

フランスでの NATO 夏の学校「地球の気候と その変動のモデリング」に参加して*

羽 角 博 康^{*1}・榎 本 剛^{*2}

1. 概要

筆者らの参加した気候に関する夏の学校 Modeling the Earth's Climate and its Variability について報告する。この夏の学校は、米国大気研究センター (NCAR) の W. R. Holland とフランス気候・環境モデリング研究所 (LMCE) の S. Joussaume が中心となって企画し、北大西洋条約機構 (NATO) の後援を得て実施されたものである。場所はフランス・Les Houches の山中にあるセミナー施設で、期間は1997年7月1日から25日までであった。Les Houches は、モンブラン観光の拠点として知られている Chamonix にほど近い小さな町である (写真1)。

テーマは、気象、海洋、古気候と気候学全般に渡り、講師の研究手法も観測、モデリング、理論と様々であり、気候学全体を見渡すことのできるように組まれていた。参加したのは、博士課程の学生、博士号取得者 (いわゆる「ポスドク」)、若手の研究者である。NATO 加盟国からの参加が中心であったが、東欧やロシア、イスラエル、日本からの参加もあった。米国の機関からの参加者として、中国やブラジル出身の者もいた。イスラエルからの参加者は、東京大学大学院理学系研究科で修士号を取得した H. Gildor である。

プログラムは、一般講義 (写真2)、特別講義及び参加者によるセミナーとポスター・セッションからなっていた。一般講義は、E. Rasmusson (観測された気候システム)、L. Bengtsson (大気モデリングと気候変動)、P. Delecluse (海洋モデリングと気候変動における海の役割)、J. -C. Duplessy (過去の気候変動と気候



写真1 講義棟前からシャモニ・モンブランの谷を望む。

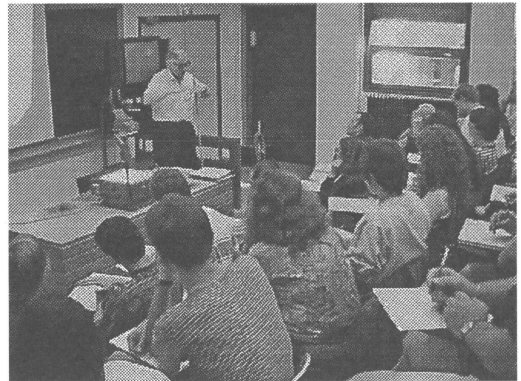


写真2 講義の様子。

変動のメカニズム)、T. J. Crowley (長期の気候変動のモデリング) の5人の講師が担当した。特別講義は、W. Broecker, J. -F. Minster, M. Ghil, W. R. Holland, S. Joussaume, S. Manabe の6名によって行なわれた。そうそうたる講師陣ではあるが、学生が講師に呼び掛けるときもファーストネームを使う大変うち解けた雰囲気だった。また、講師が滞在して自分以外の講

* Report of the NATO Summer School on Modeling the Earth's Climate and its Variability.

^{*1} Hiroyasu Hasumi, 東京大学気候システム研究センター。

^{*2} Takeshi Enomoto, 東京大学大学院理学系研究科。

© 1998 日本気象学会

義に出席して議論するところを聞けたり、課外で学生の質問を受け付けてもらえたりしたのが、この夏の学校の特長であった。

2. 一般講義

Rasmusson は、NCEP の再解析データに基づいて、観測された大気大循環について講義した。気候の変動を知るためには、まず通常の季節進行のメカニズムを知ることが重要だとして、その話題から講義を始め、大循環研究の歴史に触れながら、季節内変動やエルニーニョ、陸面過程、北大西洋振動へと論をすすめた。エルニーニョについては、83~84年のエルニーニョに関連づけられている一連の災害の新聞記事などを引いて、社会的な影響の大きさを強調していた。

Bengtsson は、AGCM (大気大循環モデル) の原理をていねいに解説した後、パラメタリゼーション、データ同化、結合モデル、フラックス調節 (flux adjustment) など現在の気候モデルに用いられている重要な技術について紹介した。モデルの有用性を示すために、モデルに見られる長周期変動と観測との比較をしたり、高解像度モデルによる気候変動の局地的な影響の評価の例を見せたりした。また、「数値モデルの将来」と題した故 Jule G. Charney の1982年の講演の録音を聞かせて、Charney が予見したことをどこまで実現したかを検討した。そして、多くのことが現在の気候モデルに実現されており、さらなる精密化が可能であるとの見方を示した。

Duplessy は、地球化学的、古微生物学的手法を用いた古海洋学の講義をした。海底堆積物中の生物相や酸素同位体比などを用いた過去の海面水温・塩分の見積り方、および炭素同位体比を用いた年代決定法などを紹介し、LGM (最終氷期の最盛期) の海面水温の再現について講義した。最後に Younger-Dryas event と呼ばれる過去の急速な気候変動のきっかけとなった氷床の融氷水は、一般に言われているセントローレンス川ではなく、マッケンジー川を通ったのではないかという説を海底堆積物から得られるデータを根拠に提唱した。

Crowley の講義は、陸面過程を含む気候モデルを用いた LGM のシミュレーションの結果に関連した、モデルの気候感度や氷河期における熱帯の海面水温や断熱減率の話題から始まった。シミュレーションの結果を根拠にした断熱減率の議論に関し、GCM の結果を鵜呑みにすべきでないとする Broecker との間で白熱

した議論が展開された。続いて、Crowley も間接データ (プロキシ) に関する講義をした。氷床コア、木の年輪、文献史料等の記述、珊瑚など幅広いデータを取り上げた。太陽活動や火山活動、力学的な内部変動など気候変動の原因について、それぞれの相対的な影響の大きさや気候感度を検討した。その他様々な時間スケールの気候変動について取り上げた。

Delecluse は、海洋の大循環モデルの仕組みについて、海の物理的な性質からていねいに講義した。海洋モデルにとって重要な要素である空間差分や鉛直・水平の混合等の物理パラメタリゼーションについては、計算結果を示して様々なスキームを比較した。続いて、熱帯海洋の大循環やその中高緯度への影響についてモデルの結果を示しながら解説した。モデルに表現された ENSO についての話もあった。

3. 特別講義

Manabe の派手な講義は、参加者に好評を博した。2回の講義のうち、最初の講義では、まず、地球温暖化予測の例を示しながら、複雑な物理過程を省略し空間分解能もあまり細かくしないモデルが、気候変動研究において有用であるということを強調した。さらに、同じモデルを用いた例として、Hasselmann による線型統計理論 (linear stochastic theory) が、観測された海面水温や塩分の変動やモデルで計算されたこれらの変動に適用できるかを解析した研究を示した。この研究は、参加者の A. Hall との共著である。2つ目の講義では、淡水の流入実験を行い、そこに現れた気候の短期間での変動と Younger-Dryas とを比較した。

Ghil は、風成循環の年々変動のメカニズムとして、浅水モデルでの多重平衡について講義した。分岐図は多く示されたが、それぞれの解に対する流れの様子はあまり示されなかった。参加者の F. Primeau は2.5層の準地衡モデルで同じテーマについて研究しているので、彼のセミナーでは、流れの様子の図も多く示され、補完する形となった。

Broecker は、間氷期がいついかにして終わるのか、温室効果気体は自然の変動をどのように変えるのかに関して議論した。モデルを好まないという Broecker はデータを用い、物理過程をよく考察することによって、知見を得ようという独特のスタイルだった。

Minster は衛星による海面高度の観測について話した後、観測された西向き位相速度を持つ強制ロスビー波とメキシコ湾流との相互作用について議論し

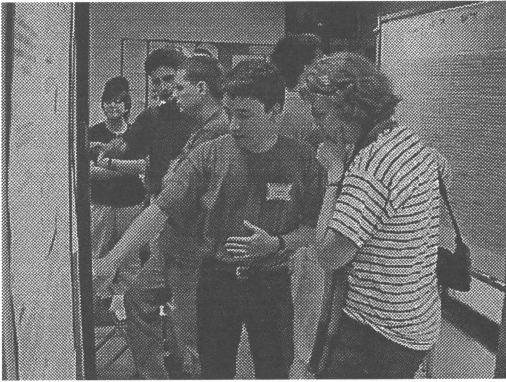


写真3 ポスターセッション。

た。データ同化の手法についても解説した。

Joussaume と Holland は、夏の学校の運営に専念するというので、講義は1回ずつだけだった。Joussaume は古気候モデル間比較プロジェクト (PMIP) を、Holland は海洋熱塩循環の変動と安定性を取り上げた。

4. 参加者の発表

主に修士修了程度の参加者はポスター(写真3)で、博士を取得した参加者はセミナーで自分の研究を紹介した。筆者の1人(羽角)はセミナーで「気候の定常状態形成における海洋の重要性」について、もう1人(榎本)はポスターで「ロスビー波の臨界緯度におけるふるまい」について発表した。セミナーやポスターの詳細は省略するが、ここに述べておきたいことは、参加者が取り組んでいるテーマは、そのまま現在、気候研究の扱う範囲、最前線に相当するだろうということである。F. Birol や A. Fischer のように現場観測や衛星観測に関わる研究、先に述べた Primeau のような理論的な力学研究、S. Harper や M. Kageyama のようにスーパーコンピュータを駆使した高解像度モデルを用いた研究、鐘乳石の成長の記録からの気候変動の再現 (S. Jayne) といった地球化学的手法に基づく研究、海水の裂け目の下で起こる海洋の鉛直対流 (M. Potts) など物理素過程に着目した研究など多岐に渡り、様々な分野からの参加があったことを示すものとなった。

5. 所感・謝辞

(羽角) 講義の内容よりも、海外の様々な国の若手研究者と直に接する機会を持てたということの方が私には印象に残った。普段は無意識のうちに「海外の研

究者=アメリカ人」と考えているところがあるが、スペインやオランダから来た研究者を目の前にすれば、おのずと考え方も改まる。いくつかの国に対しては「こんなところにも気候の研究者がいるんだなあ」という失礼な感想を抱きもした。きっと日本だって他国から見ればそんなものだろうが。

それにしてもヨーロッパ人は総じて英語が上手である。言語構造が近いから当たり前と言えそうなのだが、やはりショックを感じる。ヨーロッパ人は必ずしも学校で英語を習ったりしないそうだが、そういう人でも2~3年勉強したというだけで立派な英語を喋っている。私はどうも発音だけはきれいなようで、ネイティブスピーカーからほめられたりもするのだが、英語を何年勉強したかと聞かれて、20年くらいかなとは答えにくい。2~3年英語を勉強しただけのヨーロッパ人に、表現力では劣ってしまいかねないのだから。

英語コンプレックスもあって、私はあまり積極的に人に話かける方ではなかったが、1か月の滞在中には多くの参加者と何かしら話をし、仲の良い友人もできた。こうしたことは長期の合宿形式のセミナーであったおかげだと思う。当初はあまり参加することに乗り気ではなかったのだが、今では参加して本当に良かったと感じている。こうしたセミナーがまた開催される場合には、積極的に参加することを日本の若手研究者の方々にお勧めしたい。

最後に、このセミナーに参加する機会を与えて下さった Holland 氏と東京大学気候システム研究センターの杉ノ原先生・住先生にこの場を借りてお礼を申し上げます。

(榎本) あまり詳しくなかった気候に関して、体系だてて勉強できたことは有益だった。とりわけ、Duplessy や Ghil, Manabe の講義は、手法こそ全く異なるがストーリーがあり、科学の醍醐味を感じることができた。様々な分野の講師や参加者と議論する機会を得たことも有益であった。英語でのポスター発表は初めてだったので、表現力の不足を感じた。同時に、研究者は、テーマを見つけるところから成果の発表まで一貫してやらなくてはならないことを肌で認識した。これは、マーケティングから営業までひとりですることに対応するから大変なことである。しかし、分業が徹底し疎外感に満ちている現代社会においては、個人が主体性を保ちうる希有な仕事であると思うと、研究が続けられることに感謝の気持ちを抱かずにはいられない。ちなみに、「ニンジャ」と呼ばれていた羽角さん

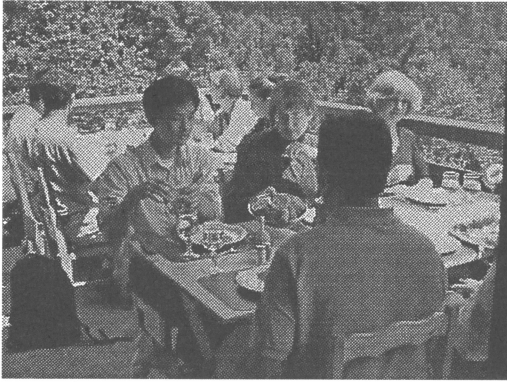


写真4 晴れた日にはテラスで昼食。

のセミナーは、分かりやすかったと好評だった。

この夏の学校に参加して良かったことは、講義やセミナー以外の時間にもある。この夏の学校は、三食昼寝付だったのである(写真4)。昼と夜は前菜とメインの後に、チーズ、デザート、コーヒーがあった。講義

は、午前中2つと夕方に1つで、午後は文字どおり昼寝も可能だったが、晴れた日にはジョギング、サイクリング、ハイキングなどをして楽しんだ。週末には観光をしたが、とくに印象が強いのは、モンブランである。富士山より高い所まで登山をせずにケーブルカーでたどり着ける。途中、標高約2,000 mのところから、フランス最大の氷河、メール・ド・グラス (La Mer de Glace) までのゆっくりと下るだけの道があり、特別な装備がなくても高山ハイキングの気分が味わえる。私は鳥になったように感じた。

気候を専門にしている方が大勢いらっしゃるのを差し置いて、参加の機会をいただいたのは申し訳ないのだが、日本でもこのような学校が開催されて、より多くの方に参加の機会が拡がることを願っておおびに代えたいと思う。最後に、推薦をして下さった東京大学理学部の山形先生、松田先生にこの紙面を借りてお礼申し上げる。



一覧表

第6回大気科学と大気質への応用 (ASAAQ) 国際会議開催のお知らせ	170
第17回日本自然災害学会学術講演会の開催について	186
国際宇宙ステーション搭乗「宇宙飛行士」募集	224