

ACT-JST Summer School

# 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

(流体・磁気流体、ハイブリッド、粒子モデルコース)

## 講義テキスト

期日：平成14年9月9日(月)ー13日(金)

会場：名古屋大学情報メディア教育センター  
及び名古屋大学情報連携基盤センター  
(名古屋市千種区不老町)

主催：宇宙シミュレーション・ネットラボラトリーシステム開発グループ

組織委員：松元亮治(千葉大)、松本紘、臼井英之(京大・RASC)、柴田一成(京大・理)、  
藤本正樹(東工大・理)、荻野竜樹(名大・STE研)

実行委員：荻野竜樹、品川裕之、増田智、関華奈子、寺田直樹、中尾真季(名大・STE研)、  
山里敬也(名大・情報メディア)、永井亨(名大・基盤センター)

共催：名古屋大学太陽地球環境研究所

名古屋大学情報メディア教育センター

名古屋大学情報連携基盤センター(旧大型計算機センター)

## まえがき

計算機を用いた数値実験は、地上での直接実験が困難な宇宙現象の研究にとって強力な手段となる。宇宙シミュレーション分野では日本のいくつかの研究グループが世界に先駆けた成果をあげてきた。これらに続く研究者を育て、宇宙シミュレーションの裾野を広げることを目的として、天体とスペースプラズマグループ合同でのシミュレーションサマースクールを企画した。本冊子は、その講義テキストである。

今回のサマースクールでは科学技術振興事業団計算科学技術活用型 (ACT-JST) プロジェクトとして平成12年度から14年度まで3年計画で実施中の「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」(研究代表: 松元亮治) で開発中の宇宙シミュレーションラボラトリーを教材として使用する。このバーチャルラボラトリーでは、シミュレーションコードに加えて宇宙シミュレーションの典型的問題の解説と初期モデル、推奨入力パラメータ、シミュレーション結果の画像・動画、解析ツールなどをセットにした Web ページを構築しており、利用者はさまざまな例題を通して宇宙シミュレーションについて学ぶことができる。

宇宙流体シミュレーション分野のサマースクールは今年で3年目になる。昨年度千葉大学で行ったサマースクールではシミュレーションラボラトリーの1次元版プロトタイプを用いた。今回は2次元、3次元コードを使用した演習が可能になった。また、今回は流体・磁気流体コースに加えて、粒子・ハイブリッドシミュレーションコースが新設されたため、リピータの参加者も新たなテーマに取り組むことができるだろう。

サマースクールでは流体・粒子それぞれのシミュレーション方法についての講義と、宇宙シミュレーションラボラトリーのコンポーネントである宇宙流体・磁気流体 (MHD) シミュレーションコード、スペースプラズマシミュレーションコード (粒子モデル、MHD モデル、ハイブリッドモデル) を使用した演習を行う。最初の2日間の講義は両コース共通であり、その後、コースごとのカリキュラムが用意されている。本スクールで使用するシミュレーションコードは実際の研究で使用されているコードを、シミュレーションを専門としないユーザーにとっても利用しやすいように再構築したもので、最先端の研究に適用することもできる。サマースクール最終日には応用課題のシミュレーション結果についての発表会も予定されている。積極的に課題に取り組んでいただきたい。

本スクールを通して多くの大学院生、研究者が宇宙シミュレーションの基礎を理解し、研究手段として活用できるようになることを期待する。

最後に、本サマースクール開催にあたっては名古屋大学太陽地球環境研究所、名古屋大学情報メディア教育センター、名古屋大学情報連携基盤センターの方々に大変お世話になった。この場を借りて感謝する。

# 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

## (流体・磁気流体、ハイブリッド、粒子モデルコース)

期日:平成14年9月9日(月)ー13日(金)

会場:名古屋大学情報メディア教育センター  
及び名古屋大学情報連携基盤センター  
(名古屋市千種区不老町)

### 講義・実習内容

- 1日目(9/9) 講義: イントロダクション、差分法の基礎  
実習: 差分法、数値安定性
- 2日目(9/10) 講義: システム方程式解法、テスト粒子計算、PIC 法  
実習: テスト粒子、衝撃波管  
MHD: 磁気流体 1 次元基本課題  
粒子: 粒子基本問題、WEB デモ
- 3日目(9/11) 実習: MHD: 近似的リーマン解法、CIP 法、2 次元基本課題、応用課題  
粒子: Beam(電子)、Beam(イオン)、F-PTCL、Hybrid コード
- 4日目(9/12) 実習: MHD: 領域間結合問題の解法、3 次元 MHD と並列化・可視化、  
応用課題  
粒子: shock(1D)、F-PTCL、Hybrid、大規模 3D デモ、  
不均一の  $dx, dt$  と collision、物体-プラズマ相互作用、  
波動解析手法
- 5日目(9/13) 全体: 発表準備、課題発表会  
(1 - 4日目 自習: 17:30 ~)

講師:松元亮治、福田尚也(千葉大)、篠原育(宇宙研)、岡田雅樹(極地研)、富阪幸治、横山央明(国立天文台)、尾形陽一(東工大)、松本紘、柴田一成、大村善治、臼井英之、杉山徹(京大)、荻野竜樹、花輪知幸、寺田直樹(名大)、村田健史(愛媛大)、田中高史、羽田亨(九大)、他

サマースクールの案内と参加申込のURL:

<http://center.stelab.nagoya-u.ac.jp/summer-school/index.html>

主催: 宇宙シミュレーション・ネットラボラトリーシステム開発グループ

組織委員: 松元亮治(千葉大)、松本紘、臼井英之(京大・RASC)、柴田一成(京大・理)、  
藤本正樹(東工大・理)、荻野竜樹(名大・STE研)

実行委員: 荻野竜樹、品川裕之、増田智、関華奈子、寺田直樹、中尾真季(名大・STE研)、  
山里敬也(名大・情報メディア)、永井亨(名大・基盤センター)

共催: 名古屋大学太陽地球環境研究所

名古屋大学情報メディア教育センター

名古屋大学情報連携基盤センター(旧大型計算機センター)

協賛: 富士通株式会社

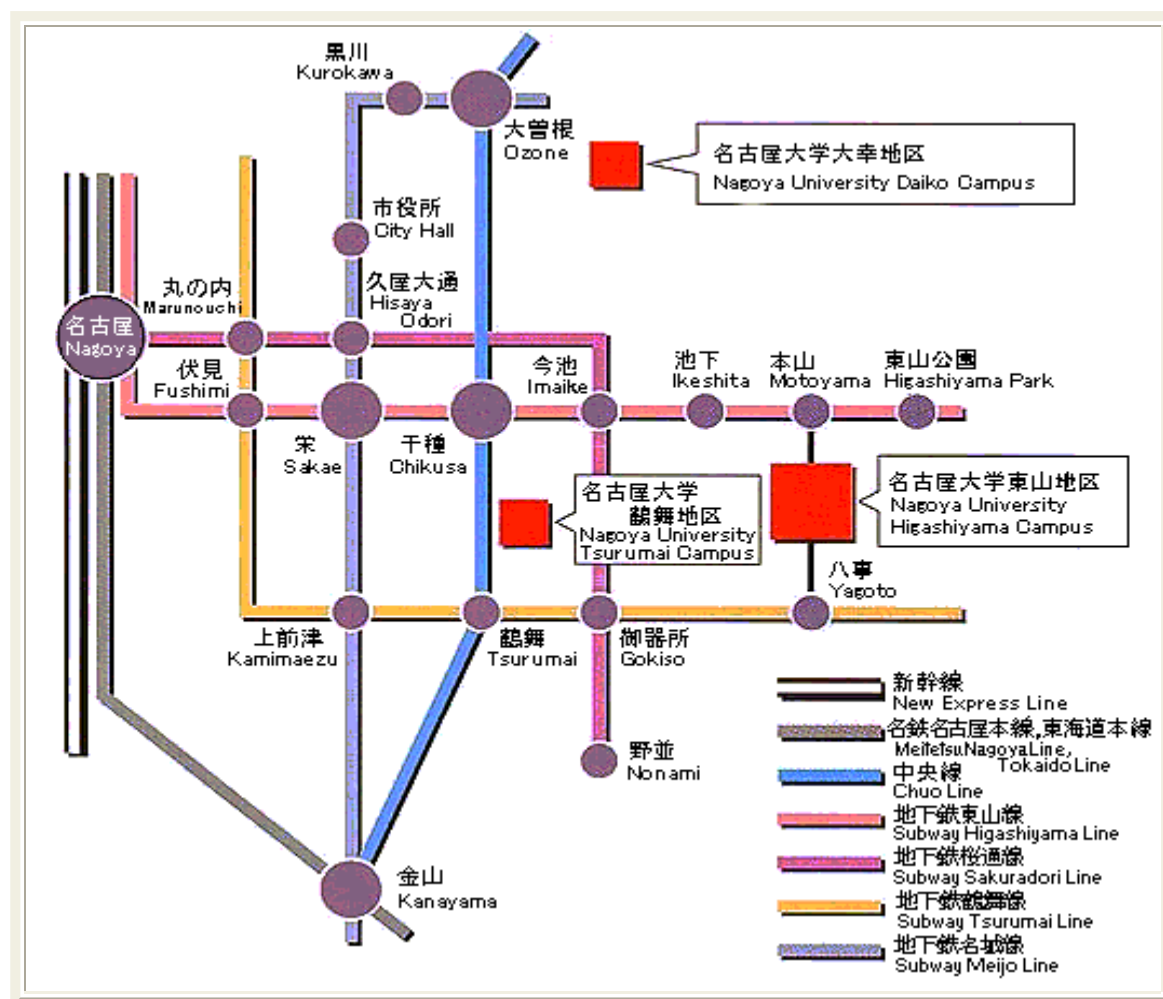
## 趣旨

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。例えば、太陽地球系物理学の分野では、近年、衛星観測によって太陽風や地球磁気圏の平均的な構造はかなり明らかになってきましたが、衛星観測は時空間の軌道上の線に沿っての物理量観測が基本であるため、時間と空間との分離ができません。それを補うものとして数値シミュレーションに対する期待が近年高まってきました。計算機の性能向上に伴ってシミュレーション可能な対象も広がり、本格的な3次元計算が行われるようになってきました。シミュレーションにもとづいて観測結果を解釈したり、新たな観測の提案を行う機会も増えています。更に「量は質を変える」とも言われるように、これからの大規模数値シミュレーションは、新しい物理学を切り開いていく可能性が大であるとも期待されています。

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、天体分野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が開催されてきました。2001年度には千葉大学総合メディア基盤センターを会場として流体・磁気流体シミュレーションをテーマとしたサマースクールを開催しました。一方、スペースプラズマ分野は、京都大学の松本紘教授と核融合科学研究所の佐藤哲也教授及び外国の数名の研究者を中心として ISSS（国際スペースプラズマシミュレーションスクール）をほぼ2年毎、2001年のミュンヘン開催までで6回実施してきました。2003年度末には京都大学の世話で第7回 ISSS-7 が日本で開催される計画になっています。

本シミュレーションサマースクールでは名古屋大学情報メディア教育センターと情報連携基盤センターを会場として講義と実習を行います。シミュレーションの教材としては、科学技術振興事業団（JST）計算科学技術活用型特定研究開発推進事業課題「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」（代表：千葉大学松元亮治教授）の研究開発として作成中の天体とスペースプラズマのシミュレーション基本課題集を使用する予定です。天体シミュレーションは、点源爆発、太陽フレア、降着流とジェット等の（磁気）流体現象に適用可能なシミュレーションコードと、初期条件、推奨パラメータセット、課題解説などを集めたものです。スペースプラズマシミュレーションは、太陽地球系物理学における磁気圏電離圏熱圏構造を扱うMHD/流体コード、境界層の輸送現象やプラズマシートでの磁気リコネクションを扱うハイブリッドコード、プラズマ波動の非線形現象を運動論的に扱う粒子コードの基本的な利用方法と課題解説などを集めたものです。これらの教材を用いて、実際の研究にも適用できる実践的なシミュレーション実習を行うことを目指しています。意欲ある大学院生、若手研究者の参加を歓迎します。更に、本サマースクールでは、天体とスペースプラズマのシミュレーショングループが合同して開催しますので、専門家が自分の専門外のシミュレーションを学ぶために参加するのも歓迎します。

## 名古屋大学東山キャンパスへのご案内



名古屋大学・情報メディア教育センター(東山キャンパス)

住所:名古屋市千種区不老町

JR名古屋駅からのアクセス : 地下鉄東山線に乗り換え、

\* 「本山」駅下車(3または4番出口へ)の場合

・ 徒歩 15 分 または、

・ 市バス「本山」停留所にて「島田住宅」「平針住宅」行きに乗車、  
「名古屋大学前」下車

\* 「東山公園」下車の場合

・ 徒歩 20 分

# 名古屋大学東山キャンパス



## 連絡事項・注意事項

本サマースクールでは名古屋大学情報メディア教育センターと情報連携基盤センターを会場として天体とスペースプラズマのシミュレーションの講義と実習を行います。シミュレーションの教材としては、科学技術振興事業団( J S T )計算科学技術活用型特定研究開発推進事業課題「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」(代表：千葉大学松元亮治教授)の研究開発として作成中の天体とスペースプラズマのシミュレーション基本課題集を使用します。天体シミュレーションは、点源爆発、太陽フレア、降着流とジェット等の(磁気流体現象に適用可能なシミュレーションコードと、初期条件、推奨パラメータセット、課題解説などを集めたものです。スペースプラズマシミュレーションは、太陽地球系物理学における磁気圏電離圏熱圏構造を扱うMHD/流体コード、境界層の輸送現象やプラズマシートでの磁気リコネクションを扱うハイブリッドコード、プラズマ波動の非線形現象を運動論的に扱う粒子コードの基本的な利用方法と課題解説などを集めたものです。これらの教材を用いて、実際の研究にも適用できる実践的なシミュレーション実習を行います。

(1) 初日(9月9日)は12時に受付を開始し、午後1時に開講します。第2日目からは午前9時30分から講義を行います。名古屋大学情報メディア教育センターの実習室の計算機端末は午前9時から午後9時30分まで使用できます。サーバ計算機は名古屋大学情報メディア教育センターのメインサーバAP3000とファイルサーバS-7/7000など及び名古屋大学情報連携基盤センターのスーパーコンピュータ Fujitsu VPP5000 の2PE です。

(2) 実習室(C、E教室)の自習時間は、午後9時30分までです。午後9時30分には、実習室を退出してもらいます。時間厳守にご協力下さい。

(3) サマースクールの期間中は、名古屋大学では学部学生の定期試験中です。そのことを考慮しての行動をお願いします。

(4) 計算機実習室と端末室は飲食禁止で、飲食物の持ち込みも禁止されています(C、E教室と716号サテラボ)。飲食は控え室(715室)などの普通の教室でお願いします。

(5) [ 宿舎 ]名古屋学生青年センター(名古屋大学の南門の直ぐ前にある施設)和室8畳1部屋、9畳2部屋、16畳1部屋(相部屋で30人まで)、風呂と手洗いは共同、門限無し(会場から徒歩3分、最大30人、宿泊費約3000-4000円)宿泊費は使用人数に対しての室料となるので、1部屋の使用人数によって異なります。

宿泊には、男性23名4部屋使用、女性3名1部屋使用の予定、昼間は、男性と女性各1部屋使用の予定。

(6) 何か分からないことがあったり、何か問題が生じたら、組織委員が実行委員にすぐに連絡して下さい。



## スケジュール

### 第1日目(9/9)

	講義・実習内容		担当者	使用教室
12:00-13:00	受付			
13:30-13:40	全体講義	イントロダクション	松元、松本	711
13:40-14:40	全体講義	差分法の基礎：スカラーアドベクション、数値安定性など	松元	711
14:40-15:10	全体講義	講義と実習について、端末の利用説明	荻野、 センター職員	711
15:30-17:30	全体実習	差分法の実習：数値安定性	松元、福田	C, E
17:30-21:30	自習			C, E

### 第2日目(9/10)

	講義・実習内容		担当者	使用教室
9:30-10:30	全体講義	システム方程式の解法：衝撃波など	富阪	716
10:30-12:00	全体講義	テスト粒子解析・PIC法概説	大村	716
13:30-14:30	全体実習	テスト粒子解析実習	臼井、杉山	C, E
		衝撃波管実習	柴田、横山	
15:30-17:30	MHD実習	磁気流体1次元基本課題 応用課題の提示、解説	柴田、横山、 課題出題者	C
15:30-17:30	粒子実習	電磁粒子シミュレーション法概説及び 熱平衡プラズマシミュレーション実習	大村、臼井、 村田、岡田	E
		WEBベースシミュレーションの紹介	臼井、杉山	
17:30-21:30	自習			C, E

### 第3日目(9/11)

	講義・実習内容		担当者	使用教室
9:30-12:00	MHD講義	流体および磁気流体力学方程式の風上差分	花輪	711
		CIP法	尾形	
9:30-12:00	粒子実習	粒子モデル基本課題(1) 電子ビーム不安定性	大村、臼井、 村田	E
13:30-17:30	MHD実習	磁気流体2次元基本課題	福田、横山	C
13:30-17:30	粒子実習	粒子モデル基本課題(2) イオンビーム不安定性	臼井、杉山、 大村	E
		Hybridシミュレーション法概説	杉山、藤本	
17:30-21:30	自習			C, E



第4日目(9/12)

	講義・実習内容		担当者	使用教室
9:30-12:00	MHD 講義	MHD による領域間結合問題の解法	田中	701
		3次元 MHD：並列化と可視化	荻野	
9:30-12:00	粒子実習	粒子モデル基本課題(3) 衝撃波現象	杉山、藤本	E
13:30-17:30	MHD 実習	応用課題	出題者	C
13:30-17:30	粒子実習	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	E
		非一様空間格子幅・時間ステップ幅および衝突効果	寺田	
		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	
17:30-21:30	自習			C, E

第5日目(9/13)

	講義・実習内容		担当者	使用教室
9:30-12:00	課題発表準備			711、716、 C、E
13:30-17:30	課題発表会			711

## 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 使用教室

### 工学研究科・工学部 7号館

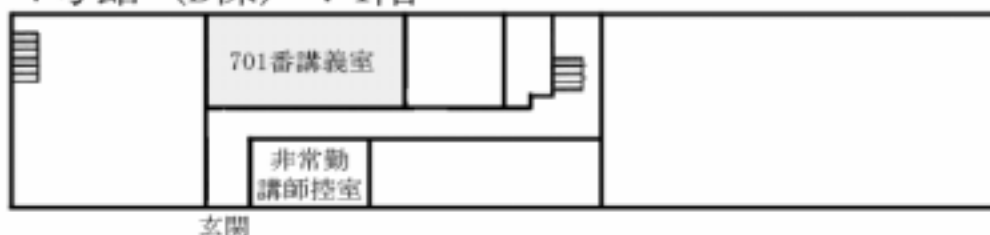
	9 / 9 (月)	9 / 10 (火)	9 / 11 (水)	9 / 12 (木)	9 / 13 (金)
701 番(154 人)	×	×	×		×
711 番(150 人)	全体講義	×		×	全体講義
715 番(48 人)	控室	控室	控室	控室	控室
716 番サテラボ (110 人)		全体講義	×		

### メディア教育センター（工学研究科・工学部 7号館）

	9 / 9 (月)	9 / 10 (火)	9 / 11 (水)	9 / 12 (木)	9 / 13 (金)
端末室 C(65 人)	実習室 1	実習室 1	実習室 1	実習室 1	実習室 1
端末室 E(50 人)	実習室 2	実習室 2	実習室 2	実習室 2	実習室 2

### 工学部 7号館教室等配置図

#### 7号館（B棟）：1階



#### 7号館（B棟）：2階



#### 7号館（B棟）：4階

