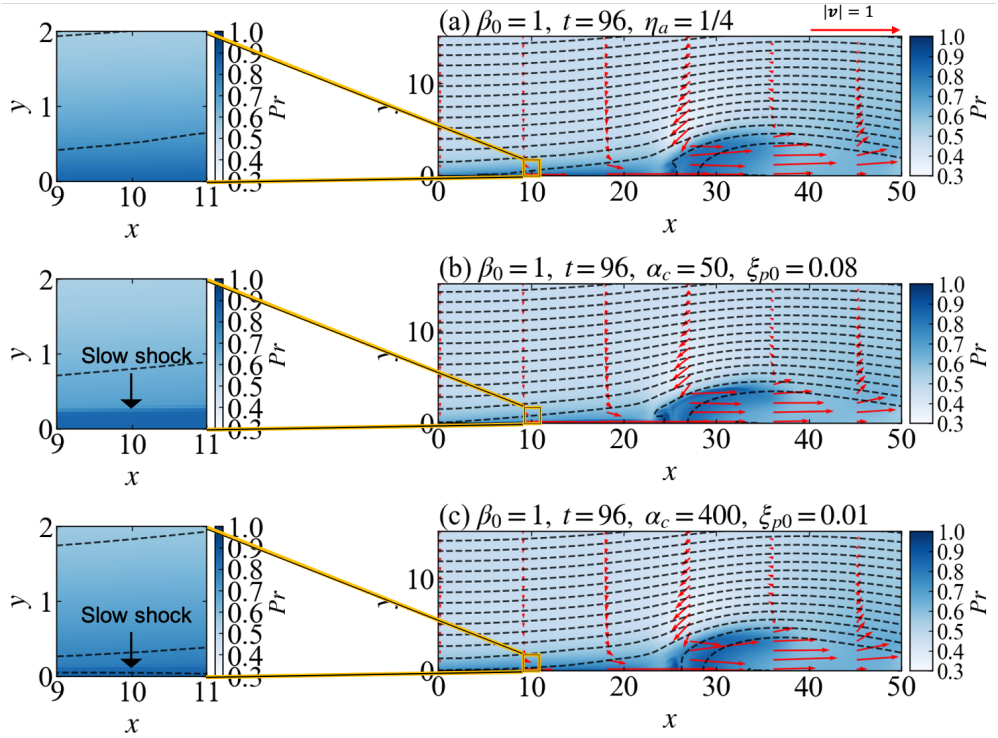
部分電離プラズマ中で起きる磁気リコネクションの数値的研究 (修士論文)

磁力線の繋ぎかえである磁気リコネクションは、太陽フレアやジェット現象のエネルギー解放過程で重要な役割を担っている。近年では太陽彩層での突発現象やナノフレアも見つかっており、磁気リコネクションが太陽彩層で普遍的に起こっていることが示唆されている。そのため、太陽彩層のような部分電離プラズマで満たされている空間で起きる磁気リコネクションの特徴を数値計算によって調べる必要がある。部分電離プラズマの運動を数値的に研究する上では二つの手法があり、一つはMHD方程式に両極性拡散を追加した方程式(一流体方程式)を計算するものである。もう一つには、部分電離プラズマを中性流体とプラズマの混合流体と考えて二成分の流体方程式(二流体方程式)を計算するという手法がある。我々は部分電離プラズマ中で起きるPetschek型の磁気リコネクションについて数値計算を行い、一流体方程式と二流体方程式を用いた場合の計算結果の違いについて調べた。加えて、完全電離プラズマ中で起きる磁気リコネクションとの相違についても調査した。その結果、両極性拡散が大きい場合に、スローショック近傍で一流体方程式の計算と二流体方程式の計算では結果が異なり、二流体方程式の計算結果でのみ圧力に不連続な構造が現れることを示した。また、プラズマベータの等しい完全電離プラズマと部分電離プラズマの計算結果を比較することで、部分電離プラズマ中の方がリコネクションアウトフローが速いことを示し、部分電離プラズマ中でのみファストショックが形成される場合があることも示した。



圧力の二次元分布図。左図は右図の$x \in [9, 11], y \in [0, 2]$の領域の拡大図。破線は磁力線、矢印は音速$C_s$を規格化の単位とした時の$xy$面内での速度場$(V_x, V_y)$。(a)は両極性拡散の大きい場合の一流体計算、(b)は高い電離度の二流体計算、(c)は低い電離度の二流体計算の結果。

(冨野芳樹)