

平成 25 年度 風工学研究拠点 共同研究成果報告書（研究集会）

研究分野：強風防災

実施期間：H 2 5

課題番号：134003

研究集会名（和文）：設計風速の現状と展望

研究集会名（英文）：Design wind speed, current issues and perspective

研究代表者：中村 修（風工学研究所）

交付決定額（当該年度）：200,000 円

※平成 25 年度で終了となる研究課題は最終成果報告書となりますので、下記項目について詳細な報告をお願いします。

※ページ数の制限はありません。

※成果等の説明に図表を使用していただいて構いません。（カラーも可）

※提出して頂いた成果報告書をホームページでの公開を予定しております。

1. 研究集会の開催趣旨

耐風設計で想定する風速（設計風速）は、建設地点で想定される再現期間 100 年～500 年の風ですが、台風や季節風など様々な気象要因に基づく自然現象であり、設計時に扱う諸量の中でも不確実性が大きい値の一つです。本研究集会では、耐風設計の設定に際して検討すべき風に関する様々な性質と問題点、将来への展望を議論したいと考えております。

2. 開催年月日、場所、講演者数、参加者総数（講演者含む）

開催日時：2014 年 3 月 1 日（土） 13：30～17：00

開催場所：東京工芸大学 中野キャンパス芸術情報館 3 階 大会議室

3. 講演プログラムと講演概要

主旨説明

中村 修（風工学研究所）

台風シミュレーションと気象モデルを利用した極値風速予測とその信頼性評価

石原 孟（東京大学大学院）

被海面温度を考慮した台風シミュレーションによる強風予測

勝地 弘（横浜国立大学大学院）

送電用鉄塔の設計風速に関する現状と課題

石川智巳（電力中央研究所）

台風シミュレーションモデルの性能評価

西嶋一欽（京都大学防災研究所）

年最大風速の地域区分に関する検討

松井正宏（東京工芸大学）

総合討議

まとめ

台風シミュレーションと気象モデルを利用した 極値風速予測とその信頼性評価

東京大学大学院工学系研究科
 社会基盤学専攻
 石原 孟
 2014年3月1日

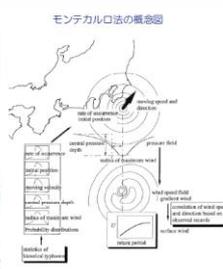
背景と目的

◇背景

- 台風モンテカルロシミュレーションによる極値風速を求める手法は、観測データを用いる従来手法に比べ統計的に安定し、予測の不確かさが小さいと言われている。しかし、これまでの研究では台風シミュレーションの不確かさについて定量的に評価した例はほとんどない。

◇目的

- MCP法 (Measure-Correlate-Predict) により気象官署で観測された風速を対象地点に変換し、修正ガンベル分布により、成因別の極値風速を評価すると共に、台風シミュレーションの結果と比較する。
- ガンベル理論に基づき、台風モンテカルロシミュレーションと風観測データにより算出した極値風速の不確かさを評価すると共に、不確かさを考慮した極値風速の評価手法を提案する。



Architectural Institute of Japan, AIJ Recommendations for Loads on Buildings, 2004

まとめ

モンテカルロシミュレーションとMCP法を用いて釧路沖における極値風速の予測を行い、以下の結論を得た。

- 熱帯低気圧に起因する強風の非超過確率を表す修正ガンベル分布を提案した。熱帯低気圧の極値風速は温帯低気圧の極値風速に比べ、不確かさが高く、混合気候ではモンテカルロシミュレーションの結果を用いた合成確率分布が観測値とよく一致していることを示した。
- 温帯低気圧の観測データから求めた50年再現期待値の不確かさが小さく、熱帯低気圧のその不確かさが大きい。台風のモンテカルロシミュレーションを用いることにより、熱帯低気圧の50年再現期待値の不確かさは温帯低気圧の不確かさのレベルに低減することができることを示した。

参考文献

- 石原孟, 山口敦: モンテカルロシミュレーションとMCP法を用いた混合気候における極値風速の予測, 日本風工学会議文集, Vol.37, No.3, pp.105-116, 2012.
- Takeshi ISHIIHARA and Atsushi YAMAGUCHI: Prediction of the extreme wind speed in the mixed climate region by using Monte Carlo simulation and Measure-Correlate-Predict method, Wind Energy, 2013. (In press)
- 種本純, 石原孟: 熱帯低気圧に伴う風速場の予測手法に関する研究, 風力エネルギー学会論文集, No.107, pp.47-54, 2013.
- J. Tanemoto and T. Ishihara: Prediction of tropical cyclone induced wind field by using mesoscale model and JMA best track, Proc. of APCWE8, 2013.

海面温度を考慮した 台風シミュレーションによる 強風予測

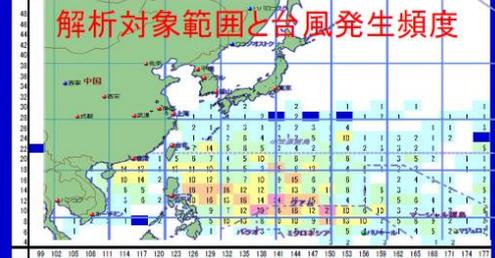
2014.3.1

勝地 弘
横浜国立大学

研究の流れ

- 過去の台風統計データの分析
- 地球温暖化予測情報による海水表面温度データの整理
- 海水表面温度を組み込んだ台風シミュレーションの実行
- 地球温暖化進行に伴う日本各地での強風強度、頻度の分析

解析対象範囲と台風発生頻度



台風発生時の統計分析(過去50年間) 格子サイズ:
 (N4° ~ 32°, E99° ~ 180°) 南北2° × 東西3°
 各格子の発生確率密度を分析
 発生位置の確率情報

台風移動時の統計量

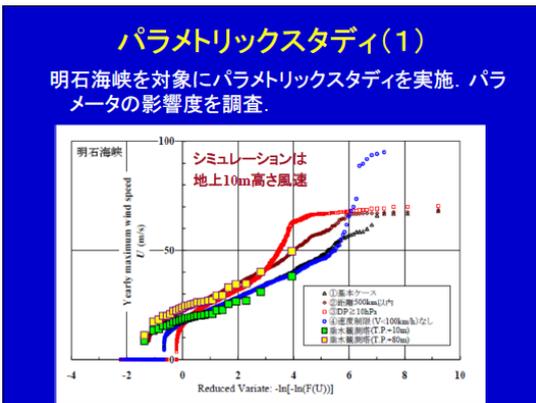
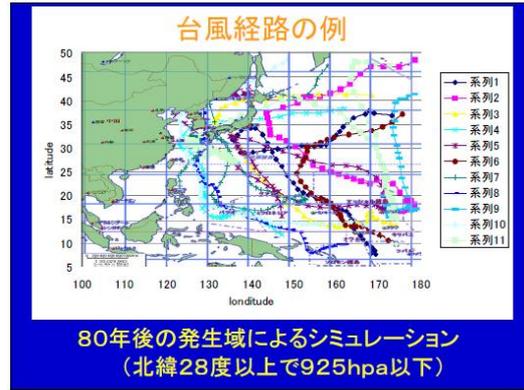
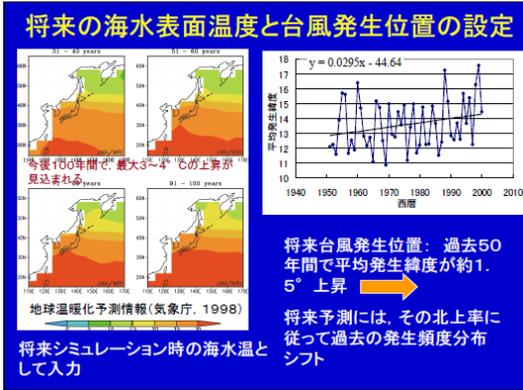
南北, 東西移動速度, 中心気圧低下量について、6時間後の値を線形式で推定

- 海面温度を考慮しない場合

$$X_{future} = aX_{present} + b + \varepsilon$$
- 海面温度を考慮する場合

$$X_{future} = a_1X_{present} + a_2Y + b + \varepsilon$$
海水温度

a, b, a_1, a_2 を格子毎に(重)回帰分析
 ε は誤差で格子毎に定義



- ### まとめ
- 台風の発生、盛衰に密接に関係する海面温度を組み入れた台風シミュレーションを実施。
 - より広範囲の統計データを使用。
 - 海面温度を使って台風モデルがうまく表現できた。
 - 将来の海面温度上昇を考えると、強風の期待値は上昇する傾向にある。
 - シミュレーション手法、台風モデルについて、さらに検討の必要。

東京工業大学・風工学共同研究拠点・公開研究会
「設計風速の現状と展望」(2014/3/1)

送電用鉄塔の設計風速に関する現状と課題

電力中央研究所 地球工学研究所
石川智巳
R 電力中央研究所

© CRIEPI 本研究会限り

R 電力中央研究所

内容

- ◆ 送電用鉄塔の耐風設計
 - 送電部門における1990年代以降の研究
 - 「送電用鉄塔の風荷重指針・同解説(2005)」の概要
 - 設計風速に関する主な課題
- ◆ 風向別基本風速マップ改良への取り組み
 - 現行の風向別基本風速マップ化方法
 - NuWFAS再現結果を用いたマップ化の試み
- ◆ 荷重・耐力係数法への展開を踏まえた風速の再現期間・照査式の検討
 - 風向特性を考慮した荷重・耐力係数法の考え方
 - 等価再現期間
 - 設計式の提案

© CRIEPI 本研究会限り

R 電力中央研究所

まとめ

- 送電用鉄塔の風荷重指針・同解説(2005)の概要と課題を紹介
- 気象予測・解析システムNuWFASによる52年間再現解析結果を用いたマップ化法を検討。解析の孤立峰周りの風速分布に改善。高標高地形風下側の風速が大きくなる傾向確認(NuWFASの検証。結果の物理的意味づけとその妥当性確認課題)
- 送電用鉄塔を対象とした等価再現期間を算定。荷重・耐力係数法による照査式を提示。

基本となる台風シミュレーション結果の信頼性確認・向上が課題

© CRIEPI 本研究会限り

東京工業大学・風工学共同研究拠点・公開研究会「設計風速の現状と展望」
東京工業大学中野キャンパス、2014年3月1日

台風シミュレーションモデルの性能評価

京都大学防災研究所
西嶋一欽
nishijima.kazuyoshi.5x@kyoto-u.ac.jp

話の中身

- 台風シミュレーションモデルの概要
- 応用例
 - 台風による保険支払の予測
 - 気候変動による50年再現風速変化の評価
- 気になるところ (主に話題提供)
 - モデル選択
 - 不確定性の取り扱い (AleatoryとEpistemicの分離)
 - 意思決定問題としての設計風速の設定

2 「設計風速の現状と展望」
台風シミュレーションモデルの信頼評価 四條一孝 東京大学大学院 01/03/2014

資料の取り扱いについて

本スライドは、下記の論文を元に作成したものである。スライドの公開は、それぞれの著作権ルールに従うものとする。

Nishijima, K., Maes, M., and Faber, M.H. (2008). Probabilistic assessment of extreme events subject to epistemic uncertainties. Proceedings of the ASME 27th International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering, OMAE2008, Estoril, Portugal.

Graf, M., Nishijima, K. and Faber, M.H. (2009). A probabilistic typhoon model for the northwest Pacific region. Proceedings of the 7th Asia-Pacific Conference on Wind Engineering, APCWE7, Taipei, Taiwan.

Graf, M., and Nishijima, K. (2011). Issues of epistemic uncertainty treatment in decision analysis for tropical cyclone risk management. 11th International Conference on Application of Statistics and Probability in Civil Engineering (ICASP11), Zurich, Switzerland.

Nishijima, K., Maruyama, T., Graf, M. (2012). A preliminary impact assessment of typhoon wind risk of residential buildings in Japan under future climate change. Hydrological Research Letters, 6, 23-28.

Zhang, S., and Nishijima, K. (2012). Statistics-based investigation on typhoon transition modeling. Proceedings of the Seventh International Colloquium on Bluff Body Aerodynamics and Applications (BBA7), pp.364-373.

Zhang, S., Nishijima, K., Maruyama, T. (2014). Reliability-based modeling of typhoon induced wind vulnerability for residential buildings in Japan. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 124, pp.68-81.

Zhang, S., Nishijima, K., and Maruyama, T. (2014). Climate model-based probabilistic assessment of wind risk for residential buildings under projected future climate. Civil Engineering and Environmental Systems (submitted).

28 「設計風速の現状と展望」
台風シミュレーションモデルの信頼評価 四條一孝 東京大学大学院 01/03/2014

JURC TPU
Wind Effects on Buildings and Urban Environment

2014年3月1日, 東京工芸大学・風工学共同研究拠点・公開研究会
「設計風速の現状と展望」

台風モンテカルロシミュレーションの改良と風向係数評価への適用

松井 正宏 KOGEI 東京工芸大学 TOKYO POLYTECHNIC UNIVERSITY

Typhoon Monte-Carlo Simulation

- Modeling of typhoon
 - Pressure field parameters
 - Central pressure depth
 - Radius of maximum wind
 - Path, moving speed and direction
 - Number of annual occurrence
 - Wind field parameters
 - Roughness length
 - Effect of topography
- Key points
 - Realizability of pressure field model and combination of parameters
 - Accuracy of wind field model

Directional method and non-directional method

- Directional method
- Non-directional method

load effects

extreme value distribution

13

Hybrid method of simulation and statistical model for mixed wind climate regions

- The probability of wind load $F_{eq}(W)$ is evaluated by the following procedure.

Assuming the annual maximum wind speed probability in each wind direction j as $F_j(u)$, and wind load $W = \omega_j(u)$ at wind speed u , the annual maximum wind load probability in each direction is expressed as:

$$F_{eq}(W) = F_j(\omega_j^{-1}(W)) \quad (2)$$

where ω_j^{-1} is the inverse function of ω_j .

In the mixed climate,

$$F_{eq}(W) = \prod_j^{N_j} \prod_k^{N_k} \{T F_{eq}(W) \cdot S F_{eq}(W)\} \quad (3)$$

where prefixes T and S denote typhoon winds and non-typhoon winds respectively.

14

Relation between the minimum ERP and the design wind load effects

- Assuming the design procedure as,
 - i) Evaluating directional wind load effect for each wind direction using directional design wind speed and aerodynamic properties
 - ii) Adopting the maximum of them as the design value
 - *) This procedure is the same as the conventional (non-directional) one except for the design wind speed.
- Under this design procedure,
 - At least one ERP for any direction is sufficient to set the design wind load. The minimum ERP for all directions is enough.

| dir. | T_R | dir. | T_R |
|------|-------------------|------|-------------------|
| NNE | > 10 ⁶ | SSW | 125 |
| NE | > 10 ⁶ | SW | 538 |
| ENE | > 10 ⁶ | WSW | 76500 |
| E | > 10 ⁶ | W | > 10 ⁶ |
| ESE | > 10 ⁶ | WNW | 289000 |
| SE | > 10 ⁶ | NW | 7420 |
| SSE | > 10 ⁶ | NNW | 3440 |
| S | 44200 | N | > 10 ⁶ |

17

Conclusion

- Typhoon Monte-Carlo simulation technique was introduced briefly. There were two keys to success the simulation. They were pressure field realizability and wind field accuracy.
- Some pressure field model were introduced.
 - Improve model with POD method was proposed.
- Some wind field model was introduced.
 - Importance of absolute vorticity which affects to the gradient height was noted.
 - Improve technique with database was proposed.

20

Conclusion (continued)

- Considering the wind climate in Japan,
 - directional wind speeds were evaluated using a modified simulation method for typhoon winds and a statistical method for non-typhoon winds.
 - Then, for setting the directional design wind speeds, the equivalent wind speed and its return period, called equivalent return period (ERP) here, were identified in every direction that gave the same wind load as that for the design using wind directionality.

21

Conclusion (continued)

- Assuming the general procedure of adopting the maximum wind load calculated for respective wind directions, directional design wind speed was evaluated using the minimum ERP.
- It was shown that the effect of shapes of structures, orientations, and structural coordinates was small for the wind speeds.
- The setting of directional design wind speeds according to the minimum ERP has many desirable features.

22

Reference

This content was published as;

- Masshiro Matsui, Yukio Tamura and Shunsuke Tanaka, Directional wind speed evaluation in mixed wind climates using modified typhoon simulation method, Safety and Reliability of Engineering Systems and Structures, Millpress, Proceedings of ICOSAR 2005, Rome, Italy, pp.1187-1192, 2005.6

[References]

1. Australian/New Zealand Standard, 2002, Structural design actions, Part 2: Wind actions, AS/NZS 1170.2:2002
2. British Standard, 1997, Loading for buildings, Part 2. Code of practice for wind loads, BS6399-2
3. Cook, N. J., 1985, The designer's guide to wind loading of building structures, Part 1, BRE, Butterworths
4. Georgiou, P. N., Davenport, A. G. and Vickery, B. J., 1983, Design wind speeds in regions dominated by tropical cyclones, J. of Wind Eng. and Ind. Aerodyn., 13, 139-152
5. Holmes, J. D., 1990, Directional effects on extreme wind loads, *Civil Engineering Transactions, Institution of Engineers, Australia*, Vol.CE32, No.1, 45-50
6. Meng, Y., Matsui M. and Hibi, K., 1995, An analytical model for simulation of the wind field in a typhoon boundary layer, J. of Wind Eng. and Ind. Aerodyn., 56, 291-300

23

Reference

7. Myers, V. A. & Malkin, W., 1961, Some properties of hurricane wind fields as deduced from trajectories, National Hurricane research project No. 49, US Dept. Of Commerce
8. Satake, N. and Yokota, H., 1996, Evaluation of vibration properties of high-rise steel buildings using data of vibration tests and earthquake observations, J. of Wind Eng. and Ind. Aerodyn., 59, 265-282
9. Simiu, E. and Heckert, N. A., 1998, Ultimate wind loads and direction effects in non-hurricane and hurricane-prone regions, *Environmetrics*, 9, 433-444
10. Shapiro, L. J., 1983, A symmetric boundary layer flow under a translating hurricane. *J. Atmos. Sci.*, 40, 1984-1998
11. Tryggvason, B. V., Surry, D. and Davenport, A. G., 1976, Predicting wind-induced response in hurricane zones, *Journal of the structural div., ASCE*, Vol. 102, No. ST12, 2333-2350
12. Yasui, H., Ohkuma, T., Marukawa, H. and Katagiri, J., 2002, Study on evaluation time in typhoon simulation based on Monte Carlo method, J. of Wind Eng. and Ind. Aerodyn., 90, 1529-1540

24