

防災・減災のためのアンサンブル領域結合データ同化研究

研究代表: 鈴木和良

共同研究者: 増永浩彦、Milija Zupanski、檜山哲哉

1. はじめに

北東ユーラシア大陸に位置するシベリア・モンゴルでは、森林火災、雪氷災害(例えば寒雪害や豪雪)、干ばつが頻発している。一方、東南アジアを含むアジアの大都市のほとんどは大河川の近くに位置しているため、アジア地域における洪水のリスクは高い。該当地域の防災・減災の適応策立案のためには、詳細な時空間データセットが必要であるが、全球再解析データの水平解像度は 70-100km と粗く、より詳細な地域再解析データが求められる。本研究では、申請者が開発してきた大気陸面結合データ同化システムを利用し、GCOM-W/AMSR2 輝度温度データと一般気象データを結合しデータ同化することで、10km の空間分解能を持つ結合再解析データを作成する。これによってシベリア、モンゴル、中国、日本並びにミャンマーを含む地域における防災・減災のための適応策とメカニズム解明に資する情報提供を最終目標とする。

2018 年度は、GCOM-W/AMSR2 輝度温度データを同化するための前段階として、各データ同化サイクルに必ず衛星データが入り出来、且つ側面境界の影響を受けない Global WRF (GWRf) モデルを用いたデータ同化システム開発を行った。このシステムの利点としては、グローバル・スケールでの結合データ同化システムに拡張出来る点と、大気データ同化による陸面状態の改善が期待できることである。また GWRf モデルは、様々なスケールの効率的なシミュレーションを可能とする複数のネスティング機能を持っている。よって GWRf によるネスティング機能は、グローバル・スケールと領域スケールの相互作用を可能とする。さらに、ネスティングされたドメインの双方向の側部境界条件は、領域 WRF モデルの側部境界条件問題を緩和し、データ同化システムを長期間安定的に運用する上で有利である。本研究における Maximum likelihood Ensemble Filter

(MLEF)-GWRf データ同化システムの開発は、世界初の試みである。

2. MLEF-GWRf システムの概要

MLEF-GWRf システムは 2 つの主要な要素を持つ: (1) MLEF データ同化システム (Zupanski, 2005)、および (2) GWRf モデル、である。MLEF データ同化システムは、Suzuki et al. (2017) による結合大気陸面結合データ同化実験において開発された。このシステムは、非線形問題および強い大気陸面結合への応用によく適したハイブリッドのアンサンブルデータ同化システムである。緯度・経度の座標上で状態量が定義され、極域の様に特別な取り扱いが必要なガウスグリッド以外、GWRf システムは地域 WRF モデルと本質的に同じである (Zhang et al., 2012)。なお、GWRf は元来、他の惑星における大気循環研究のために開発された (Richardson et al., 2007)。

3. MLEF-GWRf システムの評価

GWRf モデルで MLEF によるデータ同化インパクトを評価するため、10 日間のデータ同化サイクル実験を行った。6 時間間隔でデータ同化サイクルが行われ、合計 40 データ同化サイクルになった。実験は、2018 年 3 月 14 日 1800UTC から 2018 年 3 月 24 日 1800UTC までの期間である。システムの局所化は、水平方向に半径 600km、垂直方向に無次元単位 0.3、各実験で 32 メンバーのアンサンブルシミュレーションを行った。

GWRf モデル解像度は、約 104km の距離に等しい 1 度格子である。大気は鉛直 65 層、全球でグリッド数は 385x193 である。この予備的実験では、GWRf の大気要素の観測データのみをデータ同化に用いた。大気観測データは、米国海洋大気海洋庁 NOAA において取得された一般的な気象観測データである。データ同化の制御変数は、乾燥空気質量、温度、比湿、および水平の風

速成分である。

本研究では、2つの基本的な実験を実施した: データ同化 (DA) 実験とデータ同化なし実験 (NODA) である。結果は図 1-4 で表され、それぞれ海面気圧、温度、比湿、および水平風速の観測データを、それぞれ観測データから除いてデータ同化した実験結果 (DA) と除いた観測データの差、並びにデータ同化を行わないシミュレーション実験 (NODA) とそれぞれの観測データの差について、全球観測データを用いて二乗平均平方根 (RMS) 誤差を求めた。

図 1-4 の全ての結果は、データ同化の明瞭なポジティブインパクトを示す。最初の数サイクルの初期調整の後に、DA 実験の RMS エラーが安定し一定値になっている、これは、データ同化システムが、安定したパフォーマンスを有することを示す。NODA 実験の RMS 誤差は、DA 実験に比べて、明瞭に大きく、時々不安定な状態となった。

References

Richardson, M.I., A. D. Toigo and C. E. Newman, 2007: Planet WRF: A General Purpose, Local to Global Numerical Model for Planetary Atmosphere and Climate Dynamics,” J. Geophys. Res., 112, Article ID: E09001. doi:10.1029/2006JE002825.

Suzuki, K., M. Zupanski, and D. Zupanski (2017), A case study involving single observation experiments performed over snowy Siberia using a coupled land-atmosphere modeling system, Atmospheric Science Letters, 18(3), 106-111, doi:10.1002/asl.730.

Zhang, Y., J. Hemperly, N. Meskhidze, and W. C. Skamarock, 2012: The Global Weather Research and Forecasting (GWRf) Model: Model Evaluation, Sensitivity Study, and Future Year Simulation, Atmos. Clim. Sci., 2, 231-253.

Zupanski, M., 2005: Maximum Likelihood Ensemble Filter: Theoretical Aspects. Mon. Wea. Rev, 133, 1710-1726, doi:10.1175/MWR2946.

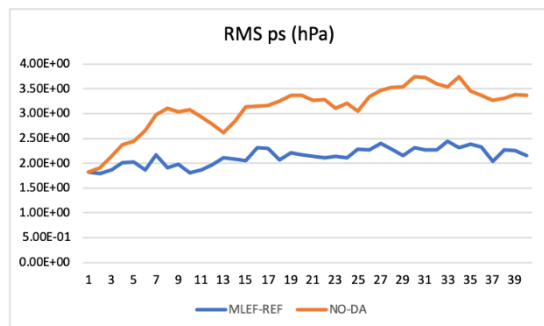


図 1. 気圧の観測データを除いたデータ同化実験。全球表面気圧の RMS 誤差の経時変化を示す。赤は NODA 実験を示し、青色は DA 実験(気

圧のみ除いて他の観測データを同化)を示す。DA 実験の RMS 誤差は、2hPa 付近である一方、NODA 実験の RMS 誤差では約 3.5 hPa に達する。

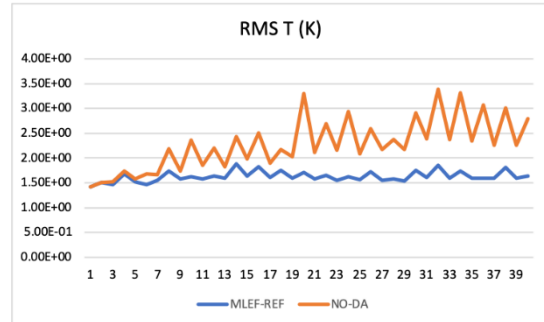


図 2. 温度の観測データを除いた DA 実験の RMS 誤差は約 1.6K であり、NODA 実験の RMS 誤差は、約 2.5-3.0K である。

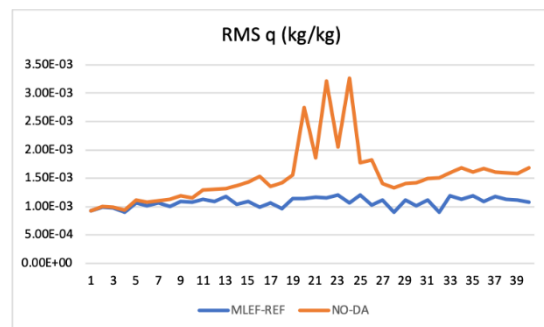


図 3. 比湿の観測データを除いた DA 実験の RMS 誤差と、NODA 実験による RMS 誤差の経時変化。

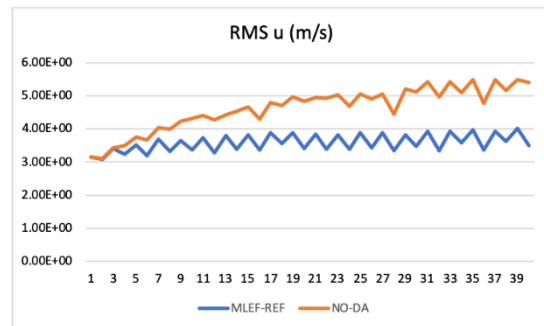


図 4. 風速成分 u を除いた DA 実験の RMS 誤差と NODA 実験による RMS 誤差の経時変化。