

ECH/ECCD 無誘導電流立ち上げに対する非軸対称磁場の影響

Effect of non-axisymmetric magnetic field on non-inductive current start-up by ECH/ECCD

尾崎祥平, 打田正樹, 梶田竜助, 大高航, 浜口睦宏, 小林良輔, 米田元樹, 安井優太, 田中仁
 OZAKI Shohei, UCHIDA Masaki, KAJITA Ryusuke, Hitoshi Tanaka et al.

京都大学大学院エネルギー科学研究科
 Graduate School of Energy Science, Kyoto University

1 背景と目的

LATE 装置では、電子サイクロトロン加熱・電流駆動 (ECH/ECCD) により無誘導で球状トカマクを立ち上げる実験を行ってきた。このように無誘導で立ち上げを行う場合、高速電子を利用することで効率の良い立ち上げが可能となる [1]。しかし、高速電子は非軸対称磁場の影響を受けやすく、その損失は立ち上げ効率の悪化を招くと考えられる。また、放電開始後閉磁気面形成前の段階においても、静電ポテンシャル分布の変形や閉じ込めの劣化を招き [2]、閉磁気面形成のキーとなる高速電子 (Cross-Field Passing Electrons) の生成を阻害する可能性がある [3]。

現在、実験室の改修工事に伴い、廃棄された WT-3 トカマクがあった場所に LATE 装置を移設する予定であるが、実験室床建材が磁化しているために地磁気の 10 倍ほどの非軸対称磁場が発生している。

本研究では、無誘導電流立ち上げにそのような非軸対称磁場がどのように影響を与えるかを調べるとともに、補正コイルを用いて非軸対称磁場を軽減した場合にどうなるかを調べることを目的としている。

2 残留磁場分布の測定結果

LATE 装置を設置する予定の場所の残留磁場分布を測定するために、LATE 装置の主軸と実験室床面の交点を原点とし、水平方向には ±1 m 四方の領域で、高さ方向には 4 箇所 ($z=0.25, 0.50, 1.00, 1.50$ m) について、SENIS 製の 3MTS テスラメーターを用いて磁場の 3 軸同時測定を行った。その結果を図 1、図 3(a) に示す。地磁気を含めた残留磁場は、LATE 中心付近の床面から湧き出すように分布しており、 y 方向 (南北) にはほぼ対称、 x 方向 (東西) には上部で $-x$ 方向 (西向き) 成分が大きくなっている。磁場の大きさは床面から 0.25 m で 0.60 mT、LATE 装置の赤道面に近い 1.50 m で 0.25 mT となっている。

3 補正コイルの設計

計測装置の邪魔にならないようにするために、図 2 に示すようにトロイダルコイルの支柱に沿った矩形の補正コイル 6 個を設置する。各コイルは LATE 真空容器を取り囲む六角柱の側面の辺に相当し、 3.5 mm^2 の KIV 線を用いて 5 ターンとする。各コイルは最大出力電流 60 A の定電流電源を用いて独立に励磁する。最大 300 A ターンの電流を印加するという制限のもとで最小自乗法を用いて $z=1.00, 1.50$ m で半径 0.5 m の真空容器内の磁場 xy (水平) 成分が最小となるように 6 個の補正コイル電流値を求めた。その結果、 $z=1.50$ m の真空容器内における水平成分の最大値は 0.136 mT から 0.063 mT に減少し、0.025 mT 以下の領域は 1.2% から 32.1% に増加することがわかった。

LATE 装置の再組み立て作業が終了し放電を開始し次第、補正コイル電流なしの場合、補正コイルで残留磁場を打ち消す磁場を発生させた場合、補正コイルで残留磁場を強める磁場を発生させた場合のそれぞれについて、ECH/ECCD のみによる無誘導球状トカマク形成実験を行い、比較する予定である。

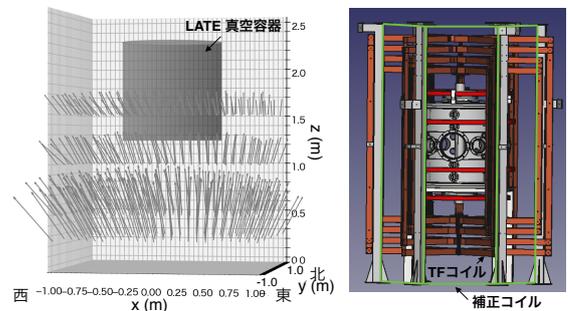


図1. LATE装置付近の残留磁場 図2. 補正コイルの設置位置

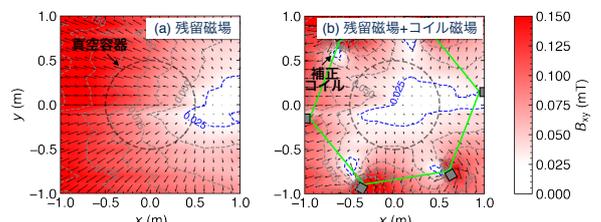


図3. $z=1.50$ m磁場の B_{xy} (水平)成分の分布

(a) 残留磁場の測定結果 (b) 補正コイルで軽減後の磁場

[1] M. Uchida *et al.*, Phys. Rev. Lett. 104 (2010) 065001.
 [2] K. Kuroda *et al.*, Plasma Phys. Control. Fusion 58 (2016) 025013.
 [3] T. Maekawa *et al.*, Nucl. Fusion 52 (2012) 083008.