

統合モデルの核としてのフラクスマッチングコード GOTRESS の進展

Progress in flux-matching code GOTRESS as a kernel of the integrated model

本多充, 成田絵美, 林伸彦

Mitsuru HONDA, Emi NARITA, Nobuhiko HAYASHI

量研那珂

QST Naka

JT-60SA の典型的な運転シナリオは, 指標としている複数の 0 次元パラメータが目標とする値に同時に到達するように構築されており, 放電の目的に応じて運転シナリオは多岐に渡る [1]. 密度や温度の分布は 0 次元パラメータの目標値と矛盾のないように設定されるが, それらの分布が物理モデルを用いて真に成立するかどうかは複数の物理モデルを統合化した統合モデルを用いたシミュレーションによって検証される必要がある. これまで JT-60SA 運転シナリオの成立性を検証するシミュレーションは統合コード TOPICS などを用いて行われてきた [2]. 平衡や加熱分布などを同時に解きながらプラズマを時間的に発展させ定常に至らしめるこの手法はプラズマ立ち上げ時のような遷移的状況下においても適用可能な長所がある一方, 定常分布を検証したい場合においても長大な計算時間を必要とする短所もあった. 上記の様な短所を持つ従来型統合コードを補い, 運転シナリオ開発にとって重要な定常分布を予測するための新しいツールとして, 定常輸送方程式を解く反復型輸送ソルバー GOTRESS[3] を核とした統合モデル GOTRESS+を開発している.

GOTRESS は定常の熱輸送方程式を満たす温度と温度勾配を遺伝的アルゴリズムなどの大域的最適化手法を用いて求める反復型輸送コードであり, 温度勾配に対して非線形な応答を示す硬い輸送モデルに対しても安定的に解を求めることが出来るといった特徴を備えている. MPI 実装による並列計算で計算を加速するのみならず, MPMD によって TGLF といった並列型輸送モデルや Python で書かれたニューラルネットワーク型モデルとも協同して計算することが出来る. GOTRESS+は GOTRESS を核として, 平衡コード ACCOME と中性粒子ビーム入射 (NBI) 加熱コード OFMC を組み合わせた統合モデルである. ACCOME は内部で電子サイクロトロン加熱 (ECH) コードを動かしているため, GOTRESS+は ECH を考慮できるほか, 外部加熱による電流駆動と矛盾のない安全係数分布や平衡を構築することが出来る.

図 1 は GOTRESS+による JT-60SA 定常運転シナリオの温度分布予測計算において温度分布と安全係数分布が繰り返し収束計算によって定常へと落ち着く過程を示したものである. 繰り返し計算初期では安全係数分布や平衡も変化しているために輸送や加熱位置が変化しそれゆえ温度の変化も大きい, 最終的には分布の変化はほぼなくなっており, 自己無撞着な解に至ったことが確認できる. 講演では GOTRESS+と統合計算の詳細について述べる.

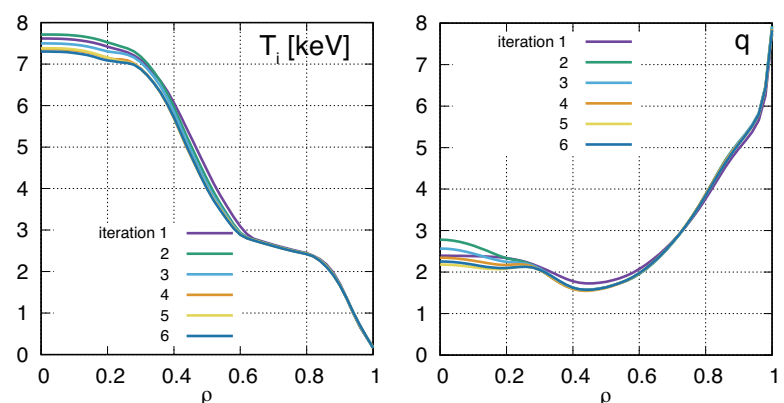


図 1 GOTRESS+によるイオン温度分布 (左図) と安全係数分布 (右図) の収束計算

[1] JT-60SA Research Unit, *JT-60SA Research Plan Version 4.0* (2018)

[2] N. Hayashi, K. Hoshino, M. Honda and S. Ide, Nucl. Fusion. **58**, 066001 (2018).

[3] M. Honda, Comput. Phys. Commun. **231**, 94 (2018).