30pP58

トカマクプラズマにおける中性粒子ビーム入射加熱・電流駆動の高速解析モジュールの開発

Development of fast analysis module for NBI heating and current drive in tokamak plasma

細川海人[1]，　藤田隆明[1]，　岡本敦[1]，　有本英樹[1]
Kaito HOSOKAWA[1]，　Takaaki FUJITA[1]，　Atsushi OKAMOTO[1]，　Hideki ARIMOTO[1]

[1]名大・工
[1]Nagoya Univ.

1. 緒言

トカマク型核融合炉では，プラズマ電流の駆動に電磁誘導による電流(Ohmic current)を用いずに，自発電流(Bootstrap current)と外部駆動電流だけで全プラズマ電流を駆動することが求められている．本研究は，中性粒子ビーム入射（NBI）による核融合炉プラズマの圧力・電流分布等の制御のための加熱・駆動電流分布解析を目的とする．その一環として，高速イオンの分布関数についてのバウンス平均Fokker-Plank方程式[1]を用いて，中性粒子ビーム入射加熱・電流駆動の高速解析モジュールを開発し統合輸送コードTOTAL[2]に統合実装する．

2.解法

高速イオンの分布関数f_0についてのバウンス平均Fokker-Plank方程式を用いる．

$$\frac{\partial f_0}{\partial t} = \langle C(f_0)\rangle_B + \langle S\rangle_B \qquad (1)$$

$C(f_0)$は衝突項，Sは粒子源であり，$\langle\cdot\rangle_B$はバウンス平均オペレータを表す．高速化のため，以下の（2)式のようにf_0のピッチ角方向分布を固有関数展開して解く．

$$f_0(v,\xi,t) = \sum\nolimits_n a_n(v,t)C_n(\xi) \qquad (2)$$

$C_n(\xi)$はピッチ角散乱オペレータの固有関数で（3)式に従う（λ_nは固有値）．

$$\frac{B_{min}}{\langle B/\eta\rangle_M \xi}\frac{d}{d\xi}\left\{(1-\xi^2)\frac{\langle\eta\rangle_M}{\xi}\frac{dC_n}{d\xi}\right\} + \lambda_n C_n(\xi) = 0 \qquad (3)$$

アスペクト比無限大の極限で（3)式はルジャンドル微分方程式となり，固有関数はルジャンドル多項式$P_n(\xi)$，固有値は$\lambda_n = n(n+1)$となる．$P_n(\xi)$のグラフを図1に示す．今回の解析ではこれを固有関数として用いる．

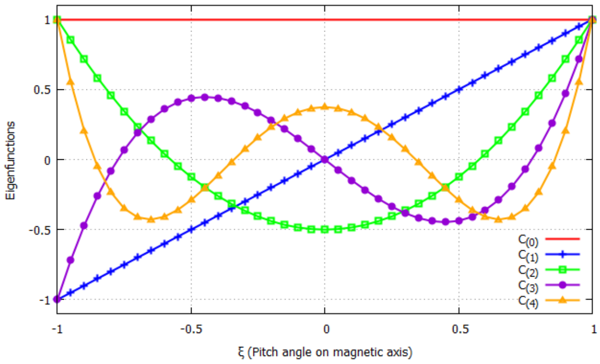

図1．ピッチ角散乱の固有関数

$a_n(v,t)$は，以下の方程式を満たす．

$$\frac{\partial a_n}{\partial t} = -\frac{1}{v^2}\frac{\partial}{\partial v}(A_v a_n) - \lambda_n\frac{D_\eta}{v^2}a_n + S_n \qquad (4)$$

ここで，A_v ,D_ηはそれぞれ高速イオンの減速とピッチ角散乱に関係する係数である．また，S_nは以下で与えられる．

$$\langle S\rangle_B(v,\xi,t) = \sum\nolimits_n S_n(v,t)C_n(\xi) \qquad (5)$$

クランクニコルソン法を用いて(4)式を解く．得られる$a_n(v,t)$を（1)式に入れることで分布関数f_0の時間発展が求められる．現在，上記の式に基づいて，バウンス平均Fokker-Plank方程式を解くプログラムを作成中である．

3.結言

今後は，プログラムを完成させ，NBIによる高速イオンの分布関数の時間発展を計算する予定である．

[1] M. Schneider, L.G. Eriksson, T. Johnson, et al., Nucl. Fusion 55 (2015) 013003(12pp)
[2] K.Yamazaki, T.Amano, Nucl. Fusion 32 (1992) 633