

2 系統低域混成波の相乗効果による電流駆動改善を目指した オフミッドプレーンアンテナの開発

Development of an off-midplane antenna for improved current drive by the synergy of two lower hybrid wave systems

高竜太, 辻井直人, 江尻晶, 渡邊理, 篠原考司, ジャンソウォン, 安立史弥, 彭翊,
岩崎光太郎, 林彧廷, 白澤唯汰, 飛田野太一, 田一鳴

Yongtae Ko, Naoto Tsujii, Akira Ejiri, Osamu Watanabe, Koji Shinohara, Seowon Jang,
Fumiya Adachi, Peng Yi, Kotaro Iwasaki, Yuting Lin, Yuita Shirasawa, Taichi Hidano and
Yiming Tian

東京大学

The University of Tokyo

TST-2 球状トカマク装置では非誘導プラズマ立ち上げのための低域混成波に関する波動研究を行なっている。これまでに外側赤道面アンテナと上側アンテナを用いて、それぞれプラズマ電流 21 kA, 26 kA を達成した。これは TST-2 におけるオーミック駆動電流 (120 kA) の 1/4 程度の値である。光線追跡コード GENRAY とフォッカープランクコード CQL3D による計算予測によると、既存の入射シナリオは電流分布がプラズマ周辺に偏っており (規格化半径 $r/a \sim 0.7$), また粒子の軌道損失により電流駆動効率が制限されている可能性がある。この問題点を克服するために、より磁気軸近傍での電流駆動を実現する新しい入射シナリオを検討し、その実験検証のための新アンテナの開発を行なった。

数値計算を用いてプラズマ中心付近で波が強く吸収される入射位置とアンテナの波数スペクトルを調べた。その結果、外側赤道面上側 (オフミッドプレーン) から屈折率 $n_{||} \sim 13$ の波を入射することで $r/a \sim 0.4$ で電流分布が改善し、60 kA の高プラズマ電流を駆動できることが明らかになった。更に既設の外側赤道面アンテナとの同時入射では、相乗効果により 130 kA の駆動電流が予想された。オフミッドプレーン入射シナリオは電子温度、密度の変動に対する影響も小さいことがわかった。ポロイダル磁場依存性は複雑であるが、予測駆動電流値は平衡プラズマ電流 10-100 kA の間では現状を上回る 30 kA 以上であった。

新シナリオを検証するため、7 本のストラップ、 $n_{||} \sim 13$ のアンテナを開発した。初めに回路計算により、求める周波数特性とストラップ間位相差を持つアンテナのキャパシタンス及びインダクタンスを見積もった。次に 3 次元有限要素電磁計算と CAD 設計

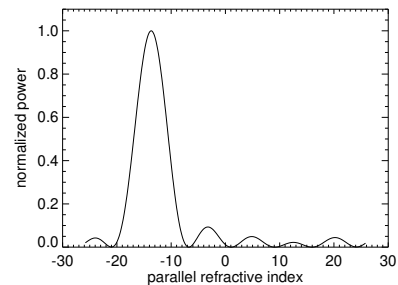


Fig. 1: 計測されたアンテナ前面での屈折率

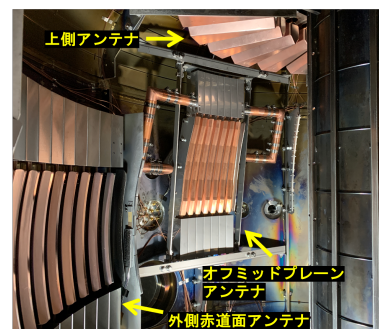


Fig. 2: 真空容器内に設置されたオフミッドプレーンアンテナと既設のアンテナ

を反復させてアンテナの構造と電気的特性を最適化した。最終的な設計値としては電力透過率 $\sim 90\%$, 反射率 $\sim 10\%$, ピーク屈折率 $n_{||} \sim 13.4$ となり、必要な条件を満たした。実際に製作したアンテナの電力透過率は 81%, 反射率 6%, 屈折率 $n_{||} \sim 13.7$ であり、設計値と整合した (Fig. 1)。オフミッドプレーンアンテナを TST-2 に設置し (Fig. 2), プラズマ立ち上げの初期実験から、外側赤道面入射に比べてプラズマ壁相互作用の減少と電流駆動効率の改善が見られた。