

I T B L 技術普及・利用動向調査委員会
第2回光量子・プラズマ・流体分科会
大阪科学技術センター
2004-12-11

核燃焼プラズマ統合輸送解析コード

--- T A S K ---

京都大学大学院工学研究科原子核工学専攻

福山 淳

内容

核燃焼プラズマ統合シミュレーション

統合輸送解析コード TASK

モジュール化, 並列化, 今後の課題

核燃焼プラズマの定量的解析に向けて

- ITER に向けて、自律性の高い核燃焼プラズマの振る舞いを定量的に予測することが必要
 - プラズマ加熱の大部分が
 - α 粒子加熱：密度と温度に依存
 - プラズマ電流の多くが
 - 自発電流：圧力勾配とポロイダル磁界に依存
 - プラズマ中心部で
 - α 粒子生成：燃料イオン密度と温度に依存

核燃焼プラズマのシミュレーション

従来の大規模シミュレーション

非線形物理現象の解明に大きな成果

MHD不安定性, 乱流輸送現象, 波-プラズマ相互作用等
個々の現象を詳細に解析

核融合実験炉の実現に向けて
炉心プラズマの予測
制御手法の開発

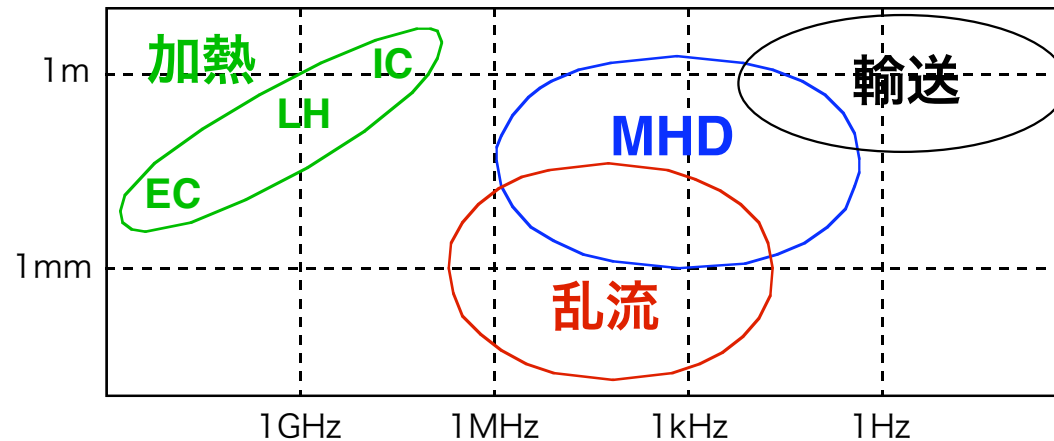
炉心プラズマ全体の
放電時間全体にわたる
自己完結的な時間発展シミュレーション

核燃焼プラズマ統合シミュレーションコードが必要

核燃焼プラズマ統合シミュレーション

広い時間スケール：100GHz から 1000s

広い空間スケール：10 μ m から 10m



単一のシミュレーションコードでの解析は不可能
複数のコードを統合したシミュレーションが必要

核燃焼プラズマ統合コード構想

統合コード：フレームワーク

コアコードの開発・整備・公開

既存解析コードとの連携：インターフェース仕様の共通化

実験データベースとの連携：ITPA, JT-60, LHD, 中小型装置

新しい物理モデル：階層型物理モデル

時間スケールの異なる現象の間の相互作用

異なる空間領域の間の相互作用：コア \leftrightarrow 周辺プラズマ

新しい計算手法：ネットワーク分散並列処理

計算機クラスター間の連携：計算資源の有効利用

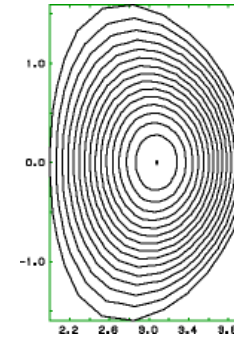
図形表示の高度化

コアコード: TASK

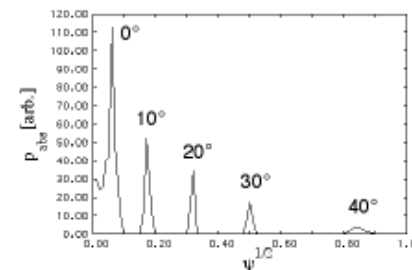
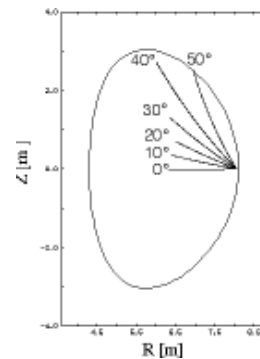
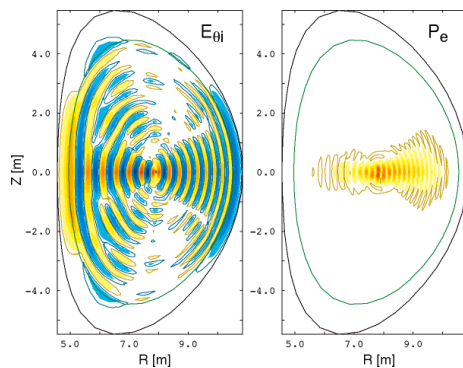
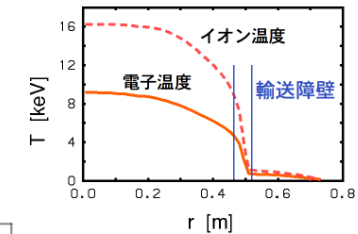
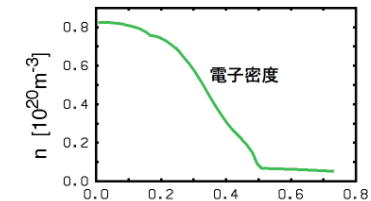
機能毎のモジュール構造

	解析	機能
EQ	2次元MHD平衡	プラズマ形状
TR	1次元径方向輸送	密度・温度・電流分布
WR	光線追跡法	波動伝播 (短波長)
WM	波動方程式	波動伝播 (長波長)
FP	3次元FP方程式	粒子速度分布関数
DP	波動分散関係	波動伝播特性
PL	データインターフェース	座標変換, 実験データ

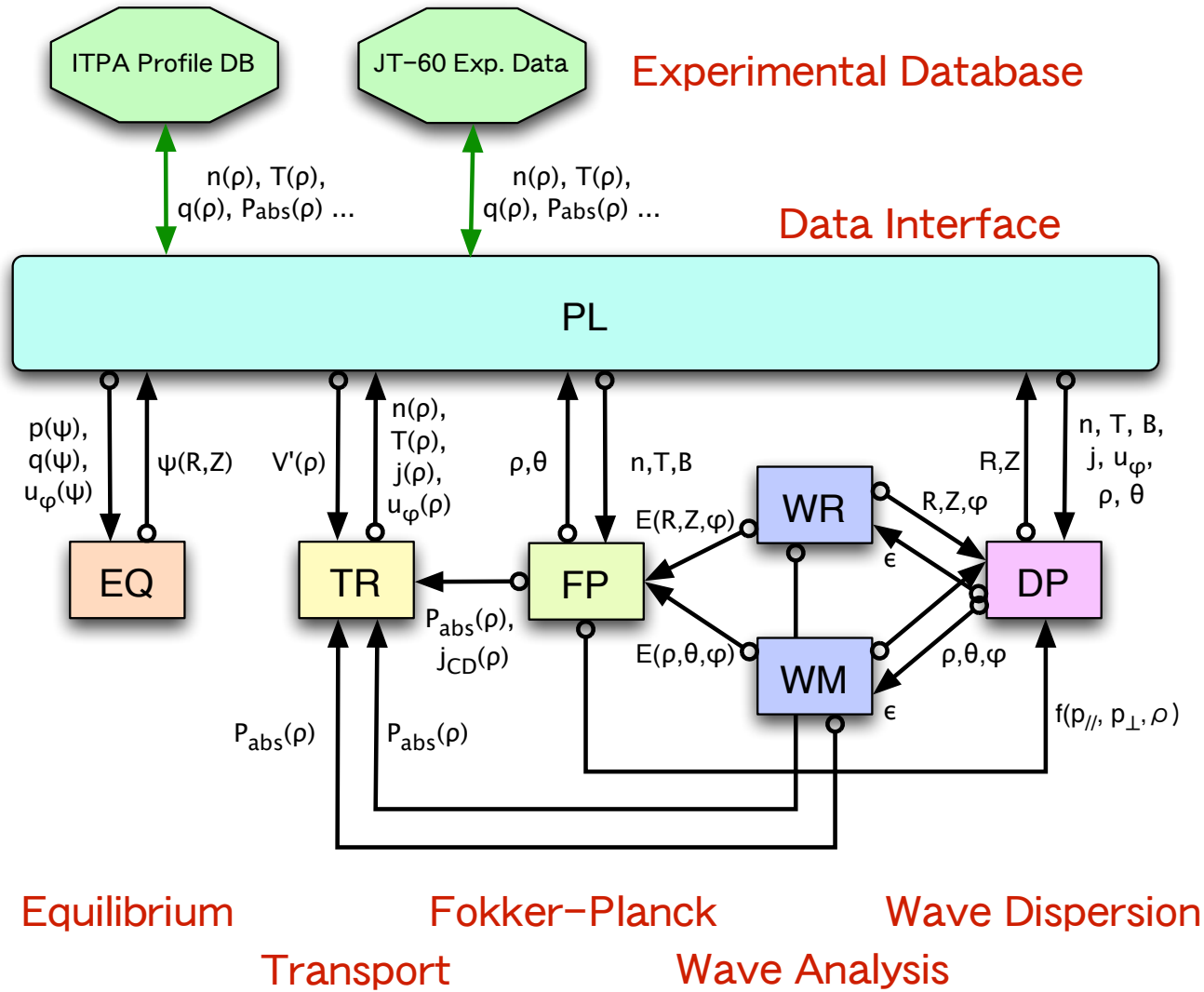
FP方程式: フォッカー-プランク方程式



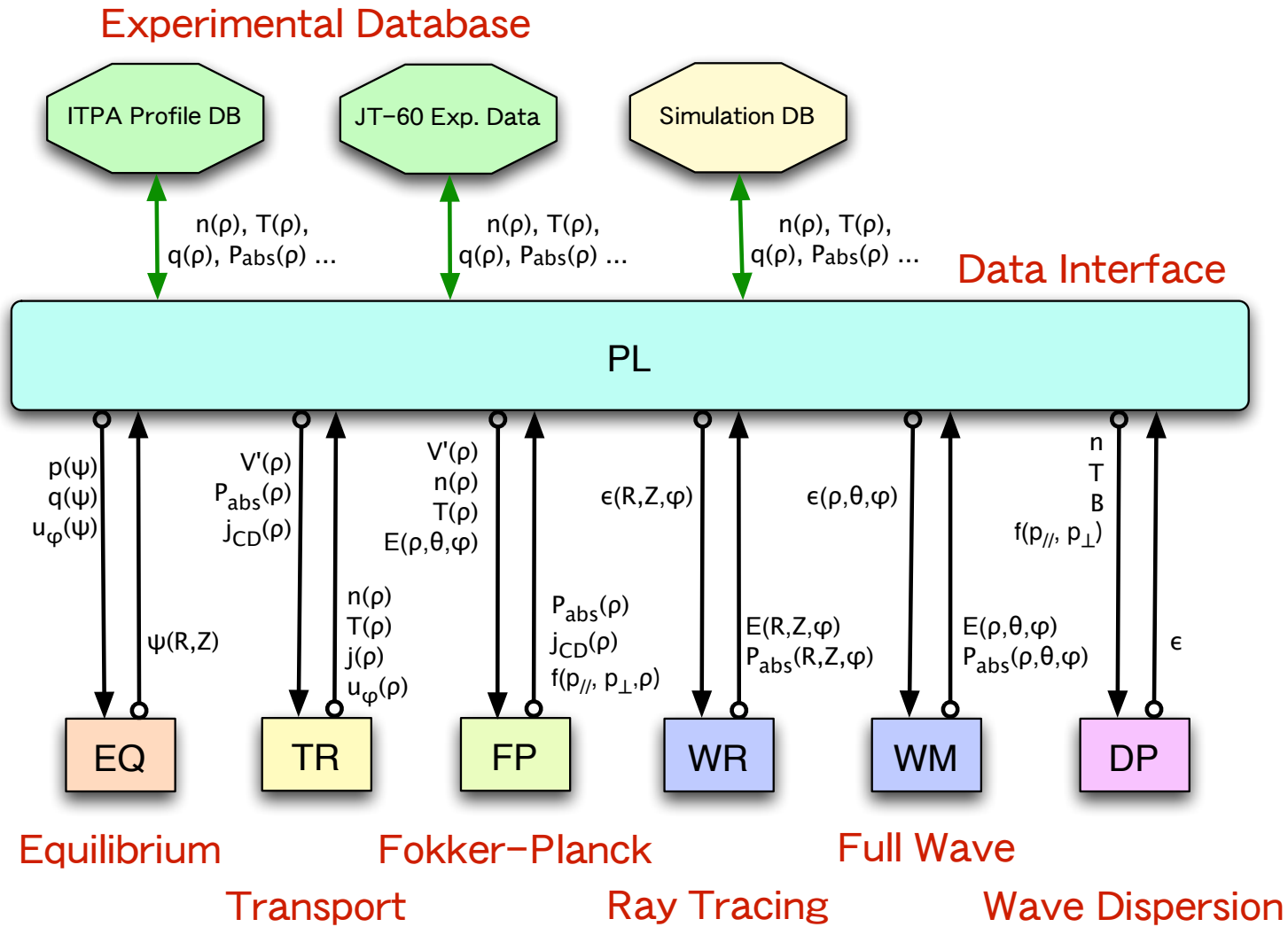
輸送シミュレーション結果



モジュール間の相互作用



TASK の新しいモジュール構造

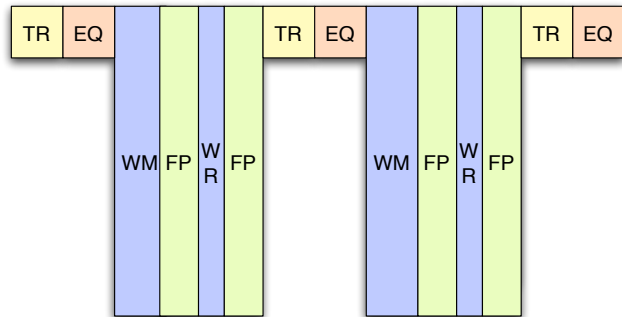


実行形態

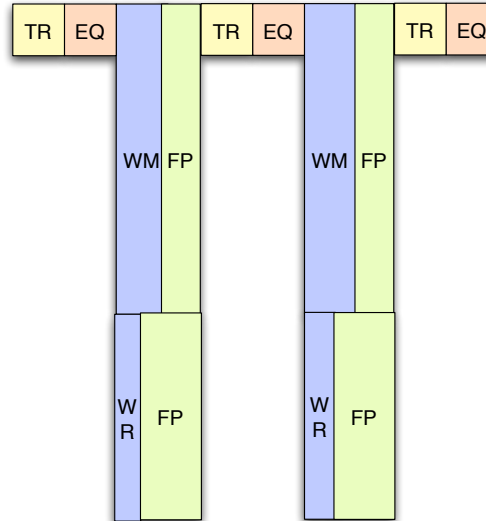
逐次型



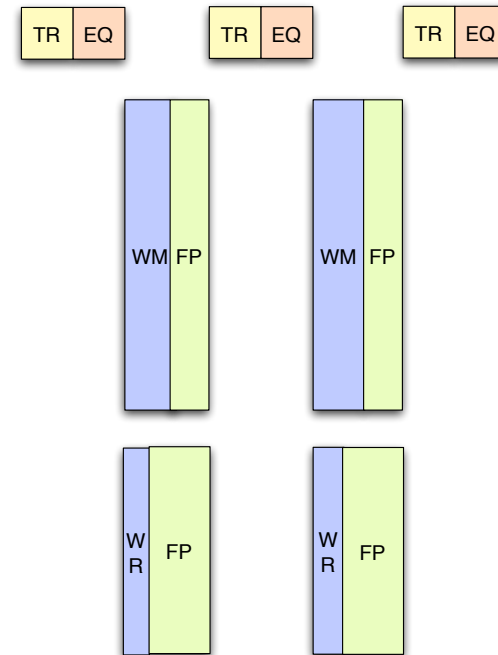
単純並列型



多重並列型



分散並列型



データの標準化

- 各モジュールはデータベースを介してデータ交換
- 標準化されたデータ
 - 磁場配位データ（トロイダル／ポロイダル磁束）
 - プラズマ流体データ（密度，温度，速度等）
 - プラズマ運動論データ（速度分布関数）
 - 電磁界データ（電磁界，光線，波動ビーム）
 - 周辺プラズマデータ
- 用途に合わせて座標変換

今後の予定

- ITBL 計算機にコード移植済：動作確認中
- 12月末：TASK コード ソース公開
- 単純並列型による統合輸送シミュレーション
 - 実験データとの比較によるモデルの検証
 - ITER 運転シナリオの予測
- 今後の課題
 - データベースを介したデータ交換
 - 多重並列型・分散並列型による負荷分散
 - WEB ベースの遠隔操作