

雲解像粒子フィルタを用いた積乱雲の発生・発達に関する確率分布解析

A Study on Non-Gaussian Probability Densities on Convection Initiation using a Particle Filter with a numerical weather prediction model

○ 川畑 拓矢 1, 気象研, 茨城県つくば市長峰 1-1, tkawabat@mri-jma.go.jp
 上野 玄太 2, 統数研, 東京都立川市緑町 10-3, gen@ism.ac.jp
 Takuya Kawabata1, MRI, Nagamine 1-1, Tsukuba, Japan
 Genta Ueno2, ISM, Midori-cho 10-3, Tachikawa, Japan

Non-Gaussian probability densities in convection initiation (CI) and development are investigated using a particle filter with a numerical weather prediction model (NHM-PF). An observation system simulation experiment (OSSE) is conducted with a storm scale of 2-km grid spacing and 36 of observations and 1,000 of particles. The observations are created from a nature run, which simulates a well-developed cumulonimbus. For evaluation of non-Gaussianity, we propose to apply the Bayesian Information Criterion to compare the goodness of fit of three statistical models of Gaussian, two-Gaussian mixture and histogram. The PDFs become strongly non-Gaussian, when NHM-PF produces diverse particles over the CI period. This is led by non-Gaussian PDF of updraft at the beginning, and then that of relative humidity, which creates non-Gaussian PDFs of QV and PT. From these examination in addition to examinations on ensemble mean and spreads, it is concluded that the source of non-Gaussian in the CI is updraft.

1. はじめに

積乱雲が発達するためには、まず積雲が発生する必要があり、さらにはその領域で凝結が起こる必要がある。このプロセスをアンサンブル予報を用いて観察するとき、これらの過程における確率分布が非ガウス分布となっていることが予想される。なぜなら相変化は本質的にステップファンクショナルであり、滑らかに遷移しないからである。このような非ガウス分布を観察するために、非静力学モデルを用いた粒子フィルタ (NHM-PF) を開発した。本稿においては、NHM-PF の概要と、OSSE による実験の概要について述べ、観察された確率分布について議論したい。

2. NHM-PF

フィルタは Sampling Importance Resampling (SIR) Filter で、モデルは気象庁非静力学モデル (JMANHM: Saito et al. 2016) である。NHM-4DVAR より観測演算子を移植した (例えば Kawabata et al. 2014)。さらに IO を削減するために MPI 並列によるアンサンブル実行を行い、気候学的ノイズをインフレーションとして与えている。

3. OSSE

観測システムシミュレーション実験 (OSSE) を行った。まず、適当な日に対して 50 メンバーによる LETKF (水平解像度 2km, 斉藤他 2018) を実施した。この中から積乱雲が発達するメンバーを選び、これを真値とした。さらに真値にガウス分布するノイズを与えて観測値とした。観測値は、第 1 図に示した青丸 (モデル最下層の風、温位、水蒸気混合比)、赤丸 (鉛直 10, 15, 20 層の雨水混合比) である。

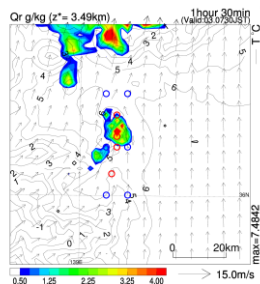


Fig. 1. Mixing ratio of rainwater in the nature run at 3.49-km height.

真値を除いたメンバーとアンサンブル平均を合わせて 50 メンバーとし、さらに LAF アンサンブルとして次の時刻の解析アンサンブルを合わせて、100 メンバーの初期アンサンブルを得た。ここから共分散を構成し、その中からランダムな摂動を取り出して平均場に加えることで、新しい初期値を作成した。このようにして、1000 メンバーの初期

アンサンブルと同時に側面境界値を得た。さらにこの 1000 メンバーのアンサンブルに対して、8 種類の異なるモデルスイッチ、パラメータを設定し、モデルアンサンブルとした。このように用意したデータおよびモデルのセットを用いて NHM-PF を、10 分ごとの同化ステップ、90 分の同化期間に対して実行した。さらに比較として同化を行わないアンサンブル (NoDA) を実行した。その結果、真値に対する RMSE, Spread がともに NoDA と比べて小さく、NHM-PF が良いパフォーマンスを示したことを表している (図略)。

4. 確率分布解析

確率密度がガウス分布に従っているかどうかを判定するために Bayesian Information Criterion (BIC) を導入した。比較のために用意した統計モデルはガウス分布、混合ガウス分布、ヒストグラムである。対流発生時の PDF は、まず上昇流に非ガウス分布が見られ、ついで湿度、最後に温位、水蒸気が非ガウス分布へ変化していく様子が観察された。ただし、雲水、雨水はそもそも極めて非ガウス分布となっていた。アンサンブル平均場、スプレッドと合わせて解析することで、上昇流が非ガウス分布のソースであることが結論づけられた。

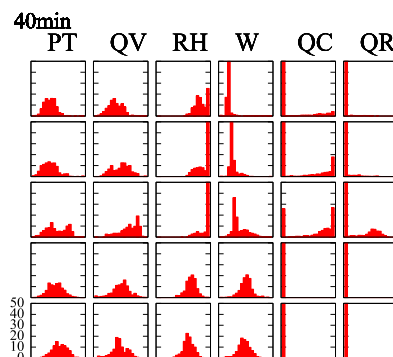


Fig. 2 Probability densities of PT, QV, RH, W, QC and QR on grids from south (lower) to north (upper) in the convection initiation region.

参考文献

Kawabata, T., and G Ueno: A Study on Non-Gaussian Probability Densities on Convection Initiation and Development using a Particle Filter with a Storm-Scale Numerical Weather Prediction Model. (submitted)