

熱史と統合的なダイナモモデリングを用いた月磁場の進化に関する予備的研究

兵藤 史 [1]; 高橋 太 [2]; 清水 久芳 [3]; 綱川 秀夫 [4]

[1] 九大・理・地惑; [2] 九大・理・地惑; [3] 東大・地震研; [4] 東工大・理・地惑

A preliminary study on a lunar magnetic field evolution using dynamo modeling consistent with a thermal history

Fumi Hyodo[1]; Futoshi Takahashi[2]; Hisayoshi Shimizu[3]; Hideo Tsunakawa[4]

[1] Earth and Planetary Sciences, Kyushu Univ.; [2] Kyushu Univ.; [3] ERI, University of Tokyo; [4] Dept. Earth Planet. Sci., Tokyo TECH

The Moon has no global magnetic field at present unlike the Earth, whereas there are localized crustal magnetic fields, called the lunar magnetic anomalies [Tsunakawa et al., 2015]. Lunar rocks recorded a magnetic field of 4.25 to 3.56 Ga, which is almost the same strength as that on the surface of the Earth [Weiss et al., 2014]. Thus, it is likely that the Moon once had a magnetic field by a dynamo action in its fluid core like the Earth in the past.

In order to investigate how the lunar dynamo worked and evolved with time, we use dynamo modeling changing core geometry [Heimpel et al., 2005]. Here, we assume that the lunar dynamo is driven by compositional convection due to the rejection of light elements from the inner core upon core crystallization. It is noted that the Rayleigh number and the Ekman number should vary with time according to thermal history of the core. We use a one-dimensional thermal history model of the lunar core to have these non-dimensional parameters as a function of inner core size. Throughout this study, we adopt the fixed values of the compositional and magnetic Prandtl numbers at 1, and 3. We discretely change the inner core radius relative to the outer core from 0.1 to 0.7, guided by seismic observations [Weber et al., 2011]. The Ekman number is typically of the order of 10^{-4} . Then, we investigate how dynamo properties vary with inner core growth at various values of the Rayleigh number.

Preliminary calculation results show that when the magnetic field is maintained, the maximum strength of the magnetic field tends to occur at relative inner core size of 0.4. This result is consistent with an argument by a previous study [Heimpel et al., 2005].

現在、月は地球のようなグローバルな磁場を持たないが、月の地殻には磁気異常と呼ばれる局所的な磁場が存在する [Tsunakawa et al., 2015]. 月の岩石には、4.25-3.56 Ga の磁場が記録されており、これは地球磁場と同程度の強度である [Weiss et al., 2014]. よって、過去には、月は地球のように流体コアのダイナモ作用による磁場を持っていた可能性が高い。

月のダイナモが時間とともにどのように生じ進化したのかを調べるために、我々はコアのジオメトリを変化させるダイナモモデリング [Heimpel et al., 2005] を用いる。ここで、月ダイナモは、コアが固化する際に内核から軽元素が追い出されることに起因する組成対流によって駆動されていると仮定する。レイリー数とエクマン数が、コアの熱史に従って時間とともに変化すべきであることに留意し、これら2つの無次元パラメータを内核サイズの関数として得るために、月コアの1次元熱史モデルを用いている。本研究を通して、組成プラントル数は1、磁気プラントル数は3に固定する。外核半径に対する内核半径の大きさは、月震の観測 [Weber et al., 2011] を目安にして0.1から0.7まで離散的に変化させる。エクマン数は 10^{-4} のオーダーである。この条件の下で、様々なレイリー数の値の場合に、ダイナモの特性が内核成長とともにどのように変化するかを調べる。

予備的計算の結果は、磁場が維持されている場合には、内核サイズが0.4のとき磁場強度が最大になる傾向があることを示している。これは、先行研究 [Heimpel et al., 2005] での主張と整合性がある。