

LHD における AORSA コード + GNET コードによる ICRF 加熱のシミュレーション

Study of ICRF heating in LHD using AORSA and GNET codes

岡田涼介¹, 村上定義¹, 辻井直人², 關良輔³

Ryosuke OKADA¹, Sadayoshi MURAKAMI¹, Naoto TSUJII², Ryosuke SEKI³

京都大学¹, 東京大学², 核融合科学研究所³

Kyoto University¹, University of Tokyo², National Institute for Fusion Science³

ICRF 加熱は LHD における主要な加熱方法の 1 つで、多くの実験が行われている。プラズマ中を伝播する RF 波の電場分布は、アンテナの位置など幾何的な影響に加え、3次元磁場中での減衰とプラズマによる反射が原因で複雑になる。本研究では、2つのコードを用いて ICRF 加熱のシミュレーションを行った。

AORSA コードはファラデーの法則、アンペールの法則を組み合わせ得られる関係式とプラズマ電流と波の電場の関係式である積分形波動方程式の 3次元解を電場をフーリエ形式に展開することで求める。[1]

GNET コードは、モンテカルロ法を用いて 5次元位相空間中での粒子軌道を追い、ICRF 加熱された高エネルギー粒子とマクスウェル分布している背景粒子とのクーロン衝突過程を考慮してドリフト運動論方程式を解き、軽水素イオンの速度分布関数を評価する。[2]

AORSA コードによって解析された 3次元 RF 電場分布を GNET コードに導入し、得られた結果を従来のモデル電場分布を用いたシミュレーション結果と比較した。使用したモデル電場は $\mathbf{E} = E \tanh\{5(1-\rho)\}(1+\rho \cos\theta)$ で、小半径方向とポロイダル方向のみに依存し、トロイダル方向で一様な分布となることを仮定したものである。AORSA コードによって解析された電場分布を Fig.1 に示す。アンテナ付近で最も電場強度が強く、離れるにつれて減衰している。

本研究では ⁴He 95%, H 5%, C 0.01% のプラズマ中で軽水素イオンにエネルギーを与える少数イオン加熱を扱う。

MODEL 電場分布を導入してシミュレーションした軽水素イオンの速度分布図、AORSA によって解析された 3次元電場分布を導入してシミュレーションした軽水素イオンの速度分布図を Fig.2 に示す。吸収パワー 1MW 程度のシミュレーション結果を比較した。MODEL 電場を採用した場合の方が高エネルギー帯に分布する粒子数が多くなり粒子損失が増加して加熱

効率が 10%程度低くなる。これは MODEL 電場がアンテナ位置から遠く、RF 波の影響がほとんど無い領域においても一様な分布を仮定しており、本来加熱されない粒子にもエネルギーを与えているためと考えられる。

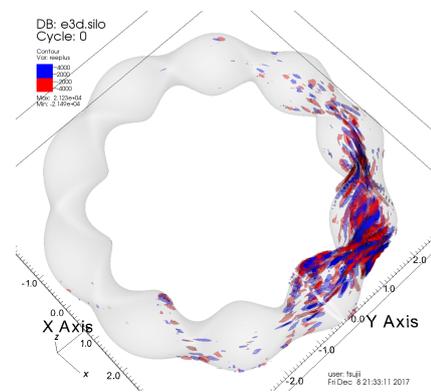


Fig. 1: AORSA で解析された LHD における RF 電場の 3次元分布

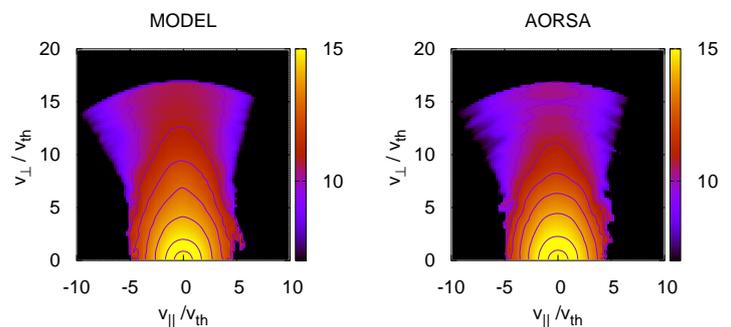


Fig. 2: MODEL 電場, AORSA によって解析された電場を用いた場合の速度分布図

[1] E.F.Jaeger, et al., Physics of Plasmas **9** (2002) 1873.

[2] S.Murakami, et al., Nucl. Fusion **40** (2000) 693.