

LHDのデタッチプラズマ形成時に観測される種々の共鳴摂動磁場構造 Various structures of resonant magnetic perturbation field and plasma response magnetic field observed in detached plasma in LHD

成嶋吉朗¹⁾²⁾、小林政弘¹⁾²⁾、田中宏彦³⁾、榑原悟¹⁾²⁾、大館聡¹⁾²⁾、
鈴木康浩¹⁾²⁾、渡邊清政¹⁾、武村勇輝¹⁾²⁾、大野哲靖³⁾、LHD実験グループ¹⁾

NARUSHIMA Y.¹⁾²⁾, KOBAYASHI M.¹⁾²⁾, TANAKA H.³⁾, SAKAKIBARA S.¹⁾²⁾, OHDACHI S.¹⁾²⁾,
SUZUKI Y.¹⁾²⁾, WATANABE K.Y.¹⁾, TAKEMURA Y.¹⁾²⁾, OHNO N.³⁾, LHD exp. group¹⁾

¹⁾核融合研、²⁾総研大、³⁾名大
¹⁾NIFS, ²⁾SOKENDAI, ³⁾Nagoya Univ.

LHDにおけるプラズマのデタッチ状態を実現する一つの手法として、プラズマ周辺部に共鳴するフリーエモード数 $m/n = 1/1$ (ここで m/n はポロイダルモード数/トロイダルモード数を意味する) の外部摂動磁場(RMP)の印加が挙げられる[1, 2]。プラズマ放電中には $m/n = 1/1$ のプラズマ応答磁場(PRF)が発生し、それによりRMPが修正される。その結果、RMPとPRFとの重ね合わせによる実効的摂動磁場(EPF)がプラズマ閉じ込め磁場配位に共鳴し磁場構造を形成する。EPF強度($\Delta\Phi_{\text{eff}}$)とRMPコイル電流値 I_{LID} との関係を図1に示す。白丸(黒丸)で示された点はデタッチ(アタッチ)状態を示しており、灰色実線はRMP強度($\Delta\Phi_{\text{ext}}$)を示している。RMPコイル電流値が $I_{\text{LID}} = 1.5\text{kA}$ の場合はデタッチ遷移せず、デタッチ遷移のためには $I_{\text{LID}} > \sim 2\text{kA}$ が必要であることが分かる。 $\Delta\Phi_{\text{eff}} < \Delta\Phi_{\text{ext}}$ の領域ではプラズマは常にアタッチ状態にあり、 $I_{\text{LID}} = 1.5\text{kA}$ の場合では $\Delta\Phi_{\text{eff}} \sim 0$ であることから、RMPがほぼ遮蔽されている。 $I_{\text{LID}} > \sim 2\text{kA}$ でのアタッチ状態ではRMPの一部が浸み込んでいることを示している。デタッチ状態(白丸)でのEPF強度 $\Delta\Phi_{\text{eff}}$ はRMP強度 $\Delta\Phi_{\text{ext}}$ を上回る、これは、プラズマ中に浸み込んだRMPが、PRFによって増強されている状態にあることを示している。これらの実験結果は、アタッチからデタッチへ遷移する時のEPF強度 $\Delta\Phi_{\text{eff}}$ の閾値は一定ではなく、RMP強度(I_{LID})とともに増加することを表している。RMPの遮蔽および浸み込みについては、これまでの磁気島ダイナミクスの研究においてプラズマのポロイダルフロー($E_r \times B_t$ フロー)との相関が明らかにされている[3]。速いポロイダルフローによってRMPは遮蔽され、ポロイダルフローが遅くなるとRMPが浸み込んで磁気島を形成する。すなわち、デタッチ遷移に対してはEPF強度の絶対値に閾値があるのではなく、RMPの遮蔽および浸み込みをもたらす物理機構がデタッチ形成と相関があると考えられる。

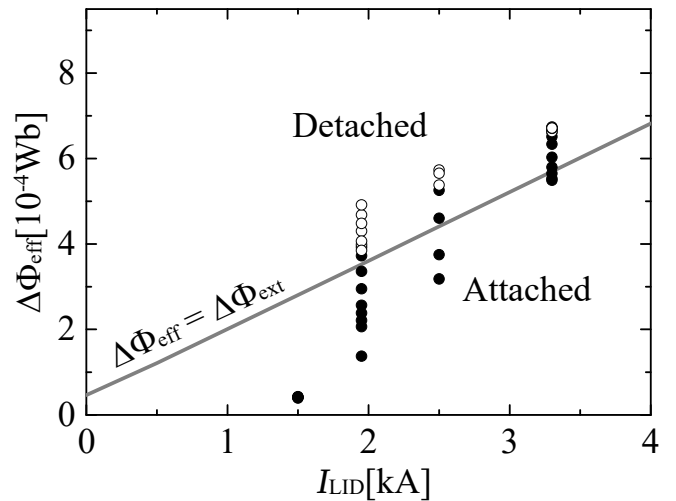


図 1 デタッチプラズマ生成における実効的摂動磁場 $\Delta\Phi_{\text{eff}}$ と RMP コイル電流値 I_{LID} との関係。白丸がデタッチ、黒丸がアタッチを示す。灰色実線は RMP 強度を示す。

謝辞

本研究は核融合科学研究所の予算(ULPP014)及びJSPS科研費基盤研究(C) (15K06649)の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] M. Kobayashi et al., NF, 53, (2013) 093032
- [2] H. Tanaka, et al., Joint 19th ISHW and 16th RFP workshop, 2013, Padova, Italy, Poster C4
- [3] Y. Narushima, et al., NF, 55, (2015) 073004