

PEM026-06

会場:101

時間:5月24日 15:30-15:45

小型ダイポール磁場と太陽風の相互作用に関する粒子シミュレーション Full particle-in-cell simulation study on the solar wind interactions with small scale dipole field

臼井 英之^{1*}, 森高 外征雄¹
Hideyuki Usui^{1*}, Toseo Moritaka¹

¹ 神戸大学大学院システム情報学研究科

¹ Graduate School of System Informatics

我々は、次世代惑星間航行システムとして JAXA で検討が進められている磁気プラズマセイル (MPS) の推力評価に向けて、衛星に搭載された超電導コイルによって作られる小型人工ダイポール磁場と太陽風の相互作用に関する 2 次元および 3 次元全粒子シミュレーション解析を行っている。本講演では、特に、イオン慣性長以下のスケールのダイポール磁場を取り扱い、太陽風相互作用によって生じる境界層電流の形成プロセスおよびその特性を定量的に調べるとともに、その数値モデル化を試み、MPS 推力推定に役立てる。

MPS は、衛星周辺に形成された人工ダイポール磁場によって太陽風を受け止め、その運動量の一部を推力に変換して航行するシステムである。推力は、ダイポール磁場と太陽風の境界層に形成される電流によって生じる磁場と衛星コイル電流との間のローレンツ力で評価できる。すなわち、境界層電流の定量把握がキーとなる。

MPS では、イオン慣性長以下のダイポール場を形成するので、直接的にはイオンダイナミクスがダイポール場から大きく影響を受けるとは考えにくい。しかし、電子はこの小型ダイポール磁場においても磁化されているため、このスケールでは、まずダイポール磁場による電子ダイナミクス変動が重要となる。結果として、電子・イオン間でダイナミクスの差異が生じ、主として静電的效果によりイオンダイナミクスも大きく影響を受ける。この状況において形成される小型磁気圏の境界層電流特性を粒子シミュレーションによって調べる。特に、その形成場所、電流強度、層の幅について、シミュレーション結果から定量モデルを構築することを試みる。

また、太陽風磁場とダイポール磁場との相互作用の観点から、衝撃波構造、磁気リコネクションなどのプラズマ現象も生起すると考えられ、これらの現象が小規模磁気圏でどう生じるのか、また、これらが境界層電流形成にどのような影響を及ぼすかについても着目する。これまでの 2 次元シミュレーションでは、北向き IMF の場合でも磁気圏夜側において磁気リコネクションが生じ、繋ぎかえられた磁力線が太陽風電子とともに磁気圏昼間側に逆流し蓄積され、磁気圏内部プラズマの増加および電流密度のピークが見られた。また磁気圏前面境界層での圧力平衡の変化により、電子反射やショック構造形成が見られた。このように IMF を考慮することにより磁気圏拡大が見られ、結果として MPS 推力は非定常に増加することが確認できた。マルチスケール 3 次元粒子シミュレーションを今後行い、2 次元モデルで得られた結果を踏まえたうえで小規模磁気圏と太陽風の 3 次元的な相互作用についての詳細解析を進める。

キーワード: ダイポール磁場, 太陽風相互作用, 粒子シミュレーション, 磁気プラズマセイル

Keywords: dipole magnetic fields, solar wind interactions, particle simulation, magnetoplasma sail