

28pC07

LHD における NBI ビーム粒子の径電場への影響

Effect of NBI beam ions on the radial electric field in LHD

村上定義, 若狭 有光¹⁾, LHD 実験グループ²⁾京大・工、北大・工¹⁾、核融合研²⁾S. Murakami, A. Wakasa²⁾, and LHD Experimental GroupKyoto Univ., Hokkaido Univ.¹⁾, NIFS²⁾

非軸対称磁場配位においては、新古典輸送係数が衝突周波数の逆数に比例する $1/\nu$ 領域の存在や、異常輸送にも影響を与える可能性がある径電場が新古典輸送に強く依存していることなどから、ヘリカル型核融合炉を考える場合、新古典輸送は重要な検討課題の一つとなっている。また、輸送係数の径電場に対する依存性から径電場の分岐現象が見られ、いわゆる負の径電場を持つ「イオンルート」と正の径電場を持つ「電子ルート」の2つの安定な解が存在する。特に、この電子ルートにおいては、強い正の径電場が得られ、輸送の大幅な低減が期待されている。

近年、大型ヘリカル装置(LHD)などにおいて、強い電子サイクロトロン加熱(ECH)をプラズマ中心に行なうことにより、急峻な電子温度勾配が得られ、電子ルートと関連する電子輸送の大幅な低減が観測されている[1]。この電子ルートの特徴を生かして核融合炉を設計できれば、非軸対称系においても輸送を低減した炉を設計することができ、効率的なヘリカル型核融合炉の設計が可能となる。しかしながら、これらの実験では、イオン温度の改善は見られず、将来の核融合炉を展望した場合に、必ずしも有望な実験的事実が得られたとは言えない。

ところが、最近、LHD における高イオン温度実験(アルゴンプラズマ)や CHS 実験において、イオン温度が急に上昇する現象が観測された。これらの実験結果は、電子ルートと関連する可能性があるが、単

純な新古典輸送理論を適用することができない。これらのプラズマは超低密度 ($5.0 \times 10^{18} \text{m}^{-3}$) で行われており、NBI ビーム密度が全体の密度と比べ無視できないくらい十分大きいと考えられる。また、LHD では、NBI ビームは接線入射され、減衰時間の間、比較的安定な軌道を描き、ビーム粒子は完全に閉じ込められている。さらに、ビーム粒子はエネルギーが高いため、新古典輸送で決まる径電場の影響をあまり受けない。したがって、このような安定な高エネルギー粒子が多く存在する非マクスウェル分布においては、これらの効果を含めた新古典輸送の解析をする必要がある。

本研究では、GNET[2]およびDCOM/NNW[3]コードを用いて、高エネルギービーム粒子の効果を含めた新古典輸送を数値シミュレーションにより解析し、高エネルギービーム粒子の径方向電場への影響について研究を行った。

[1] M. Yokoyama, *et al.*, Fusion Sci. Technol. **50** (2006) 327.[2] Y. Takeiri, *et al.*, Nucl. Fusion **45** (2005) 565.[3] S. Murakami, *et al.*, Fusion Sci. Technol. **46** (2004) 241.[4] A. Wakasa, *et al.*, J. Plasma Fusion Res. SERIES **6** (2004) 203.

28pC08

Heliotron J プラズマ特性に対する磁場配位制御効果

Configuration Studies for Heliotron J Plasma Control

水内 亨¹⁾、佐野 史道¹⁾、近藤 克己²⁾、長崎 百伸¹⁾、岡田 浩之¹⁾、小林 進二¹⁾、馮 震³⁾、有本 元²⁾、本島 敏²⁾、渡邊 真也²⁾、友清 喬²⁾、野作 雅俊²⁾、松岡 諭史²⁾、渡邊 伝超²⁾、片山 大輔²⁾、高橋 裕²⁾、中嶋 祥乃²⁾、濱上 史頼²⁾、松岡 浩然²⁾、向井 清史²⁾、村井 謙介²⁾、安田 弘之²⁾、花谷 清¹⁾、中村 祐司²⁾、渡邊 清政⁴⁾、横山 雅之⁴⁾、鈴木 康浩⁴⁾、西野 信博⁵⁾

京大エネ理工研¹⁾、京大院エネ科²⁾、西南物理研究院³⁾、核融合研⁴⁾、広大院工⁵⁾MIZUUCHI Tohru¹⁾, SANO Fumimichi¹⁾, KONDO Katsumi²⁾, NAGASAKI Kazunobu¹⁾, OKADA Hiroyuki¹⁾, KOBAYASHI Shinji¹⁾, et al.IAE Kyoto Univ.¹⁾, GSES Kyoto Univ.²⁾, SWIP(China)³⁾, NIFS⁴⁾, GSE Hiroshima Univ.⁵⁾

ヘリカル軸ヘリオートロン配位は、準等磁場概念に基づき提案された磁場配位であり、磁場強度の Boozer 座標におけるフーリエ成分の組み合わせを工夫することにより、最適な磁場配位実現を狙っている。とくに、従来の主要磁場成分であるヘリシティ、トロイデシティに加え、バンビネス成分を積極的に導入することによるプラズマ輸送制御を試みるものである。Heliotron J 実験の目的の一つは、この様なヘリカル軸ヘリオートロン配位の特徴を実験的に検証し、さらに最適化して行くことにある。

この研究の一環として、低磁気シア装置であることに留意して、真空状態での周辺回転変換の値をほぼ一定 (≈ 0.56) に保った上で、ヘリシティやトロイデシティが、それらの径方向変化も含めてほぼ同じで、バンビネスのみ異なる3つの磁場配位(図1参照)を対象に、それぞれの磁場配位における ECH、NBI 並びに ICRF 加熱プラズマの特性を様々な観点から調査している。今期の実験では、とくに、ハルクプラズマのエネルギー閉じ込め特性や NBI/ICRF で生成される高エネルギーイオン閉じ込め並びに加熱特性の他、新古典輸送により予見されるブートストラップ電流や NB 駆動電流、EC 駆動電流の制御性、これらを組み合わせることによる非誘導電流制御性、非誘導電流による磁場構造変化も含めた周辺プラズマ特性の変化とそれによるコアプラズマへの影響などに注目している。

一方、新古典拡散に関する議論では、磁場フーリエ成分の制御に際し、主要成分に加え、それら以外の高調波成分の影響も考慮することも必要との観点から、総合的な新古典輸送への影響を議論する指標として、「実効ヘリカルリップル」が提案されている。図2は、上記3磁場配位の実効ヘリカルリップルをDCOMコードにより算出したも

のである。選択した3つの磁場配位間におけるバンビネスの大小関係と実効ヘリカルリップルの大小関係とが同じでなく、このことを考慮したデータの解釈を進めている。講演では、今期研究成果を中心に、磁場配位制御効果を総合的に議論する。各論については、本学会におけるポスター講演で詳細な報告を行う。

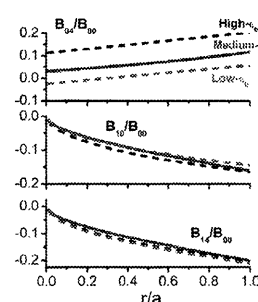


図1. 各磁場配位における主要磁場フーリエ成分の径方向依存性。

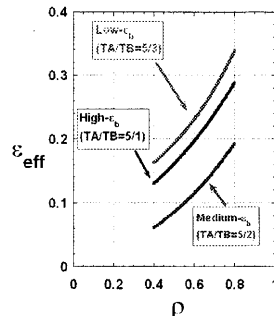


図2. 各磁場配位における実効ヘリカルリップル強度の径方向依存性。