

地球温暖化による強風の変化を全国的に評価

—強風に係る気候変動影響データセットを公開—

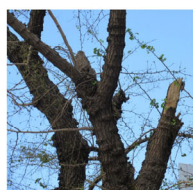
概要

地球温暖化に伴う気候変動の影響により、台風や豪雨など極端気象による風水害の激甚化が懸念されています。特に、人口密度が高く産業・経済活動が活発な都市域では災害リスクが高く、気候変動への備えが大切です。京都大学防災研究所 中 七海研究員（研究当時、現：大阪公立大学大学院理学研究科講師）、Sandhyarani Nayak 研究員、竹見哲也教授の研究グループは、地球温暖化が進行した場合に極端気象時の強風がどのように変化するかについて、日本全国で明らかにしました。同時に、関連したデータセットを京都大学学術情報リポジトリ「紅」(KURENAI)で公開しました。

この研究では、災害リスクの高い都市に注目し、「地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース(d4PDF¹⁾)」という気候予測データを使い、地球の将来の平均気温が現在の場合と比べて2°C上昇、4°C上昇といった将来の温暖化シナリオ毎に、台風など極端気象時の条件別に強風の将来変化を調べました。d4PDFデータセットのうち、地上での風速データを使い、現在の気候、2°C上昇・4°C上昇した将来気候の場合において、強風への気候変動の影響を分析しました。その結果、極めて低頻度で出現する極端な風速は、温暖化の進行するにつれて全国的に増大することが分かりました。この増大の仕方は、台風時に特に大きく、さらに低緯度ほど大きくなることが分かりました。また、台風時の極端な風速は、4°C上昇時には、北日本の都市も含めて全国的に強まることが分かりました。

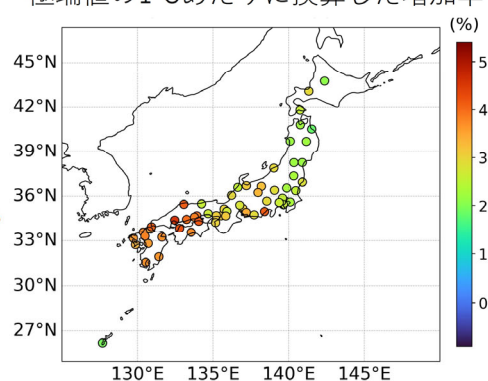
本研究成果は、2026年9月24日に日本風工学会の学術誌「日本風工学会論文集」にオンライン掲載されました。

地球温暖化の進行



温暖化により 都市の強風は どう変わる？

台風時における日最大風速の上位1%
極端値の1°Cあたりに換算した増加率



1. 背景

地球温暖化は、台風・豪雨や豪雪、猛暑や干ばつといった極端な気象の激しさや頻度の変化に影響を及ぼします。近年、気温の上昇傾向がますます顕著となり、台風・豪雨がより極端化し、それによる風水害の激しさも増えています。こういった風水害は私たちの社会に大きな影響を及ぼすことから、将来、地球温暖化がさらに進行して極端気象による風水害への影響がどのように変わっていくのか、ということを明らかにすることが大切です。災害への影響を的確に評価することで、将来の気候変動の影響を考慮して対策を取ることが可能となり、気候変動に適応していくことに繋がります。

このような背景のもと、環境省・独立行政法人環境再生保全機構の環境研究総合推進費「全国主要都市に対する暑熱・強風・雪の気候変動脆弱性アトラスの作成」では、将来の気候変動による暑熱・強風・降雪への影響を定量的に評価し、全国の主要都市での気候変動脆弱性を診断することを目的として研究を進めてきました。この研究課題のうち、私たちの研究グループは「全国主要都市に対する強風の気候変動脆弱性アトラスの作成」というサブテーマを担当し、研究を進めてきました。今回の研究では、過去の気候に比べて地球の平均気温が2℃上昇した場合や4℃上昇した場合のそれぞれの温暖化シナリオにおいて、全国主要都市の強風ハザードがどのように変化するのかについて調べました。

2. 研究手法・成果

本研究では、気候予測データセット「地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース d4PDF¹⁾」を使用しました。このデータセットは、気候モデル²⁾を用いて現在気候や将来気候をコンピューターシミュレーションにより予測されたものです。本研究で用いた d4PDF データは、1951～2010 年の気候（現在気候、と呼ぶことにします）の再現計算、および地球の平均気温が2℃または4℃上昇した場合を想定した温暖化気候（将来気候）の予測計算によるものです。

d4PDF では、それぞれの気候において、様々な自然の変動を考慮して仮想的な気候変動の計算が実施されています。具体的には、現在気候 1951～2010 年では合計 6000 年分、2℃上昇気候では合計 3240 年分、4℃上昇気候では合計 5400 年分に相当する気候変動のデータが作成されています。本研究では、このデータのうち、6 時間間隔の地上風速のデータを使用しました。この地上風速データから、1 日毎に最大風速値を求め、この日最大風速値について分析をしました。一般に、気候モデルによるデータには、計算過程に起因する系統的なバイアスが含まれます。そこで、本研究では、気象庁による地上気象観測による風速データを使って、d4PDF データに含まれるバイアスの特性を評価した上で、d4PDF の風速データを補正しました。

データの分析では、現在気候・将来気候（2℃上昇または4℃上昇の温暖化）の各気候条件において、地点毎に日最大風速値を大小順に並べ替えます。値が大きくなるほどに、出現頻度は下がり、より極端な強風となります。さらに、気象条件を台風時と非台風時とに分類して、それぞれの気象条件での極端な強風の出現特性を調べました。この分類には、京都大学防災研究所が作成した d4PDF 台風トラックデータ³⁾を使用しました。

調査した地点として、日本全国の政令指定都市および中核市（合計 58 都市）の場所に最寄りの d4PDF データを抽出しました。なお、d4PDF のデータの解像度が 60 km のため、地理的に近接する都市間では同一のデータ点が割り当てられる場合があります。

図 1 に、地点毎の上位 0.01% の日最大風速値（10000 日に一度；約 27 年に一度）の全国分布を現在気候、2℃上昇気候、4℃上昇気候別に示します。全国分布を見ると、それぞれの気候において、南や太平洋側ほど風速値が大きくなる（暖色系の点になる）様子が分かります。また、同じ地点で見ると、温暖化が2℃上昇、4℃上昇と進行するほど、風速値が大きくなっていきます。

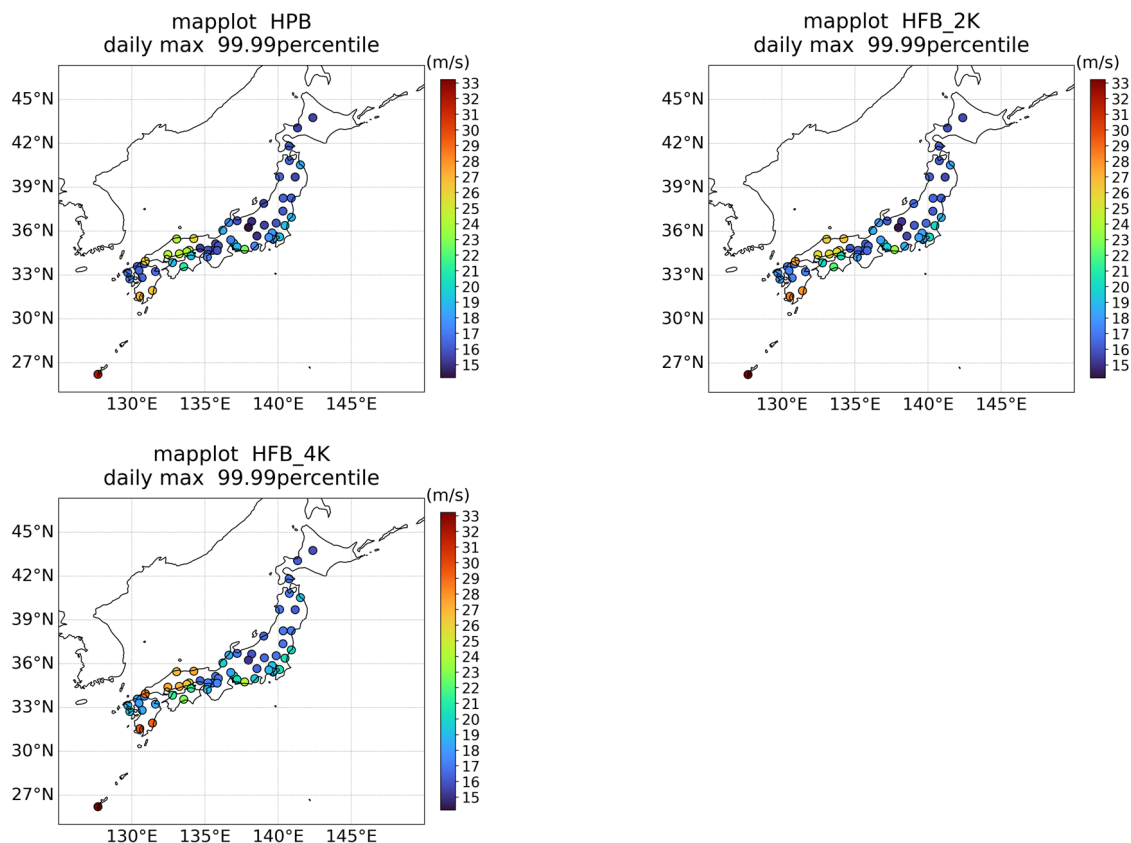


図1 全国主要都市別の日最大風速の気候別の上位 0.01%の極端風速値のマップ。色で風速値を示しています。左上は現在気候、右上は 2°C上昇気候、左下は 4°C上昇気候の場合を示します。

次に、台風時と非台風時とに分類して、上位 0.01%の極端風速値の全国分布を調べました。その結果、台風時の場合のほうが、温暖化による風速値の増大は全国的に顕著に現れました。そこで、図 2 に、台風時における日最大風速値の上位 0.01%極端風速の全国分布を示します。図 1 との違いは、図 2 では台風時に特化している、という点です。また、図 2 での風速値の表示の仕方は図 1 と違うことにも注意してください。図 2 の結果を見ると、台風時には全般的に風速値が大きくなり、また、地点毎に見ても、温暖化の進行とともに、風速値が大きくなるのが分かります。

このように、分析では、現在気候、2°C上昇気候、4°C上昇気候の場合を調べました。この分析結果から、1°Cあたりの風速の増加割合を算出することができます。なお、全体の日数のうち台風時の日数の割合は、地点にもよりますが、おおむね 0.5~1.7%で、南ほど割合が高くなります。このように、台風時の日数は圧倒的に少ないので、これから示す上位値の評価基準としては、上位 1%の日最大風速としました。この上位 1%の風速値を台風時と非台風時とに分類して求めました。図 3 に、上位 1%風速値の気温上昇 1°Cあたりに換算した場合の現在気候での風速値に対する増加割合を台風時と非台風時とに分けて示します。非台風時に比べて台風時のほうが、全国的に極端風速値が顕著に増加することが分かります。その割合は 1°Cあたり 5%を超える地点もあります。また、北日本の都市においても、温暖化の進行とともに台風による強風がより強まることも分かります。

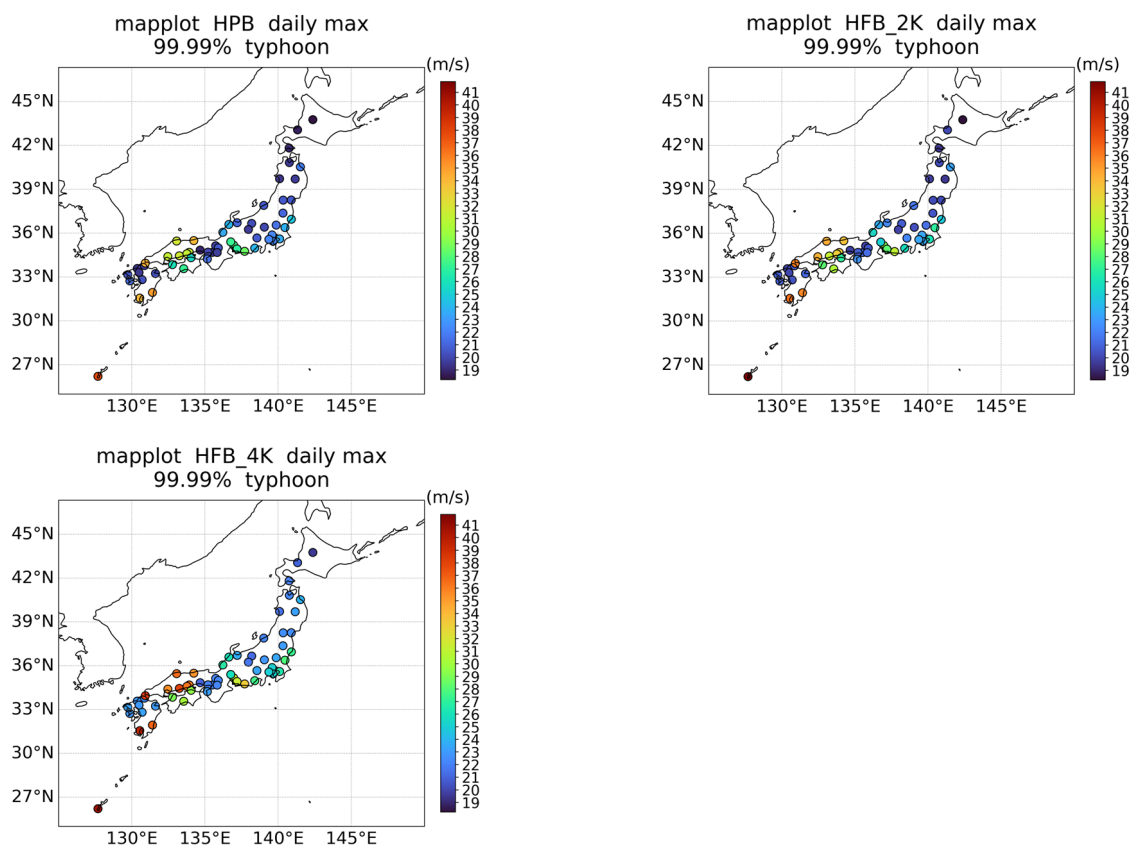


図2 全国主要都市別の台風時における日最大風速の気候別の上位 0.01%の極端風速値のマップ。左上は現在気候、右上は 2℃上昇気候、左下は 4℃上昇気候の場合を示します。色の風速値の表示幅は図 1 と違うことに注意してください。

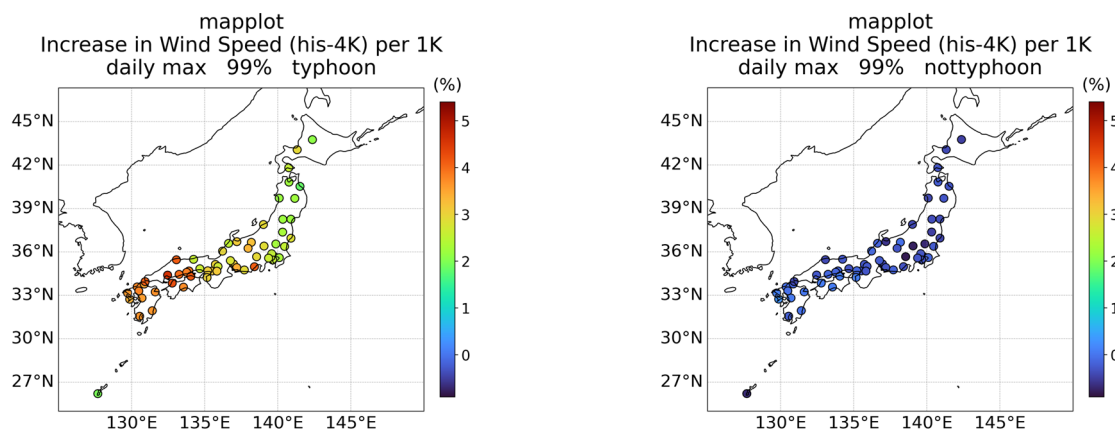


図3 全国主要都市別の日最大風速の上位 1%の極端風速値の 1℃あたりに換算した増加割合を 100 分率で表示したマップ。左側は台風時、右側は非台風時を示します。

本研究で実施した分析によって得られた結果をデータセットとして京都大学学術情報リポジトリ「紅」(KURENAI)で公開しました。

3. 波及効果、今後の予定

本研究では、数千年分に相当する長期間の気候予測データセットを使うことで、極めて低頻度で出現する極

端な強風が、地球温暖化の進行とともにどのように変化するのかを統計的に分析しました。日本では、暖候期の台風、寒候期の爆弾低気圧が、各地で強風をもたらし、時に強風災害に至ります。また、最近では、顕著な台風による甚大な強風災害も全国各地で発生しています。最近の地球温暖化の傾向を考えると、2℃上昇や4℃上昇といった温暖化の影響は、そう遠くない将来に現れることも想定する必要があると思います。地球温暖化は確実に進行していること、また、今後も地球温暖化の傾向は持続することを認識して、温暖化対策や気候変動に対する適応の取組みを進めて、都市における強風災害への備えを強化することが一層大切になると思います。

4. 研究プロジェクトについて

本研究は、環境省・(独)環境再生保全機構の環境研究総合推進費「全国主要都市に対する暑熱・強風・雪の気候変動脆弱性アトラスの作成」(JPMEERF20232003)により実施しました。

<用語解説>

1. d4PDF:「地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース、database for Policy Decision making for Future climate change (d4PDF)」。大気気候モデルを用いて、スーパーコンピュータによって現在気候や将来気候の再現・予測をした大規模アンサンブルの数値実験データです。文部科学省「気候変動リスク情報創生プログラム」により作成された気候予測のデータベースです。地球全体を対象とした全球気候モデルから60 km 解像度、日本列島の領域を対象とした地域気候モデルから20 km や5 km 解像度などのデータが利用できます。
2. 気候モデル:地球の気候を再現または予測するためのコンピューターシミュレーション用の数値モデル。一般に気候モデルは、大気モデル、海洋モデル、陸面モデルなど地球の気候を形成する様々な要素を組み合わせたモデルです。d4PDF では、大気モデルのみから構成された数値モデルが用いられています。
3. 台風トラックデータ:台風別に台風中心の位置の時間推移をまとめたデータ。本研究では、d4PDF から作成された台風トラックデータ (Webb, A., Shimura, T. and Mori, N.: “Global tropical cyclone track detection and analysis of the d4PDF mega ensemble projection, Journal of Japan Society of Civil Engineers”, B2 (Coastal Engineering), 75(2), pp. I_1207-I_1212, 2019) を使いました。

<研究者のコメント>

最近、毎年のように、台風や豪雨による災害が発生し、社会に大きな影響を及ぼしています。地球温暖化は確実に進行しており、こういった風水害が将来どう変化するのかを科学的に解明することは大切です。本研究では、台風や低気圧といった極端気象時に想定される強風の将来変化を全国的に評価しました。合わせて、関連したデータセットを公開し、気候変動適応の取組みに役に立つことができればと思っています。(竹見哲也)

私は、学術的な興味に加え、「防災に貢献できる研究がしたい」という思いから、気象学を志しました。本研究を通して、気候変動の進行に伴って変化する強風リスクや、そのリスクを把握することの重要性について、少しでも知っていただくきっかけとなれば幸いです。今後も、豪雨や台風をはじめとするさまざまな気象現象への理解を深め、防災に貢献できる研究成果を生み出せるよう、精進してまいります。(中 七海)

<論文タイトルと著者>

タイトル：d4PDF を用いた将来気候における全国主要都市の強風ハザード評価

著 者：中 七海, Sandhyarani Nayak, 竹見 哲也

掲 載 誌：日本風工学会論文集 DOI：10.5359/jwe.51.20

<データセット公開サイト>

京都大学学術情報リポジトリ 「紅」(KURENAI)

「d4PDF を用いた気候変動に伴う全国主要都市での日最大風速極端値データセット」

DOI：https://doi.org/10.57723/kds629000