

多項式変換法を用いた年最大風速の予測評価 -地域・季節毎の統計特性について-

Prediction of Annual Maximum Wind Speed Based on the Polynomial Translation Method
- Statistical Characteristic Due to Location and Season -

学籍番号 47106773
氏名 和田 貴行 (Wada, Takayuki)
指導教員 神田 順 教授

1.1. はじめに

現在の耐風設計で用いられている設計風速は、過去数十年の気象台記録の年最大風速を極値分布にあてはめ必要に応じた再現期間の基準風速を求めている。¹⁾観測記録を超える長期の再現期間の評価には十分な検討が必要である。

1.2. 研究背景

Gumbel(1958)²⁾のStatistic of extremesの刊行をきっかけに、確率論は工学的な評価に応用され、幅広く研究が行われるようになった。年最大風速の評価をするにあたり、独立で同一の分布に従う確率変数列 X_1, X_2, \dots, X_n の最大値を M_n とすると、その最大値 M_n は、Gumbel, Frechet Weibull(I~III型)のいずれかに収束するとされ、(2.1)式の一般極値分布(GEV)で表される。

$$G(x) = \exp \left\{ - \left[1 + \zeta \left(\frac{x-\mu}{\sigma} \right) \right]^{-\frac{1}{\zeta}} \right\} \quad (2.1)$$

($\zeta=0$: I、 $\zeta > 0$: II、 $\zeta < 0$: III)

しかし、このGEVで表されるモデルは、年最大値のみしか用いておらず、観測されるデータを十分には、活かしきれていない。

Gomes and Vickery(1978)³⁾は、複数の独立した成因の合成による確率分布式として(2.2)式を提案することで、日本においても

宮田⁴⁾らによって台風や竜巻、季節風など成因別にその最大風速を扱い評価がされるようになった。

$$Fa(V) = \prod_{p=1}^Q Fp(V) \quad (2.2)$$

Choi and Kanda(2003)⁵⁾は年平均風速の分布関数推定と非同一母分布関数を用いたモンテカルロシミュレーションとして、極値分布を構成する母集団の基本統計量(平均 μ 、標準偏差 σ 、歪度 β_3 、尖度 β_4)を利用する多項式変換法を提案した。

既往の研究で、大西, 神田(2009)⁶⁾は、短期間の観測記録からの評価を行い、Lo, Kanda and Wada(2011)⁷⁾は、 β_3, β_4 がその長期の再現期間部分の結果に影響を及ぼすことを指摘し、補正方法の提案を行った。しかし、最大風速だけではなく、実際の観測風速全体も、宮田⁴⁾らが指摘するように複数の要因を検討すべきである。

1.3. 本研究の目的

本研究では、年最大風速を構成する母集団の風速分布データを成因別に分類し、非定常時の観測データのもたらす統計特性を明らかにし、多項式変換法の検討およびシミュレーションに用いるための風速データを扱う方法を確立することを目的とする。

2. 研究に用いるデータ

風速データは、全国 155 地点の気象観測台で 1961 年～2002 年の 42 年間分の 3 時間毎に観測された 10 分間平均風速を用いる。デジタル台風データベース⁸⁾を利用し、台風時の風速の作成を行った。この観測データから多項式変換法を用いてシミュレーションを行うことにより年最大風速の評価を行う。

3. 風速の成因別評価 1 (台風・非台風別)

3.1. 台風時風速の評価と統計特性

台風時風速を、対象地点から半径 300km 圏内を中心が通過する台風の発生時刻から消滅時刻までとし、それ以外の風速を非台風時風速として扱う。

日本の各地点の年平均台風接近数は Fig. 1 のような結果となり、緯度が高くなるにつれてその数も減少する。

年平均台風数と全風速から非台風時の風速データの β_3 , β_4 のばらつき COV の変化率を Fig. 2, Fig. 3 に示す。

年平均台風接近数は、統計量 β_3 , β_4 に対して大きく影響与えている要因であることが確認された。台風・非台風別にデータを扱うことで、全風速と比べ、非台風の β_3 , β_4 を低く扱えることが確認できた。

Fig. 4 は全風速・非台風・台風の β_3 , β_4 の関係を示す。Fig. 4 より β_3 , β_4 に対して影響を及ぼす要因であるが、台風という現象で一つに扱うことで、その特性を確認することができた。特に定常状態であると考えられる非台風時風速と、その特性が大きく異なることが明らかになった。この結果を活かし、それぞれ多項式変換により、最大風速の再現を行った。

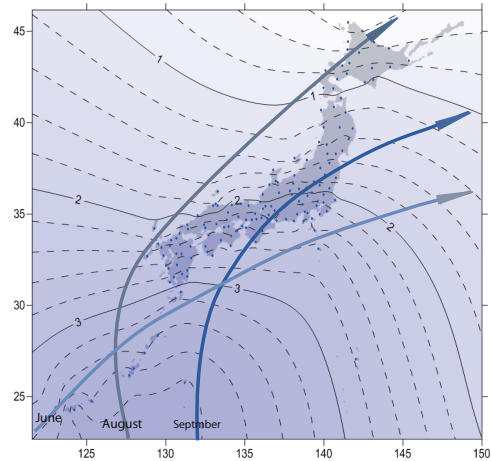


Fig. 1 日本の台風接近数とおもな経路

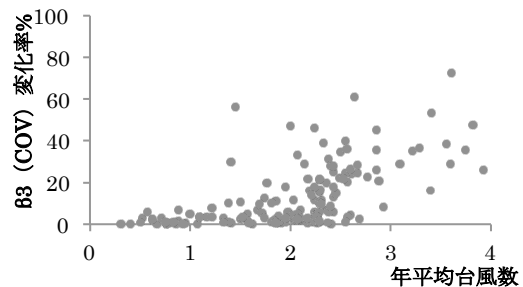


Fig. 2 台風接近数と β_3 (COV) 変化率

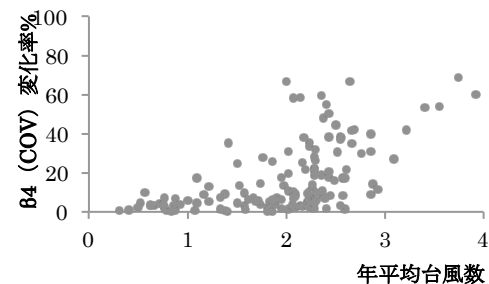


Fig. 3 台風接近個数と β_4 (COV) 変化率

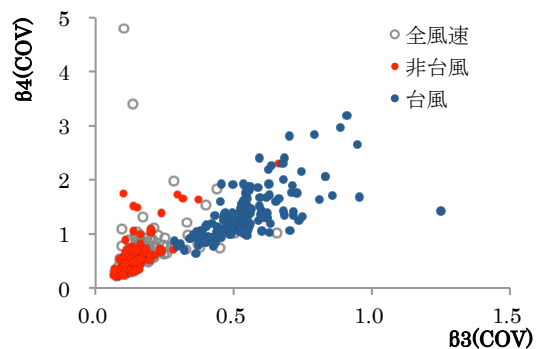


Fig. 4 各風速の β_3 (COV) - β_4 (COV)

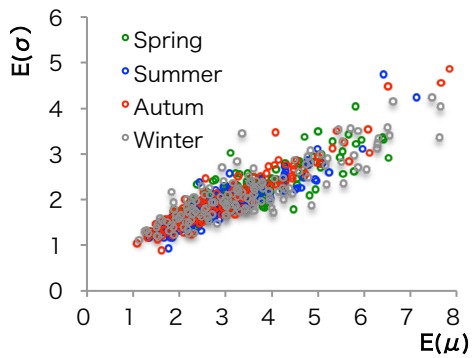


Fig.5 季節別の $E(\mu)$ - $E(\sigma)$

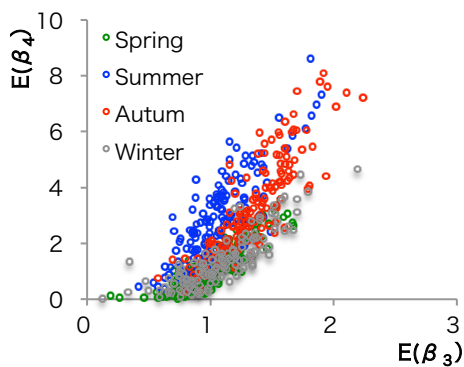


Fig.6 季節別の $E(\beta_3)$ - $E(\beta_4)$

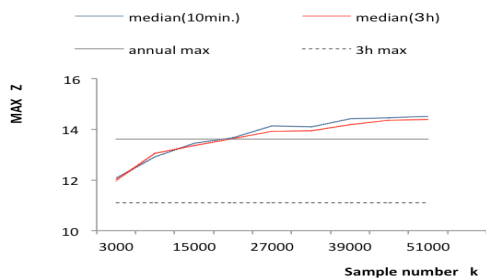


Fig.7 名古屋 2002 年の再現必要数推移

Table.1 各地点の必要サンプル数

	10min.mom $E(X_{Z=z})$	3h mom $E(X_{Z=z})$
Site.581 $E(X_{Z_1})$	15000	10000
Site.636 $E(X_{Z_2})$	15000	15000
Site.662 $E(X_{Z_3})$	25000	5000
Site.772 $E(X_{Z_4})$	30000	30000
Site.827 $E(X_{Z_5})$	25000	20000
$k \doteq E(X_{Z_{1\sim 5}})$	22000	20000

4. 風速の成因別評価 2 (季節毎の評価)

季節別の風速の評価を行った。季節毎の風速の評価による違いは、秋～夏と春、冬に違いが見られた。Fig. 5, 6 にそれぞれ相関性の高かった $E(\mu)$ - $E(\sigma)$ と $E(\beta_3)$ - $E(\beta_4)$ を示す。 $E(\mu)$ - $E(\sigma)$ は、季節間の大きな差異は見られないので、年間を通して大きな差が無いのに対し、 $E(\beta_3)$ - $E(\beta_4)$ では、その関係に違いがでる結果となった。これは、夏～秋は台風が多い季節であることも影響していると考えられる。

5. シミュレーションための検討

多項式変換法は、標準正規分布 X を基に MCS による統計量を以下の関係式 (5.1～5.5) の中に加え非標準正規分布の母集団 Y の推定を行う。基本等計量は母数によっては大きな差異が無い。八戸、東京、名古屋、大阪の五都市 1 分値データから 10 分毎 (52600)、3 時間毎 (2920) の平均風速母集団の基本統計量を固定し、 X のサンプル数を変数 k とし、その最大値 Z に必要な数の設定の検討を行った。結果は、Fig. 7, Table1 のようになった。

地点によって、その統計量が異なるため、全地点で再現個数の関係性の確認も今後検討すべき課題であると考えられる。本研究では、この平均結果を用いて 6 章でシミュレーションを行う。

$$Y = a + bX + cX^2 + dX^3 \quad (5.1)$$

$$E(Y) = a + c = 0 \quad (5.2)$$

$$\text{Var}(Y) = b^2 + 6bd + 2c^2 + 15d^2 = 1 \quad (5.3)$$

$$\beta_3(Y) = 2c(b^2 + 24bd + 105d^2 + 2) \quad (5.4)$$

$$\beta_4(Y) = 24\{bd + c^2(1 + b^2 + 28bd) + d^2(12 + 48bd + 141c^2 + 225d^2)\} \quad (5.5)$$

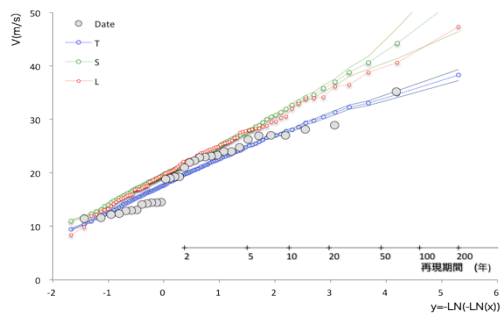


Fig. 8 久米島(沖縄)シミュレーション結果

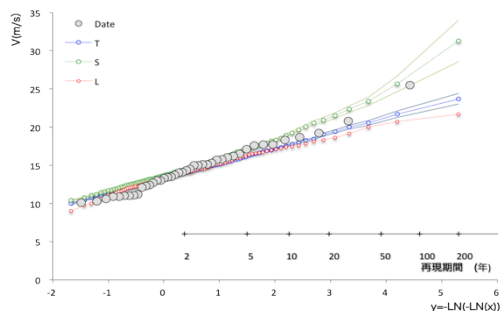


Fig. 9 呉(広島)シミュレーション結果

6. 多項式変換法シミュレーション結果

3章～5章の結果を踏まえ、台風・非台風別(T)季節別(S)従来の多項式変換法(L)によるシミュレーションを行った。Loら(2011)⁷⁾で検討が必要とされていた地点の一つ、久米島は、台風が風速データの統計量に影響を及ぼしていたことが明らかになったとともに、シミュレーション結果に改善が見られた(Fig. 8)。局所風の存在する地域をはじめ、季節として風速データを扱う有効性も確認できた(Fig. 9)。

全155地点においてシミュレーション結果誤差10%の設定では、成因別評価によって86地点(T=45, S=39, TorS=2)が、従来の方法と比べ改善される結果となった(Fig. 10)。

台風と季節以外の検討が必要な地点や、観測データの環境影響による補正等が必要と思われる一部の地点も残ったが、データを統計で扱う場合、データの要因を考慮し

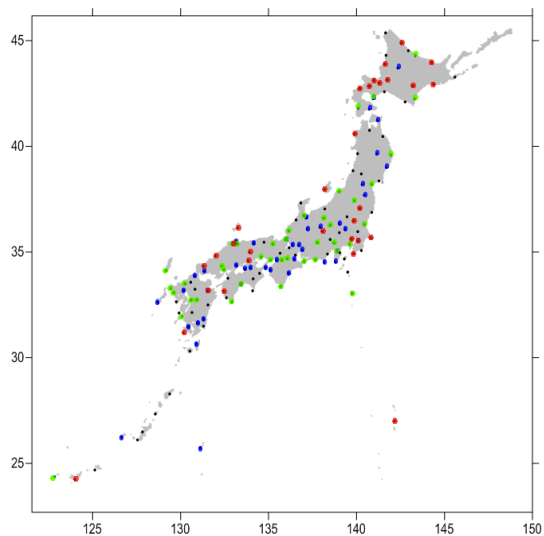


Fig. 10 155地点での最適手法

T:青, S:緑, L:赤

て扱うことの重要性が確認できる結果となった。

7. 結

台風および季節毎に風速データを扱うことで、風速データの統計量 β_3 , β_4 への影響が明らかになり、多項式変換法によって風速のシミュレーション結果に改善が見られた。成因別に風速データを扱うことの有効性が確認された。

参考文献

- 1) 神田 他:建築物の耐風設計, 鹿島出版会
- 2) Gumbel (1958) Statistic of extremes
- 3) Gomes and Vickery (1978) Extream wind speeds in mixed wind climate, Journal of Industrial Aerodynamics and Wind engineering, 2, pp331-334
- 4) 宮田, 吉津(1980) 風速の成因別再現期待値に関する評価, 第6回風工学シンポジウム
- 5) Choi, H. and Kanda, J. (2003) Translation method: a historical review and its application to simulation of non-Gaussian stationary process, Wind and Structures, 6(5), p357-386
- 6) 大西, 神田 (2009) Effect of higher moments on distributions of annual maximum wind speeds, IFED 2009
- 7) Yuan-Lung Lo, Kanda, J and Wada, T. (2011) Application range of polynomial translation method and its modification of estimation of annual maximum wind speeds, ICWE13 proceedings.
- 8) <http://www.digital-typhoon.org/>