

論文審査の結果の要旨

氏名 神尾 修治

本論文は、「Studies of Magnetic Reconnection in the Presence of Strong Guide Field by Multi-channel Spectroscopic Measurement (多点分光計測を用いた高ガイド磁場下の磁気リコネクションの研究)」と題し、プラズマ合体法による高ベータ球状トカマクの非誘導立ち上げを実現するために、重要な素過程である高ガイド磁場下の磁気リコネクション現象について、実験的検証を行ったものである。新たに開発された二次元光電子増倍管アレイを用いた多点分光計測により、リコネクション点付近における電子・イオンの局所的な振る舞いの観測に初めて成功し、さらに二次元磁場計測結果との比較により非定常リコネクション過程とイオン加速・加熱との関連性を示す重要な実験結果を得た。

第1章は「Introduction (序論)」であり、研究背景としての核融合開発の必要性、経済的な核融合発電を実現するために不可欠な高ベータ閉じ込め方式としての球状トカマクに言及したのちに、球状トカマク型炉心プラズマの実現に不可欠とされる非誘導電流駆動法の一つであるプラズマ合体法のアイデアが説明されている。

第2章は「Magnetic Reconnection (磁気リコネクション)」と題し、プラズマ合体法において球状トカマクの高ベータ化を実現するための重要な素過程である磁気リコネクション現象について概説され、特に強いガイド磁場の下での無衝突磁気リコネクション研究の現状と、本研究の位置づけが述べられている。

第3章は「Experimental Setup (実験装置)」と題し、本研究で使用される球状トカマク合体実験装置 UTST の概要と、主要な計測についての概要が述べられている。

第4章は「Development of Multi-channel Spectroscopic Measurement System (多点分光計測システムの開発)」と題し、二次元光電子増倍管アレイを用いた、多点分光計測装置の開発の詳細が述べられている。申請者が提案した手法により、空間方向に8チャンネル、波長方向に8チャンネルを有する時間発展分光計測を、十分に良好な装置誤差の範囲内で実現できることを示し、実際に構築した分光計測システムの性能評価、測定例が示されている。

第5章は「Experimental Results of Magnetic Reconnection in UTST (UTST 装置における磁気リコネクション実験結果)」と題し、申請者が提案した実験パラメータにおける活発なリコネクション現象について、主に磁場計測に基づいた実験結果が述べられている。従来一般的なモデルとは異なり、リコネクション点および形成される電流シートの形状・位置は非定常であることが示されており、UTST 装置における強いガイド磁場の下における無衝突リコネクションの描像を初めて実験的に明らかにすることを得た。

第6章は「Electron Acceleration at the Current Sheet (電流シートでの電子加速)」と題し、新たに開発・構築された多点分光計測システムによるヘリウムイオン発光線ス

ペクトルの測定結果が示されている。静電プローブによる電子温度計測との比較により、この発光が少数の加速された電子による励起であるとする解釈が示された。

第7章は「**Ion outflow and Heating by Magnetic Reconnection** (磁気リコネクションによるイオン加速と加熱)」と題し、炭素不純物イオン発光線スペクトルならびに上記ヘリウムイオン発光線スペクトルの分光計測によって得られたイオン流速およびイオン温度の測定結果が示され、UTST 装置の強いガイド磁場の下でリコネクション点近傍の局所領域におけるイオン加速・加熱を初めて実験的に観測すると同時に、第5章で述べられた非定常リコネクション過程との関連性が議論され、磁場からプラズマへのエネルギー変換過程を解明するための重要な知見が示された。

第8章は「**Conclusions** (結論)」であって、本論文で得られた結論をまとめている。

以上を要するに、新たに提案した多点分光計測システムによって、磁気リコネクションという局所的かつ過渡的な現象についての新たな実験研究手法を開拓し、実際に球状トカマク合体装置 UTST における強いガイド磁場下でのプラズマ合体现象を観測することによって、非定常リコネクション発生時における局所的な電子加速、イオン加速、イオン加熱を観測し、リコネクション物理研究における重要な成果を得た。本研究は、プラズマ工学、核融合工学への貢献が大きく、博士(科学)の学位請求論文として合格と認められる。

以上1968字