

小さなシャフラノフシフトを持つヘリカル配位 Stellarator optimization for reduced Shafranov shift

岡村昇一
Shoichi Okamura

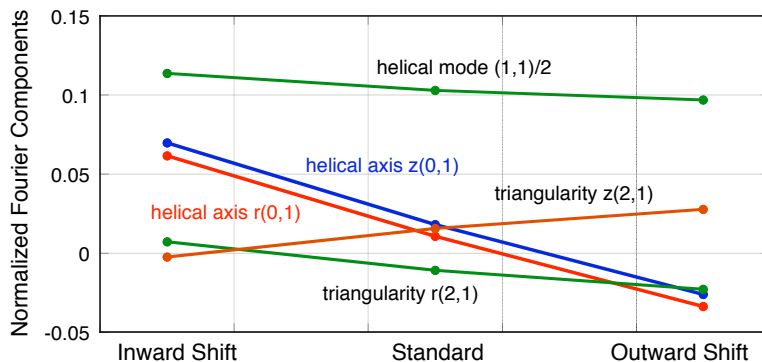
核融合科学研究所
NIFS

核融合研究は、ITERを中心としたトカマク型装置による核燃焼実験を目指す流れに対し、定常運転の技術的問題解決のためのもう一つの流れとしてヘリカル型装置による研究が進展している。LHD実験による多くの実験成果に加えて、ドイツのW-7X計画においてようやく装置完成の目処がつき、二つの異なる磁場配位概念による実験成果が競われるフェイズになる。この先どのようなロードマップになるかを考える時、世界的規模においてヘリカル型研究の次期装置に向けた一本化が要請されることが予期される。

W-7Xの設計手法の基礎である、磁場コイル形状の制限から切り離れた磁場配位設計研究の流れでは、疑似対称性に基づいたいくつかの磁場配位の例を始めとして、磁場配位改善の努力が継続されている。一方、LHD装置の磁場配位については、ヘリカル型核融合炉の工学設計において、中性子遮蔽やブランケット設計などの工学的見地からの磁場コイル構造の改善努力が行われているものの、プラズマ閉じ込め性能の向上を目指した磁場配位改善の研究はほとんど行われていない。

本研究においては、LHD実験において、磁場コイルの電流比を変えることによって得られるいくつかの磁場配位から出発し、現在の磁場コイル形状の制限をはずした場合にどのような改善配位が得られるかについて調べた。手法としては、W-7X等の磁場配位設計において用いられた、プラズマの境界形状に基づく磁場配位設計手法を採るが、物理的性能を追求するために、いたずらに境界形状の表現としてのフーリエモードの数を多く用いることはしない。米国のNCSX装置の例では、目標とする磁場配位の自由度を極めて狭く限定することから、結果として磁場コイルの設計に工学的な困難が多

く発生して、装置建設の経費も含めた実験計画の総合的な評価を落とすことになった。この研究では、磁場配位の特長を決定する基本的なフーリエモードの役割を調べ上げ、その組み合わせと物理的な閉じ込め性能との関係を整理することから、LHD磁場配位の拡張による閉じ込め改善の可能性を調べることが目的である。



上の図は、LHD実験で用いられる典型的な磁場配位である、内寄せ配位($R_{ax}=3.6m$)、標準配位($R_{ax}=3.75m$)、外寄せ配位($R_{ax}=3.9m$)の真空磁場配位を構成する基本的なフーリエモードを示す。実際には、ここに示す少数のフーリエモードのみによって構成した磁場配位によって、三種の磁場配位の物理的な特長はほぼ完璧に再現される。逆の言い方をすれば、これらの基本モードがLHD装置の磁場配位の物理的特長のほとんどを決定しているとも言える。

LHD実験の磁場配位は、内寄せ配位において良好な閉じ込め特性が得られているが、比較的大きなShafranov shiftにより、その特性はベータ値が増すにつれて失われてしまう問題点がある。これらのフーリエモードを再構成して得られた新しい磁場配位において、Shafranov shiftが抑制され、高ベータ値においても閉じ込め特性の劣化しない特性を得たので、その詳細について発表する。