

LHD型ヘリオトロン磁場配位の最適化検討

— RMPコイルによる磁気面整形 —

Optimization of LHD-type heliotron magnetic configuration

— adjustment of magnetic surfaces using RMP coils —

*柳 長門^{1,2}, 後藤拓也^{1,2}, 成嶋吉朗^{1,2}, 市口勝治^{1,2}, 田村 仁^{1,2}, 宮澤順一^{1,2}YANAGI Nagato^{1,2}, GOTO Takuya^{1,2}, NARUSHIMA Yoshiro^{1,2}, ICHIGUCHI Katsuji^{1,2}, TAMURA Hitoshi^{1,2}, MIYAZAWA Junichi^{1,2}¹ 核融合研, ² 総研大¹NIFS, ²SOKENDAI

1. はじめに

ヘリカル型核融合炉FFHRの概念設計では、大型ヘリカル装置（LHD）の磁場配位を基本としつつ、連続ヘリカルコイルの巻線則のわずかな変更（ピッチ変調、楕円変形、スプリット）や、サブヘリカルコイル等の各種補正コイルを用いることによる磁場配位の最適化を図っている[1, 2]。コアプラズマの輸送（新古典、乱流）の低減や電磁流体力学的（MHD）安定性（ベータ値）の向上、高エネルギー粒子閉じ込め特性の向上などの物理的観点に加えて、工学的観点からの最適化も重要である。これには、特に、トーラス内側におけるブランケットスペース（ヘリカルコイルとプラズマとの距離）の増大や、ダイバータ熱流束の低減、プラズマ体積（小半径）の増大などの課題がある。今回の検討では、補正コイルのうちResonance Magnetic Perturbation (RMP)コイルを用いることによって特に磁気面周辺のエルゴディック層の厚みの制御を行い、磁気軸外側シフト配位における厚み低減、および、磁気軸内側シフト配位における厚み増大の方法を見出したので、これらについて報告する。

2. 外側シフト配位におけるエルゴディック層厚みの低減

磁気軸の外側シフト配位はMHD安定性に優れるとともに、超高密度コアプラズマや、ダイバータプラズマのデタッチメントが得やすいなどの特長がある。ただし、エルゴディック層が分厚くなり、最外殻磁気面が小さくなることが問題である。これについて、RMPコイルを用いて適当な補正磁場を加えることでエルゴディック層を薄くして、最外殻磁気面を大きくできることがわかった。Fig. 1の例（LHDより少し小さい大半径 $R = 3.3$ mで、ヘリカルコイルピッチ変調パラメータ $\alpha = 0.0$ の装置に対する計算）では、ポロイダルモード数 $m = 1$ 、トロイダルモード数 $n = 20$ の摂動磁場を与えている。

3. 内側シフト配位におけるエルゴディック層厚みの増大

磁気軸の内側シフト配位は新古典輸送が低減され、高エネルギー粒子の閉じ込めが良いなどの特長がある。ただし、エルゴディック層が薄く、最外殻

磁気面は大きいものの、ダイバータに向かう磁力線構造としてトロイダル方向の異方性が大きく、熱流束にピーキングが生じる懸念がある。これについて、RMPコイルを用いて適当な補正磁場を加えることでエルゴディック層を厚くして、熱流束を平坦化できることがわかった。Fig. 2の例（LHD; $R = 3.3$ m, $\alpha = 0.1$ ）では、 $m = 4, n = 5$ の摂動磁場を与えている。

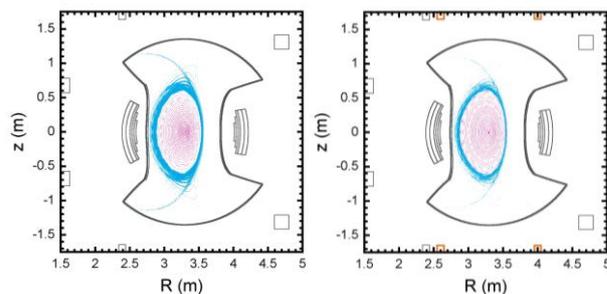


Fig. 1 Vacuum magnetic surfaces of outward-shifted configuration of LHD-similar device ($R = 3.3$ m, $\alpha = 0.0$): without (left) and with (right) perturbing magnetic fields ($m = 1$, $n = 20$) produced by RMP coils.

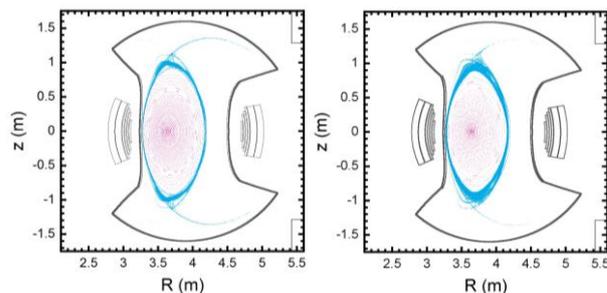


Fig. 2 Vacuum magnetic surfaces of inward-shifted configuration of LHD ($R = 3.9$ m, $\alpha = 0.1$): without (left) and with (right) perturbing magnetic fields ($m = 4, n = 5$) produced by RMP coils.

参考文献

- [1] N. Yanagi et al., Journal of Fusion Energy **38** (2019) 147–161.
 [2] N. Yanagi et al., Plasma and Fusion Research **11** (2016) 2405034.