

S4-4

高ベータ運転を目指したMHD不安定性回避 Avoidance of MHD instabilities for high plasma operations

坂東隆宏¹⁾
BANDO Takahiro¹⁾
¹⁾豊橋技科大
¹⁾Toyohashi Univ.

経済性のある核融合炉、特にトカマク型核融合炉を実現するためには、高 β 値に加え、高自発電流割合、高エネルギー閉じ込め改善指数など、複数のパラメータを同時に高める必要がある[1]。このような複数高パラメータを同時達成可能なシナリオとして、先進トカマクシナリオが挙げられる[2]。

先進トカマクシナリオにおいては、プラズマ電流立ち上げ時に早期加熱(図1)を行い、強負磁気シアを作ることでITBを形成する[2]。一方で、ITBに伴う圧力勾配や負磁気シア分布により様々なMHD不安定性が励起しやすく、プラズマの立ち上げ・維持が容易ではないことが知られている。実際JT-60Uにおいても、図2に示す通り、同程度のプラズマ電流立ち上げ、NBI加熱入力で、より小さなポロイダル β でもディスラプションが発生するなど、圧力駆動モード/電流駆動モードといったディスラプション要因は明らかではなかった。本発表ではまず、先進トカマクシナリオのMHD不安定性研究について紹介し、JT-60Uで近年明らかになった立ち上げ時のディスラプション要因[3]について議論する。

さて、先進トカマクシナリオで無事にプラズマ立ち上げに成功し、 β 限界付近で運転を行うことができたとする。核融合炉のこの運転領域において特に問題になりうるのが、マージナルに安定なモードが核融合反応で生成された α 粒子により不安定化する高エネルギー粒子駆動MHD不安定性[4]である。特に、高 β プラズマで励起するEWM[5]は、ELMやRWMを駆動しうることが知られている。プラズマ閉じ込めに大きく影響を与える高エネルギー粒子駆動MHD不安定は、ステラレータ装置のLHDにおいても観測されており、EICとして知られている。本発表においては、これら高エネルギー粒子駆動MHD不安定性についてその励起機構を実験研究の観点から紹介すると共に、プラズマ閉じ込めへの影響、そして回避/安定化の方策について議論する。

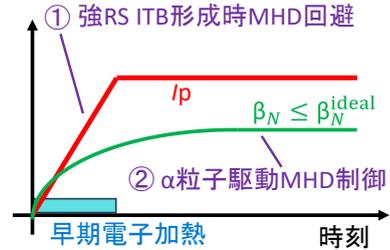


図 1. 本講演で議論する MHD 不安定性回避/制御

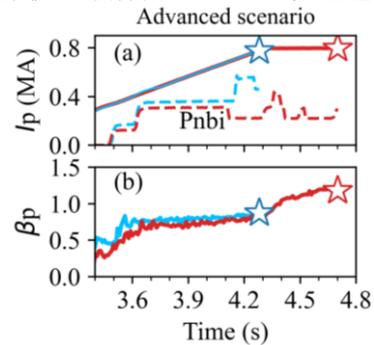


図 2. JT-60U 先進トカマクシナリオ立ち上げ時における低 β で発生したディスラプション。

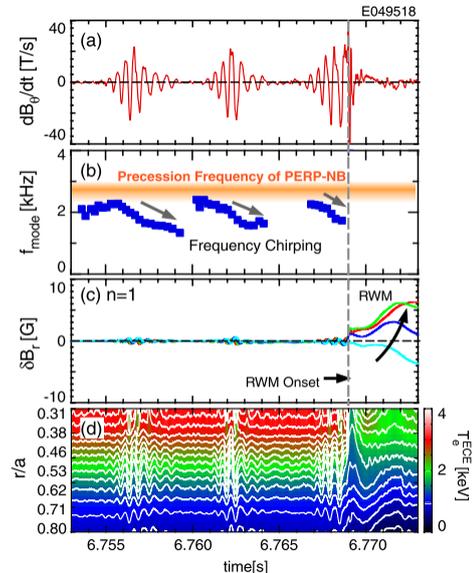


図 3. EWM による RWM 誘発[5]

- [1] Y. Kamada, J. Plasma Fusion Res. **86**, 519 (2010).
- [2] Y. Sakamoto et al., Nucl. Fusion **49**, 095017 (2009).
- [3] T. Bando et al., Plasma Fusion Res. **16**, 1402089 (2021).
- [4] T. Bando et al., J. Plasma Fusion Res. **99**, 401 (2023).
- [5] G. Matsunaga et al., Nucl. Fusion **50**, 084003 (2010).