

## 第2回メソスケール数値予報モデル国際相互比較実験

### ワークショップの参加報告\*

栗原和夫\*<sup>1</sup>・加藤輝之\*<sup>2</sup>・永田雅\*<sup>3</sup>

#### 1. はじめに

メソスケール数値予報モデル国際相互比較実験 (COMPARE) のワークショップが、1996年9月3日から5日にかけてフランス・ツールズのフランス気象局・会議センターで行われた。第1回目のワークショップは1995年にカナダで開催され、急激に発達した低気圧のケースについての比較がなされている。第2回目になる今回は、日本から気象研究所の2名と気象庁数値予報課の1名が参加した。このワークショップには世界の有数の非静力学および静力学のメソスケールモデルの参加があった。メソスケールモデル(特に現業用)の開発者が一堂に会する機会はこれまであまり多くなかったので、世界のメソスケールモデルの現状と問題点についての最新の情報に触れることができ、非常に興味深いものであった。

#### 2. 数値予報モデル国際相互比較実験の概要

数値予報モデル国際相互比較実験は、特別観測が行われて密なデータが得られている事例について各国の数値予報モデルの予報を比較することにより、メソスケールモデルの能力の現状と問題点(課題)を明らかにしてモデルの改善に寄与しようという意図で行われている。実験は、COMPARE運営委員会の指定したリードセンターが適当なケースについての初期値と境界値を提供し、参加者はそのデータをもとに数値シミュレーションを行った結果を磁気テープで事前に郵送する。この結果について客観的スコア等により誤差を解析し、その原因を明らかにする、という手順で行われている。今回の2回目の比較実験では、高分解能

のメソスケールモデルが参加している。選ばれた課題は、1990年10月に、フランス気象局が中心となり、近隣諸国の気象機関の協力を得てピレネー山脈で行った観測実験(PYREX)の1ケースである。このケースでは、南よりの風が卓越する総観場のなかピレネー山脈によって励起された強い山岳波を、航空機、ドップラーレーダー、ゾンデ、地上測器などの観測網を展開して観測した。観測データは、ヨーロッパ中期予報センターでデータ同化されて再解析データが作成された。今回、モデルの初期値・境界値として送られたのはこの再解析データである。

実験は、ヨーロッパ・大西洋の広い領域での50 km(実験1)、25 km(実験2)メッシュの予報実験、ピレネー山脈周辺の狭い領域での10 kmメッシュの予報実験とに分かれている。後者は25 kmメッシュの予報値を側面境界値とした場合(実験3)、客観解析データを側面境界値とした場合(実験4)、客観解析データを側面境界値とし委員会提供の地表面状態のパラメータを使って実験した場合(実験5:他の実験では各モデル独自のパラメータを使用)で行われた。実験1と2では、各モデルで分解能をあげた場合の効果、実験3と4で境界値の違いによる誤差、実験4と5では、地表面状態のパラメータを変えた場合のインパクトを見ることができる。

#### 3. ワークショップの概要

委員会の呼びかけに対し、15のメソスケールモデル(第1表)の計算結果の応募があり、相互比較がなされた。日本からは上記の加藤と栗原が、気象研究所・予報研究部で開発された非静力学モデル(MRI-NHM)と、気象庁の前ルーチンモデルである日本域モデル(JSM)の結果を送り、ワークショップに参加した。

ワークショップの講演は、以下で述べるように、

(1) 参加モデルの紹介と個々の結果の解析、独自の

\* Report on the Second COMPARE Workshop.

<sup>1</sup> Kazuo Kurihara, 気象研究所応用気象研究部.

<sup>2</sup> Teruyuki Kato, 気象研究所予報研究部.

<sup>3</sup> Masashi Nagata, 気象庁予報部数値予報課.

© 1997 日本気象学会

第1表 COMPARE (PYREX) に参加したメソスケールモデル

| 参加モデル            | 国, 機関  |
|------------------|--|
| DARLAM           | Australia, CSIRO   |
| ALADIN model     | Austria, Central Institute for Meteorology and Geodynamics |
| * MC2 model      | Canada, Recherche en Prevision Numereique                  |
| RFE model        | Canada, Recherche en Prevision Numereique                  |
| * Meteo-NH model | France, Meteo-France                                       |
| EUROPA model     | Germany, Deutscher Wetterdienst                            |
| BOLAM            | Italy, FISBAT/CNR  |
| # LAMBO model    | Italy, Servizio Meteorologico Regionale                    |
| JSM              | Japan, Meteorological Research Institute                   |
| * MRI-NHM        | Japan, Meteorological Research Institute                   |
| HIRLAM           | Spain, Institut Nacional de Meteorologia                   |
| Unified model    | U.K., UKMO   |
| * COAMPS model   | U.S., Naval Research Laboratory                            |
| ETA model        | U.S., NCEP   |
| * RSM            | U.S., NCEP   |

\* : Non-hydrostatic model

# : 研究集会には不参加

## 追加予報実験

(2) フランス気象局による全体の比較結果の取りまとめと解析

(3) 将来の COMPARE 計画についての紹介と検討で構成された。

これらの講演に加え、会場内のロビーや廊下に、バイアスや平均2乗誤差などの客観的スコアを用いたモデル間の精度比較や、各モデルで予想されたピレネー山脈を横切る鉛直断面の温位や風の図などが張り出され、休憩時にはそこが議論の場になった。

## 4. 参加モデルの紹介と結果の解析

(1) の講演の中で紹介された参加モデルは、現業数値予報に使われているものや、研究用のものなど様々であった。非静力学モデルの参加も多かった。第1表の中で\*をつけたモデルが非静力学モデルである。非静力学モデルでは静力学近似による制約がないために分解能を上げることができるので、山岳波のより高い分解能での詳細なシミュレーションを行った報告がいくつか見られた。加藤は気象研究所の非静力学モデル(MRI-NHM)の分解能を、東西2.5 km 南北1.5 km メッシュまで上げて、山岳の風下側で見られた波状雲を伴う風下波のシミュレーションを行い、10 km メッシュでは出なかった風下波が2.5 km×1.5 km メッシュでは予想できること、また水蒸気の凝結がこの風

下波の強さに大きな影響を与えていることを示した。栗原は静力学モデルのJSMの結果から、モデルの分解能の効果、境界条件の影響について解析した結果の報告を行った。

その他に、フランス気象局からは、高い分解能で詳細な地形を使うことにより、山岳波の表現が改善され、鉛直の運動量フラックスが観測値と良く合うこと、すなわち山岳波の表現には荒い分解能によるのっぺりした山岳では十分ではなく、山の細かなピークの1つ1つがその構造と大規模場への効果に影響を与える要素となっているという報告があり、イギリス気象局からは山による摩擦力を考慮した有効粗度(粗度:地表面の摩擦などを決めるパラメータで大きいほど摩擦が大きい)を使う境界層パラメタリゼーションにより山岳周辺の流れの場の予想が改善されるという報告があるなど、境界層過程の重要性を認識させた。

## 5. 比較結果について

(2) の、フランス気象局による全体のシミュレーション結果の解析も興味深かった。大きな領域でのスコアを見ると予報の良いグループと悪いグループとに別れ、それぞれ似た誤差の特性が見られた。個々のモデルを見ると、良いグループでは、エンベロープ地形(実際の個々の山の凹凸の効果モデルに入れるために山岳地域でグリッド平均の地形の高度より高い高度を与えた地形)を使っていないこと、地表面の粗度を

大きく設定していることなどの指摘があった。しかし、予報領域の多くが海で占められていること、誤差が海洋上の低気圧周辺に現れていることなどからこの結果を疑問視する意見も出た。結局ボランティアを募り、さらに幾つかの追加実験を行い確認することになった。もし解析の結果が正しければ有益な結果である。このようなことは国際的な比較実験でなければできず、国際相互比較の意義が確認されたように思う。

また、各モデルによる山岳波のシミュレーション結果の断面図も休憩時間ごとに見て行くと印象的であった。特に驚くことは、凝結過程の影響の小さな事例であるにもかかわらず、各モデル間の違いが大きかったことである。降水が場に大きく影響する現象では、モデルの降水パラメタリゼーションの方式の違いにより予報結果が大きく異なる場合があることが報告されている。一方、凝結過程を含まない山岳波は、解析的な解も求められるし、数値モデル間で大きな差の出にくい現象であるという印象を筆者は持っていた。しかし、会場に張り出された図は、温位断面の変位に見られる山岳波の強さなど、どの要素も実に個性的であった。境界層パラメタリゼーションに起因する違いも大きいだろうが、それが全てとも思われぬ。ほぼ完成された、どうやっても同じと何となく思っているモデルの力学過程が、この程度のスケールになると突然その重要性を主張し始めているような気がした。

もう1つの興味深い点は、非静力学モデルの結果が客観的スコアにより評価されたことである。これまで非静力学モデルと静力学モデルの客観的スコアの比較がなされてこなかったことに不満があった。今回、1ケースだけのものであるが客観的な比較がなされ、非静力学モデルの客観的スコアがルーチンモデルとして多く使われてきた静力学モデルに遜色のないレベルになってきていることに非静力学モデルの開発担当者として意を強くした。

## 6. 将来の COMPARE 計画

このワークショップの後半では、今回の比較実験の実施の際の問題点の検討と改善、及び次回以降の比較実験の紹介と検討が行われた。第3回は1990年に特別観測が行われた、北西太平洋台風に関する TCM-90 (SPECTRUM, TYPHOON-90) のケースでの比較実験で、1997年から1998年にかけて気象庁がリードセンターとなって実施することになっている。これについては COMPARE 運営委員会の委員として参加した永

田が紹介した。

その後の計画も既に2つ提案されている。1つは1994年から1995年に米国オクラホマで実施されたトルネードの発生機構に関する観測実験 (VORTEX) のスクールラインのケースと、もう1つは1997年1~2月に仏英米が中心となり大規模な観測を予定している、大西洋での低気圧と前線に関する実験 (FASTEX) のケースである。VORTEX と FASTEX のケースでは、データ同化についても比較が行われる予定である。比較対象にデータ同化を含めると参加モデルが減るのではないかという意見もあったが、メソスケールデータ同化の重要性を考えると時宜を得た提案であるように思った。メソスケールモデルの発展のために、今後の計画についても、多くのメソスケール現象の研究者とモデル研究者の参加が望まれる。

## 7. おわりに

今回のワークショップは参加者50名程度の小さなものであったが、興味深い内容であった。特に印象に残ったのは、モデルの相互比較により、山岳地形や地表面粗度が予報に大きなインパクトを与えることが示されたこと、廊下に張り出された図の中で山岳波の表現がモデルにより驚くほど異なっていたこと、非静力学モデルの開発が全球モデルまで含めて各国で進みつつあり、今回示されたスコアでは、静力学モデルと見劣りのしないレベルまでになってきていることなどである。今回の比較実験に参加することにより、日本のメソスケールモデル、特に非静力学モデルについては、問題点がいくつか見い出され、改良を行うことができたし、ワークショップでも助言を得ることができ、有意義であった。

蛇足ではあるが、夜の空いた時間には食べ歩きを楽しんだ。フランスはさすがに美食の国である。ツールーズの町で何世紀もの歴史を持った町並みを目の前に、歩道にテーブルを置いたカフェでとった夕食は贅沢ではないが美味であった。フランス気象局を訪問する機会があったら、構内の食堂だけでもすませず、時間を見つけて町のレストランまで足をのばすことをぜひおすすめしたい。

なお、このワークショップの参加にあたっては、科学技術庁振興調整費、重点基礎研究から旅費の援助を受け、また、多くの方々にご尽力を頂きました。深く感謝致します。