

太陽風イオンの月磁気異常領域侵入のエネルギー依存性

加藤 大羽 [1]; 斎藤 義文 [2]; 横田 勝一郎 [2]; 西野 真木 [3]
[1] 東大・理・地惑; [2] 宇宙研; [3] 名大 ISEE

Energy dependence of solar wind ion penetration into the lunar magnetic anomaly region

Daiba Kato[1]; Yoshifumi Saito[2]; Shoichiro Yokota[2]; Masaki N Nishino[3]
[1] EPS, Univ. of Tokyo; [2] ISAS; [3] ISEE, Nagoya University

Since the Moon has neither a thick atmosphere nor a global dipole magnetic field, it has been thought that the solar wind plasma directly impacts the lunar surface. Although the solar wind is almost absorbed by the lunar surface, a part of it is reflected by the strong crustal magnetic field, called lunar magnetic anomalies. To study the interaction between the solar wind and the lunar magnetic anomalies is very important for understanding the lunar plasma environment and the space weathering. Although the ion energy and incident direction are important parameters of the magnetically reflection process, they are still unclear.

We have analyzed the data obtained by low energy charged particle analyzers MAP-PACE and magnetometer MAP-LMAG on Kaguya. IMA and IEA have hemispherical field of view (FOV) and cover the full FOV of low-energy ions. Since Kaguya is a three-axis stabilized spacecraft, one of the spacecraft panels on which IMA is installed always faces the lunar surface. Therefore, IMA measures ions coming from the Moon, and IEA on the opposite side of the spacecraft measures the solar wind ions. We have analyzed the difference of reflection process with different ion species by using the data of the mass profile mode of IMA.

We have found that there is a correlation between the energy flux of reflected ions and the polar angle direction. Although the mass profile mode of IMA has no directional information about the azimuthal direction, we can constrain the particle trajectory by comparing polar angle distributions of different ion species considering mass dependence. By comparing the reflected protons and the reflected alpha particles, we have found that the observation of the reflected ions is strongly related to their gyro motion. In addition, by measuring the bulk velocity of the reflected ions at different solar zenith angles, we examined the solar zenith angle dependence of the reflected ions. We will report how the incident solar wind ions penetrate into the lunar magnetic anomalies, and will discuss the condition that determines their fate : to impact the lunar surface or to be magnetically reflected.

月には全球的な固有磁場も大気も存在しないため、月表面は太陽風に曝されている。月近傍に侵入した太陽風のほとんどは月表面に衝突し吸収されるが、月磁気異常領域では磁場によって衝突せずに反射する場合がある。この月磁気異常と太陽風の相互作用は、月周辺プラズマ環境や月表面の宇宙風化作用の理解に繋がる重要な物理過程である。しかしこの太陽風イオンの反射メカニズムにはイオンのエネルギー依存性や月磁気異常領域に対する角度依存性が存在すると考えられるが、これまでに十分な理解が得られているとは言えない。

本研究では、月探査衛星「かぐや」に搭載された低エネルギーイオン計測器 MAP-PACE-IMA、IEA と磁場観測装置 MAP-LMAG によって観測されたデータを用い、磁気異常上空で反射されたイオンについて解析を行った。両イオン分析器は共に半球の視野を確保していて、2台で全方向に対しての視野を確保している。「かぐや」衛星は3軸制御の探査機であるため、IMA は常に月面を向いている。従って IMA は月方向から飛来するイオンの質量分析を行い、IEA は月に向かって飛来する太陽風イオンを計測する。今回は IEA の太陽風観測データと IMA の質量分析モードの反射イオン観測データを用いて、異なるイオン種で反射特性の違いについて解析した。

IMA の観測データから月磁気異常によって反射されたイオンを解析した結果、反射イオンのエネルギーフラックスと仰角方向に相関があることが分かった。なお IMA の質量分析モードでは方位角方向の情報を記録しておらず仰角方向のみ角度情報を持つが、異なるイオン種の仰角分布を比較し質量依存性を考慮することで、粒子軌道について考察することができる。反射プロトンと反射アルファ粒子の観測を比較したところ、反射イオンの観測には各イオンのジャイロ運動が強く関係していることが分かった。また、太陽天頂角毎の反射イオンの速度を求め、月磁気異常領域への太陽風入射角度による反射イオンの振る舞いも調べた。これらの結果から、入射太陽風イオンのパラメータによってどのように月磁気異常領域に侵入し、月面衝突と磁気反射の選択がされるのかについて議論する。