

TOKASTAR-2 における縦長断面トカマクの生成とヘリカル磁場の効果 Generating the elongated tokamak and effect of the helical magnetic field in TOKASTAR-2

安田幸平, 藤田隆明, 岡本敦, 有本英樹, 山内崇弘, 池田稜平, 木股空良
Kouhei Yasuda, Takaaki Fujita, Atsushi Okamoto, Hideki Arimoto,
Takahiro Yamauchi, Ryohei Ikeda, Sora Kimata

名古屋大学大学院工学研究科
Graduate School of Engineering, Nagoya University

縦長断面トカマクは、高性能化に有利であるが、垂直位置が不安定であり、制御が適切でない垂直移動現象(Vertical Displacement Event : VDE)が発生する。導体壁に流れる渦電流とポロイダルコイル電流のフィードバック制御による位置制御が一般的であるが、将来の核融合炉ではプラズマの近くにコイルや導体壁を設置できず、位置制御はより難しくなる。一方で、トカマクプラズマへのヘリカル磁場重畳による位置安定化が報告されている[1-3]。

TOKASTAR-2 は、局所ヘリカル磁場コイルを有する小型トカマク・ステラレータ混成装置である。主な研究目的の一つは、局所ヘリカル磁場によるトカマクプラズマの位置安定化である。局所ヘリカルコイルは2つの平行四辺形型コイルが径方向外側に設置され、4つの扇形型コイルが上下に2つずつ設置されている。このように配置・形状が単純であることが特徴で、連続巻きコイルより適用が容易である。TOKASTAR-2 では、これまでに円形断面トカマクにおいて、水平位置へのヘリカル磁場の効果を検証してきた[4-6]。本研究では、垂直位置へのヘリカル磁場の効果を検証した。

垂直位置へのヘリカル磁場の効果を検証するためには、プラズマ断面を縦長にする必要がある。プラズマの上下に設置した軸対称の SC (Shape Control)コイル用電源の整備が2018年7月に完了し、断面の縦長化の実験が可能となった。プラズマ放電はコンデンサバンク電源によるプレ・プログラミング放電であり、フィードバック制御は実施していないものの、その分プラズマは移動しやすくヘリカル磁場の効果を検証しやすい。ヘリカル磁場はプラズマ放電中ほぼ一定である。

実験は、SCコイル、垂直磁場コイル、水平磁場コイル、ヘリカル磁場コイルの各電流をスキャンし、パラメータサーベイを行った。プラズマ位置の推定にはフィラメント法を用いた(ヘリカル磁場ありでも同様に解析)。図1にヘリカル磁場ありなしのプラズマ位置の比較を示す。上から、楕円度 κ 、垂直位置 Z_J 、水平位置 R_J 、プラズマ電流 I_p の時間変化である。比較は、電流重心位置での軸対称成分のみのn-indexの値が近いショット同士で行った。ヘリカル磁

場なしでは、放電途中でVDEと I_p クエンチが観測され、最終的には径方向内側に消滅した。楕円度は、VDE前は $\kappa < 1.1$ 、VDE中はやや縦長となった。ヘリカル磁場ありでは、同様な振る舞いが観測され、ヘリカル磁場によってVDEを抑制できなかったが、VDE後の振る舞いに違いが見られた。 I_p クエンチ中でも水平位置は大きく変化せず、垂直位置は赤道面付近まで跳ね返される現象が観測された。これはヘリカル磁場が生成する実効的な垂直、水平磁場によるものと考えられる。これら磁場成分を磁力線追跡計算により今後評価する。

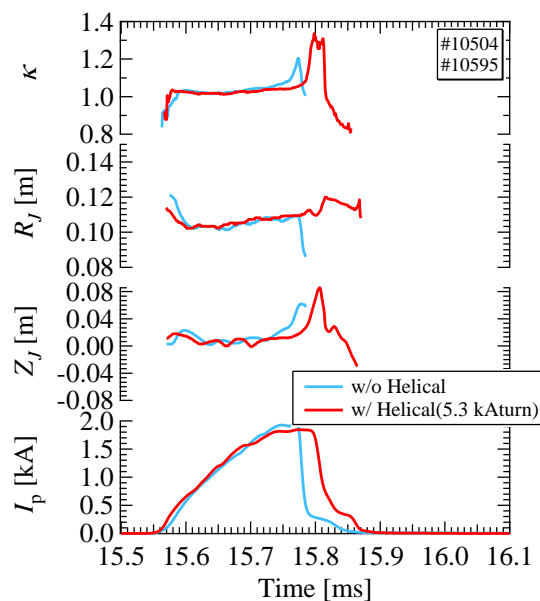


図1 ヘリカル磁場ありなしのプラズマ位置の比較

- [1] K. Sakurai and S. Tanahashi, J. Phys. Soc. Jpn **49**, 759 (1980).
- [2] H. Ikezi, K.F. Schwarzenegger and C. Ludescher, Phys. Fluids **22**, 2009 (1979).
- [3] M. C. ArchMiller, et al., Phys. Plasmas **21**, 056113 (2014).
- [4] T. Ueda, H. Arimoto, T. Fujita et al., J. Plasma Fusion Res. **10**, 3402065 (2015).
- [5] T. Sakito, H. Arimoto, T. Fujita et al., Plasma Fusion Res. **11**, 2402074 (2016).
- [6] K. Yasuda, H. Arimoto, A. Okamoto et al., Plasma Fusion Res. **13**, 3402072 (2018).