

LHDにおけるアルフベン固有モードによる高エネルギーイオン輸送に関するシミュレーション研究

Simulation study on Alfvén engenmode-induced energetic ion transport in LHD

西村征也, 藤堂泰史, 中島徳嘉, 長壁正樹, 山本聡¹, Donald A. Spong², 鈴木康浩
Seiya Nishimura, Yasushi Todo, Noriyoshi Nakajima, Masaki Osakabe, Satoshi Yamamoto¹,
Donald A. Spong², Yasuhiro Suzuki

核融合研, 京大¹, Oak Ridge National Laboratory²
NIFS, Kyoto Univ.¹, Oak Ridge National Laboratory²

アルフベン固有モード (AE) と高速イオンの相互作用を理解することは、磁場閉じ込め核融合の実現に向けた重要な研究課題の一つである。大型ヘリカル装置 (LHD) においては、中性粒子ビーム入射 (NBI) によって発生する高速イオンが AE を不安定化し、AE の励起に同期して高速イオンが輸送されることが中性粒子解析装置 (NPA) の計測データから示唆されている [1]。LHD における磁場は 3 次元的な形状を持つため、ヘリカル磁場捕捉などトカマクとは異なる粒子輸送過程が存在し、AE による輸送と共存していることが予想される。

本研究では、MEGA コードを拡張した簡約化 MEGA コード [2,3] を開発し、シミュレーション解析を進めている。シミュレーションの下準備として、LHD の 3 次元平衡磁場を HINT コードにより計算し、この平衡に対応した AE の線形固有状態を AE3DK コードにより計算した。シミュレーションにおいては、平衡と AE の重畳された場における高速イオンの軌跡をドリフト運動論的な運動方程式および PIC 法によって計算した。また、AE の振幅および固有周波数の時間変化を、粒子と AE のエネルギー交換に基づく簡約化モデルおよびモンテカルロ法によって計算した。線形成長領域においては、AE の成長率が高速イオンの密度に比例し、AE の非線形飽和振幅は高速イオン密度とともに大きくなることが確認された。AE の振幅を固定したテスト粒子計算を行い、高速イオン軌道の径方向のずれの幅が AE の振幅の平方根に比例することが確認された。NBI 入射を模擬した高速イオン源を含むシミュレーションを行い、AE の成長に伴って高速イオンが径方向に輸送される過程を観測した。

[1] M. Osakabe et al., Nucl Fusion **46** (2006) S911.

[2] Y. Todo et al, Phys. Plasmas **10** (2003) 2888.

[3] Y. Todo et al., Fusion Sci. Technol.**58** (2010) 277.