

イギリス・ケンブリッジでの「地球環境流体力学 夏の学校1999」に参加して*

田口正和**

1. はじめに—概要—

1999年9月13日から24日までの約二週間にわたりイギリスケンブリッジ大学応用数学及び理論物理学科 (Department of Applied Mathematics and Theoretical Physics, 略して DAMTP) において、地球環境流体力学夏の学校1999 (9th National Summer School Geophysical and Environmental Fluid Dynamics 1999) が開催された。今回日本から参加した筆者が、その概要・印象などを報告する。

この夏の学校の目的は、流体力学の基礎とその応用として特に気象力学を含む地球流体力学と環境流体力学の手ほどきをすることにあると謳われている。プログラムは、DAMTPの教官による講義が中心であるが、招待講演者の行うセミナーの他、計算機実習・室内実験も用意されている。スクール中のスケジュールはかなりハードで、午前中に講義が2本(1本1時間)とセミナー(90分)で、午後は一日交替で計算機実習か室内実験(2~3時間程度)の後、さらに講義が1, 2本ある。これが週末を除き二週間毎日続く。

参加したのは、博士課程の学生からいわゆるポストドク程度の若手研究者を中心に50名ほどで、専門は、純粋な流体力学から、気象学・海洋学などの地球流体力学まで広い分野に渡っていた。国別では、イギリスからの参加が半分以上を占め、次いでイギリス以外のヨーロッパからと、他にカナダ・アメリカなどからの参加も少しあった。

2. 講義とセミナー

講義はDAMTPの6人の教官が担当した; M.

* Report on the GEFD Summer School 1999 in Cambridge.

** Masakazu Taguchi, 京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻.

© 2000 日本気象学会

McIntyre (流体力学の基礎), H. Huppert (地質流体力学), P. Linden (小規模の流体の室内実験), C. Garrett (海洋中の力学過程全般), P. Haynes (大気海洋中の大規模力学), M. Worster (対流と凝固). 講義の雰囲気は、いつでも学生の質問が歓迎されるなどどれも親切で活発なもので、どの教官も生き生きと講義をするのが印象的であった。

McIntyreの講義は、「流体力学はなぜ今なお challenging か?」という堂々とした題目に始まり、「移流」「拡散」といった基礎的な概念から二次元渦の力学・ロスビー波などまでを扱った。たとえば「移流」の項では、pure strain・random strainの説明と計算機を用いたデモに始まり、strainの概念が気象学の分野でも古くから考えられていたこと、さらにそれが最近の成層圏の物質混合の研究に応用されていることが話された。このような彼の講義を聞いて、流体力学の基礎原理がMcIntyreらの最近の研究に応用されていることが分かった。逆に言えば、McIntyreらのグループが後に続くひとを呼ぶような先駆的研究ができるのは、流体の本質的な原理原則が彼らの芯にまで浸透している裏付けがあるからだと思った。

Haynesは、大規模気象力学の基礎と応用について講義した。まず浅水波モデルで回転・成層の効果を概観した後、準地衡風近似方程式系の導出と応用、ポテンシャル渦度の重要性などを話した。さらに、ロスビー波、順圧・傾圧不安定、波動-平均流相互作用などの地球流体特有の現象や概念を講義した。これらの内容は、標準的な地球流体力学・気象力学のテキストに見られる部分もあったが、教科書には陽に書かれていない解釈の仕方や最近の研究成果が取り入れられた部分もあった。

セミナーでは、ケンブリッジ大学以外の大学あるいは研究機関から招待された5人がそれぞれの最近の研究成果について話した; L. Armi (スクリプス海洋研

究所, 地形の上を吹く成層流), G. Craig (レディング大学, 大気中の湿潤対流), H. Dijkstra (ユトレヒト大学, 海洋循環の安定性と変動), J. McGlade (プリマス海洋研究所, 大気海洋交換における生物の役割), G. Parker (ミネソタ大学, 河川の力学). このように招待講演も地球流体力学の広い分野にわたっている.

3. 計算機実習と室内実験

計算機実習の内容は主に McIntyre と Haynes の講義に対応していて, 相互に参照できるよう工夫されている. メニューは, 「移流と拡散(一次元移流拡散方程式)」、「渦点(いくつか渦点を置いて時間発展を見る)」他の多くの二次元渦の問題などの基本的なものから「シア不安定」「線型ロスビー波(ベータチャンネル内)」などまで, 大小合わせて18個からなる. 毎回はじめに実験助手(demonstrator)による説明とデモがあるが, 基本的にテキストに従って各人で進めることになっている. まずその日のテーマについて問題設定を理解し, 簡単なパラメータで数値モデルの動かし方を修得する. その後, テキストの勧めるいくつかの実験パラメータで計算を行い, 提起されている疑問を自分で納得したと思ったら次に進むようになっていて, 一日数テーマ進むのが目標である. 特に興味を持った問題については, demonstrator と詳しく議論できる. この実習では自分の手を動かして流れの場などを実際に見たりパラメータをふったりできるので, 講義で話を聞くだけより教育効果が高いと思った. だが, テキストで網羅された内容に対して実習時間が少なくやり残した部分があるのがもったいなかったし, また繰り返し使えるよう手元におきたいと思ったが, 公表する予定はないというのが残念であった.

室内実験は Linden の講義などに対応しており, 「密度境界を横切るエントレイメント」「二重拡散対流(ソルトフィンガー)」など非回転系の流体実験が多く, 全部で8つの実験が用意されていた. 実験は3, 4人のグループで行う. 実験のセッティングは前もってほぼ完全になされているかテキストのとおりによればできるので, スクール生は細かい設定や可視化などに凝ることはほとんど必要ない. むしろ実験中に現われる変化をよく観察し, 講義を応用してその力学などを考察することが重視されている.

最終日には, 教官や demonstrator も含めた議論の場が設けられた. 各グループが, 計算機実習と室内実験のそれぞれからひとつずつのテーマについて結果や

解釈などの発表を行った.

4. ポスター発表

参加者は自分の研究についてのポスターを DAMTP のティールームに掲示し, 講義の合間などに参加者や教官と議論することができる. 参加者の多くが持参したポスターも多岐の分野に渡っており, その詳細は割愛するが, 「ベストポスター賞」に匹敵するカラフルなものが多く見られた.

筆者も「簡略化した全球循環モデルにおける対流圏-成層圏力学結合をととした冬季成層圏の内部変動」のタイトルのポスターを掲示した. 対流圏・成層圏を含むメカニスティックモデルで地形の振幅をふったパラメータ実験の結果から, 山の高さに依存して強制プラネタリー波の様相が異なることから, 冬季成層圏循環及びその対流圏循環との結合が遷移することを示した. 成層圏だけのモデルで同様の研究をすでに行っている Haynes には, 対流圏をモデルに含む意味を訊ねられた. そのときはうまく答えられたか定かではないが, 成層圏と対流圏の双方向の結合を陽に考えるのがこの発表のポイントであった. この数値実験では, 対流圏での間欠的なプラネタリー波増幅が成層圏の変動を引き起こす場合ももちろん見られるが, そうでない場合もある. 一方, 突然昇温のような成層圏の大きな変動の影響が対流圏に及ぶ事例も確認されている. 成層圏と対流圏の変動がいろいろな時間スケールでどうつながっているかは, 今後明らかにしなければならない重要な問題と筆者は思っている. いずれにせよ, 彼が話を熱心に聞いてくれ, 今後の結果を期待してくれたのは今後の励みになった.

5. おわりに

この夏の学校は日本から遠く離れたイギリスで開催されたが, McIntyre らの錚々たる顔ぶれの教官らから流体力学の醍醐味を学べたのはとても有益であった. また, DAMTP の教官(ディナーやパブで一緒することもしばしばあった)や同世代の自然科学者(の卵)といろいろ話をする中で, ためになることもあったし, 仲のよい友人もできた. 特に, 日本人以外の同じ道を目指す人達と知り合うことのできる機会は貴重だと思う(第1図).

さらにこの夏の学校に参加する意義は, ケンブリッジがどのような街で, その研究者・学生がどのような環境で研究をしているかを知り, それを實踐できる



第1図 週末のバーベキュー会にて、写真は Beate Sändig 氏の好意による（第2図も）。

ことにもあったと思う。カレッジの立ち並ぶケンブリッジの街並みは調和がとれてとても美しく（第2図）、都会の喧騒から離れとても落ち着いた雰囲気をもつ一方で、DAMTPの講義室（ティールーム・パブも含む）では生き生きと講義や議論が行なわれている。かつてケンブリッジ大学が伝統的に Rayleigh・Taylor などの流体力学の大家を輩出したこと、そして現在も DAMTP の McIntyre・Haynes らのグループが成層圏研究をリードしていることは、この街の雰囲気と無関係ではないと思う。

最後に、この夏の学校に参加する機会を与えて頂きました京都大学大学院理学研究科の余田成男先生、廣田勇先生にお礼申し上げます。



第2図 DAMTP 前の風景。

尚、本スクールへの参加にあたり、日本気象学会国際学術交流委員会より旅費の一部を援助していただきました。ここに記して、謝意を表わします。

第17回井上學術賞の受賞候補者推薦募集

1. 候補者の対象：

自然科学の基礎的研究で特に顕著な業績をあげた研究者。2000年9月20日現在で50歳未満であること。

2. 表彰の内容：

賞状および金メダル、副賞として200万円。授賞件数は全体で5件以内。

この賞の応募には学会の推薦が必要です。日本気象

学会では、7月ごろに「学会外各賞推薦委員会」を開催して推薦者を選考する予定です。その際の参考にするため、推薦するにふさわしい方をご存じでしたら、簡単な推薦理由を添えて2000年6月30日までに下記あてお知らせ下さい。

連絡先：〒100-0004 東京都千代田区大手町1-3-4
気象庁内 日本気象学会
学会外各賞候補者推薦委員会