

第2回次世代数値予報モデル国際ワークショップ参加報告*

斉藤和雄**

1. はじめに

第2回次世代数値予報モデル国際ワークショップ(The Second International Workshop on Next Generation NWP Model)は、韓国ソウル市にある延世大学 Sangnam Hall で2004年5月17日(月)と18日(火)の2日間にわたり開催された。このワークショップは、領域数値モデルの発展を目的として、韓国延世大学(YU) 大気モデリング研究所(LAMOR)が主催し、韓国科学技術省の後援により開催されたものであ

る。豪雨を引き起こす対流系システムをシミュレーションするための現在の能力を理解し、水平分解能0.1-30 kmでの次世代領域モデルの物理過程について議論することを主なテーマにしている。第1回ワークショップは3年前の2001年5月に同じ延世大学で開催されている。筆者は前回に引き続いて、ワークショップを主催したLAMOR所長のT. Lee教授より参加の要請を受け、これに応じて参加した。

東アジアでは近年メソ数値予報に関する国際会議

がほぼ毎年のように行われている(第1表)。斉藤ほか(2004)で記述したように、2000年の韓国気象庁(KMA)でのワークショップでは、メソ数値モデルに関するワークショップを年1回程度アジア各国の持ち回りにより開催することが提案されている。その後、この提案を具体化する取り組みは必ずしも十分にはなされていないが、2003年の気象庁での豪雨予報モデル専門家会議に引き続く延世大学によるこのワークショップは、結果として東アジアでのメソ数値予報モデル国際会議の継続的な開催につながっている。

第1表 最近行われたメソ数値予報に関するアジアでの国際ワークショップ

年月日	会議の名称	場所	主催/共催あるいは後援	参加国	参考文献
1998年2月2-4日	国際シンポジウム東アジアのメソスケール水循環と豪雨	名古屋	名古屋大学大気水圏科学研究所/文部省	日本、中国、韓国、インドネシア	武田ほか(1998)
2000年4月24-26日	東アジアにおけるメソ対流系と豪雨に関する国際会議	ソウル	韓国気象学会/韓国気象庁	韓国、日本、米国、中国、台湾、香港、オーストラリア	吉崎ほか(2000)
2000年11月6-7日	メソスケール数値モデルに関するワークショップ	ソウル	韓国気象庁/ソウル大学	韓国、米国、日本、香港、台湾	1)
2001年5月14-15	次世代数値予報モデル国際ワークショップ	ソウル	延世大学/韓国科学技術省	韓国、米国、日本	斉藤(2001)
2001年9月	東アジアにおけるメソ気象と台風に関する国際会議	台北	台湾大学/台湾中央気象局・台湾科学委員会など	台湾、日本、中国、米国、韓国、香港、オーストラリア	加藤ほか(2002)
2002年7月17-18日	米中メソスケールモデル開発ワークショップ	北京	中国気象局/米国大気海洋庁	中国、米国、日本、香港、マカオ、マレーシア	2)
2002年10月29-31日	東アジアにおけるメソ対流系と豪雨・豪雪に関する国際会議	東京	科学技術振興事業団/中国気象科学院・日本気象学会	日本、中国、台湾、韓国、米国、オーストラリア	吉崎ほか(2003)
2002年11月1日	メソ気象現象の予測と観測に関するミニフォーラム	東京	気象庁	日本、米国、韓国、中国、台湾	斉藤・中澤(2003)
2003年2月4-6日	アジア太平洋地域を中心とした豪雨予報モデルの高度化に関する専門家会議	東京	気象庁/シップ・アンド・オシャン財団	日本、米国、韓国、中国、香港、カナダ、英国、ドイツ	斉藤ほか(2004)
2004年5月17-18日	第2回次世代数値予報モデル国際ワークショップ	ソウル	延世大学/韓国科学技術省	韓国、米国、日本	本報告

1) 日本からの参加者は石田純一氏(気象庁予報部数値予報課)
2) 日本からの参加者は筆者

* Report on the Second International Workshop on Next Generation NWP Model.

** Kazuo SAITO, 気象研究所予報研究部.

© 2004 日本気象学会

2. ワークショップの概要

ワークショップは第2表のプログラムに示すような6つのセッションで構成された。国外参加者(主催者招待による)はJ. Dudhia (NCAR), W. Tao (GSFC/

NASA), F. Chen(NCAR), M. Barth (NCAR) と齊藤(気象庁;筆者)の5名で,筆者以外はいずれも米国からである。このうち, J. Dudhia, W. Tao と筆者の3名は,第1回ワークショップに引き続いての参加である。なお当初, G. Grell (NOAA) も招待参加の予定だったが,都合により欠席となった。ワークショップの概要とプログラムについては, LAMOR のホームページ <http://lamor.yonsei.ac.kr/> から閲覧することが出来る。以下に各セッションの概略を記す。

セッション1:次世代数値予報モデル

このセッションでは,日本,米国,韓国から数値モデルの紹介があり,韓国数値予報課長の W. Lee が座長を,筆者が副座長を務めた。

齊藤(気象庁)は, 'The JMA Nonhydrostatic Model: Its application to operational NWP and research' の演題で,今年9月に現業化を予定している気象庁非静力学モデル(JMANHM, 以下NHM)の概要,現業化のための開発,および研究への適用について講演した。NHMは,現業予報と研究の双方に資するために気象庁が開発している非静力学コミュニティモデルで,気象研究所と気象庁数値予報課が共同開発した気象研究所/数値予報課統一非静力学モデル(MRI/NPD-NHM)を基礎に,現業メソ数値予報のための改良を加えたものである。MRI/NPD-NHMについては前回のワークショップで概要紹介を行ったので,今回はその後に行った改良(円筒正距投影法への対応,浮力診断方法の変更,連続式への水蒸気の拡散の考慮,低次移流成分のタイムスプリット, Kain-Fritsch 対流スキームの調整,地表面過程や境界層スキームの改善,乱流エネルギーの診断,水蒸気適応拡散の導入など)と,現業モデルとしての精度検証を中心に話題提供した。現業予報への適用テストとして,水平

第2表 第2回次世代数値予報モデル国際ワークショップのセッション

セッション(座長)	第一講演者名(所属)	内容
17日(月)0930-0940 オープニング	T. Lee (YU)	会議趣旨説明,招待講演者紹介
0940-1200 セッション1 次世代数値予報モデル (W. Lee and K. Saito)	K. Saito (JMA) W. Lee (KMA) J. Dudhia (NCAR) T. Lee (YU)	気象庁非静力学モデルの概要 韓国気象庁数値予報業務の概要 WRF(Version 2.0)の紹介 延世大学領域モデリングシステムの紹介
1340-1510 セッション2 積雲パラメタリゼーション (J. Dudhia)	G. Grell (FSL) D. Lee (SNU) T. Lee (YU)	アンサンブルクロージャを用いた対流スキーム MM5 雲物理を参考にした豪雨の予測可能性(中止) MM5 と WRF による朝鮮半島での大雨事例の予報
1540-1710 セッション3 雲物理 (S. Hong and W. Tao)	W. Tao (GSFC) S. Yum (YU) S. Hong (YU)	雲と降水へのエアロゾルのインパクト 凝結核の季節変化 対流系に対する WRF 雲物理の評価
1730-	LAMOR 主催のレセプション	
18日(火)0900-1030 セッション4 陸面過程 (F. Chen and J. Kim)	J. Kim (YU) F. Chen (NCAR) F. Chen (NCAR)	数値モデルにおける土壌・植生・大気相互作用の評価 陸面/大気相互作用のモデリングと観測 NWP モデルのための都市土地利用モデリング
1100-1200 セッション5 乱流と重力波ドラッグ (H. Chun)	Y. Noh (YU) H. Chun (YU)	LES に基づく安定境界層の新スキーム 対流起源の重力波ドラッグのスペクトルパラメタリゼーション
1330-1440 セッション6 化学モデル (M. Barth)	G. Grell (FSL) M. Barth (NCAR)	WRF におけるオンライン化学モデル WRF による対流での水化学シミュレーション
1500-1700 総合討論 (S. Hong and J. Dudhia)	K. Saito, J. Dudhia, W. Tao, F. Chen, H. Chun, M. Barth	座長または副座長による各セッションのまとめ 各課題解決に向けた討論

分解能を10 km にした場合の現行の気象庁メソ数値予報モデル(静力学MSM)との予測精度の比較を示した。また研究への適用例として,高解像シミュレーションや全球非静力学モデル構築への取り組みなどを紹介した。講演に対して,乱流エネルギーを予報せずに診断する理由と水蒸気適応拡散の効果について質問があった。また講演終了後, J. Dudhia から NHM で浮力を密度摂動から直接求めることと質量保存の関係について詳しい質問があった。

W. Lee (KMA) は, KMA での現業数値予報システムについて紹介した。KMA での現業数値予報システムは大きく分けて GDAPS と呼ぶ全球データ解析予報システムと RDAPS と呼ぶ領域データ解析予報システムから成り立っている。GDAPS は日本の気象庁が開発した全球スペクトルモデル GSM (T213, 30 層) が核になっており, 84 時間予報と10日予報を行っている。解析はこれまで6時間間隔の3次元最適内挿法によっていたが, 2003年11月から3次元変分法(気象庁数値予報課から提供を受けたものがベースになっている)を導入している。

RDAPS は NCAR が開発した MM5 が核になっており, GDAPS から初期値境界値を受けた30 km 格子

のモデルによる48時間予報とそれに多重ネスティングした10 km 格子モデルと5 km 格子モデルによる1日予報を行っている(鉛直層数は33層, 領域などは斉藤(2001)を参照). 30 km 格子モデルはMM5の静力学

版での計算であるが, 10 km 格子モデルと5 km 格子モデルは非静力学過程で行っている.

KMAの全球モデルの精度は着実に向上しているが, 北半球500 hPa 高度場の3日予報, 5日予報の精度はそれぞれ40 m, 70 m程度で, 気象庁など他の先進予報センターからはまだ遅れをとっている. この原因調査として, 気象庁数値予報課から提供を受けた気象庁全球解析を初期値とするモデルの比較予報実験を行っており, その結果の一部が紹介された. 境界層スキームの違い(GDAPSでは非局所スキームを導入している)や対流スキームの違い(GDAPSではKuo, GSMは荒川シュバート)などによる違いはあるものの, 予報精度の差の大きな原因は解析にあるようだとのことであった. 10 km モデルの領域解析にはNCARが開発した3次元変分法が最近導入された. ドップラーレーダー動径風や一般レーダーの反射能の同化実験, 1次元変分法によるATOVS輝度温度データの同化実験を進めている.

KMAでは2004年から2005年にかけて, 第3表に示すような計算機システムの大幅な増強を行うことが決まっている. 米国ではクレイリサーチ社, OakRidge研究所などが協力し世界最速スーパーコンピュータを開発する計画があり, 今回KMAが受注したクレイX1Eはそのプロトタイプ版といえる. 18.4Tflopsという演算性能は, 現在のKMAのシステムの約80倍であり, ECMWFに今年導入されたIBM機(16TFlops)を上回り, 世界の大型計算機の性能比較top500リスト<http://www.top500.org/>では今年の6月現在で世界4位に相当する. ベクトル機であることを考慮すると, 韓国気象庁は導入時点で現業気象予報センターとしては, 世界トップクラスの演算性能を持つ計算機を所有することになる. 講演では2004年にT426(30 km 格子)全球モデル現業化のための試験を行うとのことであった.

J. Dudhia (NCAR) は, 次世代の研究現業共用領域モデルとして開発中のWRFのバージョン2について

第3表 韓国気象庁の計算機導入計画.

導入年	現行		計画	
	1999/2000年	2004年	2004年	2005年
計算機	NEC SX-5/28M2	CRAY X1-3/192-L	CRAY X1E-8/960-L	
ノード数 (CPU数)	4 (=2+2) (28=16+12)	48 (192)	240 (960)	
ノード理論性能 (CPU理論性能)	64Gflops (8Gflops)	51.2Gflops (12.8Gflopw)	76.8Gflops (19.2Gflops)	
トータル理論性能	224Gflops	2.5Tflops	18.4Tflops	
トータルメモリ	224GB	760GB	3.8TB	

講演を行った. WRFは, これまで複数の機関で様々なモデルが開発されてきた経緯を踏まえて, 研究と現業予報の双方に資するためのコミュニティモデルを共同開発しようというポリシーのもと, 米国で開発されている非静力学モデルで, NCAR, NCEP, FSL, AFWA, OUが共同開発に参加している. NCARで開発しているモデルの最初のバージョンは2000年11月からソースコードとドキュメントがインターネット上(<http://wrf-model.org>)で公開されている. 2004年5月に公開されたバージョン2の最大の特徴としては, バージョン1で一般向けにはサポートしていなかったネスティングが2ウェイを含めて可能になったことである. 力学フレームに大きな変更はないが, バージョン1では鉛直座標系として地形に沿った質量座標(気圧座標の一種)と地形に沿った高度座標の両方に対応していたのが, バージョン2ではネスティング対応のために質量座標のみとして高度座標に対応するためのコードは除去されている. 音波の扱いは鉛直方向のみを陰解法するスプリットイクスプリット法で, 時間積分は通常は3次精度のRunge-Kutta法を用いている. 講演では, 解像度22 kmと10 kmでの降水予測についてのEtaモデルとの比較による統計的検証, 2003年に米国東部に上陸したハリケーンIsabelの10 km分解能による5日予報と4 km分解能による2日予報の結果などが示された.

なお, WRFは実際には異なる基本フレームに基づくバージョンがあり, NCEPでは音波を水平鉛直方向ともに陰解法してセミラグランジアン法と組み合わせるバージョンと, 現在の現業領域モデルであるEtaモデルの非静力学バージョンの開発も行っており, 前者をNCEP-WRF, 後者をNMM-WRFと呼ぶ. 今回J. Dudhiaに直接聞いたところでは, 当面の現業化テストとしては, 今年NCEPが10 km分解能のNCAR-WRFと8 km分解能のNMM-WRFを比較することである(分解能が異なるのは, NCARバージョンは高次精度スキームを用いているため計算コストが大

きく、同等な計算コストでモデルを比較するため)。

T. Lee (YU) は延世大学の領域予報システム (YOURS) についての紹介を行った。このシステムでは、KMA との共同研究の一環として、KMA の領域予報システム RDAPS とほぼ同じものを延世大学に再現している。即ち、GDAPS を境界条件とする30 km, 10 km, 5 km の MM5 で、これを YOURS-MM5 と呼んでいる。KMA では次世代領域メソモデルとして WRF の利用を計画しているが、延世大学のシステムでは30 km のものについては、一足先に WRF を用いたシステム YOURS-WRF も構築して MM5 との並行運用を行っている。後述するように延世大学では YOURS-MM5 について、大学で開発した物理過程のインパクトテストや検証を実施しており、日本の気象庁から見れば非常に羨ましい協力関係が築かれている。

セッション2：積雲パラメタリゼーション

このセッションでは積雲パラメタリゼーションに関して3件の講演が予定されていたが、MM5雲物理を用いた豪雨の予測可能性について講演予定だった D. Lee (SNU) がワークショップ直前に健康を害して参加出来なくなったため、1件が講演中止となった。

G. Grell (FSL) は、前回のワークショップで提案したアンサンブル対流パラメタリゼーション (クロージャ仮定の異なるパラメータを組み合わせたアンサンブル計算により雲底の質量フラックスを求める手法) について、MM5 に用いた場合の準ルーチ的な適用による結果について示した。なお、この講演は G. Grell の参加が中止となったため、J. Dudhia が代理発表した。

T. Lee (YU) は、朝鮮半島の豪雨の事例について、YOURS での MM5 と WRF による予報特性について報告した。シミュレーションは MM5 については水平分解能30 km, 10 km, 5 km, WRF については30 km で行い、MM5 の実験では、KMA と同じ物理過程を用いた場合と、延世大学で開発した物理過程 (積雲パラメタリゼーション、境界層スキーム) を組み込んだモデルの比較を追加している。2001年から2002年にかけての8つの事例について調べており、基本的な傾向は似ているものの、成績は事例ごとのばらつきが大きく、どれがベストと決定的な事はいえないようである。対流スキームの変更は MM5 についてはスコアを向上させるが WRF については結果を改善しなかった。MM5 で

水平分解能を5 km に上げた場合、強雨表現の改善が見られたがスコアの向上は不明瞭だった。これについては、高分解能メソモデルでの検証方法についての問題 (著者注：高分解能モデルのメリハリのある予報では僅かな位置ずれが統計スコアをかえって低下させる場合がある、というダブルペナルティの問題など) もあるという指摘が会場からあった。

セッション3：雲微物理パラメタリゼーション

W. Tao (GSFC) は、GSFC の雲アンサンブルモデル (GCEM) の紹介とこれを用いた雲と降水へのエアロゾルのインパクトについて紹介した。GCEM は GSFC で開発された雲解像モデルで、雲微物理過程は、氷相を含むバルク法の雲物理過程であるが、氷物質として、氷晶、雪、あられ、に加えて、ひょうの混合比と数濃度も計算するオプション (4Ice スキーム) を持っている。またバルク法とは別に粒径分布を33のスペクトルに分ける Bin 法も使えるようになっている。さらに、大気中のエアロゾルについても33の Bin に分けて扱うことが出来る。講演では、TOGA-COARE で観測された海上スコールラインと1985年6月の観測実験で観測された中緯度の大陸性スコールラインの2つのケースに対して、凝結核が多い場合と少ない場合についての2次元比較実験を行った結果が示された。TOGA-COARE の熱帯海上のケースでは凝結核が多いと対流性降水が増すが、中緯度陸上のケースでは凝結核の多寡に対する結果の違いは小さかった。これは中緯度陸上のケースでは CAPE、水平風鉛直シアーともに大きいため、凝結核の多寡は対流系システムの形成にあまり重要ではないためと考察していた。

S. Yum (YU) は、凝結核と雲物理過程について、1996年と1998年にオーストラリアのタスマニア島西岸で行われた観測実験に見られた季節変化について述べた。冬は凝結核が夏に比べて少なく、雲粒の平均直径が大きい。平均直径が15 μ m を超えると霧雨を生じるなどが報告された。

S. Hong (YU) は、降水を伴う対流系システムに対する WRF の1モーメント雲微物理過程の評価について講演した。これは WRF のオリジナル雲物理過程のうち、雲水の数濃度、氷晶凝結核数、雲水落下速度、雪の数濃度分布を決めるパラメータなどやあられの有無について、延世大学での調査に基づいて調整を行ったものである。2001年7月と2003年6月の4 km 分解能のケースでは、あられを含めることにより降水量が

増えて降水の集中がよりよく表現された。但し多くのケースでは、雲微物理予報変数を増やすことによるインパクトよりも同じ予報変数で扱いを変えることによるインパクトの方が大きいことが示された。

セッション4：陸面過程

J. Kim (YU) は、数値モデルにおける土壌・植生・大気相互作用についての評価として、2001年から韓国で行われている鉄塔によるフラックス測定 (<http://koflux.org>) 観測やGAME強化観測期間の結果と、MM5の陸面モデルSiB2と米国で開発されているコミュニティ陸面モデルNOAH LSM (http://www.emc.ncep.noaa.gov/mmb/gcp/noahslm/README_2.2.htm)の比較について講演した。両陸面モデルともOLRを過大評価し正味放射を減らしていること、陸上蒸散をNOAH LSMは過少評価しSiB2は過大評価する傾向があること、などが報告された。

F. Chen (NCAR) は、陸面/大気相互作用のモデリングと観測、および数値モデルのための都市土地利用モデリングの2つについて話題提供を行った。NCEPではNLDASと呼ぶ北米を対象とする1/8度分解能の陸面データ同化システムを開発中だが、Chenらのグループは並行してHRLDASと呼ぶNOAH陸面モデル用の陸面同化システムを開発している。これは1 km 土壌地図とNCEPの4 kmの毎時解析雨量に基づく高解像度メソモデル用のシステムである。HRLDASを用いた3.3 kmシミュレーションでは、1998年6月にオクラホマで発生したドライライン近傍の深い対流の発生がよりよくシミュレートされ、降水スコアにも良い影響があった。都市土地利用モデリングについては、0.5-1 kmの都市気象モデリングのために、NOAH陸面モデルにおいて、単にアルベド・粗度・土壌熱特性などを変えた場合とビルや道路の配置を考慮した1層の都市キャノピーモデルとカップリングさせた場合についての比較を行い、都市ヒートアイランドの表現が向上することを示した。

セッション5：重力波ドラッグパラメタリゼーション

Y. Noh (YU) は、LESに基づく安定境界層のパラメタリゼーションについての新しいスキームを提案した。Louisのスキームの欠点を補う方法として、平均シアの代わりに局所平衡を仮定して診断した乱流エネルギーを用いるとともに、長さのスケールを、乱流混合についてはラージェディによって決まるが粘性消散

は小さなスケールの渦によって決まるとして、粘性消散項について別に与えている。

H. Chun (YU) は対流起源の重力波ドラッグのスペクトル法によるパラメタリゼーションの開発について講演した。運動量フラックスの位相速度のスペクトルを2次元の仮定で解析的に求める手法である。非線形効果と非断熱効果を無視しているためこれらの効果をどのように取り込むかが課題であるとしている。

セッション6：化学モデル

G. Grell (FSL) は、WRFにおけるオンライン化学モデルについての紹介を行った。所謂オフラインの輸送モデルと異なるのは、化学物質の移流と生成の相互作用をモデル内で計算することである。39の化学物質を予報変数とし、エアロゾルの数濃度や派生物質など34の変数に加えられている。実証試験として、2002年夏のワシントン周辺を対象とする27 km分解能モデルによる毎日2回の36時間シミュレーションを行い、観測や既存のMM5を用いた化学モデルの結果と比較してオゾンの予測が向上することを報告した。なお、この講演はG. Grellの参加が中止となったため、M. Barth (NCAR) が、代理発表した。

M. Barth は、15種類の化学気体を組み込んだ1 km分解能のWRFによる対流ストームのシミュレーションを行い、オゾン生成に関する化学物質への深い対流の効果について講演し、雲物理過程と化学過程の両方が化学物質の空間分布を決める上に重要であることを示した。

総合討論：

総合討論では、まずセッションの要約が各セッションの座長または副座長から発表された。セッション1の次世代数値予報モデルに関しては、座長のW. Lee 韓国数値予報課長が2日目は参加できなかったため、斉藤(筆者)が要約を発表した。

次に、ワークショップでの講演を参考に、1) 物理過程の分解能依存性、2) 決定論的予測と不確定性予測、3) 観測の利用、の3つのテーマについて参加者討議を行った。1) 物理過程の分解能依存性では、対流パラメタリゼーションの必要な解像度についての議論があり、筆者は数値予報課でのシミュレーション結果から5 kmでは雲物理過程のみのシミュレーションに不十分であることなどを述べた。W. Taoは3 kmが積雲スキームのカットオフになるだろうこと、結果は

初期値によっても大きく変わることを述べた。境界層スキームに関しては、J. Dudhia は250 m の格子間隔で境界層スキームを用いてシミュレーションしても結果に大きな問題は生じないことなどを述べた。2) の決定論的予測と不確定性予測では、確率密度関数を用いるアプローチの必要性や、メソアンサンブルの必要性、理論や観測に基づくスキームの改良努力の継続の重要性などが指摘された。筆者はアンサンブルシステムに基づく信頼度情報の付加は、防災リスクマネジメントの観点で重要であり、いくつかの予報センターでメソ予報にもアンサンブルの手法の導入が計画されていることを述べた。3) 観測の利用では、観測の増加はそれだけではモデルの改善を保証しない、物理過程パラメトリゼーションの開発において観測データの最適な利用をすすめるための方策や観測プロジェクト策定に際して観測立案者とモデラーのコミュニケーションを密にすべき、などの意見が出た。前回のワークショップでの総合討論の議論はやや散漫な印象を受けたが、今回のワークショップでは予定時間を超過する活発な意見交換が行われた。

3. 感想

今回のワークショップは、前回同様、LAMOR の主催により会議は大変良くアレンジされていた。

J. Dudhia, W. Tao, S. Hong (YU) の各博士は前回に引き続いての参加であり、また2003年2月の気象庁での豪雨予報モデル専門家会議でも来日されていたので、T. Lee 所長ともども、気心の知れた安心感を持って議論するができた。

次世代数値予報モデルのセッションでは、NCAR KMA, YU から数値予報モデルやシステムについての紹介があった。J. Dudhia の講演では、米国で開発中のコミュニティモデル WRF の完成度が非常に高くなった印象を受けた。前回の講演では、WRF は基本的な開発を終えて公開リリースした直後であり、モデル大気上端付近に不自然な凝結が生じる事が報告されるなど、バグフィックスが必ずしも十分ではないのではという印象を受けたが、今回の講演ではモデルはさまざまな問題がほぼ解決したようである。WRF は今年実業化のためのテストが始まる予定で、その基本設計の先進性を生かすだけの完成度に到達しつつあるように思われた。

W. Lee の講演では、KMA が発注した次期計算機システムの詳細が明らかになった。数値予報センターの

システムとしては世界最大級のものであり、2004年3月に稼動した気象研究所の新計算機システム（トータル理論性能2.9TFlops）と比較しても、演算理論性能では6倍程度の能力を持つシステムである。気象庁においても2006年の次期NAPSに向けて計算機システムの整備が進められつつあるところではあるが、数値予報分野強化へのKMAの強い意欲を感じた。

LAMOR ではKMA との共同研究として、KMA の現業領域数値予報システムとほぼ同じものを大学に構築しており、LAMOR で開発した物理過程パッケージを組み込んだモデルのテストや検証を行っている。同様な物理過程パラメトリゼーションの調査はソウル大学でも行われている。このことはKMA 数値予報課と韓国の大学が連携して数値予報の開発に取り組んでいることを示している。日本でも平成12年度から気象庁の方針として国内研究機関への気象庁モデルの貸与が始まり、研究成果が還元され始めているところであるが、このような連携をさらに発展していくことが望ましいと思われる。

総合討論では予定時間を超過する活発な討議が行われたが、メソ数値予報に重要なデータ同化がテーマから外れていることに若干の物足りなさも感じた。ワークショップの主テーマである物理過程に関しては、延世大学には米国でWRF 開発に直接取り組んできた研究者も複数いて、この方面のレベルの高さを感じた。

最後に、今回のワークショップに招待頂いたT. Lee 教授をはじめとして、会議参加にご助力下さった関係者の方々にお礼申し上げる次第である。

略語一覧

- AFWA : Air Force Weather Agency (米国空軍気象局)
- CAPE : Convective Available Potential Energy (対流有効位置エネルギー)
- ECMWF : European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ヨーロッパ中期予報センター)
- FSL : Forecast System Laboratory/NOAA (米国大気海洋予報システム研究所)
- GAME : GEWEX Asian Monsoon Experiment (アジアモンスーンエネルギー・水循環研究観測計画)
- GCEM : Goddard Cloud Ensemble Model (ゴダード雲アンサンブルモデル)
- GDAPS : Global Data Assimilation and Prediction System (KMA の全球解析予報システム)
- GSFC : Goddard Space Flight Center/NASA (ゴダード宇宙飛行センター)

GSM : Global Spectral Model (気象庁全球スペクトルモデル)
 HRLDAS : High-Resolution Land Data Assimilation System (NCAR の高分解能陸面データ同化システム)
 JMA : Japan Meteorological Agency (気象庁)
 KMA : Korean Meteorological Administration (韓国気象庁)
 LAMOR : Laboratory for Atmospheric Modeling Research (延世大学大気モデリング研究所)
 LES : Large Eddy Simulation (ラージエディシミュレーション)
 MM5 : The 5th Generation Penn State/NCAR Mesoscale Model (NCAR 第5世代メスケールモデル)
 MRI : Meteorological Research Institute (気象研究所)
 MSM : Mesoscale Model (気象庁メソ数値予報モデル)
 NASA : National Aeronautics and Space Administration (米国航空宇宙局)
 NCAR : National Center for Atmospheric Research (米国大気研究センター)
 NCEP : National Center for Environmental Prediction (米国国家環境予測センター)
 NHM : JMA Nonhydrostatic Model (気象庁非静力学モデル)
 NLDAS : North-American Land Data Assimilation System (NCEP の北米陸面データ同化システム)
 NMM : Nonhydrostatic Mesoscale Model (NCEP の非静力学メソスケールモデル)
 NOAA : National Oceanic and Atmospheric Administration (米国海洋大気庁)
 NOAA LSM : NCEP, Oregon State University, Air Force, Hydrologic Research Laboratory, Land Surface Model (NCEP, オレゴン大学, 空軍, 水文研究所のコミュニティ陸面モデル)
 NPD : Numerical Prediction Division (気象庁数値予報課)
 OLR : Outgoing Long-wave Radiation (外向き長波放射)
 OU : Oklahoma University (オクラホマ大学)

SNU : Seoul National University (国立ソウル大学)
 TOGA-COARE : Tropical Ocean and Global Atmosphere Programme-Coupled Ocean-Atmosphere Response Experiment (熱帯海洋全球大気変動研究計画大気海洋相互作用研究計画)
 WRF : Weather Research and Forecasting model (米国で開発中の研究予報コミュニティモデル)
 YOURS : Yonsei University's Regional Prediction System (延世大学領域予報システム)
 YU : Yonsei University (延世大学)

参考文献

加藤輝之, 清水慎吾, 金田幸恵, 柳瀬 亘, 北島尚子, 筆保弘徳, 前坂 剛, 吉崎正憲, 茂木耕作, 永戸久喜, 2002 : 「東アジアにおけるメソ気象と台風に関する国際会議」参加報告, 天気, **49**, 227-231.
 斉藤和雄, 2001 : 次世代数値予報モデル国際ワークショップ参加報告, 天気, **48**, 771-776.
 斉藤和雄, 中澤哲夫, 2003 : メソ気象現象の予測と観測に関するミニフォーラム報告, 天気, **50**, 539-542.
 斉藤和雄, 藤田 司, 中村 一, 岩崎俊樹, 加藤輝之, 佐藤正樹, 小泉 耕, 2004 : アジア太平洋地域を中心とした豪雨予報モデルの高度化に関する専門家会議報告, 天気, **51**, 453-460.
 武田喬男, 藤吉康志, 上田 博, 加藤内蔵進, 坪木和久, 吉崎正憲, 1998 : 国際シンポジウム「東アジアのメソスケール水循環と豪雨」の報告, 天気, **45**, 793-796.
 吉崎正憲, 上田 博, 藤吉康志, 渡邊 明, 坪木和久, 小司禎教, 加藤輝之, 二宮洸三, 大野裕一, 茂木耕作, 前坂 剛, 瀬古 弘, 2000 : 「東アジアにおけるメソ対流系と豪雨に関する国際会議」の出席報告, 天気, **47**, 569-574.
 吉崎正憲, 藤吉康志, 村上正隆, 耿 驍, 中村晃三, 加藤内蔵進, 斉藤和雄, 中井専人, 川島正行, 中村健治, 新野 宏, 上田 博, 小林文明, 加藤輝之, 2003 : 「東アジアにおけるメソ対流系と豪雨・豪雪に関する国際会議」の報告, 天気, **50**, 189-196.