

月表側の磁気異常における表面下の磁化ソース推定

横山 貴史 [1]; 綱川 秀夫 [2]; 高橋 太 [3]

[1] 東工大・理・地惑; [2] 東工大・理・地惑; [3] 東工大・理・地惑

Subsurface magnetization source inferred from magnetic anomalies on the nearside of the Moon

Takashi Yokoyama[1]; Hideo Tsunakawa[2]; Futoshi Takahashi[3]

[1] Dept. Earth Planet. Sci., Tokyo Tech; [2] Dept. Earth Planet. Sci., Tokyo TECH; [3] TITech

Although the Moon has no global intrinsic magnetic field at present, observations by the magnetometer and electron reflectometer disclose the presence of magnetic anomalies on the Moon. The lunar magnetic anomaly is caused by remanent magnetization of crustal materials. However, the origin of the lunar magnetic anomaly is still controversial. In recent studies, Hood et al. (2001, 2013) suggest that ejecta materials associated with an impact event could be the sources of the Reiner Gamma and Rima Sirsalis anomalies, because the direction of the anomalies' elongation is approximately radial to the Imbrium basin. If this is the case, the magnetization sources are to be located near the surface. On the other hand, Purucker et al. (2012) suggest that dike intrusions could be the sources of anomalies on the NW portion of the South-Pole Aitken basin. In this case, the magnetization sources may be horizontally elongated and deep-rooted. As mentioned above, the lunar magnetic anomalies include the information of formation and evolution of the lunar crust. It is essentially important to have information on depth and configuration of magnetization source responsible for the magnetic anomaly. In this study, we model the lunar magnetic anomalies using uniformly magnetized prisms as a source of magnetization.

We focus our analysis here on six magnetic anomalies in the nearside: Reiner Gamma, Rima Sirsalis, Descartes, Airy, Abel and Crisium anomalies. We use Lunar Prospector magnetometer data obtained during the low-altitude observation period. We consider a uniformly magnetized vertical prism as a sources of crustal magnetization. We adapt a forward modeling approach, in which the source parameters are changed iteratively till the minimum RMS(Root-Mean-Squares) misfit between the model and data is achieved. The optimal number of the prisms for modeling is objectively determined using Akaike's Information Criterion.

Modeling results show that except for one case, the bottom of the prism sources reaches up to about 20 km depth from the mean lunar surface, while the top is very shallow. The most sources have widths of a few km and horizontally elongated configuration with aspect ratio larger than 2. Magnetizations derived from the present models, indicate >1 A/m in most cases, which is much larger than remanent magnetization of the Apollo samples.

Considering the depth extent of the sources, it is suggested that magnetization is carried by the magnetic minerals in the crust rather than those in the ejecta materials on the surface. It should also be noted that the shapes of some prism sources are extended nearly radially from the Imbrium basin. This fact may imply an association with the formation of the large impact basin.

We also discuss a relationship between locations of magnetization source and high albedo regions such as swirls. It is expected that we could obtain information on the formation mechanisms of magnetic anomalies by analyzing other regions.

月は現在グローバルな固有磁場を持たないが、アポロ計画以降、磁力計や電子反射計の観測により月には磁気異常が多数存在することが知られている。これは地殻の岩石が持つ残留磁化によるものである。しかし、その獲得メカニズム、記録している磁場、すなわち磁気異常の起源には諸説ありまだ明らかになっていない。最近のモデルとしては、Hood et al. (2001)、Hood et al. (2013) は、Reiner Gamma 磁気異常、Rima Siesalis 磁気異常など巨大衝突盆地から放射状に分布・伸長する磁気異常のソースとして、インパクトで飛散した ejecta の堆積物を示唆している。この場合、磁気異常ソースは表面付近に分布していることになる。また、Purucker et al. (2012) は、South-Pole Aitken 盆地北西部の WNW-ESE に伸長する磁気異常群のソースとして岩脈を考え、幅約 30km の 2 次元板状モデルで磁気異常を説明している。岩脈モデルの場合、水平方向に細長く鉛直方向に深い磁気異常ソースとなる。このように月の磁気異常は月地殻の形成・進化の情報も含み、磁気異常ソースの深さ分布や形状、磁化の情報を得ることは非常に重要である。本研究では、磁気異常ソースとして一様に磁化したプリズムを仮定し、位置・サイズ・磁化ベクトルだけでなく上面・下面の深さもパラメータとして取り扱い、表面のソース、地殻内部のソースも可能なモデル化を行った。

これまでにモデル解析を行った地域は、月表側の Reiner Gamma、Rima Sirsalis、Descartes、Airy、Abel、Crisium の 6 箇所である。解析には Lunar Prospector 磁力計による低高度観測データ（磁気圏内観測、Wake 側観測）を使用した。Kaguya の磁場観測は表側で高度が相対的に高く、今回の解析では用いていない。磁気異常ソースとして一様に磁化した鉛直方向の直方体を仮定し、中心点の緯度・経度、水平方向の縦横サイズ、上面・下面の深さ、磁化の大きさ・方位をパラメータとした。強度の大きな所に磁気異常ソースを置き、適切な初期値から始めて反復的にパラメータ値を変化させる反復法として解き、モデル磁場と観測磁場との差が収束するパラメータ解を求めた。これを反復的に変化させフォワード法として解き、モデル磁場と観測磁場との一致が良くなるようにパラメータ解を求めた。収束解を得たのち、磁気異常ソースの個数を変え、最適数を赤池情報量基準 (AIC) を用いて選択した。

現時点での解析結果では、一つの磁気異常ソースを除き、上面深度は表面～数 km、下面深度は数 km～20km 程度となった。水平方向のサイズとして、縦横比が 2 以上の細長い形状となり、幅は数 km のものが多い。これらの結果から、

今回解析した磁気異常ソースとして、月地殻内部の物質を考えるモデルの方が ejecta モデルよりも妥当と考えられる。一方、一部のソース形状の水平伸長方向は Imbrium 盆地から放射状になっているとも解釈でき、巨大盆地形成と関連する可能性もありうる (Hood et al., 2001)。また、大部分の磁化強度は 1 A/m 以上と月リターンサンプルの磁化強度より一桁以上大きく、どのような岩石をソースとして考えるのかという問題がある。

今後、他地域の解析も進め、ここの磁気異常ソースの特徴を把握することで、磁気異常生成メカニズムにとって重要な情報を得られると期待される。さらに、磁気異常ソース位置と高アルベド地域 (swirl) 分布との関係についても検討する予定である。