

Plasma parameter dependence of low-order magnetic fluctuation in the LHD plasmas

山田健聖¹、渡邊清政²、武村勇輝²、伊藤秀¹、榊原悟²

YAMADA Kensei¹、WATANABE Kiyomasa²、TAKEMURA Yuki²、ITO Shu¹、SAKAKIBARA Satoru²

名古屋大¹、核融合研²

Nagoya Univ¹、NIFS²

LHD(大型ヘリカル装置)では、その運転特性から主に交換型不安定性が発生しやすい。交換型不安定性は圧力勾配が大きい時に発生しやすく、プラズマの特性パラメータであるプラズマ圧力、プラズマ抵抗によって不安定度が変化する。LHDの経済的な核融合炉心相当の高ベータ放電(5%)を達成した磁場配位の幅広いプラズマ特性パラメータ領域実験において、その不安定度をベータ値と磁気レイノルズ数に着目して解析することで、抵抗性交換型不安定性が観測された磁場揺動の原因であるかことが先行研究において指摘されている[1]。一方、交換型不安定性は磁場配位の特性パラメータである小半径方向の磁場強度変化率、磁力線のねじれ度によっても不安定度が変化する事が知られている。

本研究では、磁気軸 3.75 m 及び磁気軸 3.6 m の磁場配位の特性パラメータが異なる放電において、観測された磁場揺動強度の依存性をベータ値と磁気レイノルズ数に着目して解析することで、どのような磁場配位がどのような場合により不安定なのかを調べることを目的とした。本研究ではトロイダル方向に 1 周期とポロイダル方向に 1 周期の構造を持つ不安定性(m/n=1/1 モード)に着目した。

磁気軸 3.75 m 及び磁気軸 3.6 m の磁場配位をもつ LHD 実験において、離れた位置で計測したコヒーレンスの高い磁場揺動信号を交換型不安定性由来の信号として判定し、磁場揺動信号の位相差から不安定性の構造を特定した。同時にプラズマの蓄積エネルギー、電子密度の計測結果から、 β 値(プラズマ圧力と磁気圧の比)、磁気レイノルズ数(S ; プラズマ抵抗が小さいほど、大)を評価し、不安定度の指標である運転磁場で規格化した磁

場揺動強度 \hat{b}_θ/B_t との関係を調べた結果を図 1、図 2 に示す。ここで、 $\langle\beta_{dia}\rangle$, S_{Re} はそれぞれ反磁性ループで計測した体積平均ベータ値、平均温度、密度から評価した磁気レイノルズ数である。図 1、図 2 より β が高いほど、また S が小さいほど磁場揺動強度 \hat{b}_θ/B_t は大きくなっていることがわかる。また黒いプロットで示された比較的高い磁場揺動強度のある、図 1、図 2 で β 値が 1.25~1.3%、 β 値が 1.45~1.5% のデータを抜き出し、 $(\hat{b}_\theta/B_t)^{1/2}$ の S 依存性を示したものが下図である。3.6 m 配位と比較すると、3.75 m 配位では運転特性から β 値が低く全体の分布は左に偏っている。磁場揺動強度の S 依存性は、広い S で、交換型不安定性の特徴である -0.36 乗の依存性を持つ。これらの結果より、磁気軸 3.75 m 配位及び磁気軸 3.6 m では、交換型不安定性が支配的であることがわかった。また、 β 値 1.25~1.3% で比較すると、磁場揺動強度の大きさは 3.6 m 配位の方が 2 倍ほど大きくなっていた。

[1] S. Sakakibara et al., Plasma Phys. Contr. Fusion 50 (2008) 124014.

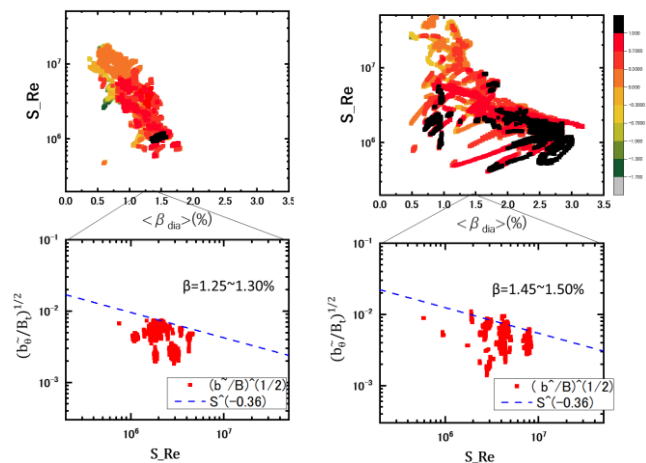


図 1 磁気軸 3.75m 配位の磁場揺動強度 図 2 磁気軸 3.6m 配位の磁場揺動強度