

2003/07/31

核燃焼プラズマ統合コード研究会

京大原子核

核燃焼プラズマ統合コードの概要

京大工 福山 淳

核燃焼プラズマシミュレーション

統合コード

活動内容

今後の進め方

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

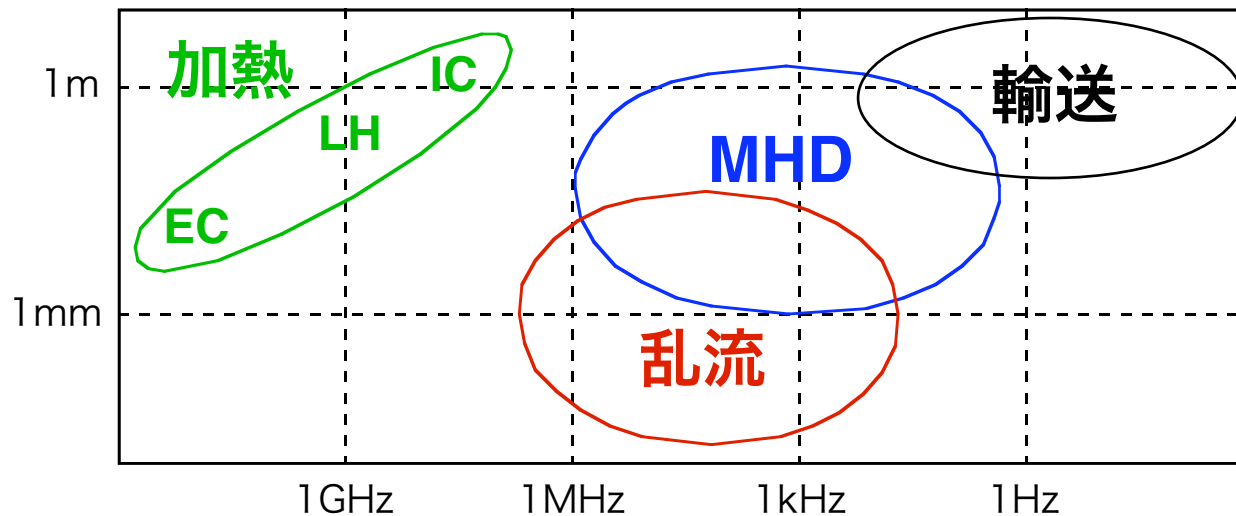
炉心プラズマ全体の
放電時間全体にわたる
自己完結的な時間発展シミュレーション

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とは

- **さまざまな考え方**

- **実験家**：実験全体を再現し予測するシミュレーションコード
- **理論家**：新しい階層モデルを取り入れた統合コード
- **シミュレーション家**：
 - 第1原理にもとづいてプラズマ全体を記述するコード
- **モデリング家**：新しい理論モデルを容易に検証できるコード
- **ITPA家**：米欧に対抗できるシミュレーションコード
- **LHD家**：ヘリカル系にも適用できるシミュレーションコード
- **小型装置家**：容易に利用できるシミュレーションコード
- **計算科学者**：新しい計算技法を具体的に応用したコード

今回の統合コードの目的

- なるべく多くの考え方を取り入れる
 - 核燃焼プラズマ全体の時間発展を解析できる
 - ・ 実験データとの比較による検証
 - ・ 核燃焼プラズマの予測
 - ・ 運転シナリオの最適化
 - ITPAで欧米に対抗できる
 - 新しい理論モデルを容易に検証できる
 - 実験家が容易に利用できる
 - ヘリカル系にも拡張できる
 - 並列分散処理により高速化できる
- これから数年で成果

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

解析のレベル

- 輸送解析
 - 拡散型輸送方程式
 - 流体型輸送方程式（回転，電界，新古典）
 - 運動論的輸送方程式
- 巨視的不安定性解析
 - 流体のMHD解析
 - 拡張MHD解析
- 乱流解析
 - 輸送モデル
 - 固有値問題
 - 非線形シミュレーション
- 加熱解析

コードの統合化

- コアコードの公開
 - Open source
 - TASK/EQ,PL,TR,DP,WR,WM,FP
- モジュール間インターフェースの共通化
 - 仕様策定
 - TOPICS/NTCC/MDSPlus
- モジュールの改良・開発
 - 流れ, 平衡, 中性粒子, 不純物
- 利用法の改善
 - マニュアル, 実験との比較

新しい物理モデルの開発

- MHD・輸送階層化モデル
- アイランドがある場合の輸送
- 流れが取り入れた平衡・輸送
- ETB/SOL モデリング
- 高速イオンに起因する現象
- . . .

新しい計算技術の導入

- 並列化
 - 計算機クラスター
 - スーパーコンピュータ
- ネットワーク化
 - グリッドコンピューティング
 - 計算機資源の有効利用
- データ可視化
 - 並列化
 - 遠隔利用 (VisiGrid)
 - OpenGL

実施体制

- **さまざまな形で活動を行う**
 - 科研費（特定領域，基盤研究B）
 - 日米ワークショップ
 - 核融合研一般共同研究
 - 核融合研LHD計画共同研究
 - 九大応力研研究会
 - 原研協同研究
 - JT-60実験サブジェクト
 - 原研 NEXT 研究会
 - ITPA国内活動
 - 21世紀プログラム

活動内容 1

- Step 0
 - コアコードの整備（9月まで）
 - 全国のコード調査
 - 新しい物理課題の抽出（今年度中研究会）
 - ・ 統合コードに組み込めるか
 - ・ 流れのある輸送
 - ・ MHD Event と輸送
 - ・ アイランドのある輸送
 - ・ 高エネルギー粒子とMHD
 - インターフェースの議論（秋まで）

活動内容 2

- Step 1

- インターフェースの仕様策定（今年秋）
- コードの統合化
- 新しいモデルの導入
- 新しい計算技術の導入

- Step 2

- 新しいモデルの統合コードへの組み込み
- 実験データとのインターフェース
- 大規模数値シミュレーションとのインターフェース

今後の進め方

- コアコード整備
 - インターフェース
 - 物理課題サブグループ
 - 計算技術
-
- 特定領域：核燃焼プラズマ，自律性，基礎
 - 日米ワークショップ：12月（京大）
 - 次回研究会：来年3月（九大）

日米ワークショップ (1)

- Theory-Based Modeling and Integrated Simulation of Burning Plasmas
- Date: From December 15 to 17, 2003
- Place: Kyoto University (Main Campus)
- Topics
 - 1) Turbulence Modeling
 - 2) Global Stability Modeling
 - 3) Wave-Plasma Interaction Modeling
 - 4) Edge Plasma Modeling
 - 5) Integrated Simulation

日米ワークショップ (2)

- Possible US participants include:
 - Turbulence Modeling
 - W. Nevins (LLNL), T.S. Hahm (PPPL), R. Waltz (GA), G. Hammett (PPPL)
 - Global Stability Modeling
 - S. Jardin (PPPL),
 - Wave-Plasma Interaction Modeling
 - D. Batchelor (ORNL), C.K. Phillips (PPPL),
 - E. Jaeger (ORNL), P. Bonoli (MIT)
 - Edge Plasma Modeling
 - S. Krasheninnikov (UCSD), T. Rognlien (LLNL)
 - Integrated Simulation
 - J.N. Lebouef (UCLA), W. Houlberg (ORNL),
 - L. Lodestro (LLNL)
 - Physics based Transport Modeling
 - G. Bateman (Lehigh), M. Mikkelsen (PPPL),
 - G. Staebler (GA)