

太陽風プロトンの月面散乱における散乱角依存性

上村 洸太 [1]; 齋藤 義文 [2]; 西野 真木 [3]; 横田 勝一郎 [2]; 浅村 和史 [3]; 綱川 秀夫 [4]
[1] 東大・理・地惑; [2] 宇宙研; [3] 宇宙研; [4] 東工大・理・地惑

Angular dependence of the solar wind proton scattered at the lunar surface

Kota Uemura[1]; Yoshifumi Saito[2]; Masaki N Nishino[3]; Shoichiro Yokota[2]; Kazushi Asamura[3]; Hideo Tsunakawa[4]
[1] Earth and Planetary Sci., Tokyo Univ.; [2] ISAS; [3] ISAS/JAXA; [4] Dept. Earth Planet. Sci., Tokyo TECH

Interaction between the solar wind and a solar system object varies largely according to the object's properties, such as the existence of a global intrinsic magnetic field and/or thick atmosphere. The Moon's case is characterized by the absence of both of them. Until recently, understanding of the lunar plasma environment has suffered from a lack of in situ measurements of low energy ions. The interaction between the solar wind and the lunar surface has not been understood well until Kaguya observed the plasma environment around of the Moon. Especially, the behavior of the solar wind ions after impacting the lunar surface has never been observationally investigated.

MAP-PACE on Kaguya (SELENE) completed observation of the low energy charged particles around the Moon from low altitude (less than 100km) polar orbit. MAP-PACE consisted of 4 sensors: two electron sensors (ESA-S1, ESA-S2) and two ion sensors (IMA, IEA). Since each sensor had a hemispherical field of view, two electron sensors and two ion sensors that were installed on the spacecraft panels opposite to each other could make full 3-dimensional measurements of low energy electrons and ions. MAP-PACE on Kaguya (SELENE) found scattering of the solar wind ions where the solar wind ions lose energy by the interaction with the lunar surface. Initial analysis found that the scattered ions was almost protons and 0.1% ~1% of solar wind protons were scattered at the lunar surface.

We have investigated the angular dependence of the scattering and energy spectra of the scattered protons by using high angular resolution IMA data that were obtained dividing the hemispherical field of view into 16x64 sectors. We have found that the scattered protons have two components: backscattering and specular reflection. Backscattered component distributes within 40 deg. scattering cone whose axis is aligned with the direction opposite to the incident solar wind protons velocity. The energy loss of the backscattered component is largest along the scattering cone axis and it is smaller at the edge of the cone. We have also found that the energy loss of the specular reflection component is less than that of the backscattered component. We have succeeded in explaining the characteristics of the angular dependence of the backscattered component with a simple numerical model.

月には地球のようなグローバルな磁場はなく、大気も存在しないことが知られている。その為、太陽風は月表面に直接衝突する。月周辺の低エネルギー電子分布に関しては過去にアポロ計画、ルナプロスペクターに代表される衛星によって観測が行われており比較的よく理解されている。しかし月周辺の低エネルギーイオン分布に関しては、過去に観測は殆どなく観測に基づいた理解はされていない。

「かぐや」衛星搭載 MAP-PACE のイオン観測器 IMA によるこれまでの観測により、太陽風イオンが月表面との相互作用を介してエネルギーを失い反月面方向に出射する散乱現象が観測された。また、初期の解析から観測された散乱イオンは質量分析の結果ほぼプロトンであり、太陽風フラックスの 0.1% ~ 1% が月表面で散乱され衛星高度まで到達することが明らかとなっている。

本研究では太陽風プロトンの月表面散乱の詳細を調べるため、IMA の半球面の視野を 16x64 に分割して観測したデータを利用し、太陽風の月面に対する入射角と散乱プロトンの月面上での出射角との関係及び月表面散乱における散乱プロトンのエネルギー特性を調べた。その結果、散乱プロトンは太陽風の月面への入射方向ベクトルに対して反対方向に出射する後方散乱成分と鏡面反射の方向に出射する鏡面散乱成分の 2 つが存在することが分かった。量としては殆どが後方散乱成分であり鏡面散乱成分は僅かである。後方散乱成分のエネルギー特性は、太陽風の入射ベクトルに対して反対方向に出射する散乱プロトンが最もエネルギー損失が大きく、その方向からずれるに従ってエネルギー損失は小さくなる。また鏡面散乱成分のエネルギー特性は、後方散乱成分よりエネルギー損失が小さいことが分かった。これらのエネルギー特性は、月表面の微視的な面を考慮することにより理解可能であることを示した。

さらに表面を粗くしたアルミ板ターゲットにイオンビームを照射し散乱角を測定した室内実験との比較も行う。

本研究で明らかとなった知見は、月以外の大気がなく固体表面を底にもつ天体表面と宇宙プラズマの相互作用の理解に応用できると考えられる。