

無衝突磁気リコネクションの衛星観測＝シミュレーション比較研究

銭谷誠司 (国立天文台)

利用カテゴリ XT4A

磁気リコネクションでは、磁力線が繋ぎ変わる X 点近くに **磁気散逸領域** という重要領域が存在し、系の発展をコントロールしている。無衝突運動論プラズマでは X 点付近の構造が複雑で、散逸領域およびその周辺構造はよくわかつていなかったが、新しいエネルギー散逸理論を用いると重要領域を良く特徴付けられることがわかつってきた (Zenitani et al. [2011] *Phys. Rev. Lett.*.)。

本研究では、この理論を宇宙空間の無衝突プラズマ環境で検証した。地球磁気圏夜側で GEOTAIL 衛星が観測したリコネクションイベントと、大規模粒子シミュレーションの結果を詳細に検討した結果、衛星データでも X 点相当の位置でエネルギー散逸が見えることを突き止めた (図 1)。これは惑星磁気圏夜側で **散逸領域を特定** した初めての結果である。

次に、一般的な磁気流体力学 (MHD) 現象に向けて理論を延長し、シミュレーションと併せてリコネクションの内部構造を検討した。例えば、散逸領域を取り巻く周辺領域では、図 2 のような非等方的な分布関数に象徴される **運動論効果** によってイオンの理想条件 $\mathbf{E} + \mathbf{v} \times \mathbf{B} = 0$ が破れている。しかし、トポロジーとエネルギーの両面で MHD 系の非線形発展に影響しないことがわかつた。

最後に、リコネクション平面に垂直な磁場成分 (ガイド磁場) を含んだシア型リコネクションに理論を応用した。ガイド磁場系ではトポロジー境界 (セパラトリクス) で Buneman 不安定などの **運動論プラズマ不安定** が起きるが、不安定の時間・空間スケールの粗視化を行うことで、散逸構造を精度良く判定できることがわかつた。言い換えると、リコネクション系のエネルギー散逸を議論するためにはプラズマ不安定の知識が不可欠だと言える。2014 年には MMS (Magnetospheric Multi-Scale) 衛星が打ち上げられ、地球磁気圏周辺の磁気リコネクション領域を観測する予定である。ミッション初期フェーズではガイド磁場のある地球磁気圏前面を観測するため、この結果は衛星データを評価するための基礎資料になるだろう。

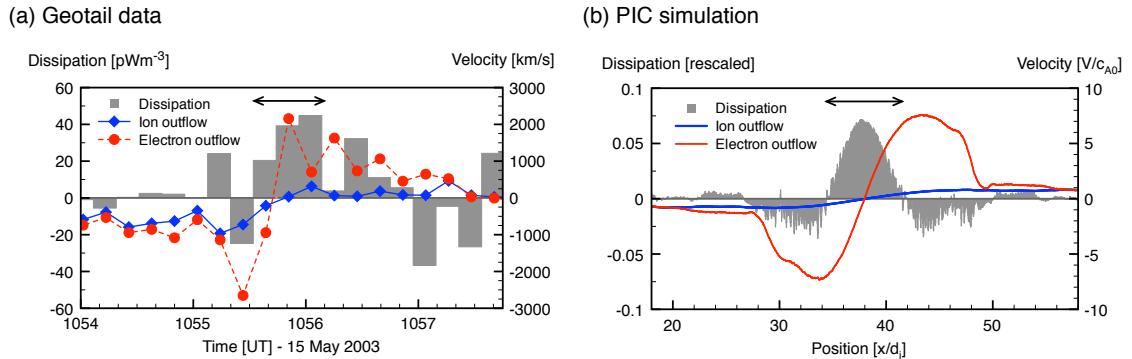


図1 (a) ジオテイル衛星のリコネクション観測イベント。中心領域のエネルギー散逸(灰色)および、双方向に吹き出すプラズマジェット(赤・青線)を表す。(b) 2次元粒子シミュレーションの結果。

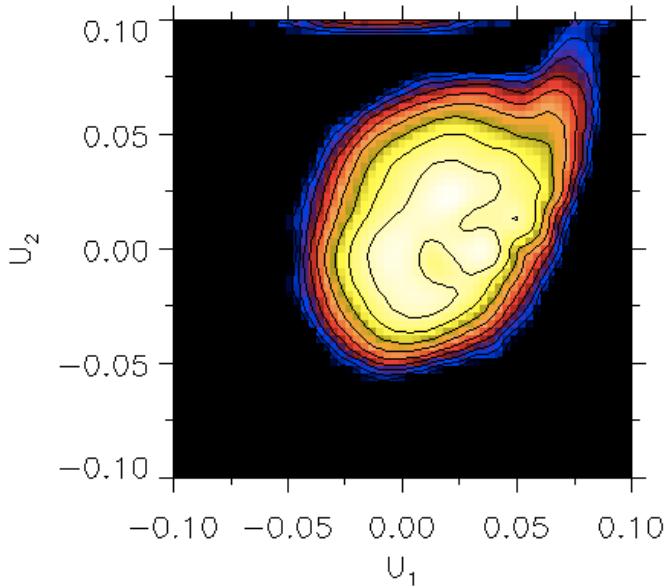


図2 粒子シミュレーションで得られた特徴的なイオン分布関数。運動論効果の結果、円形ではない非等方な構造が見えている。