

22P-5F-07

二次元MHDシミュレーションを用いたトカマク合体加熱の最大化 2D MHD simulation of merging of Tokamak and maximizing of reconnection heating

伊藤将太 小野靖
S. Ito, Y. Ono

東京大学
University of Tokyo

核融合炉における追加熱不要の加熱法として磁気リコネクションによる合体加熱が注目されている。本研究では、合体加熱を最大化する装置条件を、MHDシミュレーションを用いて模索した。先行研究において、合体前のプラズマが持つ磁場エネルギーの半分程度が合体によってプラズマの熱エネルギーに変換されることが知られている。[1]MHDシミュレーションでは合体加熱の直接計算は不可能であるものの、磁場配位は十分な精度で求められるため、MHDシミュレーションを用いて合体前の磁場エネルギーを計算することで合体加熱の大きさを見積もることができる。

本研究では、二次元軸対称MHDシミュレーションを用いて計算を行った。TFコイル、EFコイル、PFコイルを用い、PFコイルに電源エネルギー一定の条件下で一周期程度の振動電流を流すことで、真空容器内（計算範囲内部）においてプラズマの生成、合体を行う場合について計算を行った。なお、初期条件としては一様な静止したプラズマが存在するとした。また、温度と密度は時間変化せず、ゼロベータとした。生成されたトカマクが壁等から切り離された瞬間の磁気面における極大点（ r 、 z 両方で極大）、鞍点（ r 方向に極大、 z 方向に極小）の磁気関数をそれぞれpeak flux、common fluxとし、それらの差をprivate fluxとする。ここで、common flux以上の磁気関数を持つ点のポロイダル磁場エネルギーを合計し、その半分が加熱エネルギーに変換されると仮定した。

上記の条件の下でPFコイル間隔やEFコイル電流値といったパラメータを変化させながら計算を行ったところ、合体加熱の大きさは装置条件によって大きく変化することが確認された。図2は計算の一例であり、コイル間隔 d を変化させた場合、特定の d で加熱エネルギーが

最大化されることがわかった。その他にも、PFコイル間隔を固定した場合でも、適切な補助コイルを導入することによって加熱エネルギーを大きく増加させられることを確認した。合体加熱は装置条件によって最適化可能であることがわかった。

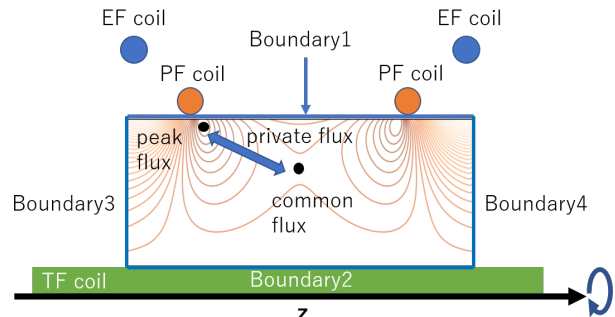


図1 計算における装置条件の概略

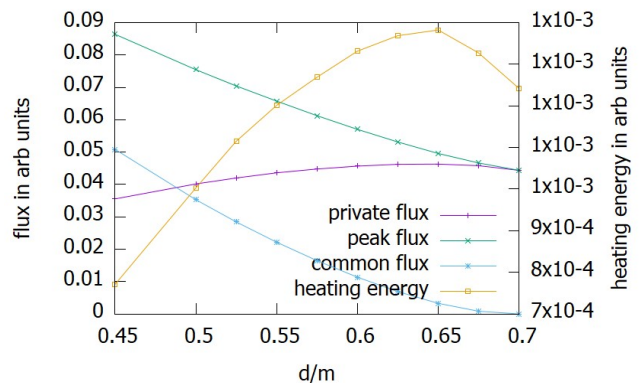


図2 private flux、peak flux、common flux及び加熱エネルギーのPFコイル間隔 d 依存性

[1] Y. Ono, S. Inoue, H. Tanabe, C. Z. Cheng, H. Hara and R. Horiuchi, "Reconnection Heating Experiments and Simulations for Torus Plasma Merging Startup", Nuclear Fusion 59, 076025, (2019).