

平成 27 年度 風工学研究拠点 共同研究成果報告書

研究分野：強風防災

研究期間：H27 ～ H28 [平成 28 年度も研究継続]

課題番号：153001

研究課題名（和文）：耐風設計のための台風モンテカルロシミュレーションの適用方法に関する研究

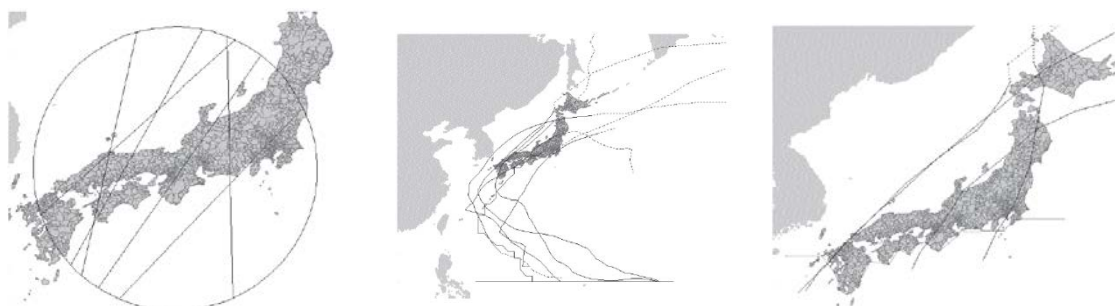
研究課題名（英文）：Application of typhoon Monte-Carlo simulation to wind resistant design

研究代表者：三浦 景祐

交付決定額（当該年度）： 318,000 円

1. 研究の目的

日本における強風の主要因は台風であることを考慮して、台風モデルを用いたモンテカルロシミュレーション手法（以下、台風シミュレーションと称す）による風速評価や風向特性の評価に関する研究が数多くなされている。台風シミュレーションにより設計風速を評価する際には台風気圧場の再現性と地上風の予測精度が重要である。台風シミュレーションは一般にサイト限定型、地域限定型モデル（Full-track type）、地域限定型モデル（Coast-crossing type）の3つに分けられる。図1に台風シミュレーションモデルの概要を示す。本研究では、地域限定型モデル（Full-track type）を用いた場合の台風気圧場の再現性に着目し、台風気圧場のモデル化に適した確率分布モデルについて整理する。



(1) サイト限定型モデル

(2) 領域限定型モデル

(3) 領域限定型モデル

(Full-track Type)

(Coast-crossing Type)

図1 台風シミュレーションモデルの概要

2. 研究の方法

台風シミュレーションでは、台風観測データより得られる台風の経路、気圧場、進行速度を確率分布で近似し、各確率分布に従う乱数を発生させて人工的に台風を発生させる。そのため、確率分布の近似精度が非常に重要となる。既往の研究では、気圧場を対数正規分布でモデル化することが多い。本研究では、台風パラメータの確率分布を一般化極値分布で与えることを試みる。一般化極値分布はGumbell分布、Frechet分布、Weibull分布の三つの極値分布を1つの式で表したもので、式(1)で与えられる。

$$F(x) = \exp \left\{ - \left[1 + \gamma \left(\frac{x - \mu}{\sigma} \right) \right]^{\frac{1}{\gamma}} \right\} \quad (1)$$

ただし、 $1 + \gamma(x - \mu)/\sigma > 0$ である。ここで、 μ は位置パラメータ、 σ はスケールパラメータ、 γ は形状パラメータである。 $\gamma = 0$ のときはI型極値分布（Gumbel分布）、 $\gamma > 0$ のときはII型極値分布（Frechet分布）、 $\gamma < 0$ のときはIII型極値分布（Weibull分布）となる。

図2にグループ2（北緯23°、東経127°～131°）で発生した台風の中心気圧の観測値を一般化極値分布で近似した結果を示す。また、比較として対数正規分布で近似した結果も併せて示す。観測記録の形状パラメータは $\gamma = -0.50$ となり、III型極値分布で近似される。台風によ

る強風の発生に対して重要と考えられる中心気圧の低い部分については、対数正規分布よりも一般化極値分布の方が精度よく近似出来ている。

3. 研究成果

(1) モンテカルロシミュレーション結果

図3に台風シミュレーションで得られた中心気圧の平均値分布を示す。観測記録の平均値分布を良く再現している。台風による強風の発生要因として中心気圧の低い値の分布の再現性も重要となる。

図4に中心気圧の1パーセンタイル分布を示す。北緯31度以南では、観測記録より台風シミュレーションの方が、中心気圧が若干低くなる傾向であるが、北緯31度以北については観測記録を良く再現している。

図5に台風シミュレーションにより得られた中心気圧データと確率モデルの比較を示す。従来の対数正規分布では、シミュレーション後のデータは確率分布から大きく離れてしまうことが知られている5)が、本研究モデルではシミュレーション後のデータも確率モデルに従う結果となり、妥当なモデル化であると言える。

図6に台風移動後のシミュレーション結果と観測記録の比較を示す。移動後のシミュレーション結果も観測記録の傾向を良く再現できている。

(2) 台風シミュレーションによる風向特性の評価

モンテカルロシミュレーションにより得られた台風気圧場のデータを用いて地表風の算定を行う。地表風の計算は、台風中心と対象座標の距離が500km以内、かつ、中心気圧が980hPa以下となった仮想台風を用いる。

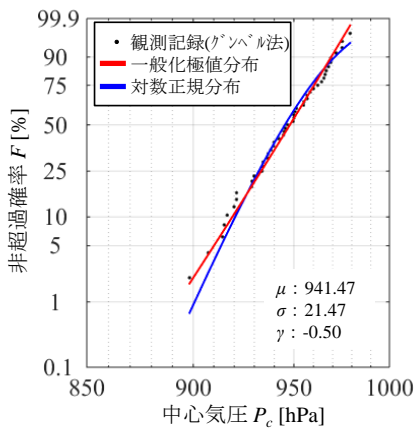
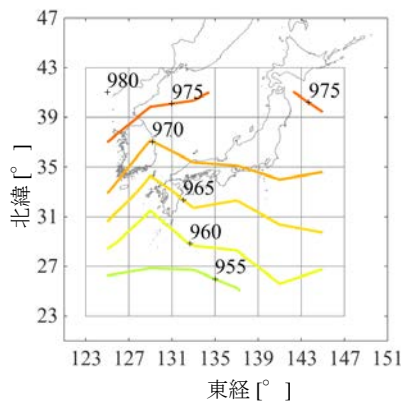
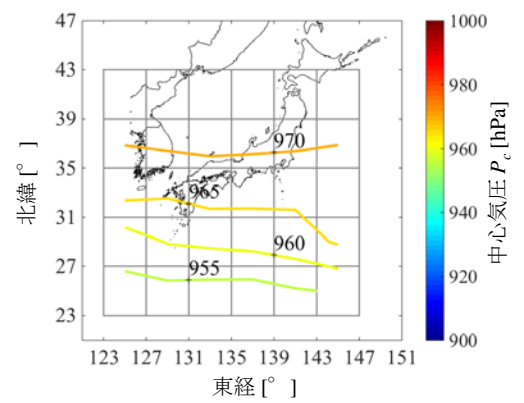


図2 中心気圧の近似結果

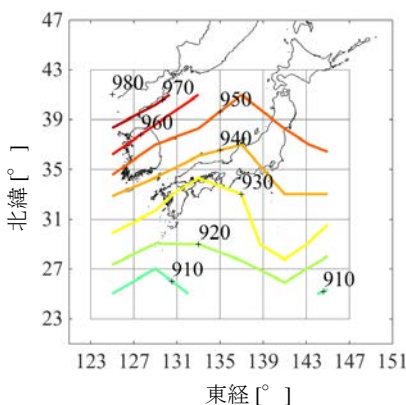


(1) 観測記録

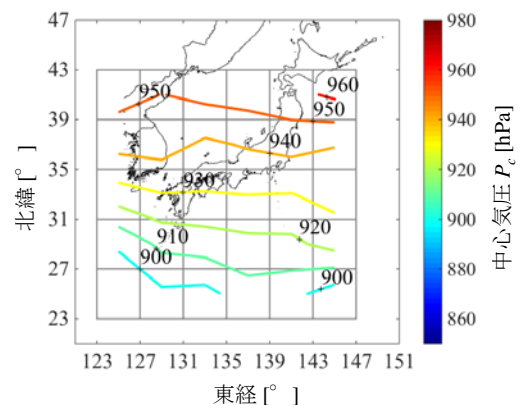


(2) シミュレーション結果

図3 台風シミュレーションによる中心気圧の平均値分布



(1) 観測記録



(2) シミュレーション結果

図4 中心気圧の1パーセンタイル分布

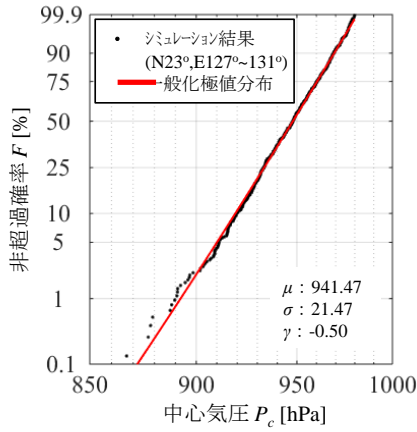
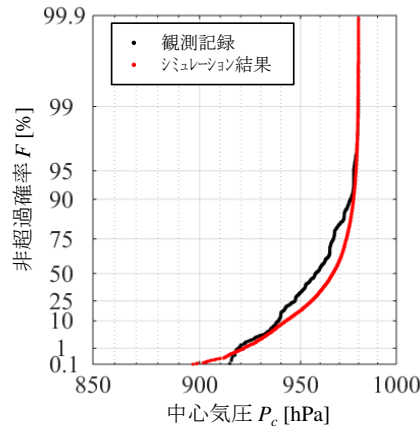
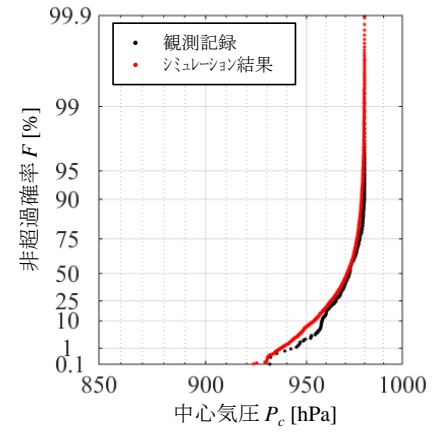


図5 シミュレーション結果と
確率モデルの比較



(1) N29° ~33° , E127° ~131°



(2) N33° ~37° , E139° ~143°

図6 台風移動後のシミュレーション結果と観測記録の比較

台風時の傾度風は次式にあてはめる。

$$u_0 = \frac{C \sin \theta_r - fr}{2} \sqrt{\left(\frac{C \sin \theta_r - fr}{2}\right)^2 + \frac{r}{\rho} \frac{\partial P(r)}{\partial r}} \quad (2)$$

ここで、 u_0 : 傾度風速、 C : 気圧場の移動速度、 θ_r : 台風の進行方向を表す角度（反時計回りを正）、 r : 台風中心までの距離、 f : コリオリパラメータである。

強風時の大気境界層の風速、風向は次式の様で表される。

$$u(z) = u_G \left(\frac{z}{z_G}\right)^{\alpha_u} \quad (3)$$

$$\theta(z) = \theta_G + \theta_S \left(1.0 - 0.4 \frac{z}{z_G}\right)^{1.1} \quad (4)$$

$$\alpha_u = 0.27 + 0.09 \log z_0 + 0.018 \log^2 z_0 + 0.001611 \log^3 z_0 \quad (5)$$

$$z_G = 0.06 \frac{u_G}{f_\lambda} (\log R_{O\lambda})^{-1.45} \quad (6)$$

$$\theta_S = (69 + 100\xi) (\log R_{O\lambda})^{-1.13} \quad (7)$$

ここで、 ξ は台風時の絶対渦度の影響を考慮した修正地表面ロスビー数である。

表1に再現期間100年における最大風速および指針値との乖離率の比較、図7に地上高さ10m、粗度区分Ⅱにおける再現期間100年の風向毎の風速分布を示す。ここでは、比較として建築物荷重指針・同解説2015（日本建築学会）に記載されている再現期間100年に対する基本風速を併せて示す。

シミュレーションによる最大風速は、本研究モデルと既往モデルで明確な差異は見られない。しかしながら、指針値との乖離率は10%~30%と高く、特に日本列島を南下するに従い、乖離率は大きくなっている。既往の研究では、台風モデルによる計算値と実測値では風速の平均化時間に違いがあり、計算値の方が過小評価する傾向があることを指摘している。また、観測値には地形の影響が含まれている可能性も考えられることから、気圧場モデルの改善だけでなく、平均化時間の違いや地形の影響を考慮した風速場モデルの検討が必要だと考えられる。

表 1 再現期間 100 年における最大風速および指針値との乖離率の比較

観測点	荷重指針 基本風速 (m/s)	最大風速(m/s)		乖離率	
		本研究 モデル	既往 モデル	本研究 モデル	既往 モデル
東京	34	30.0	29.7	11.6	12.6
仙台	30	27.4	27.3	8.7	9.0
長崎	36	31.3	31.7	13.2	11.8
沖縄	50	36.3	33.9	27.4	32.3

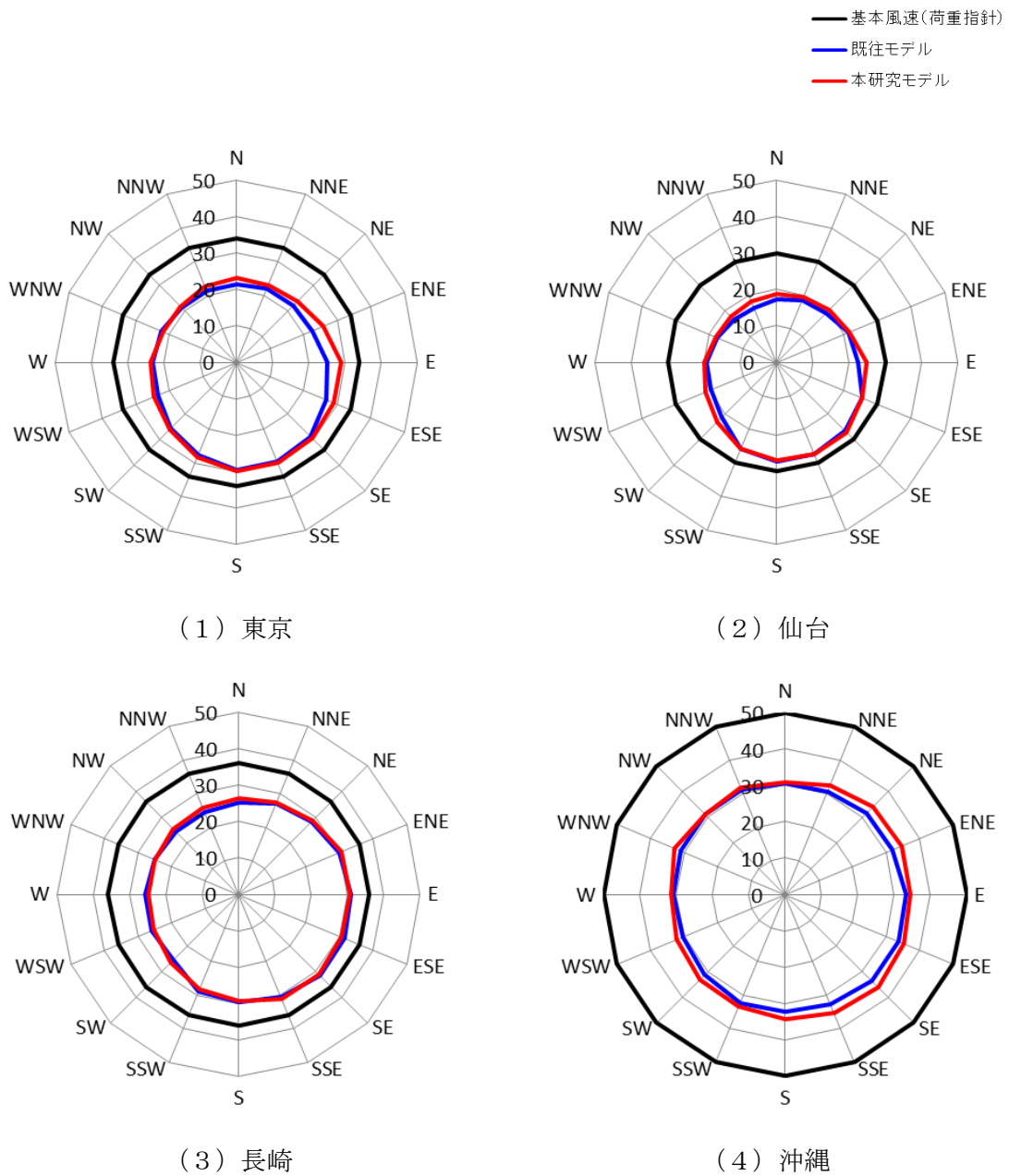


図 7 再現期間 100 年の風向毎の風速分布 (地上高さ 10m、粗度区分 II)

4. 主な発表論文等

- ・ 三浦景祐, 松井正宏, 真栄城玄一: 台風シミュレーションに用いる台風気圧場の性質、日本建築学会大会学術講演梗概集, 2016

[雑誌論文] (計 件)

[学会発表] (計 1 件)

[図書] (計 件)

[その他]

産業財産権, ホームページ等

5. 研究組織

(1) 研究代表者

三浦 景祐 (東電設計株式会社)

(2) 研究分担者

影山 宏 (東電設計株式会社)

真栄城 玄一 (東電設計株式会社)