

統合輸送コードTOTALにおける
中性粒子ビーム入射加熱・電流駆動解析モジュールの導入

Introduction of module for analysis of heating and current drive by neutral beam injection to TOTAL

舟橋 良哉¹, 藤田 隆明¹, 岡本 敦¹
¹Ryoya Funabashi, ¹Takaaki Fujita, ¹Atushi Okamoto

¹名古屋大学大学院工学研究科
¹Graduate School of Engineering, Nagoya University

1.導入

統合輸送コードTOTALにおいては加熱分布・駆動電流分布を関数として与えており、プラズマパラメータの変化による電流駆動効率や加熱分布・駆動電流分布の変化を解析できない問題があった。そこで本研究では、新たにNB入射加熱・電流駆動解析のモジュールをTOTALに導入し、NBIの運用方法を最適化した原型炉運転シナリオの構築を目指す。講演では、新たに導入したNBの電離過程を計算するモジュールについて論じる。

2.電離モジュール

今回新たに追加したモジュールでは、電流駆動解析コードACCOMME[1]を参考に、モンテカルロ法によって電離過程を解析している。つまり、テスト粒子に与えた[0,1]の一様乱数 x_{ran} と累積電離確率 $\int_0^L \exp(-\frac{l}{\lambda_i}) \frac{dl}{\lambda_i}$ が、初めて式(1)の関係を満たした位置 L をテスト粒子の電離点として判定する。

$$x_{ran} < \int_0^L \exp\left(-\frac{l}{\lambda_i}\right) \frac{dl}{\lambda_i} \quad (1)$$

L はビーム源からビーム軸に沿った長さである。 λ_i は局所的な平均自由行程で、電離断面積 σ_s 、電子密度 n_e より $\lambda_i = 1/(\sigma_s n_e)$ で示される。 σ_s は鈴木信吾らによってフィッティングされた式[2]を用いて計算される。この過程で得られるある位置でのテスト粒子の電離個数とテスト粒子に与えられた重みから、プラズマ中での電離粒子の諸量を計算する。

3.計算結果

導入したモジュールが正常に動作しているか調べる為に、ACCOMMEとの比較を行った。計算は電子密度・温度分布を両者同一の条件(図1)で、大半径8.5 m、小半径2.42 m、プラズマ電流13.4 MAの円形断面トカマクプラズマを対象に行った。ACCOMMEとTOTALで磁気面はほぼ一致させている(図2)。NBは、パワー10 kW、エネルギー1.0 MeVの重水素イオンビームを用い、ビーム軸が赤道面上で半径8.5 mの位置に接線入射となる条件で計算を行った。

図1 電子密度・温度分布

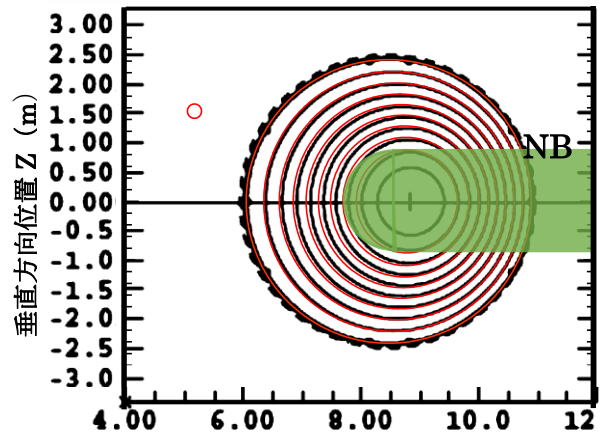
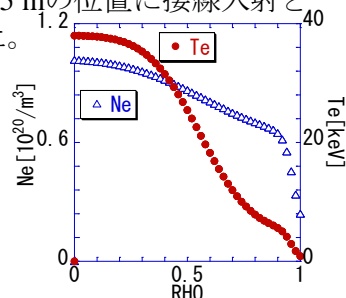


図2 磁気面図 (赤: TOTAL 黒: ACCOMME) とNBライン

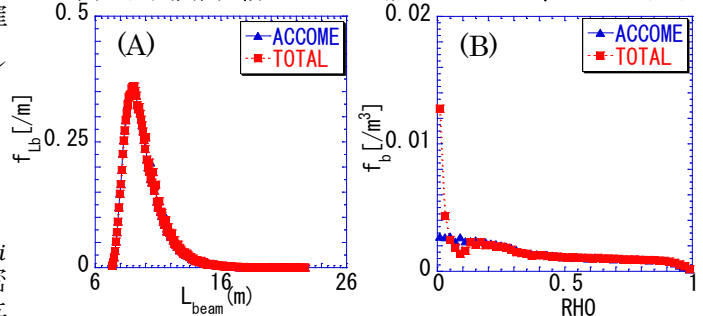


図3.(A) 粒子発生点-電離点間の距離 L_{beam} と入射ビーム粒子数に対する単位長さあたりの電離粒子割合 f_{Lb} の依存性

図3.(B) 入射ビーム粒子数に対する、単位体積あたりの電離粒子の割合 f_b の分布図

計算結果を図3.(A)、 図3.(B)に示す。

図3.(A)では、ACCOMMEとTOTALの結果がビーム長の全領域でほぼ一致しており、両者のテスト粒子の振る舞いが同じであることが分かる。このことよりACCOMMEの電離過程をTOTALでも再現できていることが確認された。また、図3.(B)からは、テスト粒子の電離点位置の規格化小半径を正しく計算できていることが確認された。

今後は、電離モジュールで得られるピッチ角分布から電流分布の時間発展を計算する機能をTOTALに追加する。

参考文献

[1] K. Tani, M. Azumi and R. S. Devto, J.Comp.Physics 98 (1992) 332-341
[2] S. Suzuki *et al*, Plasma Phys. Control. Fusion 40 (1998) 2097-2111

