

Optimized heating operation of merging spherical tokamaks by Use of  
2D axisymmetric MHD Simulation

著者名 伊藤将太, 小野靖

著者名 S. Ito, Y. Ono

東京大学

The University of Tokyo

2つの磁化プラズマが合体する際、磁力線のつなぎ変わりが生じ、この時つなぎ変わる磁力線の磁場エネルギーの約半分が、プラズマの熱エネルギーへと変換されることが実験でわかっている[1]。この合体加熱を用いた球状トカマクの立ち上げ、初期加熱が注目されており、本研究では、合体加熱を最適化する装置条件を、2次元軸対称MHDシミュレーションを用いて模索する。

図1にシミュレーションモデルを示す。真空容器と、一定の電源エネルギーから一周程度度の交流電流を流しプラズマを生成するPFコイル、プラズマを安定化させるEFコイル、合体を補助するセパレーションコイル、トロイダル磁場を作るTFコイルから成る。磁束関数 $\psi$ の等高線は磁力線と一致し、 $\psi$ が $r, z$ 方向共に極大の点をpeak flux,  $r$ 方向に極大,  $z$ 方向に極小の点(磁力線のつなぎ代わりが生じる点に相当する)をcommon flux, これらの差をprivate fluxと定義する。このprivate flux中の磁場エネルギーが、合体加熱に利用可能である。

図2は、private flux中の磁場エネルギーと、common fluxとpeak fluxの比で定義され、合体の進行度を示す合体率の時間変化である。図2の黒点は、common fluxの磁力線が壁から切り離されて合体加熱が開始する点(ピンチオフ)を示す。ピンチオフ時と磁場エネルギーのピーク時では合体率がそこまで変化していないため、本研究ではピンチオフ以降のprivate flux中の磁場エネルギーの最大値の半分が合体過程によって熱へと変換されると仮定して合体加熱の大きさを見積もった。

fluxと加熱エネルギーのPFコイル間隔 $d$ 依存性の一例が図3である。加熱エネルギーはコイル電流やPFコイル間隔によって大きく変化し、それらの最適値: $d \sim 0.8\text{m}$ が存在することがわかった。この値は、PFコイル直径の115%程度に相当する。

[1] Y. Ono et al., Nuclear Fusion, 59, 076025, (2019)

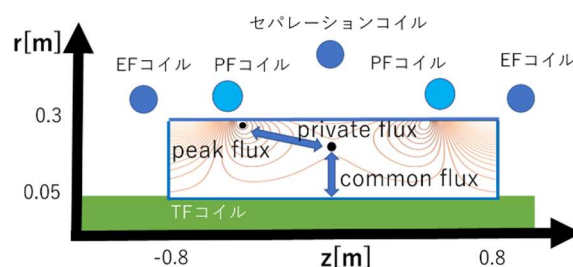


図1 球状トカマク合体実験のモデル

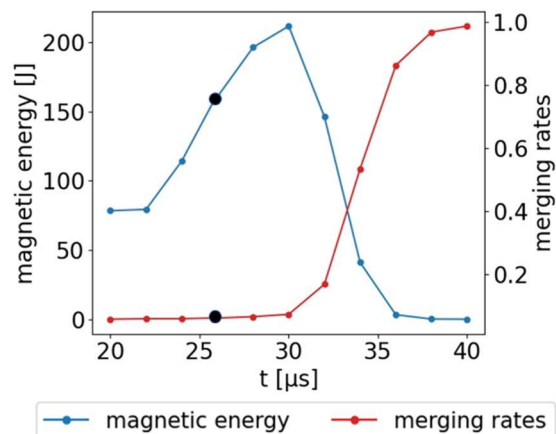
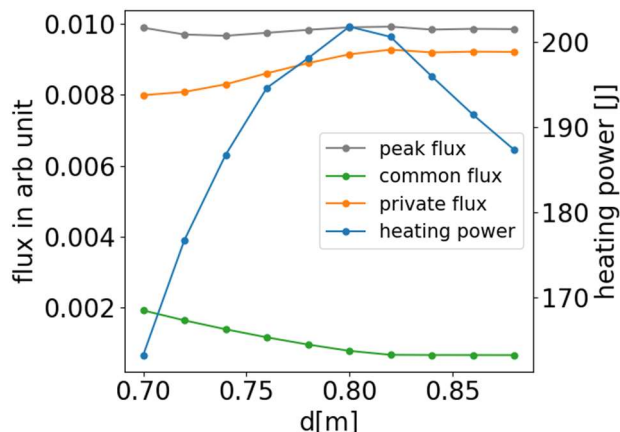


図2 合体する球状トカマクにおける private flux 中の磁場エネルギー及び合体率の時間変化

図3 flux 及び加熱エネルギーのコイル間隔  $d$  依存性