

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 号
------	---------

氏 名 西本 守

論 文 題 目

磁力線の測地曲率に着目したトーラスプラズマの乱流輸送に関する研究

論文審査担当者

主 査	自然科学研究機構核融合科学研究所	教授	博士(理学)	永岡賢一
委 員	名古屋大学大学院理学研究科	教授	博士(理学)	渡邊智彦
委 員	自然科学研究機構核融合科学研究所	教授	博士(理学)	沼波政倫
委 員	名古屋大学大学院理学研究科	教授	博士(理学)	宮崎州正
委 員	名古屋大学素粒子宇宙起源研究所	准教授	博士(理学)	北口雅暁

論文審査の結果の要旨

核融合エネルギーの実用化を目指す研究で生成される高温プラズマは、個々の荷電粒子の振る舞いと巨視的な集団現象が共存する複雑系であり、様々な不安定性による揺らぎの非線形性が支配する輸送現象の理解は、プラズマ物理の中心的課題である。トーラス形状の磁場で高温プラズマを閉じ込める磁場核融合では、 10^8 K/m に及ぶ温度勾配が駆動する乱流輸送の理解が進展し、乱流中の非線形過程により自己組織化する帯状流が乱流輸送を抑制することが知られている。

本研究では、トーラスプラズマ中の乱流輸送が磁気面上の磁力線曲率(測地曲率)に依存することを実験的に検証した。申請者は、核融合科学研究所の大型ヘリカル装置(LHD)プロジェクトの公募に対して実験提案を行い、2回の占有マシンタイムを獲得し、プラズマ実験を行った。LHDは、外部コイルにより閉じ込め磁場を生成するヘリカル型装置であり、磁場配位の制御性、及び、プラズマの分布計測・揺動計測性能に優れている。申請者は、事前に磁場配位の検討を行い、プラズマの中心軸の大半径位置を変えることで、測地曲率が大きく変化することを確認し、実験計画を策定した。さらに、プラズマ実験では、規格化衝突周波数などの無次元パラメータが同程度になるように配慮した上で、温度、密度、加熱パワーなどが広範なパラメータ領域をカバーするように実験データを取得し、プラズマ輸送データベースを構築した。

申請者は、イオン熱輸送係数に対して、2種類の独立な解析を行った。1つは、赤池情報量規準と多変量回帰分析を組み合わせることで、物理モデルを使用せずに、イオン熱輸送係数を特徴づけるパラメータを数理科学的手法のみで抽出した。その結果、磁場の測地曲率は熱輸送を決める最も重要なパラメータであり、その依存性は、定性的に理論研究の予測と整合することを明らかにした。次に、磁場の測地曲率がイオン熱輸送に大きな影響を与える物理過程を検証するために、簡約化輸送モデルを用いて帯状流の評価を行った。その結果、磁場の測地曲率の減少とともに、帯状流強度が増大することが示され、理論研究の予測と整合する結果が得られた。

これらの成果は、トーラス磁場で閉じ込められた高温プラズマ乱流において、帯状流が磁場形状を通じて制御できることを初めて実験で検証したものであり、今後の磁場配位最適化研究に指針を与える点で評価できる。以上の理由により、申請者は博士(理学)の学位を与えられるに相応しいと認められる。