

集中豪雨の予測精度向上を目指して

予報研究部 斉藤和雄

1. はじめに

数値モデルやスーパーコンピュータの進歩と新しい観測データの利用により、天気予報の精度は近年大きく向上してきているが、集中豪雨はその空間的・時間的スケールが小さいため、その予測には多くの課題が残されている。気象研究所では2004年(平成16年)度からの3年計画で融合型経常研究「非静力学モデルの高度化と同化技術の改善に関する研究」に取り組み、台風や積乱雲をリアルに表現する数値シミュレーションモデルや観測データ利用手法の開発、集中豪雨のメカニズム解明などを行っている。本報告では、集中豪雨の予測精度向上に向けたモデル開発と初期値改善に関する取り組みを中心に、その成果の一部を紹介する。

2. 気象研究所の取り組み

2.1. 非静力学モデルの開発と高度化

集中豪雨を引き起こす積乱雲群を数値モデルで正しく表現するためには、モデルに雲や雨・雪・あられなどの水物質の振る舞いを取り込むとともに、上昇流と気圧の扱いに近似を含まないモデル(非静力学モデル)を用いる必要がある。気象研究所での非静力学モデルの開発は1980年代後半に始まり、山越え気流や降雪・豪雨のメカニズム研究のために利用されるとともに、より現実的なシミュレーションが可能なモデルへの改良が積み重ねられてきた。平成11年からは予報部数値予報課との共同開発が始まり、「気象研究所数値予報課統一非静力学モデル(MRI-NPD/NHM)⁽¹⁾」、およびそれをベースにした「気象庁非静力学モデル(JMA-NHM)⁽²⁾」が開発された。JMA-NHMは2004年9月から水平解像度10kmの現業非静力学メソ数値予報モデルとして運用を開始しており、降水予測の高度化に貢献している(2006年3月からは水平解像度は5kmに強化されている)。2004年度からの融合型経常研究では、気象研究所は、非静力学モデルの高解像度化(超高解像度モデルの開発)や物理過程の高度化(陸面過程の導入や氷粒子など水物質の扱いの改善、発雷過程の導入)などに取り組んでいる。

2.2. 初期値改善の研究

数値モデルによる気象予測は、物理法則に則って将来の大気の状態を予測する初期値問題で、豪雨など顕著現象の短時間予測においては、水蒸気や下層風の分布などの大気の初期状態を正確に決定することが非常

に重要である。このため、気象研究所では、非静力学変分法データ同化システムの開発とリモートセンシング観測データの同化法の開発を行っている。

図1は、1999年7月21日の練馬豪雨の事例を対象に、2km分解能でドップラーレーダーによる風データ(動径風)やGPSによる水蒸気データ、アメダス観測データなどを短時間間隔で同化した実験⁽³⁾の結果を示したもので、練馬豪雨を発生させた深い対流を再現させることに成功している。再現された豪雨では、降水の量とタイミングの両方において、観測と比較的良好な対応を示していた(図2)。このような深い対流による局地的豪雨を実データを同化して再現に成功した例は、世界的にもほとんど類を見ないものといえる。

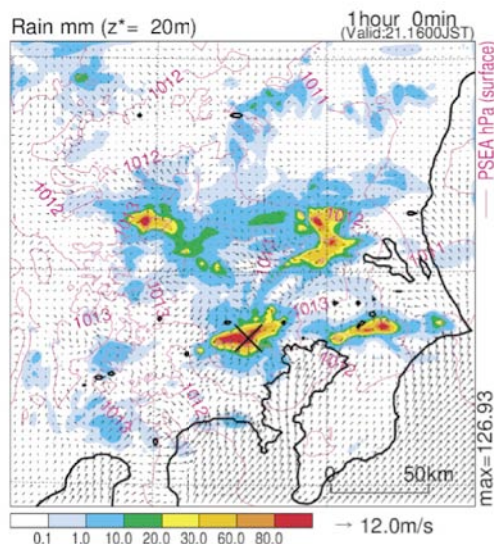


図1：雲解像度非静力学4次元変分法による練馬豪雨の同化実験における1999年07月21日16時の前1時間降水量。

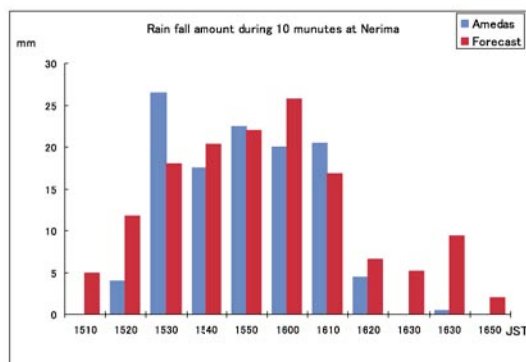


図2：練馬におけるアメダス10分間降水量と、モデルで再現された対流域の中心付近の10分間降水量。

リモートセンシング観測データの同化法に関しては、国土地理院の GPS 観測網で得られる衛星からの電波遅延量から水蒸気の変動や可降水量を求める研究、低軌道の別の衛星から地球大気をかすめて伝播してくる GPS 電波を観測して大気構造の解析を行う研究、衛星マイクロ波放射計データの同化手法の開発、ウインドプロファイラが観測する屈折率鉛直勾配から水蒸気分布を求める研究などを行っており、降水予測を改善する例などが得られている。

2.3. メソアンサンブル予報

集中豪雨などのメソ気象現象の予報では、初期値の僅かな違いが結果を大きく変えてしまう場合がある。豪雨など顕著現象がモデルで予測された場合に、その予測がどの程度信頼できるかは、防災対策を採る上で重要である。初期値などを僅かに変えたモデルを多数例実行し、予報のばらつき方から予測の信頼度を調べる予報をアンサンブル予報といい、決定論的な予報が難しい週間予報や季節予報での分野では広く使われている。近年、アンサンブル予報をメソ予報の分野にも適用しようとする試みが、内外で始まっている。気象研究所では、2005 年（平成 17 年）度からメソアンサンブル予報の基盤的研究を開始している。

メソモデルの予報が初期値によりどう変わるかを見るために、2004 年 7 月 13 日の新潟豪雨のケースについて、全球週間アンサンブル予報の摂動（ばらつき）を解析誤差程度に規格化して通常の初期値に加えて非静力学モデルを実行する実験を行った⁽⁴⁾。図 3 は、摂動を加えたことにより予報後半に強い降水を予想したメンバーのうちのいくつかの予報結果で、通常の初期値からの予報では不十分だった東北地方でのライン状の強い降水の集中が表現されている。実験では境界条件の影響がどの程度メソモデルの予報に影響するかについても調べ、気圧場や運動場は比較的早く境界条件の影響を受けるものの、降水予測に関しては 1 日予報程度では初期値における水蒸気場の影響が大きいことなどが分かった。

アンサンブル予報の一般的な手法としては、4 次元変分法に用いられる同化モデルから、発達率の大きな摂動を求める方法（特異ベクトル法）、アンサンブル予報のサイクルによりモデルの中で発達するモードを抽出する方法（BGM 法）などがある。また最近では、アンサンブル予報で得られる予報誤差の情報を用いて解析誤差を求める手法（アンサンブルカルマンフィルタ）がデータ同化とアンサンブル予報の有力な方法として注目されている。これらについても、気象研究所で取り組みを開始しており、今後さまざまな手法を比較していく必要がある。

3. まとめと今後の課題

- 1) 現業メソ数値予報モデルとして応用可能な非静力学モデルを気象庁数値予報課と共同開発した。さらなる高度化に向けた取り組みが行なわれている。
- 2) 雲を解像する非静力学 4 次元変分法により、深い対流による豪雨の再現に成功した。レーダーの反射率データの同化や計算の高速化などの課題が残っている。衛星等のリモートセンシング観測データの利用による降水予測改善の取り組みも進んでいる。
- 3) メソアンサンブル予報へ向けた取り組みを開始した。今後さまざまな手法を比較していく必要がある。

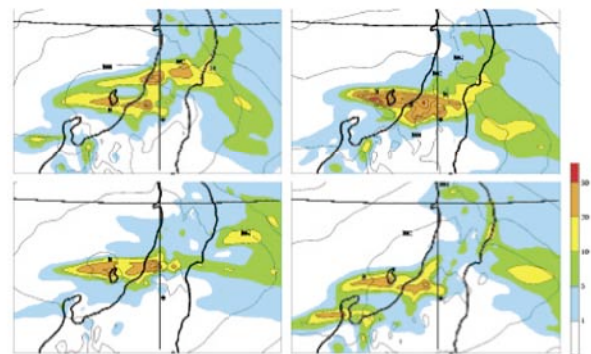


図 3：2004 年 7 月 12 日午後 9 時を初期値とする 10km 非静力学モデルを用いたアンサンブル予報による東北地方の 3 時間雨量。左上) M03p (FT=12-15)、右上) M04p (FT=12-15)、左下) M08p (FT=15-18)、右下) M12m (FT=12-15)。

参考文献

- (1) Saito, K., T. Kato, H. Eito and C. Muroi, 2001: Documentation of the Meteorological Research Institute/ Numerical prediction Division unified nonhydrostatic model. Technical Reports of the MRI, 42, 133pp.
- (2) Saito, K., T. Fujita, Y. Yamada, J. Ishida, Y. Kumagai, K. Aranami, S. Ohmori, R. Nagasawa, S. Kumagai, C. Muroi, T. Kato, H. Eito and Y. Yamazaki, 2006: The operational JMA Nonhydrostatic Mesoscale Model. Mon. Wea. Rev., 134, 1266-1289.
- (3) Kawabata, T., H. Seko, K. Saito, T. Kuroda, K. Tamiya, T. Tsuyuki, Y. Honda and Y. Wakazuki, 2006: An Assimilation Experiment of the Nerima Heavy Rainfall with a Cloud-Resolving Nonhydrostatic 4-Dimensional Variational Data Assimilation System. J. Meteor. Soc. Japan. (submitted)
- (4) 齊藤和雄・経田正幸・山口宗彦、2006: メソアンサンブル予報。数値予報課報告・別冊第 52 号、66-79.