

球状トカマク合体立ち上げにおいて発生する過渡的電場が リコネクション過程にもたらす影響

Effects on the reconnection Process caused by transient electric fields generated in the merging start-up of a spherical tokamak

鈴木大樹¹, 井通暁¹, 靳海林¹, 中務敬¹

Taiju SUZUKI¹, Michiaki INOMOTO¹, Hailin JIN¹, Kei NAKATSUKASA¹

¹東大

¹The University of Tokyo

1.研究背景

高ベータを実現できる配位として球状トカマク(ST)が注目されているが、STの形状による制約から中心ソレノイド(CS)コイルを用いないプラズマ立ち上げ手法の開発が急務となっている。CSコイルを用いない立ち上げ手法の一つであるプラズマ合体法は、本実験におけるUTST装置や英国MAST装置やST40装置などで採用されている。

プラズマ合体法では二つのSTの合体時に生じる磁気リコネクション現象を加熱に利用する。トカマク配位の性質上、強いトロイダル磁場 B_t がリコネクション面に垂直なガイド磁場として働くため、反平行磁場間のリコネクション時の電位分布[1]とは異なり、リコネクション面における四重極電位分布の形成[2][3]が確認されており、ポロイダル面内には静電場(E_z , E_r)が形成される。

同時に、合体法ではSTプラズマの接近に応じてポロイダル磁束分布が変化するため、トロイダル方向への誘導電場 E_t も誘導され(図1右)、両電場の影響下でリコネクション現象が進展する。

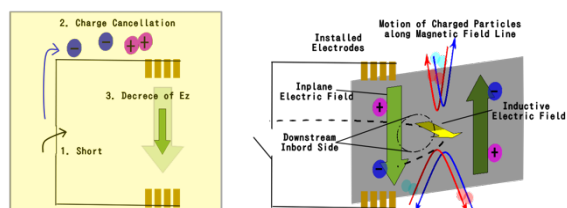


図 1 面内電場形成の三次元描像(右側)と短絡制御の様子(左側)

本研究ではリコネクション中のエネルギー変換効率の向上を目的とし、過渡的電場が下流域のプラズマ流速、およびリコネクション過程にもたらす影響について検証を行うために、下流域軸方向面内静電場(E_z)の制御実験を行った。

2.実験概要及び結果

図1右に示すように、UTST装置のリコネクション下流域に複数の電極を挿入し、リコネクション期間内に電極を人為的に短絡/開放することによって、荷電粒子の移動を制御し、 E_z を解消/再成長させた(図1左:短絡制御)。Langmuirプローブ及び磁場センサーの計測によって下流域における $E_z \cdot E_t$ について図2の結果を得た。図2上は E_z 、

下が E_t を示し、黒線が制御なし、赤線が制御ありの時間発展を表す。赤線は黄色網掛けの時間の間で電極を短絡し、9510 μs で再度開放した場合の結果である。電極短絡を行った結果、下流域の E_z 、やや遅れて E_t が減少傾向を示した。一方、電極開放から10 μs 遅れた青線位置で、電極によって直接影響を受ける静電場 E_z は制御なしの同時刻の値まで回復し、間接的に影響を受ける誘導電場 E_t は制御なしの最大値まで回復している。

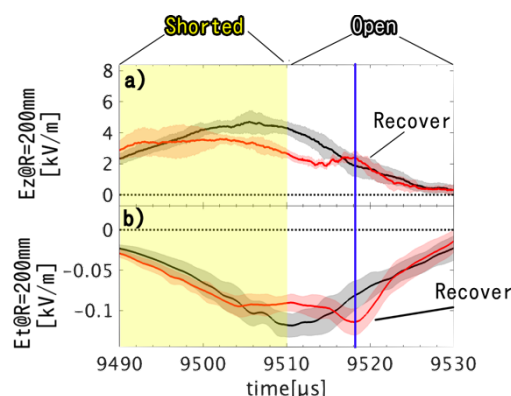


図 2 計測した面内電場(E_z)及びトロイダル電場(E_t)

3.考察

本実験では静電場 E_z を直接的に制御しているが、その変化に対応して誘導電場 E_t にも変化が生じていることがわかる。これは、リコネクション下流域でのプラズマ流速が静電場の影響を受け、結果的に磁束変化に差異が現れたためと考えられる。このように、面内静電場を減少させることによって磁力線に直交するプラズマのドリフト速度が低下することが確認されたが、同時に磁力線方向の加速にも影響すると予想されることから、今後はリコネクションにおけるエネルギー収支を評価し、ST合体生成における加熱効率の向上を目指す。

参考文献

- [1] J.S. Yoo .et.al, Phys. Rev. Lett. **110**, 215007 (2013)
- [2] Pritchett, P. L., and F. V. Coroniti, J. Geophys. Res.,109, A01220, (2004),
- [3] W. Fox, et al.,Phys. Rev. Lett. **118**, 125002 (2017).