

## 月表面から放出される二次イオンの生成過程

# 加藤 大羽 [1]; 斎藤 義文 [2]; 横田 勝一郎 [3]; 西野 真木 [4]  
[1] 東大・理・地惑; [2] 宇宙研; [3] 阪大; [4] 名大 ISEE

### Generation process of the secondary ion emitted from lunar surface

# Daiba Kato[1]; Yoshifumi Saito[2]; Shoichiro Yokota[3]; Masaki N Nishino[4]  
[1] EPS, Univ. of Tokyo; [2] ISAS; [3] Osaka Univ.; [4] ISEE, Nagoya University

Airless bodies without global magnetic fields are directly exposed to the solar wind and micro-meteorites. When the solar photons, neutral and charged particles are incident on a solid surface, the secondary ions are emitted from the bombarded surface. Although the initial energies of such secondary ions are several eV, they are accelerated up to several hundred eV by the solar wind motional electric field and are detected by ion detectors on spacecraft. The secondary ion composition is expected to be used for remote sensing of the solid surface since it depends on the solid surface composition. This remote measurement using the secondary ion complements X-ray fluorescence, gamma-ray spectroscopy and multi-band spectral imaging. However, neither the quantitative observation of the secondary ions nor the detection of the originating points has been made.

In the Moon's case, there are a few major generation mechanisms of the secondary ions; photon-stimulated desorption (PSD) by the solar photons, photoionization of neutral particles, solar wind sputtering and micro-meteoroid impact. The secondary ions generated by PSD consist of Alkali ions such as  $\text{Na}^+$  and  $\text{K}^+$ . In contrast, a variety of ion species can be generated by the ion sputtering and micro-meteoroid impact process. Since the amount of secondary ions depends on the emission mechanisms, analysis of the secondary ion considering generation processes is important.

MAP-PACE-IMA on Kaguya has detected the secondary ions from the Moon. We have investigated a variety of ion species and detected the originating points using the solar wind convection electric field information. We have newly found that there exist ion flux intensity variations that show good correspondence with the location of the lunar magnetic anomalies. This is suggested that the amounts of the secondary ions generated by sputtering are decreased above the lunar magnetic anomalies since the strong magnetic field can prevent the solar wind from impacting the lunar surface. We have estimated the amount of secondary ions generated by the solar wind sputtering by comparing the data obtained above magnetic anomalies and the region without magnetic anomalies. In addition, in order to estimate the influence of the secondary ions generated by micro-meteoroid impact, we have investigated the secondary ion flux when major meteor showers took place.

In conclusion, although the secondary ion observations do not directly reproduce the lunar surface composition, they can be used for remotely sensing the lunar surface composition if we consider the existence of the lunar magnetic anomalies and the generation process of the secondary ions. This measurement is expected to be applied not only to the Moon but also to various astronomical bodies.

全球的な固有磁場も大気も存在しない天体では、太陽風や微小隕石などが天体表面に直接衝突している。このような外部からの中性粒子や荷電粒子、太陽光などが固体表面に入射することで、二次イオンと呼ばれる天体表面起源のイオンが生成される。生成された二次イオンは太陽風の電場によって数 eV から数百 eV にまで加速され、天体上空を周回する探査機で観測することができる。二次イオンの組成は天体表面の元素組成と対応していることから、二次イオン観測による表面構造の遠隔探査が将来可能になることが期待されている。この二次イオンを用いた遠隔測定が確立すれば、X線分光計やガンマ線分光計などと補完し合いながら天体表面探査が行えるようになる。しかしながら、具体的に二次イオンのイオン種毎の定量的な観測や、観測したイオンの生成地点を特定するといった研究は未だ行われていない。

月の場合、表面からの二次イオン放出メカニズムの主な候補として、太陽光による光脱離や太陽風イオンによるスパッタリング、微小隕石衝突が挙げられる。太陽光による月起源イオンの生成では、 $\text{Na}^+$  や  $\text{K}^+$  といったアルカリイオンが顕著に放出される。これに対し、太陽風イオンや微小隕石衝突による生成では、月固体表面の組成に応じた様々なイオン種が放出されると考えられている。放出メカニズムによって各種の二次イオン生成量が異なってくるため、二次イオンの生成過程を考慮して分析を行うことが重要である。

月探査衛星「かぐや」に搭載されたイオン観測装置 MAP-PACE-IMA は、月起源の二次イオン観測を行った。本発表では IMA の観測データを用いて、イオン種毎の解析を行い、太陽風電場のベクトルから月表面の生成場所の特定を試みた。二次イオンの生成位置と月表面環境の相関を調べた結果、月表面上の磁気異常領域の分布と相関があることが確認された。これは、月磁気異常による磁気反射によって月面衝突する太陽風が減少するため、スパッタリングによる二次イオンの生成量も減少したためと考えられる。このことから、磁気異常領域と非磁気異常領域での観測データを比較することで、スパッタリング由来の二次イオン生成量を見積もった。また、微小隕石衝突由来の二次イオン生成の度合いを調べるために、流星群が接近した時期の二次イオン生成量に注目した分析を行った。

月起源の二次イオン生成分布と月固体表面の元素組成分布を比較した結果、月周辺の二次イオン観測は月固体表面組成を直接再現はしないが、磁気異常の存在やイオン生成過程の違いを考慮することで、遠隔探査による月表面物質の情報を得ることが可能であることが分かった。この手法は、月以外の天体でも適応可能であるといえる。