

第1回非静力学数値モデルに関する国際ワークショップの報告*

里村 雄彦*¹・竹見 哲也*²・野田 暁*³・三好 建正*⁴
 富田 浩之*⁵・斉藤 和雄*⁶・日下 博幸*⁷・重 尚一*⁸

1. はじめに

2010年9月29日～10月1日に第1回非静力学数値モデルに関する国際ワークショップ(主催:日本気象学会非静力学数値モデル研究連絡会)が京都大学理学部構内にある新築の大学院理学研究科セミナーハウスで開催された。

本ワークショップは、高精度非静力学モデルを利用した気象・気候研究の推進、及び、力学フレーム、物理過程パラメタリゼーション、データ同化等、高精度非静力学モデルに関する幅広い研究開発に関する情報交換を目的として、最初は有志グループによって第1回が1999年に開催され、2001年の第3回からは気象学会非静力学数値モデル研究連絡会が主催する国内の研究者が主に参加する研究会として開催されていた。今回は組織委員会[†]を開催の約2年前に起ち上げ、海外からの発表を積極的に募集する初めての国際ワークショップとした。これまでの開催状況については、以

前のワークショップ報告(例えば、里村ほか2008)に詳しいので、参照して欲しい。

今回はアメリカを中心とした海外5カ国と国内からの計90名近い参加があり、51件の口頭発表と17件のポスター発表が行われた(第1図)。予想を超える講演申込があったため、予定していなかったポスター発表を急遽設定したり1日の開催時間を延ばすなどして対応に追われた。長時間でかつ窮屈な日程であったため時間管理を厳しくしたが、20分の持ち時間を一杯に使って発表と活発な議論が行われ、現在の世界の非静力学モデル関連の開発から応用まで最先端の研究を網羅したワークショップとなった。以下では、各セッ



第1図 シンポジウム講演風景。

* Report on the 1st International Workshop on Non-hydrostatic Modeling.

*¹ Takehiko SATOMURA, 京都大学大学院理学研究科.

*² Tetsuya TAKEMI, 京都大学防災研究所.

*³ Akira T. NODA, 海洋研究開発機構地球環境変動領域.

*⁴ Takemasa MIYOSHI, University of Maryland.

*⁵ Hirofumi TOMITA, 海洋研究開発機構地球環境変動領域.

*⁶ Kazuo SAITO, 気象研究所予報研究部.

*⁷ Hiroyuki KUSAKA, 筑波大学計算科学研究センター.

*⁸ Shoichi SHIGE, 京都大学大学院理学研究科.

[†] 組織委員会の構成は以下の通り(50音順):石田純一(気象庁),岩崎俊樹(東北大),加藤輝之(気象庁),斉藤和雄(気象研),佐藤正樹(東大大気海洋研究所),里村雄彦(京大,組織委員長),坪木和久(名大地球水循環研究センター),新野 宏(東大大気海洋研究所)

ションの座長によるセッション概要を紹介する。

なお、本ワークショップの講演要旨がホームページ (<http://www-clim.kugi.kyoto-u.ac.jp/nhm-ws/ws2010/Program.html>) に公開してあるので、個々の詳しい発表内容はそちらを参照していただきたい。

2. セッション概要

2.1 乱流・LES・境界層 (1)

29日は午前・午後ともに「乱流, LES, 境界層」というテーマで講演が行われた。もともと非静力学モデルは文字通り非静力学効果が顕著となる対流スケールの現象を数値解析するために開発され、近年はNICAMなど全球非静力学モデルの開発により解析対象領域がメソスケールから全球規模へと広域化してきている。一方でモデルの高分解能化により、対象とする現象が、積雲対流のメソスケールから境界層や乱流といった微細規模へと細密化してきている。乱流のうち格子スケール以上のものは陽に表現するLESの手法を非静力学モデルに取り込み、高分解能数値計算もされるようになってきた。本セッションでは、このような現状における最新の研究成果の発表があった。午前中は6件の講演がなされた。

午前のセッションで最も印象的な発表は最初のMoeng (NCAR) によるものであった。彼女は、格子点数 $2048 \times 2048 \times 256$ ($\sim 10^9$)でのGiga-LESと称する格子間隔100 mでの深い対流のLESに関する成果を発表した。鉛直速度の空間スペクトルは、対流圏下層では高度とともにスペクトルピークの波数が数kmまで徐々に大きくなる一方、対流圏中・上層ではピーク波数が5~10 kmで一定化する傾向にあることを示した。この程度の空間スケールは、これまでの雲解像モデルが実質的に分解できる最小スケールに相当するものである。Giga-LESにより、十分な分解能を持って数kmスケールの現象を表現することができ、同時にそれより高波数側でのエネルギーカスケードの様子も捉えられた。さらにGiga-LESの結果を4 km幅での空間平滑化処理を行うことで、これまでの雲解像モデルの実質的解像度に対する解像成分とSGS成分の定量的評価を行った。Germano分解の各項を評価した結果、Reynolds応力項が最大ではあるものの、クロス項・Leonard項も無視できないことを示した。この結果を踏まえ、格子幅数kmの雲解像シミュレーションを念頭におき、クロス項・Leonard項に対応した効果を取り込んだ新しい乱流モデルを提案した。

今後は、提案された乱流モデルを雲解像モデルに適用し、実事例を対象としたパフォーマンスの検証が期待される。

伊藤 (東大大気海洋研) は、格子間隔5 mという細密格子間隔で対流境界層のLESを行い、ダストデビルの発生機構について発表した。ダストデビルの発生・発達メカニズムに関する研究はここ10年の間で急速に進展しつつあるが、渦の発生段階を詳細に調べた研究はまだ十分になされていない。彼らは、解析手法を工夫し、物質面を追跡することで渦の発生・強化過程を調べ、対流の下降流域での角運動量が上昇流域に向かうところで渦が強化されダストデビルが発生する過程を明らかにした。

Rieper (フランクフルト大学) は、粘性効果として乱流モデルによらずに数値粘性を利用したImplicit LESと呼ばれる計算手法の開発状況について発表した。この手法は、数値計算上の切断誤差が乱流の表現に相当する程度のものに数値計算スキームを調整するものである。数値モデルでは計算の安定化のために様々なフィルターを用いており、これらのフィルター効果による誤差は避けられない。Implicit LESは、数値計算上の弱点を逆にとり、数値粘性を積極的に活用しようという発想の手法である。

黒木 (防衛大) は、ケルビン・ヘルムホルツ波のLESを行い、波の時間発展の様子を調べた結果について報告した。北大低温研でのライダー観測での事例を念頭に、風速シアを幾通りかに変化させ、理想化した条件設定で数値実験を行い、エネルギー変換過程を調べることで波の生成過程に関する解析を行った。主流方向のシアのみならず主流に直角方向のシアの影響もあることを示した。

山口 (発表は新野) (東大大気海洋研) は、WRFをLESとして使い、寒気吹き出し時の海洋上で形成される湿潤な対流混合層を対象とし、湿潤な場合に生成される渦 (steam devil; 蒸気渦) に関する高分解能計算 (格子間隔50 m) の結果を示した。環境場の相対湿度を変化させた感度実験を行うことにより、降水が生じない場合の蒸気渦は乾燥時のダストデビルと似たものとなり、一方降水が生じる場合には、下降流が強まって地上での発散が強化されることで結果として渦が強まることを示した。

野田 (海洋研究開発機構) は、層積雲の雲頂付近での乱流混合過程をLESにより調べた結果について発表した。海上の広範な領域で見られる層積雲は気候へ

の影響が大きいものとして最近注目されており、層積雲の発生・維持・消滅過程に関して活発な研究が進められている。層積雲の崩壊においては雲頂でのエントレインメント (CTEI) が重要であると指摘されている。本発表では、CTEI の作用を調べるために水分量を変化させた感度実験を行った。LES により CTEI 過程が陽に表現されることで、境界層上端高度付近での雲水の蒸発が層積雲の崩壊に関与していることを示した。

以上のように本セッションでは、LES での乱流モデル開発、LES による微細規模過程の解析といったように、モデル開発や数値実験による現象の解析に関する発表がなされた。(竹見哲也)

2.2 乱流・LES・境界層 (2)

竹見 (京大防災研) は都市域大気より現実的な流れ場を調べるために東京周辺を対象とした 4 重ネスティング数値実験を行った。更に、そこで得られた詳細なデータを境界値として活用することで大手町周辺の建築物分布を考慮した LES を実施し、観測や親モデルとの風速分布に関する比較解析を行った。

北村 (気象研) は MYNN モデルにおける問題点として、安定条件における臨界リチャードソン数の存在とリチャードソン数が無限大となる極限でフラックスリチャードソン数が収束しないことを指摘した。そして、温度-気圧相関項係数のリチャードソン数依存性を考慮することでこれらの問題が改善されることを示した。

Golaz (NOAA/GFDL) は新しい境界層モデルを提示した。サブグリッドスケールの物理量の PDF としてガウス型結合 PDF という簡略化した手法で表現する代わりに詳細な乱流モーメント群を予報変数とすることで現実的な雲を伴う境界層の PDF 特性を良く再現できることを示した。

原 (気象庁) は現業モデルの予測性能向上のために、1次元モデルを用いた境界層モデル間の比較実験を行い、乱流運動エネルギー収支式における鉛直輸送項の重要性を指摘した。更に、MYNN レベル 3 モデルにおける逆勾配輸送項に伴って起こる数値不安定の改善に有効となる解法を示した。

加藤 (名大地球水循環研究センター) は日本に上陸した台風について CReSS による再現結果より解析された突風の統計的再現性能を検証した。CReSS の水平解像度を 5 km から 1 km へ高めるにつれて突風率

の再現性は向上することを示した。

加藤 (気象庁) は北陸地方周辺の降雪現象の数値実験を基に、空間解像度依存性と境界層モデルの感度解析を行った。Deardorff 型モデルに比べて MYNN レベル 3 モデルでは日本海上の降水が弱まる点などを示した。この要因として、MYNN モデルは対流混合層をより発達させることで大気安定度を減少させることを指摘した。

Sha (東北大) は仙台空港周辺で観測された海風前線の微細構造を示すと共に、前線付近で発生する水平ロール状対流とロープ/クレフト構造の再現数値実験を行った。そして、数値実験で得られた前線周辺にトレーサー粒子を置き、それらの軌跡を解析することで循環場の生成機構を調べた。

土屋 (東大) はアメダスデータと共に全球雲解像実験データを活用し大気下層で観測される物理量のスペクトル解析を行った。5日付近を境としてその傾きが系統的に変化することや傾きを表すパラメータが強い緯度依存性を持つことを示した。

中村 (海洋研究開発機構) はビン法による雲モデルの開発状況とそこから得られたデータを基にしたバルク法 2 モーメント雲モデルの改良について示した。特に貿易風帯積雲の様な場合、雲種から雨種への変換過程のモデル化が降水量に対して強いインパクトを持つことを述べた。

国内における数値モデル開発研究の最前線と応用的研究を国外の著名な研究者の方々に知って頂くことができた。本セッションを通じて紹介された様な幅広い研究活動と基礎知識の向上は個々の気象学的現象の理解に留まらずお互いの数値モデルにおける諸物理過程の改良にも着実に繋がって行くことと期待される。

(野田 暁)

2.3 スキーム・モデル開発・同化 (1)

2日目午前中は、数値スキームやモデル開発に関するセッションで、1回の休憩を挟み8件の講演があった。各講演者はほぼ時間通りに講演を終えたものの、セッション全体としては30分もの大幅な時間超過となる活発な議論が行われた。

まず、富田 (海洋研究開発機構) は、正二十面体格子モデル NICAM の研究チームによる最近の研究に関して発表した。MJO の再現実験の成功や将来気候実験など NICAM を使った多くの研究成果の紹介に加え、Athena と呼ばれる日米欧の国際共同プロジェ

クトで7 km メッシュの NICAM を実行し、NICAM が降水の日変化の再現等において ECMWF モデルよりも優れている結果が得られたことを述べた。

Skamarock (NCAR) は、可変六角形格子を使った全球モデルの開発について発表した。六角形格子での水平差分計算の工夫について述べた後、可変格子による解像度ギャップの影響が小さくなった例として、異なる解像度間にまたがるスコールラインが自然にシミュレーションされたことを示した。

Reinert (ドイツ気象局) は、ドイツ気象局で新たに開発されている正二十面体格子を用いた力学コアに関して発表した。Miura (2007) が六角形格子に適用した効果的な2次差分スキームを三角形格子に拡張する試みが成功していることを示した。

Heikes (コロラド州立大) は、六角形の正二十面体格子を用いたベクトル渦度力学コア (Vector-vorticity dynamical core: VVDC) のモデル開発に関して発表した。高温位気塊が上昇する理想数値実験で、開発した VVDC モデルが良好に動作することを示した。

ここで10分程度の休憩をとった後、Jung (コロラド州立大) が、低解像度モデルのサブグリッドスケールを部分的に雲解像モデルで表現する準3次元マルチスケールモデルについて発表した。パラメタリゼーションを用いた低解像度モデルではうまく表現できない微物理量の鉛直分布などが、準3次元マルチスケールモデルを用いるとよく表現されることを示した。

河野 (気象庁) は、気象庁で新たに開発中の力学コア「Asuca」について発表した。雨水等の鉛直移流に対応して時間積分法を工夫し、高解像度でも効率的に高精度の予報計算ができることを示した。

Toy (NCAR) は、等温位面を鉛直座標とした準ラグランジュ的な非静力学モデリングについて発表した。暖湿気塊による対流雲の理想数値実験の結果、オイラー的なシグマ座標系のモデルと比べて、鉛直輸送の表現が改善することを示した。

最後に、山崎 (京大) は、デカルト座標系の格子に地形が交差することを考慮した非静力学モデルの開発について発表した。地形によって切り取られた格子を周囲の完全な格子と合体させてフラックス移流を計算することで、正常動作し、山岳波の理想数値実験で正しい計算結果が得られることを示した。(三好建正)

2.4 スキーム・モデル開発・同化 (2)

2日目午後も引き続き数値スキームやモデル開発に関する講演が行われた。

馬場 (海洋研究開発機構) は、様々なトレーサー移流の数値スキームに対する雲システムの応答について、スコールライン実験を例にして調べた。高次精度のスキームを使うと、オーバーシュートがおこり雲物質を過大評価する。一方、単調性を保証する TVD スキームを使うと微細な構造が散逸し、スコールラインとして発達しないことを示した。結論として、鉛直方向の移流には TVD スキームを水平方向の移流には3次の風上差分を用いることを推奨した。

Konor (コロラド州立大) は、数ある非静力学モデルのシステムを音波の取り扱いによって分類したのち、各システム方程式の慣性重力波、ロスビー波、外部モード等の分散関係の正確性を議論した。f 平面上の非弾性方程式系では、慣性重力波の水平特性はよいものの鉛直特性は多少歪む。また、 β 平面上のロスビー波について、非弾性系、準非圧縮系では比較的長い波をうまく表現できないことを示した。

Bryan (NCAR) は、非静力学モデルの中での全エネルギーの保存について議論した。一般的なモデルではあまり留意されないが、レイノルズ応力による熱への散逸を考慮するとハリケーンの強度に無視できないほど効果があることを示した。同時に雨水等の水物質自身も温度を考慮したエネルギー保存の重要性を指摘した。

Tao (NASA/GSFC) は、NASA Goddard のマルチスケールモデリングシステム (いわゆるスーパーパラメタリゼーションモデル) について概観した。このシステムには、独自の雲解像モデル、WRF ベースの領域モデル、マルチスケールモデリングシステムの親モデルである fvGCM が含まれる。ハリケーンに伴う降水を例に、雲解像モデルでも雲微物理スキームによってかなり結果が異なることを示した。一方、より精緻な雲微物理であるビン法を用いると現行の16倍程度の計算時間がかかるとのことであった。

斉藤 (気象研) は、気象研で行われている NHM を使った災害予測の研究について概説した。現在、予報に使われている 5 km 解像度の NHM では、弱い降水や普通の降水に関してはよい精度を保つが、強い降水に関しては十分でない。より正確な予報のため、観測網の強化を含めてデータ同化による改善等様々な研究がなされている。WWRP 北京オリンピックメソス

ケールモデル相互比較、深い対流への4次元変分法の適用に関する研究、LETKFの実装計画などが示された。より高解像度のモデルについては、2010年11月から始まる2 km60層での試験運用を経て、2012年から現業化の予定とのことであった。また、次世代スーパーコンピュータを用いた戦略プロジェクトでの取り組みも紹介され、高度なデータ同化手法の研究を推進していくことが報告された。(富田浩文)

2.5 スキーム・モデル開発・同化(3)

午後の休憩後は、データ同化とアンサンブル予報に関する5件の講演があった。

Sokol(チェコ大気物理学研)は、ドイツ気象局が中心となって開発したコミュニティメソモデルCOSMOを用いる領域予報における時間外挿したレーダー反射率の同化と対流性降水予測へのインパクトについて講演した。気象庁降水ナウキャストや降水短時間予報では、レーダー反射率に基づく雨域を運動学的に補外する方法で短時間予報が行われており、観測後2時間程度までは通常の数値予報の予測よりも精度が良いことが知られている。一方、数値モデルの解析では通常は、解析時刻までの観測データをデータ同化により初期値に反映させるという手法が用いられている。この講演は、運動学的に補外したレーダー反射率のデータをCOSMOにナッジングの手法で取り込んで、時間積分開始後のモデルの雲物理変数を修正するという試みである。短時間降水予報の精度が向上するが、手法が比較的単純なため効果は限定的である。

幾田(気象庁)は、気象庁の現業非静力学変分法データ同化システムJNoVAにおけるレーダー反射率の同化のインパクトについて講演した。降雨減衰なども考慮するレーダーシミュレータを観測演算子として1次元変分法で水蒸気分布をリトリブし、現業非静力学4次元変分法の擬似観測データとして与えるもので、2009年7月24日の北部九州～山口県の豪雨事例に適用し、降水予測の改善を得た。

瀬古(気象研)は、LETKFを用いた局地強雨のデータ同化実験について報告した。2008年9月5日に大阪府堺市で観測された局地強雨に対して、20 km解像度の20メンバー-NHMを用いるLETKFを適用し、降水の表現が良かったメンバーの予報を第一推定値として3次元変分法でレーダー動径風を同化するという2段のステップになっている。さらにレーダー反射率に応じて降水物質の混合比を推定して初期値に加える

ことで実況に近い強い降水域が再現された。

三好(メリーランド大)は、NCARが中心となって開発したコミュニティメソモデルWRFを用いるLETKFの開発について講演した。メソモデルに対するLETKFとしては、上述のNHMを用いるものがMiyoshi and Aranami(2006)により開発済みであるが、これをWRFに適用するとともに、適応インレーションなどの新たな改良を加えて、T-PARC特別観測期間中の台風SINLAKUの同化実験(水平解像度60 km)に用いた。同化なしの場合に比べ、解析場がNCEP/NCARの再解析場に近づくなど、有望な結果が得られた。

小野(気象庁)は、全球特異ベクトルとメソ特異ベクトルをブレンドする手法を用いるメソアンサンブル予報について講演した。特異ベクトル法は発達率の大きな誤差を接線形方程式の特異値から求める手法で、気象研究所では、2008年のWWRP北京オリンピック予報実証研究開発プロジェクト(B08 RDP)において、メソアンサンブル予報における各種摂動手法の比較を行い、全球モデルによる特異ベクトルは弱い雨について、メソモデルによる特異ベクトルは強い雨について、それぞれ優れた性質を持っていることを示した(Saito *et al.* 2010)。また國井ほか(2009)は、両者をブレンドする手法を日本域メソアンサンブル予報に適用し、強雨～弱雨について、降水の捕捉率(事例があった回数のうち予報が合った回数の比)などが向上することを報告している。小野らは同様なシステムを、2010年7月3日の西日本での大雨事例を対象とするメソアンサンブル予報に適用した。前線など擾乱の近くの強雨はアンサンブル予報により表現されるものの擾乱から離れた対流性の強雨については、アンサンブル予報でも捕捉が難しいことを報告した。

山口(気象研)は、非発散パロトロピックの場での熱帯低気圧状の渦についての特異ベクトルについて講演した。台風を想定した β 面上の理想渦に対する非発散パロトロピックモデルでの特異ベクトルを直接求め、第1モードと第2モードは、渦の位置を変えるもので渦中心に対してほぼ対称な波数1の構造で互いに直交すること、第3モードは渦を变形するモードであることなどを示した。今後、非静力学モデルでの実験との比較を行う計画とのことである。(斉藤和雄)

2.6 雲物理・降水・台風(1)

10月1日の午前のセッションは前半と後半にわか

れ、それぞれ4件ずつ(計8件)の発表がなされた。

はじめに、Hong(延世大学)はWRF用に開発された1モーメントの雲物理モデルWSM6と2モーメントモデルのWDM6のモデル間比較実験の結果を紹介した。スコールラインの計算に対して、WDM6は弱い雨をより多く降らせる傾向にあることを報告した。また、WRFで使われている大気境界層モデルYSUの問題点、夜間に接地層内が低温バイアスになりその上層では高温バイアスになる傾向、を示し、これが降水に影響を及ぼすことを示した。最後に、スーパーセルのシミュレーションに対するエアロゾルの重要性を示した。

次に、佐藤(東大)はバルクモデルとピンモデルを用いて海上の層積雲のシミュレーション結果を紹介した。また、シミュレーションに対するエアロゾルの重要性を報告した。

Grabowski(NCAR)は雲とエアロゾルの相互作用のモデリングに関する研究成果、深い対流と浅い対流に対する雲凝結核の効果について発表した。

前半の最後の発表は森安(気象庁)によるKain-Fritsch(KF)積雲対流スキームの問題点とその改良に関する気象庁数値予報課の取り組みの成果であった。オリジナルのKFスキームは海岸付近で降水を過大評価する傾向にあるが、数値予報課の改良により強い降水の過大評価が改善されたことを示した。

Morrison(NCAR)が湿潤対流の高解像度シミュレーションに対する1モーメントおよび2モーメントの雲物理モデルのインパクト調査、解像度依存性の調査、雹・霰のインパクト調査の結果を紹介した。どれも重要であることを示した。

清木(東大地球海洋研)はNICAM用に開発した新しい2モーメント雲物理モデルNDW6を紹介するとともに、雲解像モデルに対する2モーメントモデルの重要性と雲物理モデルと放射モデルの結合の重要性等を示した。

Roh(東大地球海洋研)は熱帯のクラウドクラスターのシミュレーションを実施し、NICAMの課題を紹介した。

重(京大)はTRMM-PRデータから推定された潜熱加熱分布を紹介し、2次元モデルが必ずしも3次元モデルに劣るものではないことを示した。また、潜熱加熱分布の推定に対してTRMMと雲解像モデルの組み合わせの有効性を述べた。

著者は雲物理モデルや雲放射モデルを専門としてい

ないため、正直、内容の詳細についてはわからないことも多かったが、現在の研究の課題や最新の知見が聞け、大変勉強になった。また、さまざまなタイプの数値モデルの最新の話と課題を、自分の専門に近い方々はもちろんのこと、普段なかなか会えない他分野の数値モデラーやユーザーの方々から直接聞くことができ大変刺激になった。ぜひ次回も参加したいと思いつつ、京都を後にした。(日下博幸)

2.7 雲物理・降水・台風(2)

林(気象研)は、NHMとWRF-ARWを用いて日本域ならびに東南アジアの雨期の短期予報実験を行い、両モデルとも日本域では梅雨前線を再現できているが、東南アジア域においては、海上の降雨量を過大に予報していることを示した。

上野(筑波大)は、チベット高原周辺の降水メカニズムに関するモデル研究を紹介し、スケール間相互作用による水蒸気輸送や土壌水分量の経度方向の勾配の重要性を示した。

中井(防災科研)は、新潟での降雪鉛直プロファイルに関し、レーダー観測では概ね下層に向かうほど降雪強度が増加しているのに対し、NHMシミュレーション結果では1000m以下で減少していることを示し、不一致の要因について議論した。

日下(筑波大)は、降水パターンへの都市化の影響に関するアンサンブル気候実験、開発中のLESの初期実験、ならびに温暖化した場合の2070年代における都市気候の予測実験について報告した。

稲村(首都大)は、アンサンブル気候実験によって関東域における豪雨への都市化の影響について調べ、都市化が風下側の風の特徴を変えることによって、収束ならびに降雨を発達させることを示した。

Nolan(マイアミ大)は、放射対流平衡した様々な環境場での熱帯低気圧発生の高解像度モデル・シミュレーションによって、その環境場が熱帯低気圧発生に好都合であるか否かを評価する手法(Nolan and Rappin 2008)について、その応用例とともに紹介した。

坪木(名大地球水循環研究センター)は、計算領域を台風のトラックに沿った任意の形状でとる手法をCReSSに導入し、高解像度での台風の長期間シミュレーションを行い、日本域における台風に伴う降雨の定量的予報の実験結果を示した。

吉岡(名大地球水循環研究センター)は、CReSS

と NHOES の大気海洋結合モデルによる台風のシミュレーションを行い、結合モデルは非結合モデルに対して、台風を中心気圧の低下抑制、ならびに台風通過後の SST 低下が見られたことを報告した。

相木（海洋研究開発機構）は、潮汐励起のインドネシア海域における内部孤立重力波ならびに台風励起の北太平洋における内部重力波の非静力学海洋モデルにおけるシミュレーション結果を示した。（重 尚一）

2.8 ポスター発表

口頭発表会場内の壁面にパネルを設置し、一度に全ポスター発表の約半分ずつ掲示して、日程の前半と後半の2つに分けてポスター発表を行った。

前半の発表8件は以下の通り。伊東（同志社大）は大阪湾の埋め立てが京阪神地域の気温日較差に及ぼす影響を、気象庁 NHM を用いて議論した。高根（筑波大）は首都圏で40度を超える高温の原因について WRF を用いて議論した。馬場（海洋研究開発機構）は、陰陽格子を用いた全球非静力学モデルの開発について発表し、Xiao（東工大）は仮想的な強制力を導入して境界条件を満足させる immersed boundary 法のブジネスク流体への適用を示した。中村（気象研）は、関東の夏の降水日変化について気象庁 NHM による予報の検証を行った。端野（ウイスコンシン大）は、ウイスコンシン大2次元軸対称非静力ハリケーンモデルを用い、モデルで計算した輝度温度のモデル解像度に対する依存性を報告した。橋本（気象研）は、気象庁 NHM に雲微物理を考慮した粒子追跡モデルを組み込み、エアロゾルや氷晶の移動を追跡した計算結果を報告した。瀬古（気象研）は、重力波による対流励起機構について、2次元気象庁 NHM を用いて議論した。

後半は9件の発表があった。下瀬（アルファ電子）は、2008年12月に庄内平野で観測された突風を伴う低層ミソ低気圧の再現実験について報告した。Chen（東北大）は気象庁 NHM を用い、1998年6月に中国南東部で起こった豪雨の原因を日変化に関連づけて議論した。本吉（雪氷防災センター）は、気象庁 NHM が予報する地上気象要素を2009年～2010年にかけての冬の AMeDAS 観測値と比較して精度の検証を行った。篠田（名大地球水循環研究センター）は、2008年～2009年冬の AQUA 衛星搭載測器 AMSR-E によるマイクロ波輝度温度観測と MTSAT の赤外輝度温度観測とを用い、CRESS の精度検証を日本領域で行っ

た結果を報告した。川畑（気象研）は、2008年8月の雑司ヶ谷の局地豪雨事例について気象庁 NHM 非静力4次元同化手法を用いた数値実験結果を示した。沢田（東北大）は、気象庁 NHM を用いて台風による降水日変化と強度日変化の関係を議論した。瀬古（気象研）は、2007年9号台風の事例について、気象庁 NHM に LETKF を適用したモデルでの風速と AMeDAS で観測した風速との比較を行った。稲津（北大）は、開発した MIROC と気象庁 NHM とを2方向ネスティングする手法と従来の1方向ネスティング手法について、東アジア領域での予報実験結果を基に比較を行った。板野（防衛大）は、上下を剛体壁で囲まれたブジネスク流体においてコリオリ力の水平成分も考慮した対称不安定について、その性質を議論した。（里村雄彦）

3. おわりに

今回は初めての日本版国際非静力学モデルワークショップとなった。国際ワークショップの開催は2007年の第9回（国内）非静力学モデルワークショップで提案され、気象学会非静力学数値モデル研究連絡会の幹事メンバーを中心に準備を始めた。しかし、当初は仙台で開催する予定であった日程がヨーロッパ中期予報センターでの非静力学モデルワークショップの直後となっていることが開催1年前になって分かり、日程を急遽変更すると共に開催地も京都に変更となった。また、講演申込数が国内ワークショップの約1.5倍の50件程度と予想していたのが大きく外れ、70件を超える申込となったため、開催約4ヶ月前に急遽ポスター発表を設けて口頭発表からの変更希望を募るなど、最後までバタバタしてしまった。ポスターへの変更にご協力頂いた講演者の皆様に感謝致します。

ネットで繋がった組織委員会、里村が属する京都大学の物理気候学研究室の教職員と学生のみの実行部隊、という手作りの国際ワークショップであったので気疲れもしたが、内外の参加者から労いの言葉をかけていただき、疲れも霧散した。また、海外の参加者から、第1回と言うからには第2回以降があるよね、と念を押されたときも、国際ワークショップをしようと提案した張本人として報われた気がした。海外著名研究者と直に話す機会を国内で設けることができたのは、モデル研究に携わる若い研究者・学生に大きな刺激になったと思う。非静力学数値モデル研究連絡会では今後も隔年で国際ワークショップを開催する予定な

ので、モデル利用者だけでなく、日本では孤立しがちなモデル開発者も、海外の同業者と議論することにより今後ますます元気になることを祈っている。なお、組織委員会メンバーのプロジェクトから大半の海外研究者の渡航経費を支援いただいたのが、海外研究者の参加数を増やしてバラエティに富んだワークショップとなったことに貢献している。ここに記して感謝します。(里村雄彦)

略語一覧

AMSR-E : Advanced Microwave Scanning Radiometer for EOS (Earth Observation Satellite)
 ARW : Advanced Research WRF
 COSMO : Consortium for Small-scale Modeling
 CReSS : Cloud Resolving Storm Simulator
 CTEI : Cloud Top Entrainment Instability
 ECMWF : European Centre for Medium-Range Weather Forecasts
 fvGCM : finite volume GCM
 GFDL : Geophysical Fluid Dynamics Laboratory
 GSFC : Goddard Space Flight Center
 JNoVA : JMA Nonhydrostatic Variational Assimilation system
 LES : Large-Eddy Simulation
 LETKF : Local Ensemble Transform Kalman Filter
 MIROC : Model for Interdisciplinary Research On Climate
 MYNN : Mellor-Yamada-Nakanishi-Niino
 NCAR : National Center for Atmospheric Research
 NCEP : National Centers for Environmental Prediction
 NHM : NonHydrostatic Model
 NHOES : NonHydrostatic Ocean model for Earth Simulator
 NICAM : Nonhydrostatic ICosahedral Atmospheric Model

NOAA : National Oceanic and Atmospheric Administration
 PDF : Probability Density Function
 SGS : SubGrid-Scale
 T-PARC : The Observing System Research and Predictability EXperiment (THORPEX) Pacific Asian Regional Campaign
 TRMM-PR : Tropical Rainfall Measuring Mission - Precipitation Radar
 TVD : Total Variation Diminishing
 WRF : Weather Research and Forecasting model
 WWRP : World Weather Research Program

参考文献

國井 勝, 齊藤和雄, 原 昌弘, 2009 : メソアンサンプル予報に対する初期摂動結合手法の試み. 日本気象学会秋季大会予稿集, D159.
 Miura, H., 2007 : An upwind-biased conservative advection scheme for spherical hexagonal-pentagonal grids. *Mon. Wea. Rev.*, **135**, 4038-4044.
 Miyoshi, T. and K. Aranami, 2006 : Applying a four-dimensional local ensemble transform Kalman filter (4D-LETKF) to the JMA nonhydrostatic model. *SOLA*, **2**, 128-131.
 Nolan, D. S. and E. D. Rappin, 2008 : Increased sensitivity of tropical cyclogenesis to wind shear in higher SST environments. *Geophys. Res. Lett.*, **35**, L14805, doi : 10.1029/2008 GL034147.
 Saito, K., M. Kunii, M. Hara, H. Seko, T. Hara, M. Yamaguchi, T. Miyoshi and W. Wong, 2010 : WWRP Beijing 2008 Olympics Forecast Demonstration / Research and Development Project (B08 FDP/RDP). *Tech. Rep. Meteor. Res. Inst.*, (62), 210 pp.
 里村雄彦, 國井 勝, 安永数明, 竹見哲也, 野田 暁, 重尚一, 2008 : 第9回非静力学モデルに関するワークショップの報告. *天気*, **55**, 111-115.