

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
2013年3月修了 修士論文要旨

球状トカマク合体を用いた 時期リコネクションの電位分布の計測

学生証番号 47116091 氏名 山崎 広太郎
(指導教員 小野 靖 教授)

Key Words : spherical tokamak, merging startup, magnetic reconnection , floating potential

従来のトカマクをコンパクトにした球状トカマク(ST)は、炉心プラズマとして考えた場合そのコンパクトな形状ゆえに従来のような中心導体(センターソレノイド,CS)を用いた立ち上げが困難であり、CSによらない立ち上げ手法の開発が盛んに行われている。合体立ち上げ手法はCSを用いないトカマクプラズマの立ち上げ手法の1つで、立ち上げと同時に合体時に生じる磁気リコネクションによりプラズマを加速・加熱する特徴があり、この加熱によって立ち上げ直後から圧力による不安定性に対して耐性のあるトカマクを形成できると考えられている。したがって合体立ち上げによる加熱特性を知ることは合体後に形成されるトカマクの特性理解に非常に重要な課題である。

磁気リコネクションによる磁場のつなぎ替わりは古典的には抵抗による磁場散逸が支配的な原因であると考えられていたが、近年の研究により、電流シート内で電子とイオンが異なる流体的挙動をする2流体効果や、粒子ごとの挙動による運動論的な効果によりリコネクションの進行が促進されることが判明した。これまでの研究ではつなぎ替わり磁場のみが存在する状態が主な対象になっていたが、多くの天体プラズマでの磁気リコネクションや合体立ち上げ中の磁気リコネクションにおいては、つなぎ替わる磁場に垂直な成分(ガイド磁場)が存在する。ガイド磁場中での磁気リコネクションを扱った研究例は少ないが、シミュレーション研究によると[1, 2]、ガイド磁場の効果により左右対称な流速分布は形成されず、X点から見て右上と左下はイオン流速が大きく、左上と右下では電子流速が大きいといったような四重極構造が生じることが予想されている。その結果電流密度、電荷密度なども四重極構造を生じることが報告されている。特に電荷密度が四重極構造を持つことにより静電場が生じ、電子・イオンが加速されることが予想されているが、実験的にこのような四重極構造を捉えた例はない。本研究ではガイド磁場が時期リコネクションに及ぼす効果を実験的に検証することを目的とした。

合体が始まる以前はなだらかに分布していた浮遊電位は、合体が始まり電流シートの電流が強くなる時間帯になるとX点から見て左上と右下が電位が高く、右上と左下が電位が低くなるというように当初のなだらかな分布とは大きく異なる四重極分布になることが分かった。また、ガイド磁場を逆にして計測を行った結果、通常ガイド磁場中での浮遊電位分布とは逆の極性になっていることが分かった。この結果は先行研究で示されている通り各物理量が四重極構造を持つ原因がガイド磁場による電子・イオンフローの非対称性にあるとする考えと矛盾しない。また、同じ時間帯にX点においては電位が局所的に低下し、井戸のような構造を持つことも確認された。この電位井戸のz方向の幅は5mm以下であり、UTSTの合体実験における電子慣性長と同程度のスケールであるため、電流シート内に形成されると考えられている電子層が捉えられたものと考えられる。

参考文献

- [1] P.L. Pritchett, Phys. of Plasma, 12, 062301, (2005)
- [2] J. Egedal, W. Daughton, J.F. Drake, N. Katz and A. L^e, Phys. of Plasmas, 16, 050701 (2009)