

極端気象に対する地域スケールのインパクト評価を目的とした 準リアルタイム確率的要因分析システムの構築

課題責任者

杉本 志織 海洋研究開発機構 地球環境部門 環境変動予測研究センター

著者

杉本 志織*¹, 山崎 哲*²

*¹ 海洋研究開発機構 地球環境部門 環境変動予測研究センター,

*² 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

キーワード: 極端降水, 準リアルタイム分析, 多アンサンブル力学ダウンスケーリング, 雲解像実験, 自動計算システム

1. はじめに

近年、日本では極端降水イベントの発生頻度が増加しており、豪雨・豪雪災害の深刻化が社会的課題となっている。特に、台風の接近・上陸、総観規模前線帯、温帯低気圧、および線状降水帯に伴う局地的豪雨は、大規模な災害を引き起こす要因として知られている[1, 2]。また、冬季には日本海側を中心として冬季モンスーンに伴う豪雪が頻発する。これらの極端現象の発生要因を迅速に分析することは、防災・減災や現象理解の観点から大変重要である。

本研究では、極端気象イベント発生後の即時的診断を目的として、Post-event Understanding system using Large-ensemble Simulations for Extremes (PULSE)を開発した。また、PULSE の適用例として、3つの過去事例：2019 年台風 Hagibis 事例、2020 年 12 月豪雪事例、および 2020 年 7 月線状降水帯事例を選定し、各事例に対してシステムの有効性を検証した。

2. 手法

PULSE は、Weather Research and Forecasting (WRF) モデル version 4.5.2 [3] を基盤とした多アンサンブル力学ダウンスケーリングシステムである。設定用テキストファイルの記述を読み取ることで、初期値・境界値の作成、WRF Preprocessing System (WPS) および WRF の namelist 作成、計算領域設定、ジョブ投入を自動で実行することができる。そのため、多アンサンブル実験に伴う作業負担を軽減する。プロトタイプとして、気候値海面水温実験 (Clim-SST) および地形平滑化実験 (Low-topo) の 2 つの感度実験を実装した。これにより、極端現象に対する海面水温や地形の寄与を評価できる。

入力データには、63 メンバーから構成される再解析データセット ALERA [4]を用いる。研究用途で PULSE を実行する場合には、公開版 ALERA3 および finalized version の OISST v2.1 を入力値として使用する。一方、即時的診断用途では 準リアルタイム版 ALERA (ALERA-Ea)

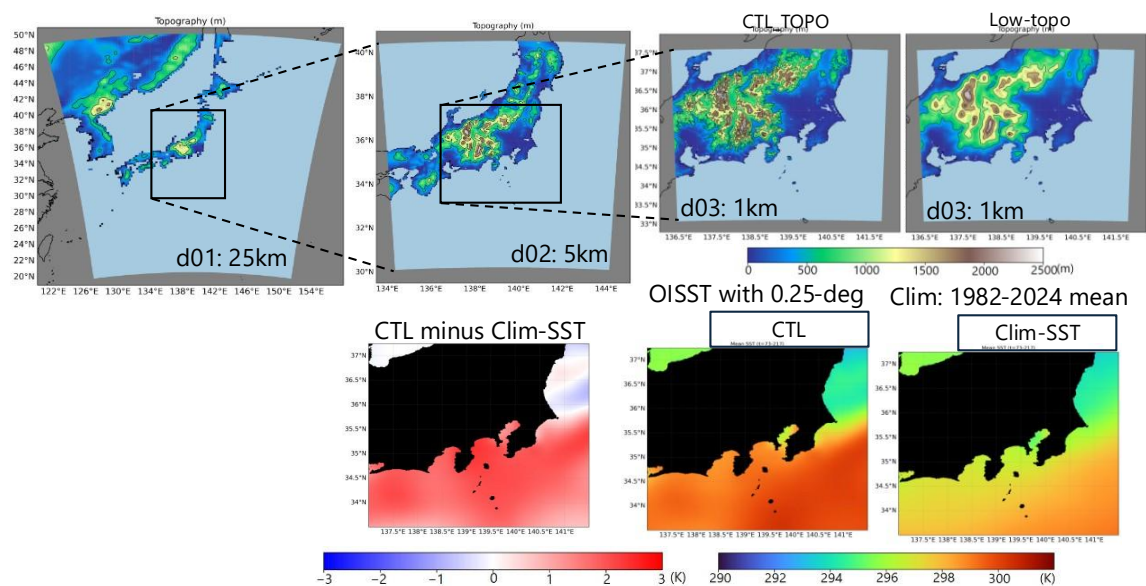


図1 Hagibis 事例における (上段) 各計算ドメインの地形設定、(下段) 海面水温分布およびその偏差

および暫定版 OISST を使用する。ALERA-Ea は ALERA3 と同様のシステムを用いて作成される準リアルタイム再解析データであり、地球シミュレータと Earth Analyzer を使った自動運用システムである。同化する観測データを一部制限することで、約 3 日後にデータが出力される。

台風 Hagibis 事例では、2019 年 10 月 9 日から 14 日までを対象とし、太平洋側で発生した大雨を解析した。豪雪事例では、2020 年 12 月 13 日から 21 日までを対象とし、日本海側を中心とした豪雪を解析した。線状降水帯事例では、2020 年 7 月 1 日から 5 日までを対象とした。台風事例および線状降水帯事例では、25 km, 5 km, 1 km の 3 重ネスト領域を使用し(図 1), 豪雪事例では、日本全域を対象とする 20 km および 4 km の 2 領域を用いた。物理過程スキームとして Dudhia 短波放射スキーム, RRTM 長波放射スキーム, MYNN 境界層スキーム, Noah 陸面モデル, Thompson 雲微物理スキームを選定した。検証には radar GPV およびアメダス観測を用いた。

3. 結果

2019 年台風 Hagibis に伴う豪雨では、山岳域を中心として 500 mm/72-hr を超える降水が観測された。数値実験では、太平洋側山岳周辺での降水強化を概ね再現し、レーダー GPV との空間相関は 0.69 となった(図 2)。特に箱根周辺では、60%以上のアンサンブルメンバーで 350 mm を超える降水が再現されており、豪雨発生を避けるのが難しい状況であったことが示唆される。この事例について、関東沿岸では、Clim-SST 実験よりも CTL 実験で SST が高かった(図 1)。そのため、特に関東の低地では、

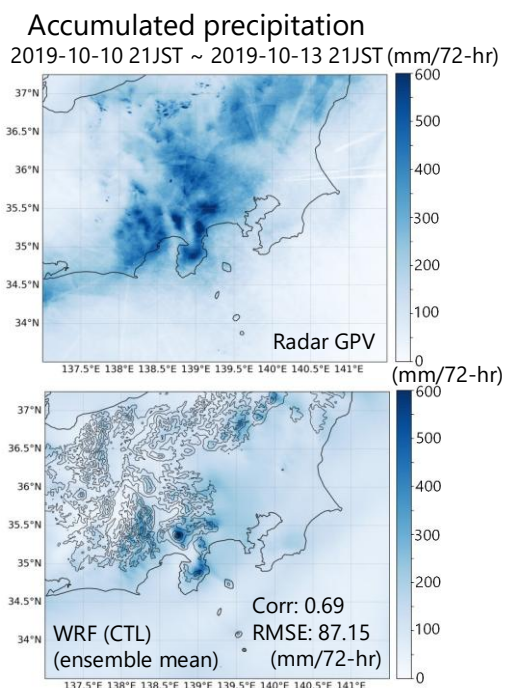


図 2 Hagibis 事例における 72 時間積算降水量。(上段) Radar GPV データ、(下段) 数値実験結果

Clim-SST 実験よりも CTL 実験で降水量が増加し、当時の海面水温上昇が降水強化に寄与していることが示唆された。一方、Low-topo 実験では山岳域での降水分布が大きく変化し、SST 同様、地形が豪雨形成に重要であった可能性も示された。

2020 年 12 月豪雪事例では、日海側で顕著な降水が観測された。数値実験においても、この降水分布を再現した。また、積雪深の時間変化についても、全体的な増加傾向を概ね再現したが、地点によっては過大評価・過小評価が見られた。日本海側における当時の高 SST 状態は、日本海側降水を有意に増加させたが、一方でその増加率は 10-20% 程度であった。また、Low-topo 実験による降水分布の変化は限定的であった。

線状降水帯事例では、観測では西南西-東北東方向に複数の back-building 型降水帯が形成された。一方、数値実験では、たとえ 1 km 解像度であっても、降水帯の位置や形状を十分には再現できなかった。局地的な収束や対流組織化の表現が不十分であった可能性が考えられる。

4. まとめ

本研究では、多アンサンブル力学ダウンスケーリングシステム PULSE を開発し、豪雨・豪雪事例への適用を検証した。PULSE により、大規模アンサンブル実験の自動化および迅速診断が可能となった。また、SST や地形の影響を統計的に評価できることを示した。一方で、線状降水帯のような局地的現象の再現には限界があり、今後は高解像度化や物理過程の改良が必要である。

謝辞

本研究は“RIGC Research Award” in FY2025 および JSPS KAKENHI Grant Numbers 24H02228 により支援を受けて実施した。共同研究者である伊東瑠衣氏、鈴木智恵子氏に感謝する。

文献

- [1] Kawase, H., et al. (著者多数), “Identifying robust changes of extreme precipitation in Japan from large ensemble 5-km-grid regional experiments for 4K warming scenario”, J. Geophys. Res.: Atmospheres (128), e2023JD038513, (2023).
- [2] Sugimoto, S., S. A. Adachi, R. Ito, and C. Suzuki, “Future Changes in Synoptic-Scale Conditions Causing Widespread Heavy Precipitation Events over Japan”, SOLA (20), 198-206, (2024).
- [3] Skamarock, W. C., J. B. Klemp, J. Dudhia, D. O. Gill, Z. Liu, J. Berner, W. Wang, J. G. Powers, M. G. Duda, D. M. Barker, and X.-Y. Huang, “A Description of the Advanced Research WRF Version 4”, NCAR Tech. Note NCAR/TN-556+STR, 145 pp, (2019).
- [4] ALERA ウェブページ : <https://www.jamstec.go.jp/alera/alera3.html>