

ARTEMIS 衛星による地球磁気圏尾部ロープ内での昼側月面上空プラズマの観測 ARTEMIS observations of lunar dayside plasma in the terrestrial magnetotail lobe

原田 裕己^{1*}, 町田 忍¹, Jasper Halekas², Andrew Poppe², James McFadden²
Yuki Harada^{1*}, Shinobu Machida¹, HALEKAS, Jasper S.², POPPE, Andrew R.², MCFADDEN, James P.²

¹ 京都大, ²University of California, Berkeley

¹Kyoto Univ., ²University of California, Berkeley

月が地球磁気圏尾部ロープ内に位置していた時に、ARTEMIS 衛星が観測した月に関連をもった電子、イオンの特徴を調べた。月プラズマ相互作用において月は単なるプラズマの吸収体であるとしばしば考えられてきたが、最近の観測によって月起源のプラズマが月周辺のプラズマ環境に大きな影響を与えることが明らかになってきた。今回我々は、地球磁気圏尾部ロープ内での低密度環境において、月起源のプラズマが重要な役割を果たすことを示す観測例を報告する。本研究では、昼側の月面上空と月から遠く離れた2つの点における同時観測データを用いることにより、背景プラズマの変化と月に関連した現象とを切り分けて解析を行った。

ARTEMIS 衛星の1機が昼側月面上空を飛行しながら磁力線によって月面に繋がっている時に、磁力線に沿って昼側月面から上昇して来る電子を観測した。上昇電子のピッチ角分布を調べると、そのピッチ角幅は、磁力線が月面となす角度に依存していることがわかった。この傾向は電子を放出する月面に対して傾いた磁力線の効果を考慮すると説明できる。また、上昇電子が 10~200 eV 程度の比較的高いエネルギーにおいても大きなフラックスをもつことから、これらの電子の大部分は月面から放出された光電子の高エネルギーテイルの部分であると推測される。このように月面から放出される光電子のエネルギー分布に高エネルギーテイルが存在するのであれば、周囲のプラズマから流入する電子電流が小さくなるロープ内では、昼側の月面は大きく正に帯電することが予想される。正に帯電した昼側月面付近に生じる上向きの電場は、月面のごく近傍で新たに電離した月外気圏由来のイオンを上向きに加速すると考えられ、実際に、同期間に昼側月面上空で磁力線に平行な速度成分をもつ月関連のイオンが観測された。月関連イオンの平行速度成分からは数 10 V 以上の正の月面ポテンシャルの存在が示唆された。また、月関連イオンに加えて、電子プラズマ周波数の上昇、衛星電位の減少、冷たい電子の増加など、月由来のプラズマの存在を示す兆候が同時に観測された。2地点で観測されたラングミュア波の周波数の差異から、昼側月面上空には背景の地球磁気圏尾部ロープに比べて数倍の密度のプラズマが存在していることが示された。さらに、これらの月関連プラズマの兆候と同時に背景電子の速度分布関数が変化しているのが観測され、そのことはロープ電子が月関連プラズマと直接的、または間接的に相互作用していることを示唆する。

これらの ARTEMIS 衛星による観測は、地球磁気圏尾部ロープ内では、昼側月面のごく近傍で新たに電離した密度の高い月由来のイオンが、大きく正に帯電した月面付近の電場によって上向きに加速され、上空数 100 km 以上に拡がり、周囲のプラズマと相互作用していることを示している。このように、ロープ内における昼側月面上空は、月面電場によってエネルギーを与えられた密度の高い重イオンが背景の sub-Alfvénic な流れをもつ低ベータプラズマ中に存在するという、非常に興味深いプラズマ環境であり、複数成分プラズマの物理過程の理解を進めるためにも更なる研究が必要である。

キーワード: 月, プラズマ, 表面帯電, ピックアップイオン, 光電子

Keywords: Moon, plasma, surface charging, pickup ion, photoelectron