



小特集 統合コードによる磁場閉じ込め核融合プラズマシミュレーションの現状と今後の展望

6. おわりに

6. Conclusion and Acknowledgements

林 伸彦, 福山 淳¹⁾, 村上定義¹⁾, 横山雅之²⁾, 藤田隆明³⁾, 本多 充
 HAYASHI Nobuhiko, FUKUYAMA Atsushi¹⁾, MURAKAMI Sadayoshi¹⁾, YOKOYAMA Masayuki²⁾,
 FUJITA Takaaki³⁾ and HONDA Mitsuru

量子科学技術研究開発機構, ¹⁾京都大学大学院工学研究科, ²⁾自然科学研究機構核融合科学研究所,

³⁾名古屋大学大学院工学研究科

(原稿受付: 2019年5月20日)

統合コードの開発は、複数のコードの連携以上に、各々のコードを開発している研究者・技術者の緊密な連携、すなわち「人の統合」が必要不可欠である。本小特集の各章で紹介されたモデル・コードの開発や開発したコードでシミュレーションを行って結果を得るために、様々な分野の専門家や学生の活動、シミュレーションを行うためのスパコン等の計算機の利用があり、さらに、国内における核燃焼プラズマ統合コード構想 (BPSI: Burning Plasma Simulation Initiative) [1]を中心に、各々の活動を束ねて組織の垣根を超えて協力して統合コード開発を推進してきた。これらのごことを継続・発展させることが第1章で述べた原型炉に向けた統合コード開発に求められる。本章では、小特集の第1章から5章までの各々に貢献して来た方々に謝意を表すとともに、統合コード開発の今後のさらなる発展を期待し、まとめとする。

まず、国内の主要な統合コード TOPICS, TASK, TOTAL の開発に貢献していただいた国内外研究機関の多くの関係者の、BPSI 活動や共同研究を通じた長きにわたる多大なご貢献とご支援に感謝申し上げます。特に、TOPICS に関しては、滝塚知典 招聘教授 (阪大)、小関隆久 博士、清水勝宏 博士、矢木雅敏 博士、井手俊介 博士 (量研) に、TOTAL に関しては、山崎耕造 名古屋大学名誉教授に、ご指導いただき開発してきました、ご貢献に感謝します。

筆者一同、JT-60 チーム、及び LHD 実験グループの協力と有意義な議論に謝意を表します。統合コードで用いるモデルの検証には実験との比較検証が欠かせず、今後より緊密に実験と連携して検証活動を行うことが、統合コード開発の加速に欠かせないと考えます。

本小特集で紹介された研究内容については、以下 (番号順) の科学研究費補助金の支援により推進されたものである。15K06656, 16K06948, 17K07001, 18360448, 18560790,

19360415, 20226017, 22760665, 23360416, 25420895, 25820442, 26289356, 26420862。また、核融合科学研究所一般共同研究 NIFS11KNTT008, NIFS14KNTT025, NIFS16KNST092, 数値実験炉研究プロジェクト予算 NIFS11UNTT006, NIFS17UNTT008 の支援も受けた。

統合コードによるシミュレーション結果の一部は、核融合科学研究所のプラズマシミュレータ、及び、国際核融合エネルギー研究センターの計算機センター (IFERC-CSC) の HELIOS 等を使用して得られたものである。第一原理コードを含む統合コードのシミュレーションや、第一原理コードの結果に基づいた統合コードに導入できるモデルの開発には、スパコンは必須のインフラとなっており、統合コード開発の進展に合わせてスパコンの導入整備も欠かせない。

第1章で紹介した原型炉に向けた統合コード開発計画 [2] に関して、有意義な議論を行っていただいた原型炉設計合同特別チームの理論・シミュレーションワーキンググループのメンバーに謝意を表します。長期の開発計画を着実に進めるためには、上記のスパコン等のインフラだけでなく、最初に述べた「人の統合」が重要であり、今後ますます次代を担う若手研究者や学生の育成が求められる。

本小特集が、若手研究者や学生にとって統合コードを使った研究の入門書となり、2020年に運転を開始する JT-60SA や2025年に運転を開始する ITER に向けた研究が広がっていくこと、原型炉実現に向けて研究が加速することを期待する。

参考文献

- [1] Burning Plasma Simulation Initiative, <http://bpsu.nucleng.kyoto-u.ac.jp/bpsi/>
- [2] 原型炉設計合同特別チーム, 理論・シミュレーションワーキンググループ報告書, <http://id.nii.ac.jp/1657/00074926/>

小特集執筆紹介



はやし のぶ ひこ
林 伸彦

量子科学技術研究開発機構，先進プラズマモデリンググループリーダー・上席研究員。1999年慶應義塾大学工学博士取得，日本原子力研究所を経て，2016年より現職。専門は様々な物理がひしめくダイバータプラズマのモデリングを始めて以来，いろんなモデリング研究一筋。難聴がひどくなって聞きづらいので反応がイマイチな時はもう一声下さい。眼鏡に補聴器を内蔵するか，安くて使い勝手が良い首掛け型の集音器をもう少し補聴器レベルに誰か改良してもらえないでしょうか。売れると思います。



ふく やま あつし
福山 淳

京都大学名誉教授。岡山大学工学部助教授，京都大学大学院工学研究科教授を経て2017年3月定年退職。プラズマ中の波動現象と輸送現象の理論・モデリング・シミュレーションに基づいて，炉心プラズマ統合モデリングの研究に従事。退職後も炉心プラズマ統合コードTASKの整備，拡張，国内の利用者サポートに加えて，タイ，オーストラリア，中国等の利用者とも共同研究を進めている。昨年12月，娘に初孫誕生。



むら かみ さだ よし
村上 定義

京都大学大学院工学研究科 教授，理学博士（広島大）。ヘリカル系の加熱シミュレーションからスタートし，新古典輸送や統合輸送シミュレーションなどの研究を進めてきました。現在は，非軸対称トカマクを含めた広い3次元系トラスプラズマにおける運動論的な問題などを中心に研究を行っている。ここ数年，健康維持のため毎週スイミングクラブに通っている。月1回の記録会で，前年の自身の記録を更新することを目標にしているが...



よこ やま まさ ゆき
横山 雅之

自然科学研究機構 核融合科学研究所 ヘリカル研究部 核融合理論シミュレーション研究系教授。工学博士（京都大学大学院原子核工学専攻）。LHD実験解析型統合輸送解析スイートTASK3D-aの運用で蓄積した熱輸送データベースを用いて，統計手法やデータ駆動手法との連携を实践，模索しています。数年のものがきの時代を越えて，科学研究費補助金にも採択され，少し風が吹いてきている印象があります。



ふじ た たか あき
藤田 隆明

名古屋大学大学院工学研究科 教授，工学博士（東京大学）。日本原子力研究所（日本原子力研究開発機構）でのJT-60U実験研究を経て，2013年4月より現職。小型トラスTOKASTAR-2装置による実験研究と統合コードTOTALによるシミュレーション研究を行っています。キャンパス内の高校に通っている藤井聡太七段の活躍に刺激され，大学時代以来久しぶりに趣味と言えるくらいに将棋（中継観戦やネット対局など）を楽しんでいます。



ほん だ みつる
本多 充

量子科学技術研究開発機構 那珂核融合研究所 先進プラズマ研究部 上席研究員。2007年京都大学大学院工学研究科・博士（工学）。主にトカマク中の輸送現象や輸送シミュレーションを研究対象としている。最近では機械学習やベイズ推定にも興味を持って，研究分野への適用を進めている。家庭菜園とピアノの練習（弾けるとは言っていない）を趣味としています。ピアノ教室に通う息子に腕前で抜かされないよう独習に励む日々です。



あい ば のぶ ゆき
相羽 信行

量子科学技術研究開発機構 先進プラズマモデリンググループ 上席研究員。2005年総合研究大学院大学 博士（学術）。専門はトカマクプラズマにおけるMHD安定性の理論・シミュレーション研究。半年ほど前の解説記事で執筆者紹介を書いてから所属と娘の年齢が変わりました（2歳）。しゃべるようになった娘からの命令をこなしながら，新たな環境での仕事を早く覚えられるよう努力中です。



まつ やま あき のぶ
松山 顕之

量子科学技術研究開発機構，プラズマ理論シミュレーショングループ・主幹研究員。京都大学博士（エネルギー科学）。磁場閉じ込め核融合プラズマ中のMHD・輸送現象や高エネルギー粒子の物理について理論やシミュレーションを用いた研究に携わっています。ここ数年はトカマク放電のディスラプション現象とそれに関わる物理と炉工学の関係が興味の対象です。



ほし の かず お
星野 一生

慶應義塾大学理工学部・准教授。2008年に慶應義塾大学大学院理工学研究科・後期博士課程を修了（博士（工学））。日本原子力研究開発機構，量子科学技術研究開発機構を経て2018年4月より現職。周辺・ダイバータプラズマに加え，イオン源プラズマにも手を広げ，モデリング・シミュレーション研究を継続中。1年ほど前から飼い始めた猫が，ようやく「お手」を覚えてくれました。



さ たけ しん すけ
佐竹 真介

自然科学研究機構 核融合科学研究所 ヘリカル研究部 核融合理論シミュレーション研究系准教授，2003年 総合研究大学院大学 博士（学術）。3次元磁場配位中の新古典輸送現象，新古典粘性のシミュレーションが主な研究テーマ。最適化配位の研究をやりたいとこの数年言い続けながら，現在メインで取り組んでいるのは不純物の新古典輸送現象の研究。1歳になる娘を溺愛しつつも，子育てと仕事の両立に頭を悩ます日々です。



やぎ まさとし
矢木 雅敏

量子科学技術研究開発機構 六ヶ所核融合研究所 核融合炉システム研究開発部部長，工学博士（京都大学大学院原子核工学専攻），日本原子力研究所研究員，九州大学応用力学研究所教授，日本原子力研究開発機構プラズマ理論シミュレーショングループリーダー，量子科学技術研究開発機構核融合炉システム研究開発部次長を経て2019年4月より現職。九州大学在任中に，福山さんと核燃焼プラズマ統合コード研究会を立ち上げる（今年で第17回目を迎える）。これまで津々浦々を渡り歩く（岡山県，京都府，茨城県，福岡県，青森県）。



せき りょうすけ
関 良輔

自然科学研究機構 核融合科学研究所 ヘリカル研究部 プラズマ加熱物理研究系 助教。工学博士（北海道大学大学院量子理工学専攻）ヘリカル系におけるNBIやICRFの加熱シミュレーションや，高速イオンの閉じ込めや高速イオン由来の不安定性のハイブリッドシミュレーションが主な研究テーマ。2匹の猫を飼い始めました。まだ，子猫なので毎日走り回っています。長期の出張にでると忘れられそうで心配です。

やま ぐち ひろ ゆき
山口 裕之

自然科学研究機構 核融合科学研究所 ヘリカル研究部 助教。京都大学大学院工学研究科 博士（工学）。磁場閉じ込めプラズマにおける高速イオンの挙動とプラズマ中の輸送現象のシミュレーション・モデリングを中心に研究を行っている。



なり た え み
成田 絵美

量子科学技術研究開発機構 那珂核融合研究所 先進プラズマ研究部 研究員。2015年大阪大学大学院・博士（工学）。トカマクプラズマにおける乱流輸送を主な研究対象として，実験解析やモデル開発を行っている。2017年に機械学習の適用を始めたことをきっかけに，天体や材料など他分野の研究者と交流する機会を得て，刺激を受けている。趣味はグラフィックデザイナー・絵本作家のディック・ブルーナ氏の作品鑑賞です。