

第4回 WWRP 北京オリンピック2008予報実証実験／ 研究開発プロジェクト (B08 FDP/RDP) ワークショップ報告*

斉藤和雄*1・国井勝*2

1. はじめに

2009年4月21日から24日にかけて、中国広州で第4回 WWRP 北京オリンピック2008予報実証実験／研究開発プロジェクト (B08 FDP/RDP) ワークショップが開催され、気象研究所から斉藤・国井の両名が参加した。ここでは、プロジェクトの概要やワークショップの内容のうち、天気読者に興味があると思われる部分について報告する。

2. B08 FDP/RDP について

WWRP B08 FDP/RDP は、世界気象機関世界天気研究計画 (WMO WWRP) 傘下の研究計画で、2008年北京オリンピックに合わせて各国気象機関が短期予報に関する国際比較実験を行うものである。2000年にシドニーオリンピックに合わせて行われた国際予報実証実験 Sydney 2000 FDP (日本は不参加) に引き続く研究計画として中国気象局 (CMA) から提案され、2003年10月にオスロでの第7回 WWRP 科学運営委員会において承認された。ナウキャストに基づく6時間先までの予報実証実験 (FDP) コンポーネントと36時間先までの予報についての研究開発プロジェクト (RDP) コンポーネントに分けて実施されている。このうち RDP コンポーネントの活動内容は、Tier-1と呼ばれる水平解像度15 km のモデルによるメソアンサンプル予報と、Tier-2と呼ばれる水平解像度4 km 以下の雲解像モデルによるケーススタディに分けられている。これまで、第1回と第2回ワークショップを

2005年3月と2006年8月に北京で、第3回ワークショップを2007年9月に青島で開催しており、プロジェクトの研究組織図などは、第3回ワークショップの報告 (斉藤ほか 2008) に記している。

第4回ワークショップは、2008年7月から8月にかけて行われた B08 FDP/RDP での2008年本実験の成果を確認するための国際ワークショップで、各国システムの開発報告と検証を通じたメソアンサンプル予報全般に関する議論、成果発表の方針決定などのために開催された。

3. B08 FDP/RDP 2008年本実験

B08 FDP/RDP の本実験は、2008年8月8日～24日の北京オリンピックに合わせて、2008年7月下旬から約1ヵ月間実施された。主な参加国 (機関) は FDP が、中国 (NMC/CMA, CAMS/CMA)、米国 (NSSL)、カナダ (AES)、香港 (HKO)、オーストラリア (BOM)、RDP が、中国 (NMC/CMA, CAMS/CMA)、米国 (NCEP)、カナダ (MSC)、日本 (MRI/JMA)、オーストリア&フランス (ZAMG & Meteo France；以下単に ZAMG と表記) である。このうち、RDP の Tier-1アンサンプル実験では、北京周辺の105～125° E, 30～45° N の領域を共通検証領域と位置づけ、7月24日～8月24日の毎日、12 UTC を初期値とする36時間予報のアンサンプル予報の各メンバーの3時間おきの予報値データを、0.15度の共通格子に GRIB2フォーマットにより2230 UTC までに CMA の ftp サーバーに準リアルタイム送信した。送信データは、地上気象要素 (2 m 気温、相対湿度、10 m 風、降水量、海面気圧) と、上層気象要素 (250, 500, 700, 850 hPa の高度、風、気温、相対湿度) および CAPE, CIN, SAUI などの診断データである。

* Report on the 4th WWRP B08 FDP/RDP Workshop

*1 Kazuo SAITO, 気象研究所予報研究部。

*2 Masaru KUNII, 気象研究所台風研究部。

© 2009 日本気象学会

第1表 第4回北京2008オリンピック予報実証/研究開発プロジェクトワークショッププログラム (FDP 分科会についてはセッション標題のみを記す)。

	FDP 分科会	RDP 分科会
4月21日(火) 午前	オープニングセレモニー (中国気象局次長, WMO 事務局, 広東省副知事) 議事のレビューと集合写真 FDP プロジェクト進捗状況レビュー RDP プロジェクト進捗状況レビュー WWRP 活動レビュー	
4月21日(火) 午後	セッション1 データ環境についてのレビュー セッション2 各国短時間予測システム開発のレビュー	セッション1 各国メソアンサンブルシステムのレビュー ・カナダ気象局 ・気象研究所/気象庁(斉藤) ・米国環境予測センター ・オーストリア気象地球力学中央研究所 ・中国気象局
4月22日(水) 午前	セッション3 検証のレビュー セッション4 予報実証のレビュー	セッション2 プロダクトと検証 ・オリンピック予報へのサポート ・予報官の評価 ・プロジェクトとしての経験 ・中国気象局による検証 ・気象研究所による検証(國井)
4月22日(水) 午後	セッション5 社会的経済的インパクトのレビュー	セッション3 マルチセンターアンサンブル ・中国気象局による報告 ・米国環境予測センターからの話題提供 セッション4 科学的諸問題(座長 斉藤) ・全球アンサンブル予報との比較 ・BGM 法と LETKF 法のテストと境界摂動(斉藤) ・ECMWF での確率的物理過程摂動
4月23日(木) 午前	ジョイントペーパーについての分科会議論	セッション4 科学的諸問題(座長 斉藤) ・メソ4次元変分法解析の適用(國井) ・メソ特異ベクトルと感度解析(國井) 分科会議論 ・プロジェクトの今後 ・全球アンサンブル, 高解像度決定予報との比較 ・ジョイントペーパーと特集号
4月23日(木) 午後	全体総会 ・FDP グループ報告 ・RDP グループ報告 ・FDP と RDP との相互協力 ・閉会挨拶 東莞市気象台の見学	
4月24日(金) 午前	WMO サマリーレポートについての FDP 分科会科学運営委員会 会合	WMO サマリーレポートについての科学運営委員イン フォーマルミーティング

これらの結果は B08 RDP プロジェクトウェブサイト (http://www.nmc.gov.cn/b08_rdp/) にリアルタイム表示され、北京市気象局 (BMB) によるオリンピック期間中の当日予報の参考にも用いられた。2008年本実験における各国の Tier-1メソアンサンブル予報システムは第2表のようなものである。

4. ワークショップの概要

ワークショップは4月21日(火)～4月24日(金)にかけて、第1表のプログラムに示すような日程で中

国広州市の東方賓館で行われた。以下に会議の内容を記す。

4.1 1日目午前

ワークショップ初日の4月21日(火)の午前中は東方賓館230 A 会議室にて、全体総会が行われた。J. Wang (BMB 次長) が FDP について、Y. Duan (NMC 所長) が RDP について、各プロジェクトへの CMA のサポートや進捗状況のレビューを行った。この中で Duan は8月8日夜に行われた北京オリンピック開会式の予報について、6機関の予測の内5機関ま

第2表 参加各機関の Tier-1メソアンサンブルシステム。

機関	モデル	解像度 メンバー数	初期値	初期摂動	境界条件	境界摂動	モデル摂動
MRI/ JMA	JMA-NHM	15 kmL40 M11	北京域 メソ4 D-Var	全球ターゲット SV	JMA 全球予報	JMA 全球 EPS	なし
NCEP	WRF-ARW WRF-NMM GFS	15 kmL60 M5 15 kmL60 M5 T284 L60 M5	NCEP 全球3 D-Var	領域 BGM NCEP 全球 BGM	NCEP 全球 EPS	NCEP 全球 EPS	マルチモデル
MSC	GEM	15 kmL28 M20	M S C 全 球 EnKF	M S C 全 球 EnKF	MSC 全球 EPS	MSC 全球 EPS	マルコフ過程 物理摂動 地表面摂動
ZAMG	ALADIN	15 kmL37 M17	ECMWF 全 球4 D-Var	ECMWF 全 球 SV+領 域 BGM	ECMWF 全球 EPS	ECMWF 全球 EPS	マルチ物理過 程
NMC/ CMA	WRF-ARW	15 kmL31 M15	WRF 3 D-Var	領域 BGM	CMA 全球 EPS	CMA 全球 EPS	マルチ物理過 程
CAMS/ CMA	GRAPES	15 kmL31 M9	GRAPES 3 D-Var	領域 BGM	CMA 全球 EPS	CMA 全球 EPS	マルチ物理過 程

だが、北京市周辺や前後に降水があるものの国家スタジアムで開会式中に雨となる確率は低い予報だったことを示し、参加機関の予報が実況の天気推移を良く表現していたと述べた。これに対し、唯一高い降水確率を予測していた Y. Wang (ZAMG) から、CMA は開会式での雨を防ぐためシーディングによる気象改変を行ったと聞いたがその効果はどうだったのかという当然の質問があった。FDP 事務局長でもある J. Wang から、シーディングはリスクを下げるために行っただけだという、やや苦しい説明があった。

このほか、WWRP 事務局長の T. Keenan (BOM) から2010年に行われる上海万博でのナウキャスト実証プロジェクト WENS への取り組みに関する報告もあった。WENS は上海市当局による早期災害警報システム MHEWS に関連して WMO の合同ナウキャスト委員会 JoNAS の活動の一環として行われるもので、SMB/CMA, HKO, BOM などが参加する。気象庁予報部を中心とした日本の降水ナウキャスト・短時間予報関係者にも2008年夏に参加の打診が行われたが、日本は参加を見送る方向になっている。

4.2 1日目午後

午後は、セッション1として各機関から Tier-1メソアンサンブルシステムに関する報告があった。

M. Charron (MSC) は、MSC のアンサンブル予報システムの紹介を行った。MSC の領域アンサンブル予報への取り組みは2004年から始まっており、当初は水平解像度150 km の全球 EPS のダウンスケールによるものであった。その後、2007年予備実験では全球

特異ベクトルを初期摂動としたシステムを構築したが、2008年本実験では全球 EPS のダウンスケールに戻っている。MSC の全球 EPS は観測摂動法を用いる EnKF で水平解像度110 km, 96メンバーで計算を行っており、領域 EPS にはその中から20メンバーを選択して用いている。またマルコフ過程に基づく物理過程摂動と地表面過程の摂動を与えている。これまで、B08 RDP 実験の他、2006年の冬季、夏季に北アメリカを対象とした水平解像度33 km, 48時間先までのアンサンブル実験なども行っている。Charron 博士に伺ったところ、MSC では、2010年から水平解像度33 km で領域アンサンブル予報を現実化する予定で、これは高解像度全球予報と同じ解像度であり、今後も領域アンサンブル予報の解像度は高解像度全球予報のそれに合わせるようになるだろうとのことだった。

齊藤 (気象研究所) は、MRI/JMA の実験システムの概要紹介を行った。まず、2007年の予備実験の結果を示し、対流性降水の過小評価や、猛暑日の地上気温で高温が出にくい、アンサンブルスプレッドが小さめ等の MRI/JMA の領域 EPS の問題点を挙げた。次に、それに対するモデルの取り組みとして、予報モデルの KF スキームのパラメータの見直し、土壌含水率の下限値の見直しなどの改良点を述べた。初期値解析にメソ4次元変分法を適用し、初期値摂動としては、週間アンサンブル予報のダウンスケール、全球ターゲット SV 法、メソモデル SV 法、メソモデル BGM 法、LETKF の5種類の初期値摂動手法を開発し、本

実験に先立つテストに基づいて全球特異ベクトルを採用したことを述べた。

J. Du (NCEP) は、NCEP の実験システムの紹介を行った。NCEP の現業領域アンサンブルシステム SREF は、異なる解析値や摂動方法による初期、境界条件の違いや、マルチモデル、マルチ物理で構成され、水平解像度32 km, 21メンバーで87時間予報を行っている。竜巻事例に対する確率予測や、ハリケーン予報に対する有効性を示した。現在、SREF を高解像度化し、よりハイインパクトな事例を対象にした実験システムを構築中であるとのことであった。B08 RDP 実験に関しては、NCEP は WRF-NMM, WRF-ARW, 及び全球モデルのダウンスケールをそれぞれ5メンバー、全部で15メンバーで運用した。WRF-NMM と WRF-ARW には地上気温に負バイアスがあり、バイアス補正をすることで RMSE の改善がなされることなどを述べた。

Y. Wang (ZAMG) は、ZAMG が Meteo France の協力を得て参加した実験システムの概要を述べた。ZAMG のシステムは、初期摂動に ECMWF の全球特異ベクトルと、領域モデルによる Bred ベクトルをブレンドしているのが特徴的である。これは、総観スケールの摂動を全球特異ベクトルで算出し、より小さいスケールの摂動を領域 BGM で捕捉することを意図して設定されており、両者の特徴を相補するものと考えられる。実際、全球 EPS のダウンスケールと比較することで、このブレンドする手法の有用性が示されている。ただし B08 RDP 実験では、比較実験開始後に領域モデルの Breeding サイクルにバグを見つけたが、バグ入りのままシステムを運用したとのことであった。マルチ物理も取り入れており、主に雲物理や放射過程、乱流過程で異なるスキームやパラメータを用いている。また、この他、統一的な検証ツールの構築や、オーストリアでの北京プロジェクトについての報道ぶりに関する紹介などがあった。

D. Guo (NMC) は、NMC の実験システムについて発表を行った。初期摂動に BGM 法を使用しており、00 UTC, 12 UTC を初期時刻とした36時間予報を1日2回行った。Breeding サイクルは6時間であるが、これを長期間繰り返していくとモデルのバイアスが卓越してしまうため、12時間おきに全球モデルの初期値に置き直している。また、初期値作成手法を最適内挿法から3D-Var にアップデートし、さらに予報モデルである WRF-ARW を更新したことにより、

モデルの予報誤差が改善したことを示した。マルチ物理過程を用いており、主に雲物理、積雲対流スキーム、境界層スキームでいくつかの手法を組み合わせられている。この他、CMA のデータ管理や Web サイトに対する貢献についての説明があった。

4.3 2日目午前

22日(水)の午前中は、セッション2としてプロダクトと検証についての発表があった。

Li Li (NMC) は、CMA による検証結果を発表した。850 hPa の気温、500 hPa 高度場、2 m 気温、10 m 風について、観測との比較によるアンサンブル平均の RMSE、スプレッド、タラグラウンド関、ROC、確率予報信頼度ダイアグラムなどを示した。850 hPa の気温と10 m 風の RMSE では、MRI/JMA, ZAMG, MSC, NCEP が同程度だが ZAMG, MSC が小さめ、スプレッドの大きさでは MSC, NCEP が良好で他の機関は小さめだった。500 hPa 高度場では、RMSE は MRI/JMA, ZAMG が小さく、スプレッドは MRI/JMA, NCEP が良好だった。2 m 気温の RMSE は MRI/JMA が最も小さく次いで NCEP だった。カナダの予報は RMSE が大きい、スプレッドは大きく信頼度ダイアグラムでは NCEP とともに良好だった。第3表に、Li の講演スライドをもとにした対観測のスコアをまとめる。MRI/JMA の予報は、ZAMG とともにアンサンブル平均の RMSE では概ね良好だったが、アンサンブルスプレッドは予報誤差に比べて小さめになっている[†]。ZAMG の上層検証の RMSE が小さいのは、境界条件に ECMWF の全球予報を用いていることが大きいと考えられる。MSC と NCEP のスプレッドが良好なのは、メンバー数が多めで物理過程やモデルに摂動が入っていることによると思われる。

國井(気象研究所)は、MRI による検証結果(原ほか(2008)に、その後の検証を加えたもの)を発表した。各システム毎の対初期値検証では、第4表に示すようにコントロールランやアンサンブル平均では概ね MRI/JMA が良好[†]で、コントロールランでは降水の予測精度も良好だった。一方、確率予報では MSC が良い結果になっている場合が多かった。アン

[†] Li によるこの検証は期間が2008年7月1日から、7月24日からの正式な比較実験期間の前の準備期間を含んでいる。MRI/JMA の結果には初期摂動の振幅調整を行う前のスプレッドの小さなアンサンブル予報が含まれている。

第3表 NMCによる参加機関アンサンブル予報の対観測検証。数値は予報期間におけるアンサンブル平均のRMSEで括弧はスプレッド。相対的に良好な数値を太字で示した。CAMSについては、2m気温のみの結果が示された。検証期間は2008/7/1-8/24。

	NMC	MRI/JMA	ZAMG	MSC	NCEP	CAMS
850 hPa 気温 (K)	1.7-2.3 (0.4-0.8)	1.0-2.0 (0.3-0.9)	0.9-1.8 (0.3-0.6)	1.0-1.7 (0.9-1.4)	1.0-1.9 (0.7-1.4)	
500 hPa 高度 (m)	15-17 (5-8.5)	11.6-13.8 (4.3-10.8)	10-13.6 (2.7-6.2)	14-16 (8-10.5)	11-15 (9-11)	
2 m 気温 (K)	2-3 (0.7-1.3)	1.7-2.4 (0.3-0.7)	2-3.1 (0.4-0.9)	2.1-3.5 (1.0-1.7)	1.7-2.5 (1.0-1.6)	2.7-4.5 (0.3-1.1)
10 m 風 (m/s)	2.2-2.8 (0.6-1.1)	1.7-2.2 (0.3-1.0)	1.6-2.0 (0.4-0.8)	1.5-1.9 (0.7-1.0)	1.8-2.2 (1.0-1.3)	

第4表 MRIによる参加機関アンサンブル予報 (FT=24) の対初期値検証。数値はコントロールランとアンサンブル平均のRMSEと括弧はスプレッド。相対的に良好な数値を太字で示した。CAMSは地表面初期値を報じていないため検証を行っていない。検証期間は2008/7/25-8/23。

	NMC	MRI/JMA	ZAMG	MSC	NCEP	CAMS
2 m 気温 (K)	1.2/1.2 (0.7)	1.1/1.0 (0.8)	1.4/1.2 (0.8)	2.8/2.7 (1.4)	2.7/2.0 (1.3)	
2 m 相対 湿度 (%)	7/7 (5)	7/6 (5)	10/8 (6)	15/13 (10)	11/7 (8)	
10 m 風 (m/s)	2.3/2.1 (1.2)	1.5/1.4 (1.3)	1.6/1.2 (1.0)	2.7/2.5 (1.3)	2.3/1.9 (1.5)	2.2/2.0 (1.0)
海面気圧 (hPa)	1.5/1.4 (0.8)	1.0/1.0 (1.0)	1.1/1.1 (0.7)	2.8/2.6 (1.5)	1.2/1.0 (1.5)	3.4/3.4 (0.8)

サンプル予報でコントロールをどの程度改善できたかをメンバー数との関係を見ると良い相関があり、MSCのシステムではメンバー数が20と多く、地表面を含め大きめの物理過程摂動が入っていることがアンサンブル予報の成績に貢献していると思われる。ただしMSCの予報は非常に強い雨の予測頻度が過大で、個々のメンバーでは不自然な予報になっているものが散見された。

このほかこのセッションでは、NMCのJ. ChenとZ. Kangによる北京オリンピックにおけるRDPプロダクトのサポートと予報官の評価についての発表があった。メンバーごとに予報に違いがあることについて、予報官の理解を深めることが必要とのことだった。

** MSC予報は全球EnKFのダウンスケールで、コントロールランが存在しないため、比較期間終了後にアンサンブル平均を初期値とするダウンスケールランを追加送信してもらったものについて検証している。またNCEPはマルチモデルで、検証初期値はWRF-NMMのものを用いている。

4.4 2日目午後

午後は、まずセッション3としてLi Liからマルチセンターアンサンブルに関する発表があった。中国気象局から1次モーメントとしてのバイアスと2次モーメントとしてのスプレッドをカルマンフィルタで補正する報告があった。マルチセンターアンサンブルの場合、バイアスの大きな予報が混じっていると、補正を行わないと、最善の単独予報(気温や相対湿度ではMRI/JMA)を凌駕できないようである。MRI/JMAの予報はバイアス補正後でも相対的に良いことが多かったが、その差は殆どなくなる。またJ. Duが、統計的ダウンスケールアプローチに関する話題提供を行った。バイアス補正により予測可能性が伸びるという主張だったが、数値予報というよりはガイダンスの手法に属する話題に思えた。

続いて、「セッション4 科学的諸問題」についての講演がもたれ、齊藤が座長を務めた。

Xiali LiはNMCの全球EPSとB08 RDP実験における領域アンサンブルの比較について紹介した。降水のCRPS(完璧な決定論的予測を最善とした場合の

確率予測の精度評価のスコア, Brier スコアを全閾値で積分したものに等しい), ROC 面積スキルスコアなどで, 全球 EPS を大きく上回る。

齊藤(気象研究所)は, メソモデルを用いる成長モード育成法の開発とアンサンブルカルマンフィルタのアンサンブル変換を用いた摂動生成について話し, プリーディングサイクルやデータ同化サイクルにも境界摂動を与えることが, 良い初期摂動を得るために重要であることを強調した。局所アンサンブル変換カルマンフィルタによる初期摂動は, 成長モード育成法による摂動に比べ観測の多いところで摂動振幅が小さくなるマスキング効果があるものの, 局所化とサンプリングエラーの問題があるようでスプレッドの成長やアンサンブル平均の改善において, 優位が得られなかったことを報告した。

M. Steinheimer (ZAMG, 現 ECMWF) は, 前述した全球特異ベクトルによる摂動とメソモデルを用いる BGM 法の摂動をブレンドする手法の詳細を紹介した。Steinheimer からは, もう 1 件, ECMWF での確率的物理過程摂動法の改良についての講演があった。従来の10度四方のパッチを用いるものから, 時空間に相関距離(500 km, 6 時間)を持つ摂動手法に切り替えることで, 熱帯の表現が改善し, 過剰な強雨頻度が適正になったとの報告だった。

4.5 3日目午前

23日(木)の午前中は, まずセッション4の続きがもたれ, 國井(気象研究所)が, メソ4次元変分法解析の適用, メソ特異ベクトル法の開発と感度解析についての講演を行った。B08 RDP プロジェクトでは, 当初の提案ではデータ同化も大きなテーマとして挙げられ, 北京周辺の特別観測データを各参加機関は同化して初期値を作るようになっていた。2006年の予備実験後, データ同化までとても手が回らないという意見が出され, データ同化については参加機関に任せる, という事になり, 結局今回の B08 RDP プロジェクトでは, Tier-1 メソアンサンブルでは, MRI/JMA がメソ4次元変分法解析の適用を行ったのと中国気象局が3DVarによる領域解析を行ったのみだった(このほかに, 2007年予備実験に際し Tier-2雲解像ケーススタディでGPSデータの同化がNCAR, BMBなどで行われたが, 今回のワークショップでは発表がなかった)。領域を国外に移す場合予報モデルの実行は比較的容易だが, データ同化システムは非常に手がかかる。メソ4次元変分法解析は気象庁の現業システム

を基にしており, もともと国外での適用を意識して設計されていないので, B08 RDP 実験領域に適用するのはシステム全般の理解とかなりの手入れが必要になる。今回, 当初実験を始めたところ, 地表面温度に大きなバイアスが生じることが分かり, JRA25再解析データを用いて土壌温度気候値まで作り直した。初めての国外へのメソデータ同化システムの適用であり, relocatable なシステムがここで構築されたことは大きな財産と思われる。

メソ特異ベクトルについては, 降水の初期スプレッドが速やかに大きくなることが特徴で, 特異ベクトルの線形成長とモデルでの非線形成長率との相似度などでも妥当な結果が得られており, 計算負荷が大きいことを別にすればメソ特異ベクトル法にも十分な実用性があることを示した。

この後, 分科会として成果発表の方針や今後についての議論を行った。RDP のプロジェクトレビューをGong 事務局長を筆頭著者としてBAMSに投稿することや, マルチセンターアンサンブルについてのジョイントペーパーをCMAが書くこと, 米国気象学会誌に特集号を検討する, などが決められた。またGong 事務局長からは梅雨期の華中を対象とする15 km アンサンブル予報をWWRPの次期FDPとして2012年をターゲットに行うという提案も行われたが, 賛否が分かれたため, 各委員から意見を集約し提案を作り直すことになった。

4.6 3日目午後

23日(火)の午後は, 再び全体会議で, 分科会議論の報告とFDPとRDP両分科会での今後の相互協力に関する議論が行われた後, 同日東莞市気象台の見学を行った。

24日午前, WMO サマリーレポートについての打ち合わせがあった。FDP 分科会では科学運営委員会の会合としてもたれたが, RDP 分科会ではGong 事務局長と一部委員によるインフォーマルな打ち合わせのみが行われた(齊藤が参加)。

5. おわりに

今回, B08 RDP/FDP プロジェクトの本実験を受けての最後のワークショップとして, 各機関のシステムの進捗と成果が述べられた。システムの予測精度の方は, メソ解析を実行したことや2007年の検証結果に基づくモデルやシステムの改良を行ったため, 概ね悪くない成績を残すことが出来た(ワークショップで配

られたプレプリントの中国気象局による WMO へのサマリーレポートの原案では、“JMA model gave the best performance”と記されていた。2007年のシステムで明らかになった欠点のうち、アンサンブルスプレッドが小さめ、強雨の予報頻度が少なめという問題については、かなりの改善を行ったもののまだ問題が残った。我々の検証では、2007年予備実験のシステムに対しては2008年本実験のシステムは、各種統計スコアで大幅な改善が得られていたが、2008年本実験での他の参加機関の予測システムとの差は (CAMS を除いて) 小さいもので、並雨の捕捉率などでは遅れをとった。本実験に臨み、他機関のアンサンブル予測システムも大幅改善をしてきたため、もし2007年の実験システムであったなら、6つの参加機関中4~5位の成績に甘んじていたかも知れない。

B08 RDP プロジェクトは WWRP の研究プロジェクトとして成功裏に実行されたが、2点残念に感じられたことがあった。一つは、Tier-1メソアンサンブル実験とともに行う予定だった Tier-2雲解像ケーススタディについて、今回のワークショップで発表がなかったことである。最終日全体総会で、FDP グループとの協力の議論になった時、対流をパラメタライズする15 km 領域モデルによるアンサンブル予報の結果と対流スケールのナウキャストを結びつけるのは困難という意見が出た。会議の後、FDP に参加した香港天文台の L. Yueng 氏から、RDP での Tier-2はどうなったのかと尋ねられた。Gong 事務局長からは、次のプロジェクトの提案があったが、今後は雲解像実験を中心とする (あるいは含む) プロジェクトであるべきと思える。もう1点は、RDP 参加機関の一つである CAMS の予報が悪かったことである。モデル (CAMS の独自モデル GRAPES) に大きなバイアスがあり、コントロール予報の精度が悪いばかりでなく、アンサンブル予報による改善も僅かだった。CAMS からは D. Chen 博士が ISSC 委員になっているが、第3回ワークショップに引き続き、今回のワークショップにも姿を見せず CAMS からの講演はキャンセルになった。モデルバイアスの問題は2007年から明らかになっていたので、システムを改良する時間はあった筈で、なぜシステム改良を途中から事実上放棄してしまったのか、いまだに疑問のままである。

B08 RDP プロジェクトへの参加に際し、気象研究所予報研究部の原 昌弘・瀬古 弘両主任研究官、気象庁予報部数値予報課の原 旅人・山口宗彦両技官、

気象研究所の電計管理班などの多くの方々の協力を頂いた。ここに深く感謝の意を表する。(斉藤和雄)

共通の事例、実験設定で、国際的なメソアンサンブル予報比較実験を行い、各国のシステムの長所、短所が明らかとなったことは非常に興味深い。MRI/JMA は、初期値解析や摂動作成手法に開発/計算資源を多めに傾注した一方、準リアルタイム実験による時間の制約のためアンサンブルメンバー数は少なめで、また、物理摂動も考慮していない。その結果、コントロール予報は最良の結果となったが、アンサンブル予報の検証結果に関しては課題が残った。一方、MSC は参加機関中最多の20メンバーを擁し、物理摂動によるスプレッドの確保、極端な事例を予測するメンバーを含むことにより、RMSE の改善率や ROC 面積スキルスコアなど、アンサンブル予報検証としては最も良い結果となった。また、ZAMG で採用していた全球スケールの摂動とメソスケールの摂動とをブレンドする手法も興味深かった。MRI/JMA の全球 SV とメソ SV の比較実験では、弱い雨に対する確率予報は全球 SV が、中程度~強雨に関してはメソ SV が、それぞれ良好な結果をもたらしており、両者のブレンドにより双方の特徴を相補することが期待される。今後、MRI/JMA の全球特異ベクトルとメソ特異ベクトルの結合についても検討していきたい。

今回のプロジェクトを通じ、気象研究所予報研究部の斉藤室長と瀬古主任研究官、原主任研究官をはじめ、気象庁数値予報課の方々、気象研究所電計管理班の方々など、多くの方々にご指導・ご協力頂きました。ここに改めて深い感謝の意を表します。

(國井 勝)

略語一覧

- AES : Atmospheric Environmental Service カナダ大気環境サービス
- ALADIN : Aire Limitée Adaptation dynamique Développement InterNational フランス気象局を中心とするヨーロッパ気象機関領域モデル
- BAMS : Bulletin of American Meteorological Society 米国気象学会会員誌
- BGM : Breeding Method ブリーディング法
- BMB : Beijing Meteorological Bureau 北京気象局
- BOM : Bureau of Meteorology オーストラリア気象局
- B08 : Beijing Olympic 2008 北京オリンピック2008
- CAMS : Chinese Academy of Meteorological Sciences

- 中国気象科学院
 CAPE : Convective Available Potential Energy 対流有効位置エネルギー
 CIN : Convective Inhibition 対流抑制
 CMA : China Meteorological Administration 中国気象局
 CRPS : Continuous ranked probability score 連続階級確率スコア
 ECMWF : European Centre for Medium-Range Weather Forecasts 欧州中期予報センター
 EnKF : Ensemble Kalman Filter アンサンブルカルマンフィルタ
 EPS : Ensemble Prediction System アンサンブル予報システム
 FDP : Forecast Demonstration Project 予報実証実験プロジェクト
 GEM : Global Environmental Multiscale model カナダ気象局の現業全球領域統一モデル
 GFS : Global Forecast System 米国国家環境予測センターの現業全球予報モデル
 GRAPES : Global/Regional Assimilation and Prediction System 中国気象科学院が開発中の全球領域統一非静力学モデル
 GRIB : GRIdded Binary WMO が提唱している格子点データ高圧縮パッケージ法
 HKO : Hong Kong Observatory 香港天文台
 ISSC : 国際科学運営委員会 International Science Steering Committee
 JMA : Japan Meteorological Agency 気象庁
 JoNAS : Joint Nowcasting Applications and Services ナウキャスト応用サービス合同委員会
 KF : Kain-Fritsch 積雲対流スキーム
 MHEWS : Multi-hazard Early Warning Systems Demonstration Project of Shanghai 上海市当局による早期災害警報システム
 MRI : Meteorological Research Institute 気象研究所
 MSC : Meteorological Service of Canada カナダ気象局
 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
 NMC : National Meteorological Center 中国気象局国家気象センター
 RDP : Research Development Project 研究開発プロジェクト
 SAUI : Sauna index サウナ指数 $(K) = 0.5 \times T(2m) + 0.3 \times TD(2m) + 15$
 SMB : Shanghai Meteorological Bureau 上海市気象局
 SV : Singular Vector 特異ベクトル
 WENS : Nowcasting Service Demonstration Project 上海 Expo ナウキャストサービス実証プロジェクト
 WMO : World Meteorological Organization 世界気象機関
 WRF : Weather Research and Forecasting model 米国の研究予報コミュニティモデル
 WRF-ARW : Advanced Research WRF NCAR による力学コアの WRF
 WRF-NMM : Nonhydrostatic Mesoscale Model NCEP による力学コアの WRF
 WWRP : World Weather Research Program 世界天気研究計画
 ZAMG : Zentral Anstalt für Meteorologie und Geodynamik オーストリア気象地球力学中央研究所
 4D-Var : 4 Dimensional Variational method 4次元変分法

参 考 文 献

- 斉藤和雄, 瀬古 弘, 國井 勝, 2008 : 第3回 WWRP 北京2008予報実証実験/研究開発プロジェクト (B08 FDP/RDP) ワークショップ報告. 天気, 54, 101-108.
 原 昌弘, 斉藤和雄, 瀬古 弘, 國井 勝, 山口宗彦, 小野耕介, 2008 : WWRP 北京オリンピック2008予報実証/研究開発プロジェクト (2008年本実験の検証, 他センターとの比較). 日本気象学会秋季大会予稿集, P306.