

動的ペッチェック過程による磁気リコネクションの新たな高速化機構



柴山拓也¹, 草野完也¹, 三好隆博², 中坊孝司¹, Grigory Vekstein³

1: 名古屋大学 STEL 2: 広島大学 3: University of Manchester

背景

磁気リコネクションは反平行の磁力線を繋ぎかえることで磁気エネルギーを熱や運動エネルギーに変換する物理過程であり、太陽フレアや磁気圏サブストームのエネルギー解放機構と考えられている。しかし、どのようにして効率的に磁力線を繋ぎかえるかという「リコネクション高速化問題」は数十年来のリコネクション研究にも関わらずいまだ決定的な解決に至っていない。

現状の問題

太陽コロナのような電気抵抗が非常に小さい宇宙プラズマにおいて効率的に磁力線を繋ぎかえるのは難しく、古典的な定常リコネクションモデルである Sweet-Parkerモデルでは観測される速いリコネクションを説明することはできない。Petschekモデルでは速いリコネクションを実現することができるが、磁力線を繋ぎかえる**拡散領域を非常に局所化する必要がある**。空間的に一様な電気抵抗モデルを用いた数値計算ではPetschek型のリコネクションが**再現された例はない**。

成果

電流層の不安定性によって発生する磁気島(プラズモイド)が十分に非線形発展できる大きなシステムで数値計算を行ったところ**プラズマの運動が自発的に拡散領域を局所化する働き**をし、電気抵抗が空間的に一様であってもPetschekにより予言された衝撃波構造が出現することを**世界で初めて指摘した**。これにより観測の速いリコネクションを説明するのに必要な0.01程度のリコネクション率まで**リコネクションが高速化**することを明らかにした。

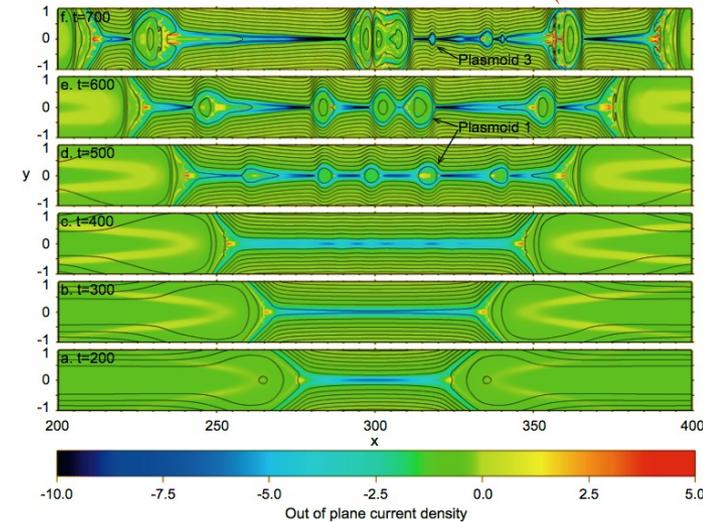


図1. 電流層の空間構造の時間発展
色は電流密度、黒実線は磁力線。

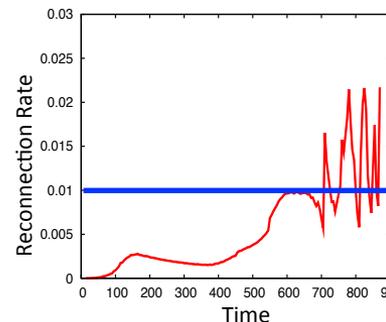


図2. リコネクション率の時間変化
青線が観測を説明するのに必要なリコネクション率。

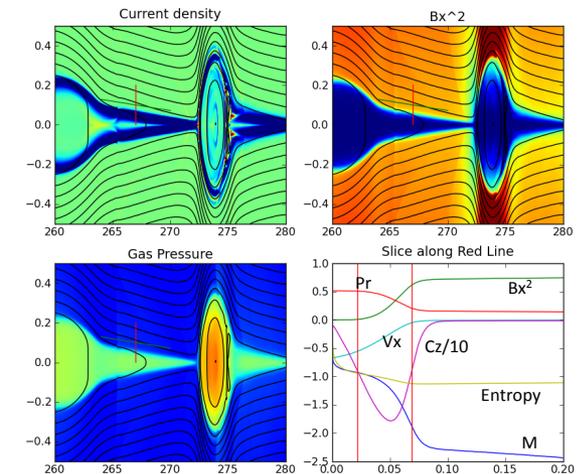


図3. 衝撃波空間構造の詳細
右下は図中赤線に沿った物理量のプロットであり、Mがプラズマのマッハ数。