

ITPA における統合モデリング研究の動向

福山 淳

— Contents —

- 統合モデリング活動の経緯
- ITPA-CDBM における議論
- ITERに向けた統合モデリング：IMAGE WG
- まとめ

核燃焼プラズマの統合モデリング

自律性の高い燃焼プラズマ

- プラズマ加熱の大部分が，密度と温度に依存する 粒子加熱
- プラズマ電流の多くが，圧力勾配とポロイダル磁界に依存する 自発電流
- プラズマ中心部では，燃料イオン密度と温度に依存する 粒子生成

炉心プラズマの予測と制御手法の開発

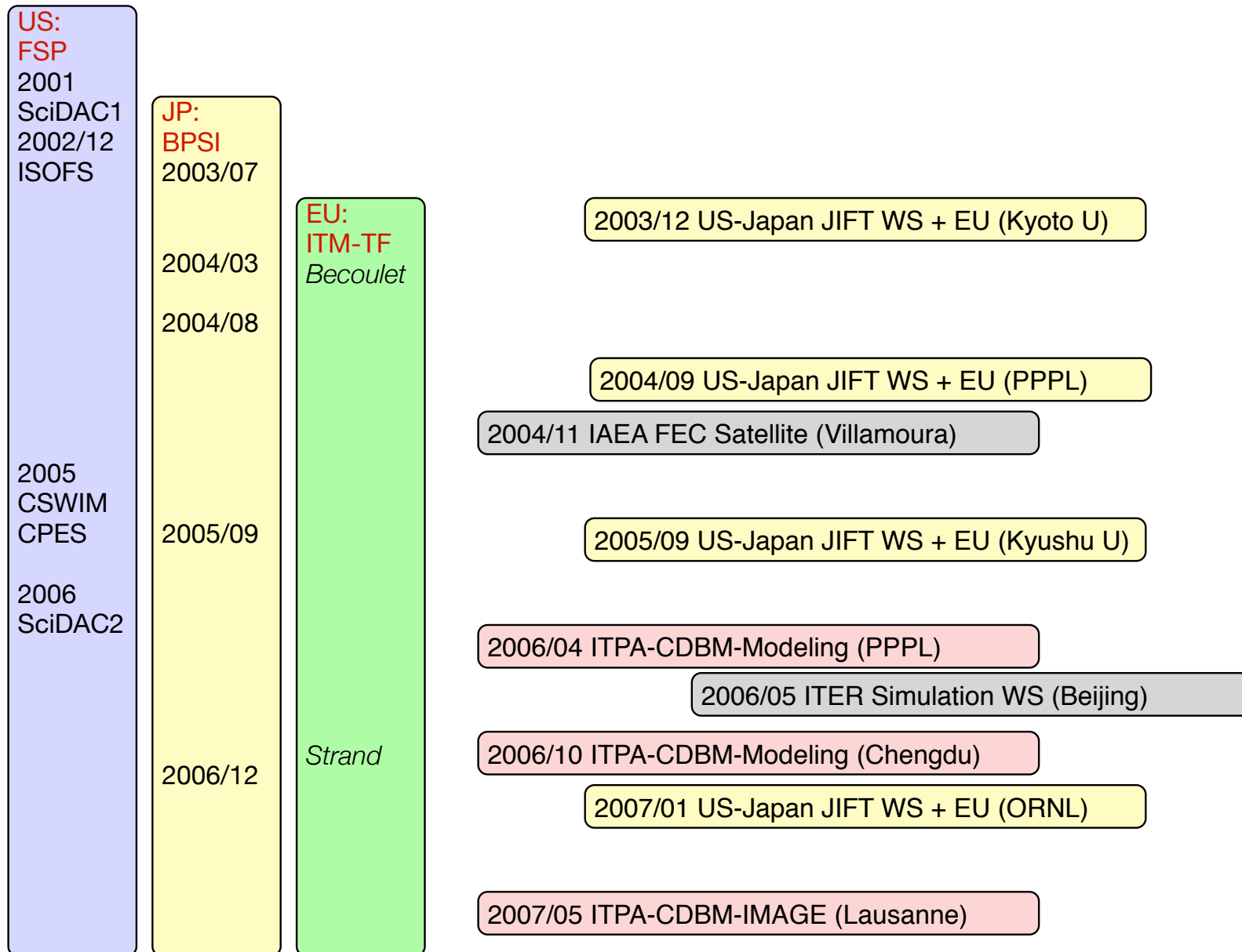
ITER プラズマの運転シナリオ策定

より魅力ある炉設計への貢献

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が必要

将来的には，ブランケット等を含めた
炉システムのシミュレーションを目指す

統合モデリング活動の経緯



ITPA-CDBM における統合モデリングの議論

- **2006/04 at PPPL: International Modelling**
 - **US:** SWIM, CPES, PTRANSP
 - **EU:** ITM-TF, Data structure
 - **JP:** BPSI(TASK), JAEA(TOPICS,SONIC)
 - **KO:** C2, ICRF
 - **ITER and ITPA perspective**
- **2006/11 at Chengdu:**
 - Integrated Modelling
 - Transport Model Benchmarking Project



ITER Modelling Needs and Plans

W.A. Houlberg

On behalf of D. Campbell and the ITER Team

US-Japan Workshop on Integrated Simulation of Fusion Plasmas

29-31 January 2007

Oak Ridge, TN

**OAK RIDGE NATIONAL LABORATORY
U. S. DEPARTMENT OF ENERGY**

Integration needs to address both physics and the range of modelling applications

Applications needed as the ITER project evolves (Sauthoff):

- Facility design
 - Immediate needs for ITER Design Review, 2007-
- Plasma scenario development
 - Heating and current drive needs, 2007-
 - Detailed scenario development, ~2012 -
- Control system
 - Design and tuning, ~2008 -
 - Operation, ~2016 -
- Experimental shot design
 - Planning detailed experimental programme, ~2012 -
- Data analysis
 - Design with simulated parameters, ~2008 -
 - Analysis of ITER results, ~2016 -

It is obvious that there will be much overlap in the physics components needed for each of these applications



ITER に向けた統合モデリング

- **統合モデリングの必要性とその時期**
 - **装置設計：設計 Review, 2007**
 - **運転シナリオ開発：加熱・電流駆動装置評価, 2007**
 - **制御系：設計, 2008**
 - **実験シナリオ設計：実験プログラム策定, 2012**
 - **実験データ解析：設計, 2008；実験データ, 2016**

統合モデリングの物理的課題

- **核燃焼プラズマの物理**：自己加熱，自発電流，高速イオン
- **輸送現象の予測**：コア，ペデスタル，SOL，ダイバータ
- **ELM 制御**：Type I ELM, Type III ELM, Grassy ELM, ...
- **NTM 制御**：磁気島生成，3次元効果（平衡，輸送，安定性），制御
- **回転 制御**：自発回転，運動量輸送，減速機構
- **高速イオン励起モード**：アルヴェン固有モード
- **加熱・電流駆動**：運動論的效果（速度分布関数，FLR 効果）
- **計測**：仕様策定，結果予測

In-house tools will be required

- Supported by similar tools within the parties

All of these applications require in-house codes to:

- Facilitate design and analysis by the central team
- Establish reference cases

The central team will not be large enough to develop the in-house capabilities from scratch:

- Requires a strong partnership between the central team and all ITER parties

Each of the parties is expected to develop their own capabilities to:

- Guide their contributions to ITER
- Be free to explore new ideas for operation and control
- Serve as a resource for maintaining and upgrading the in-house codes

Development of the modeling tools will reside primarily with the parties

ITER will not have the super computer resources to explore the most advanced modelling of integrated physics

Such capabilities will reside with the modeling programmes of the parties, e.g.:

- Computational Simulation Center of the Japanese 'Broader Approach' and the Burning Plasma Simulation Initiative
- European Integrated Modeling Task Force
- US Fusion Simulation Initiative and the Burning Plasma Organization

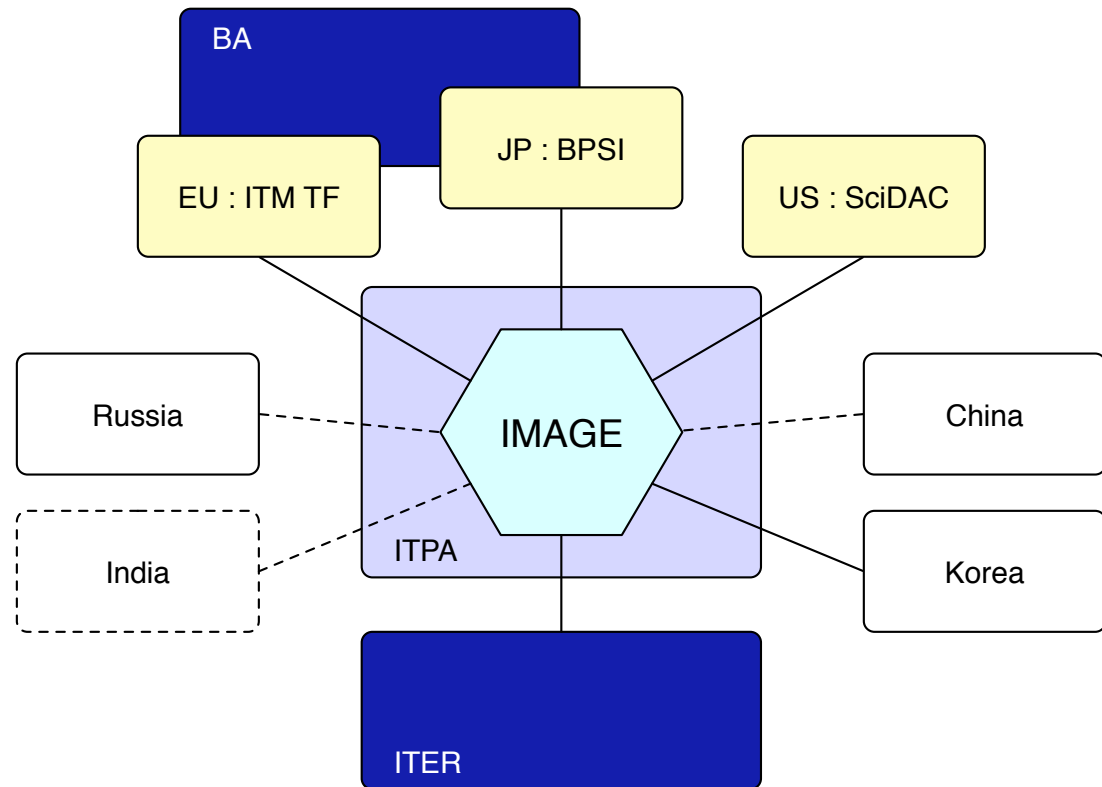
The interaction between these programmes and the ITER Integrated Modelling effort needs to be well-coordinated to ensure the highest quality physics is used in the design, operation and analysis

ITER に向けた統合モデリング活動

- **ITPA-CDBM: IMAGE** working group

Integrated Modelling — A Global Effort —

- 標準プログラムインターフェース
- 標準データセット
- 検定 (Verification)
- ベンチマークテスト
- 検証 (Validation)



統合モデリングの典型的手順

1. 物理課題の設定
2. 物理モデルの選定
3. 数値解析手法の選定
4. 統合コードガイドライン準拠
5. コード作成 **Documentation**
6. コードの正当性検証（理論との比較） **Verification**
7. 統合コードへの組み込み
8. ベンチマークテスト（他のコードとの比較）
9. モデルの妥当性検証（実験との比較） **Validation**
10. パラメータサーベイ
11. 最適化

まとめ

- **トカマク統合モデリングの国際協力**に向けて、**ITPA-CDBM IMAGE WG** で議論が本格的に始まろうとしている。
- **最初の会合**が 2007/05/07-10 に Lausanne での ITPA-CDBM meeting において開かれる予定
- **統合モデリングコード**の開発は各極で進められ、ITER チームではそれらを利用する形になる。
- **コードの互換性**を高めるために、プログラムインターフェースの共通化と標準データセットの策定が議論される。
- **コードの評価**を行うために、Verification and Validation および Benchmark Test の実施が議論される。
- 日本国内においても、統合モデリング活動の国際協力への対応が、**ITER への貢献**および **BA-IFERC-CSC の成功**のために不可欠