

24P04

高ガイド磁場リコネクションによる巨視的領域における イオン加速・加熱機構の解明

Investigation of Global ion heating through guide field reconnection during Tokamak merging

田中遥暁⁽¹⁾, 蔡雲漢⁽¹⁾, 竹田慎二郎⁽¹⁾ 田辺博士⁽²⁾ 小野靖⁽²⁾

Haruaki TANAKA⁽¹⁾, Shinjiro TAKEDA⁽¹⁾, Cai YUNHAI⁽¹⁾, Hiroshi TANABE⁽²⁾
Yasushi ONO⁽²⁾

東大工⁽¹⁾, 東大新領域⁽²⁾

Graduate school of Engineering, Univ. of Tokyo⁽¹⁾,
Graduate school of Frontier Science, Univ. of Tokyo⁽²⁾

1. 序論

高い β 値が得られる球状トカマク(ST)では低アスペクト比への追求からセンターソレノイドコイルなしでのプラズマスタートアップが求められる。TS-6におけるトカマク合体実験(Fig. 1(a))では磁気リコネクションを応用することで、ポロイダル磁場エネルギーの半分近くをプラズマの加速・加熱エネルギーに変換し急激なプラズマ電流のスタートアップが可能となる。

トカマク合体で超高 β ST生成を目指すにあたって高ガイド磁場リコネクション加熱物理の理解が必要である。高ガイド磁場リコネクションでは沿磁力線方向のリコネクション電場が電子を急激に加速し、イオンとのデカップリングを起こし、特徴的な四重極状のポテンシャル構造を形成する(Fig.1(b))。ポテンシャル構造は合体領域全体に広がり、同様にイオン加熱もセパトリクス広域を含んだグローバル領域にわたる(Fig.1(c))。本研究では生成された面内電場の巨視的領域におけるイオン加速・加熱に対する影響を検証する。

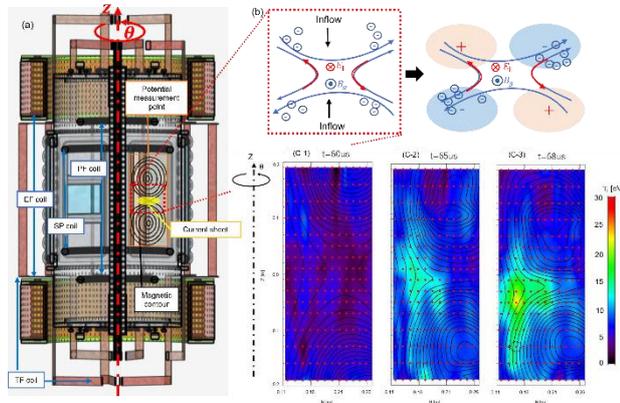


Fig.1 (a)Schematic view of TS-6 Tokamak merging experiment.(b)Concept of quadrupole potential formation (c)Global ion heating profile.

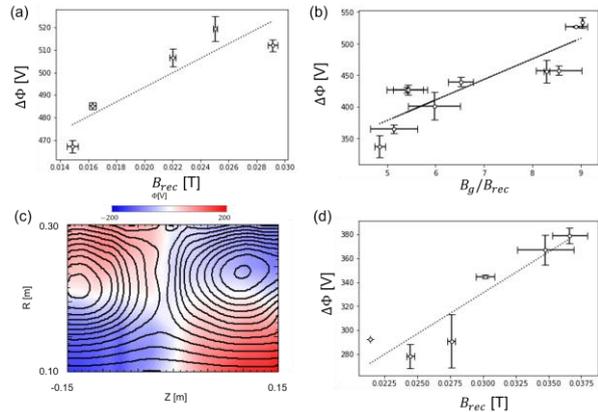


Fig.2 (a), (d) The potential gap $\Delta\Phi$ as a function of reconnecting magnetic field B_{rec} (H, Ar gas respectively, constant B_g) and (b) B_g (H gas, constant B_{rec}). (c) Typical potential 2D contour.

2. 結果

異なる再結合磁場 B_{rec} ・ガイド磁場 B_g におけるプラズマ合体で巨視的領域における四重極状ポテンシャル深さの磁場依存性を検証した。Fig.2のように、TS-6プラズマ合体におけるリコネクション過程において四重極状ポテンシャル構造が確認され、その大きさは再結合磁場・ガイド磁場双方に比例して増加することを初めて確認した。

トカマク合体実験ではリコネクション中において電流シートの幅はイオンのラーマー半径のオーダーまで圧縮されており、イオンは再結合磁場の二乗に比例して加熱される⁽¹⁾。上記のポテンシャル形成による面内静電場が B_{rec} 、 B_g 双方に比例するなら $E \times B$ によるアウトフローに伴うイオン加熱は再結合磁場の二乗スケールを説明する。

[1]Y.Ono,S. Inoue,H. Tanabe,C.Z.Cheng,H. Hara and R. Horiuchi: "Reconnection heating experiments and simulations for torus plasma merging start-up", Nuclear. Fusion**59**,076025(2019)