な研究により、太陽系天体進化の大きな特徴である二分性の起源に関して共通原理を提示できる可能性は高いと思う。