

高ガイド磁場リコネクションにおける面内電場制御手法の開発 Experimental Investigation of In-plane Electric Field Generation in High-Guide-Field Reconnection

草野一¹, 井通暁¹, 三原卓巳¹, 近藤恭平², 前田陽平¹, 篠原淳志¹, 金子賢一郎¹, 小野靖¹
K. Kusano, M. Inomoto, T. Mihara, K. Kondo, H. Kaneko, Y. Maeda, A. Shinohara, K. Kaneko, Y. Ono

[1] 東大院・新領域, [2] 東大院・工
[1] Graduate School of Frontier Sciences, Univ. Tokyo,
[2] Graduate School of Engineering, Univ. Tokyo

1. Introduction

本研究のUTST装置では、プラズマ合体立ち上げ手法により、センターソレノイドコイルを用いない球状トカマク(ST)生成手法の開発を行っている。ST合体生成の際には磁気リコネクションが発生し、磁気エネルギーがプラズマの運動/熱エネルギーへ変換される。特にUTST装置では、高いガイド磁場(繋ぎ変わる磁場と垂直方向の磁場)下でのリコネクションが発生し、リコネクションの強磁場側アウトフロー領域においては高エネルギー電子の生成が報告された。これは、ST立ち上げ時における電子加熱源としての活用が期待される[1]。一方で、ガイド磁場下でのリコネクション発生時には、下流域での荷電分離によって生じる面内電場によって磁力線方向電場が抑制され、電子の磁力線方向の加速が小さくなることが示唆されている[2]。そこで本研究では、電子の磁力線方向の加速効率を向上させるため、リコネクション下流域に挿入した複数の電極を使用することで面内電場の制御を行い、磁力線方向電場にどのような影響を及ぼすのかを検証する。

2. Experimental setup

Fig. 1に示すように、リコネクションの中央平面付近にシングルプローブアレイおよび磁気プローブを設置し、 $Z = 0$ における面内電場 E_z 、トロイダル電場 E_t 、磁場 B_z および磁場 B_t を計測した。またこれらのパラメータを用いて、磁力線と平行な成分の電場 $E_{||} (= \mathbf{E} \cdot \mathbf{B} / |\mathbf{B}|)$ を導出した。さらに下流域へ4対の追加電極を設置し、電極開放状態および各4対の電極を同時に短絡した場合の影響を観測した。

3. Result and discussion

Fig. 2, Fig. 3に示すように、各4対の電極を短絡させることで、リコネクション電流層内および下流域の面内電場 E_z が大幅に抑制され、結果的に磁力線方向電場 $E_{||}$ が増加した。これは、各4対の短絡した電極間に磁力線が接触することで、磁力線に沿って加速された電子が短絡した電極間に流れ、荷電分離が抑制されたと考えられる。そして、面内電場 E_z の抑制により磁力線方向電場 $E_{||}$ が大きくなることによって、電子加速効率が向上したと考えられる。

[1] M. Inomoto, et al., Nucl. Fusion **59**, 086040 (2019)
[2] M-G. Yoo, et al., Nature Comm. 9:3523 (2018)

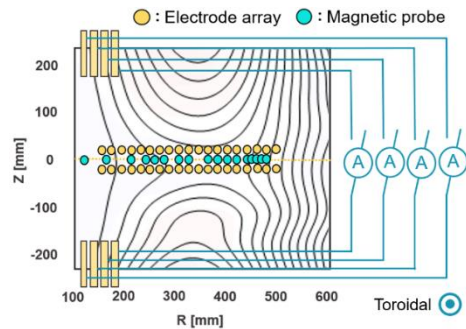


Fig. 1. リコネクションにおける磁力線および各計測系・短絡用電極の空間位置

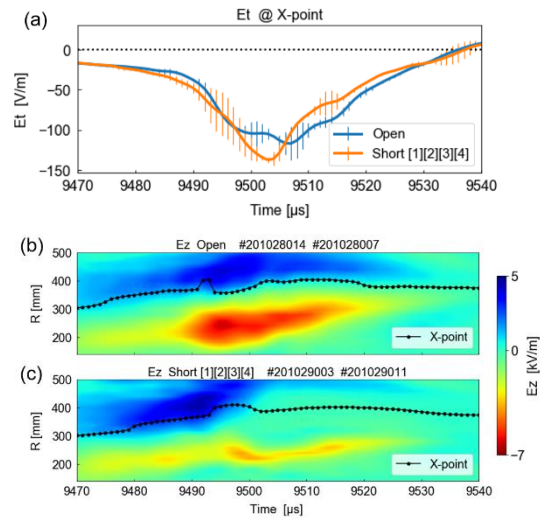


Fig. 2. (a) トロイダル電場 E_t 計測結果(@X点) 面内電場 E_z 計測結果 (b) 電極開放状態 (c) 各4対の電極を同時短絡した状態

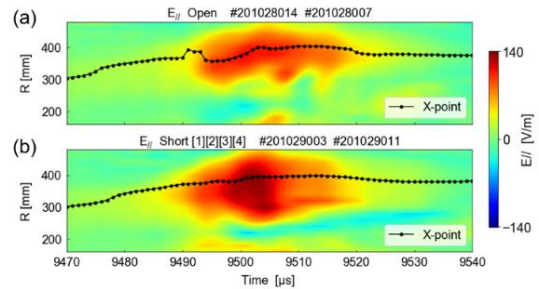


Fig. 3. 磁力線方向電場 $E_{||}$ 計測結果 (a) 電極開放状態 (b) 各4対の電極を同時短絡した状態