

# 気候変動が日本の設計風速に与える影響に関する研究

## Research on the impact of climate change on design wind speeds in Japan

畔上 泰彦<sup>1)</sup> ○大竹 和夫<sup>1)</sup> 田中 英之<sup>1)</sup> 日下 博幸<sup>2)</sup>  
Yasuhiko AZEGAMI<sup>1)</sup> Kazuo OHTAKE<sup>1)</sup> Hideyuki TANAKA<sup>1)</sup> Hiroyuki KUSAKA<sup>2)</sup>

### 1. はじめに

建築物の耐風設計で用いられる設計風速は、これまで地域毎に過去の観測データや台風性状に基づき推定されてきたが、供用期間が100年程度となるような建築物の設計風速については、気候変動の影響を考慮すべきと考えられる。そこで、本研究は、全球大気モデルで計算された数千年分のアンサンブル気候予測データを用いて、2°C、4°C昇温時の台風の性状を解析し、モンテカルロ手法によって仮想的に台風を発生させ、日本の4大都市（福岡、大阪、名古屋、東京）を対象に、耐風設計で参照される再現期間50年、500年の風速の将来変化について調査を行った。

### 2. 使用データ

本研究では、「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）」の全球モデル版<sup>1)2)</sup>の現在気候実験（HPB）、2°C昇温実験（HFB\_2K）、4°C昇温実験データ（HFB\_4K）と、京都大学防災研究所が作成した d4PDF の台風トラックデータ<sup>3)</sup>を用いて解析を行った。

### 3. 再現期間 50 年、500 年の風速

#### 3. 1 算出方法

モンテカルロシミュレーションによって仮想的に台風を発生させるため、台風のモデル化に必要な変数を3つのエリアで調査した。着目する変数は Mitsuta and Fujii (1986b)<sup>4)</sup>と同様に、上陸時の進行速度、進行角度、中心気圧降下量、最大旋衡風速半径とし、エリア区分は畔上ほか(2022)<sup>5)</sup>と同様とした。進行速度と進行角度は上陸した台風を対象に上陸前と上陸後または陸地を通過した2つの時刻（前後6時間）における緯度経度から算出した。中心気圧降下量( $\Delta P$ )と最大旋衡風速半径( $r_m$ )は、まず、台風中心から500 kmの範囲内で d4PDF の各グリッドの海面更正気圧 (SLP) を元に10 km間隔ごと平均海面更正気圧  $P_{model}$  求め、最小二乗法により、(2)式の schloemer の気圧分布式に近似し、 $\Delta P$  と  $r_m$  を算出した。ここで  $P_c$  は台風の中心気圧、 $r$  は台風中心からの距離である。

$$P_{pre} = P_c + \Delta P \exp(-r_m/r) \quad (2)$$

これら4つの変数の確率分布と各エリアの年平均上陸個数を元に、モンテカルロシミュレーションを行い、4大都市の再現期間50年、500年の風速を求めた。なお、確率分布と上陸個数は畔上ほか(2022)<sup>5)</sup>と同様とした。設計風速に最も影響を及ぼすと考えられる中心気圧降下量の平均値を見ると、例えば九州エリアでは HPB、HFB\_2K、HFB\_4K それぞれで47.4、52.5、55.2hPaと、昇温度合が大きいほど降下量も大きい。地上風速は台風の気圧分布式から Mitsuta and Fujii(1986b)<sup>4)</sup>と同様に、Blaton の公式(3)式を用いて傾度風速を求めたのち、地上風速  $V_s$  と傾度風速  $V_{gr}$  の風速比  $V_s/V_{gr}$  が  $x = r/r_m$  とともに変化するとして、これを  $G(x)$  と表した上で、換算式(4)式を用いて算出した。

$$\frac{V_{gr}^2}{r_t} + fV_{gr} = \frac{1}{\rho} \frac{\sigma p}{\sigma r} \quad (3)$$

$$G(x) = G(\infty) + \{G(x_p) - G(\infty)\} \left(\frac{x}{x_p}\right)^{k-1} \exp\left[\left(1 - \frac{1}{k}\right)\left\{1 - \left(\frac{x}{x_p}\right)^k\right\}\right] \quad (4)$$

ここで、 $f$  はコリオリパラメーター、 $\rho$  は空気密度、 $r_t$  は空気塊の曲率半径、 $r$  は台風中心からの距離、である。また、 $k$ 、 $x_p$ 、 $G(x_p)$ 、 $G(\infty)$ 、傾度風と地上風との間の風向の偏角も Mitsuta and Fujii(1986b)<sup>4)</sup>と同様にそれぞれ2.5、0.5、1.2、2/3、30° とした。シミュレーション期間は10000年とし、乱数列を変えて実験ごと5回の計算を行った。なお、台風の中心から半径200 km円内に任意の地点が存在する間の風速を10分間隔ごとに算出した。再現期間50年、500年の風速は、各都市で算出した年最大風速値を大きい順に並べ、(5)の Hazen の式を用いてそれぞれの非超過確率  $y_i$  を計算し、初めて  $y_i$  が再現期間50年、500年の非超過確率(1-1/50)、(1-1/500)を超える風速としている。ここで、 $y_i$  は標本値  $N$  個中  $i$  番目の大きさの経験的非超過確率を示している。

$$y_i = 1 - \frac{(2i-1)}{2N} \quad (5)$$

#### 3. 2 結果と考察

HPB、HFB\_2K、HFB\_4K それぞれ5回の計算結果からそれぞれ年最大風速をプロットした図(図1)を見ると、どの都市も HFB\_4K、HFB\_2K、HPB の順に再現期間50年～500年の風速が大きいことが分かる。

<sup>1)</sup> 株竹中工務店 技術研究所  
Takenaka Research & Development Institute

<sup>2)</sup> 筑波大学 計算科学研究センター  
Center for Computational Sciences, University of Tsukuba

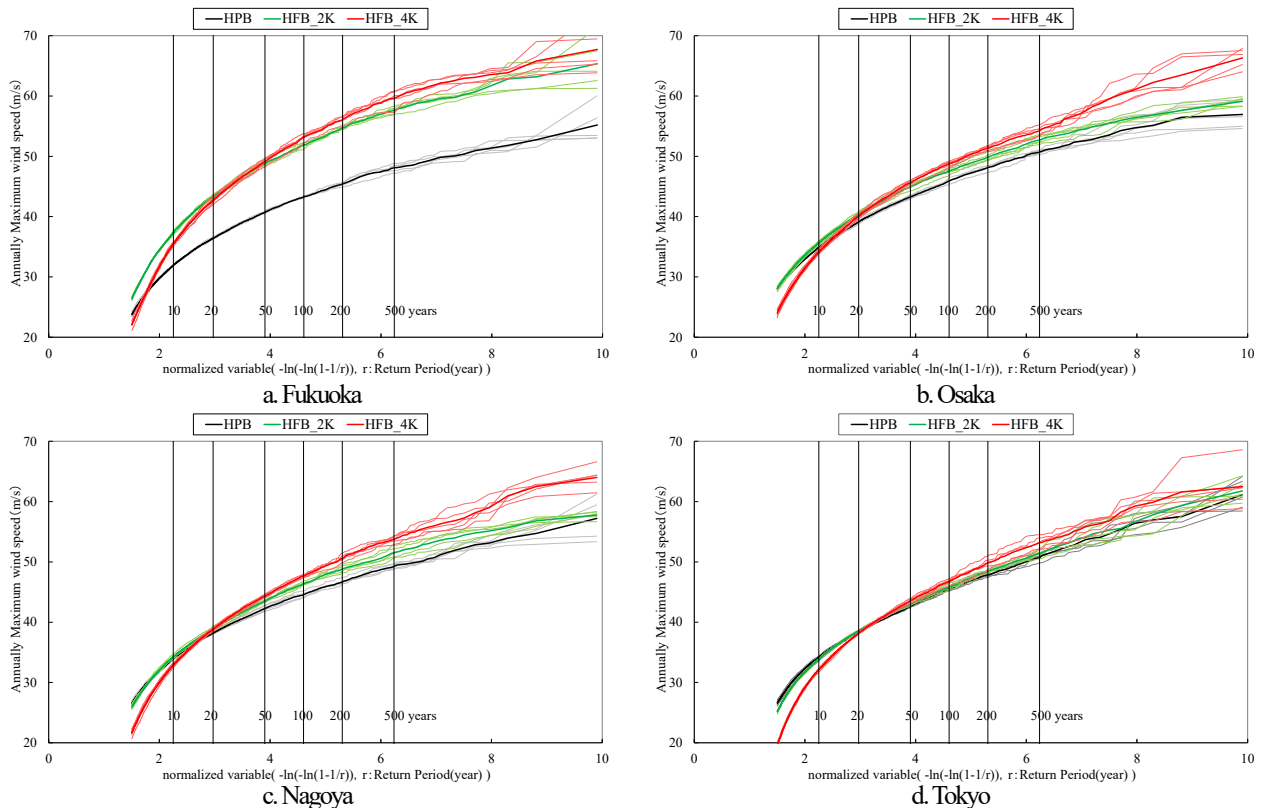
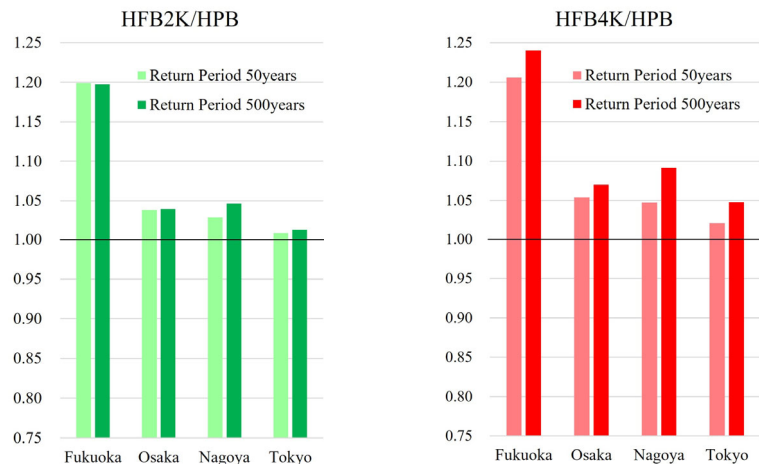


Figure 1 Annual maximum wind speeds for each climate and each city calculated by Monte Carlo simulation.

次に 5 回の計算結果から再現期間 50 年、500 年の平均値を各実験、各都市で求め、HPB に対する HFB\_2K、HFB\_4K の変化率を算出した (図 2)。HFB\_2K の再現期間 50 年、500 年の風速は、4 都市平均で HPB の 1.07 倍、1.08 倍と再現期間 50 年の風速よりも再現期間 500 年の風速の変化率の方が大きい (図 2a)。都市ごとにみると、福岡はどちらも 1.20 倍と他の 3 都市に比べ変化率の大きいことが分かる。HFB\_4K の再現期間 50 年、500 年の風速は、4 都市平均で HPB の 1.07 倍、1.11 倍と HFB\_2K 同様に、再現期間 50 年の風速よりも再現期間 500 年の風速の変化率の方が大きい (図 2b)。また、HPB に対する HFB\_2K の変化率よりも大きいことも分かる。

#### 4. まとめ

d4PDF データを用いて再現期間 50 年、500 年の風速の将来変化について調査を行った。その結果、再現期間、昇温度合、地域ごとに変化率が異なり、気候変動を考慮した設計風速を設定する際は、それらの違いを考慮する必要があることが明らかとなった。



a. Rate of change in HFB\_2K relative to HPB b. Rate of change in HFB\_4K relative to HPB

Figure 2 Rate of change of HFB\_2K and HFB\_4K with respect to wind speed for 50- and 500-year return periods under HPB in four major cities.

#### 参考文献

- 1) Mizuta, R. et al., Over 5,000 years of ensemble future climate simulations by 60-km global and 20-km regional atmospheric models, Bulletin of the American Meteorological Society, 98, 7, 2017, pp.1383-1398
- 2) Fujita, M. et al., Precipitation changes in a climate with 2-K surface warming from large ensemble simulations using 60-km global and 20-km regional atmospheric models, Geophysical Research Letters, 46, 1, 2019, pp.435-442
- 3) 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, 2019, pp.1207-1212
- 4) Mitsuta, Y. and Fujii, T., Synthesis of typhoon wind patterns by numerical simulation, Natural Disaster Science, 9, 2, 1986, pp.49-61
- 5) 畔上泰彦, 大竹和夫, 田中英之, 日下博幸, 地球温暖化が日本列島上陸時の台風の性状に及ぼす影響に関する研究, 風工学研究論文集, 27, 2022, pp.126-133