

小型トカマクPHiXにおける非軸対称磁場が平衡と位置安定性に 及ぼす影響の検証

Effect of non-axisymmetric magnetic field on equilibrium and positional stability in the small tokamak PHiX

内藤晋¹⁾、桑原大介²⁾、鈴木康浩³⁾、筒井広明⁴⁾、飯尾俊二⁴⁾
Shin Naito¹⁾, Daisuke Kuwahara²⁾, Yasuhiro Suzuki³⁾, Hiroaki Tsutsui⁴⁾,
Shunji Tsuji-Iio⁴⁾

¹⁾東工大融合系、²⁾中部大工学部、³⁾核融合研、⁴⁾東工大研究院

¹⁾TSE, Tokyo Tech., ²⁾College of Eng., Chubu Univ., ³⁾NIFS, ⁴⁾IIR, Tokyo Tech.

トカマク装置はプラズマ断面の縦長さ κ を上昇させることで高閉じ込め・高 β を実現することができる。しかし κ の上昇に伴いプラズマの垂直位置は不安定になってしまう。また高 κ ではディスラプション後に発生するプラズマの急速な垂直位置移動現象VDE(Vertical Displacement Event)の存在が知られている。これらの現象が κ の上限を決めており、トカマク装置の高性能化を妨げている。垂直位置不安定性を抑制し高 κ を実現する手法の1つとして、トカマク装置の軸対称な磁場にステラレーター磁場を重畳する方法が知られている[1]。しかしステラレーター磁場を印加するためのヘリカルコイルは製作と設置が難しいだけでなく、装置のアスペクト比を大きくしてしまう。

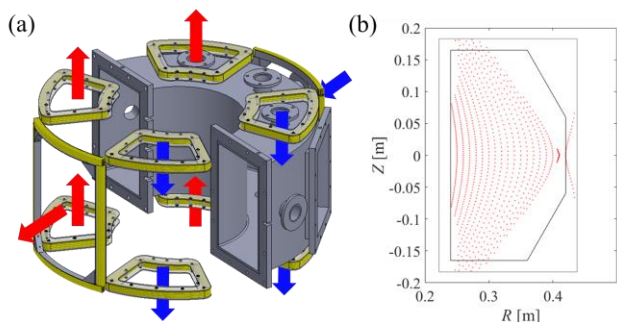


図1: (a)PHiXの真空容器半割とSC俯瞰図 (b)SCとTFCが生成する非軸対称磁場のポアンカレプロット。俯瞰図中の矢印は各SCが生成する磁場の向きを表している。

以上の問題を解決するため、我々は複数のサドルコイル(SC)とトロイダル磁場コイル(TFC)が生成する非軸対称磁場により、縦長プラズマの垂直位置を安定化する手法を提案した。この手法の有効性を実証するため、東工大の小型トカマク装置PHiXに図1(a)のように複数のSCを設置し、各コイルが矢印の向きに磁場を発生するよう通電しトカマク放電を行った。図1(b)はその際トロイダル角0度(図1(a)手前側の真空容器矩形フランジ部)でのポアンカレプロ

ットである。実験の結果不安定なプラズマ垂直位置の安定化に成功したが、その際のプラズマ形状は推定できていなかった。そこで本研究では3次元平衡計算コードVMECを用いて平衡計算を行い、垂直位置安定化に成功した際のコイル電流やプラズマ電流の条件の下で磁気面形状が得られるか計算した。実験で得られたプラズマ電流とSCコイル電流をそのまま入力すると計算が収束しなかったため、各パラメーターをスケールリングして計算を行った。図2にVMECで計算された各トロイダル角での磁気面形状を示す。トロイダル角に沿った平均縦長さ κ_{ave} は1.2だった。これにより、軸対称磁場を用いて垂直位置安定となる $n\text{-index}>0$ の磁場を印加した際には異なり、非軸対称磁場を印加した際は縦長なプラズマと安定な垂直位置が両立する可能性が示唆された。ポスター発表では他の条件での平衡計算結果に加え、非軸対称磁場が発生させる磁力線方向に平均した磁束密度を計算した結果についても報告する。

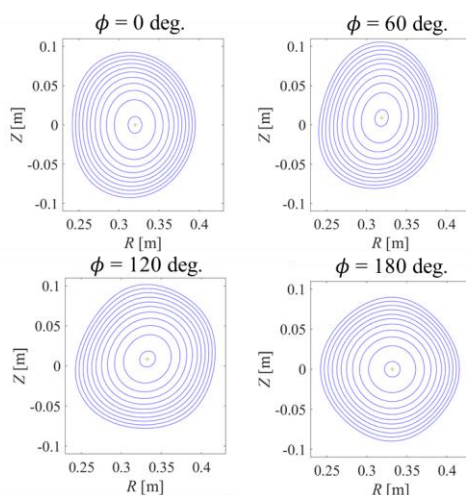


図2: 垂直位置の安定化に成功した際のSC電流で計算した各トロイダル角での磁気面

[1] K. Sakurai and S. Tanahashi, J. Phys. Soc. Jpn. **49**, 759 (1980).