

「かぐや」搭載MAP-PACEによる太陽風一月面磁気異常相互作用の観測

Interaction between Solar Wind and Lunar Magnetic Anomalies observed by Kaguya MAP-PACE

斎藤 義文^{1*}, 横田 勝一郎¹, 浅村 和史¹, 田中 孝明¹, 西野 真木¹, 山本 忠輝¹, 富永 祐¹, 網川 秀夫²

Yoshifumi Saito^{1*}, Shoichiro Yokota¹, Kazushi Asamura¹, Takaaki Tanaka¹, Masaki N Nishino¹, Tadateru Yamamoto¹, Yuu Tominaga¹, Hideo Tsunakawa²

¹宇宙科学研究本部, ²東京工業大学

¹ISAS/JAXA, ²TOKYO TECH

月にはグローバルな固有磁場が無く、濃い大気も無い事が良く知られている。強い固有磁場が太陽風の磁気圏への直接侵入を妨げている地球とは異なり、月表面には太陽風が直接衝突する事ができる。月表面磁気異常が発見された1960年代以降、太陽風と月面磁気異常の相互作用に関するいくつかの研究がなされている。米国のルナープロスペクターに搭載されたMAG/ERは、太陽風と月表面磁気異常の相互作用によると考えられる電子の加熱を発見し小型磁気圏の存在を示唆した。しかしながらその相互作用の詳細なメカニズムについては、低エネルギーイオンの直接観測データが無かったことからよくわからない状態が続いていた。

「かぐや」衛星搭載プラズマ観測装置MAP-PACE (MAGnetic field and Plasma experiment - Plasma energy Angle and Composition Experiment)は高度100kmの月周回軌道で低エネルギーイオンの連続観測を約1年半にわたって行なった。最後の半年間は、高度50kmに軌道を下げ、その後更に低い10km高度での観測も行った。MAP-PACEは「かぐや」に搭載された14の観測装置のうちの一つであり、電子観測器ESA (Electron Spectrum Analyzer)-S1, S2、イオン観測器IMA (Ion Mass Analyzer)とIEA (Ion Energy Analyzer)の4種類のセンサーで構成されている。各センサーは半球面の視野を持っており、2台の電子観測器と2台のイオン観測器で低エネルギー電子とイオンの3次元分布関数を計測することができる。イオン観測器のうち、月面方向に視野を持つIMAは質量分析器であり、高度100kmの月周回軌道でこれまでなされた事の無かったイオンの質量分析を行った。

かぐやが強い磁気異常の存在するSouth Pole Aitken領域の上空を通過した際には、磁気異常によって反射された太陽風イオンが観測された。月表面で散乱されたプロトンとは異なり、これらのイオンは、入射する太陽風のエネルギーとほぼ等しいエネルギーを持っており、フラックスも入射太陽風イオンの10%以上と高い。これらの反射イオンが観測される時、同時に観測される電子は加熱を受け、入射する太陽風イオンは減速を示す事があり、このことは月表面磁気異常と太陽風が高度100kmでも既に相互作用をしていることを示している。低高度の50kmでは、磁気異常によって反射されたイオンが観測される時、月面で散乱された太陽風プロトンが観測されなくなる事がわかった。この事は月面上の強い磁気異常の周辺には太陽風の衝突しない領域が存在することを示している。更に低い高度の10km高度では、太陽風イオンと磁気異常の相互作用は非常に顕著であり、入射太陽風は減速され、反射イオンの加熱や、電子の加熱も同時に観測される。密度、速度、温度を含むイオンと電子の速度モーメントを計算すると、月面磁気異常周辺には100kmスケールにわたって、外部とはプラズマ状態が異なる領域の存在することがわかった。10km高度における太陽風イオンは、磁気異常の構造によっていくつかの異なる振る舞いを示す。一例として、イオンの温度は変化しないで減速のみ観測されることがある。また、磁気異常構造の一部の領域においてイオンの温度が上昇する例も観測された。いずれ

の場合においても入射太陽風の減速が観測されるが、この減速は、 $\Delta E/q$ （ ΔE 減速エネルギー、 q 電荷）を異なる質量種についても一定に保つような減速であることがわかった。このことは、太陽風と磁気異常の間の相互作用メカニズムに制限を与えることになる。

キーワード:月,プラズマ,磁気異常,アルカリ大気,磁気圏,太陽風

Keywords: moon, plasma, magnetic anomaly, alkali atmosphere, magnetosphere, solar wind