

小型ダイポール磁場構造と太陽風の相互作用に関する粒子シミュレーション

臼井 英之 [1]; 森高 外征雄 [2]; JST/CREST マルチスケール粒子シミュレーション 臼井 英之 [3]
[1] 神戸大・システム情報; [2] 神大・情報; [3] -

Full particle-in-cell simulation study on the solar wind interactions with small scale dipole fields

Hideyuki Usui[1]; Toseo Moritaka[2]; Usui Hideyuki JST/CREST Multi-scale Particle Simulation[3]
[1] System informatics, Kobe Univ; [2] Informatics, Kobe Univ; [3] -

We have been investigating solar wind interaction with a small-scale artificial magnetic field structure by means of a full particle-in-cell electromagnetic simulation. The resultant momentum transfer of solar wind plasmas may provide the propulsion for magnetic sail which is a potential next-generation interplanetary flight system.

In the current research, we focus on a small-scale dipole magnetic field whose size is less than the ion inertial length in the solar wind. In this situation, electron interaction becomes important in the process of the magnetosphere formation. The width of the boundary current layer as well as the spatial gradient of the local magnetic field compression found at the dayside can be characterized by the electron Larmor radius. At the boundary region where the magnetic fields are compressed, electrons basically stagnate and form a high density region while Ions' trajectories are little affected because of large Larmor radius. However, owing to the electrostatic force induced by the difference of dynamics between electrons and ions, ions dynamics are also indirectly influenced by the presence of the small magnetosphere.

In addition, IMF effect such as the formation of shock structure and magnetic field reconnection can affect the formation of the magnetosphere. For example, in northward IMF case, magnetic reconnection takes place at the night side and the reconnected fields are transferred and piled up in the dayside region. Some solar wind electrons are trapped in the dayside magnetosphere and the density becomes high. We are performing a three dimensional PIC simulation to understand the detailed process of the solar wind interaction with a small scale dipole field to see the difference from those obtained with two dimensional models.

本講演では、衛星搭載電流コイルによって作られる小型人工ダイポール磁場構造と太陽風の相互作用について行った粒子シミュレーション解析について報告する。

次世代の惑星間宇宙航行システムとして提案されている磁気プラズマセイル(MPS)は、宇宙機の周辺に人工的に作られたダイポール磁場によって太陽風を受け止め、その運動量を推力に変換して航行するシステムである。人工ダイポール磁場の規模は地球磁気圏とは違い太陽風中のイオン慣性長よりも小さい。このような小磁場構造と太陽風プラズマの間でどのような相互作用が生じるかという点については、いまだ定量的な理解が進んでいない。太陽風プラズマ、特にイオンのラーマ半径がダイポール磁場構造の大きさとほぼ同程度もしくは大きくなるため、この定量的解析を行うにはMHDモデルシミュレーションではなくプラズマの運動論的效果を考慮した粒子シミュレーションが適している。

これまで、太陽風中のイオン慣性長(またはイオンラーマ半径)と同程度もしくはそれよりも小さい小型ダイポール磁場と太陽風プラズマとの相互作用を調べるために粒子シミュレーションを行ってきた。その結果、イオンラーマ半径より小さい磁場構造においても電子スケールの小磁気圏が形成されることがわかった。地球磁気圏の場合と同様に、太陽風側では磁場の圧縮が生じ、またその圧縮領域では境界層電流が流れることもわかった。特徴としては、イオンラーマ半径が大きいにも関わらず、イオン運動を含めた太陽風の動圧とダイポール磁場圧が釣り合う点を中心にダイポール磁場が圧縮される点、および、その磁場圧縮領域で電子による境界層電流が流れその領域の厚さは電子のラーマ半径程度である点、が挙げられる。ただし、惑星間空間磁場(IMF)との影響を考えると、前面では衝撃波構造に似た擾乱領域の生成、また磁力線リコネクションによるダイポール磁場の構造的変化、それに伴う太陽風プラズマの流入などがあり、小規模磁気圏は大きくゆがめられる可能性がある。これらの点について、これまでに得られた粒子シミュレーション結果を元に議論するとともに、3次元効果についても紹介する。これらの小磁場-太陽風相互作用の解析は、今後、月面磁気異常や水星などの小規模磁気圏と太陽風との相互作用の理解に役立つと考える。