

PEM028-06

会場:201B

時間:5月27日 15:30-15:45

ウェイク境界におけるイオンと電子の密度構造について Expansion fronts of solar wind ions and electrons at the wake boundary

中川 朋子^{1*}

Tomoko Nakagawa^{1*}

¹ 東北工業大学工学部情報通信工学科

¹Tohoku Institute of Technology

月のように、誘電体で構成され、固有磁場を持たない小天体に太陽風が吹きつけた場合、プラズマのほとんどがその表面で吸着され、下流にはウェイクと呼ばれるプラズマ密度の薄い領域ができる。ウェイクの境界では、イオンと電子の熱速度の違い(約40km/sと2000km/s)によって電荷の不均一(プロトンだけが入れない領域)が形成され、分極電場によって電子がイオンを引っ張り、イオンが加速されるという説明がされてきた。この説明からは、まず電子がウェイク中に入り、ほぼ同時またはやや遅れてプロトンがウェイクに侵入して行くような姿が想像されるが、実際に2次元粒子コードで数値実験を行ってみると、天体の近くのウェイク境界の電場の強い領域ではむしろプロトン密度のほうが電子密度より高くなっていることがわかった。ある程度天体から離れた距離になってやっと電子密度がプロトンを上回るようになる。ここでプラズマの計算には全粒子法である ElectroMagnetic 2-D particle-in-cell code(Birdsall and Langdon, 1985)を用い、電磁場はFDTD法を用いて計算、天体にぶつかったプラズマはその場に吸着するものとした。プロトンの熱速度 V_i 、太陽風の平均速度 V_{sw} 、電子の熱速度 V_e の比は $V_i:V_{sw}:V_e=1:8:32$ とし、デバイ長は天体の半径の1/4または1/8とした。この比率は計算時間を短縮するために設定されたものであり、月のような大きな天体の場合に比べ、帯電の効果が強調されることに注意されたい。

天体近傍のウェイク境界において、プロトンの密度が電子密度よりも高かったのは、天体の夜側が電子の衝突により負に帯電し、エネルギーの低い大多数の電子を寄せ付けないためである。天体の夜側が負に帯電するのは、太陽風のバルク速度よりも電子の熱速度のほうが速いという太陽風の性質によるもので、それを担うのは、太陽風速を凌駕して夜側表面に到達できる、エネルギーの高い電子である。一方、電子密度を稼ぐのはあまりエネルギーの高くない電子たちであり、昼夜境界を越えた辺りから天体表面の帯電によって軌道を曲げられ、ウェイクから遠ざけられてしまう。天体近傍でイオンをウェイク中心へ向かって加速するのは、ウェイク中のごくわずかな電子というよりむしろ天体夜側表面の帯電であり、ウェイク中の電子がイオンを引っ張るのは、やや下流になってウェイク中心部に電子密度がプロトン密度を凌駕する場所ができてからと考えられる。

キーワード: ウェイク境界, 帯電, 熱的電子, 電子温度, 太陽風, 電場

Keywords: wake, electrons, expansion front, surface charging, PIC simulation, ambipolar electric field