

プラズマ合体実験を用いた非定常リコネクション機構の検証 Experimental test of non-steady reconnection using plasma merging device

門脇和丈, 井通暁, 小野靖

Kazutake KADOWAKI, Michiaki INOMOTO, Yasushi ONO

東大新領域

Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo

磁気リコネクションの古典的なSweet-Parkerモデルから得られる速度は実際に観測される現象の速度よりも遅く、現象を説明できないことが長年の謎とされており、リコネクションを高速化するための機構が研究されている。

東京大学TS-4装置では、2つのトーラスプラズマ合体面で発生する磁気リコネクションを観測することができる。リコネクション磁場の4〜5倍程度の強いガイド磁場を印加し、同じ極性のトロイダル磁場を持つ球状トカマクを合体させる際のリコネクションは高い軸対称性を持ち、Sweet-Parkerモデル的な大きな拡散領域（電流シート）を伴って比較的低速で進行することが確認されていた[1]。

ここで、装置内に設置されたポロイダルコイルによって、2つのトーラスプラズマを圧縮する向きの磁場を加えて、リコネクションインフローを外部から駆動すると、電流シート領域の密度上昇（パイルアップ）および電流シート領域からのプラズマ排出という2つの非定常的な現象が連続して起こり、同時にリコネクションの進行が高速化されることが確認された。このときの電流シート内の実効的な電気抵抗率の上昇（異常抵抗）はリコネクションの高速化を説明するほどではなかったため、現象の説明には別の高速化機構が必要である。

観測された2つの非定常機構がリコネクションの高速化に与える影響を調べるため、古典的なSweet-Parkerモデルに電子密度分布の非定常な挙動を示す項を加えて拡張した。古典的なモデルでは静的な電流シートと電子密度の定常性を仮定するため、電流シートに流れ込むインフローの粒子束と、流出するアウトフローの粒子束がつり合うが、実験的に観測されたように電子密度分布の非定常が存在するときには、もはやその仮定は成り立たない。そこで、電流シート領域における粒子の連続の式をより厳密

に考え、電流シート中に粒子が蓄積し、排出されることを示す項を組み込んだ。

この新しいモデルを用いて非定常性がリコネクションインフローに与える効果を、インフローの外部駆動を行った場合（with ACC）と行わなかった場合（w/o ACC）について比較した。fig.1に磁気プローブ計測で得られた磁場データから計算した、電流シート端での磁力線の移動速度を示す。その結果、外部駆動のない場合には、非定常効果による高速化がリコネクション終了直前の時間帯に1回のみ見られるのに対し、外部駆動を行った場合にはリコネクション中盤と終了直前の2回発生していることが分かった。このような非定常機構の発生の様子の違いが全体的なりコネクションの高速化に寄与している。

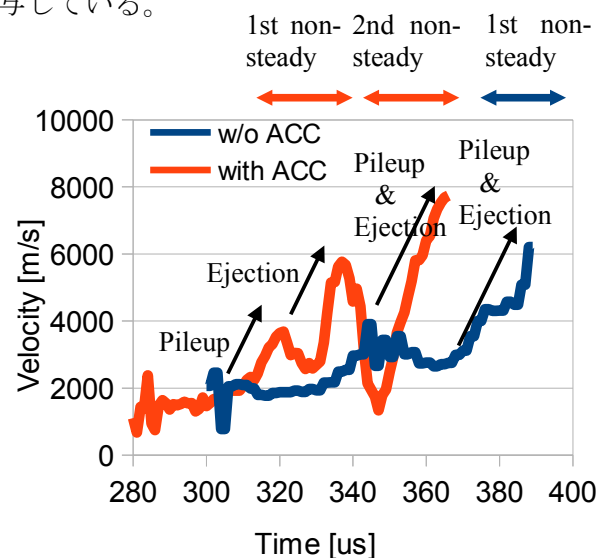


fig. 1: Inflow velocity

[1] Y. Hayashi, T. Ii, M. Inomoto, and Y. Ono: "Impulsive Magnetic Reconnection in Plasmas", IEEJ Trans. FM, Vol.132, No.3, pp.239-244 (2012)