

## ミラー磁場配位 (GAMMA 10) におけるプラズマ輸送のモデリング

## Modeling of plasma transport in the magnetic mirror configuration(GAMMA 10)

古田哲朗<sup>1</sup>, 武田寿人<sup>2</sup>, 本間裕貴<sup>1</sup>, 澤田悠<sup>1</sup>, 矢本昌平<sup>1</sup>, 中嶋洋輔<sup>2</sup>, 畑山明聖<sup>1</sup>T. Furuta<sup>1</sup>, H. Takeda<sup>2</sup>, Y. Homma<sup>1</sup>, Y. Sawada<sup>1</sup>, S. Yamoto<sup>1</sup>, Y. Nakashima<sup>2</sup>, A. Hatayama<sup>1</sup>慶大理工<sup>1</sup>, 筑波大プラズマ研究センター<sup>2</sup>Keio Univ.<sup>1</sup>, PRC, Tsukuba Univ.<sup>2</sup>

## 1. 背景・目的

核融合プラズマは、次世代のエネルギー源として注目されており、世界中で研究開発がなされている。メインプラズマから流出する大量の熱や粒子は、周辺プラズマの磁力線に沿ってダイバータ板に到達する。したがって、ダイバータ板における熱・粒子束の制御は、核融合プラズマの実現にとって、必須の課題である。最近、このような周辺プラズマをミラー型磁場配位で模擬した直線型核融合装置 GAMMA 10[1](Fig. 1)において、精力的に実験が行われている。本研究ではこのような周辺プラズマ模擬装置に対する数値シミュレーションモデルの構築を行う。

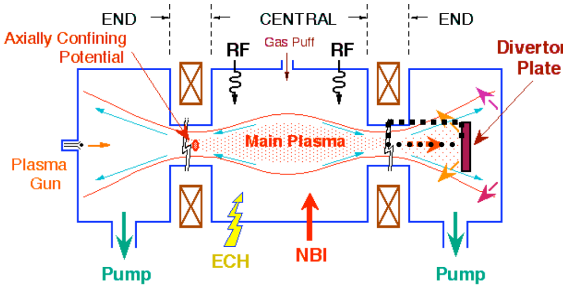


Fig. 1 Schematic diagram of GAMMA 10[1]

## 2. シミュレーションモデル

本研究は、GAMMA 10の周辺プラズマ(Fig. 1の点線部)を解析対象とする。プラズマの基礎方程式系[2]は、密度連続の方程式、電子とイオンのエネルギー輸送方程式、磁力線方向の運動方程式、磁力線垂直方向の粒子束の式である。一方で、中性粒子の基礎方程式は、ボルツマン方程式である。これらの式を解くことによって、ダイバータ板における熱・粒子束の計算ができる。プラズマの粒子種は1価の水素イオンと電子を考慮し、準中性を仮定する。また、中性粒子の粒子種は水素原子と水素分子を考慮している。さらに、粒子間衝突過程はイオン化と荷電交換による衝突を考慮している。壁衝突過程は粒子・エネルギー反射係数の実験式[3]を用いて壁反射を模擬している。

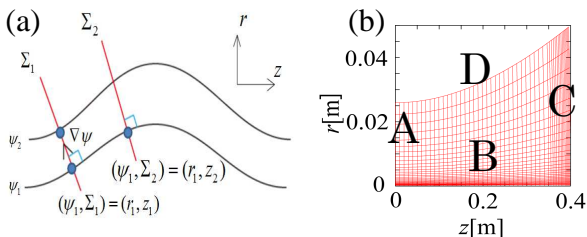


Fig. 2 Mesh generation:

(a) magnetic field line and local curvilinear orthogonal system  
(b) numerical mesh

基礎方程式系の離散化を行うために数値計算メッシュを作成する。コイルを線電流として仮定し、磁場配位を形成する。メッシュは磁力線方向と磁力線垂直方向で構成される局所曲線直交座標系によって記述される(Fig. 2(a)). 作成したメッシュを Fig. 2(b)に示す。このメッシュを用いて、基礎方程式系を有限体積法[4]で離散化する。以上のプラズマ流体方程式系離散化アルゴリズムを開発した。

## 3. 結果

前節で示したシミュレーションモデルを用いて2次元系のテスト計算を行った。結果の一例として、Fig. 3に中性粒子の分布を示す。計算条件として、プラズマを定常状態として仮定し、プラズマの基礎方程式系[2]を計算して得られた分布を背景として与えた。また、ダイバータ( $z=0.4\text{m}$ )に入射したプラズマが全て、水素原子となると仮定した。さらに、テスト計算では、プラズマがEND部入口(Fig. 2(b)境界A)から流入し、板(境界C)まで輸送される状況を模擬した。また、装置軸(境界B)は軸対称性を、上端(境界D)は自由境界とし、適切な境界条件[5]を設定した。

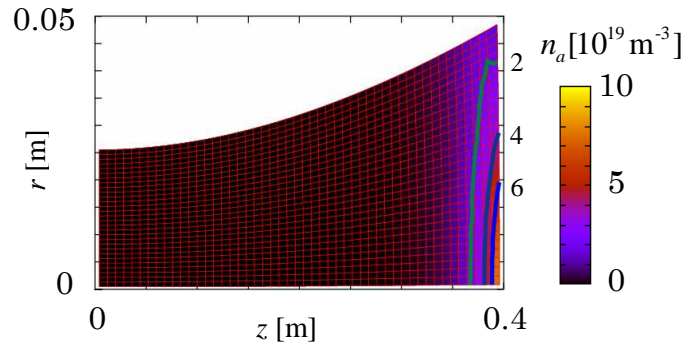


Fig. 3 Distribution chart of neutral particles

Figure 3ではダイバータ板に入射したプラズマが中性化され、放出される様子が模擬できていることが分かる。本ポスター発表では、プラズマ・中性粒子カップリングモデルによるプラズマ・中性粒子パラメータ分布の計算結果について取り上げ、主に中性粒子輸送の影響に関する考察を発表する。

## 参考文献

- [1] 中嶋洋輔, 他, 方向型共同研究成果報告会 (2010).
- [2] 東山知彦, 慶應義塾大学修士論文 (2010).
- [3] R. Behrisch and W. Eckstein, NATO ASI Series Ser. B Physics V. **131**, 413 (1986).
- [4] Suhas V. Patankar, 水谷幸雄・香正司 共訳, コンピュータによる熱移動と流れの数値解析, 森北出版 (1985).
- [5] B. J. BRAAMS, NET Rep. 68 EURFU/X II -80/87/68, CEC, Brussels (1987).