

平成14年度 名古屋大学 理学研究科 素粒子宇宙物理学専攻 宇宙地球物理系
修士論文

氏名：玉川貴文

発表題目：Hall-MHD シミュレーションによる無衝突磁気リコネクションの研究

要旨

本研究では、太陽風 - 磁気圏結合の中でも特に重要な機構の一つである、地球磁気圏前面の境界面における無衝突プラズマ中の磁気リコネクションの物理特性を理解するために、2次元 Hall-MHD シミュレーションを用いて、惑星間空間磁場の南北成分が定常的に南を向いている場合に、リコネクションが起きている領域でどのような磁場、及び電流系が作り出されるかという問題について、特に Hall 効果に重点をおいて通常の MHD シミュレーションとの比較を行いつつ研究を行った。

そもそもこのシミュレーションコードは以前に、冷たいプラズマによって構成される電離圏のエレクトロダイナミクスの研究に用いられたもので、今回それに改良を加え、磁気リコネクションに適用した。通常の MHD シミュレーションで再現される磁場、電流、そして電場のプロファイルと、Hall-MHD シミュレーションから得られるこれらの物理量とは大きく様子が異なっており、リコネクション面を貫く Hall 磁場、及びそれとコンシステントな面内を流れる Hall 電流を再現することができた。そしてそれらの Hall 効果と、電子とイオンの運動との関連を定量的に評価することができた。

Hall-MHD シミュレーションの場合、リコネクション領域において、つなぎ替わった磁力線の磁気張力は、通常の MHD シミュレーションの場合より大きく、圧力勾配力については MHD の場合の方が若干大きいという結果を得た。そして両者の大きさを比べると、磁気張力による力の方が圧倒的に上回っており、プラズマ粒子は、この磁気張力 $\mathbf{J} \times \mathbf{B}$ 力によって加速される。即ち、リコネクション領域全域に渡って、 $\mathbf{J} \times \mathbf{B}$ 力が支配的な駆動源であった。

磁場のつなぎ替わる領域から、下流に放たれるイオン及び電子速度について同様に調べたところ、MHD においてはそれらの速度に一切相違はなく全く等しい速度となっていた。一方 Hall-MHD の場合、イオン速度は MHD シミュレーションの場合の速度と同じプロファイルであったが、電子速度については MHD の場合の数倍の速度に加速されていた。即ち、Hall 効果の付加により磁気張力も増幅され、リコネクション領域からのプラズマの流出速度が高められたことから、Hall 効果はリコネクションを増進するという結果を得た。