

審査の結果の要旨

氏名 山崎 広太郎

本論文は「**球状トカマクの合体立ち上げの最適化と電子加速・加熱機構の解明**」と題し、センターコイルなしの立ち上げが課題の球状トカマクプラズマについて、センターコイルなしで高出力加熱が期待出来る合体・リコネクション立ち上げの検証を行い、リコネクション加熱機構としてリコネクション点付近に形成される静電ポテンシャルの四重極構造をはじめて明らかにした。さらに将来に向けて外部コイルのみで合体用の球状トカマク 2 個を長周期で生成する条件について実験的に検証を行っている。

第 1 章 は、「**研究背景**」であり、研究の背景となった経済性の高い核融合エネルギー開発としての球状トカマク研究やそのキーとなるセンターソレノイドを用いないプラズマ立ち上げ法、合体・リコネクション立ち上げとその根拠となった磁気リコネクション研究の歴史について理論を中心に解説している。

第 2 章 は、「**合体立ち上げ球状トカマク装置 UTST**」と題し、実験に用いた東京大学 UTST 実験装置と電源、計測装置、中性粒子ビーム加熱装置のセットアップについて述べている。計測系は、磁気プローブと静電プローブが中心であり、イオン温度・流速計測に再構成型ドップラー計測、マッハプローブなどから構成されている。

第 3 章 は、「**合体立ち上げ時における電子加熱・加速機構**」と題し、UTST 実験装置で形成する 2 個の球状トカマクの接点に形成される電流シート周辺の電位分布計測について述べている。従来、磁気圧とプラズマ圧の釣り合いによって解釈することが多かったリコネクションアウトフローについて、軽い電子が先にリコネクションから外に出て、負のポテンシャルを形成し、後からイオンが静電加速されるというメカニズムを初めて明らかにした。また、その結果に基づいた粒子軌道計算を加え、粒子加速効果を検証した他、他のリコネクション室内実験との関連について論じている。

第 4 章 は、「**合体立ち上げの長周期化**」と題し、UTST 実験装置における 2 個の球状トカマクプラズマの生成の長周期立ち上げによる高効率化について理論、実験の双方から検証を行なっている。トロイダル磁場以外の磁場がゼロとなるヌル点を広範囲で形成して初期プラズマの温度を向上し、壁面に生じる渦電流を減らすことが UTST における合体立ち上げ ST の維持時間を伸ばすために必要と結論している。

第 5 章 は、「結論」で成果を整理し、まとめている。

以上要するに、本研究は、経済性の高い核融合炉を目指す球状トカマクプラズマの課題であるセンターソレノイドコイルなしのプラズマ立ち上げとして、合体法を取り上げ、リコネクション点付近に静電ポテンシャルの四重極構造が形成され、それがプラズマ加速・加熱に寄与していることを初めて明らかにした。また、合体法に必要とされる電離から磁束注入に至る 2 個の球状トカマクプラズマの生成の最適化を行った。球状トカマクプラズマの合体立ち上げが同時にプラズマ加熱に結びつくメカニズム、特に静電加速の寄与を見出した成果といえ、プラズマ理工学、核融合工学、電気電子工学への貢献は少なくない。よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。