

日本における Numerical Torus Project を考える
「階層モデルを用いたプラズマ閉じ込め研究」

Study of Plasma Confinement Based on a Hierarchical Model (Consideration on Numerical Torus Project
in Japan)

矢木雅敏

九大応力研

M. Yagi

Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University

米国においては、2003年10月開始を目指して Fusion Simulation Project(FSP)の立案がスタートした。このプロジェクトの目標は総合的な核融合理論モデル、すなわち、異なった物理モデルを連携させる計算アルゴリズムや計算機インフラストラクチャーと組み合わせることによって、それらの物理モデルを統合するアーキテクチャーを確立することにある (<http://www.isofs.info/workshop/index.shtml>)。予算規模としては5～6年間で\$100M程度になるものと考えられる。日本国内においても核燃焼プラズマ統合コード検討会 (<http://pgrp.nucleng.kyoto-u.ac.jp/bspi/>) がこの年会のインフォーマルミーティングにおいて発足する予定である(こちらの方は予算が認められていないので当面はボランティア活動になる)。これらのプロジェクトでは、プラズマのもつ時間・空間の階層性をいかにモデル化し、統合していくかが重要課題となる。例えば、従来までのプラズマ乱流シミュレーションのゴールは輸送方程式のクロージャーとして、異常熱伝導率の表式を数値シミュレーションから評価することであった。しかし“輸送と揺動の間にスケール分離ができる”という仮定の上に輸送方程式が導出されている点に注意すべきである。従って1.5次元輸送コードにおいては、乱流が駆動する帯状流のようなメゾスケールの効果は乱流輸送係数を通じてのみしか輸送に反映されない。また温度、密度分布が磁気面のみの関数と仮定しているため磁気島や流れが存在する場合の輸送を正確に取り扱えないのが現状である。さらに異常輸送係数が渦粘性の形で表現できると仮定しているので熱パルス伝搬に見られるような非局所輸送を取り扱うためには工夫が必要である。このような輸送方程式のもつ問題を克服するための一つの方法として輸送とMHDの現象をスケール分離しないで解き、微視的乱流部分を渦粘性の形で繰り込む Large Eddy Simulation (LES)モデルが考えられる。統合コードではそれぞれの階層がモジュールとして提供され、個々の研究者の興味によってそれらが結合されるであろう。今後の数値シミュレーションの方向性として、(1) LESモデルを用いてマクロなスケールからミクロなスケールへその相互作用を研究していく一方で、従来のように(2)ミクロなスケールからマクロなスケールへ向かう相補的なシミュレーション研究が必要である。本講演においては、(1)の例としてLESモデルによる非局所熱パルス伝搬の問題をとりあげる予定である。また(2)の例として multi-scale の乱流シミュレーションをとりあげる予定である。

[1] 「異常輸送のシミュレーション研究」, 矢木雅敏, 井戸村泰宏, 渡邊智彦, プラズマ・核融合学会誌 77巻第6号(2001), 525.