

## 大気力学京都国際セミナーの報告\*

廣田 勇\*\*・向川 均\*\*\*・鬼頭昭雄\*\*\*\*

去る1986年7月30日から8月2日の4日間にわたり、日本学術振興会国際研究集会「モデルによる大規模気象過程の研究に関するセミナー」が京大会館で開催された。

このセミナーの主旨は、引き続いて8月上旬に気象庁で開かれたWMO/IUGG数値予報国際シンポジウムに諸外国から大勢の数値モデル関連研究者が来日する機会を利用し、数値予報には直接関係しない、より基礎的な大気力学の諸問題を自由に討論することにあつた。

過去に2回(1960, 1968)東京で開かれた数値予報国際シンポジウムの頃までは、計算スキームのみならず、その対象となる主題が同時に大気力学や大循環そのものの研究であつたが、昨今はルーチン予報システムの技術が急速に進展したためもあつて、大学等における気象学研究と予報現場との距離が大きく開いてきていると言わざるを得ない。

今回の京都セミナーでは、そのような現状認識をふまえ、特に我が国の若手研究者(含大学院生)に国際レベルでの発表の場を提供し、そこから更に新しい問題意識を發展させてゆくことを狙ひとした。

セミナー開催に当たっては、組織委員長の松野太郎教授(東大)の御尽力により、日本学術振興会以外にも鹿島科学財団と東レ科学振興会からの基金援助が得られ、米・英・瑞西・中・韓の諸外国から計11名の第一線研究者を招待することができた。参加者総数は当初の予定を大幅に上まわる64名に達し、講演数は飛び入りも含めて40件の多きを数えた。

以下にその内容の概略と感想を記す(I.H.)

## 1. 波動と不安定性

不安定性という概念は、傾圧波力学の基礎としての地

位を既に得ているが、最近、この概念を他の大規模現象に適用する新しい研究が始まっている。このセミナーでも、Pierrehumbert (GFDL) は、Storm-track や teleconnection pattern における擾乱の空間パターンの説明に空間不安定 (spatial instability) を適用した。これは、一定の振動数を持つ強制に対しどのような擾乱が下流で増幅するかという問題である。また、向川(京大理)は、地形性不安定が地球規模運動に対し傾圧波とは全く異なる作用を持つことを示し、その重要性を示唆した。Arakawa (UCLA) は、GCM で Lorenz type の鉛直差分を用いた場合に生ずる偽の不安定モードは、上下端の境界条件を工夫することで除去しうることを示した。また、浅水方程式における不安定性について、Zeng (IAP, 中国) は保存量を用いて一般論を展開した。

波動に関する発表では、normal mode Rossby wave に関する観測・モデル研究：廣岡(京大理)、Wu・宮原(九大理)、成層圏における多重平衡解の研究：和方(九大理)、QBO のモデル研究：高橋(九大理)、吉沢・田中(名大水圏)が印象に残った。normal mode の存在は、衛星観測で明瞭になったが、その発生源の解明が必要である。和方は、成層圏準平均場が、南北加差の年変化に伴う定常解の履歴現象で説明できることを初めて示した。次は、minor warming 等の時間変動現象と分岐現象(Hopf 分岐)との関連が問題である。QBO は、Lindzen and Holton (1968) 以来、赤道波—平均流相互作用として認識され、そのモデルも精緻になって来た。しかし、高橋や吉沢のモデルにおいてもなお、現実のQBOのいくつかの特徴を表現していない。このことは、赤道波以外に中緯度 Rossby 波の作用が重要であることを示唆している。この方面での観測・モデル研究も必要である。

## 2. 熱帯循環と低周波変動

熱帯における30~60日周期変動は、現在、日本の気象学会で最も hot な領域である。今回のセミナーでは、そのメカニズムに迫る発表があつた。林(東大理)は、こ

\* Report of "Seminar on studies of large-scale atmospheric processes by use of models".

\*\* Isamu Hirota, \*\*\* Hitoshi Mukougawa, 京都大学理学部地球物理学教室。

\*\*\*\* Akio Kitoh, 気象研究所予報研究部。

の現象にとって積雲活動と大規模場の相互作用 (CISK) が本質的であることを、全球が海の GCM を用いて示した。また、Lau (GLAS) は、線型モデルで CISK 的加熱過程を導入すると、周期30日程度の東進 Kelvin 波が維持され、西進 Rossby 波は減衰することを明快に示した。一方、ENSO に関し山形(九大応力)は、大気海洋相互作用を含む簡単なモデルを提示し興味をひいた。その他、Lindzen (MIT) は、簡単な子午面モデルで熱源を赤道から離して置くと、現実の Hadley 循環の両半球非対称性をうまく表現できると報告した。また、Kasahara (NCAR) は、衛星画像データが熱帯域発散風の観測精度向上に役立つことを示した。

一方、blocking, teleconnection pattern で代表される中緯度低周波変動に対しても、GCM を用いた興味ある発表があった。Kang (SNU, 韓国) は、熱帯域の SST を climatological に年変動させた場合と、観測値に基づく変動をさせた場合を比較して、中緯度月平均場の変動が ENSO に対応するモードと対応しない中緯度大気自身で生ずるモードに分解できることを示した。また、Miyakoda (GFDL) は、中緯度におけるこのような変動が単に熱帯域の強制に対する線型定常応答ではなく、中緯度大気自身の非線型非定常性が重要であることを発表した。Charney and DeVore (1979) 以来の安定多重定常解理論が一時の輝きを失った今、非線型非定常現象に対する理解が益々重要になることをこれらの研究は示している。

### 3. 総観規模・中小規模現象

均一な基本場においても自発的に積雲の clustering が生ずるという中島(東大理)の発表が大変印象に残った。熱帯域の変動が時空間的に階層構造(30~60日変動・super cluster・個々の積雲)を持った一体のものであるという、中沢(気研)の OLR による解析結果からも、この基礎的研究の重要性がわかる。また、矢野(京大理)は、飛び入り発表で熱帯域の雲の形状がフラクタルであることを示した。しかし、この概念が熱帯域の力学とどのような関係にあるのかなど、その意味する所は今後の研究を待ちたい。一方、低気圧発生に関して、Davies (ETH, スイス) は山岳地形の効果を、また高藪(東大海洋)は初期擾乱の重要性を論じた。これらの研究は、低気圧発生の地理的非均一性に対する1つの解答を与えるものである。

### 4. 大気大循環と GCM

ECMWF の予報モデルを用いた研究がいくつか報告された。Hollingsworth (ECMWF) は、予報誤差の発生源を推定する方法と偏東風波動の予報可能性について発表した。control run とある領域の外部強制をとった結果とを比較することで誤差を推定する彼の方法は、はたして非線型システムであるモデルで意味があるのか疑問が残った。また、Palmer (ECMWF) は、中緯度低周波変動をよく表現するには、sub-grid scale の地形性重力波の parameterization が必要であることを示した。一方、Mahlman (GFDL) (発表は Miyakoda) は、SKYHI モデルで grid-size を小さくすると、モデル結果が現実により似ると報告した。これらの発表を聞いて、筆者は、現実大気を忠実に再現するという予報モデルの進化が必ずしも現象の理解につながっていないという印象を持った。

以上は、筆者が自分の理解した範囲で、印象に残った講演をまとめたものである。紙面・筆者の能力の関係で、他にも言及しえなかった講演も多いが、御容赦頂きたい。最後に、今回のセミナーは、筆者にとって大変大きな知的刺激となった。今後、セミナーで得た高揚感を忘れず研究を進めて行きたい。(H.M.)

### 5. GCM ユーザーから見た印象

セミナーから1カ月以上経った今でも強く印象に残っている講演は、GCM の水平解像度を上げた効果についてのものである。これに関して Miyakoda が Mahlman の GFDL-SKYHI モデルについて、また Palmer が ECMWF 予報モデルについて、それぞれ報告した。以前に Manabe *et al.* (1979) が示した R15 (スペクトルモデル, rhomboidal 波数15切断) から R30 まで解像度を上げるとモデルの“climate drift”が増した事実は、低解像度モデルがそのエラー同士の補償で見かけ上良く見えていたに過ぎないことが明らかになってきた。これに対して、ECMWF モデルでは、envelop orography と gravity wave drag の導入が climate drift を減少させるために重要であることが示され、また GFDL の 1°グリッドモデルでは重力波(もしくはそれらしきもの)が表現されるために大変もっともらしい結果が得られている。

気象研 GCM による実験からは、鬼頭(気研)が北半球夏季モンスーンのオンセットにかかわる一連のモデル大気の変動について述べ、周期約10日のケルビン波が

インド洋を通過する位相とモンスーン変動とが同位相であり、モデルのモンスーン・オンセットとも一致することを見出した。山崎（気研）はMRI・GCM-Iの12年ランから得た冬季のテレコネクション（南アジアパターン）について述べた。これは観測結果から得られている東大西洋パターンとインド付近の雨を介在してつながっており、東シナ海から太平洋へと伝播している。野田（気研）は一連の山岳除去実験から、冬季定在波の熱的および地形性起源の分離を行い、また、北半球から南半球への準定常ロスビー波の伝播についても示した。このほか、GCMを用いた研究ではGFDLモデルの実験結果（Manabe and Hahn, 1981; Lau, 1981, 1985）をEOF解析したKang（ソウル大）の話も興味深かった。

山岬（気研）は個々の対流雲を表現できるモデルによる研究の成果（Yamasaki, 1983, 1984）を基にして、メソスケールの組織化された対流を陽に表現できる3次元モデル用の積雲対流パラメタリゼーションについて発表した。最小格子間隔20kmの三重ネステッドモデルによる実験から、スパイラルバンド及び台風眼と眼をとりまく雲の壁の形成があざやかに示された。このスパイラルバンドは、これまでの3次元モデル（Anthes, 1972; Kurihara and Tuleya, 1974）によるものと違い、重力波的ふるまいをせず、移動速度が遅い。（これが大事な点だと筆者はセミナー当日理解できなかったが、後日、時岡達志氏より教えを受けた。）

以上、今回のセミナーで発表された講演のうち、特に個人的に関心のあるテーマについてまとめてみた。今回のセミナーへの参加を可能にして下さった組織委員会の方々に感謝致します。（A.K.）

上記の向川・鬼頭両氏の報告・感想に見られるとおり、このセミナーにおける議論が若手研究者達に対して良い刺激を与えたことは主催者のひとりとしてよろこばしい。

しかしながら、逆に我が国の側からの発表が、招待外国人研究者に対して如何ほどのインパクトを与え得たかについては、数人の招待者から個人的に聞いた正直な感想などから判断して、いささかの疑問が残る。

その最大の原因は、我が国の若手研究者の多くに、自分の仕事に自信を持ち、その成果を相手にわかってもらおうとする情熱が不足している点にあらう。折角与えられた20分、30分という発表時間を、メリハリなくボソボソと原稿を棒読みしているだけでは、聞くほうもウンザリする。これは単なる英語の巧拙という次元を越えた、国際学術交流の基本姿勢の問題である。当世の若者達にとって、もはや、「根性」とか「ハングリー精神」とかは通用しないのかも知れないが、研究を発展させる駆動力のひとつとして、良い意味での野心とか功名心が必要であることを忘れてはなるまい。日本は良くやっている、という外交辞令に甘えることなく、真の国際交流を目指してほしいものである。（I.H.）

#### [謝 辞]

今回の京都セミナーに当たり、貴重な時間を割いて参加して下さいました外国の諸氏、および運営に関する一切の仕事を完璧に実行して下さいました東京大学の林祥介氏と工藤恵さんに深く感謝致します。

### 講演企画委員会からのお知らせ

昭和62年度春季大会講演申込みについては、12月号に案内を掲載いたします。

（講演企画委員会）