

運転規制用風速計の配置検討に用いる周辺地形の影響評価

(財)鉄道総合技術研究所 正○富永哲男 今井俊昭
正 藤井俊茂 島村泰介

1. はじめに

強風時における列車運行の安全を確保するため、経験的に風が強いと判断された区間では、運転規制が実施される。各区間における運転規制の発令や解除は、通常、区間内に設置された一つの風速計の観測値によって判断される。そのため、風速計設置地点と規制区間の任意の地点との間には、ある程度の高い風速相関が求められる。しかし、二地点間の風速相関は距離が離れるほど低下する傾向があり、距離が近い場合でも様々な要因の影響を受けて低下すると予想される。そこで、本研究では、適正な風速計配置の問題に関して、特に観測地点周辺の起伏に着目し、起伏による風速相関の低下と距離による風速相関の低下の関係を調べた。

2. 風速相関の指標

風速の空間相関については、ある特定の地点で得られた観測データを基に風速変動の相関を数百 m までの範囲で計算した例¹⁾²⁾がある。しかし、本論では運転規制に用いる風速計配置の検討を念頭においているため、5～20km 程度の間隔で全国に配置されている地域気象観測システム（以下、アメダス）の風速データから風速相関を求めることとし、気象庁の「アメダス 10 分値データ」に収録されている連続した 10 分間平均風速を基礎資料とした。まず、対象期間を 1994 年 4 月～1997 年 12 月の約 4 年間とし、全国のアメダス観測地点から、この期間中の欠測率が 5%以下である地点を抽出した。さらに、水平距離が 30km 以内となる観測地点の組合せ(790 地点、1,550 組)を選び出し、同時刻の平均風速どうしを比較して得られる相関係数 R を風速相関の指標とした。

3. 距離および起伏の定義

風速相関に影響を与える因子として、水平距離 L (km)、標高差 H (m)、起伏度 D (m)を定義した。 L はアメダス観測地点間の水平距離を表す。 H は観測地点間の標高差であり、水平距離が同じ場合でも両地点の標高に大きな差があれば風速相関は低下することが予想されるため検討対象とした。また、 D は観測地点周辺の起伏の大きさを国土地理院の「数値地図 50m メッシュ (標高)」に収録された約 50m 四方のメッシュ標高値を用いることで数量化したものである。メッシュを座標 (x,y) で表し、 (x,y) における標高を $h_{x,y}$ で表すとき、次式(1)、(2)より求まる D を観測地点が位置するメッシュ (a,b) における起伏度とした。図1はこの起伏度 D の概念を示したものである。

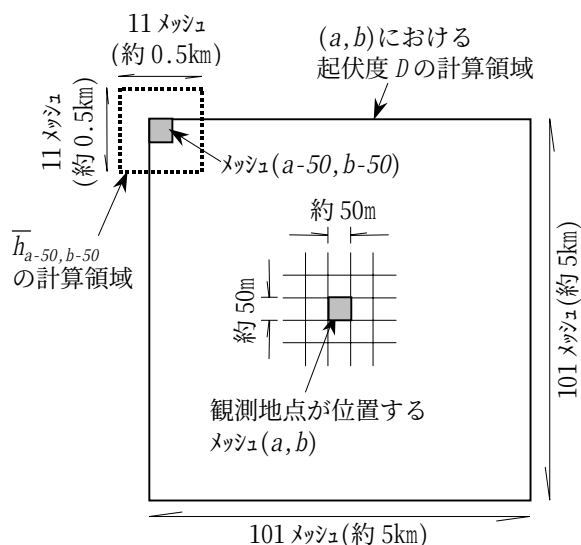


図1 起伏度 D の概念図

$$\bar{h}_{x,y} = \frac{\sum_{i=-5}^5 \sum_{j=-5}^5 h_{x+i,y+j}}{11^2} \quad (1)$$

$$D = \sqrt{\frac{\sum_{i=-50}^{50} \sum_{j=-50}^{50} (h_{a+i,b+j} - \bar{h}_{a+i,b+j})^2}{101^2}} \quad (2)$$

式(1)の $\bar{h}_{x,y}$ は、 (x,y) を中心とした 11×11 メッシュ (約 0.5km 四方) の平均標高であり、起伏度 D は (a,b) を中心とした 101×101 メッシュ (約 5km 四方) の起伏の大きさを表している。今回対象としたアメダス 790 地点について起伏度 D を計算すると、 D が 15m 未満の観測地点が半数以上を占め、最小値は 0.2m、最大値は

キーワード：風速、相関、運転規制

連絡先：〒185-8540 国分寺市光町 2-8-38 TEL(042)573-7264 FAX(042)573-7398

45.0mであった。図2は起伏度 D の例として、二つのアメダス観測地点の周辺地形を示したものである。起伏度 D は方位を考慮していないが、観測地点周辺の全体的な起伏を良好に表現している。

4. 距離と起伏による風速相関の低下

前述した水平距離 L (km)、標高差 H (m)、起伏度 D (m)を用いて、風速の相関係数 R を目的変数とした重回帰分析を行った結果、以下に示す風速の相関係数の推定式(3)が得られた。

$$R_E = -0.0053 D_{max} - 0.00019 H - 0.0041 L + 0.71 \quad (3)$$

ここで、 R_E とは風速の相関係数 R の推定値を表し、 D_{max} とは観測地点の組合せごとに得られる二つの起伏度のうち値が大きな方を指す。この推定式(3)から得られる R_E と観測値から得られる R とを比較したのが図3である。図から分かるように推定誤差が大きな事例は網掛けの部分に集中しており、ここを除くと比較的良好な対応を示している。網掛け部分の事例は R が R_E に比べて小さいものであり、起伏、標高差、距離以外の影響から、さらに風速相関が低下しているため推定誤差が大きくなっていると考えられる。個々の事例を見ると、特に強風の発生頻度が低いために風向特性が異なる地点の組合せが大部分であった。したがって、上記のような特殊な事例を除けば、起伏、標高差、水平距離それぞれが風速相関に与える影響を定量的に比較するための関係式として、式(3)が利用できると思われる。例えば、起伏度 D_{max} が4m大きくなること、または、標高差 H が100m大きくなることは、水平距離で約5km余計に離れることと同程度の影響をもたらすものと推測される。これらを考慮し、起伏や標高差が大きい箇所が含まれる区間では、規制用風速計の密度を高くすることによって、各規制区間の風速相関は等値に近づく。起伏や標高差以外の地形の特徴についても本研究と同様の手法で定量的評価を行えば、さらにバランスの良い風速計配置が期待できる。ただし、周辺との風速相関が低いとしても、規制区間において常に周辺よりも風が強い地点があれば、そこに風速計を設置することによって、規制区間内の強風をもらさず検知することも可能である。そのため、現実的には、起伏度が高い地域に必ずしも多くの風速計を要するとは限らない。

5. おわりに

全国のアメダスで観測された10分間平均風速の連続データと約50m四方のメッシュ標高値を基に重回帰分析を行った結果、水平距離が30km以内である二地点の風速相関を観測地点周辺の起伏、標高差、水平距離で表現する推定式を導いた。この式は、起伏、標高差、水平距離のそれぞれが風速相関に与える影響の定量的比較に利用でき、風速計の適正な配置に関して一つの目安となりうる。今後の課題として、他の地形的特徴、風速の時間変動、風向特性、気象条件などの影響も考慮した風速計配置の検討が挙げられる。

〔文献〕

- 1) 台風研究委員会: 多良間島における台風観測研究総合報告書、中央電力協議会、1980
- 2) 石崎・光田・林: 強風時の風速変動の時空間相関について、京大防災研究所年報、第28号B-1、pp.407~414、1985

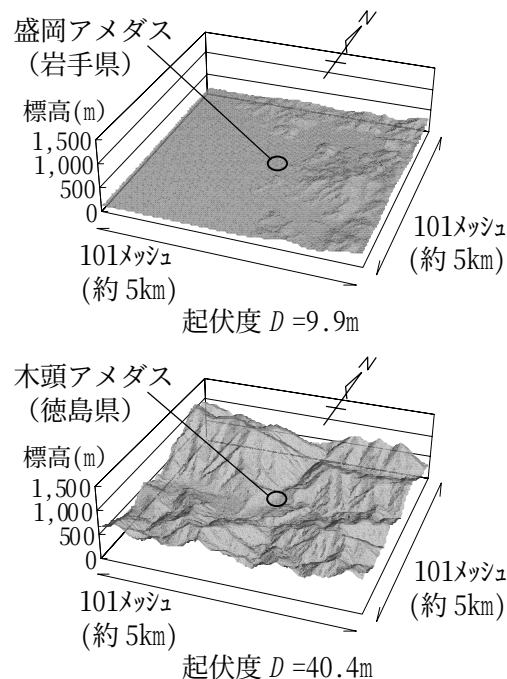


図2 起伏度 D の例

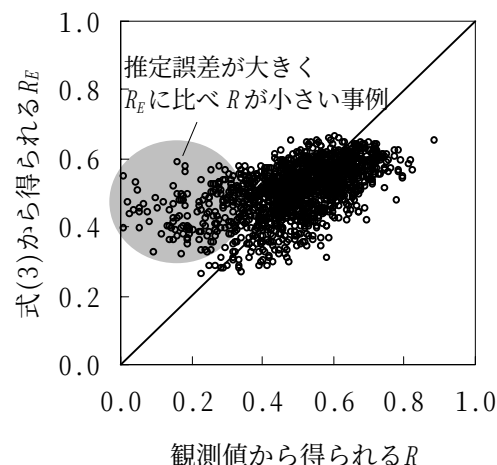


図3 R と R_E の比較