

東京大学 大学院新領域創成科学研究科
基盤科学研究系 先端エネルギー工学専攻
2016年3月修了 修士論文要旨

高ガイド磁場リコネクションに伴うプラズモイド生成 および高速リコネクション機構の検証

学生証番号：47-146075 氏名：佐藤 諒典
(指導教員：小野 靖 教授)

Keywords : Magnetic reconnection, Plasmoid, Magnetic fluctuation

磁気リコネクションはプラズマ中の有限抵抗により磁力線がつなぎ替わる現象であり、高速な磁気エネルギー解放過程でもある。磁気リコネクションを記述する定常モデルとして Sweet-Parker モデル (SP モデル) が提唱されたが、現実に観測される高速なりコネクションを説明できない問題を抱えている [1]。

SP モデルに代わる有力な高速リコネクションモデルのひとつに Hall リコネクションモデル (Hall モデル) がある [2]。これは SP モデルよりも薄い電子スケールの電流層が形成されるとするもので、現実の現象速度を説明可能であり、また Hall モデル特有の磁場構造 (四重極磁場) が室内実験によって確認された [3]。

残された問題は「いかにして Hall リコネクションがトリガーされるようなマイクロなスケールに到達するか」である。すなわち、リコネクション初期に形成される厚い電流シートを伴う SP リコネクションからどのような機構で薄い電流シートを伴う Hall リコネクションに遷移するか、という問題である。この問題に対して、SP リコネクションの電流シート内に磁気島 (プラズモイド) が生成されるのに伴って電流シートが短く薄くなっていき [4]、シート厚がイオンラーマー径程度にまで薄くなった時点で Hall リコネクションがトリガーされる機構がシミュレーションによって示された [5]。プラズモイドに関する衛星観測や実験の報告例はいくつかあるものの [6, 7, 8]、磁気島 (プラズモイド) を介して電流シートが薄くなる機構に関する実験的な検証例は未だない。

他方、東京大学 UTST 装置におけるプラズマ合体実験の超高速カメラ撮影により、磁気リコネクションに伴ってプラズモイド様リング発光が形成されアウトフロー方向へ排出されるようすが確認された。このリング発光の厚みは 10mm 程度で UTST におけるイオンラーマー径と同程度であることから Hall モデルスケールに近いといえる。すなわち、UTST 高ガイド磁場リコネクションにおいてプラズモイド生成・排出と Hall リコネクションの関連が示唆されている。

本研究ではプラズマ合体実験装置 UTST の高ガイド磁場リコネクションにおけるプラズモイド磁場構造の可能性を検証し、リコネクションアウトフロー下流域におけるプラズモイド磁場構造を示唆する結果を示した。使用した計測は一次元磁場揺動プローブアレイ、高速カメラ、二次元磁気プローブアレイの3つである。さらに実験結果とシミュレーション結果の比較を行い、プラズモイド生成を介した Hall リコネクショントリガーと観測された磁場揺動とを関連づける機構について議論した。本研究で得られた磁場揺動はリコネクション初期に X 点近傍で形成されたプラズモイド群が Hall リコネクションアウトフローによって押し流される際に不安定性が駆動された結果と考えられる。

- [1] E. N. Parker, *J. Geophys. Res.*, **62**, 509 (1957)
- [2] Leonid M. Malyshkin, *Phys. Rev. Lett.* **101**, 225001 (2008)
- [3] Y. Ren *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **95**, 055003 (2005)
- [4] W. Daughton *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **103**, 065004 (2009)
- [5] L. S. Shepherd and P. A. Cassak, *Phys. Rev. Lett.* **105**, 015004 (2010)
- [6] K. Shibata *et al.*, *Earth Planets Space*, **53**, 473-482, (2001)
- [7] J. A. Slavin *et al.*, *J. Geophys. Res.* **108**, SMP 10 (2003)
- [8] 林由記他, 電気学会論文誌 A, **132**, 239 (2012)