

ECHスタートアッププラズマにおけるトムソン散乱計測

山口隆史

(東京大学大学院新領域創成科学研究科)

球状トカマクは経済的な核融合炉の候補と期待されているが、トーラス中心部に位置するセンターソレノイドを用いないプラズマ電流の駆動が必要である。TST-2では2.45GHz、5kWのマグネトロンを用いた、電子サイクロトロン加熱(ECH)による非誘導電流立ち上げ実験(ECHスタートアップ)を行っている。ECHスタートアップにおいて電流が急激な上昇をする電流ジャンプが報告されており[1][2]、この現象の物理機構を解明するために電子温度は重要な情報となる。温度の正確な電子温度を求めるためには、絶対温度を計測するトムソン散乱計測が必要となる。しかし、このプラズマの電子密度はオーミック加熱によるプラズマ($\sim 10^{20} \text{m}^{-3}$)に比べて $\sim 10^{18} \text{m}^{-3}$ と低く、測定が難しい。そのため、計測方法の改良を進めている。

TST-2のトムソン散乱計測装置はレーザー、集光ミラー、ポリクロメーターから構成される[3]。入射レーザーは波長1064nm、パワー1.6J、繰り返し回数10HzのNd:YAGレーザーを使用した。ポリクロメーターは5つの波長チャンネルをもっている。各チャンネルの信号を時間積分し、Maxwell分布へのフィッティングを行うことによって、温度を算出する。オーミック加熱によるプラズマは、SN比が10程度の散乱信号が観測されており、信号に特別な処理を加えることなく、電子温度・密度を算出可能である。

ECHスタートアッププラズマは非常に密度が薄いことから信号が弱いため、次の信号処理を行った。(i)同じようなプラズマのショットの重ね合わせの平均によってSN比を上げる。(ii)ノイズ成分として非常に大きいレーザーの電磁ノイズを差し引く。また、干渉計の計測結果及びカメラ画像より分かった高密度領域である、電流ジャンプ前では共鳴面付近、電流ジャンプ後ではプラズマ中心より外側の領域を計測する。

上記の手法により、電流ジャンプ前のプラズマの計測において、図1のような信号を得た。黄色は34ショット平均した散乱信号の波形であり、水色の波形はレーザーのみのノイズ信号(32ショット平均)、黒が重ね合わせた散乱信号からノイズ信号を引いた結果である。全てのチャンネルの信号をMaxwell分布へのフィッティングを行った結果、このときのプラズマの電子温度は3eV程度、電子密度は $3 \times 10^{17} \text{m}^{-3}$ 程度と算出された。また、重ね合わせの方法のためにマルチパスミラーを用いた計測を開発中であり、このシステムの実現により1ショットの放電で温度の算出が可能となる。

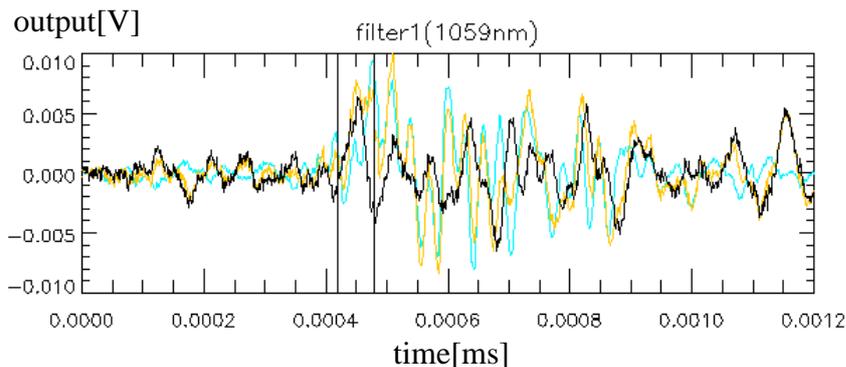


図1.散乱信号波形とノイズ信号波形

[1] T. Yoshinaga et al., Phys. Rev. Lett. 96, 125005 (2006).

[2] J. Sugiyama et al., Plasma Fusion Res. 3 (2008) 026.

[3] S. Kainaga et al., Plasma Fusion Res. 3 (2008) 027.