

## 面内電場制御が高ガイド磁場下リコネクション中の荷電粒子加速に及ぼす影響の検証

### Verification of the effect of in-plane electric field control on charged particle acceleration during reconnection under high guided magnetic fields

前田 陽平, 井 通暁, 田辺 博士, 篠原 淳志, 金子 健一郎, JIN Hailin, 鈴木大樹, 小野靖  
 Yohei Maeda, Michiaki Inomoto, Hiroshi Tanabe, Atsushi Shinohara, Kenichiro Kaneko,  
 JIN Hailin, Taiju Suzuki, Yasushi Ono  
 東京大学, The University of Tokyo

#### 1. Introduction

当研究グループの UTST 装置では、上下に生成した 2 つのプラズマを中央で衝突させ、1 つの球状トカマクを合体生成する手法を採用している。この手法ではプラズマを合体させる過程においてポロイダル磁場間で磁気リコネクション現象が発生し、X 点と呼ばれる位置で磁力線が繋ぎ変わる。そして解放された磁気エネルギーが粒子の運動エネルギーを介して最終的にはプラズマの熱に変換される。この過程をプラズマの初期加熱として利用している。UTST 装置では、トロイダル磁場がポロイダル磁場に比べて 10 倍以上大きく、リコネクション電場に平行なガイド磁場として働くことから、荷電粒子(特に電子)の磁力線方向加速が発生すると期待されるが、リコネクション下流領域では軸方向への荷電分離によるポロイダル面内電場が生じることで、磁場に平行な電場成分がキャンセルされる。そこでリコネクション下流域の境界条件を変化させて面内電場を制御し、理想 MHD 条件を破ることによって荷電粒子の効率的加速を目指した実験研究を行っている。先行研究で行われた電場計測では、下流域の磁力線を短絡させることによって荷電分離が抑制され、磁力線方向電場が打ち消されないことが確認された<sup>[1]</sup>。そこで本研究では新たに構築した分光計測系と軟 X 線(SXR)計測系を用いて、境界条件変化によって荷電粒子の磁力線方向加速への影響を検証する。

#### 2. Experimental setup

本研究では、装置内側下流域の磁力線を短絡させる短絡実験と、磁力線を短絡させない開放実験の二つの条件で実験を行い、差異を検証する。としては本研究では新光学系構築にあたって、リコネクション電場 $E_t$ とリコネクション時間をそれぞれ $100[V/m]$ 、 $20[\mu s]$ と仮定し、 $He^+$ イオンがトロイダル方向におおよそ $50[km/s]$ 程度加速されると見積もり、設計に反映させた。分光計測には $8 \times 8$ ch光電子増倍管を用いるため、空間方向及び波長方向に各自分離して拡大できるシリンダカルレンズを用いた光学系を構築した(Fig.1)。またSXR計測系ではAXUVフォトディテクタアレイ(20ch)にAlフィルタ( $0.8\mu m$ )を装着し、約 $20\sim 60eV$ の帯域の発光を接線視線にて計測した。得られたSXR発光分布に基づき、プラズマの軸対称性を仮定してAbel逆変換により局所発光を再構成した。

#### 3. Result

Fig.2にリコネクション中の磁気面を示す。Z=0断面においてSXR計測を実施し、Fig.3にアーベル逆変換によって得られたSXRの局所発光分布(上:開放,下:短絡)を示す。Fig.3から短絡した際には径方向内側領域(赤点線)に発光が計

測された。これは磁力線短絡による高速電子が生成されたという可能性も含んでいるが、 $Al0.8\mu m$ フィルタによる透過エネルギーを十分検証しなければならない。またFig.2の磁気面と局所発光分布を比較すると、X点( $R=380mm$ )と再構成後のおおよそそのピークが一致することが確認できた。当日のポスター発表では軟X線の発光構造解析及び分光計測によるイオンの加速について報告する。

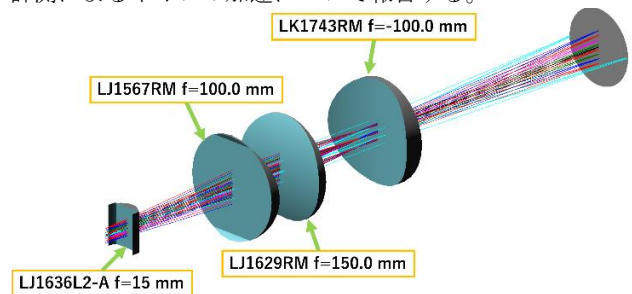


Fig.1 拡大光学系

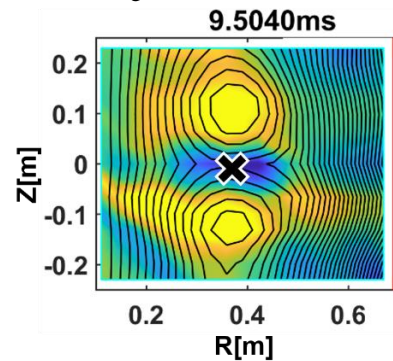


Fig.2 磁気リコネクション中の代表的な磁気面

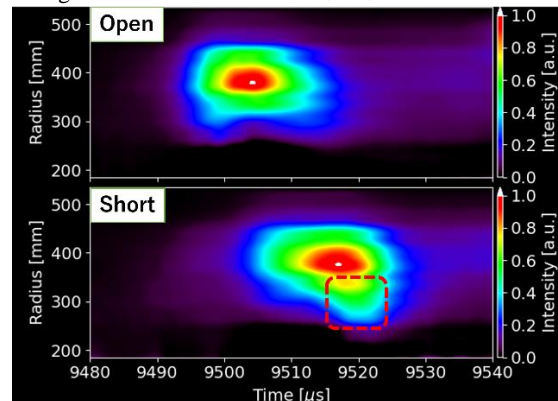


Fig.3 アーベル逆変換局所発光(上:開放,下:短絡)

[1] M. Inomoto, et al., Nucl. Fusion **61**, 116069(2021)