

非円形断面トカマクのプラズマ位置制御 Feedback Control of Plasma Position in Non-Circular Small Tokamak

畠山昭一¹⁾, 渡辺正樹¹⁾, 小林孝之²⁾, 村山正道²⁾, 梅沢和大²⁾, 杉野弘幸²⁾, 山下要²⁾,
筒井広明³⁾, 飯尾俊二³⁾

著者名 Shoichi Hatakeyama^{A)}, Masaki Watanabe^{A)}, Takayuki Kobayashi^{A)},
Masamichi Murayama^{A)}, Hiroaki Tsutsui^{A)}, Shunji Tsuji-Iio^{A)}, et al.

所属略称 ¹⁾東工大総理工, ²⁾東工大理工, ³⁾東工大原子炉研
所属略称 ^{A)}Tokyo Tech.

高ベータ、高閉じ込めを実現する非円形断面トカマクでは、プラズマの垂直位置不安定性が問題になる。位置制御を喪失してプラズマが第一壁に接触すれば、巨大な熱負荷と電磁力が対抗壁の損傷を引き起こす。非円形断面と位置安定性を両立を目指して、外部ヘリカル磁場による受動的位置制御の原理実証を行うために小型トカマク装置を開発した(図1)。装置のパラメータは以下の通りである ($I_p = 5 \text{ kA}$, $B_t = 875 \text{ G}$, $a = 0.09 \text{ m}$, $R = 0.33 \text{ m}$, $\kappa = 1.8$)。現在、ヘリカル磁場印加実験の前段階として、通常トカマク運転で非円形断面プラズマを生成するためのフィードバック制御器を製作している。本発表では、フィード

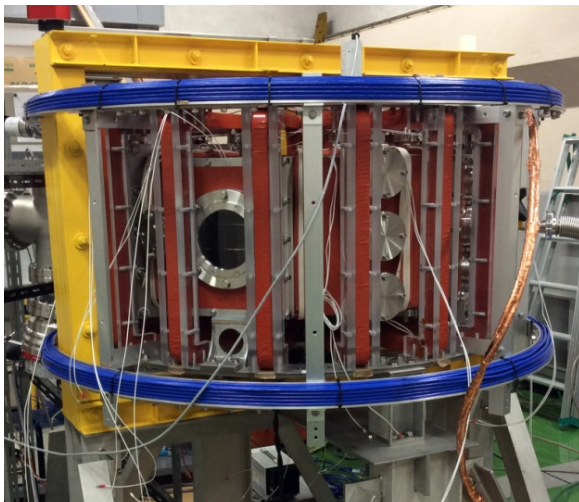


図1. 小型トカマク装置の外観. 平衡計算では、楕円度1.8のダイバータ配位の生成可能.

バックシステムの概要(図2)とプラズマ放電の結果について報告する。制御器には、高速な演算処理が可能なFPGAを備えたNI製のCompactRIOを用いた。制御部は、プラズマ位置の算出部、コイル電流指令値の算出部、電圧指令値への変換部の3つに分けられる。プラズマ位置は磁気計測により算出し、真空容器内に備えてた8本の磁束ループを用いてフィラメント電流法で求めた電流重心(R, Z)をプラズマ位置としている。これにより真空容器中心(R_0, Z_0)からの誤差($\Delta R, \Delta Z$)を求める。制御コイルの電流指令値は、プレプロ波形に上記の誤差からのPI指令値を加える方法で決定する。この電流指令値と回路常数から、電源の電圧指令値が決定される。コイル制御電源には、直列高電圧化により高速な電流制御の可能なフライングキャパシタ型マルチレベルインバーターを採用している。プラズマ位置制御器から受け取った電圧指令値はPWM信号へと変換されコイル電流が駆動される。

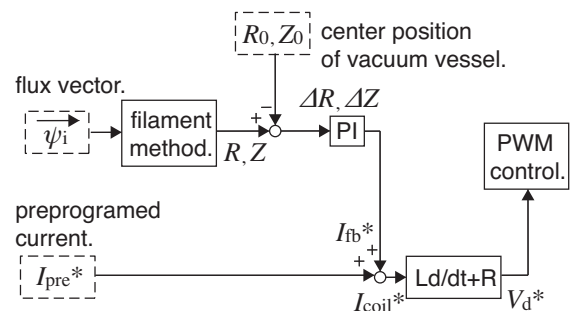


図2. 位置制御ブロック図. FPGAにフィラメント電流法を実装し電流重心を求める.