

第3回データ同化ワークショップの報告

川畑 拓矢*1・上野 玄太*2・中野 慎也*3・小守 信正*4
 増田 周平*5・茂木 耕作*6・若松 剛*7・藤井 陽介*8

1. はじめに

「第3回データ同化ワークショップ」を2013年1月18日に統計数理研究所で開催した。今回は、Mark Buehner 博士 (カナダ環境省)、三好建正博士 (理化学研究所) をお招きし、前回 (川畑ほか 2012) 同様、準国際ワークショップ形式 (資料を英語で準備し、実際の講演は日本語もしくは英語で行う) での開催とした。なお、気象研究所および統計数理研究所のデータ同化関連研究者が合同で開催してきた「気象研究所・統計数理研究所共同ワークショップ」を進展させ、「第1回データ同化ワークショップ」を2011年4月22日に気象研究所で開催した経緯は、川畑ほか (2011) で報告したとおりである。以下、プログラム順に講演の概要を紹介する。

2. 講演概要

2.1 「気象学におけるアンサンブルデータ同化の進展と展望」

三好建正 (理化学研究所)

本講演ではまず、メリーランド大学における WRF-LETKF (Weather Research and Forecasting Model - Local Ensemble Transform Kalman Filter) を用いた台風予報の改善に関する最近の研究成果について紹介した。Running-In-Place という手法は、ア

ンサンブル smoother を用いて繰り返し計算を行い、予測を観測値に近づける手法である。これによって非線形性の強い台風中心付近の構造を再現できた。また海面水温の摂動を考慮することで台風の進路および強度予報を改善できた。衛星データ同化は LETKF システムの課題であるが、AIRS (Atmospheric Infrared Sounder: 大気赤外サウンダ) データを同化する事も可能になった。さらに観測データが予報へもたらずインパクトについてアンサンブル情報から算出する手法も開発されている。最後にスケールの代表性が異なる観測データを同化する際に問題となる局所化スケールを扱う手法として、スケールの異なる局所化を重ね合わせる手法を提案した。

2.2 「LETKF ネストシステムの開発」

瀬古 弘 (気象研究所)

本講演では、気象研究所で開発されているネ스팅を行う LETKF によるアンサンブル予報システムと、そのシステムを用いた実験結果が紹介された。LETKF ネストシステムは、豪雨を発生させるメソスケールの収束と降水強度を同時に再現するために、水平解像度 15 km (アウトター) と 1.875 km (インナー) の二つの LETKF システムをネストさせたもので、アウトターの情報はインナーの境界値としてインナーに、インナーからは、6時間ごとに得られたインナーの解析値をアウトターの初期値に反映させている。このシステムを2008年9月5日に発生した大阪府堺市の局地的豪雨事例に適用したところ、約半数のメンバーで、観測と同じメソスケールの収束の位置に強い降水域が再現されていた。高分解能なドップラーレーダの動径風や GPS 水蒸気量を同化すると、強い降水域の分布がさらに改善されていた。インナーからアウトターへの情報伝達を行わない場合、アウトターのスプレッド等に影響が及ぶが、この事例では現象の持続時間が短

*1 (連絡責任著者) Takuya KAWABATA, 気象研究所, 〒305-0052 茨城県つくば市長峰 1 番 1.

*2 Genta UENO, 統計数理研究所.

*3 Shin'ya NAKANO, 統計数理研究所.

*4 Nobumasa KOMORI, 海洋研究開発機構.

*5 Shuhei MASUDA, 海洋研究開発機構.

*6 Qoosaku MOTOKI, 海洋研究開発機構.

*7 Tsuyoshi WAKAMATSU, 海洋研究開発機構.

*8 Yosuke FUJII, 気象研究所.

© 2013 日本気象学会

く、予報が改善されたかどうかの結論はなかった。さらに、講演では、インナーシステムを複数含むシステムや同化ウィンドウ内をスムージングするカルマンフィルターを用いたシステム開発についても紹介された。

2.3 「Current developments in data assimilation for numerical weather prediction in Canada: EnVar, EnKF and 4D-Var」

Mark Buehner (カナダ環境省)

カナダ環境省数値予報システムにおける最近の開発について講演を行った(第1図)。カナダ環境省の全球予報では、決定論的予報のための4D-Var (4-Dimensional Variational Assimilation: 4次元変分法) システムと確率論的予報のためのアンサンブルカルマンフィルタ (Ensemble Kalman Filter, EnKF) システムが運用されている。2013年末には、両者を統合し、アンサンブル4次元変分法データ同化 (Ensemble Variational Assimilation, EnVar) システムの運用を開始する予定である。同時に決定論的予報モデルは水平解像度を15 km、確率論的予報モデルは50 km、領域モデルは2.5 km に上げる。EnVar はアンサンブル情報を用いて変分法同化システムを構成するため、アジョイントモデルの開発が不要である。さらに背景誤差にもアンサンブル情報を用いるために流れ依存の背景誤差を表現できる。これらは効率的な並列計算とともに既存の4D-Var より有利である。現在のシステムでは背景誤差は統計的な誤差とのハイブリッドで与えられ、EnKF と並列に運用される。3D-Var, 4D-Var との比較の結果では、予報成績はほぼ



第1図 M. Buehner 博士の講演の様子。

同等であった。

2.4 「Ensemble transform Kalman filter を用いた粒子フィルタの提案分布の構成」

中野真也 (統計数理研究所)

モンテカルロ法を用いた粒子フィルタは、アンサンブルによって事後確率を表現しており、非線形あるいは非ガウス性を持つ観測データを利用可能である。しかし必要とする粒子数が莫大なため、これを減少させるアイデアとして事後分布に近い提案分布を採用する手法が存在する。本研究ではアンサンブル変換カルマンフィルタ (Ensemble Transform Kalman Filter, ETKF) を提案分布として採用した。ETKF は確率密度関数の2次のオーダーまで表現でき、線形でガウス分布に従うデータを扱うことが出来る。この手法を用いて Lorenz96モデルによる実験を行ったところ、ETKFのみによる結果よりも、粒子フィルタとのハイブリッドシステムの方が誤差が小さかった。

2.5 「Development of an incremental 4D-VAR system for ocean model downscaling」

石川洋一 (海洋研究開発機構)

従来、渦解像の海洋モデルの初期値はダウンスケールによって与えられてきた。本研究は、インクリメント法を用いた4D-Varによって、直接に渦解像の初期値を作成するものである。解像度の違うモデルは異なるバイアスを持つため、最初に両者の差からバイアス差を算出し、これを除いた場と観測データを比較する観測項を用いて定式化を行った。本システムを用いて、2011年1月5日から28日間の同化ウィンドウを用いて同化を行い、1年間の予報を行った。ダウンスケールによる予報との比較では、インクリメント4D-Varによる予報の方が観測との誤差が小さかった。これは、従来では表現できなかった小さな渦を表現していることや、狭い海峡である対馬海峡を解像していることによる。

2.6 「海洋大循環モデルの接線形コードとアジョイントコードを用いた北太平洋中層水の経路の特定」

藤井陽介 (気象研究所)

本研究では、まず評価関数と摂動の内積を定義し、従来とは異なるアプローチでアジョイント法の定式化を行った。その結果、接線形モデルとアジョイントモ

デルのそれぞれの出力の内積が保存される性質を導くことが出来た。次に、移流拡散方程式についてもこの性質が成り立つことを利用し、海洋大循環モデルによる水塊の流跡解析システムを構築した。ある領域から流出してある領域へ流入する粒子に対して、その途中の経路における尤度および確率密度を定義できる。このことを用いて、北太平洋中層水 (North Pacific Intermediate Water, NPIW) が亜寒帯の形成域から黒潮を越えて亜熱帯に移流される経路を追跡した。その結果、黒潮により東へと移流された NPIW が日本東方のシャツクライズ付近で亜熱帯循環内部に取り込まれることが明らかとなり、この海域における黒潮の変動が重要であることが示唆された。

3. おわりに

本ワークショップへは約50名の方に参加頂いた。議論も活発に行われ、様々な分野の研究者との交流ができた。ここで講演者および参加者には深く感謝したい。また、開催に当たっては、統計数理研究所共同研究プログラム (24-共研-5003) に基づき会場の利用及び旅費の補助を受けるとともに、海洋研究開発機構

からも参加旅費の一部を支援頂いた。誌面を借りてお礼申し上げたい。

データ同化技術は地球物理の分野にとどまらず、様々な分野で活用されており、互いに交流を行っていくことは非常に有用である。このような場として今後とも本ワークショップを継続して開催していく予定である。プログラム、講演ファイル等の詳細は、ホームページ (<http://daweb.ism.ac.jp/DAWS/index.html> 2013.05.28閲覧) をご参照願いたい。さらに、ワークショップ開催のお知らせなど、データ同化に関する情報交換の一助としてメーリングリストを設けているので、参加を希望する方には、事務局 (本稿筆者: dawsjimu@mri-jma.go.jp) までご連絡を頂ければ幸いである。

参考文献

- 川畑拓矢, 藤井陽介, 上野玄太, 中野慎也, 茂木耕作, 増田周平, 2011: 第1回データ同化ワークショップの報告. 天気, 58, 793-794.
- 川畑拓矢, 増田周平, 茂木耕作, 小守信正, 藤井陽介, 上野玄太, 中野慎也, 2012: 第2回データ同化ワークショップの報告. 天気, 59, 583-584.