

Local patchを使わない新しいLETKFの実装

*三好建正（気象庁数値予報課）、山根省三（千葉科学大学／地球環境フロンティア）、
榎本剛（地球シミュレータセンター）

Miyoshi and Yamane (2007)は、地球シミュレータで局所アンサンブル変換カルマンフィルタ（Local Ensemble Transform Kalman Filter: LETKF, Hunt 2005）を開発し、T159L48のAFES (AGCM for the Earth Simulator, Ohfuchi et al. 2004)に適用して、2004年8月の実際の観測データの同化に成功した。その後非定時の観測を正しく扱うため、Hunt et al. (2004)により提案された4次元化を行い、4D-LETKFにアップグレードした。これを用いて、2005年5月から2006年11月の1年半に渡る実験的再解析ALERAを行い、LETKFの安定性を確かめた（Miyoshi et al. 2007）。

以上で用いたLETKFでは、各格子点で定義される四角いLocal patchを使ってデータ同化を行っている。これには、特に格子点間の距離が狭まる高緯度で、Local patchの影響で解析場に不連続な四角い形が見られる問題がある。しかし、LETKFは元来Local patchを必要とするアルゴリズムではない。各格子点を解析する際に、局所化スケールに応じて同化する観測を選べばよい。アンサンブル予報の観測相当量のみが必要とされるので、解析格子点の周りのLocal patchは不要である。これにより、高緯度の四角い不自然な不連続を防ぐとともに、local patch内の各点の解析を行わないことによる計算高速化を実現する。

以上のような考え方にに基づき、LETKFをLocal patchを使わないように新しく実装した。観測を選ぶための観測影響半径は、アンサンブル・カルマンフィルタでよく用いられるガウス分布関数に非常によく似た5次のpiecewise rational functionが0になる距離を使った。水平方向には、局所化を物理空間での距離に応じて行うこととし、緯度ごとに格子点間の距離が異なることの影響を受けないようにした。これにより、高緯度で不自然に局所化が厳しくなることを防ぐ。鉛直方向には、格子点数を単位としたガウス分布関数による局所化を適用した。

図1に、最初の解析後のアンサンブル・スプレッドを示す。Local patchがある従来のLETKFでは、高緯度で四角いパッチ状の形が見える。これは、観測の影響がLocal patchの存在により四角く途切れるために、不自然にエッジが強調されていることを表している。一方、Local patchをなくすことで、この問題が解決され、自然な分布を与えていることが分かる。表1には、計算時間を示す。Local patchをなくすことで、計算が効率化されている。局所化スケールが大きいほど、高速化することが分かる。

以上のように、新しいLocal patchを用いないLETKFは、より自然で尤もらしい解析を行うばかりでなく、計算高速化にも寄与する。今後は、Local patchを用いない新しいLETKFを主流として開発を進めるのが望ましい。

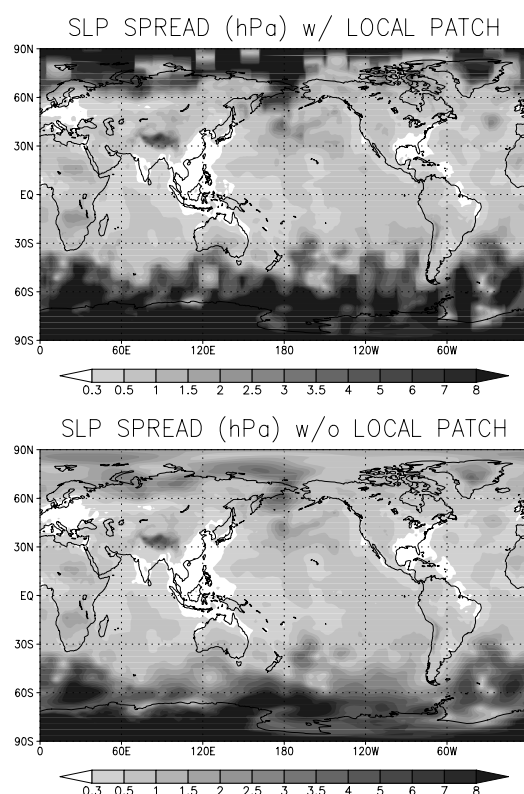


図1 Local patchあり（上）、なし（下）の場合のLETKFによる最初の解析後の海面更正気圧（hPa）の解析アンサンブル・スプレッド。

表1 40メンバーLETKFの計算時間（単位：秒、地球シミュレータ40ノード利用）

Local patch size or localization scale	13x13x13 300 km	21x21x13 500 km	29x29x13 700 km
Original LETKF	250	425	676
LETKF without local patches	106	156	182

謝辞

大淵 濟 (ESC)、竹内 義明、小泉 耕 (数値予報課) の各氏との有意義な議論や支援等に感謝する。本研究では、気象庁予報部・海洋研究開発機構・千葉科学大学の共同研究により地球シミュレータを利用した。

参考文献

- Hunt, B. R., 2005: Efficient Data Assimilation for Spatiotemporal Chaos: a Local Ensemble Transform Kalman Filter. arXiv:physics/0511236v1, 25pp.
- Miyoshi, T. and S. Yamane, 2007: Local ensemble transform Kalman filtering with an AGCM at a T159/L48 resolution. *Mon. Wea. Rev.*, in press.
- Miyoshi, T., S. Yamane and T. Enomoto, 2007: The AFES-LETKF Experimental Ensemble Reanalysis: ALERA. *SOLA*, submitted.
- Ohfuchi, W., and others, 2004: 10-km mesh meso-scale resolving simulations of the global atmosphere on the Earth Simulator: Preliminary outcomes of AFES (AGCM for the Earth Simulator). *J. Earth Simulator*, **1**, 8–34.