

アンサンブル同化手法を用いた観測システムの最適化に関する研究

小守 信正 (海洋研究開発機構 アプリケーションラボ)

1. 本課題の目的と意義

海洋研究開発機構は、極域から熱帯まで世界各地で様々な観測を実施している。本課題は、アンサンブル手法に基づく先駆的なデータ同化システムを応用した観測システム実験を行うことにより、観測のインパクトを定量的に評価し、最適な観測システムの設計に役立てることを目的とする。

観測データを大気または大気海洋結合モデルへ同化することにより、時間発展する解析誤差(不確実性)を推定可能な高精度の再解析データセットという「科学的に有益な統合情報」を構築する。独自の同化システムを利用すれば、特定の観測データを同化する/しないという実験が可能になり、解析誤差の変化からその観測データの影響を定量的に評価することが可能になる。つまり、現象の発生メカニズムや予測可能性に関する知見に加えて、最適な観測システムを設計するための指針を得ることが可能となる。また、大気海洋結合系へのデータ同化の適用は、それ自体がチャレンジングな課題である。

これらの研究開発を通じ、観測とシミュレーションとが融合した世界最先端の研究基盤を確立し、観測システム研究に関する世界的な「中核機関」となることを目指す。

2. データ同化システム ALEDAS2 の概要

AFES-LETKF アンサンブルデータ同化システム Ver. 2 (ALEDAS2; Enomoto *et al.*, 2013) は、予報部分である地球シミュレータ用大気大循環モデル AFES と、データ同化部分である局所アンサンブル変換カルマンフィルタ LETKF からなる。解像度は水平 T119(約 100 km)、鉛直 L48(上端は 3 hPa)である。アンサンブルメンバー数は 63、共分散の局所化スケールは水平 400 km、鉛直 $0.4 \ln p$ 、スプレッド膨張率は 0.1(固定値)であり、米国環境予測センター(NCEP)が編纂した観測データ(PREPBUFR)を 6 時間毎に同化する。

3. 再解析データセット ALERA2 の構築

ALEDAS2 を用いた実験的アンサンブル大気再解析データセット ALERA2 を 2008 年 1 月から

構築し、研究コミュニティ向けに機構のサーバから順次公開している。昨年度末に地球シミュレータが更新されたこともあり、今年度は、改良したデータ同化システム(Yamazaki *et al.*, 投稿準備中)を用いて 2015 年 1 月から計算を再開した。本稿執筆時点で 2015 年 11 月まで到達している。

4. 観測システム実験の実施

ALERA2 を参照データとし、観測データの影響評価(観測システム実験)を行った。

4.1. ラジオゾンデ観測が夏季北極低気圧の予報に与える影響

本節では Yamazaki *et al.* (2015) を紹介する。プレスリリース『[北極域の観測で猛烈な北極低気圧を予測—北極海航路上の安全航行に向けた予報精度の向上—](#)』(2015 年 4 月 27 日, 海洋機構・極地研)も参照されたい。

北極海上での高層気象観測が、2012 年 8 月初旬に発達した猛烈な北極低気圧(以下 AC12)の予報に与える影響を観測システム実験(OSE)により調べた。

ALERA2 を標準実験(CTL)とし、一方の OSE では、ドイツの砕氷観測船 *Polarstern* 号によりスピッツベルゲン島近傍で 7 月中旬から 8 月初旬にかけて取得されたラジオゾンデ観測データを使用せずに再解析データを作成した。両者を比較すると、観測域から東へ 1000 km 程度下流にまでその影響は及び、CTL の方が対流圏上層大気の再現性が高く、また、より強い極渦が形成されていることがわかった。

次に、これら二つの再解析データを初期条件としてアンサンブル予測を行ったところ、CTL では AC12 の形成や中心気圧の下降が精度よく予測されたのに対し、OSE では著しく弱かった。

これらの結果から、AC12 のはるか遠方で取得された *Polarstern* 号によるラジオゾンデ観測データの影響が、対流圏上層の西風による移流を通じて下流域の極渦の再現性を向上させたことが、AC12 形成の予測にとって不可欠であったことが示唆される。

4.2. 北極海上での特別観測による北極海航路の気象・海氷予報の改善

本節では Inoue *et al.* (2015) を紹介する。プレスリリース『[観測コストを考慮した北極海上の最適観測頻度を実証—北極海航路の気象・海氷予報の高精度化に貢献—](#)』(2015年11月20日, 極地研・海洋機構)も参照されたい。

地球温暖化に伴う北極海氷域の減少は、融氷期の「北極海航路」を魅力的なものとする。しかしながら同時に、荒天の頻度を高め、高波や海氷の移流によって船舶の運航を困難なものにする恐れがある。安全な航海のためには気象と海氷の正確な予報が望まれるが、北極海上での疎らな観測網の影響もあり、現在の予報には大きな不確実性が存在する。

本研究では、海洋地球研究船「みらい」による北極海上での高層気象観測を実施するとともに、ドイツとカナダが北極域に有する現業観測点でも追加の高層気象観測を行い、これらの特別観測データを同化して再解析データを作成した。2013年9月20日前後にロシア沿岸域において高気圧の縁辺部による強風が数日間継続した事例に対して予報実験を行った結果、特別観測データを同化した初期条件を用いることにより、この高気圧の強さや移動経路をより高精度に予報できることがわかった。また、観測頻度増加の影響は1日4回の観測で頭打ちとなり、8回では精度向上の効果が少ないことを示した。さらに、この特別観測の影響を含んだ表層風を用いて海氷を初期値化することにより、北極海航路上での急激な海氷の移流を精度よく予測できることが明らかとなった。

5. 新たなシステム ALEDAS3 の開発

再解析データの精度を向上させ、また、より高度な観測システム実験を可能とするため、新たなデータ同化システム ALEDAS3 の開発を段階的に進めている。まず、多様な観測データに対応するため観測演算子を分離した。アンサンブルメンバー数の増強(63→255)により、サンプリング誤差が大きく減少し(図)、海面付近のスプレッドの過小評価(予報精度の過大評価)も緩和された。さらに、観測データの情報をより効果的に抽出するためスプレッド膨張率を動的に変化させる手法(適応型膨張)も導入し、試験計算を実施している。今後、複数の観測データに対する予報の感度を同時に評価する診断手法(EFSO: Ensemble

Forecast Sensitivity to Observation)の導入に取り組み予定である。

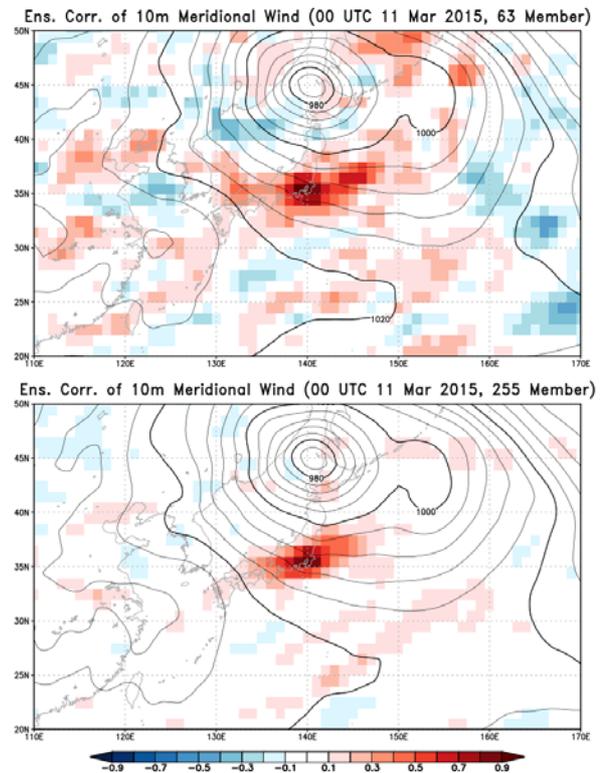


図: ALERA2 の 2015 年 3 月 11 日 00 UTC における、10 m 南北風の空間相関(色)と海面気圧(等値線)。(上)63 メンバー、(下)255 メンバー。

参考文献

- Enomoto, T., T. Miyoshi, Q. Moteki, J. Inoue, M. Hattori, A. Kuwano-Yoshida, N. Komori, and S. Yamane, 2013: Observing-system research and ensemble data assimilation at JAMSTEC. In *Data Assimilation for Atmospheric, Oceanic and Hydrologic Applications (Vol. II)*, S. K. Park & L. Xu (ed.), chap. 21, pp. 509–526, Springer, [doi:10.1007/978-3-642-35088-7_21](https://doi.org/10.1007/978-3-642-35088-7_21).
- Inoue, J., A. Yamazaki, J. Ono, K. Dethloff, M. Maturilli, R. Neuber, E. Patti, and H. Yamaguchi, 2015: Additional Arctic observations improve weather and sea-ice forecasts for the Northern Sea Route. *Scientific Reports*, **5**, 16868, [doi:10.1038/srep16868](https://doi.org/10.1038/srep16868).
- Yamazaki, A., J. Inoue, K. Dethloff, M. Maturilli, and G. König-Langlo, 2015: Impact of radiosonde observations on forecasting summertime Arctic cyclone formation. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, **120** (8), 3249–3273, [doi:10.1002/2014JD022925](https://doi.org/10.1002/2014JD022925).