

非対称電流シートでの磁気リコネクションの研究

新田伸也 (筑波技術大学)

利用カテゴリ XC-B

本研究の目的は、非対称なプラズマ分布を持つ電流シート系での磁気リコネクションの基礎的性質を理解する事である。これによって、地球/惑星磁気圏からガンマ線バースト (GRB) に渡る幅広い空間スケール/エネルギーレンジで統一的に天体現象に適用できる自発的磁気リコネクションの磁気流体力学 (MHD) 的理論モデルを構築したい。この目的でのシミュレーション研究を推進した。

系の非対称性を表すパラメータとして、等温平衡にある電流シート両側での磁場強度比 k を与える。電流シート片側のプラズマベータ値を 0.2 に固定し、反対側の磁場強度を減少させる事で k を変化させる。電流シート中に局所的に電気抵抗を大きくした領域を人為的に与え、リコネクションを開始させる。計算ラン毎に非対称度 k を段階的に変化させながら、自発的に発生する磁気リコネクションシステムの時間発展を追い、ほぼ終状態 (近似的に自己相似フェイズと見なせる) に達した時の構造の特徴の変化をパラメータサベイする。計算コードとして、銭谷誠司氏 (京都大学) 提供の OpenMHD (HLLD 法) を用いる。

これまでの我々の研究で、 $k \leq 2$ での系の特徴の変化を明らかにし、論文 Nitta+2016 ApJ, 828, 63 として発表した。本研究では、より強非対称 ($2 < k \leq 20$) での振る舞いを MHD シミュレーションにて明らかにする目的で、XC-B カテゴリにて大規模かつ高分解能のシミュレーションを実施した。

$k > 2$ の強非対称では、下記の特徴が明らかになった。

- ・ $k \leq 2$ で見られたリコネクションジェットが多層構造 (slow-mode expansion fan に覆われた加速層と、磁力線にほぼ平行な速度場を持つ高速層からなる顕著な 2 層構造。高速層は、さらに low beta 側プラズマで占められる低密度層と high beta 側プラズマで占められる高密度層に分かれる) は、より強非対称の場合にも保たれるが、高速層中の低密度層は非対称性増大と共に薄くなる
- ・ 高ベータ側プラズモイド前方に生じる大規模な強い fast-mode shock は $k \sim 7$ 程度で消失し、さらに k を大きくすると形成されない (図 1)
- ・ 低ベータ側プラズモイド中に高ベータ側プラズマが浸入する事によって生じる contact discontinuity は、より強非対称の場合にも保たれるが、非対称性増大と共に低ベータ側プラズモイドにおいて低ベータ側プラズマの占める割合は減少して行く
- ・ リコネクションレイト (物理量を固定している low beta 側量で無次元化したリコネクション電場) は k のべき関数として減少して行く

前年度申請期末の 2017.3 には上記の強非対称での振る舞いに関する主要成果を得て、2017 秋に新論文投稿予定で論文作成作業をしていたが、論文用作図作業中の 2017.8 に、データのシミュレーション領域境界付近に異常な値が格納されている事が判明した。原因を究明した結果、強非対称に関するすべてのシミュレーションをやり直す必要がある事が

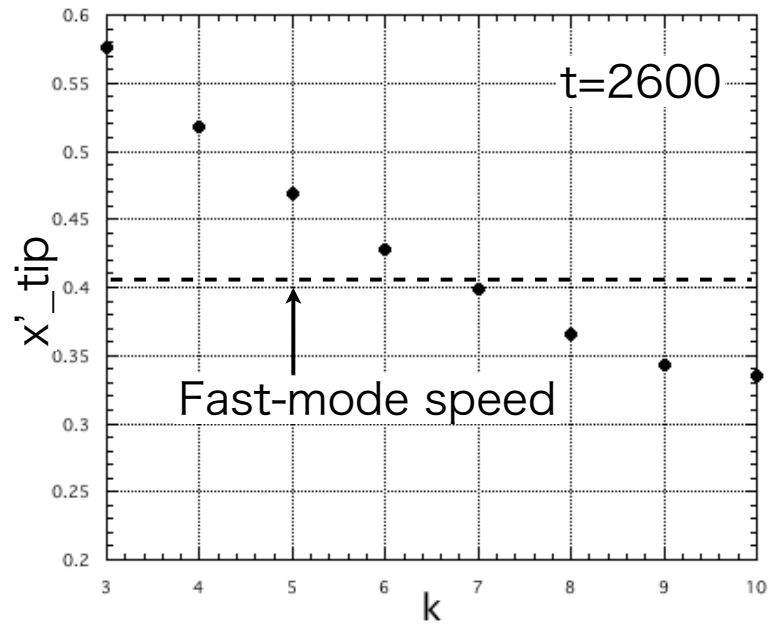


図 1: Forward fast shock (FFS) の消失の理由。相似座標での low beta 側プラズモイド先端位置（進展速度を表す）が k の増大とともに後退して行くことが分かる。 $k \sim 7$ でプラズモイド先端位置の進展速度は high beta 側領域での fast-mode 速度を下回り、FFS は形成されなくなる。

判明した。再シミュレーションには4ヶ月を要した。その後、論文を仕上げ、2018.3 に論文を査読誌に投稿したが、未だ掲載決定には至っていない。