

局地モデルに関するミニワークショップの報告*

中 村 一**

標記の会合が、1986年10月27日から29日まで気象庁で開催された。8月の数値予報シンポジウムの際に、NCARのMesoscale Research Sectionに所属するDr. Y.-H. Kuoから、日本のメソスケール・モデルの研究者と交流をしたいと気象庁・数値予報課の二宮・中村に申入れがあった。当方もこの申し出を歓迎し、非公式で肩の凝らないミニワークショップを開こうということになった。アメリカからはNCARの新所長Dr. R. AnthesとDr. Kuo、それにNaval Research LaboratoryのDr. S. Changが来日し、日本からは数値予報課の他に、気象研究所、東京大学、名古屋大学水圏研究所など、全部で20数名の出席者があった。

米側からはまずNaval Research LaboratoryとNCARの局地モデルの紹介があり、次に1981年の中国四川省の大洪水に関するシミュレーション、Wind Profilerを使用する観測ネットワークに関するモデル・シミュレーションや、局地モデルのverificationとsensitivityチェックに関する話題が紹介された。数値予報課からは、巽が開発したスペクトル・モデルの予報例、レーダーアメダスから推定した凝結熱をモデルに入れるdynamic initialization、島根豪雨のシミュレーション、台風進路予報モデルについての話があった。

メソスケール現象の研究は、対象そのものが地域性が強く、各国でばらばらに研究が行われ、国際的な交流が大循環などのグループに比べて少ないので、今回のようなワークショップでお互いの研究活動について情報交換しあうことは、非常に有意義であった。少し個人的に感じた事を以下に述べてみたい。

1. モデルと観測の協力

アメリカでは観測にも十分力が入れられており、数値モデルと観測の間の結びつきが非常に密接である。ドップラーレーダーは米国内に多数あり、またNCARでの

飛行機観測など、メソスケール現象の観測が精力的に行われている。今回のAnthesらの来日も、来年5、6月に実施されるTAMEX (Taiwan Area Mesoscale Experiment) に関係している。TAMEXは米国から飛行機、ドップラーレーダー等を台湾に持っていき、2か月間にわたり台湾の梅雨を観測しようというものである。日本でも梅雨末期豪雨の特別観測が昔行われたが、最近の新しい観測機械を使つての梅雨の観測は、このTAMEXが最初となる。梅雨は日本でも最も重要なメソスケール現象である。しかし、既存の観測法やネットワークではきめが粗すぎて、小規模な現象を捕えることは難しいので、新しい観測手段の開発が不可欠である。これにはお金も人手もかかるので個々の研究者ではなく、大きな組織でなければ出来ない。しかし、メソスケールの観測を組織的に強力にやっているグループ・研究機関が日本にはない。これは非常に問題であると思う。観測の進歩がないため、最近のデータ解析の研究では、新しい知見を得ることが難しく、昔の研究と同じような結論のケーススタディが、やたら積み重なっていているだけのような気がする。もちろん、最近は衛星の雲画像、レーダー・アメダス合成図などを利用した新しい解析が出てくるようになってはいるが、この様な状況は数値モデル屋にとっても大変困ったことである。最近のモデルは分解能がかなり高くなり、相当小さな現象までシミュレート出来るようになってきている。しかし、その結果を評価しようにも観測がないので、実際の自然の中に行っている現象との詳しい比較が出来ない。モデルの結果が正しいのかどうか評価できないので、決定的な事が何もいえないで数値シミュレーションの研究が終わってしまうことになる。メソスケール気象学の健全な発展のためにはもっと観測に人とお金をかけていかなければならないだろう。

観測とモデルとの関連でもうひとつ興味深かったのは、Wind Profilerに関するOSSE (Observing System Simulation Experiment) である。Wind Profilerは地上に固定されたドップラーレーダーで上層風をレーウイン

* A Report on 'Mini Workshop on Limited Area Models'

** Hajime Nakamura, 気象庁数値予報課.

・ゾンデよりも良い精度で(誤差 1 m/s, 鉛直分解能 100 m のオーダー), かつ時間についてほぼ連続的に測定できる。人手はいらず, 気象条件に左右されずに運用できる。この装置をどのような空間ネットワークで配置すれば, 最も効率的に予報モデルに必要な観測データが得られるかを, モデルによって事前調査しようというのが OSSE である。ネットワークの間隔, 気温を測定するゾンデとどのように組み合わせればよいかなどを調べるのである。OSSE の手順としては, まず最も高分解能で予報のシミュレーションを行い, これを真のデータと見なす, つまり『観測値』とする。次に実際に運用される粗いネットワークの観測点に, モデルから『観測値』を与える。その際, 観測誤差も付け加える。このようにして求められた粗い観測点の『観測値』を解析・初期化してから予報モデルを走らせ, 高分解能モデルで得られた観測値と比較するのである。このような試みがなされるようになったのはモデルの精度が向上し, 自然を良く再現できるようになったとの, モデルへの信頼のあらわれであろう。先程の話ではモデル屋は観測屋から学ばねばならなかったが, 今度は観測屋がモデル屋から学ぶことになるわけである。この点からも日本のようにモデルだけが頑張っている状況は問題であろう。

2. モデルの評価の態度

Dr. Anthes は局地モデルの sensitivity テストと verification について話をした。モデルの分解能や領域の広さを変えたり, 物理過程を色々取りかえて, その統計誤差を調べ, メソスケール現象のモデリングにはどんな要素が重要であるかを調べようとするものである。評価法としては, RMS エラーや S1 スコアなどの統計量を使っている。約 10 個の例について調べているが, 予報例によってこれらの統計量の値はかなりばらつきがあり, かならずしも一定の傾向を示していない。したがって, まだはっきりとした結論が出せるような段階には達していない。NCAR では, さらに世界中のメソスケール・モデルのグループに呼びかけて, モデル同志の比較をやるようとしている。それぞれのモデルによる予報の違いを比較し, その原因を追及することによって, メソスケール・モデルの改良にとって大切な要素をみつけようというのである。テスト用のケースとしては, アメリカで特異な攪乱の発達した例をいくつか揃えている。数値予報課でも NCAR から, OSCAR (Oxidation and Scavenging Characteristic of April Rain) という解析デー

タを貰い, 巽の開発した局地スペクトル・モデルで計算を実行中である。

RMS や S1 スコアなどの統計量の物理的意義についてはもちろん議論の余地があるが, このように定量的に, かつ系統的にモデルの結果を比較しようというのは, モデルの問題点を正しく客観的につかまえるのに有効であろう。日本の今までのモデル実験(予報実験)は, ほとんどケース・スタディであり, 多数の例を集めてきて統計量を調べるといような研究はまだ行われていない。しかし, 一つだけのケースでもパラメータを色々変えた sensitivity テストは行える。その評価を定量的に行えば, 何が重要な効果かの見通しぐらい, つけられてよさそうである。しかし, 日本では多くの研究が, 結論が曖昧で中途半端のまま終わってしまっているような気がする。調べ方が系統的でなく, また評価も主観的であって, 一般的な結論とならないのである。何か分らないと, その原因を詳しく吟味することなく, モデルが不完全であると逃げてしまうことが多い。確かにモデルはまだ不完全である。だからこそ, 現在のモデルで分かる事の限界をきちんと押えておくことは, 将来のために必要な事である。このような実験では, 影響の考えられる要素は出来るだけ全部調べ, 良い例も悪い例も, また何の影響のなかった例も, 紹介しておくべきである。そうすれば, 他の人にも, A の効果は重要で, B はこの現象には無関係である, C の方法は良くないというような判断ができる。数値予報課の人に特にその傾向があるかも知れないが, 日本のモデル屋さんには, 実況と合ってか合わなかったかということに拘りすぎる人が多いような気がする。しかし, 予報実験が実況と合ったか合わなかったかは, いわば結果を云々しているのに過ぎないのであって, 研究で大事なものは, そこに至るプロセスを明らかにすることである。実況と良く合った場合よりは, むしろ合わない結果の方が科学的には興味深い。そのエラーが生じた原因を追及することによって, 隠れていたファクターが見つかるかも知れないからである。パーフェクトな予報実験ではすべて OK で, 将来のためにどこを改良すべきかという情報が得られない。まったく詰まらない実験である(天気予報には良いかも知れないが)。

論文や口頭発表で, 予報天気図などのパターンが実況と合っている, いないといった文章が良くでてくるが, 枕言葉としての意味ぐらいしかないと思う。この様なものの評価は読者自身の判断に任せれば良い。RMS などの客観的な数字で示したのなら別だが, 著者自身による

主観的な判断は余り科学的な価値は無い。議論のためには、良い例、悪い例、両方もきちんとして、読者が客観的な判断が出来るだけの材料を呈示したうえで、著者の判断を示すべきである。悪い例を示すことは重要なことである。それによって可能性のある多くの問題点から、一つの可能性を消去できるからである。また他の研究者が同じような無駄な努力をしないですむことになり、学問全体の進歩のために役にたつことになる。昔は

モデルが貧弱で、モデルを使った研究の価値が低かったので、それを弁護してやる必要もあった。しかし、現在ではモデルの性能が上がってきていて、モデルから新しい発見ができるようにまでなってきたので、このような過保護な態度を改め、モデルを一人前の大人として扱って、客観的に公平にモデル実験の中身を評価すべきであろう。



New Perspectives in Climate Modelling Edited by A.L. Berger & C. Nicolis

Developments in Atmospheric Science; 16

pp. 404 Elsevier Science Publishers, 1984 定価 DFL 160 ギルダー

本書は、1982年8月にイギリスで開催されたヨーロッパ地球物理学会第9回総会における気候変動に関する2日間のシンポジウムの講演を編集したものである。

内容は、次の4つの章から成っている。

- I. Climatic Variation
- II. Global Climate Model
- III. General Circulation Models
- IV. Nonlinear Problems and Stochastic Aspects

それぞれの章は、4~6つの独立した論文で構成されており、著者は、ヨーロッパの学会ということもあって、一部のアメリカの研究者を別にすれば、イギリス・フランス・イタリアなどの研究者で占められている。

第1章では、氷河や海底堆積物あるいは18世紀からの地上観測データを基にした長期の気候変動が論じられている。古海洋学のデータから第四紀において2種類の異なった気候形態が存在することが指摘されたことは注目

すべきであろう。

第2章では、気候変動をもたらす内的要因(雲量分布、雲氷、放射など)と外的要因(軌道の変動、人間活動の影響)の効果を取り入れた気候モデルが紹介されている。それらのモデルは簡単なものではあるが、太陽活動・大気・海洋・雪氷の相互作用の重要性を示唆している。

第3章には、大気大循環モデル(GCM)を用いた気候研究がまとめられている。気候変動の地域性を論じたり、外的要因の変化に対する気候系の感応度を見積もるためには、GCMを用いた研究は、欠かすことができない。

第4章には、より定性的なアプローチによる気候研究が集められている。単純化されたモデルによると、同時に2つ以上の安定な気候状態が存在しうる。このことは、気候系に常に存在するサイコロ投げ的な効果が重要であることを示唆している。ゆらぎの時空間特性を用いた確率論的なアプローチ、確率論的效果を入れることによって単純なモデルの感応度が増大することなどが紹介されている。

気候変動のメカニズムについての研究は、ようやく始まったばかりである。本書は、その第一歩を記したものとえよう。(気象庁長期予報課 山田真吾)