

衛星観測磁場データを用いた磁気異常ソース構造の推定

横山 貴史 [1]; 高橋 太 [2]; 綱川 秀夫 [3]

[1] 東工大・理・地惑; [2] 九大・理・地惑; [3] 東工大・理・地惑

Estimation on source structure of the lunar magnetic anomalies

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

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

There are many magnetic anomalies on the moon, although the moon has no global magnetic field at present. Several models have been proposed for the origin of the lunar magnetic anomalies. According to the basin-forming impact model (e.g. Lin et al., 1988; Hood et al., 2001; Halekas et al., 2001; Hood and Artemieva, 2008), basin ejecta due to the impact are scattered and accumulate at the antipode of the basin to result in acquisition of shock remanent magnetization (SRM) under a transient magnetic field of the interplanetary magnetic field or the lunar dynamo field. On the other hand, the recent studies have indicated lineation patterns of the lunar magnetic anomalies and their sources of dike intrusions (e.g. Purucker et al., 2012; Tsunakawa et al., 2014). In this model, magnetization would have been acquired as thermoremanent magnetization (TRM) under the lunar dynamo field. Thus the analysis on the lunar magnetic anomalies could give crucial information on the ancient lunar dynamo and magmatic event. Assuming the configuration of magnetic anomaly source such as a dipole, a disk or a prism, magnetization direction could be estimated to examine the lunar dynamo (e.g. Nicholas et al., 2007; Hood, 2011; Takahashi et al., 2014; Arkani-Hamed and Boutin, 2014). In the present study, we have modeled several magnetic anomalies with uniformly magnetized prism(s), in which three dimensional position, size, horizontal direction and magnetization are parameterized. The observation data by Lunar Prospector and Kaguya at the low altitude have been used in the analysis. The appropriate number of prism is determined with AIC (Akaike, 1973). The results suggest that sources of magnetic anomalies may be subsurface materials like dike and sill intrusions rather than surface materials such as impact ejecta. We will also discuss vertical structures of intrusion-like bodies using multi-prism model concerning depth.

月には現在グローバルな磁場は存在しないが、アポロ計画による月リターンサンプルの岩石磁気測定やその後のルナプロスペクタ、かぐやによる極軌道観測から磁気異常が多数存在することが知られている。月磁気異常は地殻中の岩石がもつ残留磁化に起因し、磁化ソース物体や残留磁化の獲得メカニズムについてはこれまでいくつかのモデルが提案されている。代表的なものとして、巨大衝突盆地の形成時に飛び散った放出物が盆地の対蹠点や盆地から放射状に分堆積し衝突残留磁化を獲得したとする Basin-forming impact モデルがある (e.g. Lin et al., 1988; Hood et al., 2001; Halekas et al., 2001; Hood and Artemieva, 2008)。最近の説としては、線状磁気異常について、地殻に貫入したマグマが岩脈を形成し当時の月ダイナモ磁場を熱残留磁化として記録したとするモデルがある (e.g. Purucker et al., 2012; Tsunakawa et al., 2014)。これら 2 つの説に代表されるようにソースの深さ分布や形状、磁化を推定することは非常に重要である。

Basin-forming impact モデルの場合、磁気異常ソースは表面付近に分布していると考えられる。一方岩脈モデルの場合は水平方向に細長く深さ方向に厚いソースが推測される。先行研究において磁気異常のソースモデルとしてダイポールによるモデル化が行われ、月地殻内部に磁気異常ソースがあることを示唆している (e.g. Nicholas et al., 2007)。しかし、ダイポールは点状ソースであるためソースの形状や明確な情報が得られない。またプリズムモデルによる近似も行われているが、磁化方位を調べることが主眼であったため、磁化物体の構造分布について詳しく検討されていない (Takahashi et al., 2014)。また円板モデルではソースを表面に固定しているか、上面を表面に置いてあり深さ方向の自由度がない (e.g. Hood, 2011)。そこで本研究では、一様に磁化したプリズムを複数個置き磁気異常をモデル化し、統計学的に最も妥当な構造を推定した。本研究のプリズムモデルではソースの位置、磁化の大きさ・方位に加え、ソースの形状、上面・下面の深さもパラメータとして取り扱うため、表面付近のソース、地殻内部のソースも可能である。

これまでに解析を行った地域は、月表側で 6 地域 (Reiner Gamma, Rima Sirsalis, Descartes, Airy, Abel, Crisium)、月裏側で 3 地域 (Hayford, Moscoviense, Mendel-Rydberg) の計 9 地域である。解析にはルナプロスペクタ及びかぐやの低高度観測のうち、月の夜側あるいは地球磁気圏尾部内におけるデータを個別にあるいは合わせて解析した。9 地域のモデル結果から磁気異常ソースについて以下の特徴が得られた。(1) 水平方向の縦横比が 2 以上で幅が数 km の細長いソースが多い。(2) 深さ方向のサイズが 5km 以上のソースが多く得られた。(3) 表面から深くに分布し深さ方向に 1~2 km の薄いソースが分布する地域もある。これらの結果から、月の磁気異常のソースとして放出物のような隕石衝突に関わる物質よりも岩脈や岩床のような火成活動に関連する月内部起源の物質の方が妥当であると考えられる。またいくつかの地域について、1 つの磁気異常に対して深さの異なる複数のプリズムを置くことにより、より詳細な磁気異常ソースの構造についても検討した。その結果、ストック状のソースとシル状のソースなども見られ、貫入構造について新たな情報を得られる可能性がある。

今後は、South Pole-Aitken 盆地付近の複雑な磁気異常についても解析を行い、月磁気異常の起源について更なる考察を行う予定である。