

HYBTOK-II トカマクにおける摂動磁場印可時のプラズマ応答に関する研究 Study of Plasma Response with Resonant Magnetic Perturbation Field in HYBTOK-II tokamak

岡本征晃¹, 大野哲靖², 渡邊清政³, 榊原悟³, 西村征也⁴

Masaaki Okamoto¹, Noriyasu Ohno², Kiyomasa Watanabe³, Satoru Sakakibara³, Seiya Nishimura⁴

1. 石川高専、2. 名古屋大学、3. 核融合研、4. 法政大学

1. NIT Ishikawa College, 2. Nagoya University, 3. NIFS, 4. Hosei University

磁場閉じ込め核融合プラズマにおいて、誤差磁場や外部コイルによる共鳴摂動磁場 (RMP) に対するプラズマ応答は健全な閉じ込め性能維持の観点から重要な課題であり、様々な磁場閉じ込め装置で研究が進められている。DIII-D トカマクにおいては、RMP による ELM や Locked mode の安定性制御を実施し、成果を得ている[1,2]。RMP による MHD の安定制御手法を ITER や実用炉で適用するためには、プラズマ中の RMP 伝搬の物理機構の十分な理解が不可欠となる。そこで本研究では、プラズマ内部の直接計測可能な小型トカマク装置 HYBTOK-II において、RMP 印加時のプラズマ内部の磁場揺動分布やプラズマ流速分布を計測し、理路モデルと比較することで、RMP の伝搬機構を理解することを目的としている。

HYBTOK-II での RMP 印可実験は、 $n=1$ のモード構造を有するサドルコイルを用いた実験が実施され、マッハプローブによるプラズマ流計測から、RMP の強度が大きくなると、共鳴面近傍においてプラズマ流速が減少することが報告されている[3]。本研究では、この実験条件を用いて、3 場簡約化 MHD 方程式を用いた非線形応答計算を行った。 Δ' が異なる $m=3$ の磁気島幅の時間発展を図 1 に示す。Alfvén 時間は $0.1\mu s$ 程度である。HYBTOK-II で観測される磁気島幅はプラズマ小半径の 10% 程度であるため、 $\Delta' \sim 4$ とする平衡磁場を用いて計算を行った。図 2 に抵抗率の異なる場

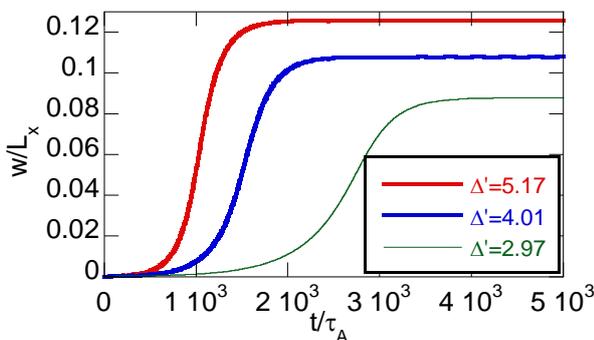


図1. $m=3$ の磁気島の時間発展

合の、RMP強度を変化させたときの共鳴面における磁場揺動周波数を示す。図2の計算には定常のRMPを用いている。RMPを印可しない場合では、15kHz程度の磁場揺動が結果として示されており、実験計測を再現する結果となっている。RMP強度が大きくなると磁気島の回転速度が減少しており、マッハプローブ計測と定性的に一致する結果が得られている。また、RMP強度を0.1 Gとして、ExB速度が異なる場合の、RMP回転周波数を変化させたときの磁場揺動周波数の変化を図3に示す。ExB速度やRMP回転により磁気島回転が大きく変化する結果が得られている。

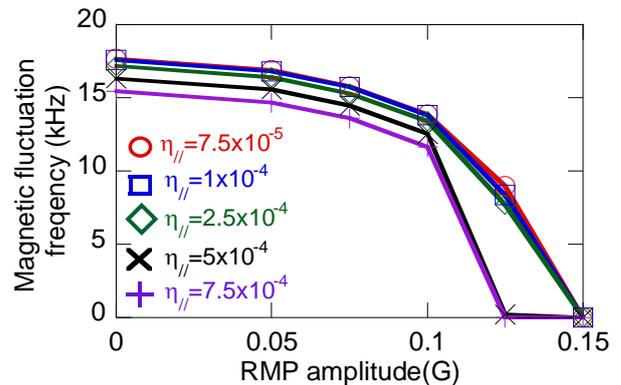


図2. RMP強度による磁場揺動周波数の変化

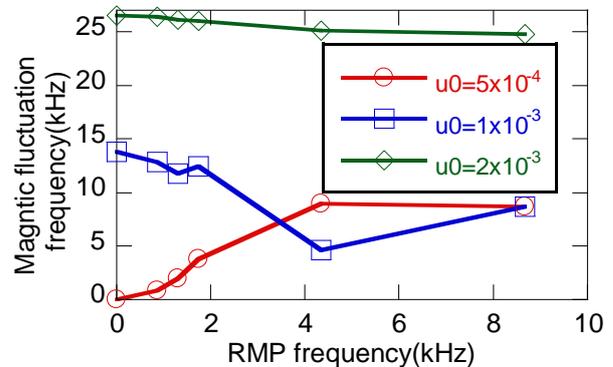


図3. RMP回転周波数による磁場揺動周波数の変化

[1] R.J. La Haye, et al., Phys. Fluids B 4 (1992) 2098.
[2] M. Okabayashi, et al., Nucl. Fusion 57 (2017) 016035
[3] M. Okamoto, et al., Plasma Fusion Res. 12 (2017) 1202027.