

# 天体とスペースプラズマの シミュレーションサマースクール

福田 尚也

〈科学技術振興事業団／千葉大学理学部物理学科宇宙物理学研究室 〒263-8522 千葉市稲毛区弥生町 1-33〉  
e-mail: fukudany@astro.s.chiba-u.ac.jp

松元 亮治

〈千葉大学理学部物理学科 〒263-8522 千葉市稲毛区弥生町 1-33〉  
e-mail: matumoto@astro.s.chiba-u.ac.jp

2002年9月、数値シミュレーションサマースクールは、天文の若手だけでなく、スペースプラズマの若手も含めて、名古屋大学情報メディア教育センターにてかつてない規模で開かれました。参加者人数は100名強！ そのサマースクールの概要を紹介しようと思います。

## 1. はじめに

計算機を用いた数値シミュレーションは、地上での実験が困難な天体とスペースプラズマ現象を研究する強力な手段となっています。しかしながら、宇宙シミュレーションの教科書、大学・大学院での講義はまだ十分整備されているといえる状況ではありません。そこで、天体の理論グループでは、数値天体物理学の導入教育を行い、シミュレーションの裾野を広げることを目的としたサマースクールを開催してきました。

## 2. 共同開催にむけて

2002年度のサマースクールは、天体グループとスペースプラズマのグループが共同で開催することになりました。その経緯についてお話しします。現在、我々は、科学技術振興事業団計算科学技術活用型特定研究開発推進事業（ACT-JST）「宇宙シミュレーション・ネットラボラトリーシステムの開発」といったプロジェクトの一環として、数値シミュレーションのソフトウェアを、千葉大学、京都大学等を拠点とし、共同開発してきました。

このプロジェクトの2002年3月の中間報告会議にて、2001年に千葉大学で開催した天体グループのシミュレーションサマースクールを発展・継続させるものとして、天体とスペースプラズマのグループで、共同でサマースクールを開催しようという案が持ち上がりました。サマースクールの場で、それぞれが開発してきた数値シミュレーションのソフトウェアをチェックできるという意義もあり、共同のサマースクールに向けての組織が発足しました。MHD（磁気流体）コースと粒子コースの二つのコースを設けること、天体及びスペースプラズマの若手の人口を考慮し、受講者を100名とすること、千葉大学と京都大学の中間にあり100台以上の計算機が共同利用できそうであるということから会場を名古屋大学とすることなどが決定しました。

3月の会議の後は、電子メールを中心としたやりとりで日程を決定し、サマースクールの実現にむけて活動が始まりました。5月に主メンバーが名古屋大学に集まり、サマースクールの内容について打ち合わせをしました。天体グループが従来に行ってきたMHDシミュレーションと、スペースプラズマグループが行っている粒子シミュレーシ

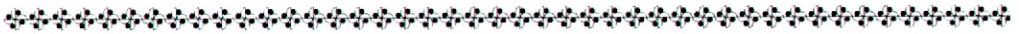


表1 スケジュール

〈共通スケジュール〉

9/9 講義：差分法の基礎（松元）
9/9 実習：差分法の実習（松元，福田）
9/10 講義：システム方程式の解法（花輪），テスト粒子解析（大村）
9/10 実習：テスト粒子解析実習（白井，杉山），磁気流体次元基本課題（横山，福田）

〈MHD コーススケジュール〉

9/10 実習：磁気流体次元基本課題（横山，福田）
9/10 講義：応用課題提示
9/11 講義：流体および磁気流体方程式の風上差分法（花輪），CIP法（尾形）
9/11 実習：応用課題
9/12 講義：非構造格子の有限体積 TVD 法（田中），並列 3 次元 MHD コードと 3 次元可視化（荻野）
9/12 実習：応用課題
9/13 実習：応用課題発表準備
9/13 実習：応用課題発表会（司会：柴田）

〈粒子コーススケジュール〉

9/11 講義：電磁粒子シミュレーション法概説（大村）
9/11 講義：Hybrid シミュレーション法概説（杉山，藤本）
9/11 実習：粒子モデル基本課題（1）電子ビーム不安定性（大村，白井）
9/11 実習：粒子モデル基本課題（2）イオンビーム不安定性（杉山，白井）
9/11 実習：粒子モデル基本課題（3）衝撃波現象（杉山，藤本）
9/12 講義：大規模粒子シミュレーションから見える新しい物理（篠原）
9/12 講義：非一様空間格子幅・時間ステップ幅および衝突効果（寺田）
9/12 講義：プラズマ粒子シミュレーションで使用する境界条件（岡田）
9/12 講義：Windows 版電磁粒子シミュレーションコードの紹介（村田）
9/13 実習：応用課題
9/13 実習：応用課題発表会（司会：白井）

んは一概に数値シミュレーションといっても異なった性質をもちます。共同開催のメリット・デメリットが議論され、それらを考慮し、プログラムを作成しました（表1）。講義テキストとして冊子を作成し、配布しようということなどが次々と決定されていきました。

5月の議論を受けて、6月に受講者募集の案内を tennet などを通じて、広報しました。主催側としては、実際に100名も集まるのか心配していましたが、蓋をあけたところ100名を超える応募者があり、一部の人には受講を断る形になりました。

その後、サマースクールの準備に拍車がかかり





写真1：サマースクール講義風景



写真2：サマースクール実習風景

ました。天体グループでは、さまざまな講師を通して統一性のある講義テキストを作成するために、8月の暑い名古屋で缶詰状態の合宿も開きました。実習教材に関しては、今回のサマースクールが京都と千葉、天文台といった手元の計算センターではなく、名古屋といった外部の計算機環境を利用させていただくということから、動作確認を念入りに行いました。(直前まで動作確認がかり、講師側としては結構冷や汗ものでした。)

### 3. サマースクール風景

MHD コースのサマースクールの模様を紹介します。初日と2日目の午前には粒子コースと共同で数値シミュレーションの講義と実習をおこないました。2日目の午後からMHD コースと粒子コースに別れて、講義と実習をおこないました(表1、写真)。

初日の実習では、スカラー方程式の差分法解法のプログラムを配布し、コンパイルから実行までを一人一人に行ってもらいました。その後プログラムの変更演習を行い、計算法について実習をしました。2日目の実習では、ACT-JST プロジェクトで開発した統合ソフトウェアCANSを用いて、宇宙磁気流体数値シミュレーションの基本的な問題について、1次元問題(衝撃波管問題など)、2次元問題(ケルビン・ヘルムホルツ不安定性など)の計算を行ってもらいました(図1)。

2日目の最後に、天体グループは受講生に应用課題を提示しました。应用課題としては、実際の研究につながるような課題を10名の講師が用意し、受講者にテーマを一つ選択してもらって、その場で研究を行ってもらおうとのものです(表2)。3日目以降の実習は、選んだ应用課題に応じて、グループ別に演習を行い、最終日には受講者による应用課題の研究報告をおこなってもらいました。

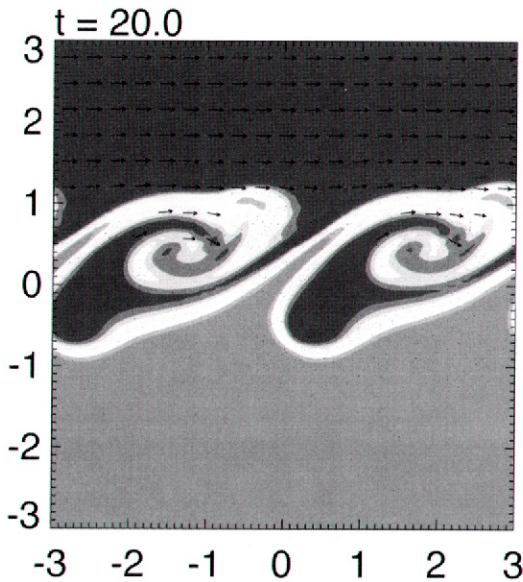


図1：ケルビン・ヘルムホルツ不安定性



表 2 MHD コース応用課題一覧

磁気回転不安定性	(松元)
磁気リコネクション	(横山)
磁気リコネクション：解の安定性	(柴田)
ケルビン・ヘルムホルツ不安定性	(福田)
太陽浮上磁場	(野澤)
銀河のパーカー不安定性	(田沼)
太陽風磁気圏相互作用	(荻野)
地球惑星大気擾乱	(品川)
熱圏・電離圏	(渡部)
CIP 法	(尾形)

このような応用課題を通して、シミュレーションを体験してもらうといったスタイルは2000年に国立天文台野辺山でおこなわれたMHDグループ小サマースクール（主催、柴田、横山）の方式を受け継いでいます。2001年千葉大学でおこなったサマースクールの応用課題に関しては、受講者であった京都大学水野陽介君が天文学会で発表をおこなっています。（統合ソフトウェアCANSについて、詳しくは、別の機会にお話したいと思います。）

#### 4. 終わりに

最後に受講者からのアンケートを少しだけ紹介します。

- ・テーマは適切でよかった。
- ・講義内容がもりだくさんであった。数値シミュレーションの全体像はつかめた。その反面、理解がおいつかないことが多々あった。
- ・実習時間が短かった。もう少し時間がほしい。
- ・講義と実習の配分は適当であった。
- ・具体的なコーディングの解説やノウハウを聞いてみたかった。

アンケートを受けて、来年度以降もサマースクールを実行できるよう計画中です。

#### 謝 辞

2001年の数値天体物理学サマースクールと2002年の天体とスペースプラズマのシミュレーションサマースクールは、科学技術振興事業団計算科学技術活用型特定研究開発推進事業「宇宙シミュレーション・ネットラボラトリーシステムの開発」の一環として行われました。

会場として計算機の端末室を夜遅くまで利用さ



写真3：サマースクール参加者集合写真



表 3 : 講師一覧

MHD コース (天体)	MHD コース (スペースプラズマ)	粒子コース (スペースグループ)
松元亮治 (千葉大学)	渡部重十 (北海道大学)	松本 紘 (京都大学)
福田尚也 (千葉大学)	荻野竜樹 (名古屋大学)	臼井英之 (京都大学)
富阪幸治 (国立天文台)	品川裕之 (名古屋大学)	大村喜治 (京都大学)
横山央明 (国立天文台)	寺田直樹 (名古屋大学)	杉山 徹 (京都大学)
尾形陽一 (東京工業大学)	田中高史 (九州大学)	岡田雅樹 (国立極地研究所)
野沢 恵 (茨城大学)		藤本正樹 (東京工業大)
花輪知幸 (名古屋大学)		篠原 育 (宇宙科学研究所)
柴田一成 (京都大学)		村田健史 (愛媛大学)
田沼俊一 (京都大学)		白石岳雄 (九州大学)
		羽田 亨 (九州大学)

せていただき、会場利用にあたって使用する計算機の整備 (ハードディスクサーバーの整備、可視化ソフトウェアのインストール) をしていただいた名古屋大学情報メディア教育センターの皆様、富士通 SE の皆様、スーパーコンピュータ「富士通 VPP5000」をサマースクール用に利用させていただいた名古屋大学情報連携基盤センターの皆様、会場の手配をはじめとして、講師や受講者の宿泊先、旅費の補助の手配、講義テキストの印刷の手配をしていただいた荻野竜樹教授、中尾真季さんを始めとする名古屋大学太陽地球環境研究所の皆様にご感謝します。

2001 年と 2002 年のサマースクールの概要に関しては、以下の Web ページで確認することができます。

- ・ [http://www.astro.phys.s.chiba-u.ac.jp/netlab/mhd\\_summer2001/](http://www.astro.phys.s.chiba-u.ac.jp/netlab/mhd_summer2001/)
- ・ <http://center.stelab.nagoya-u.ac.jp/summer-school/>

サマースクールで利用した ACT-JST プロジェクトの成果も Web ページで紹介していますので、興味のある方はあわせてご覧ください。

- ・ <http://www.astro.phys.s.chiba-u.ac.jp/netlab/>

### 参考文献

- 大原謙一, 富阪幸治, 花輪知幸, 2001, 「天文月報」94, 28  
 小久保英一郎, 2002, 「天文月報」95, 144

### Summer School on Astrophysical Fluids and Space Plasma Simulations

Naoya FUKUDA

Japan Science and Technology Corporation; Chiba University

Ryoji MATSUMOTO

Chiba University

Abstract: We held a summer school on numerical simulations at the center for information media studies of Nagoya University in September, 2002. Not only graduate students and young scientists who major astrophysics but also space plasma young scientists attended the school. The number of participants was over 100! We report the outline of the school.