

# 生態水文化学結合モデルとデータ同化による北方大河川流域の水・物質収支解明

課題責任者  
鈴木 和良

海洋研究開発機構 地球環境部門 北極環境変動総合研究センター

著者

鈴木 和良<sup>\*1</sup>, 関谷 優樹<sup>\*2,1</sup>, 朴 昊澤<sup>\*1</sup>, Zupanski Milija<sup>\*3</sup>

<sup>\*1</sup> 海洋研究開発機構 地球環境部門 北極環境変動総合研究センター, <sup>\*2</sup> 東京都立大学,

<sup>\*3</sup> コロラド州立大学

キーワード: データ同化, 領域再解析, アンサンブルシミュレーション, 北極, 異常気象

## 1. 背景

近年、極端気象の報告が増加しており、特に北極域では気候変化が著しく、温暖化の影響を受けやすい状況にある。しかしながら、これらの変化を正確に捉えるための再解析データは依然として不十分である[1][2]。

著者らは、北極域の極端気象の表現能力の向上のために、Polar Weather Research and Forecasting (PWRF) [3] と Maximum Likelihood Ensemble Filter (MLEF) [4] を組み合わせたデータ同化システムである JAMSTEC Arctic Regional reanalysis system (JAMSTARs)を開発した。

さらに陸面水・物質循環と永久凍土融解の関係を解き明かすため、生態水文化学結合モデル(CHANGE)の高度化研究を行っている。

本研究では、ERA5 や地上観測データを用いて JAMSTARs の精度評価を行い、その方法論を論文として投稿準備中である (Suzuki et al., In preparation [5])。

さらに、CHANGE モデルの高度化研究を通して、北極海への淡水流入が北極酸性化にどのような影響を及ぼしているのか明らかにした (Zhang et al., 2024 [6])。

## 2. 北極領域再解析システム JAMSTARs [5]

図 1 は、北極領域再解析を実施する対象領域を示している。我々の研究対象領域は、北極圏全体を包含すると同時に、ネパールやインドのヒマラヤ、中国やチベット、パキスタンやカラコルム山脈、ヨーロッパや北アフリカ、アメリ

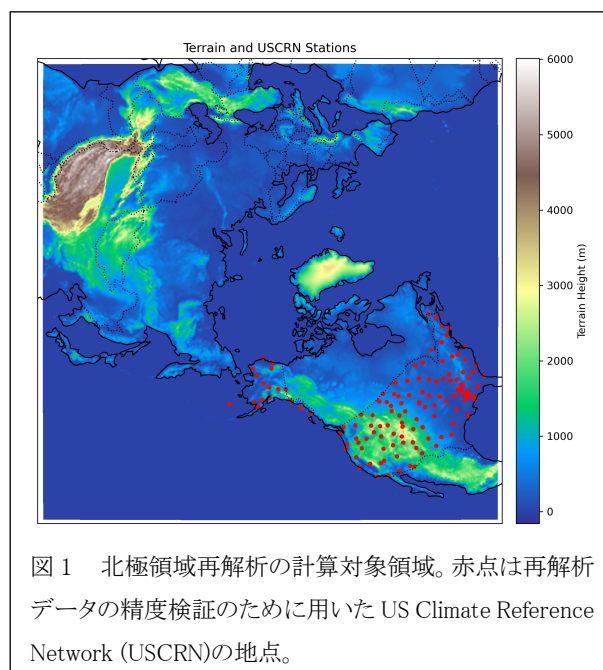


図 1 北極領域再解析の計算対象領域。赤点は再解析データの精度検証のために用いた US Climate Reference Network (USCRN)の地点。

リカ大陸、メキシコ、さらに日本の九州までを含んでいる。これらの地域における再解析は、積雪面積の変動の解明、中高緯度における凍土研究、および極端気象現象の調査にとって極めて重要である。

我々は3つの実験を実施した。NCEP PREPBUFR データのみを同化した実験を基準実験と定義し、JAMSTARs\_CTRL と呼ぶ。NCEP PREPBUFR データに加えて AMSR2 SSW L2 デー

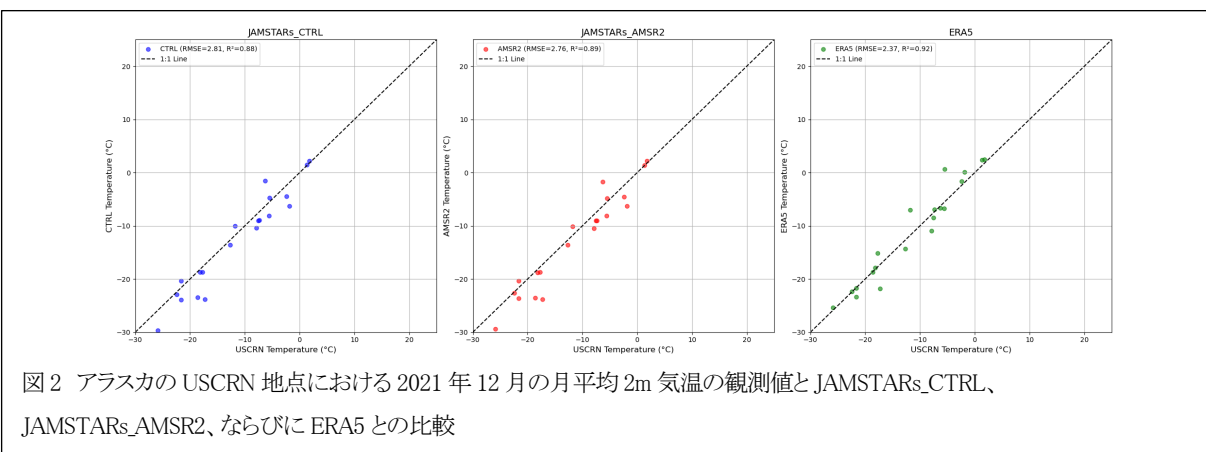


図 2 アラスカの USCRN 地点における 2021 年 12 月の月平均 2m 気温の観測値と JAMSTARs\_CTRL、JAMSTARs\_AMSR2、ならびに ERA5 との比較

タも同化した実験は **JAMSTARs\_AMSR2** と呼ぶ。**JAMSTARs\_CTRL** では、植生による日射遮蔽や降水の保持などの効果を考慮し、多層積雪モデルを適用する NOAH-MP 陸面モデルを使用した。

さらに、積雪と植生を単一層として扱う NOAH 陸面モデルを用いた実験も実施し、高度な陸面モデルの適用が再解析の精度に与える影響を評価した。この実験では、基準実験と同じ観測データを同化し、**JAMSTARs\_NOAH** と呼ぶ。

図2はアラスカの USCRN 地点における 2021 年 12 月の月平均気温の観測値と **JAMSTARs\_CTRL**、**JAMSTARs\_AMSR2**、ならびに ERA5 との比較を示している。気温に関しては ERA5 と **JAMSTARs** の各実験との差はごくわずかであり、ERA5 とほぼ同等の性能を有することが分かる。一方、図2とほぼ同様であるが、図3は月積算降水量を示す。月積算降水量では明瞭に ERA5 が最も観測値に近く、相関も高くなった。**JAMSTARs** を見ると、CTRL 実験に比べて AMSR2 実験で観測値との誤差が小さく、相関も高くなることがわかった。AMSR2 の海上風を同化することで水循環の表現が良くなることで、降水量が観測に近づくものと感が選れた。

### 3. CHANGE モデルによる北極大河川流域からの北極海への水・物質流入に対する海洋酸性化の影響 (Zhang et al., 2024)

海洋酸性化 (OA) は、主に海面での大気中  $\text{CO}_2$  の吸収によって引き起こされる。北極海では、河川水によって運ばれる炭素や栄養塩などの\*\*河川起源生物地球化学的入力 (R-BGC)\*\* が、淡水流入とともに海洋酸性化に影響を及ぼす。本研究では、1979 年から 2018 年の期間における複数のモデルシミュレーションを用いて、R-BGC が海洋酸性化に及ぼす影響を定量化した。

先行研究からの進展として、本研究では、炭酸系特性の改良された初期条件および側方境界条件、観測ベースの河川生物地球化学データ、および陸面モデルに基づく年変動を考慮した河川淡水流入データを用いることで、より現実的な実験を実施した。R-BGC の影響は主に北極海の表層水、特に河口に近い沿岸域で顕著に見られた。

### 4. まとめ

(1) 北極領域再解析システムを開発し、AMSR2 の海上風データ同化のインパクトを評価した。その結果、AMSR2 をデータ同化することで水循環が改善した。

(2) 北極海での海洋酸性化を評価する上では河川を通じた物質輸送を考える必要がある。

### 謝辞

本研究の一部は、科研費・基盤研究 (B) 22H03758「北東シベリアの山岳永久凍土荒廃による炭素・窒素動態の変容」(2022 年度～2025 年度) と JAXA 第3回地球観測研究公募採択「北極域における GCOM-W & AMSR3 の降雪・積雪・土壌水分検証ならびに生態水文化学結合モデルと衛星リトリバー同化による北方大河川流域の水・物質収支解明」の支援を受けた。ここに記して感謝申し上げる。

### 文献

- [1] Hines, K. M., & Bromwich, D. H. (2008) doi: 10.1175/2007 MWR2112.1,
- [2] Zupanski, M. (2005) doi:10.1175/MWR2946.1.,
- [3] Hersbach, H. et al. (2020) doi:10.1002/qj.3803
- [4] National Centers for Environmental Prediction/National Weather Service/NOAA/U.S. Department of Commerce (2015) <https://doi.org/10.5065/D65Q4T4Z>. Accessed - 17-31 Dec. 2021
- [5] Suzuki, K. et al. (In preparation) Evaluation of Land Surface Processes and AMSR2 Sea Wind Data Assimilation in Arctic System Domain Reanalysis, PEPS
- [6] Zhang, Y., Yamamoto-Kawai, M., Watanabe, E., & Park, H. (2024). How Much Can Riverine Biogeochemical Fluxes Affect the Arctic Ocean Acidification? *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 129(6). doi:10.1029/2023jc020404

