

### 淡路島洲本における日最大風速データの正規分布への変換

法政大学 正会員 北川徹哉

**1. はじめに** 日最大風速や年最大風速などは極値であり、それらの確率密度は正規分布には整合しない。このような非正規分布型のデータを正規分布へ変換できれば、正規分布を前提に構築された確率過程モデルへ応用が可能となり、さらには天候デリバティブなどのリスクヘッジ手法の設計に組み込みやすくなる。本研究においては、淡路花博の天候デリバティブ<sup>1)</sup>で参照された淡路島・洲本市での日最大風速について、その特性を調べるとともに正規分布への変換を試みる。

**2. 洲本における日最大風速の特徴** 洲本特別地域気象観測所(図1)にて記録された日最大風速<sup>2)</sup>を $U_y(t)$ とする。ここで $y$ は年(1926~2014年)、 $t$ は1月1日から数えた日数(1~365日)である。例として、2014年の日最大風速である $U_{2014}(t)$ を図2に示す。 $t=70\sim 150$ 日の春季にやや高い風速が継続しており、 $t=180\sim 300$ 日の夏季から秋季にかけて高風速側へのスパイクが間欠的にみられる。これに対して、低風速側へのスパイクは発生することがなく、非対称な時系列となっている。図2のヒストグラムを図3に示す。10~14m/sの高風速にみまわれた日が低頻度ながらもある一方、3m/s未満の低い風速の日はなく、また3.5m/sから5m/s付近にかけての風速域の頻度が突出した分布となっている。公開されている過去の観測記録について、 $U_y(t)$ の年毎の歪度と尖度(3を差し引いた値)をまとめたものが、それぞれ図4、5である。図4の歪度が正の値であることから、全ての年について確率密度が平均に関して対象ではなく、高風速側に広がった分布形状であることを示している。図5の尖度については、ほとんどの年で正の値になっており、確率密度は正規分布よりも細長く、裾の部分が広いことを表す。さらに、

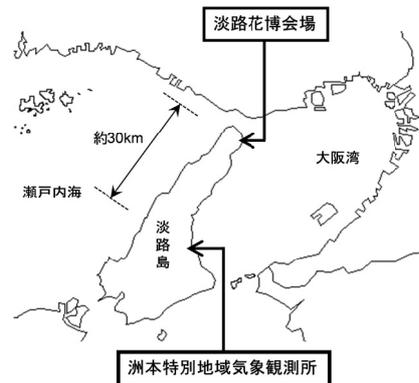


図1 洲本特別地域気象観測所の位置

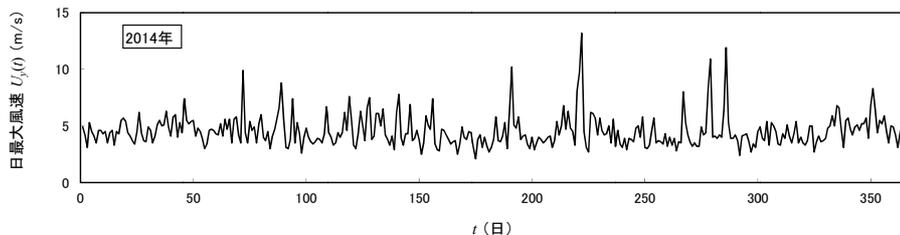


図2 2014年の日最大風速の時系列

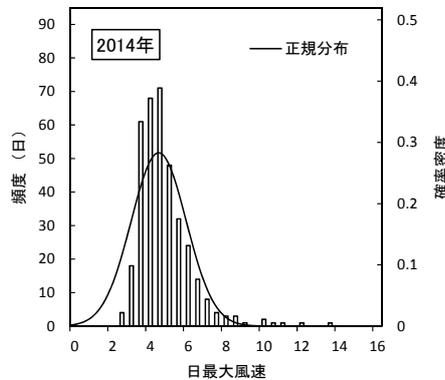


図3 図2のヒストグラム

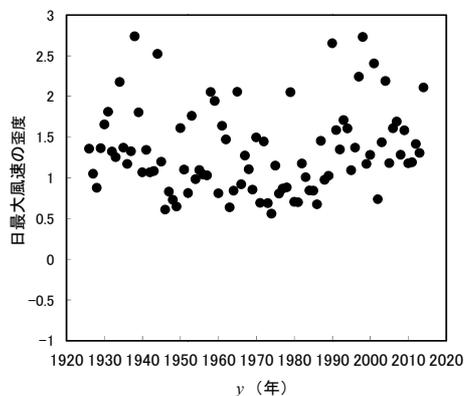


図4 日最大風速の歪度

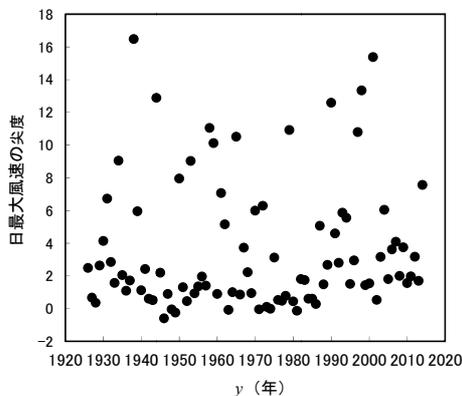


図5 日最大風速の尖度

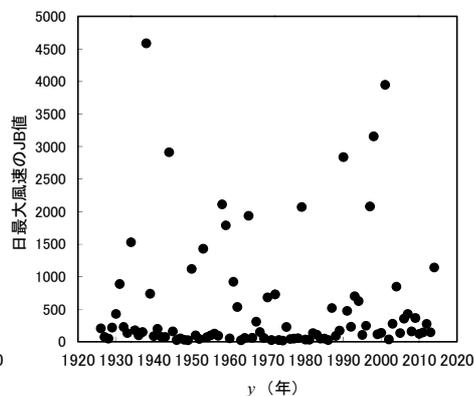


図6 日最大風速のJB値

Box-Cox 変換, 淡路島, 最尤法, 正規分布, 日最大風速

〒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 6 の JB 値 (ジャック・ベラ統計値) の分布は歪度および尖度の分布とおよそ相似であり, 歪度が大きい年の日最大風速は尖度も大きく, 正規分布からの乖離が著しい。

**3. 日最大風速の正規分布化** 本研究においては, Box-Cox 変換<sup>3)</sup>を用いて各年の日最大風速を正規分布へ近づける。  $U_y(t)$  の 1 パラメータ Box-Cox 変換は

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

である。パラメータ  $\lambda$  は最尤法により, 式(1)による  $f_\lambda(U_y(t))$  の確率密度が正規分布に近づくように決定する。本研究においては  $\lambda$  を 0.02 ステップで変化させつつ, 式(1)に関する対数尤度関数

$$\ln L_y(\lambda) = -\frac{n}{2} \ln \hat{\sigma}_y^2 + (\lambda - 1) \sum_i \ln U_y(i) \quad (n=365, i=1 \sim n, \hat{\sigma}_y^2 : f_\lambda(U_y(t)) \text{の分散}) \quad (2)$$

が最大となるときの  $\lambda$  を数値的に探索した。たとえば, 2014 年における式(2)の値は  $\lambda$  に応じて図 7 のように変化し, それが最大となるときの  $\lambda$  は  $-0.74$  であった。以上の最尤法により得られた各年の  $\lambda$  の値を図 8 に示す。これらの  $\lambda$  の下での  $f_\lambda(U_y(t))$  の歪度が図 9 である。図 9 を変換前(図 4)と比較すると, すべての年にわたり, Box-Cox 変換によって歪度は大きく低下するとともに一様にほぼゼロとなっている。図 10 の尖度についても変換前(図 5)に比べてばらつきが無くなり, すべての年においてゼロ付近の値となっている。以上の結果は, 適切に算定された  $\lambda$  の下で,  $f_\lambda(U_y(t))$  の確率密度がおよそ正規分布となることを示している。また, 例として  $f_\lambda(U_{2014}(t))$  の時系列を図 11 に示す。変換前(図 2)と比べてスパイクの幅が相対的に小さく, 全般的に均質な変動となっている。また, 図 12 のヒストグラムを見ると, 変換前(図 3)よりも平均値に関して対称で, 正規分布に近い形状になっている。

**参考文献** 1) 北川徹哉: 淡路花博 2000 に導入された天候デリバティブについての一考察, 第 23 回風工学シンポジウム論文集, pp. 19-24, 2014. 2) 気象庁: <http://www.jma.go.jp/jma/index.html>, 2015. 3) G. E. P. Box and D. R. Cox: An analysis of transformations, *Journal of Royal Statistical Society, Series B*, Vol. 26, No. 2, pp. 211-252, 1964.

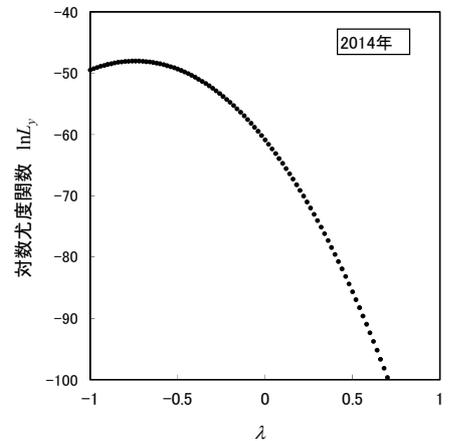


図 7 2014 年の対数尤度関数

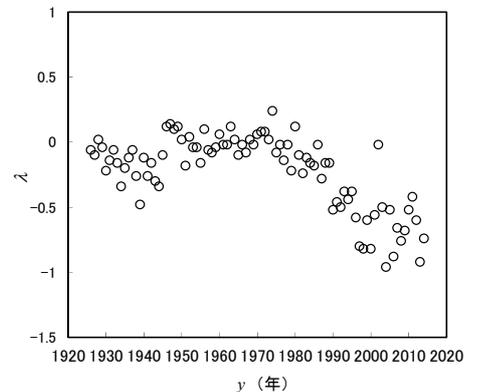


図 8 各年における lambda の値

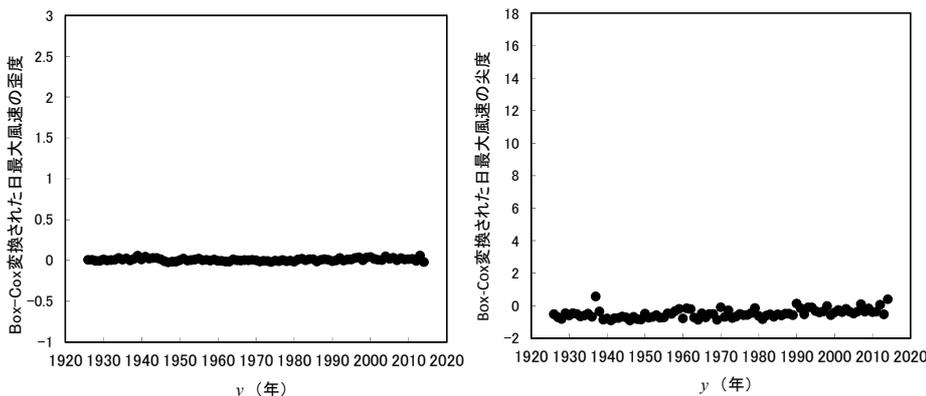


図 9 Box-Cox 変換後の日最大風速の歪度 図 10 Box-Cox 変換後の日最大風速の尖度

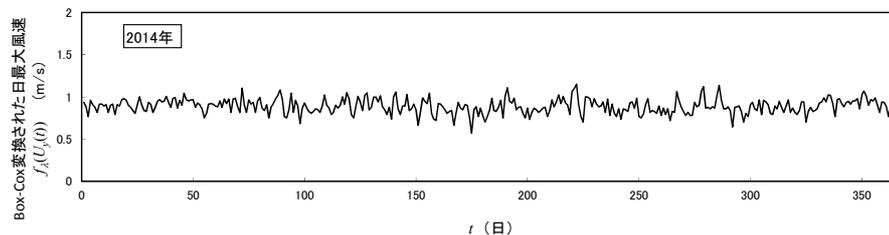


図 11 図 2 に Box-Cox 変換 ( $\lambda = -0.74$ ) を適用した結果

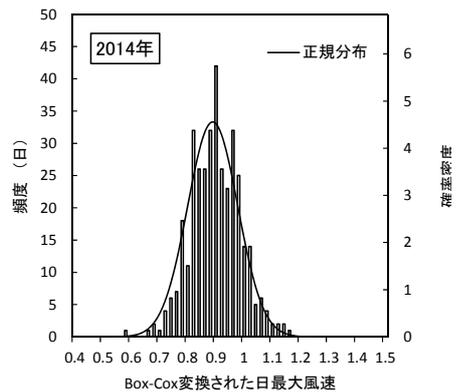


図 12 図 11 のヒストグラム