

最適化研究に向けたヘリオトロン配位のコイル形状依存性の研究 Dependence of the Heliotron Configuration on Coil Shape for Machine-Learning of Optimization Study

藪本宙¹, 佐竹真介^{1,2}
YABUMOTO Sora¹, SATAKE Shinsuke^{1,2}

¹総研大, ²NIFS
¹SOKENDAI, ²NIFS

磁場配位の最適化は核融合炉の実現に向けた課題の解決に有用である。本研究では、LHD型の2対のヘリカルコイルの形状を様々に振り、作られた閉じ込め磁場配位における新古典輸送の大きさおよびMHD安定性を評価関数とした多目的最適化を行い、パレート最適な磁場配位を、コイル形状を変化させることで調べることを目標とする。

機械学習にはガウス過程を用いるが、今回はその準備段階である教師データの作成を行った。コイル形状にはヘリカル型の巻き線則を拡張した方程式を下の式のように与えて、実現性を考慮して曲率・振率などの拘束条件を課した。

$$R(t) = R_{ax}(t) + r_{00}\epsilon_r \cos(\phi + \phi_{0r} + \alpha_r \sin \phi) [1 + \epsilon_{2r} \cos(\phi + \phi_{2r})]$$

$$Z(t) = Z_{ax}(t) + r_{00}\epsilon_z \sin(\phi + \phi_{0z} + \alpha_z \sin \phi) [1 + \epsilon_{2z} \cos(\phi + \phi_{2z})]$$

ここで、LHDと異なる点はピッチモジュレーション α が R, Z で異なる値を取り得ることと、バンピー成分 $\epsilon_{2r}, \epsilon_{2z}$ を導入したことである。

教師データの作成では、上記のコイルの巻き線則の可変パラメータを一定の間隔で変化させて数値シミュレーションを実行した。MHD線形安定性については、Mercier条件を用いて評価した。

LHD様のコイル形状を基準として、可変パラメータの一部は計算コストを減らすために固定したが、多様な磁場配位を得られることがわかった。図はその一例である。

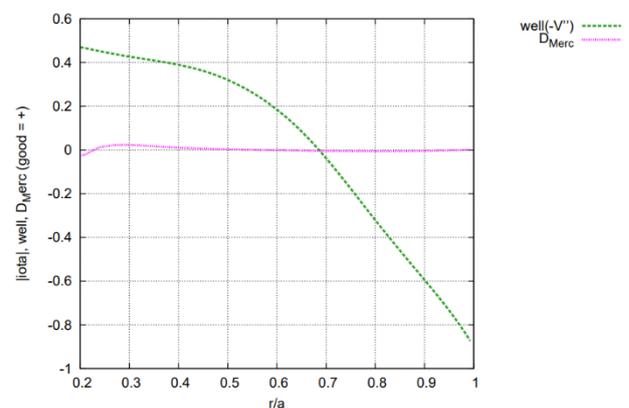
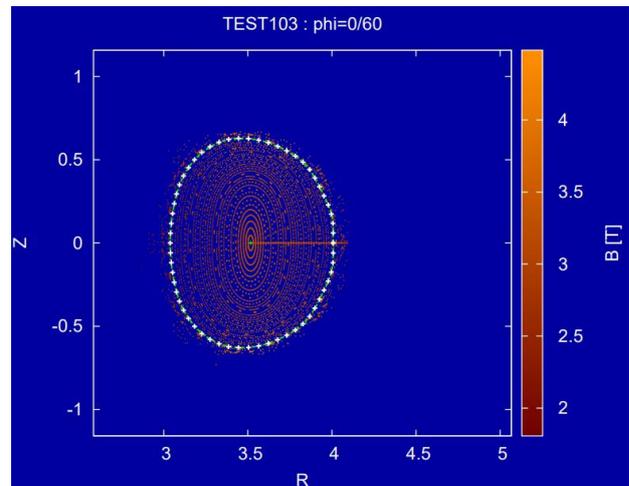
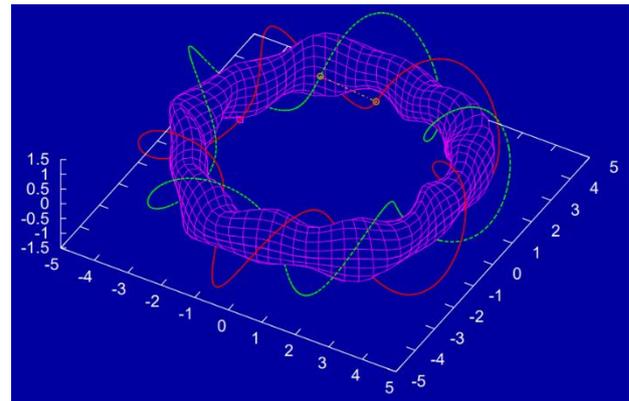


図: 数値シミュレーションの結果の一例
(右上) コイル形状と磁場配位
(右中) 最外殻磁気面と磁場強度
(右下) Mercier条件によるMHD安定性の評価