

東京大学大学院新領域創成科学研究科  
複雑理工学専攻

平成 30 年度  
修士論文要旨

トムソン散乱計測法による  
TST-2 球状トカマクにおける電子温度密度分布計測

指導教員 高瀬雄一 教授

47-176102 川又裕也

# 要旨

プラズマが示す多様な物理現象を理解する、またプラズマの制御を行なうためには、様々な物理量を計測し、知ることが必要となる。中でも電子温度・電子密度は、核融合プラズマの研究で最も重要な基礎パラメータである。電子温度は電子が持つエネルギーの状態を反映し、電子密度は電子温度と合わせてプラズマの状態を表す様々な物理量となるため、これを精度良く計測することは極めて重要な命題である。その電子温度・電子密度を計測する手法の一つとして挙げられるのがトムソン散乱計測法である。本研究では、球状トカマク型核融合装置 TST-2 で非誘導的に立ち上げられたプラズマで起こる物理現象の機構解明と電流駆動の改善を目指し、トムソン散乱計測の精度改善のための迷光対策を行い、その上で様々な条件下でのプラズマの電子温度・電子密度分布を計測した。

TST-2 においてトムソン散乱計測を行う際、トムソン散乱光と同時に迷光と呼ばれる計測に不必要な光が入りこみショットノイズを引き起こしている。TST-2 のプラズマは密度が比較的低いためトムソン散乱光の信号量が小さく、このノイズは精度良い計測に大きな障害となる。迷光はレーザーの光軸から必要以上に広がった光が真空容器内壁で反射することが原因であり、これを防ぐには入射管にビーム径を絞るアパーチャーを入れるのが一般的であるが、その最適な形状と配置は明らかになっていない。そこで定量的にアパーチャーを評価するシステムを構築し、最適な形状と配置明らかにすることで迷光を大きく低減することを試みた。試験の結果、入射管に絞り径が直径 15 mm のアパーチャーを 4 枚入れることが最適であり、これを TST-2 に実装したところ迷光の信号量は総和で約 4 % へと減少した。この後トムソン散乱計測を行ったところ、以前より少ない積算数で電子密度  $1.0 \times 10^{17} \text{ m}^{-3}$  以上が精度良く計測できた。

また、いくつかの条件下での LH プラズマの電子密度・電子温度分布計測を行った。まず、上側入射または外側入射におけるトロイダル磁場順転時または反転時の比較を行った。このときのプラズマ電流は 15 kA 前後、トロイダル磁場の絶対値は 0.15 T、アンテナのパワーは外側で 50 kW 前後、上側で 60 kW 前後であった。トムソン散乱計測では 4 ショットの積算を行い、プラズマ中心の電子密度は  $1.0 \times 10^{18} \text{ m}^{-3}$  で、電子温度は 5 eV 前後であった。四種の分布に大きな違いはみられなかったが、外側入射の方が内側の計測

点で電子温度が高いという結果が得られた。また、上側入射における電子密度の高いものまたは低いもののトロイダル磁場順転時または反転時の比較を行った。このときのプラズマ電流は 15 kA 前後、トロイダル磁場の絶対値は 0.15 T、上側アンテナのパワーは 60 kW 前後であった。トムソン散乱計測によると、プラズマ中心の電子密度はそれぞれ  $1.0 \times 10^{18} \text{ m}^{-3}$  と  $0.7 \times 10^{18} \text{ m}^{-3}$  で、電子温度は 7 eV 前後であった。四種の電子密度の分布形状、電子温度に大きな違いは見られなかったが、電子密度の低い計測点で電子温度が高いという結果が得られた。