

イオンドップラートモグラフィを用いた高ベータ球状トカマク合体生成機構の解明

著者	田辺 博士
学位授与年月日	2013-09-27
URL	http://doi.org/10.15083/00006426

論文の内容の要旨

論文題目 イオンドップラートモグラフィーを用いた高ベータ球状トカマク合体生成機構の解明

氏名 田辺 博士

本研究では、TS-3・TS-4・UTST 装置において過去 20 年にわたり研究が行われてきた合体法を用いた高温・高ベータ球状トカマク合体生成実験に関し、その基盤となる物理現象である「磁気リコネクション」を介したエネルギー変換過程に焦点を当て、従来の視線積分された受動分光のイオンドップラー計測では不明瞭な点が多かったプラズマ加熱に関し、コンピュータトモグラフィの手法をドップラー計測に応用した新しいプラズマ診断を開発することによりその加熱の空間分布の 2 次元局所画像診断を実現し、これを用いることにより磁気リコネクションのプラズマ加熱メカニズムに関し以下の項目を明らかにした。

1. 合体磁気リコネクションにおいて発生する顕著なイオン加熱は、合体下流域で開始される。
2. 合体下流で局所的に開始された加熱は、主に同一磁気面上を伝播しながら全体に緩和する。
3. 合体下流で加熱が発生するメカニズムはリコネクションアウトフローの熱化である。その加熱パワーのオーダーはおおむね流速場から見積もられた粘性加熱効果に一致する。
4. リコネクションの X 点近傍におけるシート電流は、主に電子加熱に貢献する。
5. 合体加熱の効果はリコネクションに直接貢献する再結合磁場強度に最も強く依存。リコネクション平面に直行するガイド磁場の効果は比較的小さく特に高ガイド磁場では飽和、合体加熱の効果はおおむねリコネクション磁場のみによるスケーリング直線にのせることが可能。

項目 5 が明らかにした低トロイダル磁場依存性は、本研究で開発したトモグラフィ計測による局所計測により初めて明らかとなったものであり、トロイダル磁場 $\sim 0.6\text{T}$ の MAST などへの大型装置への応用も可能するなど大変有益な特性である。

英国カラム研究所との共同研究により行われた大型プラズマ合体実験では、実際に高ガイド磁場リコネクションにもかかわらず、最大で $\sim 1\text{keV}$ にもいたる合体加熱が観測された。また、MAST 大型合体実験では、電子加熱も最大 $\sim 1\text{keV}$ まで観測され、また TS-3・TS-4・UTST 実験で観測されるような電流シート近傍の加熱のほか、合体下流域においても電子加熱が観測された。電子温度上昇のタイムスケールはおおむねエネルギー緩和時間に一致し、この加熱効果は合体下流で加熱されたイオン温度が電子温度と緩和したことに由来する。直接証拠となるイオン温度分布は、これまでリコネクション領域をカバーする空間分布計測の不在のために不明の状態であったが、本研究で開発したトモグラフィシステムを MAST に導入することにより解決、合体下流でイオン加熱が電子加熱を上回る直接証拠をとらえた。加熱のオーダーは合体プラズマの再結合磁場を決める P3 コイル電流に依存する傾向を示し、合体加熱を利用した高ベータ ST 生成の CS-less 立ち上げの大型装置応用可能性のシナリオを開拓することに成功した。