

NHM-4DVAR による首都圏豪雨再現の試み

*川畑拓矢¹・黒田徹²・瀬古弘¹・斉藤和雄¹

1:気象研究所予報研究部、2:気象研(JST 重点研究支援協力員)

1. はじめに

気象研究所予報研究部では雲解像度非静力学 4 次元変分法データ同化システム (NHM-4DVAR) の開発を行っている。本システムは 1999 年 7 月に発生した練馬豪雨の再現に用いられた (Kawabata et al. 2007)。現在、このときのシステムに対して、Warm Rain プロセスを追加し、レーダー反射強度データを同化する開発を行っている。このために、同化システムの線形性、制御変数、観測演算子について、検討を行ってきた。これらを受けて、2005 年 9 月に発生した首都圏豪雨について、同化実験を行ったところ、部分的な再現に成功したので、あわせて報告したい。

2. NHM-4DVAR

NHM-4DVAR は JMANHM をベースとした非静力学 4 次元変分法データ同化システムである。水平解像度は 2km、メソβ~γスケールの対流現象の再現・予報を目的としている。摂動として考慮しているのは、力学過程と Warm Rain プロセスによる雲物理過程である。また、同化可能な観測データは、ドップラー動径風、レーダー反射強度、GPS 可降水量、ウィンドプロファイラ、地上風、地上気温である。

3. 線形性

非線形モデルにおいて、著しい非線形性が存在すると、同化スキームはうまく動かない。本システムにおいては、メモリ、計算時間の関係から DT を大きく取っており、降水の落下において、大きな非線形性が存在していた。このため、解析解スキーム(林 私信)を導入した。また、接線形モデルにおいても非線形性が強いスキームはその緩和が必要である。Warm Rain プロセスで、雲水の有無による雨滴の蒸発が ON/OFF される IF 文があり、強い非線形を生む原因となっていたため、これを除去した。雨滴の蒸発量は相対湿度で決まるため、予報結果にほとんど影響しない。

4. 制御変数

水物質(雲水、雨水)に関する制御変数をどのようにするかは、同化システムにとって大きな課題である。これらの予報誤差は正規分布に従わないと予想され、また、その量が 0 である領域が大き

いたために、予報誤差統計を計算することが難しいからである。本システムでは、水蒸気混合比と雲水量混合比をあわせた Total Water(QV+QC)、雨水量混合比を飽和水蒸気圧で割った変数(QR/Pqvs)の二つを制御変数として採用した。

雲水量混合比単独ではその予報誤差が正規分布に従わないが、Total Water では正規分布に近くなる。また水蒸気と雲水の分離は飽和調節によって容易に行える。

雨水量混合比については、やはりその予報誤差が正規分布に従っていないために飽和水蒸気圧で割ることで正規分布に近づけた。また、この措置によって、雨水量混合比が下層と上層で大きく値が異なるという問題を緩和することが出来る。

5. 観測演算子

線形性の高い観測演算子として、マーシャル・パルマー粒形分布を仮定した Z-QR 関係式を採用した(Sun and Crook 1997)。この観測演算子の利点は、線形性が高いことであるが、一方、欠点として、その D 値統計が正規分布にしたがわない、観測値を変形するためにその情報量が損なわれるという 2 点がある。前者に関しては、指数分布を仮定する方法が提案されているが(Koizumi et al. 2005)、本システムでテストした結果、よいパフォーマンスを得られなかった。また、後者については、考慮する摂動が Warm Rain プロセスであるために、問題が小さいと考えられる。下に観測演算子を示す。

$$5.57 \times 10^{-6} Z^{0.9245} = q_r \times dns$$

ここで Z は観測されたレーダー反射因子、 q_r はモデルの雨水量混合比、dns はモデルの空気密度を表す。

6. 同化実験

6.1 1 時間ウィンドウ

2005 年 9 月 4 日夜から 5 日未明にかけて発生した首都圏豪雨に関して、データ同化実験を行った。領域は下に示す関東地方約 250km 四方で、同化ウィンドウは 9 月 4 日 21JST から 1 時間である。同化したデータは、羽田空港レーダー、成田空港レーダーによる動径風、GEONET によって観測され、Shoji(2004)によって再解析されている GPS 可降水量、羽田空港レーダーによるレー

ダー反射強度である。

第1図に2100JSTのレーダー反射強度の観測とNHM-4DVARによる解析、第一推定値を示す(仰角0.7度)。解析には、首都圏豪雨をもたらした線状降水帯が再現されているが、再現結果は観測よりも幅が広く、房総沖、伊豆大島付近に観測に存在しない偽の降水が表現されている。前者については、背景誤差の広がりなどが関係していると考えられる。後者については、観測データのない領域であり、ある程度やむをえないものと考えられる。第2図に15分後における反射強度を示す。解析における降水強度は非常に弱くなってしまい、線状降水帯を維持していない。

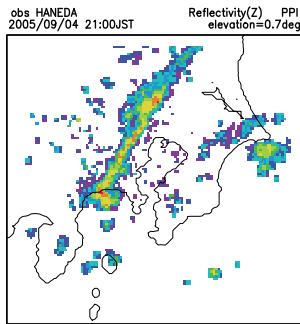
問題が同化システムの線形性によるものであれば改善する可能性があること、またよい第一推定値があれば改善する可能性があることを考慮したものである。さらに環境場の改善を図るためにアメダスによる地上気温、地上風を同化した。第3図に2回目の予報解析サイクルである2019JSTの反射強度場をしめす。下段の第一推定値による反射強度は9分間の予報であるにもかかわらず、強い強度を保っている。さらに、中段の解析では、偽の降水はほとんど現れておらず、改善が確認された。また、降水帯の形状なども改善されている。衰退の度合いも非常に小さくなっており、期待通りの結果となった。

6.2 10分ウィンドウ

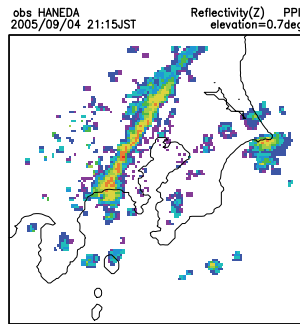
つぎに2000-2010JSTに同化ウィンドウを設定し、その後も10分間ずつのウィンドウを設定して、予報解析サイクルとした。これは6.1節での

7.これから

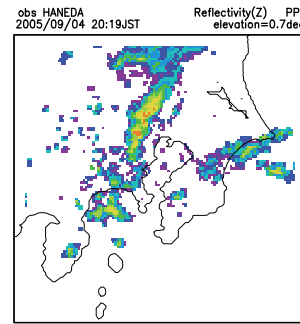
同化ウィンドウを長くしていった場合にどのくらい再現できるのか、また予報ではどうなるのかを今後調べたい。



第1図 2100JSTにおけるレーダー反射強度場。仰角0.7度。上から、観測、解析、第一推定値。



第2図 第1図に同じ。時刻は2115JST。



第3図 第1図に同じ。時刻は2019JST。