

地球磁気圏内における月起源イオンの観測

齋藤 義文 [1]; 横田 勝一郎 [1]; 西野 真木 [2]; 山本 忠輝 [3]; 上村 洸太 [4]; 河村 麻梨子 [5]; 綱川 秀夫 [6]
[1] 宇宙研; [2] 宇宙研; [3] 総研大; [4] 東大・理・地惑; [5] 東大・理・地惑; [6] 東工大・理・地惑

Lunar ions observed in the Earth's magnetosphere

Yoshifumi Saito[1]; Shoichiro Yokota[1]; Masaki N Nishino[2]; Tadateru Yamamoto[3]; Kota Uemura[4]; Mariko Kawamura[5]; Hideo Tsunakawa[6]

[1] ISAS; [2] ISAS/JAXA; [3] Sokendai; [4] Earth and Planetary Sci., Tokyo Univ.; [5] Earth and Planetary Science, The Univ. of Tokyo; [6] Dept. Earth Planet. Sci., Tokyo TECH

The Moon stays in the Earth's magnetosphere for 3~4 days every month. The hot plasma-sheet plasmas in the Earth's magnetosphere can directly impact the lunar surface since the Moon has neither global intrinsic magnetic field nor thick atmosphere. The interaction between the Earth's magnetosphere and the Moon has been investigated in terms of the lunar surface charging. Analyzing Lunar Prospector electron data, the lunar surface potentials of ~100 V in the terrestrial magnetotail lobes and potentials of ~200 V to ~1 kV in the plasma sheet on the night side of the Moon were found. On the lunar dayside, it was reported that the potential was smaller than ~20 V, except in the plasma sheet, where negative potentials of several hundred volts were observed at times. Recently, low energy ion data have also become available by lunar orbiters, Kaguya, Chandrayaan-1 and Chang'E-1. Magnetic field and Plasma experiment - Plasma energy Angle and Composition Experiment (MAP-PACE) on Kaguya (SELENE) measured lunar plasmas in polar orbit with altitude of 100km, 50km, and in an elliptical orbit with perilune altitude as low as 10km for nearly 1.5 years. The ions originating from the Moon surface / exosphere were observed both in the solar wind and in the Earth's magnetosphere. The mass spectra of these ions showed heavy-ion peaks including C+, O+, Na+, K+, and Ar+ that indicated that these ions were the Moon origin. In the Earth's magnetosphere, these ions were clearly observed on the dayside of the Moon in the lobe especially when the solar zenith angle was below 40deg. Different from the ion acceleration mechanism in the solar wind where convection electric field is easily calculated from the measured solar wind velocity and measured magnetic field, the ion acceleration mechanisms in the magnetosphere was unclear. If the potential difference between the spacecraft and the Moon surface were the major acceleration mechanism, it was found that the lunar surface was estimated to be higher than +400V. By calculating the ion pitch angle distribution, we found that most of the ions were perpendicularly accelerated. In addition, the acceleration direction was found to be dawn-to-dusk direction regardless of whether Kaguya was in the northern lobe or southern lobe. This indicates that dawn-to-dusk electric field in the Earth's magnetosphere largely contributes to the acceleration of the Moon originating ions. Of course, in most cases the ion velocity had parallel component that indicates that the potential difference between the spacecraft and the lunar surface also contributes to the ion acceleration. These ions often show characteristic variation of the flux and energy that presumably correlates with the lunar surface structure or composition. In order to understand this variation in more detail, we have made ion composition map of each species. We have newly found that there exist ion distributions that show good correspondence with the lunar surface structure or composition.

月は1ヶ月に3 - 4日の間地球磁気圏内に滞在する。月にはグローバルな固有磁場も濃い大気もないことから、プラズマシートの暖かいプラズマは月表面に直接衝突することができ、一方で月面付近で生成されたプラズマが月周回軌道を飛行する衛星まで到達することができる。かぐや衛星搭載 MAP-PACE は、月周辺プラズマの観測を100 km 高度、50 km 高度の極軌道、近月点高度10 km 程度の楕円軌道で行った。月表面あるいは月面近傍の月大気起源のイオンについては、質量分析結果を見るとC⁺、O⁺、Na⁺、K⁺、やAr⁺などの重いイオンのピークが観測されるため、イオンが月起源であることがわかる。これらのイオンは地球磁気圏内では特に月がローブ領域に滞在しているときに太陽角が40度以下の月昼間側で観測されるが、プラズマの速度が明確に計測できて明確に電場を算出できる太陽風中とは異なり、何がイオンの加速原因であるかはこれまで明確ではなかった。地球磁気圏内では太陽風中と違ってコンベクションによる電場は弱いはずであり、これらのイオンは衛星と月表面との電位差である程度加速されるものと考えられるが、衛星と月表面との電位差だけで加速されたとすると、月表面電位が+400 V を超す値になる事が初期の解析から明らかになっていた。そこで、これらのイオンのピッチ角分布を様々な場合について調べたところ、南半球か北半球のローブに関わらず殆どの場合にはDawn-to-Dusk 方向に加速されており、多くの場合ピッチ角90度に近い方向であることが明らかになった。この事は、磁気圏尾部のコンベクション電場による加速もイオンの加速に大きく寄与している事を示している。しかしながらピッチ角90度から明らかに外れている場合も多く、外れた分については衛星と月表面との電位差による加速の一部が寄与していると考えられる。更に、ローブ領域で観測されるこれらのイオンは衛星直下の月面位置に依存すると思われる特徴的なエネルギーおよびフラックスの時間変化を示すことがわかった。そこで、質量分析の結果を用いてイオン種毎の検出位置マップを、得られた全てのデータを用いて作成し、イオンの検出位置と月面上の場所についてどのような関係があるのかを調べる事にした。その結果月面上の位置に対応していると考えられるマップ上の構造がいくつかある事が新たに明らかとなった。