

太陽地球惑星系科学(STP)分野 における シミュレーション研究の将来構想

三宅洋平*1、松本洋介²、
太陽地球惑星系科学シミュレーション分科会

天野孝伸、梅田隆行、加藤雄人、陣英克、銭谷誠司
埜千尋、深沢圭一郎、簗島敬、三好隆博

1. 神戸大学, 2. 千葉大学
*y-miyake@eagle.kobe-u.ac.jp

トピックス

- STPシミュレーション研究の課題と将来展望
 - 過去10年のSTPシミュレーション研究
 - マルチスケール／マルチフィジックスシミュレーションの課題とそれに対する取り組み
 - データ科学手法の活用
- STPシミュレーション研究推進のための施策
 - シミュレーション分科会の役割
 - 最先端シミュレーションコードの開発体制
 - 人材育成

過去10年の

分科会を中心とした

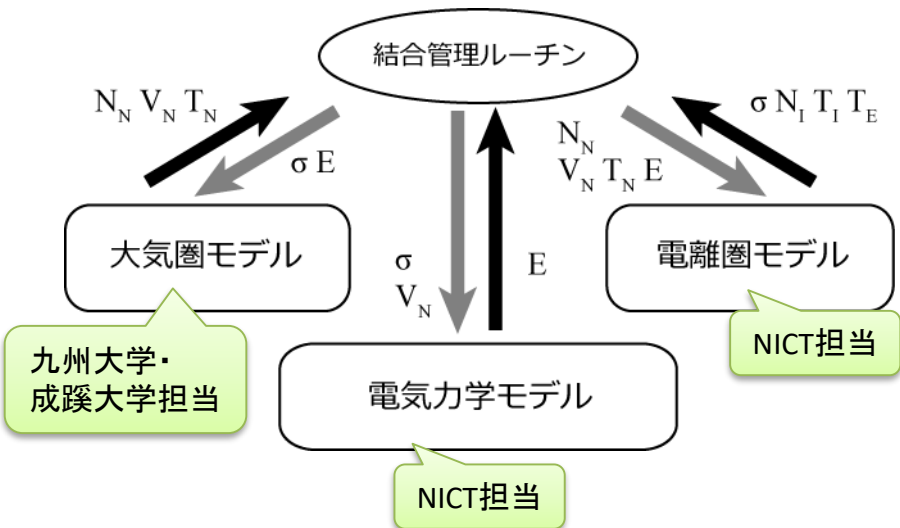
STPシミュレーション研究

- 最先端シミュレーションソフトウェアを開発し、国内大規模計算リソースの要望を先導
⇒ 「京」利用、HPCI、JHPCNへの参画。計算科学分野から見た当分野の視認性向上。
- 分野内・分野間の数値モデル・シミュレーション研究の交流を促進する
⇒ STEシミュレーション研究会を主体に、特に隣接分野との連携を後押し。
- 「第一原理計算」を主体にモデル計算と融合させたマルチスケール／マルチフィジックスSTPシミュレーションの実現
⇒ コード標準化の試みetc. → 「道半ば」

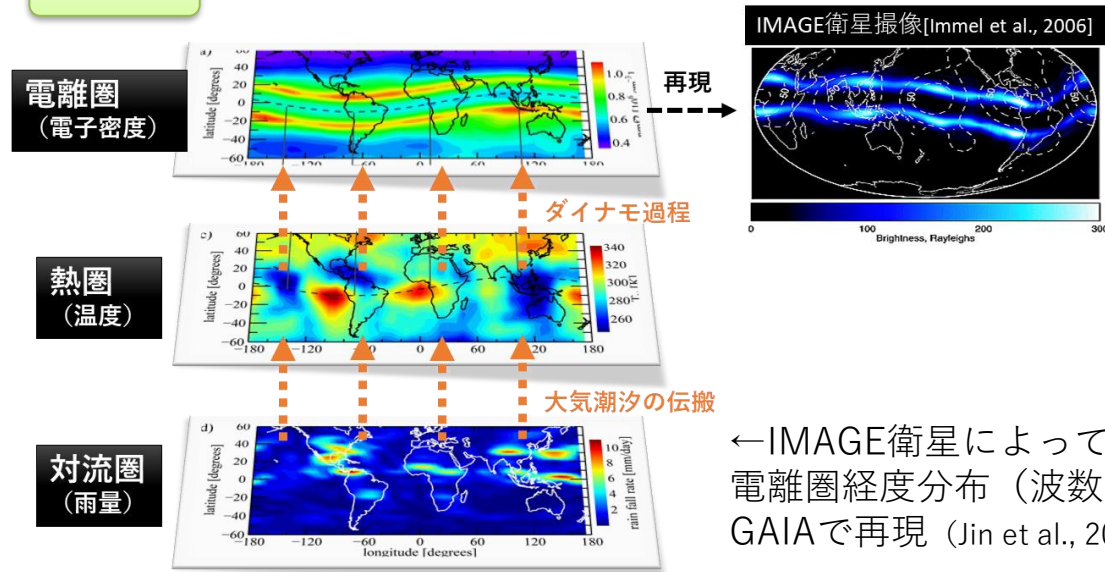
マルチスケール／マルチフィジックスSTPシミュレーションの課題

- 期待：急速な計算機性能向上の恩恵にあずかれる
⇒ 話はどうやらそう単純ではない
- 課題
 1. ターゲットにする物理システムの設定
 - 内包する素過程物理の理解が十分である必要
 - 現状では経験知も必要
 - 複数のシミュレーション／モデル研究者の協力体制
 2. 物理的な成果が得られるまでのコストと時間
 3. 爆発するデータ量の扱い

マルチフィジックスモデルの成果事例： 大気圏-電離圏結合モデルGAIA [資料提供・陣様]



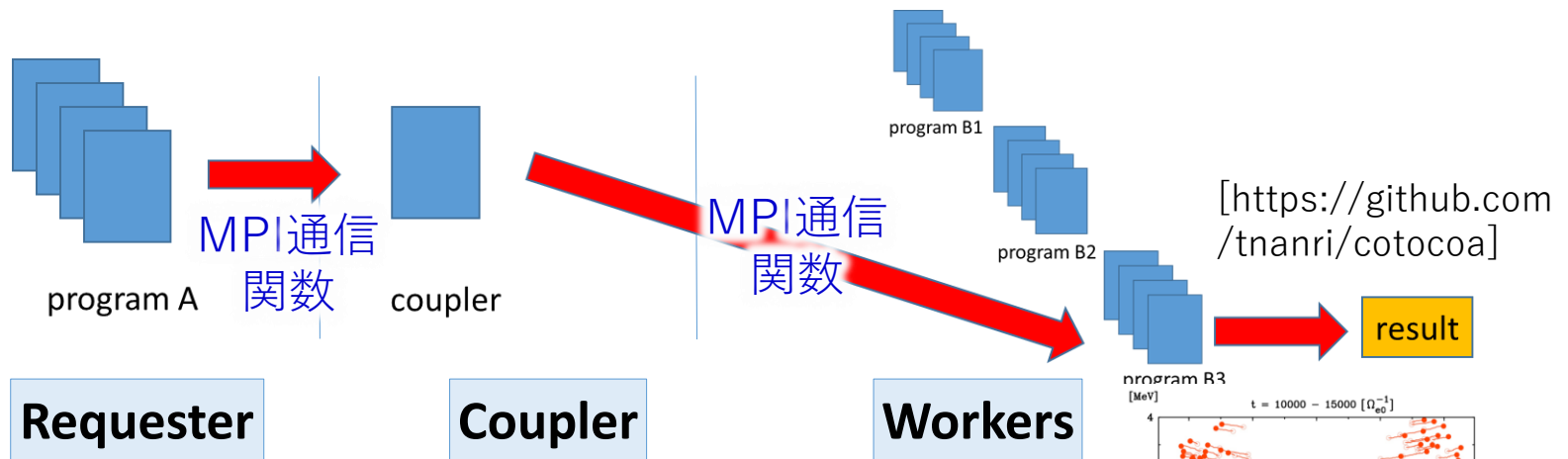
- 別々に開発されていた対流圏から熱圏までの中性大気領域のモデルと電離圏領域のモデルを結合し、GAIAを開発。
- 背景として、下層大気の大気対流活動と電離圏との関係を示唆する衛星観測があり、MTI研究分野で大気上下結合の研究が活発化⇒モデルの需要
- また、開発の初期(2010年前後)に国内STPモデルコミュニティにて、異なるモデル同士を結合するためのコーディングルールを検討⇒議論された仕様を導入。



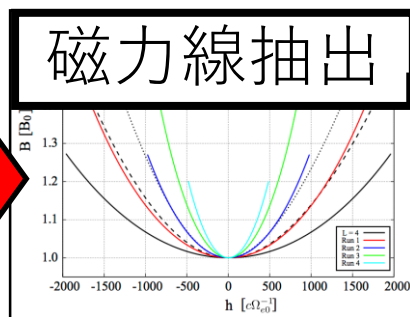
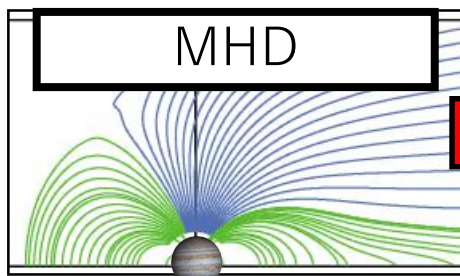
←IMAGE衛星によって発見された電離圏経度分布 (波数4構造) をGAIAで再現 (Jin et al., 2011)

コード・モデル間結合の開発 コストを低減するための試み

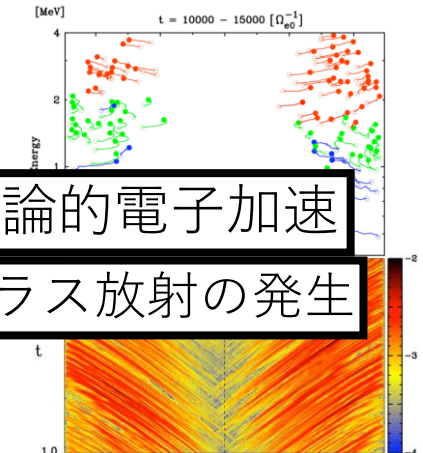
- 研究事例：Code-To-Code Adapter (CoToCoA)の開発 [加藤他]
⇒ 発想：並列プログラミングの標準規格「MPI」を異種コード間データ転送の共通方式に利活用



物理課題への適用例



相対論的電子加速
コーラス放射の発生



データ科学手法の活用

- シミュレーション・モデル計算の大規模化に伴い、扱うデータ量が膨大になっている
 - 手作業による解析では手に負えない
- データ科学手法活用
 - 特徴抽出（データマイニング）
 - 機械学習による粗視化モデル生成
 - データ同化
- 研究事例：
 - 観測 ⇄ MHD計算データの関連を学習し、オーロラ画像を復元（深沢他）



[日刊工業新聞]

分科会の役割

- STPシミュレーションといっても、興味の対象は様々であり、その幅は広がっている
⇒（興味の対象は異なっても）内包する物理や計算手法の共通項を軸にした連携の機運を創出し、またその機会を提供。
 - 観測研究、他分科会、隣接研究分野との連携
- 計算リソースの確保に向けた施策
 - 大規模計算アプリによる実績作り
 - 計算科学・計算機科学分野との連携強化
 - STPシミュレーションの手法特性を踏まえた
計算機システム設計への関与

コード開発体制

- 大規模数値解析に対する需要と、計算機アーキテクチャの変遷により、シミュレーションコードの開発コストは増加の一途
⇒ チームでの共同開発が必要
- 要検討事項
 - 言語／プログラミングモデル／開発環境の設定、アルゴリズム・データモデル・処理方式設計、コーディングルール、検証・ベンチマーク、バージョン管理、コード公開、ドキュメント
- どう役割分担するか？
⇒ まずは少人数チームによる共同開発により、経験値を蓄積

人材育成

- 若手・初学者向けの教育機会
- 公開コードとドキュメントの整備
(CANS+, p-CANS, OpenMHD, etc.)
- 講習会やスクール(ISSS, サマースクール@千葉大, etc.)



- 指導側の人材確保・増強
- キャリアパスの整備 (ポスト)
- コード・プログラム開発に対する評価の仕組み
⇒ 公開プログラムに対するDOIの付与. 引用ルール. 新規性がある場合は論文化.

育成された人材
(時間がかかる)

まとめ

これからも継続

- ▶ 大規模／精密計算による素過程物理理解への希求
- ▶ チームによるシミュレーション／モデル開発と数値研究
 - 共同研究開発に臨む個々人のマインド
 - 共同開発のコスト低減につながる共通技術開発
 - ⇒ STP複合システム物理の理解と予報
- ▶ 爆発するデータ量への対処
 - 「データを生み出す方法」 ⇒ 「データを理解する方法」
 - ⇒ データ科学手法活用の探求
- ▶ 分科会の役割
 - 数値研究を共通項にした分科会間・分野間連携のハブ