

MAST大型実験における磁気リコネクションのイオン加熱  
Study of ion heating during magnetic reconnection in MAST

田辺博士<sup>1</sup>, 山田琢磨<sup>2</sup>, 桑波田晃弘<sup>3</sup>, 渡辺岳典<sup>1</sup>, 魏啓為<sup>1</sup>, 案浦正将<sup>1</sup>, 門脇和丈<sup>3</sup>,  
山崎広太郎<sup>3</sup> 神納康宏<sup>1</sup>, 小池秀弥<sup>1</sup>, 西田賢人<sup>3</sup>, Mikhail Gryaznevich<sup>4</sup>, 井通暁<sup>1</sup>, 小野靖<sup>1</sup>  
H.Tanabe<sup>1</sup>, T.Yamada<sup>2</sup>, A.Kuwahata<sup>1</sup> T.Watanabe<sup>1</sup>, K.Gi<sup>1</sup>, M. Annoura<sup>1</sup>, K. Kadowaki<sup>1</sup>  
K. Yamasaki<sup>1</sup> Y. Kaminou<sup>1</sup>, H. Koike<sup>1</sup>, K. Nishida<sup>3</sup>, M.Gryaznevich<sup>4</sup>, M.Inomoto<sup>1</sup>, Y.Ono<sup>1</sup>

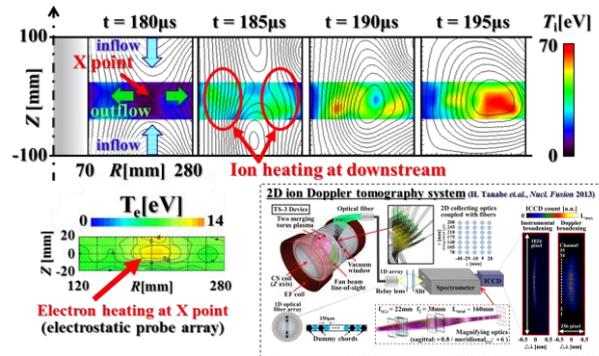
所属略称 1) 東大新領域, 2) 九大教, 3) 東大工, 4) CCFE / Tokamak Solutions  
所属略称 1) Univ. Tokyo, 2) Kyusyu Univ., 3) CCFE / Tokamak Solutions

本文

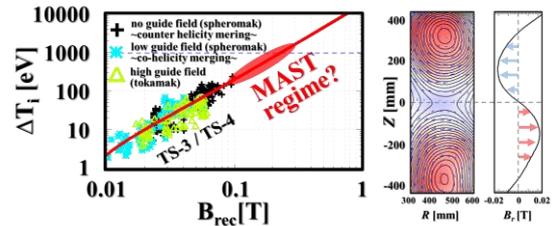
球状トカマクのCS-less立ち上げ手法として東京大学TS-3,TS-4,UTSTで開発された合体系<sup>[1]</sup>の大型装置応用として、英国カラム研究所のMAST装置では合体系を標準運転シナリオに用いている。センターソレノイドを用いない合体のみによる生成でも、わずか10msの間にプラズマ電流~0.4MA, イオン・電子加熱~1keVを達成するなど、世界最大の合体応用として知られる。

MASTでは空間分解能130点・繰り返し周波数33HzのYAGレーザー8本のburst modeが可能な高精細トムソン散乱計測が標準計測として稼動しており、過去10年にわたるMASTと東京大学TSグループの共同研究ではこれを主力計測装置としてMASTの合体生成における電子加熱の診断に用いてきた<sup>[2]</sup>。一方、イオン加熱に関しては、荷電交換分光計測の視野範囲が合体プラズマのコア領域( $R < 0.7m$ )に分解能を持たないためにイオン温度分布計測が不在なことが課題であったが、東京大学で開発したイオンドップラートモグラフィ計測<sup>[3]</sup>の導入許可を得ることに成功し、視野範囲 $0.26m < r < 1.09m$ に32点の空間分解能を有する局所イオン温度分布計測を新たに建設、MASTの大型合体実験においてイオン温度の局所計測が初めて実現した。

図1、図2にTS-3,TS-4装置における実験室プラズマの加熱の特徴と、MASTの特徴を示す。両実験に共通して、電子温度は主にX点で局所的に、イオン温度はリコネクションアウトフローの熱化の起こる合体下流で上昇し、特にMASTでは両者の分布は相互のエネルギー緩和後、センターソレノイドのアシストの有無によらずトリプルピーク構造を形成した。また、合体による加熱の効果は再結合磁場 $B_{rec}^2$ に比例し、MASTでも類似した兆候として合体用のstartupコイル(P3)電流によって、立ち上げパラメータがスケールできることが分かった。



(a) TS-3におけるイオン・電子加熱構造



(b) 合体加熱の再結合磁場によるスケール

図1 TS-3/TS-4装置のプラズマ合体による加熱

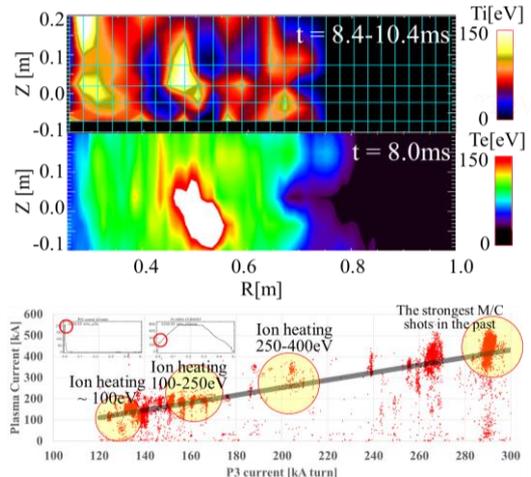


図2 MASTにおける合体加熱構造とスケール

[1]Y. Ono *et al.*, *Phys.Rev.Lett.*, **107**, 185001 (2011)  
[2]Y. Ono *et al.*, *Plasma Phys. Control. Fusion*, **54**, 124039 (2012)  
[3]H. Tanabe *et al.*, *Nucl.Fusion*, **53**, 093027 (2013)