

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^{*1}, 段 卓志^{*2,1}, 朴 昊澤^{*1}, Zupanski Milija^{*3}

^{*1} 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, ^{*2} 横浜国立大学, ^{*3} 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 PWRF-MLEF を開発している。

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、この MLEF-PWRF を用いて、2021 年 12 月下旬に発生した北極圏冬季には極めて異例な米国アラスカ内陸部の極端降水イベントの数値実験を行った。

さらに、CHANGE モデルの高度化研究を通して、積雪が北極海への淡水流入にどのような影響を及ぼしているのか明らかにした。

北極域領域再解析データである[1]。本研究(PWRF-MLEF)と ASRv2 の実験設定の比較を表 1 に示した。また計算領域を図 1 に示す。

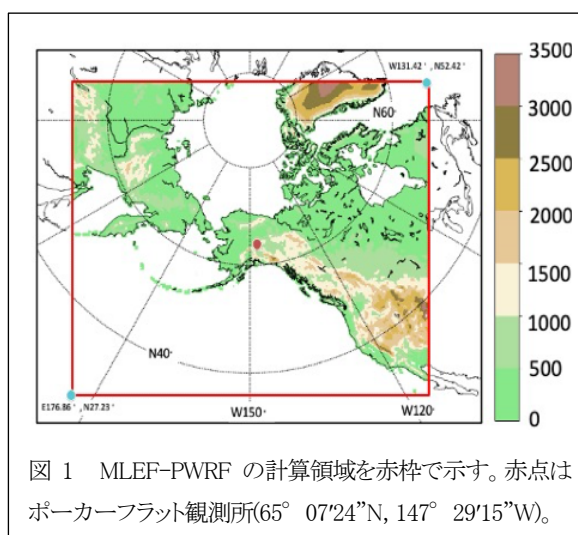


図 1 MLEF-PWRF の計算領域を赤枠で示す。赤点はポーカーフラット観測所(65° 07'24"N, 147° 29'15"W)。

表 1 本研究(PWRF-MLEF)と ASRv2 との設定の比較

	PWRF-MLEF	ASRv2
初期値 境界値	NCEP GDAS/FNL 0.25 Degree Global (NCEP GDAS)	ERA-Interim(ERA1)
同化手法	MLEF [2] (メンバー数32)	3Dver
観測データ	NCEP PREPBUFR	NCEP PREPBUFR 衛星観測データ
格子情報	約25km格子	約15km格子
計算期間	2021年12月17日～29日	2000年～2018年
計算範囲	アラスカ州中心に 4,500km×3900km範囲 (図2を参照)	N40° 以北

2. アラスカ内陸部における 2021 年 12 月の極端降水イベント解析 (Dan et al., In preparation [5], Suzuki et al., In preparation [6])

2.1 データ同化システム

ASRv2 (Arctic System Reanalysis version 2) [1]は、

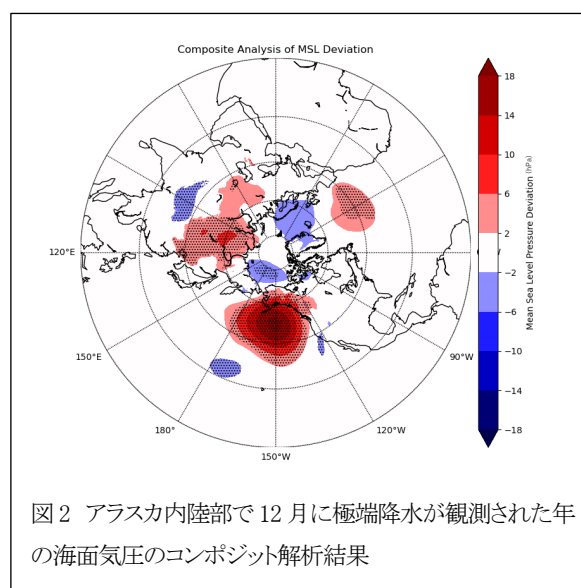


図 2 アラスカ内陸部で 12 月に極端降水が観測された年の海面気圧のコンボジット解析結果

データ同化による領域再解析データと全球再解析データ ERA5 を用いることによって、冬季の温暖

化による可降水量の増強に加え、アラスカ南部の太平洋上に停滞するブロッキング高気圧の影響が明らかになった。また、同時に海面温度のコンポジット解析より、黒潮続流域で高温偏差があり、且つラニーニャ年に極端現象が生じることも分かった。

3. CHANGE モデルによる北極大河川流域からの北極海への淡水流入に対する積雪の影響 (Park et al., 2023)

積雪は北極圏の気候・水文システムにおいて最も重要な要素であり、気候変動に対して直接的な影響を受けやすい。ここ数十年の衛星や現地観測では、北極圏の積雪量と降雪量が大幅に減少していることが示されている。一方で、北極圏の周極河川流域から北極海への流出量は増加している。河川流出量の増加に対する雪の寄与を定量的に評価するため、地表面モデル CHANGE と分布流出モデルを組み合わせ、地表面気温と降水量を気候処理変数とした感度シミュレーションを実施した。研究対象流域を図3に示す。

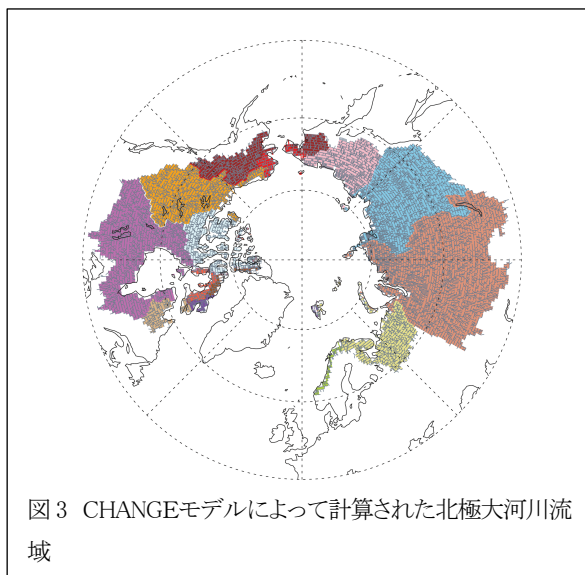


図3 CHANGEモデルによって計算された北極大河川流域

地表面モデルでシミュレートされた地表面および地下流出量は、河川流出量を推定するための流出モデルの流入量として設定された。融雪水の大部分は地表面流出水に変換され、地表面流出水の異常増加の73.6%を占め、春から初夏にかけての流出量のピークをシミュレートした。この関係は、冬季の降水量の増加によって促進された。

4. 陸面モデルの高度化 (Fassnacht et al., 2023, 2024)

陸面モデルの高度化を目指して、積雪粗度長と雪面の幾何学的特性との関係を、航空機観測、現場観測データ、並びに室内実験を通して明らかにした。

5. まとめ

(1) 北極域システム再解析と全球再解析データによっ

て、アラスカ内陸部での異常降水が太平洋上に形成させる強いブロッキング高気圧によるものだと考えられた。さらに海面水温のコンポジット解析から、黒潮続流域の高温偏差とラニーニャ年との関係が明示された。

(2) 北極海への陸域からの淡水流入に関して、降水量の増加の影響が大きく、特に降雨の増加が要因であることが明らかになった。

(3) 陸面モデルの高度化を目指して、雪面の幾何学的な特性と空気力学的粗度長との関係を考慮することの重要性が明らかになった。

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] Dan, T. et al. (In preparation) Analysis of extreme precipitation in interior Alaska for December 2021, SOLA
- [6] Suzuki, K. et al. (In preparation) Evaluation of Land Surface Processes and AMSR2 Sea Wind Data Assimilation in Arctic System Domain Reanalysis, PEPS
- [7] Park, H. et al. (2023) Influence of snowmelt on increasing Arctic river discharge: numerical evaluation, PEPS, doi: <https://doi.org/10.1186/s40645-024-00617-y>
- [8] Fassnacht, S.R.; Suzuki, K.; Nemoto, M.; Sanow, J.E.; Kosugi, K.; Tedesche, M.E.; Frey, M.M. Location Dictates Snow Aerodynamic Roughness. *Glaciers* 2024, 1, 1–16. <https://doi.org/10.3390/glaciers1010001>
- [9] Fassnacht, S.R.; Suzuki, K.; Sanow, J.E.; Sexstone, G.A.; Pfohl, A.K.D.; Tedesche, M.E.; Simms, B.M.; Thomas, E.S. Snow Surface Roughness across Spatio-Temporal Scales. *Water* 2023, 15, 2196. <https://doi.org/10.3390/w15122196>