

ST 合体を用いた高ガイド磁場リコネクションの 多段階スケールにおけるイオン加熱

Multi-scale ion heating during high guide field reconnection using ST merging

田中遥暁¹⁾, 田辺博士²⁾, 曹慶紅¹⁾, 蔡雲漢¹⁾, 小野靖²⁾

Haruaki Tanaka¹⁾, Hiroshi Tanabe²⁾, Qinghong Cao¹⁾, Yunhan Cai¹⁾, Yasushi Ono²⁾

東大工¹⁾, 東大新領域²⁾

Graduate School of Engineering, Univ. of Tokyo¹⁾,
Graduate School of Frontier Science, Univ. of Tokyo²⁾

1. 序論

高い β 値が得られる球状トカマクでは低アスペクト比への追及からセンターソレノイドコイルの省略が必要で、プラズマ電流のオーム加熱が温度とともに減少する中で、加熱に頼れる温度まで加熱することが求められる。プラズマ合体法を用いた磁気リコネクションによるプラズマ加熱ではポロイダル磁場エネルギーの半分近くが粒子の運動エネルギー・熱エネルギーに変換されることが知られており、効果的なプラズマスタートアップを目指すことができる。東京大学TS-6装置ではFig.1(a)のように軸方向に生成された2つのトーラス型プラズマを中立面で合体させ、磁気リコネクションを介して超高 β STを生成でき、その磁気エネルギーは主にイオンの運動・熱エネルギーへと変換される。本研究では高ガイド磁場 ($B_t = B_p \sim 10$) 磁気リコネクションによる運動論的なエネルギー変換機構を明らかにすることを目的とする。

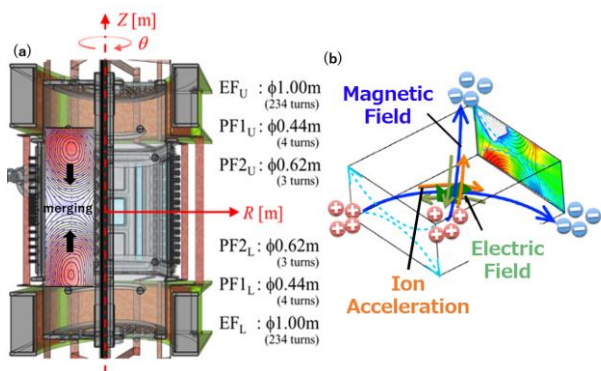


Fig.1(a)TS-6装置断面図。上下に生成されたプラズマを $z=0$ の中立面において合体させる。(b)高ガイド磁場リコネクションにおけるイオン加速の模式図。イオンはリコネクション電場・静電場によって加速される。

2. 研究手法

従来までのイオンドップラー分光システムにマルチスリット(64×5)分光法を応用し、光量を維持したまま、測定範囲を拡大・高精細化し、分解能： $\Delta z \sim \Delta r \sim \rho_i$ かつ合体領域を広くとらえたイオン温度計測システムを開発した。

3. 結果

Fig.2に合体時間前後における二種類のイオン加熱プロファイルを示す。トーラスプラズマ合体に伴い、主にトカマク内側でイオンの急激な加熱が起こり、磁気面に沿って高温領域が偏在していることがわかる。イオンは拡散領域だけでなく下流領域広範囲にわたってアルヴェン速度のオーダーまで加速・加熱されている(Fig.2(a))。

合体前の時間帯($t \sim 455 \mu s$)ではST間にプラズマモードが生成され、二つのX点の形成・またそれに伴うイオン加熱が微小ではあるが確認された(Fig.2(b))。さらに、プラズマモードが消失するに伴いメインのリコネクションがトリガーされ、イオン加熱が増大されていくことも確認された。こうしたリコネクションの先行はST合体において合体磁束の減少につながるため、トカマク運転に最適な合体オペレーション開拓が必要となる。

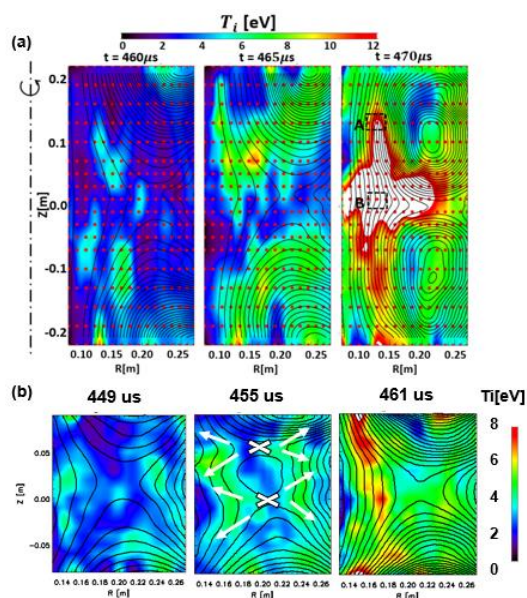


Fig.2(a)TS-6高ガイド磁場リコネクションによるST合体実験でのイオン温度グローバルプロファイル(合体前～合体後)(b)合体前の高精細イオン温度プロファイル