

架渉線機材の疲労損傷評価に関する風速分布の推定

－ワイブル分布関数の適用－

那須電機鉄工(株) ○高橋徹 那須電機鉄工(株) 徳山榮基
日大生産工 神田亮 日大生産工(院) 平柳光次郎 那須電機鉄工(株) 古梶崇之

1 はじめに

既往の研究では、実際に模擬電線路を布設したフィールド実験評価によって、架渉線の支持機材には風外乱による架渉線の揺動により線路方向に不平衡張力が繰り返し作用すること、また風速5m/s以上でその傾向が顕著に現れることを明らかにしている。また、この不平衡張力は周期性が強いことから、この荷重を特定することで架渉線機材の疲労設計に資するものとなることが示されている。¹⁾さらに、実測データをもとに、不平衡張力と風速の関係性を明らかにし、その関係から任意の地点の不平衡張力の頻度分布について推定する手法を示している。^{2), 3)}この推定手法では、任意の地点の風速頻度分布を予測する必要があり、この予測が簡便かつ精度良く行えることが当該手法の適用における焦点となる。

一方、架渉線の架線高さは、殆どが地上高20m以下となり、架渉線機材は全国に網目のように布設される。よって、当該機材の疲労損傷評価を行うことを考慮した場合、地上高20m以下の風況を広域で予測できるマップ等が必要となる。しかし、その高さでの風況は土地利用状況に大きく影響を受けるため、予測が困難となり、地上高20m以下の風速分布が評価できるようなマップは存在しない。

そこで本論文では、簡便かつ広域で任意の地点の風況、特に不平衡張力が発生する高風速領域(5m/s以上)の風速頻度を推定できることを目的として、一般の架渉線高さに近い位置での観測が多い気象観測所のデータに基づいた風況マップを作成し、当該マップによる風況推定法を提案するものである。なお、本論文では、マップ作成にあたり、気象観測所データをワイブル係数として扱う手法について述べる。

2 風況マップ作成方法

2-1 ワイブル分布による風速の確率密度分布の特定

各気象観測所の実測データで示されるような風速の確率密度分布は、一般的に式(1)に示されるワイブル分布関数を用いて近似される。

$$f_v = \frac{k}{c} \cdot \left(\frac{v}{c}\right)^{k-1} \cdot \exp\left[-\left(\frac{v}{c}\right)^k\right] \quad (1)$$

ここで、 v :風速(m/s)、 k :形状係数、 c :尺度係数である。

式(1)中の形状係数 k は分布の形状を示すパラメータであり、粗度や風の乱れなど地形的な影響を受けることが知られている。一方、尺度係数 c は風速の累積出現率が63.2%の時の風速に相当するものであり、平均風速に依存した係数となる。これらの係数を決定することで、地点の風速を確率密度分布として、表すことができる。

2-2 風況マップ作成フロー

本風況マップ作成のフローを以下の図1に示し、各項目について述べる。

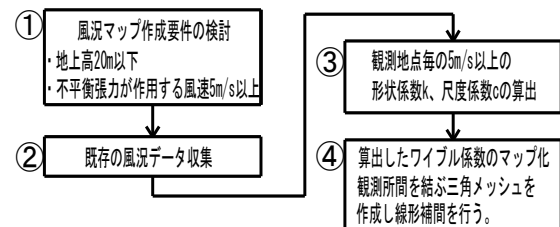


図1 風況マップ作成フロー

① 風況マップ作成要件の検討

架渉線機材の疲労に影響する風速を5m/s以上の高風速領域であると定め、また、架渉線機材の設置高さを考慮し、風況予測の対象地上高を20m以下とした。

Estimation of Wind Speed Distribution Regarding Evaluating Fatigue Damage to Apparatuses of Strung Wire

－ Application of the Weibull Distribution －

Toru TAKAHASHI, Hideki TOKUYAMA, Makoto KANDA,
Kojiro HIRAYANAGI and Takayuki KOKAJI

②既存風況データ収集

収集した気象観測所などの既存の風況データで風速計高さが20m以下では、実測値を用いている。一方、風速計高さが20m以上では、地点の粗度長⁴⁾から粗度区分を想定し、建築物荷重指針⁵⁾で示されている方法で20m相当に高さ補正を行った。

③風速5m/s以上の形状係数と尺度係数の算出

形状係数 k 及び尺度係数 c を求めるには、一般的にワイブル確率紙を用いた線形最小自乗法がある。ワイブル確率紙を用いて形状係数 k 及び尺度係数 c を算出する際には、通常は、全風速階級における累積頻度に対して線形最小自乗法によってフィッティングが行われる。この場合、風速分布の全体を対象としてフィッティングを行うため、本研究が着目する風速5m/s以上の高風速領域では、実測分布とのズレが大きくなる事がある。そこで、本研究では、風速5m/s以上の高風速領域の風速階級を対象に線形最小自乗法による実測値との近似を行った。図2～図4に算出した例を示す。

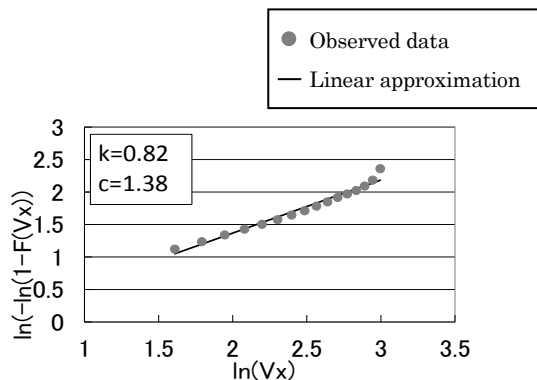


図2 那須観測所

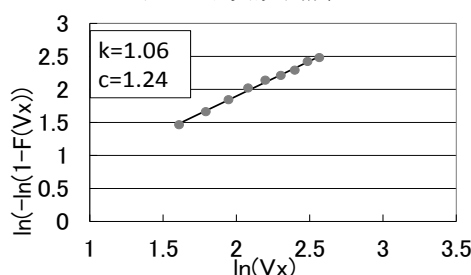


図3 塩谷観測所

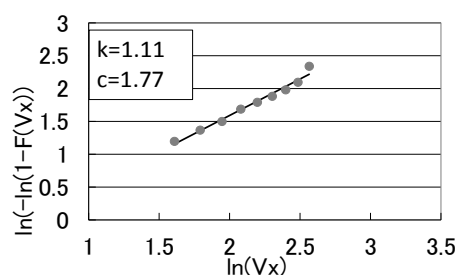


図4 宇都宮観測所

図2～図4で示されるように、風速5m/s以上でフィッティングを行う事で、高風速領域で精度良く実測データを近似できる。

④算出したワイブル係数のマップ化

観測地点間を結ぶ3角メッシュを作成し、線形補間を行う事で、形状係数 k と尺度係数 c のマップを作成する。

3 結果及び妥当性評価

3-1 栃木県の風況マップ

前述した方法で風況マップの作成を行った。本研究の目的となる広域な風況マップを作成する前に、栃木県のみにおける風況マップを作成し、本推定手法のおよその精度を把握すべく、妥当性評価を実施した。本妥当性評価は、黒磯観測所(アメダス)を抜いた状態でマップを作成し、マップを用いて、その黒磯観測所の形状係数 k と尺度係数 c を推定し、実測値と推定値の比較を行ったものである。図5に形状係数 k のマップ、図6に尺度係数 c のマップを示す。

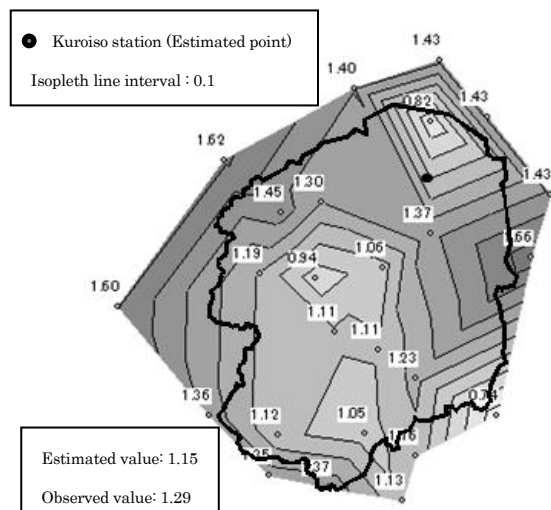


図5 栃木県における形状係数 k のマップ

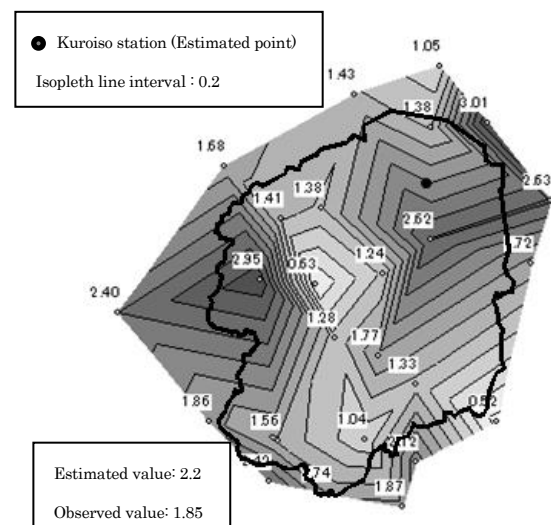


図6 栃木県における尺度係数 c のマップ

図5、6から、黒磯観測所の実測では、形状係数 $k=1.29$ 、尺度係数 $c=1.85$ に対し、予測値では形状係数 $k_e=1.15$ 、尺度係数 $c_e=2.2$ となり、相対誤差 $E_k=0.11$ 、 $E_c=0.19$ の精度をもって予測できることを確認した。

3-2 広域風況マップ

本風況推定法を用いて関東圏を対象地域とした広域風況マップを作成した。図7に形状係数 k の広域マップを示し、図8に尺度係数 c の広域マップを示す。なお、当該マップ作成にあたり気象官署15ヶ所、アメダス186ヶ所の計201ヶ所のデータを用いた。

図7、8から、形状係数 k と尺度係数 c の広域マップは、およそ同じような場所で等値線の間隔が密となる場所と疎となる場所とで区分で

きる。これは、なんらかの地形的要素がマップに影響していることが要因と考えられる。

今後は以下に示す地形要素をパラメータとして、対象エリアを選定し、当該マップによる風況予測の妥当性評価を行う予定である。

- ①標高(0~1000m程度)が異なる地点。
- ②建築物荷重指針で区分分けされている海岸、田園、森林、中・高層市街地。
- ③台地、盆地、谷部などの近隣の風況とは異なることが予想される特異な場所。

4 まとめ

架渉線機材の疲労に影響する風速を 5m/s 以上の高風速領域であると定め、気象観測データの高風速領域だけを考慮した形状係数 k 及び尺度係数 c を算出した。この形状係数 k と尺度係数

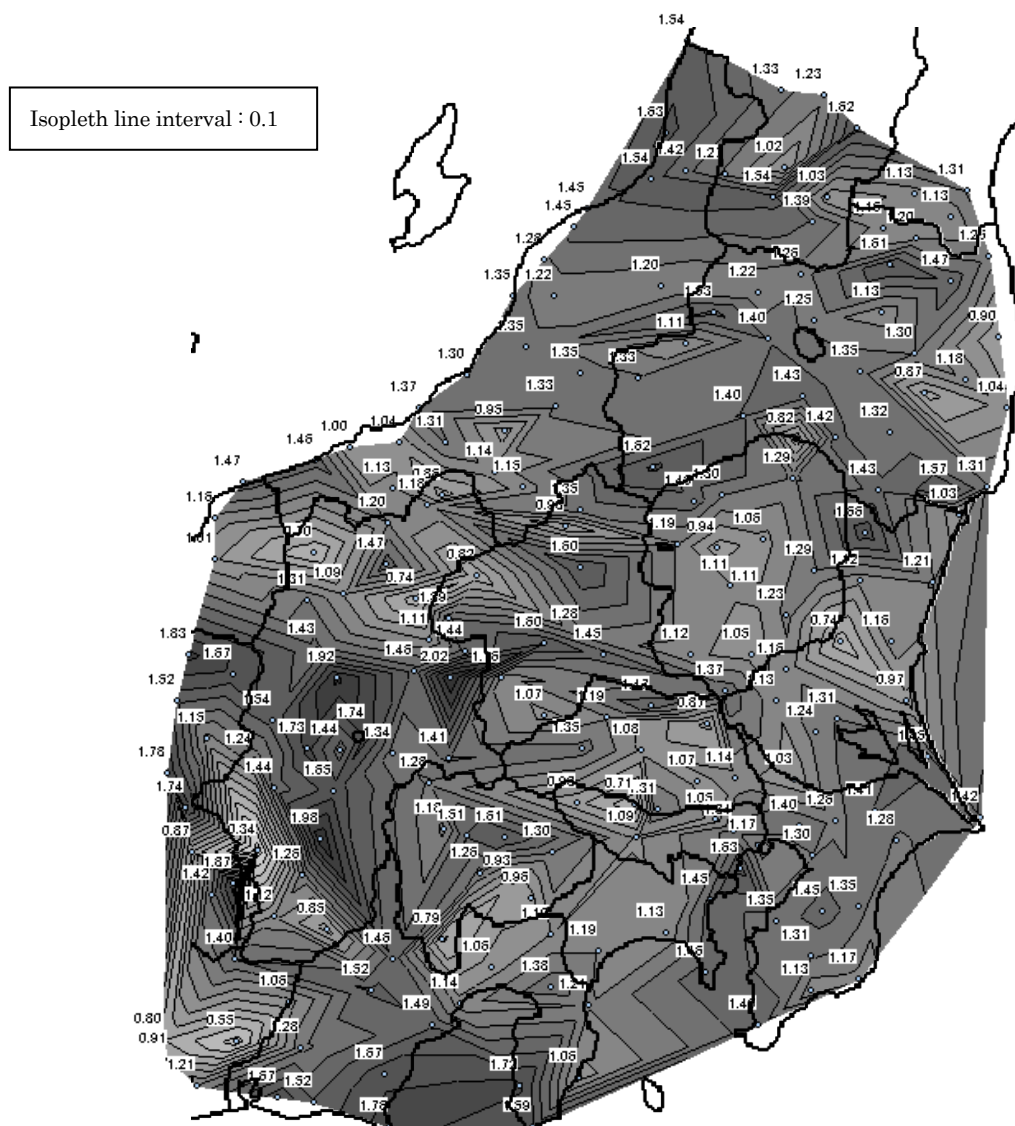


図7 形状係数 k の広域マップ

cを地点間で線形補間することで地上高20m以下を対象とした風況マップを作成した。栃木県における風況マップを用いた妥当性評価から相対誤差 $E_k=0.11$ 、 $E_c=0.19$ の精度をもって風況予測できることを確認した。また本研究では、対象地域を関東圏とした広域風況マップ作成を試行した。本マップには等値線の疎密が明確に区分されるエリアが散見され、マップになんらかの地形的要素が影響している可能性が示された。今後は、本研究で提案した風況予測マップについて、地形的要素との因果関係、又、マッピング手法の検討を行うことで、当該マップによる風況推定法の適用性について評価する予定である。

「参考文献」

- 1) 古梶、高橋、徳山、神田、平柳、高岡、馬淵、自然風中における配電線機材の疲労

損傷に関する研究-その1フィールド実験の概要、日本建築学会大会学術講演梗概集、(2012) pp.173-174

2) 平柳、神田、古梶、高橋、徳山、高岡、馬淵、自然風中における配電線機材の疲労損傷に関する研究-その2風況分析と変動風荷重、日本建築学会大会学術講演梗概集、(2012) pp.175-176

3) 高橋、神田、古梶、平柳、徳山、高岡、馬淵、自然風中における配電線機材の疲労損傷に関する研究-その3変動風荷重の推定、日本建築学会大会学術講演梗概集、(2012) pp.177-178

4) 桑形、近藤、東北南部から中部地方までのアメダス地点における地表面粗度の推定、天気、37巻、3号、(1990) pp.197-201

5) 建築物荷重指針・同解説(2004)、日本建築学会、(2004) pp.22-26

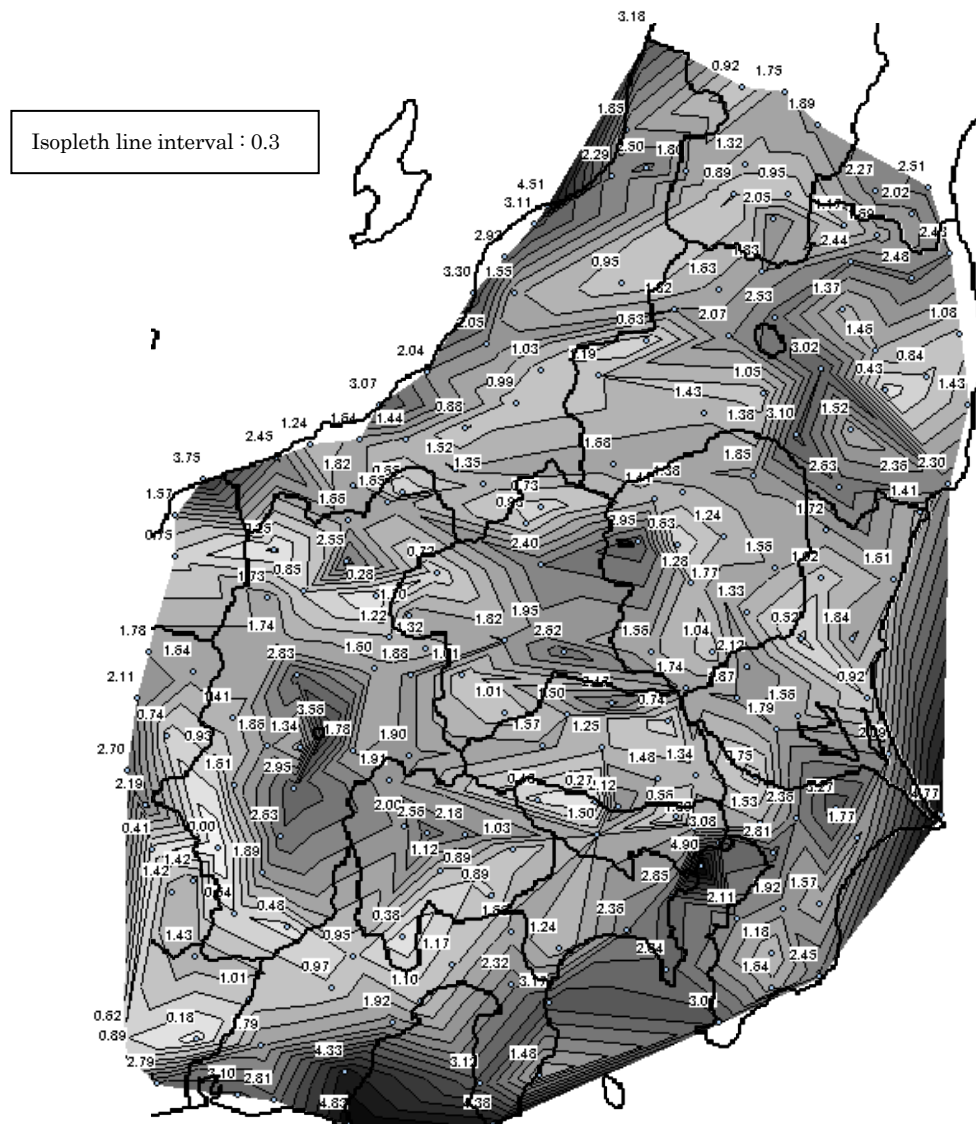


図8 尺度係数cの広域マップ