

# ローレンツモデルにおける アンサンブルカルマンフィルタの実装

理学部 地球科学科 大嶋彬

アンサンブルカルマンフィルタ (EnKF) は、解析値だけでなく、その誤差についても、観測により最適に制御しようとするデータ同化手法である。カルマンフィルタはモデルが線形で誤差がガウス分布するという条件下で最適なデータ同化を行うアルゴリズムで、解析とその誤差の両方について解析予報サイクルを行う。しかし、誤差の自由度が高いいため、計算上実現困難である。このため、少数のサンプルで誤差を表現するアンサンブル予報を応用したのが EnKF である。

近年の研究では、解像度 T159/L48 の AGCM に観測に摂動を与えない EnKF(局所アンサンブル変換カルマンフィルタ ; LETKF) を用いて、実際に観測の同化に成功している。(Miyoshi and Yamane, 2007) この Miyoshi and Yamane (2007) では、まず、最も適切なアンサンブルサイズと局所化スケールを見つけ、次にそれらを用いて、実際の観測データの同化実験を行った。アンサンブルサイズと局所化スケールは互いに依存していることを考慮し、最適な値をそれぞれ、40、 $21 \times 21 \times 13$  とした。表面気圧の解析場を気象庁の解析場 (3次元変分法 ; 3DVAR) と比較したところ、ほとんどの地域で差は 0.5 hPa となつたが観測の少ない南極大陸では 3.0 hPa と大きな差が生じた。これは、衛星輝度を同化させていないため生じた差である。以上から、LETKF は 3DVAR と同程度の解析精度を持つと結論づけた。

本論文では、PO 法と SRF のそれぞれの手法の性質を調査し、ローレンツモデルにおいての PO 法と SRF の比較からどちらがより優れていた手法であるかを明らかにする目的で、EnKF をローレンツモデルに適用し、データ同化実験を行った。まず、最適アンサンブルサイズを調査し (実験 1)、EnKF の主要な手法である摂動観測 (PO) 法と 平方根フィルタ (SRF (LETKF)) の両手法により、同化を行った (実験 2)。また、PO 法と SRF の解析誤差を比較し、どちらがより精度良くローレンツモデルを再現できているかを調査した (実験 3)。さらに、各同化手法の初期摂動依存性の調査や (追加実験 1)、両手法の混合実験 (追加実験 2) を行った。

実験 1 より、アンサンブルサイズは 40 で最も解析誤差は小さくなつた。解析誤差はアンサンブルサイズ 40 以下で減少傾向となり、それ以上では、増加傾向であった。実験 2 の前にアンサンブル予報を用いた予報実験を行つたが、実験途中で、アンサンブルスプレッドが急増し、正確に予報することはできなかつた。しかし、PO 法と SRF の同化過程を加えることにより、スプレッドの増加を抑え、ローレンツモデルの再現にどちらも成功した。解析誤差は PO 法では周期的な増大があり、SRF ではほぼ一定となり、二つの手法に違いがみられた。実験 3 では、時間経過と共に PO 法の解析誤差は、SRF に比べ

小さくなった。しかし、RMSE では SRF がより小さくなり、両手法に大きな差はみられなかった。PO 法と SRF を合わせた手法を用いた追加実験で、SRF はほぼ一定の安定した解析誤差を保った。一方、PO 法は観測に摂動を与えるため、ランダムノイズを混入させてしまう可能性が示唆された。この結果から、ローレンツモデルにおいて、SRF は PO 法よりも優れた手法であると考えられる。