

高解像度 d4PDF を用いた停滞前線性線状対流系の再現性確認と将来変化の統計分析 Statistical Future Projections and Reproducibility Confirmation of Line-shaped Convective System Associated with Stationary Front Using High-resolution d4PDF

○仲ゆかり・岡田睦巳・中北英一

○Yukari NAKA, Mutsumi OKADA, Eiichi NAKAKITA

In these days, various water-related disasters caused by rainfall are intensifying due to global warming. Line-shaped mesoscale convective systems (MCS) with Baiu front also have caused severe disasters, therefore, it's important to investigate their future changes. Our objective is to evaluate probabilistically the future changes of line-shaped MCS using the 5-km resolution d4PDF. The dataset of d4PDF was downscale from the outer model with 20-km resolution. This 5-km d4PDF can represent even localized heavy rainfall, and consists of 720-year experiments with four scenarios; past, non-warming past, 2K and 4K warming scenarios. First, we confirmed the reproducibility of localized line-shaped MCS in high-resolution d4PDF by comparing it with observational past cases. As a result, it's confirmed that even 5-km d4PDF can reproduce various patterns of localized line-shaped MCS. In addition, it's found that the frequency of line-shaped MCS increases with the progression of warming, even in regions where the occurrence of line-shaped MCS isn't so frequent in the present climate.

1. はじめに

昨今、地球温暖化に伴い様々な気象災害が激甚化している。停滞前線に伴う線状対流系は、台風のような他の気象現象と比較して、局所的かつ突発的な現象であり、その猛烈な降雨により、河川氾濫や土砂災害といった深刻な災害を引き起こす。近年では、令和2年7月豪雨における球磨川の氾濫や、平成26年8月豪雨における広島市での大規模な土砂災害などが線状対流系に起因する災害として、記憶に新しい。これら過去の災害では、いずれも甚大な物的・人的被害が発生しており、地球温暖化による線状対流系の将来変化が危惧される。従って、線状対流系の将来変化をより正確に把握することが、今後の防災計画立案に対して重要である。

本研究では、令和5年に新たに完成した、格子間隔5kmの高解像度かつ膨大なアンサンブル数で構成される領域気候モデル実験出力d4PDF(database for Policy Decision making for Future climate change)を使用することにより、線状対流系の将来変化を確率統計的に解明することを目標としている。なお、この5km解像度のd4PDFは、従来の20km解像度のd4PDFを力学的にダウンスケールして作成されており、過去気候再

現シナリオ、非温暖化実験、2°C上昇シナリオ、4°C上昇シナリオ(いずれも産業革命時と比較した世界の地表面平均温度を表す)の4つのシナリオにおける、各60年分×12アンサンブルの、合計2880年分のデータで構成される。

2. 線状対流系の抽出

解析に向けて、d4PDFで出力されている雨量を用いて事例抽出を行った。抽出対象データは、過去気候再現シナリオ、2°C上昇シナリオ、4°C上昇シナリオにおける各240年間分である。まず、d4PDFで出力されている各格子における30分毎の30分積算降水量から、30分毎の前3時間積算降水量雨量を計算した。次に、辻本ら¹⁾の楕円近似の手法から楕円の形状特性を参考にし、計算した前3時間積算降水量に対して、表1に示した条件で楕円近似を行い、楕円の雨域を全て抽出した。さらに、抽出時刻が前後となる2つの楕円雨域に関して、それら2つが重なる部分の面積を、前後それぞれの楕円雨域の面積で除した値がいずれも0.3以上かつ、抽出時刻の差が2時間以下となる場合に、2つの楕円雨域は同一事例であると定義し、全ての楕円雨域を事例ごとにまとめた。この際、停滞前線による降雨に着目するため、1つの

楕円雨域のみで構成される短時間事例と台風による降雨の事例は解析対象外とした。最後に、表 2 に示した中北ら²⁾の指標を参考に、目視で、停滞前線に伴う線状対流系ではないことが明白な事例を解析対象から除外し、線状対流系の事例のみで構成されるデータセットを完成させた。抽出の結果、過去気候再現シナリオ実験 4909 事例、2°C 上昇シナリオ実験 5779 事例、4°C 上昇シナリオ実験 6319 事例が線状対流系の事例として抽出できた。

3. d4PDF における線状対流系の再現性確認

5km 解像度の d4PDF が、局所的な気象現象である線状対流系を、どの程度再現可能か確認することを目的として、過去に実際に発生した重要な事例と類似した現象が d4PDF による出力で再現されているかを、目視で確認した。その結果、図 1 及び図 2 に示す事例を始めとした、過去に発生した多くの線状対流系(幅 10km~20km, 長さ数 10km~100km 程度)は良好に再現されるが、平成 29 年 7 月九州北部豪雨のような極めて局所的かつ、強雨が長時間継続する事例など、類似した豪雨が d4PDF 内で確認できない事例も複数存在した。

4. 線状対流系の将来変化の分析

線状対流系の地域性に関する将来変化を知ることが目的として、図 3 に示す日本列島における頻度空間分布図を作成した。なお、各事例の最初の楕円の中心が存在する格子を、事例の発生場所として、その発生頻度の空間分布を算出している。その結果、東北地方や北海道の日本海側を初めとした、現在気候下ではあまり線状対流系の発生が見られない地域においても、将来気候下では、発生頻度の顕著な増加が確認できた。

5. 結論と今後の解析

5km 解像度の d4PDF に関して、限界は存在するものの、ある程度の再現性は確認された。また、現在気候下と将来気候下に、線状対流系発生 の地域性に顕著な差が見られることは、水害への脆弱性には地域差が存在するという観点から、極めて重要である。

今後、より多くのアンサンブルを解析対象とした上で、線状対流系の将来変化に関する、その他の指標についても検証を進める予定である。

表 1 楕円近似での雨域及び楕円の抽出基準

楕円近似のための雨域の条件	楕円の抽出基準
・抽出領域 > 80mm/3hour	・200km < 雨域 < 12,500km
・最大値 > 100/3hourが領域内に存在	・楕円長軸 > 50km
	・軸比 > 2.5

表 2 線状対流系の目視判別に用いた指標

線状対流系の目視判別の際に確認する基準
✓ 停滞する線状の雨域が確認できるか。
✓ 付近に低気圧や台風が存在しないか。
✓ 地表面の相当温位の水平勾配が大きいか。
✓ 太平洋高気圧の西縁辺や南シナ海等、南方からの水蒸気が供給されているか。日本海側の事例の場合は、日本海から水蒸気が供給されている場合もある。

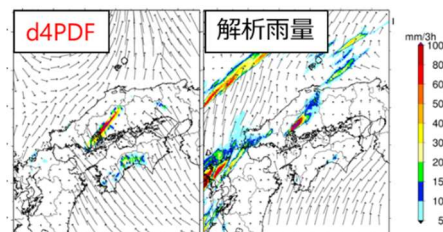


図 1 (左)d4PDF で再現された平成 26 年 8 月広島豪雨に類似する事例と(右)平成 26 年 8 月広島豪雨の解析雨量での 3 時間積算雨量. 矢印は地表面水蒸気フラックスを示す。

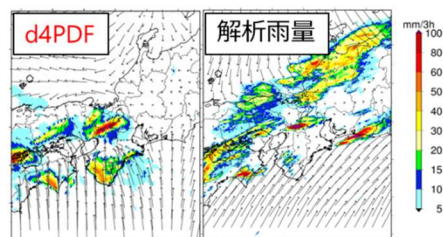


図 2 図 1 と同じ。ただし、平成 24 年 8 月宇治豪雨事例の図を示す。

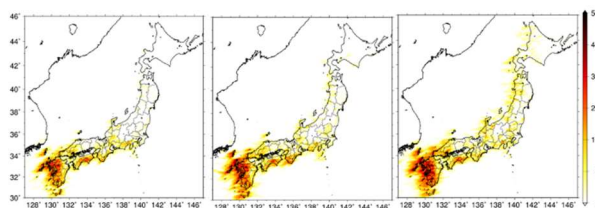


図 3 (左)過去気候再現シナリオ実験と(中央)2°C 上昇シナリオ実験と(右)4°C 上昇シナリオ実験における線状対流系の発生頻度空間分布図。

参考文献

- 1) 辻本浩史, 増田有俊, 真中朋久: 現業レーダ データを用いた土砂災害事例における線状降水帯の抽出, 砂防学会誌, 6, p. 49-55, 2017.
- 2) 中北英一, 小坂田ゆかり: 気候変動に伴う梅雨期集中豪雨と大気場の将来変化に関するマルチスケール解析, 土木学会論文集 B1(水工学), 74(4), I_139-I_144, 2018