

磁場をもたない小天体と太陽風の相互作用の2次元PICシミュレーション

中川 朋子 [1]
[1] 東北工大・工・情報通信

2-D particle-in-cell simulation on the solar wind interaction with a non-magnetized body

Tomoko Nakagawa[1]
[1] Tohoku Inst. Tech.

<http://www.ice.tohtech.ac.jp/~nakagawa/>

The solar wind interaction with a non-magnetized body is studied by using a 2-dimensional electromagnetic full particle simulation. By considering absorption of the plasma particles at the surface of the non-magnetized body, we obtain an intense electric field at the terminator region which is the boundary between the neutral solar-side surface and the negatively-charged, anti-solar side surface bombarded only by electrons with larger thermal speed than the solar wind bulk velocity. In order to simulate the solar wind magnetic field, we introduced the background magnetic field whose direction is -45 degrees from the solar wind flow. For the intense magnetic field case in which the electron cyclotron frequency was 12 times as large as the plasma frequency, there found enhancements of electron density streaking away from the region slightly nightside of the terminator. They are supposed to be the electrons flowing away from non-magnetized body along the magnetic field lines, due to the electric potential on the nightside, negatively charged surface.

大規模な固有磁場をもたない月は、吹きつける太陽風の大部分を吸着するため、下流には太陽風プラズマの無い領域「ウェイク」が形成される。近年では「かぐや」衛星によって月による太陽風プロトンの反射も発見され、磁場をもたない天体と太陽風との相互作用が注目を集めている。

Kimura and Nakagawa (2008) は、月によるウェイク形成とその周辺の電場構造を調べるため月を誘電体（完全不導体）と近似し、吸着した電荷は月面上を移動しないという仮定で2次元粒子コードによるシミュレーションを行った。これにより、昼側月面にはプロトン・電子ともに吸着されるのに対し、夜側月面は、太陽風速より熱速度の速い電子だけが到達できるため負に帯電し、昼夜の境界に強い電場が現れることが示された。この計算では、計算資源の限界から、デバイ長を月半径の4分の1という大きな値にせざるを得なかったため、現実の月に直接応用する事は難しいが、小惑星などのより小さな天体と太陽風との相互作用の理解に役立つことが期待される。

Kimura and Nakagawa (2008) の計算では太陽風磁場が入っていなかったため、今般、太陽風磁場を入れて同様のシミュレーションを行った。太陽風とともに流れる磁場を再現するため、太陽風速度 V_{sw} に対し斜め -45 度の磁場 B と、 $E = -V_{sw} \times B$ の電場を初期条件として与え、以降は計算によって電場、磁場を求めた。プロトンのラーマー半径が天体の半径（デバイ長の4倍）より小さくなるような強い磁場強度（電子サイクロトロン周波数がプラズマ周波数の12倍）を与えて計算すると、天体の昼夜境界よりやや夜側のあたりから、磁力線よりやや（ $7-8$ 度）ずれた方向に天体の半径の10倍以上の距離にわたって筋状の電子密度の上昇がみられた。これは、太陽風磁場が月の夜側の負に帯電した領域に達した時、ポテンシャルを感じて磁力線に沿って流出する電子流（朝側は磁力線に沿って太陽風を遡る方向、夕側は磁力線に沿って太陽風を下る方向）によって説明できる。天体の夜側の帯電による静電ポテンシャルが電子の熱速度程度のため、磁力線に沿って流出する電子流もほぼ電子の熱速度（太陽風速の4倍）程度となっており、これと太陽風バルク速度との合成で、流出電子の筋の方向が決まる。プロトンについてはこのような筋は現れない。磁場強度を弱くしていくと、天体のスケールに対してサイクロトロン半径が大きくなり、磁場の効果がほとんど現れなかった。