

プラズマ粒子シミュレーションによる太陽風 小型ダイポール磁場相互作用の解析とその Reiner Gamma 磁場への応用 PIC simulation on the solar wind interactions with meso-scale magnetic dipole and its application to Reiner Gamma

臼井 英之^{1*}, 梅澤 美佐子¹, 松本 正晴¹, 西野 真木², 三宅 洋平¹

Hideyuki Usui^{1*}, Misako Umezawa¹, Masaharu Matsumoto¹, Masaki N Nishino², Yohei Miyake¹

¹ 神戸大学大学院システム情報学研究科, ² 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所

¹ Graduate school of system informatics, Kobe University, ² JAXA/ISAS

我々は、宇宙プラズマの運動論的效果を考慮したプラズマ粒子シミュレーションにより太陽風と小型局所ダイポール磁場との相互作用について研究を行っており、本講演では、その結果の一部を紹介するとともに月面ライナーガンマの局所磁場への応用事例を報告する。我々が対象としている代表的なダイポール磁場は、その中心と太陽風動圧の釣り合い点との距離が太陽風イオンの慣性長よりも小さくかつ電子ジャイロ半径よりは十分大きい、いわゆるメソスケール規模を想定している。地球規模のダイポール場と違い、メソスケール磁場の場合、磁場に対する電子とイオンのダイナミクスの違いが磁気圏形成やそれに関連するプラズマ現象に大きく影響すると予想される。すなわち、磁場を媒介した電子とイオンのスケールカップリングが重要となる。しかし、このような小型磁場構造と太陽風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。これまでのシミュレーション結果では、イオンラーマ半径より小さい磁場構造においてもメソスケールの磁気圏が形成されることがわかった。太陽風動圧と磁場の釣り合い点近傍において、イオンと電子の電荷分離が生じ、その結果生じる局所電場により、本来このスケールでは非磁化とみなされるイオン流も大きく影響を受けることを明らかにした。また、そこ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も粒子シミュレーションから明らかになった。ただし、惑星間空間磁場 (IMF) 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小型ダイポール磁場の構造的変化などが考えられる。

今回、月面磁気異常の一例としてライナーガンマをモデルとして採用しそのプラズマ粒子シミュレーションを行った。太陽風に対してダイポール磁場がほぼ垂直に位置するため、ライナーガンマ上空でのプラズマおよび磁場密度の増加がみられるが、IMFの方向によってその違いがみられた。また磁場の影響により太陽風イオンがライナーガンマ領域の月面にほとんど達しないことも明らかになった。これらの現象について月面上空でのプラズマダイナミクスや電界構造を考慮しつつ議論する。

キーワード: プラズマ粒子シミュレーション, 磁気異常, 小型ダイポール磁場, 太陽風, ライナーガンマ

Keywords: Plasma particle simulation, magnetic anomaly, small-scale magnetic dipole, solar wind, Reiner Gamma