

電子反射法を用いた太陽風中での月面磁場強度推定

川口 友暉 [1]; 原田 裕己 [2]; 斎藤 義文 [3]; 横田 勝一郎 [4]; 西野 真木 [5]; 白井 英之 [6]; 三宅 洋平 [7]; 高橋 太 [8]; 清水 久芳 [9]

[1] 京大・理・地惑; [2] 京大・理・地球惑星; [3] 宇宙研; [4] 阪大; [5] 名大 ISEE; [6] 神戸大・システム情報; [7] 神戸大学; [8] 九大・理・地惑; [9] 東大・地震研

Lunar surface magnetic field intensity in the solar wind inferred from electron reflectometry

Tomoki Kawaguchi[1]; Yuki Harada[2]; Yoshifumi Saito[3]; Shoichiro Yokota[4]; Masaki N Nishino[5]; Hideyuki Usui[6]; Yohei Miyake[7]; Futoshi Takahashi[8]; Hisayoshi Shimizu[9]

[1] Geophysics, Kyoto Univ.; [2] Dept. of Geophys., Kyoto Univ.; [3] ISAS; [4] Osaka Univ.; [5] ISEE, Nagoya University; [6] System informatics, Kobe Univ; [7] Kobe Univ.; [8] Kyushu Univ.; [9] ERI, University of Tokyo

The Moon is classified as a nonmagnetized, airless body that does not hold a global, intrinsic magnetic field and a thick atmosphere. Consequently, most of the solar wind particles collide with the lunar surface and get absorbed. Meanwhile, some regions of the lunar surface called magnetic anomaly are locally shielded from the solar wind by magnetic fields of crustal origin. Previous studies have focused mainly on the interaction between the solar wind and the strong magnetic anomaly. The purpose of this study is to reveal how the magnetic field strength on the dayside lunar surface varies globally, including weakly magnetized regions, by utilizing remote sensing data obtained by spacecraft.

In addition to direct measurements by magnetometers, the global distribution of crustal magnetic field strength has been investigated by electron reflectometry, which remotely infers the surface magnetic field strength from the loss cone angle of ambient electrons reflected from the lunar crustal magnetic field by the magnetic mirror effect. As the aim of the conventional electron reflectometry is measurements of the strength of the lunar crustal magnetic field itself, a standard practice is to use data obtained on the night side of the Moon and within the terrestrial magnetotail lobes with less influence of the solar wind plasma. Generally, energy dependence of the electron loss cone has to be taken into account because electrons are affected by electrostatic potential difference between the Moon and the spacecraft.

We utilized data obtained by the electron spectrum analyzers (MAP-PACE-ESA) and magnetometer (MAP-LMAG) on board Kaguya. By applying the electron reflectometry to the data obtained on the lunar day side in the solar wind, we revealed that the surface magnetic field intensity is globally enhanced, particularly under high solar wind dynamic pressure conditions. This suggests that the lunar crustal magnetic fields are compressed by the solar wind plasma. Additionally, we investigated the energy dependence of electron loss cone angles. As in previous studies, the energy dependence is evident in our data and the effect is smaller for high energy electrons. Based on this result, we utilized the 250-350 eV electron data, which are less affected by the energy dependent loss cone. We examined the response of the magnetic pressure on the lunar surface to the solar wind dynamic pressure variation and identified selenographical dependence of magnetic compression efficiency, which is better associated with the crustal magnetic field intensity at the lunar surface than that at a 30 km altitude. This suggests that the compression of lunar crustal magnetic fields is mainly caused by charged particle motion at low altitudes below a few tens of kilometers.

月は、全球的な固有磁場や大気を保持しない天体であり、太陽風のほとんどは月表面に衝突し吸収される。しかし、月面には磁気異常と呼ばれる地殻起源の磁場によって太陽風から局所的にシールドされている地域も存在する。これまでの観測及び数値シミュレーション研究では、主に強い磁気異常に着目して太陽風と月地殻磁場の相互作用について調べられてきた。本研究は、衛星による遠隔観測のデータから、比較的弱い磁気異常も含めた全球的な月面磁場強度の変動を明らかにすることを目的とする。

月地殻磁場の全球的な分布は、磁力計による直接観測に加えて、電子反射法を用いて調査されてきた。電子反射法は月周辺電子の磁気ミラー効果を利用して、月地殻磁場によって反射された電子のロスコーン角から月面での磁場強度を遠隔計測する手法である。従来、電子反射法は月地殻磁場自体の強度を計測するために、太陽風プラズマの影響が少ない月の夜側や地球磁気圏尾部ローブ内で得られたデータが用いられてきた。この手法を用いる際、電子は月と衛星間の電位差の影響を受けるため、エネルギー依存性を考慮する必要がある。

今回、我々は月探査衛星「かぐや」に搭載された電子分析器 MAP-PACE-ESA-S1、-S2 と磁場観測装置 MAP-LMAG によって取得されたデータを用い、月地殻磁場により反射された太陽風電子について解析を行った。電子反射法を昼側月面が太陽風に曝されている時に計測されたデータに応用すると、太陽風動圧が高くなると月面磁場強度が全球的に強くなる傾向が見られた。これは月地殻磁場が太陽風によって圧縮されたためであると考えられる。さらに、月と衛星間の電位差の影響を評価するため、異なるエネルギー帯ごとの電子ピッチ角分布を解析し、電子ロスコーン角のエネルギー依存性を調べた。先行研究と同様に、電子のピッチ角分布にエネルギー依存性が見られ、高エネルギーの電子ほど影響が小さい傾向が得られた。この結果を踏まえて、エネルギー依存性の影響が小さい 250-350 eV の電子データを用い、太陽風動圧変動に対する磁気圧の応答を調べると、磁気圧の変化率に地域依存性が見られた。この地域依存性は、30 km 高度での地殻磁場強度分布よりも月面での磁場強度分布とよく対応することが明らかになった。この結果は、太陽風による月地殻磁場圧縮は、主に数 10 km よりも低い高度での荷電粒子の運動に起因することを示唆する。