

外部共鳴擾動磁場による交換型 MHD 不安定性の抑制手法の研究

エネルギー電磁流体工学グループ 渡邊研究室 伊藤 秀

1. 目的と意義

MHD 不安定性は核融合炉における高温高密度プラズマの安定的な閉じ込めに悪影響を与える主要な原因であり、それを抑制することを本研究の目的とした。LHD(大型ヘリカル装置/核融合研)に設置されているコイルを図1に示す。LHDでは、白色で描かれたねじれた1対のヘリカルコイルと径の異なる円形の3対の垂直磁場コイルによって磁気面を形成しプラズマを閉じ込めているが、不安定性により揺動磁場が発生すると磁気面が乱れる。そこで揺動磁場と同じトロイダル方向とポロイダル方向の周期数(m,n)のモード構造を持つ磁場を、図1の色付きの上下10対の外部共鳴擾動磁場(RMP)コイルを用いて印加することで揺動磁場を抑制できるかを実験で検証した。外部 RMP の伝搬条件の違いの影響を考慮して、解析対象の揺動のモードはプラズマ中心部で発生する $m/n=2/1$ 、周辺部で発生する $m/n=1/1$ とした。

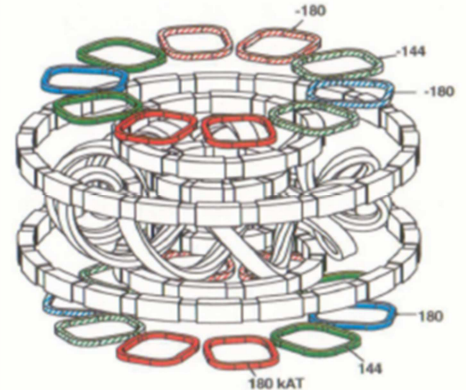


図1:LHD に設置されているコイル

2. 解析

巨視的な構造を持つ MHD モード起因の揺動では磁気プローブ間のコヒーレンスが高くなる。そこで、トロイダル方向、ヘリカル方向に複数設置した磁気プローブにより収集した揺動データをフーリエ解析した後、周波数領域からコヒーレンスの高い周波数成分を抽出し、その強度の合計を解析対象のモードの揺動磁場強度とした。

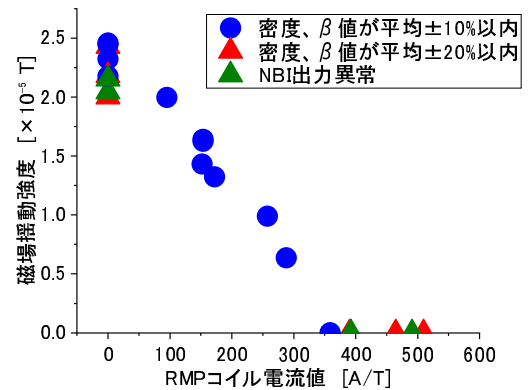


図2: 放電番号122101から122128の4.3秒における RMPコイル電流値による $m/n=1/1$ モード磁場揺動強度の変化

3. 結果・考察

RMP コイル電流値に対する $m/n=1/1$ 、 $m/n=2/1$ モード磁場揺動強度の変化をそれぞれ図2、図3に示した。両モードとも磁場揺動強度が RMP コイル電流値の増加に伴い減少している。RMP コイル電流値が、 $m/n=1/1$ モードでは 350 [A/T]程度、 $m/n=2/1$ モードでは 1000 [A/T]程度に達すると磁場揺動強度はゼロになり、それらのモードの揺動磁場が消滅したことを示している。したがって、どちらのモードをもつ不安定性についても適切な外部 RMP の印加により不安定性の抑制が可能であることが分かった。磁場揺動強度の減少の仕方はそれぞれのモードで異なっており、 $m/n=2/1$ モードの磁場揺動が強い外部 RMP により消滅しているのは、 $m/n=2/1$ モードの磁場は空間的に減衰しやすくプラズマに浸透しにくい性質をもつためと推測される。(急に揺動磁場消滅するか否かは、さらに別の効果なので、そ

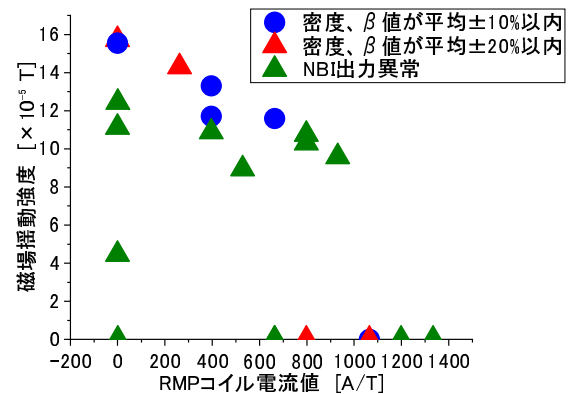


図3: 放電番号145525から145552の5.2秒における RMPコイル電流値による $m/n=2/1$ モード磁場揺動強度の変化

れを示す場合は別途説明すること)