

## 第4回非静力学モデルに関するワークショップの報告\*

里村 雄彦\*<sup>1</sup>・岩崎 俊樹\*<sup>2</sup>・佐藤 正樹\*<sup>3</sup>・  
加藤 輝之\*<sup>4</sup>・重 尚一\*<sup>5</sup>・余 偉明\*<sup>6</sup>

### 1. はじめに

非静力学数値モデル研究連絡会(略称「非静力2000」)は、2002年11月30日、12月1日の2日間にわたり、京都市の中心部にあるコープイン京都で標記のワークショップを開催した。本ワークショップは、最初の2回は非静力学数値モデルの共同利用・共同開発の枠組みを探るために有志を中心に開催され、前回の第3回から科学的議論のためのオープンなワークショップとして開かれるようになってきている(岩崎ほか、2002)。

東京から離れた地で、かつ、土日の開催であったが48名の参加があった。今回は乱流過程をメインテーマにし、植田(京都大学防災研究所)による特別講演を企画した他、非静力学予報モデルの検証と高精度化、乱流モデル、基礎的諸過程、応用、の4つのセッションにおいて非静力学モデルに関する研究発表と議論を行った。今回のワークショップの特徴は、気象庁関係者による気象研究所・数値予報課非静力モデルに関する発表が、1つのセッションを構成できたほど充実していたことである。この一連の発表と討論において、現業化というだけでなく、1つのモデルをより良いものに仕上げて行く際の試行錯誤やノウハウを共有することができた。それらの情報は、通常は開発をしている

者以外にはなかなか分からないものであり、大きな意義があったと考えている。また、乱流過程についても、特に安定成層での乱流パラメタリゼーションに大きな問題が残っていることは、特別講演および一般の発表を通じて共通認識となったと感じられた。安定成層下でのエネルギー鉛直輸送は、大気汚染や局地循環のみならず、全球エネルギー収支の誤差要因となっている層雲や霧の発生・発達にも重要な過程であり、その精密化とモデルへの実装に高い優先順位が与えられるべきであろう。(里村雄彦)

### 2. セッション概要

各セッションの内容を、以下に報告する

**セッション1-a: 非静力学予報モデルの検証と高精度化**

このセッションでは7件の発表があった。全て気象庁数値予報課、気象研究所の講演であり、気象研究所/数値予報課統一非静力学モデル(MRI/NPD)-NHM)およびデータ同化システムの開発に関連する話題であった。モデル開発の現場の実際上の問題について詳細にきくことができ、学会とは異なって密度の高い議論をすることができた。

気象庁ではMRI/NPD-NHMを平成15年度からの現業予報モデルとして利用することを予定している。現状では、モデルが安定に走ることを最優先して改良を進めているが、差分法や数値スキーム上でも改良の余地がある。現有の領域静力学モデルRSMとほぼ同じ分解能(水平10 km)での予報を予定しているため、力学場にさほどの改善は期待できないが、雲物理などの改善を通じて、予報の精度の向上を目指しているということであろう。

藤田と斉藤(気象庁数値予報課)からは、安定にモデルを走らせるための移流スキーム、時間積分法の改

\* Fourth Workshop on Non-hydrostatic Modelling

<sup>1</sup> Takehiko SATOMURA, 京都大学大学院理学研究科。

<sup>2</sup> Toshiaki IWASAKI, 東北大学大学院理学研究科。

<sup>3</sup> Masaki SATOH, 地球フロンティア研究システム/埼玉工業大学。

<sup>4</sup> Teruyuki KATO, 気象研究所。

<sup>5</sup> Shoichi SHIGE, 宇宙開発事業団地球観測利用研究センター。

<sup>6</sup> Weiming SHA, 東北大学大学院理学研究科。

© 2003 日本気象学会

良に関する講演があった。また、齊藤は最近のMRI/NPD-NHMの改良について概要を示し、特に乱流運動エネルギーの抑制法について論じた。加藤（気象研究所）は、1年間のテストランの結果によるRMSとMRI/NPD-NHMとの降水の比較について示し、MRI/NPD-NHMで降水の予報精度が向上すること示した。成田（気象庁数値予報課）は予報結果の統計的評価法について、分解能が向上した場合には従来とは別の評価法が必要であると論じた。石田（気象庁数値予報課）は2002年7月9、10日の大雨の事例についてモデルの結果の比較を行った。

三好（気象庁数値予報課）は変分法データ同化システムJNoVaに関する紹介と基礎的な適用例を、本田（気象庁数値予報課）は3次元変分法による熱力学場の解析法について論じた。（佐藤正樹）

### セッション1-b：乱流モデル

このセッションではメインテーマである乱流過程に関する研究発表が6件あり、下部境界層について活発な議論がなされた。最初に、植田（京都大学防災研究所）が「成層乱流の輸送機構とモデル」と題して特別講演を行った。壁面領域（大気境界層の場合、地上約100 mまでの接地境界層）と外部領域（接地境界層上部約2000 mぐらいまで）に区別し、大気の安定・不安定の場合について乱流の構造を説明した。最近、大気境界層を形成する乱流モデルが非静力学モデルでの湿潤対流形成に及ぼす影響が重要視されており、その改善に向けた質疑応答が活発に行われた。

吉崎（気象研究所）らはMRI/NPD-NHMにおける地表面過程の扱いについて、Monin-Obukhovの相似則の普遍関数に上下限値を設けている点を改良し、強安定な場合はフラックスを0、強不安定な場合は自然対流とし、現象の改善を試みた。しかし、その改善はかなり小さいものであった。吉田（東京大学海洋研究所）らはMRI/NPD-NHMの地表面フラックスについて、温度と運動量に対する粗度長を等しくしているのを変更し、熱雷の予報に適応し、水蒸気の過大評価していた問題を改善することができたことを示した。

佐藤（地球フロンティア研究システム/埼玉工業大学）は地球フロンティア次世代モデル非静力学コアにおける湿潤対流の乱流モデル依存性について数値拡散と比較して調べ、数値拡散は実時間で設定すべきであると述べた。飯塚（産業技術総合研究所）らは山岳地形上の流れのLarge Eddy Simulation (LES)につい

て、標準Smagorinskyモデルとは別にDynamic Smagorinskyモデルとその2つのモデルの利点を重ね合わせたハイブリッド型のモデルを用いた場合を比較し、ハイブリッド型のモデルが一番良い結果を得たことを示した。（加藤輝之）

### セッション2-a：基礎的諸過程

益子（気象研究所）は、次世代台風モデルのプロトタイプとして開発しているMRI/NPD-NHMを用いた2way多重移動格子モデルについて発表した。テスト実験として行った山岳波の2way3重格子シミュレーションでは、顕著なノイズは見られないことを示した。

余（東北大学）は、新しい大気メソモデルの力学フレームを開発し、その中間報告を行った。急峻な地形および複雑な物体をより正確に扱うための数値的手法を提案し、また、いくつかテスト計算を通じてその有効性を示した。富田（地球フロンティア）は、地球シミュレータ向けに開発中の正二十面体格子を用いた全球非静力モデルの力学フレームワークについて発表した。従来のスペクトル法を用いた欧州中期予報センターモデルや、正二十面体格子状を用いているドイツ気象局の現業モデルの結果と良い一致が得られていることを示した。

荒波（気象庁数値予報課）は、MRI/NPD-NHMをベースに地球シミュレータ向けに開発中の高分解能非静力学モデルについて発表した。テスト実験として地球シミュレータ上で行った日本海収束帯のシミュレーションを示した。

鈴木（東京大学気候システムセンター）は、粒径分布関数の基底関数展開に基づく雲微物理過程の数値計算について発表した。この方法では、基底関数の形状・個数の変更によって雲の粒径分布を表現する自由度が可変であるため、数種の凝結物質の混合比を主な予報変数とするバルク法と粒径別の粒子数を予報変数とするビン法との間を自由に行き来することができることを示した。（重 尚一）

### セッション2-b：応用

三浦と本木（東京大学気候システム研究センター）はMRI/NPD-NHMを用いて200 km四方の領域で積雲群を解像して、温暖化時の変化を調べ、積雲雲頂高度の上昇および上層雲量の増加といった特徴を確認した。新野（東大海洋研究所）ほかは非線形のヒート

アイランド循環に島の中心で上昇流が最も強いものと海岸線で強いものがあることに対して、これらの2つの型の間の遷移はただ1つの無次元非線形パラメータのみで記述でき、物理的には非線形水平対流の時間発展の理論 (Mori and Niino, 2002) で現われる重力流レジームと重力波レジームに基づいて解釈できることを示した。高橋と岩崎(東北大学)はMRI/NPD-NHMを用いて、フロリダ半島(アメリカ)に夏季の日中に発生する対流性の雲(積雲)の再現実験を行った。気象庁全球客観解析に、MRI/NPD-NHMを多重ネストし、その発生機構や構造、海風との相互作用の再現を試みた。重(宇宙開発事業団地球観測利用研究センター)は、雲解像モデルで開発した熱帯降雨観測衛星搭載降雨レーダー(TRMM PR)の降雨プロファイルから潜熱加熱プロファイルを推定するアルゴリズムについて発表した。降雨頂高度や融解層降雨強度で分類した潜熱加熱プロファイルのLook-upテーブルを用いることにより、浅い対流期から地上降水がない衰退期のそれぞれの成長段階について潜熱加熱プロファイルが現実的に推定できることを示した。岩崎(東北大学)ほかはMRI/NPD-NHMを用いた雲システム研究プラットフォームについて話した。マルチネストにより雲解像モデルより、汎用の予報モデルまで、様々な解像度による雲のシミュレーションを系統的に行い、雲物理過程のパラメータ化を研究していることを報告された。(余 偉明)

### 総合討論

1日目の最後に、藤田(気象庁数値予報課)と岩崎(東北大学)から気象庁が運営する「数値予報研究開発プラットフォーム」の簡単な紹介があった。このプラットフォームでは、気象庁数値予報モデルコードと関連データの提供が行われている。現段階では、利用者特定のために申請制となっており、申請者と申請ホストからのみプログラム等をダウンロードできるようになっていること、教育・研究目的であればモデルを利用できることなどが説明された。

2日目の最後に少し時間をとって、前日に紹介のあった「数値予報研究開発プラットフォーム」や非静力学数値モデル研究連絡会の今後の活動について意見交換を行った。会場からは、「修正や改良されたプログ

ラムコードを共有できると研究が加速するので、早く共有できる場を整備して欲しい」(那須野(地球フロンティア))、「意見交換を活発にすることが望ましい」(佐藤(地球フロンティア/埼玉工業大学))、那須野(地球フロンティア))、「気象庁としては、このような場合も含めてfeed backを期待している」(齊藤(気象庁数値予報課))、「気象庁以外のモデルを使っている研究者との情報交換が必要」(藤田(気象庁数値予報課))、「細かなノウハウの共有が大事」(里村(京大))、「研究会の内容を学会ホームページなどで公開すると良いのでは」(新野(東京大学海洋研究所))など、活発な意見交換が相次ぎ、予定時間を超過して終了した。

(里村雄彦)

### 3. 終わりに

今回は各モデルの種々の欠点や改良策が目に見えるかたちで提示され、単なる研究成果発表会ではない、よりワークショップらしい議論ができたように思える。どのようなモデルを使用するにせよ、モデルの癖、または欠点を承知し、必要に応じてプログラムを修正しなければならないが、その際、情報の共有が研究効率を上げるのに決定的に重要である。気象庁が提供している「数値予報研究開発プラットフォーム」の一層の充実と、ワークショップによる活発な議論が望まれるゆえんであるが、そのためには気象庁によるモデル開発と対になって、気象庁以外の研究者によるモデル研究への寄与の増大、特に開発に関わる部分へ十分な寄与がなされるような状況が健康的と思われる。

最後に、特別講演をお引き受けいただいた植田先生、会場運営に協力いただいた京都大学大学院生の皆さん、活発な議論をしていただいたすべての参加者の方々に感謝します。(里村雄彦)

### 参考文献

- 岩崎俊樹, 齊藤和雄, 里村雄彦, 室井ちあし, 新野 宏, 2002: 第3回非静力学モデルに関するワークショップの報告, 天気, 49, 299-301.  
Mori, A. and H. Niino, 2002: Time evolution of nonlinear horizontal convection: Its flow regimes and self-similar solutions, J. Atmos. Sci., 59, 1841-1856.