

関東甲信越地方のいくつかの都市における日最大風速の Box-Cox 変換特性

法政大学 正会員 北川徹哉

1. はじめに 強風リスク評価に資することを目的として、これまで著者は日最大風速の模擬データ作成に関する研究を行ってきた¹⁾。この手法の一部に Box-Cox 変換²⁾を用いており、そこではパラメータ λ_y (y : 年)の値を求める必要がある。 $y=2014$ 年の淡路島・洲本での日最大風速を対象とした検討では $\lambda_{2014} = -0.74$ であった。しかしながら、 λ_y の値に何らかの一般性があるか、あるいは年や地形と関連があるかが未解明であった上、テンプレート的に利用可能なデータ集合として整備することが望まれた。そこで本論では関東甲信越地方のいくつかの都市を対象に、日最大風速の λ_y の値を調べ、その経年変化や地域特性について検討する。

2. Box-Cox 変換 y 年の元旦からの日数を t とし、日最大風速を $U_y(t)$ (> 0) とすると、その Box-Cox 変換 $\hat{U}_y(t)$ は式(1)のように表される。パラメータ λ の最適値 λ_y は最尤法により求められ、式(1)の対数尤度関数(式(2))が最大となるとき λ の値が λ_y であり、 $\lambda=\lambda_y$ のときの式(1)が求めるべき $\hat{U}_y(t)$ である。ここで、式(2)の n は年間日数(=365日)、 $i=1\sim n$ であり、 $\hat{\sigma}_y^2$ は λ における $\hat{U}_y(t)$ の分散である。

また、本研究は気象庁³⁾が公開している、表1に示す15地点で観測された日最大風速を検討対象とし、対象期間は $y=1961\sim 2017$ 年の57年間である。ただし、千葉については、 $y=1961\sim 1966$ 年の日最大風速のデータが無く、この期間については検討対象から除外した。

表1 本研究が対象とした日最大風速の観測地点

地点	気象台、測候所
日光	日光特別地域気象観測所
宇都宮	宇都宮地方気象台
前橋	前橋地方気象台
水戸	水戸地方気象台
熊谷	熊谷地方気象台
秩父	秩父特別地域気象観測所
東京	東京管区気象台
千葉	千葉特別地域気象観測所
銚子	銚子地方気象台
横浜	横浜地方気象台
甲府	甲府地方気象台
長野	長野地方気象台
松本	松本特別地域気象観測所
飯田	飯田特別地域気象観測所
新潟	新潟地方気象台

$$\hat{U}_y(t) = \begin{cases} \frac{U_y(t)^\lambda - 1}{\lambda} & (\lambda \neq 0) \\ \ln U_y(t) & (\lambda = 0) \end{cases} \quad (1)$$

$$\ln L_y(\lambda) = -\frac{n}{2} \ln \hat{\sigma}_y^2 + (\lambda - 1) \sum_i \ln U_y(i) \quad (2)$$

3. 分析結果 例として $y=1975$ 年における東京(表1)の年最大風速 $U_{1975}(t)$ とその Box-Cox 変換 $\hat{U}_{1975}(t)$ をそれぞれ図1(a), (b)に示す。ここで、 $\lambda_{1975} = -0.5$ であった。図1(a)には値が大きい方向にスパイク状の変動が見られ、非対称な波形になっているが、図1(b)では対称で均質な変動となっている。次に、東京における各 y ごとの λ_y を図2に示す。 λ_y は y によってさほど変化せず、おおむね -0.4 を中心に小刻みに変動している。東京の $U_y(t)$ と $\hat{U}_y(t)$ の統計的な特性を比較するために、両者の歪度と尖度とをそれぞれ図3(a), (b)に示す。Box-Cox 変換前($U_y(t)$)は歪度、尖度ともに大きな値であり、非正規過程となっている。これに対して、Box-Cox

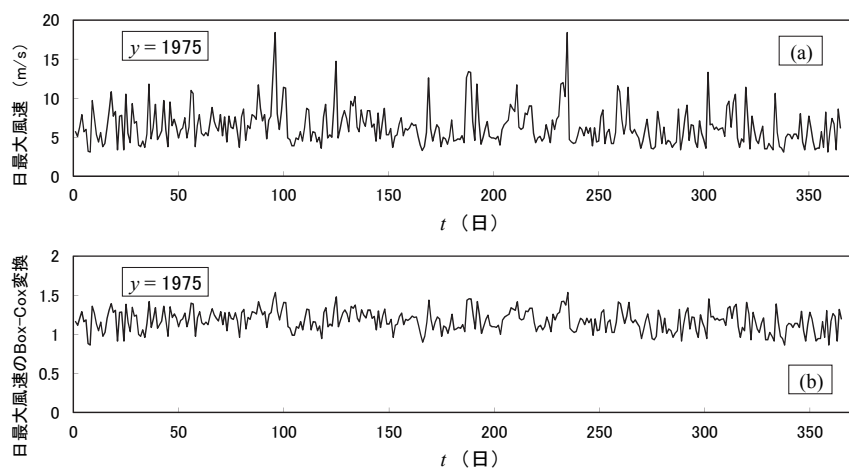
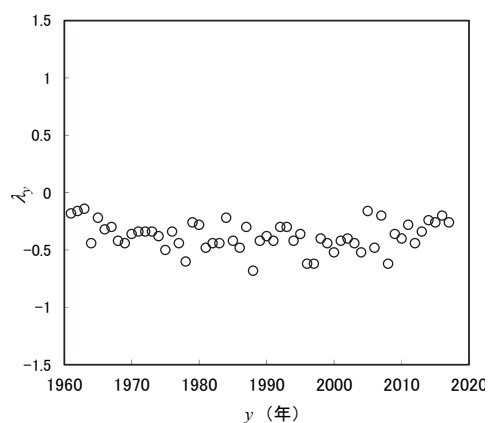


図1 東京における1975年の日最大風速 (a) とその Box-Cox 変換 (b)

図2 東京における λ_y

正規過程・非正規過程, 地形, 天候リスク, 日最大風速, Box-Cox 変換

〒102-8160 東京都千代田区富士見 2-17-1 電話: 03-3264-4921 FAX: 03-3264-9663

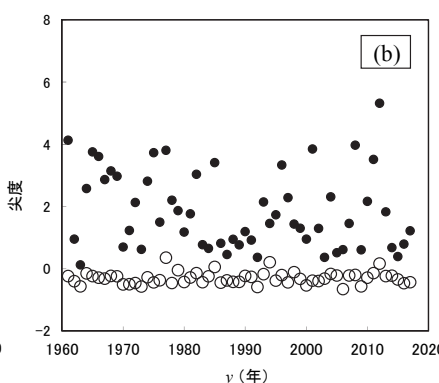
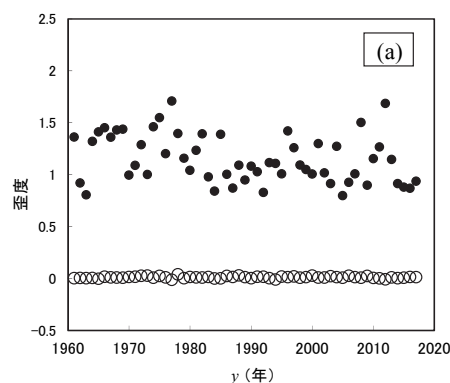


図3 Box-Cox 変換の前後での歪度 (a) と尖度 (b) の比較

(●: 東京の $U_y(t)$, ○: 東京の $\hat{U}_y(t)$)

変換後 ($\hat{U}_y(t)$) は尖度にばらつきがやや残るものの、両者ともゼロ付近の値となっており、Box-Cox 変換によって概ね正規過程に変換されている。一方、図4は長野(表1)の場合の λ_y である。東京での λ_y の符号は負であった(図2)が、長野の λ_y の符号は正となっている。また、長野の λ_y はおよそ0.7を中心に変動しており、その変動幅は東京の場合より大きい。

各地点の λ_y の変動を比較するために、 y に関する λ_y の平均値ならびに標準偏差をそれぞれ図5(a), (b)にまとめる。まず、図5(a)の平均値を見ると、先に述べた東京を含めて平野部に位置する地点の λ_y の平均値は負の値となっている。日本海に面している新潟についても同様である。これに対して、やはり先に述べた長野を含めて、周囲を山岳地形が占めている都市の場合、 λ_y の平均値は正の値となっている。特に飯田における λ_y の平均値は約0.84であり、検討した地点の中で最も1に近い。 $\lambda_y = 1$ のとき、式(1)より、Box-Cox 変換は単に元のデータから1を差し引くだけであるから、 λ_y の値が1に近い場合、日最大風速 $U_y(t)$ そのものがほぼ正規過程となっていることを意味する。長野の λ_y の平均値は飯田ほど大きくはないが、図4の $y=1968, 1974, 1990, 1994$ 年などにおいて λ_y の値がほぼ1であり、これらのような年には $U_y(t)$ はほぼ正規過程となっている。一方、図5(b)の λ_y の標準偏差においては、東京が最も標準偏差が小さく、長野が最も大きい。しかしながら、全体的には、平均値(図5(a))に見られたような地形との明確な関連性はない。

ところで、式(2)による最尤法を用いて λ_y を求めるよりも簡便に、かつ本研究で取り上げていない地点の λ_y についても経験的に推算できることが望ましい。図6は本研究で取り上げた全地点・全年の λ_y を日最大風速 $U_y(t)$ の歪度に対してプロットしたものである。あわせて、各地点ごとの両者の平均もプロットしている。 λ_y と $U_y(t)$ の歪度とには直線的な関係が観察されることから、 $U_y(t)$ の歪度がわかれば λ_y を推定できる可能性がある。

参考文献 1) 北川徹哉：平均回帰 Ornstein-Uhlenbeck 過程による

日最大風速の模擬データの作成, 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学), Vol.73, No.3, pp. 579-592, 2017. 2) Box, G. E. P. and Cox, D. R.: An analysis of transformations, *Journal of Royal Statistical Society, Series B*, Vol.26, pp. 211-252, 1964. 3) 気象庁ホームページ: <http://www.jma.go.jp/jma/index.html>, 2018.

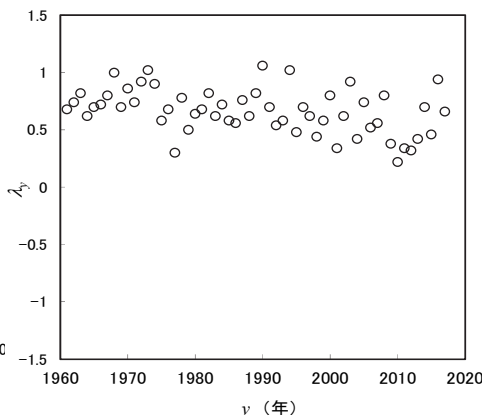


図4 長野における λ_y

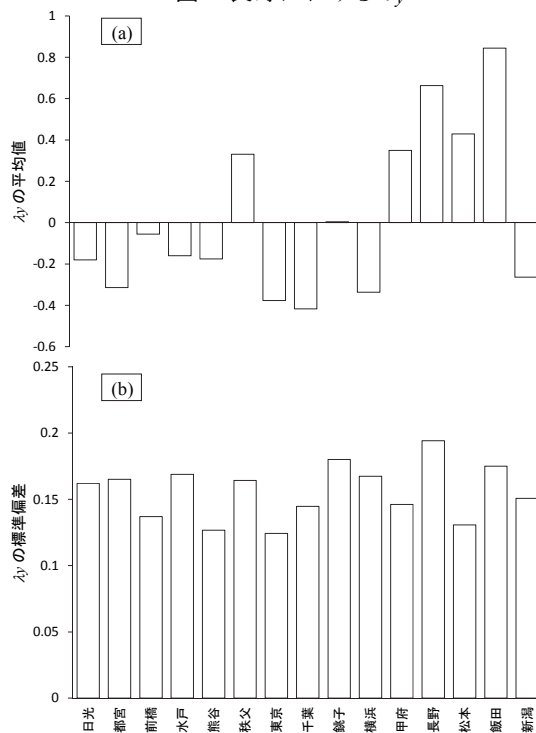


図5 各地点における λ_y の y に関する平均値 (a) と標準偏差 (b)

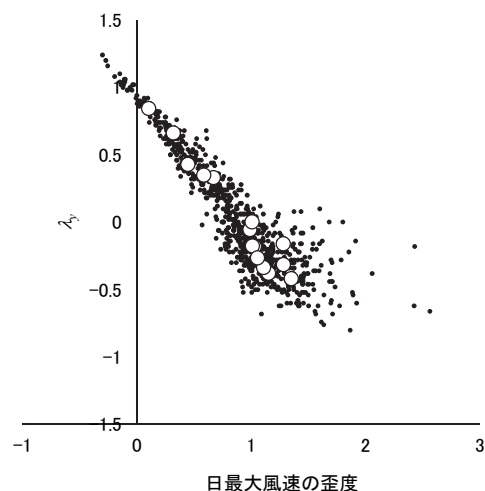


図6 λ_y と日最大風速 $U_y(t)$ の歪度との関係 (●: 全地点・全年のデータ, ○: 各地点の y に関する平均)