

磁気圏尾部乱流リコネクション領域でのイオンのダイナミクス

東森 一晃 [1]; 星野 真弘 [2]
[1] 東大・理・地惑; [2] 東大・理・地球物理

Ion dynamics in turbulent reconnection region in the magnetotail

Katsuaki Higashimori[1]; Masahiro Hoshino[2]
[1] Earth and Planet. Sci. Univ of Tokyo; [2] Earth and Planetary Sci., Univ of Tokyo

Recent spacecraft observations in the Earth's magnetotail revealed that both ion and electron distribution functions have non-thermal features, yet our understanding of the acceleration mechanism is limited. In this presentation, we investigate the ion acceleration process under the synergic effect of magnetic turbulence and the chaotic motion of a charged particle with the magnetic field curvature parameter $K \sim 1$.

Since the discovery of the Speiser orbit, ion dynamics in the magnetotail has been studied in diverse magnetic field configurations, e.g., a one-dimensional Harris model. It is found that the motion of charged particle is controlled by K value, and chaotic behavior emerges when $K \sim 1$. In addition, it is also reported that the magnetic turbulence observed in the magnetotail contributes to the production of non-thermal ions.

In this presentation, having these studies in our mind, ion dynamics in the turbulent dipole-like magnetic field is revisited by using a test particle simulation. Firstly we study the motion of ions in a one-dimensional magnetic field configuration. We inject ions with the different pitch angle but the same initial curvature parameter value $K \sim 1$, and investigate the particle diffusion as a function of magnetic turbulence. It is found that the ion displacement distribution in the dawn-dusk direction is well approximated by a power-law function. Furthermore, the power-law index becomes large as increasing the intensity of turbulence. The index reaches about -1.8 when the amplitude of turbulence becomes comparable to the ambient magnetic field. In the case of a static magnetic field, the chaotic behavior of an ion makes a certain level of the particle diffusion, but it is difficult to identify its spectrum as a power law. Next we study ion dynamics under a two-dimensional topology of magnetic reconnection. Based on the test particle simulation performed in the dipole-like magnetic field geometry, we inject Maxwell distribution into Lobes and, then, obtain distribution functions in the reconnection outflow regions. We will discuss the nature of non-thermal acceleration in the turbulent reconnection region based on our understanding of the one-dimensional study.

磁気圏尾部において非熱的分布をしたイオンや電子が存在することが観測されているが、その加速メカニズムはまだよくわかっていない。本研究では、磁気圏尾部の電流シートを貫く磁場構造中で、磁場の曲率半径とジャイロ半径が同程度になる、湾曲パラメータ ~ 1 程度の荷電粒子のカオス性と乱流場との相乗効果でおきる乱流加速に注目する。

磁気圏尾部の運動論に関する研究は、Speiser 軌道の発見以来、例えば 1 次元 Harris 型の磁場などについて詳しくなされてきた。また粒子の運動は K の値によってだいたい決まり、 $K \sim 1$ のときにカオスな振る舞いをしやすいことがわかっている。さらに最近では観測から磁気圏尾部の乱流磁場がイオン加速に効くのではないかという結果も報告されている。

本研究ではこれらの成果を踏まえ、まず双極子型の乱流磁場中でイオンのテスト粒子計算を行った。様々なピッチ角と ~ 1 程度の初期条件を持つイオンを電流シートに注入し、乱流強度に対する荷電粒子の空間拡散について調べた。この計算からイオンの朝夕方向への変位と粒子数の関係をみるとベキ型の分布になることがわかり、さらに乱流強度を上げるほどそのベキ指数が大きくなることがわかった。そのベキ指数に関しては、乱流磁場の最大振幅を基の磁場と同程度まで大きくすることでおよそ -1.8 になるという結果を得た。乱流がない静的な場合に粒子はカオス性によってある程度その移動距離に広がりを持つが、乱流がある場合に比べて分布に広がりが小さく分布がベキで表せるとは言い難い結果を示している。続いて 2 次元のリコネクション構造の場合について調べた。双極子磁場のテスト粒子計算を基に、Lobe から Maxwell 分布で与えた粒子群をリコネクション流出領域で得、さらにそこから分布関数を得た。そして 1 次元で得られた知見を基に乱流がある場合のリコネクション領域でのイオン加速について議論する。