

Asian Winter School on Numerical Astrophysics 開催について

富 阪 幸 治

〈国立天文台理論研究部, 総合研究大学院大学物理科学研究科 〒181-8588 東京都三鷹市大沢 2-21-1〉

e-mail: tomisaka@th.nao.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

花 輪 知 幸

〈千葉大学先進科学研究教育センター 〒263-8522 千葉市稲毛区弥生町 1-33〉

e-mail: hanawa@cfs.chiba-u.ac.jp

2006年3月13日(月)から17日(金)の5日間、千葉大学総合校舎A号棟において標記のウィンタースクールを開催しました。3月開催でウィンタースクールなのは、総合研究大学院大学が主催した Fusion Science, Space and Astronautical Science, Molecular Science についてのウィンタースクールと合わせてシリーズで企画されたためです。Fusion Science (土岐) と Space and Astronautical Science (相模原) は12月に、Molecular Science (岡崎) については2月にと、本当の冬に開催されました。3月開催になりましたが、私の Numerical Astrophysics も初日の気温は冬でした。

シリーズの一つとして開催された本ウィンタースクールですが、他の三つにはない特徴がありました。他の三つは総合研究大学院大学の単独開催でしたが、本ウィンタースクールは千葉大学大学院自然科学研究科との合同開催でした。会場が総合研究大学院大学の外であったのも本ウィンタースクールだけでした。あとで詳しく述べるように、いろいろな機関から講師を集めたのも特徴でした。また講義のほかに実習が多く組み込まれていたのも、他にない特徴でした。またいろいろな国から参加があったのも特色でしょう。受講生は総勢41名で、在日中の留学生4名も含めると日本人以外が20名、出身は中国、韓国、台湾、イン

ドネシア、インドなどと多彩でした。

スクールの前半は(磁気)流体力学シミュレーションの基礎を理解する講義と実習が中心で、後半は天体物理学の問題を実地で解いてみる応用課題が中心でした。これらの内容は2000年から国立天文台や千葉大学で開催してきた数値シミュレーションサマースクールとほぼ同じです。毎年開催してきたサマースクールを2005年はお休みしたので、新規のウィンタースクールというよりはサマースクールの模様替えといったほうが適切かもしれません。

シミュレーションの基礎についての講義は富阪と花輪が担当しました(写真1, 2)。この部分については月曜から水曜の3日間、1時間ずつ2回を割り当てました(表1参照)。初日の2回は、差分法の基礎と1次元波動方程式の数値解法、中日の2回は1次元の流体力学方程式の微分方程式としての性質とそれに基づく数値解法、最後日の2回は数値解の精密化と多次元の流体および磁気流体への応用を講義しました。この6回の講義で、数値解法の初歩から始めて、時間空間ともに2次精度で(磁気)流体力学方程式を解くところまでを解説しています。完全に理解してもらえれば、3次元の流体力学方程式を2次精度で解くためのコードを自作できるところまでいくはずですが、

表1 ウィンタースクールの時間割.

[Mar. 13, 2006]	
10 : 00	Registration
11 : 00-11 : 20	Welcome Address (K. Tomisaka)
11 : 20-12 : 20	Introductory Review (K. Shibata)
Lunch	
13 : 30-15 : 15	[Lecture] Finite difference methods for 1D scalar equation (K. Tomisaka)
15 : 30-17 : 30	Introduction to the computer system at Chiba University (T. Yokoyama and R. Matsumoto)
	[Laboratory Work] 1D scalar advection
18 : 00-20 : 00	Welcome Party
[Mar. 14, 2006]	
9 : 00-10 : 45	[Lecture] Finite difference methods for nonlinear wave equation (T. Hanawa)
	[Lecture] Upwind scheme for the hydrodynamical equations (T. Hanawa)
11 : 00-12 : 00	[Topical Lecture] Hydrodynamic modeling of the ISM in galactic disks and galactic central regions (K. Wada)
Lunch	
13 : 30-16 : 30	[Laboratory Work] 1D shock tube problem
	[Laboratory Work] Basic exercises using the Coordinated Astronomical Numerical Software (CANS)
16 : 30-17 : 00	Introduction to the group project works
[Mar. 15, 2006]	
9 : 00-11 : 00	[Lecture] Higher-order accuracy (K. Tomisaka)
	[Lecture] Extension to multidimensional problems and MHD (T. Hanawa)
11 : 15-12 : 00	[Lecture] Introduction to vector/parallel computers (R. Matsumoto)
Lunch	
13 : 30-17 : 00	[Laboratory Work] Exercise on group projects
[Mar. 16, 2006]	
9 : 00-10 : 15	[Topical Lecture] Turbulence in astrophysics (D. Ryu)
10 : 30-12 : 00	[Laboratory Work] Exercise on group projects
Lunch	
13 : 30-17 : 00	[Laboratory Work] Exercise on group projects
[Mar. 17, 2006]	
9 : 00-12 : 00	Preparation for presentation
Lunch	
13 : 30-17 : 00	Presentation of the group projects

どこまで理解してもらえたかは講師にとって気になるところです。アンケートの集計結果によると、1次精度で流体力学方程式を解くコードをできるようにになったが94%、2次精度を実現する方法を理解したが71%になりました。アンケートの回収率が83%だったことを考慮しても、31名(83%)以上が1次精度のコードを自作でき、24名(59%)以上が2次精度を実現する原理が理解できたとのことなので、主催者として満足できる成果でした。実はこの何年間かサマースクールで

は2次精度を実現する方法は講義から外されていましたが、そこまで到達させるのは無理ではないかと考えていたからです。今回は少なくとも過半数が2次精度まで理解できたのですから、十分な達成度であると思います。

少し気になったのは、日本在住者の理解度が低かったのではないかとこの点です。2次精度を実現する方法が理解できたかという設問に対し、外国からの参加者は一人を除いてYesであったのに対し、留学生と日本人ではYesとNoが半々で

表2 応用課題のテーマと指導者.

1. **Cloud Collision with the Galactic Disk**
工藤哲洋 (国立天文台)
2. **Hot Gas around Moving Cluster of Galaxies**
福田尚也 (岡山理科大学),
浅井直樹 (千葉大学)
3. **Magnetic Reconnection (Stability of Craig-Henton Solution)**
岡 光夫 (京都大学), 宮腰剛広 (京都大学)
4. **Nonlinear Evolution of the Magnetic Buoyancy Instability**
野沢 恵 (茨城大学),
高橋邦生 (総合研究大学院大学)
5. **Magnetorotational Instability in Accretion Disks**
町田真美 (国立天文台), 松元亮治 (千葉大学)
6. **Relativistic Hydrodynamic/MHD Simulations**
小出眞路 (富山大学), 浅野栄治 (千葉大学)
7. **Disk Flare Model**
中村賢仁 (松江工業高等専門学校)



写真1 松元の講義.

した。予習の度合いや講義中の質問からも、理解度の差は感じられました。事前といっても3月の初めに公開したテキストですが、予習をしてきたのは外国からの参加者が大半で、日本からの参加者は予習の度合いが低かったことがアンケート結果にも現れています。予習の度合いと理解度に相関があることは疑問の余地がありません。また質問が活発だったのも外国からの参加者でした。質問のレベルは総じて高く、ディスプレイに投影された数式の間違いを指摘されることも間々ありました。レベルの高すぎる質問に困ったこともあり



写真2 質問に答える富阪, 花輪.

ました。答えられない質問ではないのですが、2日目や3日目に気づいてもらいたい話題を初日に触れられてはやりにくくなります。この種のスクールでは受講生の前提知識が異なるので、質問に応じすぎるとレベルが上がりすぎて、ついていけなくなる受講生が増えてしまいます。講義の最初あるいはテキストの冒頭で、境界条件や2次精度化は3日目の話題ですと断りをいれておくべきだったかもしれません。

初日と2日目の実習は横山央明さん(東京大学)と福田尚也さん(岡山理科大学)が中心になって担当してくれました。前回のサマースクールから今回までの間に千葉大学総合メディア基盤センターの教育用計算機システムがリプレースされたために、新システムに合うよう設定するのに手がかりました。実習には科学技術振興機構(JST)のプロジェクトで開発したCANSを用いたのですが、英語による解説が整っていなかったので、宮路茂樹さん(千葉大学)に翻訳をお願いしました。CANSの全般については花山秀和さん(東京大学)が2004年に執筆したマニュアル(「数値天文学テクニカルマニュアル第1章」)があったのでこれを英訳させて貰いました。CANSのホームページもこれを機会にずいぶん英語ページを充実させました。

初日と2日目の実習は計算機システムに慣れることと、講義内容を理解することが目的でした。



写真3 応用課題実習の様子。



写真4 発表会の様子。

アンケートによるとそのレベルは、ちょうど良いが41%，易しいが32%，ちょっと難しいが21%，難しいと無回答が一人ずつでした。平均するとやや易しめという回答結果ですが、ここでつまづいてしまうと先に進めないことを考えると、ごく適切なレベル設定だったと考えられます。回答がばらけたのは、実習にデータ解析言語 IDL による可視化が含まれていたためではないかと想像されます。受講生のうち62%がウィンタースクール以前にIDLを使った経験があるのに対し、38%は経験がありません。IDLの使用経験のある場合、実習はぐっと易しく感じられるはずですが、ちなみに実習に関してのアンケートでは、海外からと日本からで特別な差異は見られませんでした。

3日目の午後からは7グループに分かれて、応用課題に取り組みました(写真3)。表2は応用課題での具体的なテーマ名と指導者の一覧です。指導者の皆さんは自分自身が近年に取り組んだ課題の中から、初心者でも取り組めるよう課題を工夫してくれました。あと一工夫すれば、十分独自の課題となるよう考えてくれた課題もありました。これまでのサマースクールでも応用課題を研究へ発展させた例があるので、今回もそのようなケースが生まれるかどうか楽しみです。金曜日午後にはグループごとに発表が行われました(写真4)。その一部についてはウィンタースクールのページ

http://yso.mtk.nao.ac.jp/winter_school/astro.html にそのプレゼンテーションが掲載されています。講義と実習のほかに、5名の講師に講義や激励の挨拶をしてもらいました。月曜日には柴田一成さん(京都大学)が **Introductory Review** という標題で天文学における数値シミュレーションの意義を多くの実例を引用しながら講演してくれました。磁気流体力学の適用範囲といった堅い話から、数値シミュレーションに対する偏見への批判、動画作成の勧め、といったいろいろな話題が紹介されました。柴田さんの講演の要旨(66頁)も上記ページに掲載されています。

火曜日には、観山正見さん(国立天文台)による主催団体の代表としてのご挨拶と和田桂一さん(国立天文台)による銀河の数値シミュレーションについての講義がありました。観山さんの挨拶は、ウィンタースクールへの歓迎というより、数値シミュレーションを志したことへの激励といった内容でした。和田さんは、自己重力や加熱と冷却など、基礎の講義では扱えないテーマについて実例を挙げながら講義してくれました。

水曜日は松元が高速計算の入門として、ベクトル計算および並列計算の原理と実際的な利用について講義しました。応用課題の一部はベクトル型並列計算機を利用したので、この講義はそのための準備という意味もありました。ちなみに参加者



写真5 D. Ryuさんの講義。

の62%にとって、スーパーコンピューターの利用は今回が初めてでした。

木曜日には韓国忠南大の Dongsu Ryu さんに乱流の数値シミュレーションとその物理について講義してもらいました（写真5）。今回は Ryu さんだけになってしまったのですが、Asian と銘打っているので日本人以外の講義をもう少し増やしたかったところです。

懇親会は初日の夕方に生協の食堂で開きました。最初から盛り上がったのが良かったのか、参加者のパーソナリティーなのか、最初から明るいウィンタースクールでした。日本人参加者からは英語での聞き取りがづらいという声もありましたが、英語で立派にプレゼンテーションした日本人参加者もあり、たまには日本人同士が英語で会話する機会も良い訓練ではないでしょうか。聞き取りにくかったのは、講師の英語らしきもののせいかもしれません。講師にとっても1時間も英語で講義・講演する機会は少ないのですから、良い訓練の機会でもあります。

自画自賛かもしれませんが、今回の開催で良かったのは、海外の研究者から協力が得られたことです。講師も勤めてくれた Dongsu Ryu さんをはじめ中国、韓国、台湾の研究者が、今回のウィンタースクールに適切な候補者を推薦してくれました。なかには推薦者を推薦参加してくれた方もい

ましたので、今回の受講生は「友達輪」で集まった形です。アンケートでも、海外からの受講生中13人(87%)は指導教官の紹介でこのウィンタースクールを知ったという集計になっています。国内でも指導教官の紹介は半分ですが、ウェブで知ったのは全体でわずか4名です。初心者を集めるという目的からすると、やはり指導教官への働きかけが重要です。当初は受講生が集まるだろうか、集まったとしても意欲や理解力は期待できるだろうかと心配していたのですが、幸いに杞憂に終わりました。今年11月には韓国で東アジアを対象とした数値シミュレーションのワークショップが開かれる予定ですが、今回の受講生を含め、友達輪がさらに広がることを期待しています。

サマースクールの経験があったので多少は準備が楽かとも思ったのですが、なかなか用意は手がかかりました。こちらは甘く考えすぎていました。マニュアルを合わせるとテキストはA4判で110頁にもなったので、これを英語でそろえるのは相当に手がかかりました。全くの書き下ろしではないのですが、量があると書くのはたいへんです。気にしないといった著者もいましたが、教科書と銘打つのですからあまり変な英語は書けません。この数年、サマースクールのテキストは日本語でかつ小改訂だったのに対し、今回は内容も改訂したので書き下ろしに近かったこともあります。申込締切を1月10日と遅めに設定したので、参加者の事務手続きを担当していただいた泉塩子さん(国立天文台)と川嶋恵理さん(千葉大学)には負担をかけました。国際会議につきもののトラブルは今回もあったのですが、大きな問題にもならず解決していただきました。

最後になりましたが、講義・実習のシステムと会場を提供していただいた、千葉大学総合メディア基盤センターおよび普遍教育実施係にお礼を述べます。また応用課題実習のために Fujitsu VPP 5000 を利用させてくださった国立天文台・天文学データ解析計算センターにもお礼を述べます。