

LHD有限ベータプラズマにおける乱れた磁力線領域での抵抗性交換型不安定性に対する線形解析

Application of linear analysis to resistive interchange mode in LHD finite beta plasmas with stochastic field line structure

上田亮介¹⁾, 佐藤雅彦²⁾, 渡邊清政²⁾, 松本裕¹⁾, 鈴木康浩²⁾, 板垣正文¹⁾, 及川俊一¹⁾, 藤堂泰²⁾
UEDA Ryosuke¹⁾, SATO Masahiko²⁾, WATANABE Kiyomasa²⁾, MATSUMOTO Yutaka¹⁾, et al.

1)北大院工 2)核融合研

1)Hokkaido Univ. 2)NIFS

核融合炉の実現のため、MHD (Magnetohydrodynamics) 不安定性を研究することは重要な課題である。LHD (Large Helical Device) では特に圧力駆動型不安定性である交換型不安定性が、プラズマを維持していく上で極めて重要な解析対象である。

LHD 実験では、磁気プローブによる磁場揺動計測によって不安定性の解析が行われている。計測では、低次のコヒーレントな磁場揺動が観測されており[1]、プラズマの閉じ込め性能の向上のためには、これらの揺動の原因を調べる必要がある。また LHD プラズマでは、周辺部に乱れた磁力線領域が存在していることが知られている。このような領域では、プラズマがストキャスティックに振る舞うため、磁場揺動を生じさせている原因となっていることが予測される。本研究では、乱れた磁力線構造を持つ領域で抵抗性交換型不安定性を解析し、このような磁力線構造がプラズマの閉じ込め特性に与える影響について明らかにすることを目的としている。

これまでの核融合プラズマに対する MHD 解析では、主に2つの座標系が用いられてきた。1つは磁気座標系と呼ばれており、入れ子状の磁気面を仮定し計算を行う。この手法はこれまで広く使用されてきたが、本研究の解析対象であるような乱れた磁力線構造では扱えない。もう1つは、実座標系を用いる手法であり、磁気面形状に特に仮定を置かず、乱れた磁力線構造における解析も可能である。近年、3次元実座標系において MHD シミュレーションを行う MIPS (MHD Infrastructure for Plasma Simulation) コードが開発された[2]。MIPS コードは HINT コード[3]によって構築された平衡磁場・圧力を初期条件として用いることで、非線形シミュレーションを行う。本研究ではこの MIPS コードを用いて解析を行った。乱れた磁場構造に影響される不安定性の定性的な特徴を調べるには、様々な磁場配位に対するパラメータサーベイが有効である。そのためには、多くの計算条件による解析が必要となるため、本研究では計算時間が少なく済む線形解析を行った。

安定性の解析をするには初期平衡条件に摂動を加えて時間発展を計算する。ランダムな摂動を加えた場合は、最も不安定な(m,n)モードが現れる。ここで(m,n)はポロイダルモード数とトロイダルモード数である。このようなランダムな摂動を加えた場合は、計算を行うまでどのモードが成長するかの予測できず、結果として高次のモードが現れることもある。一方で、実験で観測されている磁場揺動は低次のモードであるため、実験結果との比較を行うには、低次モードの不安定性を解析できることが望ましい。これらの理由から、本研究では初期摂動に特定のモードを持たせ、低次モードの不安定性の解析を試みた。図1は構築した初期摂動の例であり、ポロイダル断面における(2,1)モードの摂動量の圧力分布を示している。講演では、このよ

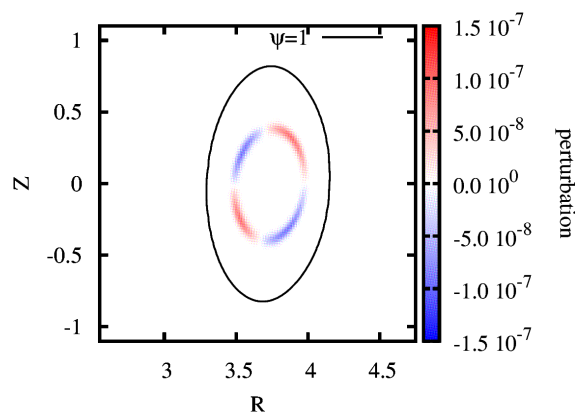


図1: (m,n)=(2,1)モードの圧力初期摂動分布

うな初期摂動の構築法と、不安定性の特性が、乱れた磁力線構造によって受ける影響について発表を行う。

参考文献

- [1] K. Y. Watanabe *et al.*, Phys. Plasmas, **18**, 056119(2011)
- [2] Y. Todo, N. Nakajima, M. Sato and H. Miura, Plasma Fusion Res., **5**, S2062(2010).
- [3] K. Harafuji, T. Hayashi and T. Sato, J. Comput. Phys. **81**, 169(1989).