

運動論的 MHD シミュレーション解析による
 LHD プラズマの圧力駆動型不安定性のベータ値依存性
 Kinetic MHD simulation analysis of the beta value dependence of
 pressure gradient instabilities in LHD plasmas

佐藤雅彦, 藤堂泰
 Masahiko Sato, Yasuhi Todo

核融合科学研究所
 National Institute for Fusion Science

LHD においては、体積平均ベータ値が約 5% の安定なプラズマが得られているが、MHD モデルに基づく解析では非常に不安定な結果が得られる [1]。この実験結果と MHD 予測の不一致を解決すべく、熱イオンの運動論的効果を含むシミュレーションを行なったところ、ヘリカルリップルに捕捉された熱イオンが不安定性を抑制する効果があることがわかった [2]。[2] の解析で用いた平衡は、LHD 実験で得られている平衡と比較し、磁気軸シフトが大きい平衡となっている。本研究では、実験値と同じ磁気軸位置を持つ平衡を用い、より実験に近い磁場配位での解析を行なった。

図 1 に [2] の解析で用いた中心ベータ値 (β_0) が 7.5% の平衡と、磁気軸位置を実験と合わせた平衡 ($\beta_0 = 6.3%$) の平衡分布の比較を示している。図 1(b) の横軸はトロイダルフラックスの平方根であり、最外殻磁気面が 1 となるように規格化している。解析には運動論的 MHD シミュレーションコードである MEGA コードを用いた。図 2 は、電子圧力揺動振幅のトロイダルモード (n) ごとの時間発展を示している。図 2(a), (b) とともに、最も不安定な $n = 2$ の飽和後も $n = 1$ は成長を続け、最終的には $n = 1$ が最も振幅が大きくなる。図 3 では、飽和状態における圧力の $(m, n) = (0, 0)$ 成分の径分布を示している。MHD モデルでは、両者ともに、不安定性の影響が中心領域まで大きく及ぶために、中心領域での圧力が大きく減少する。しかし、運動論的 MHD モデルにおいては、不安定性の影響が抑制されており、高圧力状態を維持できている。両平衡の結果は、線形成長率は異なるものの、その非線形発展には大きな違いは見られない。

References

- [1] M. Sato *et al*, Nucl. Fusion **57** (2017) 126023.
- [2] M. Sato and Y. Todo, Nucl. Fusion **61** (2021) 116012.

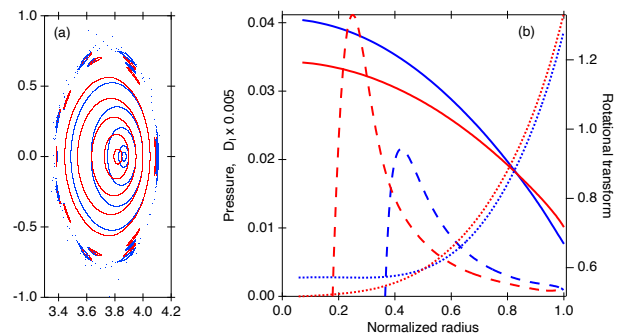


Fig. 1: (a) 縦長断面における磁力線のポアンカレプロット、および、(b) 圧力 (実線)、回転変換 (点線)、メルシエパラメータ (D_I) (破線) の径分布。赤は $\beta_0 = 6.3%$ 、青は $\beta_0 = 7.5%$ に対応する。

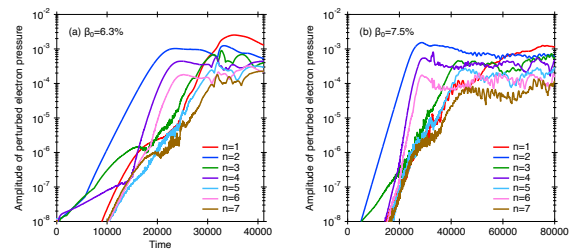


Fig. 2: (a) $\beta_0 = 6.3%$ と (b) $\beta_0 = 7.5%$ の電子圧力揺動振幅のトロイダルモード (n) ごとの時間発展。

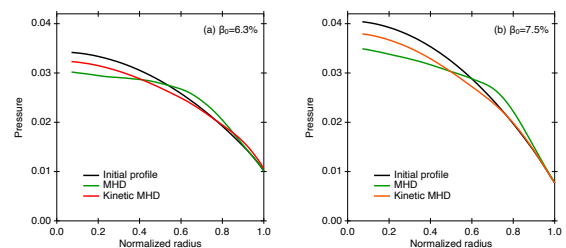


Fig. 3: 飽和状態における圧力の $(m, n) = (0, 0)$ 成分の径分布。緑線は MHD モデル、赤線は運動論的 MHD モデルから得られた結果である。黒線は初期分布を示している。