

福山 淳
京大工

FUKUYAMA Atsushi
Dept. Nucl. Eng., Kyoto Univ.

磁場閉じ込め核融合を目指したプラズマ研究においては、大規模な数値シミュレーションの発展によって、MHD 安定性、乱流輸送、波動現象等、個々の物理現象の解析が急速に進みつつあり、構造形成や帯状流等の非線形現象の理論的理解も大幅に深まってきている。一方、実験においては、空間的・時間的に高解像度の計測やプラズマ中の電磁界測定が日常的に行われるようになり、解析結果を実験結果と定量的に比較することが可能になってきている。このような研究の進展を背景に、磁場閉じ込めプラズマの振る舞いを総合的に記述する統合コードの重要性が認識されつつあり、日米欧それぞれで準備研究が進められている。

ITER において実現される核燃焼プラズマは、粒子加熱や自発電流が支配的であるため、外部からの制御が限定的となり、高い自律性をもつ。このような核燃焼プラズマの振る舞いを予測し、効率的で信頼できる制御手法を開発するためには、炉心・周辺・ダイバータを含む核燃焼プラズマ全体を、立ち上げ・維持・突発現象・終結を含む放電時間全体にわたって、利用可能な計算資源を用いて、必要な精度で記述できるシミュレーションが必要である。このようなシミュレーションには、実験データや第一原理シミュレーション等によって検証された様々なコードの統合が必要であり、核燃焼プラズマの理解と記述精度の段階的向上に合わせて、コード間の関係を発展させていく体系的な枠組みが不可欠である。

現在、国内では「核燃焼統合コード構想」(Burning Plasma Simulation Initiative: <http://p-grp.nucleng.kyoto-u.ac.jp/bpsi/>) が、大学・核融合研・原研・電中研等の研究協力として進められている。その主な活動は (1) 統合コードのための体系的な枠組みの構築、(2) 統合コードに必要な物理現象の解明、(3) 先進的な計算技術の導入からなる。同様な活動として、米国ではこれまで進められてきた NTCC や SciDAC の活動をふまえて、新たに FSP (Fusion Simulation Project) を来年から発足させようとしている。一方、EU では、昨年 12 月に EFDA の Task force として、Integrated Transport Modelling が発足し、活動を始めている。本年 11 月には IAEA 核融合エネルギー国際会議のサテライトミーティングとして、日米欧の統合コード関係者の会合が開かれる予定である。

「核燃焼統合コード構想」が欧米の構想と異なる点は、統合コードに必要なコード間インターフェースの Reference として TASK コードを開発していることと、トカマクだけでなく 3 次元ヘリカル配位のプラズマを視野に入れてた枠組みを構築しようとしていることである。TASK (Transport Analysing System for tokamaK) コードは、BPSI における一つの中核コードであり、その特徴は (1) 図 1 に示すようなモジュール化された構造、(2) 各種の加熱・電流駆動解析を含むこと、(3) 高い移植性、(4) 共同開発環境 CVS の利用、(5) オープンソース化、(6) MPI による並列計算、(7) 3 次元ヘリカル配位への拡張等である。現在、TASK は、EQ (平衡)、TR (輸送)、WR (幾何光学)、WM (波動光学)、FP (速度分布)、DP (波動分散)、PL (データ交換)、LIB (共通ライブラリ) 等のモジュールから構成されている。これらの個々のモジュールは既にも実績があり、それら全体を連携させるインターフェースの策定と実装が現在進められている。講演では、多くのモジュールを用いた自己完結的な解析例を報告する予定である。

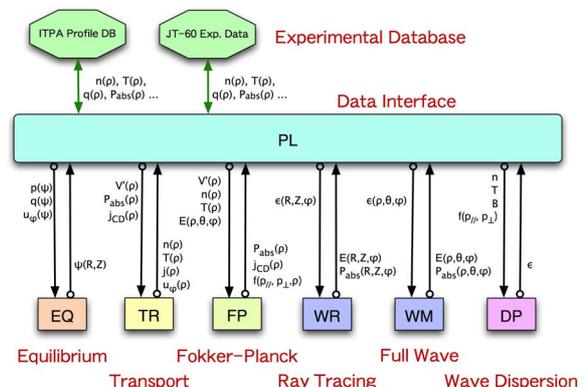


図 1 : TASK コードのモジュール構造