

第13回非静力学モデルに関するワークショップの報告

中井 専 人*¹・沢 田 雅 洋*²・津 口 裕 茂*³・中 村 晃 三*⁴
 村 田 昭 彦*⁵・篠 田 太 郎*⁶・原 旅 人*⁷・竹 見 哲 也*⁸
 相 澤 拓 郎*⁹・Woosub Roh*¹⁰・藤 田 学 斗*¹¹・板 戸 昌 子*¹²
 石 島 伯 紀*¹³・熊 倉 俊 郎*¹⁴・石 塚 翔 大*¹⁵・小 林 麻 耶*¹⁶
 後 藤 研*¹⁷・本 田 明 治*¹⁸

1. はじめに

今回で第13回となる非静力学モデルに関するワークショップが、2011年10月13、14日に新潟県長岡市にある長岡技術科学大学マルチメディアシステムセンターにて開催された。この回数は国際ワークショップとして開催された2010年も含む回数である。発表件数は45件と、国際ワークショップとなった2010年を別にするると第10回の名古屋開催時と並んで最多となった。参加者数は71名とやや少なめの人数ながら、終始盛り上がりを見せたワークショップとなり、まずまずの結果ではないかと思われる。

セッションは「台風・熱帯」「降水系 I・豪雨」「降水系 II・雪・雲物理」「気候・海洋」「モデル検証」「モデル開発・同化」「LES・境界層・風」とから構成された。モデル開発や非静力学モデルの大きな目的で

ある降水系についての発表に加えて、特に LES 関連の話題で1セッション組めたことが、非静力学モデルを用いた研究の広がりを象徴しているように思われる。非静力学モデルの精緻化、気候研究への利用、データ同化など改良と応用が進む中、高分解能化とともに乱流過程の取り扱いが課題となってきたとも言えよう。

本報告では、各セッションの内容について座長をされた方に執筆をお願いした。また、ワークショップ運営、全体的な印象、セッション以外の行事について、それぞれ参加された学生の方に執筆をお願いした。次節以降、簡潔にまとめられているので、参照いただきたい。なお、文体等は一部筆者の方で統一したことをお断りしておく。(中井専人・熊倉俊郎・本田明治)

*1 Sento NAKAI, 防災科学技術研究所雪氷防災研究センター。

*2 Masahiro SAWADA, 東北大学大学院理学研究科。

*3 Hiroshige TSUGUTI, 気象研究所予報研究部。

*4 Kozo NAKAMURA, 海洋研究開発機構地球環境変動領域。

*5 Akihiko MURATA, 気象研究所環境・応用気象研究部。

*6 Taro SHINODA, 名古屋大学地球水循環研究センター。

*7 Tabito HARA, 気象庁予報部数値予報課。

*8 Tetsuya TAKEMI, 京都大学防災研究所。

*9 Takuro AIZAWA, 筑波大学大学院生命環境科学研究所。

*10 東京大学大気海洋研究所。

*11 Manato FUZITA, 長岡技術科学大学大学院工学研究科。

*12 Atsuko ITADO, 長岡技術科学大学大学院工学研究科。

*13 Tomonori ISHIJIMA, 長岡技術科学大学大学院工学研究科。

*14 Toshiro KUMAKURA, 長岡技術科学大学環境建設系。

*15 Shota ISHIZUKA, 新潟大学大学院自然科学研究科。

*16 Maya KOBAYASHI, 新潟大学大学院自然科学研究科。

*17 Ken GOTO, 新潟大学理学部。

*18 Meiji HONDA, 新潟大学自然科学系。

© 2012 日本気象学会

2. セッション概要

2.1 熱帯・台風

野田 暁（海洋研究開発機構）は、全球雲解像モデル（NICAM）を用いて水平格子14kmと7 kmで得られた降水日変化の水平解像度依存性について報告した。陸上では TRMM と比べて14kmでは約6時間、7 kmでは約3時間の降水ピークの遅れが見られた。海上では水平解像度依存性は小さく、陸上では、高解像度により小規模な降水域の再現性が向上するために、降水日変化の再現性が向上することを示した。

竹見哲也（京都大学）は、台風の最大強度に対する乱流混合の影響を調べるため、WRFを用いてスマゴリンスキーモデルのモデル定数（Cs）に対する感度実験を行った。乱流モデルの影響について、過去の研究では2次元軸対称モデルを用いて調べられていたが、3次元モデルで系統的に調べられていなかった。Csが小さくなるにつれて、台風の最大強度は強くなり、最大風速半径が狭まることを示した。

Rochelle Coronel（東北大学）は、JMA-NHMを用いて、2010年台風13号についてDeardorffとMYNNの乱流モデル（Nakanishi and Niino 2004, 2006）を用いた再現実験を行い、それらのエネルギー収支を解析した。Deardorffモデルを用いた場合、MYNNモデルを用いた場合に比べて有効位置エネルギーから運動エネルギーへの変換は小さくなるが、地表摩擦によるエネルギーロスが小さくなり、正味として運動エネルギーの増加率が大きくなることを示した。

宮本佳明（理化学研究所）は、過去の研究で提唱された台風強度と傾度風平衡度合の関係について検証するため、NICAMの水平格子7 kmの計算結果8年分を用いて、成熟期における台風の傾度風平衡度合を統計的に調べた。最大可能強度（MPI）を超えるような強い台風ほど傾度風よりも速い接線風（超傾度風）を持ち、過去の研究で提唱された仮説と整合的であることを示した。

沢田雅洋（東北大学）は、周期的に伝播する台風に伴うレインバンドの特徴を調べるため、JMA-NHMを用いた地表面フラックスに対する感度実験を行った。顕熱フラックスを増やすとcold poolが早くつぶれてレインバンドの伝播は不明瞭になり、顕熱フラックスを減らすとcold poolが長い時間維持されてレインバンドの伝播が明瞭であることを述べた。

辻野智紀（名古屋大学）は、台風の内部コア域の非

軸対称構造が台風強度に及ぼす影響を調べるため、CReSSを用いたいくつかの数値実験を行い、角運動量収支を解析した。成熟期の台風に注目すると、最大風速半径付近では渦輸送項による角運動量の減少が見られ、渦ロスビー波が減速に関与していることを示唆した。渦輸送項による減速は、強い台風ほど大きかった。

相澤拓郎（筑波大学）は、NICAMで再現された2008年台風13号の発達過程を理解するため、傾度風度合と非軸対称度について調べた。台風の急発達期には、超傾度風状態にあるアウターレインバンドが時間とともに台風中心へと伝播し、壁雲や接線風の発達に寄与することを示した。急発達期に非軸対称な構造をしていた壁雲は、成熟期に向けて急速に軸対称な構造となり、傾度風平衡からのずれが小さくなることを述べた。（沢田雅洋）

2.2 降水系 I・豪雨

加藤雅也（名古屋大学）は、平成23年7月新潟・福島豪雨を対象としたCReSSによる数値シミュレーションについて発表した。佐渡島を取り除いた感度実験の結果から、佐渡島は豪雨全体の降水分布にはほとんど影響を与えないが、降水帯の位置を局地的に変えることを指摘した。

斉藤和雄（気象研究所）は、局地的大雨事例と集中豪雨事例を対象としたメソアンサンブル予報について発表した。水平解像度2 kmの雲解像モデルでアンサンブル予報を行うことで、予報精度が向上することを示した。また、その精度検証には位置ずれを考慮した“Fractions Skill Score”が有効であることを示した。

牛山朋来（土木研究所）は、2010年7月5日に東京都板橋区で発生した局地的大雨を対象としたWRFによる数値シミュレーションについて発表した。水平解像度、初期値、各物理過程を変更した感度実験の結果から、大雨の再現には初期値の影響がもっとも大きいことを示した。

津口裕茂（気象研究所）は、2010年10月20日に奄美大島で発生した集中豪雨の解析結果について発表した。観測データの解析とJMA-NHMによる理想実験の結果から、奄美大島付近には、北東側から気団変質過程によって形成された暖湿気塊が供給されていたことを示した。

瀬古 弘（気象研究所）は、メソスケールと対流スケールを同時に再現・解析することが可能なLETKF

ネストシステムについて発表した。同システムを2008年9月5日に大阪府で発生した局地的大雨に適用し、結果が良好であることを示した。

荒木健太郎（銚子地方気象台）は、2009年8月9日に千葉市付近で発生した局地的大雨を対象としたJNoVA0による同化実験について発表した。アメダスや環境省大気汚染物質広域監視システム「そらまめ君」の風・気温・湿度を同化することで、大雨の再現性が向上することを示した。引き続き、荒木（銚子地方気象台）は、2011年4月25日に千葉県で発生した竜巻を対象としたJMA-NHMによる数値シミュレーションについて発表した。水平解像度50mの数値シミュレーションにより、竜巻に相当する渦を再現できたことを示した。（津口裕茂）

2.3 降水系II・雪・雲物理

本セッションでは、階層構造の形成メカニズムに関する発表と、雲微物理やエアロゾルに関係した発表が行われた。まず、吉崎正憲（海洋研究開発機構）は、階層構造の形成と2つの中立曲線の存在に関して議論した。対流のパターンは、1. 降水がある場合と降水がない場合で異なること、2. 降水ができる場合でも、液水の蒸発とドラッグをはずすと対流のパターンが変わること、を示し、さらに、条件付き不安定な成層では一部しか中立化が起こらず、その時生成された流れが周囲の不安定を顕在化することで階層構造ができることを示した。

続いて、前島康光（名古屋大学）は、全球モデル（AFES）と雲解像モデル（CReSS）を動的に結合させたモデルを用いて、冬季日本海上に発生したメソ α スケール擾乱のシミュレーション結果について話した。データは双方向に通信し、AFESにおいてCReSSを走らせている領域では積雲パラメタリゼーションを使わずに走らせることができる。メソ α スケール擾乱とその発生にかかわる上層のトラフの再現、静的安定度との関係、エネルギー変換の解析結果などが示された。

加藤輝之（気象庁）は、降雪予想に対する水平・鉛直解像度と乱流過程への依存性に関して話した。解析には、冬季季節風吹き出し時の日本海海上の5日間のデータを使った。温位の鉛直プロファイルに効くのは、乱流スキームの影響が大きく、Deardorffスキームを使った場合、顕著な絶対不安定の層が生成されるのに対し、MYNNスキームでは絶対不安定層を取り

除きすぎている可能性があることを示した。また運動量の下層への輸送による海面フラックスへの影響、上昇流の強さ、あられの生成など雲微物理過程、降水量への影響についても議論した。

中井専人（防災科学技術研究所）は、JMA-NHM予報値を使ってレーダー反射強度因子を計算するのに、Rayleigh近似、Mie散乱、非球形粒子（回転楕円体を仮定）の散乱の3つの場合を比較した議論を行った。その結果、非球形散乱では雲頂付近など弱い降雪強度がMie散乱よりも強めに出るなどの傾向が得られたものあまり大きな差ではなかった。一方、計算に使った雪の密度は大きな影響を与えることが分かった。

本吉弘岐（防災科学技術研究所）は、JMA-NHMを用いた降雪予測実験と地上降水粒子観測について、降水分布、特に降雪粒子の種類に対応を調べた。観測はCCDカメラ、光学式ディストロメーターなどを用いて、粒径と落下速度から卓越降水粒子の種類を推定したものである。モデルでは気温が暖かく予測され、雨が混じる降水が多くなる傾向がみられた期間があるなどの問題が指摘された。

馬場雄也（海洋研究開発機構）は、雲解像モデルで使う雲微物理過程モデルで2モーメントスキーム（2M）の長期メソ対流系への影響について示した。凝結に過飽和を許す新しいスキームを入れたMSSGを使いスコールラインの再現実験を行い、2Mを使うと層雲領域が広く広がる傾向を確認した。さらに、90日の放射対流平衡実験を行い、2Mでは、層状域の上昇流が強くなり、厚さが増え、光学的厚みが厚くなる頻度が多くなることが示された。

中村晃三（海洋研究開発機構）は、CReSSとJMA-NHMを用いて貿易風帯積雲層の数値実験を行った結果を示し、CReSSビンモデルでは、雲層上層の雲粒子数密度が観測や他モデルに比べて少ない結果が得られたことを示した。その原因の解明のため、気象研究所で開発中のビンモデルを組み込んだJMA-NHMを移植しつつあることが報告された。

清木達也（理化学研究所）ほかは、2Mを使い、エアロゾルの間接効果のうち、凝結成長効果がどの程度働くかを示した。凝結成長効果では、エアロゾルの数密度の大小によって、雲粒の成長の時定数に差ができるが、スコールラインの形成初期段階では、凝結成長効果がエアロゾルの影響の大部分を占めることを示した。さらに、凝結成長の効果が力学に正のフィード

バックとして働くことの重要性を示した。

(中村晃三)

2.4 気候・海洋

このセッションでは、気候に関して3題、海洋に関して1題の発表があった。

村田昭彦（気象研究所）は、非静力学地域気候モデルによって再現された現在気候の地上気温についてアメダスによる観測値を用いて検証を行った結果について発表した。その結果、年平均した日平均気温の再現性は良好で、平方根平均二乗誤差とバイアスの大きさは共に1 K以内に収まっていた。ただ、気温を実際よりも低めに再現している地域があり、モデル内で都市の構造物や排熱といった都市化の表現がされていないことの影響を指摘した。

橋本 篤（電力中央研究所）は、1年間の予備実験を通して米国のWRFをもとにした領域気候モデルの特性評価を行った結果を発表した。この実験では基本的には境界値に解析値を用いているので、実際の現象を再現している。そこで、軽井沢における観測データを用いてモデルの再現性評価を行い、モデルが局所的な変動の再現はできないものの、土壌温度、土壌水分、積雪深の季節変動を良好に再現していることを示した。

平口博丸（電力中央研究所）は、領域気候モデルを用いて過去52年間に渡る気象の再現計算を行った結果について発表した。モデルの再現性の評価の例として伊勢湾台風の事例を挙げ、当時の気象の場を良く再現していることを示した。また、いくつかの観測点における気温、風向風速、降水量などの年平均値の時系列について、観測値との比較を行った。その結果、ある程度のバイアスはあるものの、変動については概して良く再現されていることを明らかにした。

相木秀則（海洋研究開発機構）は、波浪と海洋混合層について層厚重み付け平均による定式化を行った結果を発表した。これは、密度座標系における渦と平均流の相互作用の知見を海面波に適用し、Mellor (2008) によるサブグリッドスケールの海面波の表現方法を補足・発展させたものである。Iwasaki (2001) と同様な層厚重み付け平均を用いて海洋混合層内の平均流と波浪のエネルギー収支を解析したり、海面摩擦境界層において過去に得られた線形解を考察し圧力応力と摩擦応力の役割を比較したりなどを行った。

このセッションは発表数が4題と他のセッションと比べると小規模であったが、地球温暖化問題を始めとする昨今の気候・海洋分野への関心の高まりを考えると、今後は発表件数が増えてくるのではないかと思われる。

(村田昭彦)

2.5 モデル検証

本セッションでは非静力学モデルを用いたシミュレーション結果を、地上観測や衛星観測を用いて比較・検証する手法について、5件の講演が行われた。

まず、大竹秀明（産業技術総合研究所）は、太陽光発電量予測に向けて、関東地方の都県領域レベルを対象として、MSM (2008年から2010年の3年間) とGSM (2009年から2010年の2年間) の短波放射量を気象官署の全天日射量データと比較した結果を報告した。冬季にはMSMの日積算短波放射量の値が観測結果と良く一致しているものの、夏季には積雲、層積雲、高積雲、巻雲などが観測される際に、MSMの短波放射量が観測値から外れる傾向があることを示した。一方、GSMの短波放射量は季節に関係なく過大であることも示した。

建部祐哉（土木研究所）は、インドネシアのジャワ島、ソロ川流域で、2007年12月と2009年1月の洪水時の降水量について、WRFを用いて再現した結果と、数少ない地上観測データや衛星データを用いた降水量推定の結果を比較した。シミュレーションでは弱い降水の再現性は良いものの、洪水をもたらした上中流域における激しい降水の再現性に問題があることを示し、海陸風、海面水温分布、初期条件におけるMJOの再現性についての感度実験の結果も示した。

篠田太郎（名古屋大学）は、雲解像モデルCReSSを用いた梅雨期のシミュレーション結果に衛星シミュレータSDSUを適用し、赤外帯とマイクロ波帯の輝度温度を比較した結果を示した。赤外帯を用いた解析結果から雲量の再現性は良いものの、シミュレーションでは上層雲の頻度が過大であること、マイクロ波帯の解析結果から降水システム内部の氷粒子の量が過剰であることを示した。

Le Duc（海洋研究開発機構）はJMA-NHMによる降水予報の精度を検証するための新しい手法を提案した。スレットスコアなど従来の手法では、降水が発生する場所や強度が高解像度モデルで表現されていたとしても、僅かでも位置ずれ、時間ずれがある場合には、却って低解像度モデルよりもスコアが悪くなって

しまう傾向があった。Duc は位置ずれを許容する Fractions Skill Score の考え方を時間方向にも拡張することで、ある領域内と時間帯に閾値以上の降水が予測された場合の予報検証方法を示し、実際に雲解像アンサンブル予報の検証に適用した結果について議論した。

Woosub Roh (東京大学) は全球モデル NICAM を用いて熱帯域のクラウドクラスターの再現実験を行い、その結果に衛星シミュレータ SDSU を適用して、TRMM 観測との降雨頂高度と雲頂輝度温度の頻度分布を比べた。シミュレーション結果では降雨頂高度、雲頂高度とも高い領域の頻度が過剰であったが、NICAM で使用している雲微物理スキームの雪と霰の粒径分布に関するパラメータを修正することで、頻度分布が改善されたことを示した。(篠田太郎)

2.6 モデル開発・同化

このセッションではモデル開発、およびデータ同化に関する内容の講演が7件あり、各講演とも活発な議論が行われた。

幾田泰醇(気象庁)は、局地数値予報システムにおけるレーダー反射強度データ同化の取り組みとインパクトを示した。まず、メソ解析と同様に反射強度から相対湿度にリトリーブし従来観測として同化することを述べた。次に、メソ解析との違いとして、カーネル密度推定を用いた最尤推定によるリトリーブ手法の適用と、固体降水利用のため切片パラメータの診断化の実装について説明した。そして、解析予報実験の結果を示し、反射強度データの利用によって豪雨の量的予測精度が改善すると述べた。

原 旅人(気象庁)は、フレームに依存せず多くのモデルで利用できることを目指した物理ライブラリの紹介と、その適用例について示した。ライブラリについては、鉛直1次元モデルとしての実装、物理過程においてユーザー入力を変更しないこと、少なくとも公開インターフェースと命名規則の統一、実装とインターフェース仕様の二種類のドキュメント整備、国際モデル比較等で使われた設定による組み込み方サンプルとテスト環境の提供を紹介した。適用例として、asuca(後述)の開発者が2日程度で境界層と地表面過程の組み込みを完了、実装したことを紹介した。さらに、KiDと呼ばれる雲物理のテスト環境にライブラリ化したJMA-NHMの雲物理を実装し、オプションの選択によって特性が異なることを示した。

河野耕平(気象庁)は、気象庁で開発している次世代の非静力学モデル asuca の現在の開発状況について紹介した。asuca は、スカラー計算機における高い計算効率、保存性、人為的な数値拡散の除去をねらった非静力学モデルである。物理過程の実装には、前の講演で原(気象庁)が紹介した物理ライブラリを用いている。保存性が非常に精度よく達成されており、実事例においても現在の局地モデル(LFM)と似たような結果を再現したこと、JMA-NHM と異なり数値拡散を用いなくても高周波成分が取り除かれていることを示した。

金子 晃(お茶の水女子大学)は、JMA-NHM を Ubuntu Linux で動作させるまでの経過、およびそれを用いた六甲おろしのシミュレーションについて紹介した。六甲山地の細かな地形を再現するために、国土地理院の「うおっちず」の画面を取り込み、画像処理と手作業で50m 間隔の等高線を抽出し、それを補間して細かな地形を作ったことや、水平一様な初期値から予報を開始して、12時間後には山を下る風が表現されていることなどを示した。

山崎弘恵(京都大学)は、直交座標系において複雑地形を取り扱うことができるカットセル法の非静力学モデルにおいて、境界層の解像度を局所的に高めることができるように導入したブロック構造のメッシュを用いた局所格子細密化手法の概要とその性能を紹介した。局所的に高分解能が必要な場所では、Cube と呼ばれるメッシュを再帰的に分割し、大ききの異なる Cube 境界では Cube の大ききの比が1:2になるように調整される。隣接 Cube 間で物理量の情報交換が行われるが、そのフラックスを調整して保存性を持たせた手法を開発し、2次元の熱拡散計算と2次元の移流計算を行い、大域的に空間2次精度を有していることが確認された。

榎本 剛(京都大学)は、NCEP MSM が NCEP RSM に最低限の変更を加えて非静力学化しており、既存の大気大循環モデルを非静力学化する一つの見本となりうることを示した。過去に提案された非静力学方程式系を調べ、静力学気圧に基づく鉛直座標を用いる場合には、NCEP MSM が採用している定式化が妥当であることを示した。また、この方程式系は重力波やロスビー波の分散関係をゆがめることなく、鉛直に伝播する音波は除去されていること、粗い解像度の予備実験では安定に計算ができていたことを述べた。

Weiming Sha (東北大学)は、気象モデルである

JMA-NHM と CFD-model である Simplergo を組み合わせて建物をも解像できるようなモデル DS3 の開発を進めていること、水平、鉛直とも格子間隔10m のモデルで地形の上に建物がある状況でのモデル実験を行い、モデルの安定実行が原理的に可能であることを示した。今後は、1-way nesting を行う JMA-NHM と Simplergo の間のインターフェースを検討していくことを述べた。(原 旅人)

2.7 LES・境界層・風

非静力学モデルを用いた大気境界層の研究が気象学会において徐々に活発になってきており、本ワークショップにおいても境界層セッションが重要な位置を占めるようになってきている。今回は、都市や複雑地形での境界層を対象とした研究発表が集まった。

清野直子(気象研究所)は、JMA-NHM に導入した単層都市キャノピーモデルを用いて、都市効果が降水に及ぼす影響について調べた結果を発表した。2007年8月24日~25日の東京での短時間強雨の事例を対象にシミュレーションを行った。建物の配置とその人工排熱の効果をパラメタライズしたことにより、日最高気温の表現は改善された一方、日最低気温の表現はまだ問題があることを報告した。都市効果を考慮することで、都市効果を考慮しない場合に比べて気温分布が異なり、結果として風系が変わり、降水分布にも影響を及ぼすことを示した。

丸山 敬(京都大学)は、気象モデルの計算結果を流体工学モデルの入力に用いて、複雑地形における気流の LES による乱流計算を行った結果について発表した。2009年の台風18号による山口県下関市のウィンドファームでの強風災害の事例を対象とし、LES モデルの水平空間分解能を約35m として、複雑地形による変動がウィンドファームでの局所的な風速変動に現れている様子を再現した。

池田亮作(筑波大学)は、都市街区を想定した規則配置した粗度ブロック上での気流を解析するための非静力学方程式系を採用した LES モデルの開発についての発表をした。並列計算機に適用するための数値スキームの採用や並列化コーディングの詳細について説明し、粗度ブロック上での流れ場の計算結果を紹介した。

中山浩成(原子力開発研究機構)は、気象モデルと LES モデルの融合による実際の都市域での強風変動の解析結果について発表した。丸山と同様に、気象モ

デルの計算結果を LES モデルに利用しているが、都市域であることから LES モデルでの乱流生成について工夫をしたモデリング手法を採用した。東京都心での2009年台風18号に伴う強風事例を解析対象とし、気象モデルおよび LES モデルの計算結果を気象庁の観測データと比較した。気象モデルは観測された平均風速をよく再現していたものの、変動はまったく表現できなかった。一方、気象モデルの結果を用いた LES モデルによる乱流計算では、平均風速のみならず変動性状もよく表現されていたことを示した。

二星義裕(筑波大学)は、高解像度で LES 計算をするための GPU を用いた高速化、特に、都市気象を対象とした LES モデルについて GPU 高速化を試みた結果と、そのパフォーマンスの評価についての発表をした。GPU を数値計算に活用するための研究は近年活発になってきており、気象モデルのコードを GPU に対応させる開発も進められている。今後はこのような計算機アーキテクチャーを強く意識したモデリングやコーディングが必要になってくるであろうことを述べた。

伊藤純至(東京大学)は、近い将来の数値予報においてメソスケール現象を取り扱う際の格子間隔が1 km 程度であることを想定し、この程度の解像度では従来の境界層乱流モデルでの境界層規模の渦のパラメタライズという前提が成り立たなくなるという問題を取り扱った。格子間隔1 km 程度の数値気象予報においては新しい乱流モデルが必要であるとの認識のもとで、高解像度 LES の結果を用いた境界層渦のスケールの変動成分の寄与について調べた。格子幅50m 対流境界層の LES を行い、その計算結果を750m 幅の空間フィルターによって平滑化し、750m 未満の変動成分の寄与を熱フラックスの輸送方程式の各項において評価した。その結果、従来のモデルでは考慮されてこなかった効果のモデル化が必要であることを指摘した。

加藤隆之(筑波大学)は、湖盆地形での湖陸風循環をシミュレーションするための数値モデルの開発について報告した。直交座標系を採用し階段状で地形を表現して2次元モデルを構築し、両側に斜面を有する盆地とその中央に湖を配置した領域設定により、斜面風と湖陸風との関連について調べた。

都市や複雑地形といった複雑地表面上での乱流や境界層に関する研究は、より現実的な状況で大気境界層を捉えるという観点から、今後もより活発になってく

るものと考えられる。今後も本ワークショップが、複雑地表面上での非静力学モデリングのプラットフォームになるものと期待される。(竹見哲也)

3. 参加報告

今回の非静力学モデルに関するワークショップは、長岡を訪れる初めての機会となった。長岡は、落ち着いた良い街であり、景観や商業の形態などから地方の中核都市であると感じた一方、交通事情は都市とかけ離れたものを感じた。筆者の発表は、非静力学モデルで再現された実台風に対する傾度風度合と非軸対称成分の影響についてのものである。台風の急発達期は、超傾度風状態のスパイラルバンドによるアイウォール形成に伴い著しく超傾度風化し、軸対称化に伴い傾度風度合が強まる。一方、超傾度風化領域は外側へ拡大し、また波数1~3の波が卓越するというのが結果である。

とても敷居の高いワークショップであると聞いていたので、発表が終わるまで非常に緊張していたことを記憶している。内容が非常に高度で理解することが大変難しい講演が多数であったが、数々の最先端研究を聴講することができ、素晴らしいワークショップに参加したと感じた。また、第一線で活躍している研究者の方々に囲まれて発表させて頂いたことは、とても素晴らしい経験となった。更に講演の多くが若手の研究者のものであったことに刺激を受けた。今後も定期的に参加したいと考えている。(相澤拓郎)

今回の非静力学モデルに関するワークショップは長岡で行われた。場所が不便であることから主催者側の配慮があり、安い費用でバスを利用することができた。学会最終日の次の日は、雪氷防災研究センター、積雪気象観測点、中越地震や豪雨による被災地を巡ることができ、微細物理過程モデリングに興味のある私にとっては、素晴らしい体験だった。特に、降雪の中の『あられ』と『雪』の分別に関する観測的研究は興味深いものであった。また観測について、装置に雪が積もると誤差が生じるため、装置上部にカメラを設置し、様々な角度から、積雪重量計や高分解能降水強度計など装置周辺の着雪まで監視する手法には感銘を受けた。数値モデルを利用する場合、観測結果が正しいと見なして、様々な実験を行うことになるが、このような観測手法の問題点やそれを検証する方法は興味深かった。(Woosub Roh)

スタッフとして初めてNHMワークショップに参加したが、他の運営者の方々、参加された皆様のおかげで目立ったトラブルもなく無事に終わった。会場である長岡技大は駅や宿泊・飲食施設から遠く利便性が悪いが、送迎バスをチャーターしていたことにより解消されていた。また会場の設備で各席にマイクがあったことは好評に見えた。私は非静力学モデルに明るくないため、専門用語が多く専門の知識を必要とするこのワークショップは敷居が高く感じられた。しかし講演は海洋を含んだ広い範囲から特定の地域に絞ったモデル、モデルの検証、境界層についてなど興味深い題材が多かった。また同年代の方の講演は良い刺激となったので、今後もこのワークショップに積極的に参加していきたい。(藤田学斗)

長岡技術科学大学で非静力学モデルに関するワークショップが開催され、スタッフとして参加した。県外からも含めて多くの発表者の方々が集まったが、受付業務のためあまり多くの発表を聴講することができなかった。聴講した発表内容はいずれも最先端の研究や高度な研究であり、理解しにくかった部分も多く、より勉学や研究に励んでいきたいと感じた。特に長岡は豪雪地帯であり、さらに2011年は豪雨も発生した地域なので、研究が防災に役立つよう積極的に取り組んでいきたい。(板戸昌子)

天気予報などに用いられている非静力学モデルJMA-NHMであるが、今回のワークショップに参加したことによって、いかに多くの方面や機関などで活用され、研究されているのかがわかった。個人的に最も印象が強かったのがモデル開発のセッションであり、モデルの中身を日々発展させ精度の向上を目指してゆく姿勢がすばらしいと思った。私自身、現在大学でJMA-NHMを用いているが、ワークショップの全体を通して、非常に勉強になったと思っている。(石島伯紀)

今回初めて非静力学モデルの専門的な話を聴き、現象のスケールや場所によって様々なモデルが使われていることを改めて実感した。現象の更なる理解のため、モデルの新たな開発が進められること、また一度開発されたモデルでも検証や改良が日々重ねられていること、それによって研究がどのように進捗していくか実感することができた。更に、それぞれの研究発表

に対して活発な意見交換が行われており、予報モデルの精度向上に多くの期待が寄せられていると感じた。特に解像度10m単位の予報モデルや、建物や木のような細かい地形のデータも取り入れるという研究発表が印象に残った。また、他大学の院生の発表も多く、大いに刺激を受けたので、これからより頑張っていこうと思った。

筆者の一人（後藤）は新潟市周辺の降水量に対する佐渡の地形の影響について研究をしている。冬季のレーダー画像を見ていると、佐渡の地形効果がしばしば発生しているように見受けられる。今回のワークショップでは2011年に起きた新潟・福島豪雨の数値シミュレーションについての発表があった。この発表では解像度を変えたり、佐渡の山地の標高を変えたりして降水に対する佐渡の影響を解析していたので自分の研究と関係があり、今後の研究を進める上での参考になった。（石塚翔大・小林麻耶・後藤 研）

4. おわりに

最後に、事務局として今回意識的に、「いかに円滑に、かつ盛り上げるか」を考えて開催したので、その点について述べたい。

まず、会場までの公共交通機関が本数の限られた路線バスしかなく、そのままでは参加者の積み残しや他の利用者への影響が避けられないため、シャトルバスを毎日1往復運行した。利用者のシャトルバスへの誘導を図るため、料金を路線バスより安く設定した。積雪気象観測点や平成23年新潟・福島豪雨被災地などを巡るツアーも企画した。これらは申し込み制とし、メーリングリストで予約を募った。

事業収入面では、気象学会からの補助のほかには(株)長岡観光コンベンション協会の助成を受け、シャトルバス費用や予稿集印刷費の一部に充てた。助成には主催団体、県外参加者数等の条件があるが、今回のワークショップはそれをクリアしており、助成金の他、不織布のコングレスバッグなどが供給された。新幹線で長岡駅に到着して、『第13回非静力学モデルに関するワークショップ』の歓迎看板を見て驚かれた方もみえたと思う。さらに、主催に加わった機関からPR用に作られたペンを提供してもらうなど、この規模のワークショップでも交渉によって国際学会のようなサービスができることがわかった。

参加者の方の意見では、会場に対する評判が非常に良かった。3面スクリーン、座席マイクなど設備が非

常に良く、シャトルバスを使ってでもこの会場にして良かったと感じている。マイク係が走る待ち時間がなく、セッション後のアナウンスに専用のPCを使うことができるなど、円滑な運営に会場の機材を有効に使うことができた。会場周辺に大学の食堂以外の食事場所がなかったが、それについては、午前セッションの終了を12時より早くし、在学生との時間差をすることで対処した。懇親会ではコース料理の他に新潟県産（ほとんどが長岡市産）の秋限定の吟醸／純米酒を7種飲み比べできるようにし、長岡ならではと思ってもらえるようにした。

最後になりましたが、今回のワークショップは、主催として非静力学数値モデル研究連絡会のほかに防災科学技術研究所・長岡技術科学大学・新潟大学理学部が加わる形となり、各機関の協力を得ています。また、3機関のスタッフ、学生の皆さんの働きにより、円滑な運営が可能となりました。これまでに非静力学モデルに関するワークショップを開催された先達の方々からは、種々のご教示をいただきました。以上、記して感謝いたします。

（中井専人・熊倉俊郎・本田明治）

略語一覧

- AFES : Atmospheric General Circulation Model for the Earth Simulator 地球シミュレータ用の、スペクトル法を用いた全球3次元静力学大気大循環モデル
- asuca : Asuca is a System based on a Unified Concept for Atmosphere 気象庁で開発中の次世代数値モデル
- CFD : Computational Fluid Dynamics 数値流体力学
- CRSS : Cloud Resolving Storm Simulator 名古屋大学で開発されている非静力学雲解像モデル
- DS3 : Down-Scaling Simulation System 東北大学で開発されているダウンスケールシステム
- GPU : Graphics Processing Unit
- GSM : Global Spectral Model 気象庁で使用され、結果が配信されている全球予報モデル
- JMA-NHM : Japan Meteorological Agency NonHydrostatic Model 気象庁非静力学モデル
- JNoVA : JMA Nonhydrostatic Variational Assimilation system JMA-NHM用の変分法データ同化システム JNoVA0はそのプロトタイプとなる3次元同化システム
- KiD : Kinematic Driver for microphysics intercomparison <http://appconv.metoffice.com/microphysics/>

- index.shtml
- LES : Large-Eddy Simulation
- LETKF : Local Ensemble Transform Kalman Filter
- LFM : Local Forecast Model 気象庁の高分解能局地モデル
- MJO : Madden-Julian Oscillation マッデン・ジュリアン振動
- MSM : Meso-Scale Model 気象庁で使用され、結果が配信されているメソスケール予報モデル
- MSSG : Multi-Scale Simulator for the Geoenvironment 地球シミュレータ用の全球-領域・非静力学・大気海洋結合コード
- MYNN : Mellor-Yamada-Nakanishi-Niino
- NCEP : National Centers for Environmental Prediction
- NCEP MSM : NCEP Mesoscale Spectral Model NCEP で開発されている非静力学モデル
- NCEP RSM : NCEP Regional Spectral Model NCEP で開発されている静力学モデル
- NICAM : Nonhydrostatic ICosahedral Atmospheric Model 東京大学と海洋研究開発機構で開発されている全球雲システム解像正二十面体格子モデル
- SDSU : Satellite Data Simulation Unit 名古屋大学と NASA/GFSC で開発されている衛星シミュレータ
- TRMM : Tropical Rainfall Measuring Mission 熱帯降雨観測衛星
- WRF : Weather Research and Forecasting model NCAR により維持管理されている米国の次世代天気研究・予測モデル

参 考 文 献

- Iwasaki, T., 2001 : Atmospheric energy cycle viewed from wave-mean-flow interaction and Lagrangian mean circulation. *J. Atmos. Sci.*, **58**, 3036-3052.
- Mellor, G. L., 2008 : The depth-dependent current and wave interaction equations : A revision. *J. Phys. Oceanogr.*, **38**, 2587-2596.
- Nakanishi, M. and H. Niino, 2004 : An improved Mellor-Yamada level 3 model with condensation physics : Its design and verification. *Bound.-Layer Meteor.*, **112**, 1-31.
- Nakanishi, M. and H. Niino, 2006 : An improved Mellor-Yamada level-3 model : Its numerical stability and application to a regional prediction of advection fog. *Bound.-Layer Meteor.*, **119**, 397-407.