

TST-2 における低域混成波駆動プラズマの電流分布計測のための
マイクロ波偏光計開発

Development of a microwave polarimeter for current profile
measurements of lower-hybrid driven plasmas on TST-2

辻井直人, 高瀬雄一, 江尻晶, 渡邊理, 彭翊, 岩崎光太郎, 高竜太, James Rice, 大澤佑規,
弥富豪, 山田巖

TSUJII Naoto, TAKASE Yuichi, EJIRI Akira, WATANABE Osamu, PENG Yi,
IWASAKI Kotaro, KO Yongtae, RICE James, OSAWA Yuki, YATOMI Go and
YAMADA Iwao

東京大学

The University of Tokyo

球状トカマク TST-2 装置では低域混成 (LH) 波を用いたプラズマの非誘導立ち上げの研究を行っている。これまでに誘導的に駆動されるプラズマの 1/4 のプラズマ電流までの立ち上げに成功している。光線追跡と軌道平均フォッカー・プランクコードによる電流駆動シミュレーションを用いて、駆動電流の定性的な磁場・密度依存性が説明できている [1]。一方で、平衡計算から得ているプラズマ内部磁場分布の不確実性により、定量的に正確な予測をすることはできていない。そこで、プラズマの内部磁場を直接計測できる 30 GHz のマイクロ波偏光計を開発している。

従来平衡計算は EFIT [2] を用いて行ってきたが、LH 波により駆動されるプラズマは高速電子電流が平衡を決めているため、標準的な MHD モデルでは正確に記述できない可能性がある。そこで、高速電子とバルク MHD 流体の 2 成分からなる拡張 MHD モデル [3] に基づく平衡計算を開発した [4]。高速電子の分布については電流駆動シミュレーション結果を定性的に再現するモデル関数を設定した。トムソン散乱計測から得られた密度分布を磁気面関数とする拘束条件を加えることで、拡張 MHD の場合にも計算を収束させることができた。通常の MHD と拡張 MHD による再構成平衡配位の差は偏光計で明らかに区別できることがわかった (Fig. 1)。

TST-2 で対象とする非誘導放電はプラズマ電流が低いいためコットン・ムートン効果が大きい。そこで、左右円偏光のマイクロ波を異なる周波数で重ね合わせた回転直線偏光をプローブ光に用いることで、偏光のファラデー回転角のみを位相変化としてヘテロダイン計測できるようにした。プラズマを対象にした初期計測を行い、位相信号を検出することに成功した。一方、

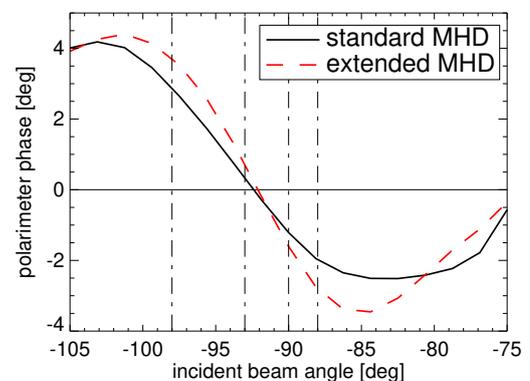


Fig. 1: 予想される偏光計位相。黒実線：標準 MHD, 赤波線：拡張 MHD。縦の一点鎖線は視線位置。

プラズマ放電中は磁気コイルおよび高周波からの雑音による位相誤差が 10 度以上になり、数度程度と予想されるプラズマ由来の位相変化は検出できなかった。ベンチテストでは位相の計測精度は 1 度以下であったため、現在、ノイズを減らすための伝送路の再設計とマイクロ波・RF 回路の改善を行っている。

References

- [1] N. Tsujii et al. Numerical modeling of lower hybrid current drive in fully non-inductive plasma start-up experiments on TST-2. *Nuclear Fusion*, 57(12):126032, 2017.
- [2] L.L. Lao et al. Reconstruction of current profile parameters and plasma shapes in tokamaks. *Nuclear Fusion*, 25(11):1611, 1985.
- [3] Y. Todo and A. Bierwage. Large-scale simulation of energetic particle driven magnetohydrodynamic instabilities in ITER plasmas. *Plasma and Fusion Research*, 9:3403068–3403068, 2014.
- [4] N. Tsujii et al. Studies of a lower-hybrid wave driven plasma equilibrium with a hybrid-MHD model on the TST-2 spherical tokamak. *Plasma and Fusion Research*, 15:2402010–2402010, 2020.