

第7回 WRF ユーザー会議 (7th WRF Users' Workshop) 報告*

日下博幸^{*1}・竹見哲也^{*2}・原政之^{*3}・稲田愛^{*4}
坂本晃平^{*5}

1. 会議の概要

2006年6月19～22日に米国コロラド州ボルダー市にある米国大気研究センター (NCAR) において、第7回 WRF ユーザー会議 (7th WRF Users' Workshop) が開催された。この会議は、メソスケールモデル MM5 および領域天気予報モデル Eta の後継モデルとして NCAR, NCEP, NOAA/FSL, AFWA など共同開発中の WRF モデルおよびその初期値作成システムの開発状況、WRF モデルの検証結果、WRF モデルを用いた気象研究の成果を報告しあう会議である。毎年この時期に NCAR で開催されている。これまでは MM5 会議と合同で開催されていたが、今回から WRF 会議単独での開催となった。参加者の総数は約200名であり、日本からの参加者は約10名であった。第1表にセッション名と講演内容の概略を示す。筆者ら (日下・竹見・原) はこれまでも何度かこの会議に参加しているが、セッションの構成はこれまでの会議と大きな違いはないように感じた。

(日下博幸)

第1表 セッション名と内容。

セッション名	内容
WRF Updates	2006年6月現在リリースされている WRFV2.1.2 の紹介と2006年12月にリリースされる V2.2 に搭載される新機能の紹介。
Convection-Resolving Modeling	雲物理モデルの紹介、降雨・降雪シミュレーション結果の報告など。
Hurricane Studies	ハリケーンシミュレーション結果の報告など。
Data Assimilation	データ同化システムの紹介、データ同化のインパクト実験の結果報告など。
Physics Development	雲物理・境界層・地表面モデルの紹介など。
WRF Chemistry	化学反応・輸送モデルの紹介など。
Regional Climate Modeling	気候シミュレーション結果の紹介など。
Model Verification	複雑地形上でのシミュレーション結果の検証・米国空軍気象局による気象予測とその精度検証など。
WPS special session	新しい初期値作成システム WPS の紹介

* Report on the 7th WRF Users' Workshop.

^{*1} Hiroyuki KUSAKA, 筑波大学計算科学研究センター。

kusaka@ccs.tsukuba.ac.jp

^{*2} Tetsuya TAKEMI, 東京工業大学大学院総合理工学研究科。

^{*3} Masayuki HARA, 地球環境フロンティア研究センター。

^{*4} Ai INADA, カリフォルニア工科大学地球惑星科学科。

^{*5} Kohei SAKAMOTO, 株式会社ウエザーニューズ。

© 2007 日本気象学会

2. 各セッションの内容

代表的なセッションの様子を、筆者らの特に印象に残った発表を中心にとりあげて報告する。

2.1 WRF Updates

このセッションは会議の初日の朝に開催された。最初の講演は、例年通り、Dudhia (NCAR) による WRF のバージョンアップ状況と次期バージョンで追

加される新機能の紹介であった。次期バージョンは V2.2 であり、2006年9月を目安にリリースされるとのことであった(実際には、2006年12月22日にリリースされた)。V2.2では、地形・大気データなどの切り出し・内挿システムが SI から WPS (新しいシステム) に変わること、4次元同化のためのナッジング機能、筆者の1人(日下)も開発に携わった都市モデル、全球気候モデルで使われている CAM3放射スキーム、ノイズを除去するための6次の数値粘性、上部境界条件としてのスポンジ層などが追加される予定であると述べられた。また、V2.2以降の予定も簡単に紹介された。今後は、Bin法に基づいた雲物理モデル、メソスケールモデル CSU-RAMS で使われている Fowler-Vonder の雲物理モデル、NCAR の全球気候モデル CCSM で使われている陸面モデル、Meong の LES をはじめとするさまざまな物理モデルが導入されるとのことであった。さらには、この動きとは別に、カリフォルニア工科大学 (Caltech) では全球版 WRF の開発も行われているとの情報も流された。WRF モデルは、これまで全米規模の領域を対象に水平格子間隔 1 km 程度の空間解像度で数日間計算するモデルとして開発されてきた。この講演は、今後 WRF が乱流や竜巻のようなマイクロスケールの現象を対象とした高分解能計算や、気候を対象とした長期積分計算にも対応できるような幅広いモデルになっていくことを示唆していた。

米国では、2010年までに1秒間に10の15乗回(1ペタ回)演算を行うスーパーコンピュータの開発を行う計画が NSF, DARPA, DOE などを中心として進められている。Michalakes (NCAR) からは、ペタスケールの(1秒間に10の15乗回演算を行う)スーパーコンピュータを用いたシミュレーションを視野に入れた WRF の開発についての発表があった。大規模な気象数値実験ではすでに水平格子間隔 10 m 程度の渦解像シミュレーションが視野に入れられている。このようなシミュレーションは、対流活動のメカニズムの解明や、水平格子間隔 1 km 程度の雲解像シミュレーション及び現業の数値気象予報で用いる諸々の物理過程のパラメタリゼーションの改良に繋がるであろうと指摘していた。その他、2006年7月現在、世界の大型計算機の計算速度上位500機をリストアップする、いわゆる TOP500 (<http://www.top500.org/>) で2006年6月現在世界一の計算速度を誇る IBM Blue Gene を用いた WRF の実効速度の結果を示し、4000個の

CPU を用いた並列計算では200GFlops以上のパフォーマンスが得られているとしている。日本では文部科学省主導のもと、理化学研究所、筑波大学計算科学研究センターなどにおいて次世代のスーパーコンピュータの開発が進められており、今後、大規模数値シミュレーションを視野に入れた数値気象モデルの重要性が増大すると思われる。(日下博幸・原政之)

2.2 Convection-Resolving Modeling

セッション座長であった Xue (米国, OU) による「5件の発表があり、アメリカの大学と研究機関から1件ずつ、韓国、台湾、日本と各国から1件ずつ選んだようになっている」との紹介で始まった。それぞれの地域で発生するメソ降水・降雪系に関する数値シミュレーションの話題提供があった。Weisman (NCAR) は、境界層乱流混合のパラメタリゼーションとして YSU スキームと MYJ スキームの2通りを用い、その違いによる水平格子幅 4 km の予報実験の結果の相違について発表した。YSU スキームでは CAPE の評価に大きな誤差が生じることが示され、その理由として YSU スキームでは境界層が実際よりも厚く乾燥してしまう点を挙げた。CAPE の違いによりモデル内で発生するメソ対流系の構造が大きく異なってしまうことが紹介された。YSU スキームの非局所混合の効果が強く現われ過ぎることによるものであろう。Lim (韓国, YSU) は韓国南西部での豪雪の事例に関する WRF による再現性を議論し、海上で変質する過程を適切に表現するために鉛直格子の配置に注意すべきだとした。また、MM5や RSM との比較実験を行い、WRF が必ずしも最も再現性が良いとは限らないことを示した。Chien (台湾, National Taiwan Normal University) は、異なる3つの初期値・境界値を用いた3種類のシミュレーションによる梅雨期の豪雨のアンサンブル予報について紹介し、それぞれのシミュレーション結果がどの程度異なるかを示した。生じた違いの理由に関する考察はなかったが、南シナ海で計画されているドロップゾンデ観測のデータを同化することで予報精度の向上が期待されるとして締めくくった。Schumacher (米国, CSU) は豪雨をもたらす定在性のバックビルディング型のメソ対流系の物理機構について発表した。対流セルはメソ対流性渦近傍で発達し、湿潤不安定な状況を形成することで上昇流が維持されるとし、バックビルディング型の対流は地上の冷氣プールの作用はなくとも持続す

ると結論した。竹見 (東京工業大学) はスコールラインの静的安定度やシアーに対する感度を多数の数値実験で調べた結果を発表し、同じ CAPE の場合でも静的安定度が異なることでスコールラインの強度が大きく異なることを示した。同じ CAPE の場合、可降水量が少ない環境のほうが強いスコールラインが発達することを示し、静的安定度の重要性を強調した。

セッション最後に行われた議論では、今後メソスケールの現業予報で用いられるであろう 4 km 格子幅のシミュレーションの問題点について活発な意見が出された。strongly forced convection (強く強制された対流) を解像するには 4 km 幅は十分であろうが、weakly forced convection (強制的弱い対流) では十分ではなく何らかのモデル化が必要であること、大気質モデリングにおいてはその weakly forced の場合が重要になるので適切なパラメタリゼーションの開発が必要なことなどが指摘された。(竹見哲也)

2.3 Hurricane Studies

2005年のハリケーンシーズンがアメリカに多大な被害をもたらしたことは記憶にあたらしい。この点を反映してか、ハリケーン予報に特化した WRF モデル (HWRP) の開発に係わる話題提供が多かった。Davis (NCAR) は AHW の開発の現状と2005年の上陸ハリケーンをネスティングにより水平格子間隔1.33 km でシミュレーションした結果について報告し、他のモデルとの比較により AHW の性能が勝っていることが紹介された。また、今後のモデルの改良の方向性として海面フラックスの表現法・海洋との結合・初期化・空間解像度を挙げ、それぞれについて考察した。1.33 km 格子間隔のシミュレーションではハリケーンの眼の多角形構造が再現されている点が印象的であった。このセッションでは他に、Fovell (米国, UCLA) は水平格子間隔30 km および12 km で積雲パラメタリゼーションや雲微物理過程を様々に変えた場合のハリケーンの経路や強度に関する多数の感度実験の結果を報告し、Chen (NCAR) はアンサンブルカルマンフィルターを用いたハリケーンの初期化法について紹介し、Surgi (米国, NCEP) は NCEP での HWRP の開発の現状と今後の予定について報告した。私が一番興味を持って聞いたのは Nolan (米国, マイアミ大学) の発表であった。著者のグループがこれまで行ってきた理想化した条件設定でのハリケーンの数値実験を簡単に紹介しつつ、その数値実験をする

際に直面した問題点について苦労話を交えながら語り、WRF の「R」に相当する研究を推進するための提案をした。研究コミュニティにも利用しやすいモデルを目指しているものの、現状では非常に単純な条件設定が可能ないくつかのサンプルプログラムがあるのみで、その条件を少し変更するのにも複数のモジュールを大幅に変更しなければならず、誰にでも使い勝手の良いシステムになっているとは言いがたい。私も理想化した条件設定でのスコールラインの数値実験を行っており、彼の提案には極めて同感であった。

セッションの最後の議論では、ハリケーン予報モデルの開発に必要な点が議論され、数値解法、大気・海洋・波浪の結合モデル、データ同化手法の改善が必要であることが指摘された。(竹見哲也)

2.4 Data Assimilation and Physics Development

この2つのセッションでは、WRF モデルの開発状況を紹介する講演が多かった。Data Assimilation のセッションでは、3DVAR と4DVAR をまとめた WRF-Var システムについて紹介された。レーダーデータの同化結果の報告などをはじめとするいくつかの講演とポスター発表や KMA が行っている WRF-3DVAR を基盤とした全球/領域 Unified システムの開発報告から、3DVAR システムの開発ほぼ終了したという印象を受けた。その一方で、4DVAR についてはそのプロトタイプを紹介がなされたが本格的な使用はこれからのようであった。

一方、Physics Development のセッションでは、開発中の物理モデルの紹介やこれまで開発されてきたモデルの検証結果が報告された。Thompson (NCAR) らは彼らが開発した雲物理モデルの新バージョンを紹介し、このモデルを用いた場合、WRF に導入されている Lin モデルや WSM モデルに比べて米国で発生するスコールラインの構造がより現実的に再現できることを示した。Tewari (NCAR) らは Chen (NCAR) らが中心となって WRF に導入してきた陸面モデル Noah-LSM に著者らの都市モデルをサブモジュールとして導入することによって、ヒューストンとソルトレイクシティで観測された地上気温や地上風の日変化や大気境界層内の気温や風の鉛直分布の再現性が向上することを示した。Hong (韓国, YSU) らは YSU 大気境界層スキーム (MRF と同じく non-local closure の 0 方程式モデル) を導入することにより、これまで使われてきた MRF スキームに

くらべてスコールラインの再現精度が向上することを示した。

これまで WRF で用いられてきた物理モデルの多くは MM5 から移植されてきたものであったが、V2.1 以降徐々に MM5 に導入されていない新しい物理モデルが導入されつつあると感じた。(日下博幸)

2.5 WRF Chemistry

WRF の物理過程の開発の中で特筆すべきなのは化学過程の導入であろう。この物理過程の導入により、メソ気象学分野でも化学過程やエアロゾル過程のような大気質および力学過程との融合の問題が今後は注目を集めるものと思われる。最初に Grell (米国, NOAA) から WRF/chem の開発の現状と今後の予定について話が合った。現時点では気相の化学過程およびエアロゾル過程のモデルを導入しており、今後の開発予定として、化学・エアロゾル過程に対するデータ同化の導入、雲微物理過程との相互作用のより詳細な表現、移流項の差分スキームの検討、さらに境界層過程のパラメタリゼーションの改良を挙げている。以降 6 件の発表があり、Grell が示した概要の細部について説明するようにオーガナイズされていた。MM5/CMAQ と WRF/chem の再現性を比較した研究 (Huang, 米国, ノースカロライナ州立大学), Lin の雲微物理パラメタリゼーションを重量と数濃度を予測できるように改良しエアロゾル・雲微物理過程・放射の絡む直接効果・間接効果を調べた研究 (Gustafson, 米国, Pacific Northwest National Laboratory), KPP (Kinetic PreProcessor) を用いた化学過程のコーディング手法の開発に関する話題 (Salzmann, ドイツ, マックスプランク研究所), 地表面からの放出量を見積る手法の改良によるパフォーマンス向上の話題 (McHenry, 米国, Baron Advanced Meteorological Systems), 境界層パラメタリゼーションの違いによる大気質の予測精度へのインパクトを調べた研究 (Kim, 米国, NOAA), オフラインによる輸送計算によって WRF/chem の欠点を調べ大気質予測での解析値によるナッジングの必要性を指摘した発表 (Ngan, 米国, ヒューストン大学) があった。まだまだモデル開発が進行中で、今後の展開が楽しみだと感じた。(竹見哲也)

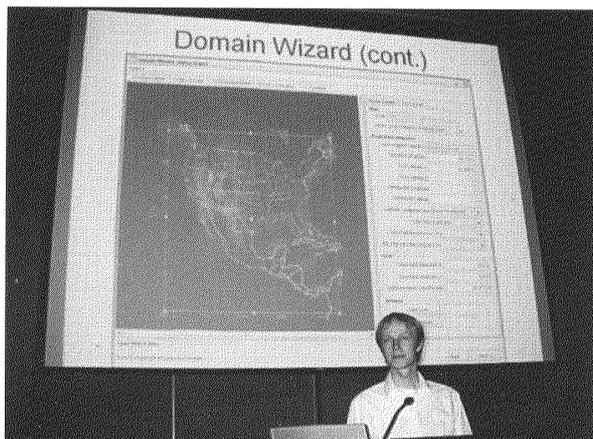
2.6 Regional Climate Modeling and Model Verification

Regional Climate Modeling のセッションでは、領域気候モデルとしての WRF model の気候実験の再現性及び気候実験に必要である物理過程のパラメタリゼーションの改良・開発に関する発表が行われた。Leung (NCAR) の発表では、WRF による tropical-channel simulation (特定の緯度帯すべてを領域とするシミュレーション) の結果が紹介された。現在の多くの GCM では、MJO, 赤道ロスビー波, ケルビン波などの熱帯擾乱が観測データよりもシグナルが弱いことが知られている。tropical channel simulation はこれらの熱帯擾乱の再現性の向上を目的としている。tropical channel model で南緯30度~北緯45度の緯度帯を覆い、さらに年平均降水量が多く熱帯擾乱が発達することが多い海洋大陸周辺域を水平格子間隔 4 km までネストダウンしている。再現された結果は、降水量分布, 循環場, 熱帯低気圧の発生数の年々変動などが観測データと比較してよく再現されているようだった。MJO に関しては GCM よりも改善されてはいるが、観測値と比較するとまだ改良の余地があるようだ。現在の WRF model (version 2.1.2) では、ソースコードの変更無しでこのような channel simulation が可能となっている。また、Hines (米国, オハイオ州立大学) から高緯度域での物理過程を考慮したパラメタリゼーションを WRF に組み込んだ Polar WRF についての発表もあった。気候実験に関する討論では、気候実験に必要である物理過程 (海洋, 海氷, 化学反応, エアロゾル, 地表面, 生態系など) の WRF への導入についての討議が行われた。また、WRF model と GCM を two-way nesting で繋ぐ技術や全球版 WRF (Global WRF) の開発状況に関する討議も行われた。

Model Verification のセッションでは、複雑地形上での降水の再現性についての発表が多く行われていた。冬季トリノ・オリンピック期間中、WRF, MM5 を用いて数値予報を行い、実際に大会の実行委員会に予報データを提供して、その予報精度の評価を行っていたという発表が印象に残った。(原 政之)

2.7 Introduction of the New WRF Preprocessing Program

WRF V.2.1.2 までは再現実験の初期値境界値作成には WRFSI (WRF Standard Initialization) という



第1図 Duda (NCAR) による WPS の講演.

GUIを用いたプログラムが用いられていた。WRFSIは使用するコンピュータ言語の種類が多く複雑であり、汎用性が低く、他のシステムに移植することが困難であることからユーザーコミュニティの間では評価が高くなかった。このようなユーザーの声を受けて、WRF Preprocessing System (WPS) が開発され、次期バージョンの WRF から WPS が初期値境界値作成プログラムとして用いられることになった(第1図)。WPSはJavaで書かれた可搬性の高いGUI部分とそれと独立したデータ処理プログラムからなる。計算領域の選択はGUIにより直感的に行うことができる。GUI部分については公開が始まっている (<http://www.wrfportal.org/>)。以前は、データ処理プログラムの設定ファイルは複数あり、それぞれ別書き換えなければならなかったが、それらの設定ファイルは1つにまとめられ手順が容易になっている。さらに並列化されたため、初期値・境界値の作成が短時間で行えるようになった。このようにユーザビリティの向上を目指すことにより、コミュニティモデルとしてのユーザー数が増加することが見込まれる。ユーザーと開発者との計算結果、改良、バグのフィードバックが盛んに行われるためには、多数のユーザーが必要である。WRFの開発者はMM5の頃からこのようなユーザビリティの向上及びユーザーのサポートを行っており、すでにWRFのコミュニティではユーザーからのフィードバックが盛んに行われている。今回、われわれもWRFの共同開発者や若手研究者の友人らと、今後の開発とフィードバックに関する打ち合わせを行った。打ち合わせ後の食事会では、久しぶりの交流を楽しんだ(第2図)。

(原 政之・日下博幸)



第2図 WRFプロジェクト(NCAR)の若手研究者たちと。向かって1番左が日下(筑波大)、右から2番目が原(地球環境フロンティア)。

3. その他

3.1 会議の感想—4年ぶりのNCAR—

WRFワークショップに参加したのは4年ぶりであり、NCARを訪れたのも4年ぶり、実に久しぶりのBoulderであった。2002年のワークショップ以後の4年間でWRFは大きく発展し、利用者の数もますます多くなり、これまでのNCARのコミュニティメソモデルであるMM5に取って代わろうとしていることを強く感じた。私は2001年5月からの約1年間文部科学省の在外研究員としてNCAR/MMMに滞在してRichard Rotunno博士のもとでメソ対流系の研究に取り組んでいたのだが、開発初期のWRFと格闘していた当時と比べるとWRFの開発もずいぶんと進んだものだと感慨深かった。私のNCAR滞在中の研究は乱流モデルによる粘性効果と数値的な粘性効果を論じたものとして発表した(Takemi and Rotunno, 2003)。その頃からメソモデルのフィルタリング効果について議論した研究が増えてきて活発な議論が続いている。このテーマについては高解像度で量的な予報を行う際になお解決すべき課題が残されていると感じた。また、WRFとCFDモデルとの接続による都市などの現実的な場での非定常な気流の解析に関する研究(ポスター発表, Mirocha, 米国, Lawrence Livermore National Laboratory)が進められていることも、私が所属研究室の上司(田村哲郎教授)と取り組んでいるMM5とLESとの融合による実在都市キャノピー内での風の非定常解析と同じ方向性であり、世の中考えることはみんな同じようなものなのだと感じた。ただ、考えは同じだとしても実際にやって

みると想像以上に困難な問題があるのを認識し、それをいかに克服するかが勝負だと思っている。

3日目午後の後半にモデル開発者やユーザー代表者による WRF 開発の課題について意見交換をする場がもたれた。予定の時間を越えて2時間以上も活発な議論があり、聞いていて楽しかった。ユーザー側からは Mass (米国, ワシントン大学) や Stauffer (米国, ペンシルベニア州立大学) らが中心になり、WRF 開発の問題点について相当突っ込んで議論がなされた。ここで議論されていた内容のエッセンスは Mass (2006) に一部記載があり、興味のある読者には是非一読をおすすめする。2002年のワークショップの際に話題となった内容がいまだに活発に議論されており、WRF 開発に対してモデル開発側の意向とユーザー側のニーズとの間にいまだに埋めきれないギャップがあり、それが WRF 開発の問題点だと感じた。もっとも、こういった点を率直に議論できる雰囲気があることにはいつも感心している。

ワークショップ終了後、Rotunno さんの研究室を訪問した。約2年半ぶりの再会で、とても懐かしかった。1時間ほどの短い訪問であったが、お互いの近況やいま取り組んでいる研究の話をした。Rotunno さんは現在 MMM の副部門長の職にあるにもかかわらず、管理的な仕事よりは「I like to interact with people」と言って同僚との共同研究の話を楽しそうにされた。最近では特に高解像度計算(格子幅100 m 以下)による対流や乱流の振る舞いに興味があるそうで、「みんなどんどん高解像度計算に移行しているね」と笑顔で話された。私もいま取り組んでいるいくつかの研究テーマについて話をし、解決の糸口がまだはつきりしていないようなことも話してみた。そうしたら、早速部屋の黒板を使いながらのディスカッションとなり、そのうちなんとなく方向性が見えてきた。ほんの軽い気持ちで訪問したのが、結構突っ込んだ話ができ Rotunno さんに相談してみて本当に良かったと思った。同時に、NCAR 滞在中に Rotunno さんと議論していた頃をとても懐かしく思い、最後に「機会があればまた一緒に研究したいね」「日本にも是非招待したい」と言って握手をして別れた。今回再会して、Rotunno さんは mentor と呼ぶに相応しい科学者だとあらためて思った。

久しぶりの Boulder の街は大変懐かしく感じた。単身での研究生活だったため、楽しいことより苦しいことのほうが多かったが、しかしそれだけ Boulder

での生活はその当時の感情とともに記憶に焼きついている。車も持っていないで毎日30分かけて自転車で研究所まで通っていたが、今回 Boulder の夏の熱気を感じ、華氏100度近くの暑い日も10度台の寒い日もよく続いたものだと我ながら感心した。Boulder での1年間は私にとってひとつの転機となった期間であり、今回はその地でかつての思い出にひたりつつ気持ちを新たに研究に取り組んでいこうと心に誓い、またいい成果を挙げて NCAR に戻ってこようと決意をあらたにした。(竹見哲也)

3.2 会議の感想—惑星大気モデルへの拡張—

カリフォルニア工科大学の Mark Richardson 博士のグループでは WRF を PlanetWRF として地球以外の惑星大気にも適用すべく開発を続けている。最初に火星大気へと応用し、続いて土星の衛星の1つであるタイタン、最近では金星大気へと研究対象を広げつつあるのである。WRF はメソスケールモデルであるために、シミュレーションをしたい領域の境界条件を指定する必要がある。地球大気の場合、これに観測値を与えることができる。しかし、他惑星の大気はそれほど詳細に観測されているわけではないので、境界条件に全球モデルの計算結果を使うのが妥当な計算方法だ。そこで、PlanetWRF は全球モデルとしても動作するように再構築されており、これは惑星全体としての大気活動における調査にも使われている。

この会議への参加の目的は、PlanetWRF 構築グループの一員として、大本の WRF の開発進行状況を把握しておきたいということと、NCAR の研究者を中心とした開発グループとの意見交換であった。地球大気に調整されたパラメタリゼーションは、他惑星の大気に応用したとき、時に大きなエラーをもたらすことがある。このようにモデル構築中に生じた様々な問題について個々に議論し、具体的な解決策が得られたことは非常に有意義であった。また、私たちのグループでは大気境界層モデルの改良が不可欠であると考えてきたが、このたび WRF の開発者も同じように考えているとわかり、心強いことであった。

私の担当は雲物理を planetWRF に組み込むことであって、火星の H₂O の氷粒子には特に興味を持っている。会議中、テーマ毎のグループに分かれて議論する時間もたれ、私は境界層や雲・エアロゾルの微物理に関する小会議に出席した。この会において、境界層については Wayne Angevine 博士 (CIRES/

NOAA ESRL), 微物理については Gregory Thompson 博士 (NCAR) がコード改良のサブリーダーとなることが決定された。進行役の方がほどよく意見をまとめ、何が必要とされ、何を問題としているのかという共通認識を持つ事ができた会であったと思う。

アメリカ人が中心となる小会議でよく感じるのだが、この議論も全員参加型であった。つまり、もともと準備しているわけではないが、ほとんどの人が自分の思っていることや提案を発言するのである。そうすることで相乗効果として、話しやすい雰囲気が保たれているように思われる。しかし、このような場合でももちろん、黙って事の進行を見守るタイプの人も出席している。進行役の方が黙っている韓国人研究者に話をふると、開発中のプログラムとその問題点について面白い話をきくことができた。様々な国籍の研究者が参加する会議において、それぞれの性質に配慮することで、会議そのものの質をあげることができる良例である。

WRF 会議期間を通して、自己紹介する際に、火星の雲を研究していますと言うと、驚かれることが多かった。地球大気を対象とする研究者の数に比して、惑星大気の数研究者の数は僅かである。またタイタンに降るメタンの雨が人の生活に影響を及ぼすとも思えない。会議に参加した多くの WRF ユーザーにとって、他惑星の気象現象や、それを研究する人がいることが普段意識にのぼらないのも無理からぬことではある。しかし地球以外にも、大気分子を保有し、自転し、風をおこし、雲をつくって活動している固体惑星や衛星はある。地球とは違った条件でおきる大気現象に目をむけてみることで、新たな知見が得られることもあるのではないだろうか。PlanetWRF を使ったシミュレーションが比較惑星気象学の立場から、地球大気の研究に貢献できれば面白いのではないかと考えた。

(稲田 愛)

3.3 会議の感想—民間気象事業者として会議に参加して—

株式会社ウェザーニューズでは、WRF をベースにした独自の数値予報システムを構築しており、今回、WRF の研究開発に関する最新情報を得るため、この会議に参加した。我々は日本だけでなく世界中に様々な気象情報サービスを提供しており、気象庁の数値予報のみを利用するだけでなく、独自に数値予報を行うことが必要となりつつある。本会議には我々以外にも

WDT, WSI といった WRF による数値予報を行っているアメリカの民間気象事業者が参加していた。日本の場合、数値予報は気象庁に任せ、その予測データを元にサービスを行う民間気象事業者が多い。本会議では米国の民間事業者が WRF の開発グループと活発に意見を交換しており、アメリカでは民間も数値予報を行うとともに、モデル開発にも関わっているという印象を受けた。日本と比べ、業界における産官学の役割分担が明確で、相互によく協力しているようである。日本もそれを参考にし、産官学相互のコミュニケーションをより密にしていけば、気象業界の発展につながるのではないかと思う。また、会議での WRF の実験結果の報告では、やはりアメリカ周辺での実験についてのものが多いが、アジアやヨーロッパなどをターゲットにした報告もいくつか見られた。ウェザーニューズではそれらの地域も重要なサービス対象であり、各地域を対象に実験を行っている WRF ユーザーと積極的に情報交換し、地域に適した予報システムの構築をして行きたい。今回はその第一歩として、有意義であった。

(坂本晃平)

謝 辞

本会議の出席にあたり、著者の日下博幸と原 政之は、文部科学省の科学研究費補助金基盤研究 (B) 課題番号17310003 (代表筑波大学大学院生命環境科学研究科木村富士男) より助成を受けました。ここに感謝の意を表します。

参 考 文 献

- Mass, C., 2006 : The Uncoordinated Giant : Why U. S. Weather Research and Prediction Are Not Achieving their Potential, Bull. Amer. Meteor. Soc., **87**, 573-584.
Takemi, T and R. Rotunno, 2003 : The Effects of Sub-grid Model Mixing and Numerical Filtering in Simulations of Mesoscale Cloud Systems, Mon. Wea. Rev., **131**, 2085-2101.

略語一覧

- AWA : Air Force Weather Agency 米国空軍気象局
AHW : Advanced Hurricane WRF ハリケーン研究用 WRF
CAM3 : Community Atmosphere Model, Version 3 (米国大気研究センターで開発された大気大循環モデル)
CCSM : Community Climate System Model (米国大気研究センターで開発された気候システムモデル)

- CFD : Computational Fluid Dynamics 数値流体力学
 CIRES : Cooperative Institute for Research Environmental Sciences
 CMAQ : Community Multiscale Air Quality Model (米国環境保護庁 EPA で開発された大気汚染物質輸送モデル)
 CSU : Colorado State University コロラド州立大学
 CSU-RAMS : Colorado State University-Regional Atmospheric Modeling System (コロラド州立大学が開発した領域気象モデル)
 DARPA : Defence Advanced Research Projects Agency
 DOE : Department of Energy 米国エネルギー省
 ESRL : NOAA Earth System Research Laboratory 米国海洋大気庁地球システム研究所
 GCM : General Circulation Model 大気大循環モデル
 HWRF : Hurricane WRF ハリケーン研究用 WRF
 KMA : Korea Meteorological Agency 韓国気象庁
 LES : Large Eddy Simulation ラージエディシミュレーション (乱流モデリング手法のひとつ)
 MJO : Madden-Julian Oscillation マッデン・ジュリアン振動
 MMM : Mesoscale and Microscale Meteorology NCAR メソスケール・マイクロスケール気象部門
 MM5 : PSU (Pennsylvania State University)/NCAR Fifth-Generation Mesoscale Modeling System (米国ペンシルベニア州立大学と米国大気研究センターが開発したメソスケールモデル)
 MM5/CMAQ : MM5 と CMAQ の結合モデル
 MYJ : Mellor-Yamada-Janjic (Mellor と Yamada によって開発された乱流モデルを Janjic が改良したもの)
 NCAR : National Center for Atmospheric Research 米国大気研究センター
 NCEP : National Center for Environmental Prediction 米国環境予測センター
 NOAA/FSL : National Ocean and Atmospheric Agency/Forecast System Laboratory 米国海洋大気庁予報システム研究所
 Noah-LSM : The Community Noah Land-Surface Model (NCEP, Oregon State University, Air Force, Hydrologic Research Lab./NWS が共同開発した地表面モデル)
 NSF : National Science Foundation 米国科学財団
 OU : Oklahoma University オクラホマ大学
 RSM : Regional Spectral Model 領域スペクトルモデル
 SI : Standard Initialization (WRF の標準初期値作成システム)
 UCLA : University of California, Los Angeles 米国カリフォルニア州立大学ロサンゼルス校
 WDT : Weather Decision Technologies (米国の民間気象会社の1つ)
 WPS : WRF Preprocessing System WRF の新しい初期値作成システム
 WRF : Weather Research and Forecasting (米国大気研究センター・米国環境予測センターなどで開発されている領域気象モデル)
 WRF/Chem (WRF に化学過程を組み込んだモデル)
 WRF/CMAQ (WRF と CMAQ の結合モデル)
 WSI : Weather Services International (米国の民間気象会社の1つ)
 WSM : WRF Single Momentum (WRF に導入されているバルク雲物理モデルの1つ)
 YSU : Yonsei University 韓国延世大学
 3DVAR : Three-dimensional variational analysis 3次元変分法
 4DVAR : Four-dimensional variational analysis 4次元変分法