

南極昭和基地大型大気レーダー観測による南半球の Atmospheric river に対する影響評価

課題責任者

山崎 哲 海洋研究開発機構 付加価値情報創生部門 アプリケーションラボ

著者

佐藤 和敏*¹

*¹ 国立極地研究所 国際極域・地球環境研究推進センター

キーワード: Atmospheric River, PANSY レーダー, Year of Polar Prediction–Southern Hemisphere (YOPP-SH), 観測システム実験, アンサンブル全球大気データ同化システム

1. はじめに

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「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」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。我々は、独自で開発を進めている全球大気アンサンブルデータ同化システム ALEDAS (AFES–LETKF data assimilation system) を有する。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（観測システム実験、詳しくは2節を参照）が可能になり、解析値やその予測値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。

本課題では ALEDAS の version3 を使ってアンサンブル実験的再解析を行っている（ALERA: AFES–LETKF experimental ensemble reanalysis）。現在、アンサンブルメンバー数 63、成層圏解像の鉛直層数（トップ約 0.1 hPa）を有する ALEDAS3 を用いて、長期の全球大気アンサンブル再解析データ ALERA3 を作成している。アンサンブル再解析データは現業・研究レベルともに稀であり、長期プロダクトデータとしての価値が期待される。また、ALEDAS は EFSO (Ensemble Forecast Sensitivity to Observations) と呼ばれる個々の観測インパクトを診断する手法を実装しており、観測インパクト評価に有利な同化システムとなっている。

今回のアニュアルレポートでは、本所内課題で行った観測システム実験の結果を紹介する。著者は、南極に配置され風を高鉛直・時間分解能で観測できる PANSY レーダーと、YOPP-SH 観測キャンペーンでの南極域ラジオゾンデ集中観測のデータを ALEDAS のシステムに同化し、PANSY レーダー観測が南極域の水循環に大きな影響を持つ Atmospheric River の予測に大きなインパクトを持つことを明らかにした。

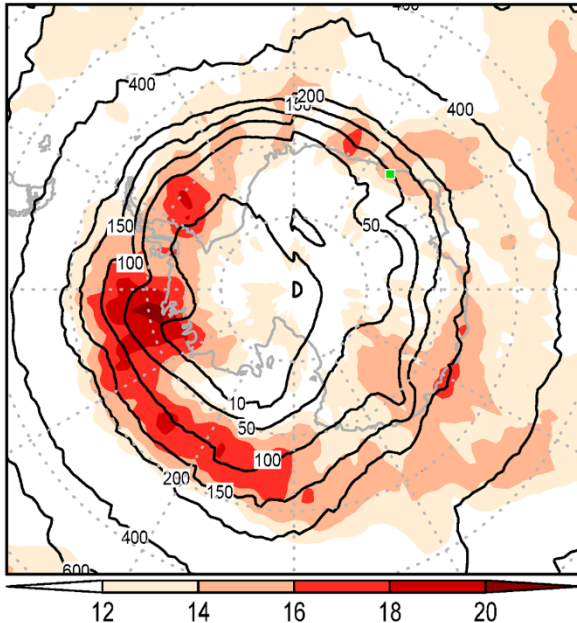
2. 成果 (Sato et al. [1])

低緯度から高緯度側へ大量の水蒸気を輸送する大気の川 (Atmospheric river; AR) は、南半球の中緯度や高緯度でも極端な大気現象（強風、豪雨・豪雪、気温上昇など）を引き起こす要因として注目されている。そのため、AR を正確に予報することは、南半球の防災に重要である。天気予報の精度は、衛星データの同化数の増加により向上しているが、南極大陸の観測空白域の影響で南半球全体の不確定性や誤差が大きくなることもある。南極の昭和基地に設置された南極昭和基地大型大気レーダー (PANSY レーダー) により、水平風速の鉛直観測データが取得されているが、現業の予報機関には組み込まれていない。そこで、PANSY レーダーの観測データが南半球の大気循環の再現性や予報に与える影響を観測システム実験により調べた。

本研究では、PANSY レーダーにより 2022 年の晩春から夏季 (5–8 月) に取得した水平風速の鉛直データ（高度約 1.5 km から約 20 km）を使用し、PANSY データを同化した再解析データ (OSEP) と同化していない再解析データ (CTL) を作成し、比較を行なった。南半球の高緯度では、AR の発生頻度が南極大陸沿岸領域で高く、南極大陸内陸では AR の発生頻度が比較的低い (図 1a)。南極大陸内陸で AR の発生頻度が比較的高い東南極の東部では、「PANSY 観測あり」の再解析データの場合、「PANSY 観測なし」の再解析データに比べて AR の鉛直積算水蒸気輸送量 (integrated water vapor transport; IVT) が 30% 以上高い結果になった (図 1b)。また、それぞれの再解析データを初期値とし、異なる初期時刻で複数の予報実験を行い、南半球中緯度の 7 つの AR に対する予報精度に着目した (図 2)。どの中緯度の AR の予報精度についても、「PANSY 観測あり」の予報 (OSEP) の場合、ERA5 に対する IVT と 500hPa の高度場の二乗平均平方根誤差 (RMSE) が「PANSY 観測なし」の予報 (CTL) よりも小さくなっており、実際に近い予報結果になったことを示している。

これらの IVT の再現性や予報精度の違いを引き起こす「PANSY 観測あり」と「PANSY 観測なし」の不確実性の差 (特別観測の影響) は、初期時刻に昭和基地周辺で生じ、予報時間中に増幅しながら偏西風の影響を受けて東側や北側に伝播し、3 日後に南半球中緯度へ到達していた。これらの結果から、南極圏で既存の観測器である PANSY レーダー

(a) ARの発生頻度



(b) 鉛直積算水蒸気移流量の絶対誤差の相対差

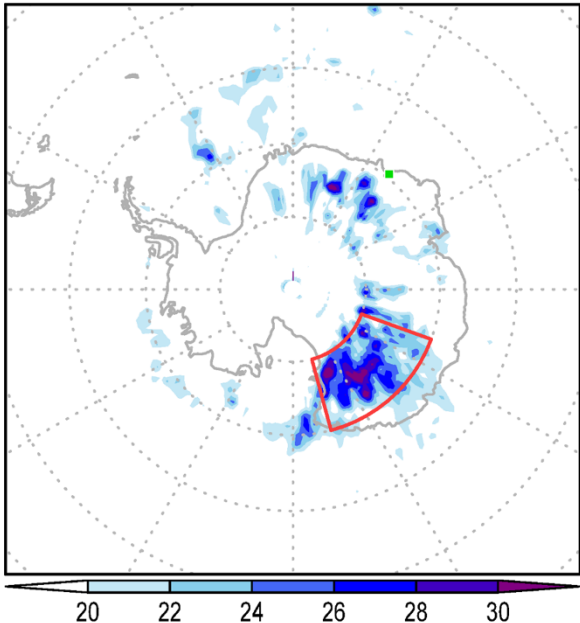


図1.(a)2022年5月から8月の期間に検出された大気の水の数(色)と大気の水発生時の平均鉛直積算水蒸気移流量(黒線: $\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-1}$). (b) AR発生時の鉛直積算水蒸気移流の絶対誤差の相対差 $[(\text{OSEP} - \text{CTL}) \times 100 / \text{CTL}] (\%)$.

南半球の中緯度ARに対する3日予報

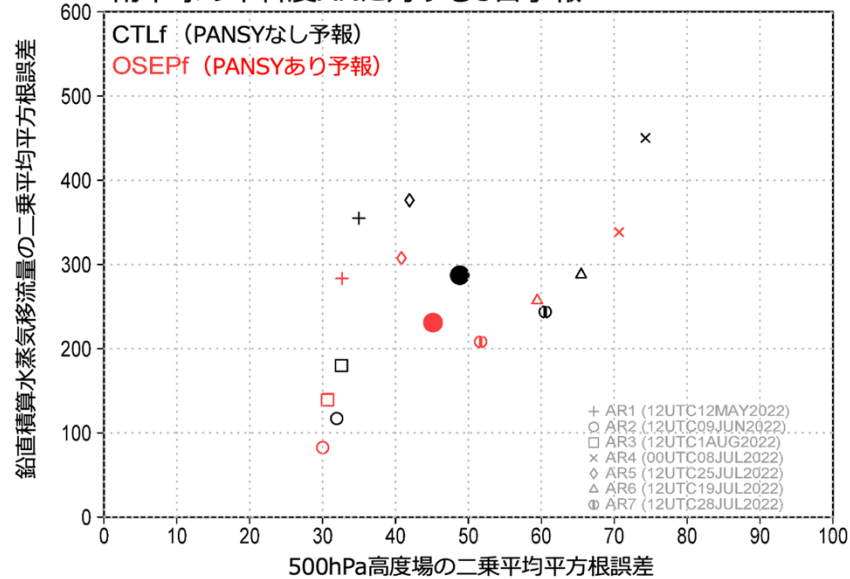


図2. ERA5 に対する, 7つの中緯度ARの鉛直積算水蒸気移流量と500 hPa高度場の3日予報値の二乗平均平方根誤差(赤: OSEpf, 黒: CTLf). 赤と黒の丸点は7つの平均値を示している.

レーダーのデータを天気予報に組み込むことで, 昭和基地周辺の初期値の不確実性が小さくなり, 風下に位置する東南極や西南極, 中緯度の天気予報の予報精度が改善することが示された. また, 2022年5月~8月には, Year of Polar Prediction-Southern Hemisphere (極域予測年; YOPP-SH) の一環で南極大陸の既存の観測所でラジオゾンデ観測の集中観測が複数回行われており, ラジオゾンデ観測の頻度が増えても PANSY レーダー観測が天気予報の初

期場や予報精度向上に貢献することを示した. 更なる詳細は[1]を参照.

文献

[1] Sato, K., J. Inoue, A. Yamazaki, Y. Tomikawa, K. Sato, "Impact of Antarctic radar on Southern Hemisphere atmospheric river reanalysis and forecast," *in revision*.