

東京大学 大学院新領域創成科学研究科
基盤科学研究系 先端エネルギー工学専攻
2013年3月修了 修士論文要旨

2次元および局所のイオンドップラー計測の開発と プラズマ合体加速・加熱実験への応用

学生証番号 47116063 氏名 岡 裕貴
(指導教員 根本 孝七 教授)

Key Words :spectroscopy, magnetic reconnection, Ion velocity, computer tomography, Field Reversed Configuration

高精細分光計測を用いたイオン脱励起発光のドップラー効果計測によるイオン流速・温度計測法を開発し、トーラスプラズマ合体実験装置 TS-4 における磁気リコネクションを用いた高ベータ磁場配位立ち上げにおけるイオンの有するエネルギー量の定量的な評価を行った。

イオン流速・温度計測に関してベクトルトモグラフィーを用いた流速再構成方を実装し、トロイダル流速の2次元分布計測の局所量再構成を可能にした。光学系について、本年度1m分光器3台を同時に計測可能とするように拡充を行った。また TS-4 上部に取り付けた2次元ファイバーアレイ集光系を用いる従来から使用しているシステムに関して一部のファイバーを校正用として用いることでプラズマ放電実験の放電間隔の間に撮影ラインの波長対応校正を行う手法を確立したことによりこれまで正確に計測することが出来ていなかったイオン流速の絶対値計測を可能とした。

実装したトロイダル流速2次元分布計測系の計測精度を評価するために、実際の集光系を模した数値モデル計算を用いた再構成精度評価を行った。実際の集光系にそって視線を微小体積に分割し、その局所毎に与えたプラズマの温度や流速、発光量分布を光学系の重み付きで積分して数値実験的に積分データを作成し、これに実験場想定される誤差をモンテカルロ的に与えて、再構成したデータがどれだけ与えたモデルデータと一致しているのかを評価できるプログラムを作製した。これによって、再構成後の流速は $r=0.3\text{m}$ 程度の内側まで最大 1.5km/s 程度の誤差の範囲内で局所量再構成が行えていることが明らかになった。

また本年度新たに局所発光を直接計測し3方向イオン流速およびイオン温度の局所量を直接計測する Ion dynamics spectrometer probe(IDSP) を作製した。これにより従来2次元計測系の積分データを再構成して得られた局所変換量との比較および、磁気リコネクション中のイオン流速の詳細な情報を計測することが可能になった。

開発した2次元分光計による計測によって磁気リコネクション現象におけるイオンの排出速度はイオン質量ではなくプラズマの実効質量に依存することを明らかにした。これはイオンの加速機構における因果関係を解明するために大変重要な物理的観測である。計測された流速は初期トロイダル磁場が定常的に存在すると仮定した Sweet-Parker モデルの1/4程度であることが明らかになった。また磁気リコネクションを用いた FRC 立ち上げによって初期生成トロイダル磁場の極性の違いに依り生成されるトロイダルフローの極性が変化し、プラズマ電流方向に緩和するイオン量が増加することを明らかにした。