

第9回 WRF ユーザー会議報告*

手柴充博*¹・坂本晃平*²・滝川雅之*³・川瀬宏明*⁴

1. はじめに

2008年6月23～27日にコロラド州ボルダーにて、第9回 WRF ユーザー会議が開催された。この会議は、非静力学数値気象モデル WRF (Skamarock *et al.* 2008) のユーザー・開発者が一堂に会し、WRF の開発状況やユーザーから上がってくる問題点などを通じて、ユーザーと開発者の相互情報交換を行うことが主な目的である。今年の会議には世界各国から255人の参加があり講演数も延べ168件あって、会議の規模は年々拡大している。日本からの参加者も、自らの研究発表のみならず、研究者との意見交換を通じて、研究面また WRF を動かす上での実用面でのノウハウを吸収していた。特に2008年は、WRF の Version 3 が3月にリリースされたこともあり、2007年に開催された第8回会議と比較し WRF の物理過程についての講演が多かった。また、化学過程を考慮した WRF/Chem についての講演及び専門家の参加が特に今年は多かった。今後もこの分野の参加者が増えてくるものと思われる。例年初日は、WRF のワーキンググループから現在の開発状況についての討論があり、2日目から一般講演、最終日は WRF アプリケーションのチュートリアルがある。

近年、WRF を用いた研究が日本でも盛んになっており、本報告が WRF を使いこなす上での一助になれば幸いである。

ば幸いである。

2. 各講演についての報告

それぞれの講演について、筆者らが注目した発表についての報告を行う。

2.1 WRF Development

まず、Dudhia (NCAR) により、WRF Version 3 の Update についての報告があった。WRF のグローバルモデル化 (Global WRF) や初期値に含まれるノイズが軽減されるフィルタ (DFI) などの新機能の紹介の他、WRF 上で LES も実行可能となったとの報告があった。他にもバージョンアップのたびに行われている、放射過程・PBL スキーム・雲物理過程などの改良も進んでいる。今後、データ同化の一種であるナッジングの高度化、雲物理過程の高次元化などが行われて、バージョン3.1のリリースは2009年3月頃を予定しているとのことであった。また、WRF だけでなく WRF/Var, WRF/Chem についてのチュートリアルが定期的で開催されるとのアナウンスがあった。

Duda (NCAR) によって、WRF のプリ・ポストプロセスについての報告があった。プリプロセスについては、ソースコードのダウンロードサイトからダウンロードできる地形ファイルのみならず、サイトになり新しい地形データも簡単に使うことができるようになった。また、これまで1 way ネスティングで実行するときには、同じ η 面でないとなすとネスティングができなかったが、新たなプログラムにより子ドメインに対応した初期値・境界値を作成することにより、鉛直層数や位置が異なる場合でも実行可能となり、WRF を利用する際の自由度が広がった。

Brown (NCAR) によって MET についての説明

* Report on the 9th WRF Users' Workshop.

¹ Michihiro S. TESHIBA, (株) ウェザーニューズ.

² Kohei SAKAMOTO, (株) ウェザーニューズ.

³ Masayuki TAKIGAWA, (独) 海洋研究開発機構・地球環境フロンティア研究センター.

⁴ Hiroaki KAWASE, (独) 海洋研究開発機構・地球環境フロンティア研究センター (現: (独) 国立環境研究所).

があった。MET はモデル出力と観測を比較し、モデルの精度を評価するためのデータセットを作成するプログラムであり、2008年1月に Version1.0 がリリースされた。モデルの評価については、場所の違いや降雨強度の違いといった項を考慮して評価するシステムとなっているとの報告であった。

Smith (CIRA) によって報告された WRF Portal とは、OS によらない WRF-ARW/NMM 共通の環境設定と実行のためのツールであり、これらについての利用方法や適用事例の紹介があった。(手柴充博)

2.2 Forecasting Systems

今や、NCEP を始め、多くの気象機関や大学、民間企業等が WRF による現業予報システムを構築し、運用している。このセッションでは、そのようなシステムの現状や研究開発について紹介された。

DiMego (NCEP) や Surgi (NCEP) は NCEP の現業予報システムについて報告した。NCEP は2004年から WRF による米国の数時間から数日先までの数値予報を行っているが、今後2010年にかけてその領域の拡大や、水平格子間隔 4 km の高解像度計算、短時間アンサンブル予報のメンバー数増強などが計画されている。また、ハリケーン予報のため領域の移動可能な 2 way ネストモデル HWRF も開発が進められ、2008年シーズンは2007年シーズンに比べ、強度の予報誤差が50%以上縮小するなど、年々性能が向上していることが示された。

Weygandt (NOAA/ESRL) によると、NOAA ESRL は毎時更新の短時間予報システム RUC の次期システムとして、WRF をベースとした RR システムを開発しており、2009年9月に現業化予定である。RR のために開発された、初期値の高周波ノイズを除去する DFI は、WRF Version 3.0 でも利用可能となっている。DFI を用いればタイムステップを伸ばせるため、予報積分にかかる計算資源の節約というメリットもある。

Mass (ワシントン大学) は、アメリカ北西部の WRF の 4 km 格子版によるリアルタイムシミュレーションを行っており、さまざまな地上観測に対するバイアスなど、MM5 と WRF の統計的な予測精度を紹介した。WRF は全般に降水が MM5 より多い傾向であったが、PD 移流スキームを適用後は MM5 より良くなったこと、また、気温は MM5 と同程度で、露点温度は WRF が少し良いことなどを報告した。両者の

違いの原因については、特に言及はなかった。

近年、異なる物理過程の WRF をメンバーとしたアンサンブル予報 (マルチパラメタリゼーション法) がよく試みられているが、Hacker (NCAR) は、物理過程の組み合わせは変えずに、スキーム内のいくつかのパラメータを変えた「マルチパラメータアンサンブル予報」について報告し、前者と同程度のスキルを持つことを示した。さらに、パラメータの摂動を調整することで予報のスプレッドを調整できることを示した。他にも、Cunningham (AFWA) や Kong (オクラホマ大学)、Santos-Munoz (AEMET, スペイン) などが、それぞれのアンサンブル予報システムについて紹介した。日本の気象庁が現業で行っている初期値アンサンブルに加え、マルチモデル法、マルチパラメタリゼーション法を併用したアンサンブル予報システムの開発が活発であることが伺えた。

このように、おおまかには、高解像度化とさまざまなアンサンブル予報技術の開発の流れがある中、オクラホマ大学やイリノイ大学などが共同で開発している LEAD という WEB 環境は特徴的であった。Jewett (イリノイ大学) によると、LEAD とは、ローカルな顕著現象に柔軟に対応できる観測・データ同化・モデリングのための WEB 環境である。竜巻や突風、落雷や洪水などを起こす顕著現象の理解、予測には、固定された観測、モデリングではなく、それらを、現象が起こる場所やタイミングに柔軟に適應できるようにすることが必要である。LEAD では、モデルの複雑な設定をできるだけ簡単にし、GUI ですべて操作できるようにしており、大学の学生や現業予報担当者などが、現象に応じた解析や WRF 等のモデルによる予測を容易に行うことができる。CASA 同様、顕著現象の研究、予報の新たな流れのように感じた。

(坂本晃平)

2.3 Physics

Tewari (NCAR) からは Noah LSM のバージョンアップについての報告があった。これまでこのスキームは、NCAR や NCEP などの機関でそれぞれ開発されていたが、今回の Version3.0 からはそれらが統一された。その結果、例えば冬期の地表面蒸発量や力学的湿度フラックスが改善された。また、このスキームを北米大陸での予報に適用したときに、アメリカ西海岸よりも東海岸の方が、気温の日変化が大きくなる報告があった。

Hong (YSU) からは、自ら開発した境界層スキーム (YSU PBL スキーム) の改良についての進捗報告があった。改良前の YSU スキームとの比較を行った結果、若干高めになる最低気温を低く抑え、観測により合うようにすることができた。

セッションの中で議論の時間が取られ、そこでは高度数百 m 以下での風の予報が改善するかの議論があった。これは PBL スキームの問題だが、そもそも観測データが少なくよく分からない、との指摘があった。つまり、WRF では観測高度が高すぎて地上データでは低すぎる。まずは、観測データをちゃんと解析してほしいとのことだった。観測方法は他にもあるだろうが、PBL スキームの開発には、観測の専門家とモデリングの専門家がさらに密にやりとりをする必要があるのだろう。

Grell (NOAA) により、新しい積雲パラメタリゼーションである、Grell アンサンブルスキームの紹介があった。このスキームは、ウィンドシアアによる降水の効果だけを考慮し 3 次元で計算するため、従来の 1 次元モデルでは出来なかった、隣接する複数のグリッドに対する降水を考慮することが可能となった。これにより、かなりの雨が正確に再現できるようになった。(手柴充博)

2.4 WRF Chemistry

大気化学セッションでは、まず WRF 大気化学ワーキンググループの取りまとめ役である Grell (NOAA/ESRL/CIRES) により生物起源エミッションや森林火災、KPP など、今回のバージョンで新たに導入もしくは改良されたスキームの紹介などが行われた。また今回のバージョンから WRF 本体と WRF/Chem のソースツリーが統合され、WRF/Chem のソースコードがこれまでのバージョンよりも簡単に取得できるようになったこと、および次回の WRF チュートリアルではじめて WRF/Chem のチュートリアルが行われることなども紹介された。

次に、McKeen (NOAA/CIRES) はアメリカ本土上で行われた ICARTT/NEAQS と TexAQS の二つの航空機観測キャンペーンに対するモデル (WRF/Chem, CMAQ-ETA, CMAQ-WRF, CHRONOS, AURAMS, AMS MAQSIP-MM5, STEM-MM5, STEM-WRF の計 8 種類) 間相互比較実験の結果に関する発表を行った。エミッション、階層度、計算領域をそろえた実験では、化学反応に RADM-SOR-

GAM を用いた WRF/Chem は PM2.5 をやや過小評価する一方で、逆に CBMZ-MOSAIC を用いた実験ではやや過大評価することや、モデルは全般的に鉛直拡散をやや過小評価する傾向にあることなどが報告された。

Fast (PNNL) は WRF/Chem を用いたエアロゾル-放射相互過程に関する研究を積極的に行っているが、今回の発表ではこの冬に計画されている南米太平洋岸における集中観測キャンペーン VOCALS に関する発表を行った。これは、沿岸湧昇流による層積雲の成因等を調べるものである。予備的な実験では水平解像度を 15 km 程度まで細かくすることにより雲分布の再現性は良くなるものの、まだ MODIS と比較するとエアロゾルが沿岸部で過小評価傾向である。また雲量の日変化をモデルはよく再現しており、その要因が雲-エアロゾル相互作用によるものと考えられることなども報告された。

Kim (CIRES) は、前回のワークショップで報告された、夜間の PBL 高度を過小評価する傾向にある問題点を改良した YSU スキームを用いて WRF/Chem を走らせた結果について報告を行った。まず、今回の改良により PBL 高度が以前のバージョンよりも 400 m 程度高くなることなどが示された。船舶での観測などと新旧のバージョンの計算結果を比較すると、新スキームを用いることにより気温の低温バイアスや水蒸気量の過大評価が改善された一方で、拡散係数の鉛直分布の仮定に若干問題があるためか、風速は過大評価傾向を強化する方向に作用していた。化学種の比較としては、一酸化炭素や PM2.5 の分布を改善する一方で、オゾン分布への影響はそれほど大きくなかった。

Kosovic (ローレンスリバモア研究所) は二酸化炭素および炭素同位体比の地表観測と WRF/Chem の結果を比較することにより、人為起源エミッションと生物起源エミッションの区分推定、およびモデルの CO₂ エミッションの検証が行えることを示した。

Chemel (Hertfordshire 大学) は、気象場と化学種の計算を同時に行うオンラインモデル (WRF/Chem) と別々に行うオフラインモデル (CMAQ-WRF) との結果の違いについて紹介した。側面境界は GEOS-Chem および STOCHEM の結果をそれぞれ用いる。特に雨が多かった 2002 年 12 月で結果を比較すると、雲-エアロゾル相互作用を考慮することにより、WRF/Chem で 10-20% 程度降水量が少なくなる

ことなどが示された。ただし、化学種の地表観測との比較では統計上の比較は大差ないことなども併せて示された。

また口頭発表のあと、ランチタイムに大気化学グループのグループミーティングが行われたが、「リスタート計算が正しくリスタートにならない（1日ごと小分けした計算結果と、まとめて数日間計算した計算結果とが異なる）」といった技術的な話から、「初心者向けのガイドが必要だ」といったサポート面の話まで手広く行われた。

ポスターセッションでは合計21件の発表があったが、エアロゾルモジュールなどのモデル開発と、アメリカや韓国など各地での地表観測等との比較によるモデル検証とでほぼ半々であった。（滝川雅之）

2.5 WRF Data Assimilation

まず、Huang (NCAR) により、WRF/Var についての概略紹介があった。すでにリリースされている3 DVARに加えて、4 DVAR やアンサンブル同化、アンサンブルカルマンフィルタを用いた同化システムの構築が進んでいるとのことだった。また、Global WRF が実行可能となったのに合わせて、データ同化を Global WRF に適用した実験が行われており、質的評価はまだこれからであるが、まずはシステムとして動いていることが確認できた。

次に、Zhang (NCAR) により、4 DVAR についての報告があった。4 DVAR についてはまだ構築中であるが数例のテスト結果が示された。例えば、2005年の台風 Haitang の48時間予報実験により、台風の位置・強度予報について3 DVAR と比較して改善がみられていた。また、4 DVAR を実行した時のマシンパワーについても調べられており、現在のところディスクアクセスとアジョイント項の計算に時間を取られているので、これらの時間削減のための改良が加えられている。

最後に、Huang (NCAR) により DATC の紹介があった。このセンターは各国気象研究・現業機関との協同により、その地域に合ったモデル設定やデータ同化システムの構築及びテストランを行い、評価を行う目的で NCAR 内に設置されている。まず衛星やレーダーを同化したインパクト実験の紹介があり、それぞれ予報の改善がみられることが報告された。今後はそれに加えて、新たなデータ同化技術や新たな観測データの同化についても評価を行っていく他、世界から研

究者・予報官を招いての協同研究も視野に入れているとの報告があった。（手柴充博）

2.6 Regional Climate

このセッションでは WRF を用いて地域規模の気候を評価した講演がなされた。WRF は数時間から数日の現象を対象に使用されることが多いが、ここでは長期間計算することで地域規模の気候の再現や予測に注目している。北極域から熱帯域まで幅広く、全部で5つの講演が行われた。また、これとは別に初日に行われたグループミーティングでも、Leung (PNNL) が先導となり、地域規模の気候に関する活発な議論がなされた。

まず、Hurrell (NCAR) は2方向のネスティングを行うことで、スケール間の気候の評価を行う NRCM の概要を説明した。特に温暖化に伴うハリケーンや顕著現象の変化に注目していた。

Hsu (NCAR) は熱帯の降雨強度に関して NRCM の一環として、熱帯の対流に注目した。水平格子間隔が各々36 km, 12 km, 4 km のモデルでネスティングすることで、スケール別に熱帯の対流を評価した。モデルの結果を衛星による観測データと比較し、マルチスケールの対流である熱帯の対流には、2方向ネスティングが必要であると指摘した。

Hines (OSU) は極域を中心とする座標系を用いた Polar WRF の結果を紹介した。Greenland や北極、南極域において、WRF の地表面モデル Noah LSM に海水や永久凍土の情報を入れて計算することで、観測とよい整合を得ている。

Leung (PNNL) は西アメリカにおいて1979年9月から2004年12月までの長期の積分を行い、冬季の顕著現象を対象にした NARCCAP の結果を紹介した。その中で土壌水分の変化や積雪などの地表面状態の違いによって、降水量や降水分布が変化する可能性を指摘した。また将来の温暖化による影響についても言及した。

Quan (PNNL) は西アメリカにおいて、すすによる雪のアルベドの変化が領域気候や水循環に与える影響を調査した。まず WRF/Chem によってすすの付着を求め、その後 Offline soot-snow model を用いて、すすの付着の情報を基に雪のアルベドを計算し、その情報をもとに WRF の領域気候シミュレーションを行った。その結果、すすによる雪アルベドの低下は、直接的・間接的な影響で積雪の融解を早めること

を示した。

(川瀬宏明)

2.7 Model Evaluation

このセッションでは、WRF と MM5, また WRF の2つの力学コアである ARW と NMM の統計的比較や、3 DVAR, 新しい水蒸気移流スキームの評価、台風予報における物理過程の感度実験などについて発表された。

Zielonka (PSU) は、WRF (ARW) と MM5 の統計的比較をし、WRF は大気下層の気温に顕著な負のバイアスがあり、誤差が大きいことを示した。また、WRF の MYJ では境界層の高さが MM5 の MYJ に比べて顕著に高いことを示した。ただ、MM5 MYJ の境界層の高さの算出方法 (WRF Version 3 から利用可能) を WRF MYJ に適用した結果、気温の改善はあまり見られなかった。WRF ARW の気温の負バイアスについては、Jorba (BSC, スペイン) も ARW と NMM の1年間にわたる計算結果の比較から指摘していた。NMM では気温のバイアスは比較的に小さいとのことである。ただ ARW でも Version 2.2.1 から Version 3.0 への様々な改良により、このバイアスが軽減されたことなども報告された。

Weisman (NCAR) は3 DVAR のサイクリングランの実験について報告した。3時間毎にラジオゾンデやさまざまな地上観測の同化をするランと、何も同化しない cold start を比較した。サイクリングランは cold start よりストームの位置を良く予報することもあれば、実際にはないストームを継続させて誤った予報をすることもあり、サイクリングランが必ずしも良いとは言えないとのことである。サイクリングランを効果的にするために、レーダーデータの同化の必要性が強調されていた。

Hahn (ワシントン大学) は山岳地形における水蒸気の PD 移流スキームの効果について報告した。数値モデルでは移流スキームにおいて、差分誤差により負の物理量が生じうるが、水蒸気のような正の値しか持たない量については、負の値を人為的にゼロにするようにされ、結果として降水量が過剰になることがある。PD 移流スキームはこの問題を解決するものである。このスキームにより全般に降水量が少なくなり、解像度が小さくなるほど効果が大きく、特に山の風上斜面で降水量の減少が大きい (1.33 km 格子で最大 20% 減少) ことが示された。

Bassill (ウィスコンシン大学) は、ハリケーン予

報において4つの雲物理過程、3つの積雲対流スキームを組み合わせて実験を行い、ハリケーンの発達の違いを比較した。WSM6雲物理過程、KF積雲対流スキームの組み合わせが最もハリケーンを発達させ、解析に近いことを示した。(坂本晃平)

2.8 Model Application

WRF のユーザーは年々増えており、その用途もさまざまなである。このセッションでは、ハリケーンや風力発電などさまざまな事象を対象にした研究について紹介された。

Zhou (ハワイ大学) はハリケーンの2重目の形成過程について、2 km WRF によるシミュレーション結果を紹介した。内側の eye wall が消失すると同時に外側の eye wall が内側へ移動し、eye wall の交代が起きる様子を示した。

Chen (NCAR) はハリケーンの強度の格子サイズ依存性についての理想実験の結果を報告した。一般にモデルの格子サイズが小さいほどハリケーンは発達すると言われるが、Chen は15 km 格子から最小62 m 格子まで実験し、それによると185 m 格子で風速が最大となった。ただ、用いていた3D TKE では、サブグリッドスケールを十分に考慮していないのではないか、という指摘もあった。

Moustaoui (アリゾナ州立大学) は、最大450層の鉛直方向に非常に高解像度なシミュレーションを行い、山岳波の非常に詳細な構造を表現できることを示した。ネスティングにおいては、水平、鉛直ともに、境界におけるノイズを緩和するよう工夫していた。

近年、各国で風力発電が盛んになってきているのに伴い、風力発電のために WRF の風のシミュレーションが多く行われている。Lundquist (LLNL) らは、地形に伴う風の高解像度な予測について報告した。鉛直層は固定で水平格子間隔を40 km から0.5 km まで変えた彼らの実験では、意外にも最小の格子ではなく13 km 格子で最も誤差が少なかったことを示した。他の研究報告でも10 km 以下の格子では誤差が大きくなることが示されている。いずれの格子間隔でも風速の日変化を捉えられておらず、解像度を上げるだけでなく、境界層過程も見直す必要があると思われる。また、Discussion において、盛んになってきたメートルオーダーの高解像度シミュレーションのために、現在 WRF で標準的に使える USGS の30秒解像度データより高解像度の地形データセットへの要望が挙げら

れていた。

Wang (CSU and NOAA) は, Monotonic limiter 移流スキームによるスカラー量の移流の計算の改善について紹介した。メートルオーダー程度の高解像度シミュレーションでは, 移流スキームの誤差が雲物理の計算などに悪影響する可能性がある。Monotonic limiter は高次の移流計算に補正を加え, 差分誤差を小さくするもので, PD 移流スキームより効果的であることが示された。(坂本晃平)

3. 参加した感想

WRF は世界で幅広く使用されていることを改めて認識した。WRF の開発者や利用者に中国人が特に多かったのが印象的であった。また, WRF は研究の世界のみならず, 軍事利用への試みもなされており, アメリカや韓国, UAE の空軍からも発表者がいた。UAE や韓国の空軍の方とは話しをする機会があり, とても貴重な体験であった。日本でも WRF を使用する大学や研究機関が増えてきたようなので, 来年(次回)の WRF Workshop への多くの日本人の参加を期待したい。(川瀬宏明)

一般的に WRF および WRF/Chem コミュニティは非常に活発で, 非常に面白いワークショップであった。また, 各開発グループのグループミーティングが一般にも公開されているため, 現時点での問題点や新しくどんなことをやろうとしているのか知ることができるのも, 利用者側としてはありがたい。

ただし参加者数が去年に比べて大幅に増えたためか, ポスターセッションのスペースや時間が十分ではなく, 十分にポスター発表を見て回る事ができなかったのが残念だった。(滝川雅之)

今年で2年目の参加であるが, 前回とは若干異なり今回はモデルの開発者による発表が中心であり, 雲物理の改良に興味がある私には非常に有用な会議であった。特に, WRF のシングルモーメントスキームである, WSM を開発している Lim (YSU) さんの講演をチェックできたこと, また, 他にも雲物理スキームの開発者と交流できたのが大変有用だった。

今回のような傾向が来年も続くようであれば, WRF だけでなく他のモデル開発者にとっても情報交換の場として有意義ではないかと感じた。

なお, WRF についての情報交換の場を立ち上げた

(http://groups.google.com/group/wrf_jpn). 関心のある方は是非ご参加いただきたい。(手柴充博)

一昨年から参加しているが, 年々, WRF のユーザーが増え, 用途, 研究対象がより多様になってきていると感じた。主催者がワークショップを企画し, まとめるのに苦労されている様子が伺えた。一方, 今年も新しい物理過程や計算技術が登場して, 新バージョンで利用可能になっており, その開発スピードはすばらしいと思う。我々現業予報を行う者にとっては, このワークショップでの情報収集が予報の改善に役立っている。それに加えて, 日本国内でもモデルユーザー同士の情報交換がもっと活発になればと思う。

(坂本晃平)

略語一覧

3 DVAR : Three-dimensional variational analysis 3次元変分法

4 DVAR : Four-dimensional variational analysis 4次元変分法

AEMET : Agencia Estatal de Meteorología スペイン気象局

AFWA : Air Force Weather Agency 米国防空軍気象局

AMS MAQSIP-MM5 : (MAQSIP-MM5モデルを用いて得られた気象場によってオフラインでCMAQを走らせる計算手法)

ARW : Advanced Research WRF

AURAMS : A unified regional air-quality modeling system

BSC : Barcelona Supercomputing Center, Spain

CASA : The Collaborative Adaptive Sensing of the Atmosphere

CBMZ-MOSAIC : Carbon-Bond Mechanism version Z - Model for Simulating Aerosol Interactions and Chemistry (化学モジュールの一つ)

CHRONOS : Canadian Hemispheric and Regional Ozone and NOx System (領域化学輸送モデル)

CIRA : Cooperative Institute for Research in the Atmosphere, Colorado State University

CIRES : Cooperative Institute for Research in Environmental Sciences, University of Colorado

CMAQ-ETA : (ETA モデルを用いて得られた気象場によってオフラインでCMAQを走らせる計算手法)

CMAQ-WRF : (WRF を用いて得られた気象場によってオフラインでCMAQを走らせる計算手法)

CSU : Colorado State University コロラド州立大学

DATC : The Data Assimilation Testbed Center

- NCAR データ同化テストセンター
 DFI : Digital Filter Initialization (初期場に適用するデジタルフィルタ)
 ESRL : Earth System Research Laboratory
 GEOS-Chem : (Goddard Earth Observing System によって開発された全球光化学モデル)
 GUI : Graphical User Interface
 HWRF : Hurricane WRF
 ICARTT : International Consortium for Atmospheric Research on Transport and Transformation
 KF : Kain-Fritsch 積雲パラメタリゼーション
 KPP : Kinetic PreProcessor (化学反応モジュールの変更を容易に行うためのツール)
 LEAD : Linked Environments for Atmospheric Discovery
 LES : Large Eddy Simulation (乱流モデルの一つ)
 LLNL : Lawrence Livermore National Lab
 MET : the Model Evaluation Tools
 MM5 : The PSU/NCAR mesoscale mode
 MODIS : MODerate resolution Imaging Spectroradiometer
 MYJ : Mellor-Yamada-Janjic scheme (Mellor-Yamada 乱流モデルに Janjic による改良がされたもの)
 NARCCAP : The North American Regional Climate Change Assessment Program
 NCAR : National Center for Atmospheric Research 米国大気研究センター
 NCEP : National Centers for Environmental Prediction 米国環境予測センター
 NEAQS : New England Air Quality Study (アメリカ東海岸での大気質観測キャンペーン)
 NMM : the Nonhydrostatic Mesoscale Model core
 NOAA : National Oceanic and Atmospheric Administration 米国海洋大気庁
 Noah LSM : The Community NOAH Land-Surface Model (NCEP, Oregon State Univ., Air Force, Hydrologic Research Lab./NWS が共同開発した地表面モデル)
 NRCM : Nested Regional Climate Model
 OSU : Ohio State University オハイオ州立大学
 PBL : Planetary Boundary Layer 大気境界層
 PD : Positive Definite
 PM2.5 : Particulate Matter under 2.5 μm (粒子径2.5 μm 以下の微小粒子状物質)
 PNNL : Pacific Northwest National Laboratory
 PSU : Penn State University
 RADM-SORGAM : Regional Acid Deposition Model - Secondary Organic Aerosol Model (化学モジュールの一つ)
 RR : Rapid Refresh
 RUC : Rapid Update Cycle (NOAA の高頻度更新のメソモデル)
 STEM : Sulfur Transport Evolution Model (オフライン化学輸送モデル)
 STEM-MM5 : (MM5を用いて得られた気象場によって STEM を動かすこと)
 STEM-WRF : (WRFを用いて得られた気象場によって STEM を動かすこと)
 STOICHEM : UK Meteorological Office chemical transport model
 TexAQS : Texas Air Quality Study (ヒューストンでの大気質観測キャンペーン)
 TKE : Total Kinetic Energy
 USGS : U.S. Geological Survey
 VOCALS : VAMOS Ocean-Cloud-Atmosphere-Land Study
 WPR : Wind Profiler Radar ウィンドプロファイラ
 WRF : Weather Research Forecasting System (米国大気研究センターなどで開発されている気象モデル)
 WRF/Chem : (WRF にオンラインで化学過程を導入した領域化学輸送モデル)
 WRF/Var : (WRF のデータ同化システム)
 WSM : WRF Single Moment scheme (WRF の1モーメント雲物理スキーム)
 YSU : Yonsei University, Korea 韓国延世大学

参 考 文 献

- Skamarock, W., J. Klemp, J. Dudhia, D. Gill, D. Barker, M. Duda, X. Huang, W. Wang and J. Powers, 2008 : A description of the Advanced Research WRF Version 3. http://www.mmm.ucar.edu/wrf/users/docs/arw_v3.pdf (2009年2月19日閲覧)