

強風マップにより風規制区間と風速計位置の決定を支援する

福原 隆彰

防災技術研究部(気象防災研究室 副主任研究員)



ふくはら たかあき

はじめに

鉄道では、強風が吹き沿線に設置されている風速計の風速値が基準値を超えたときに運転中止や速度規制という措置(運転規制といいます)がとられ、風が弱くなり基準値を下回ってから一定時間が経過した後に運転規制が解除されます。そのため、運転規制の基準値を上回る強風が断続的に生じると、運転規制の継続時間も長くなります。

運転規制は強風に対して鉄道の安全を確保することを目的としているため、運転規制に用いる風速計を適正な場所に設置する必要があります。

国土交通省が平成18年に発表した「風観測の手引き」¹⁾によれば、「風速計は風の通り道に取り付けることが望ましい」と記述してあります。この「風の通り道」というのは風が強い地点のことを指していると考えられます。従って、手引きに沿った場合、対象としている強風監視区間について、最も風が強いと推定される地点に風速計を取り付けることが必要となります。

では、風が強い地点はどのようにして知ることができるのでしょうか。これには、以前から経験的に知られている箇所、周囲の建物や農作物などに強風による被害が生じている箇所などがあります。しかしながら、この方法では、客観的で量的な指標がないために強風発生頻度の順位付けを行うことが難しくなります。

最近ではスパコンなどの計算機技術が著しく発展してきましたので、大気(風・温度・湿度など)の状態を表した方程式を計算して風の強い箇所を求める方法が利用可能となってきました。天気予報においても計算機が用いられており、現時点で大気の状態を最も精度良く推定できる方法と考えられます。鉄道以外の分野に目を向けると、風力発電に用いられる風車の適切な配置を目的に、地上30m~70mの高さの平均風速を求めたマップがつくられています。この強風マップは、風の強弱が数値で示されるため、強風箇所の順位付けや風車の設置位置を決めるこ

とに役立ちます。鉄道の分野でも、このような強風マップを作ることができれば、風速計の配置や運転規制区間の決定がしやすくなるものと考えられます。

そこで、鉄道総研では、鉄道の強風対策に適した強風マップの作成方法を開発しました。ここでは、この強風マップの概要とともに、作成された強風マップを用いてどのような風速計の設置位置などを決めればいいのかということを紹介します。

強風マップの概要

今回紹介します強風マップは地震の想定震度や津波の到達範囲を示すマップと同様、ハザードマップ(災害予測図)の一種となります。そのため、マップでどのような量を示すのが重要となります。

過去に発生した鉄道の強風による脱線転覆事故より、列車の脱線転覆は平均的な風速よりもむしろ瞬間的な風速と密接な関係があると考えられています。このことから、鉄道の強風マップでは、瞬間風速が大きくなる傾向にある箇所を示す必要があります。

また、風が強い地点という表現方法はいくつか表記の仕方があり、多く用いられているのは「○年に1回発生するような強風(風速の○年再現期待値)が△m/sの地点」や「風速△m/sを超える現象が平均的に○年に1度発生する(風速△m/sの風の再現期間)地点」という表記です。一般的に、風が強いとされる地点では風速の○年風速再現期待値は大きくなり、また、風速△m/sの風の再現期間は短くなります。

鉄道の運転規制は風速がある閾値に達した段階で発令されます。また、車両が横風により脱線転覆する場合、その瞬間風速が問題となります。そこで、今回は運転規制値がどのくらいの頻度で現れるのか、また、列車が脱線転覆するような風速はどれくらいの頻度で現れるのかを評価することを目的とするため、瞬間風速の再現期間を用いることとしました。ここでは、線路構造物などを考慮し、瞬間風

速は地上10mにおける値としました。

強風マップは通常、陸地全体に風速の等値線が載せてあります。しかしながら、鉄道での強風マップの場合、鉄道沿線の強風頻度が示されれば充分ですが、間隔は50mや100mなどの短いものにする必要があります。そのため、数値シミュレーションの結果を地図上に表記した場合、図1のようになり、どこが強風箇所なのかわかりにくいという問題があります。そこで、ここでは図1のような地図形式ではなく、図2のような線路キロ程に対応した形式で表すことにします。図2では線路キロ程別の瞬間風速40m/sの再現期間の計算例を示しており、再現期間が短い区間の白矢印で示した区間で強風になりやすいことを示しています。

線路構造物の影響

鉄道の強風対策に即した強風マップを作成するためには、図1や図2に示した数値シミュレーションの結果に加えて高架橋、橋りょう、盛土など、鉄道構造物自体が風速に及ぼす影響について考慮する必要があります。車両が横風により脱線転覆する可能性が生じるときの風速は構造物により異なることが知られていますので、その強さの風速が生じる再現期間を求めることが必要となります。

また、トンネルや堀割など、車両へ自然風がほとんど、または、全く作用することがなく、強風に対する警戒の必要性が小さいと考えられている箇所については、線路構造物を考慮した場合における瞬間風速の再現期間の計算対象から外すことができます。

さらに、その線路構造物上にあるレール面の、地上からの高さも考慮する必要があります。地上からの高さが高くなると風速も大きくなるためです。例えば、都市部の高架橋など、地上からの高さが高い地点では、強風マップで示された高さでの風速よりも強い風が吹くこととなります。

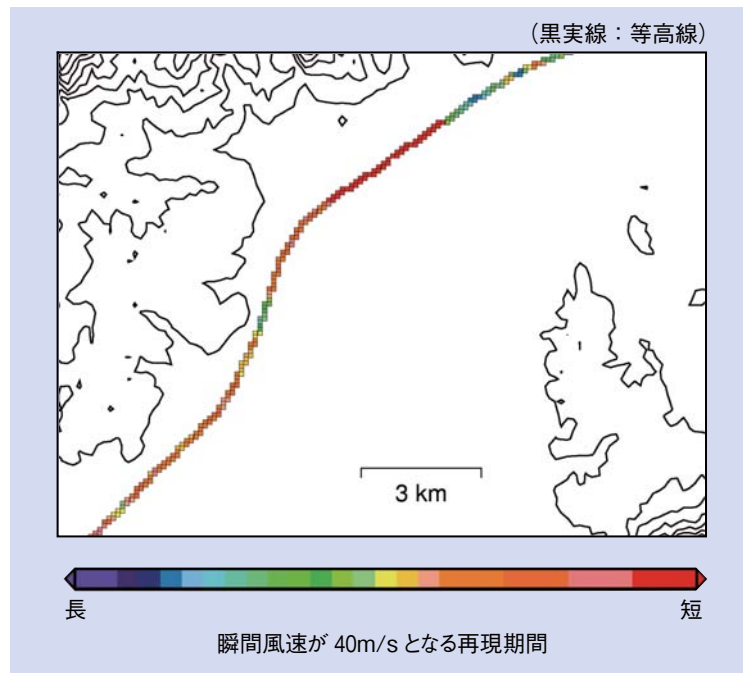


図1 鉄道線区の強風マップの例(地図形式の表記例 線路構造物は考慮せず)

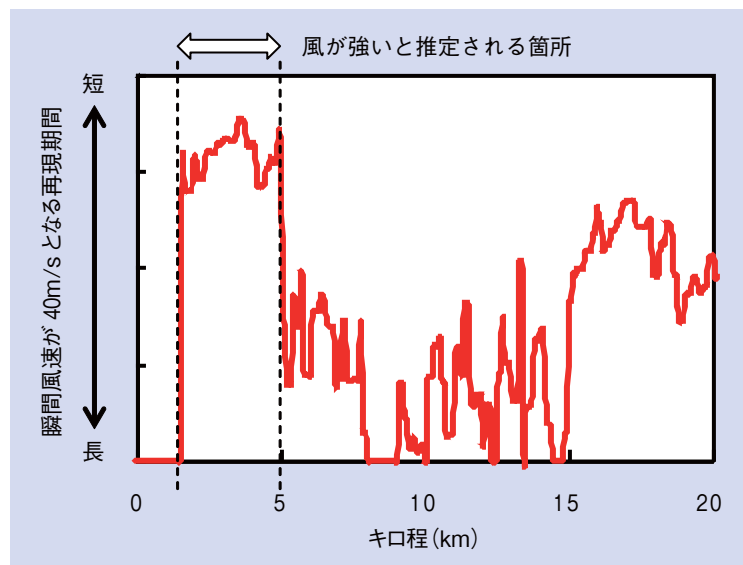


図2 鉄道線区の強風マップの例(キロ程別の表記例 線路構造物は考慮せず)

これらを考慮することで、鉄道の強風災害、特に横風による車両の脱線転覆に対する警戒箇所を抽出することができますようになります。

モデル区間における強風箇所の抽出例

実際の検討例を示します。ここでは、線路構造物を考慮しない場合の強風の再現期間が図2に示したものと同一場合を考えます。次に、線路構造物を考慮します。この線区内には線路構造物としてトンネル、橋りょう、高架橋、盛

土があり、それに平地を加え、図3のように配置されているものと仮定します。ある車両の転覆限界風速を超える再現期間をこれらの構造物に対応して算出した例を図4に示します。トンネルについては前述のとおり強風に対する警戒箇所から除外することができますので、図2中で白矢印で示した箇所については強風に対して警戒する必要がないことがわかります。これを見ると、図2では再現期間がそれほど短くなかった箇所でも、線路構造物の転覆限界風速を考慮すると転覆限界風速以上の風速となる再現期間が短くなり、強風に対する警戒の必要性が高くなる箇所(図4中黄矢印)がでてくることがわかります。

強風マップの活用方法

得られた強風マップより、風規制区間と風速計の設置位

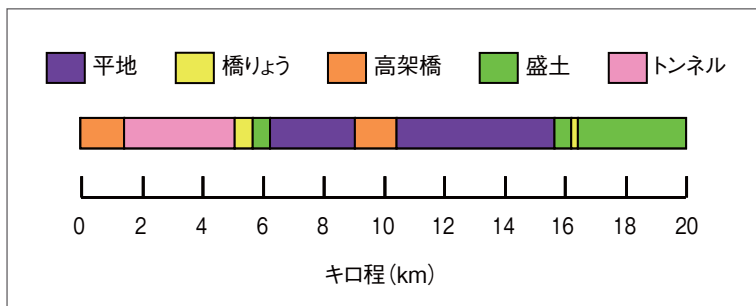


図3 モデル線区内における線路構造物の配置

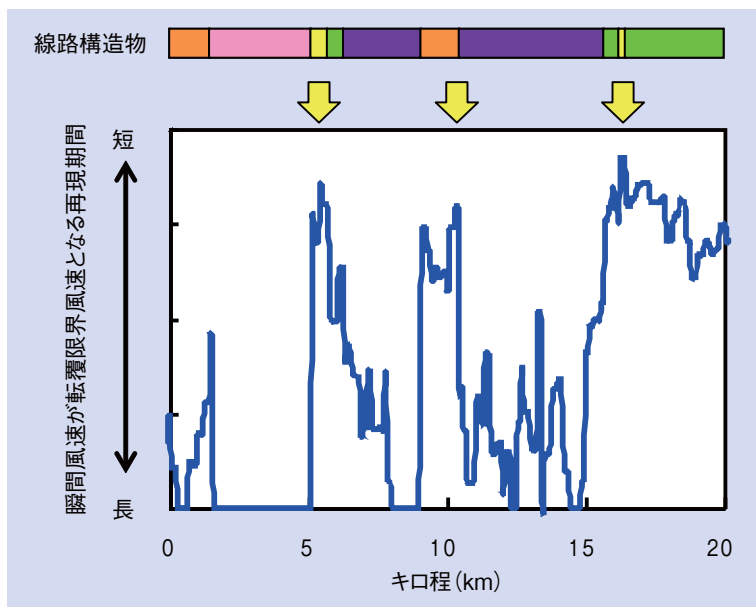


図4 線路構造物を考慮した場合の強風マップの例

置を決める手法について示します。

風規制区間の設定について

風による運転規制区間の設定方法としては、「車両が強風により危険な状態になることが頻繁に生じる区間だけ設定する」と、「区間の全てで設定する」というものが考えられます。

前者の場合、危険な状態になりやすい箇所を探し出す必要があります。その場合、強風マップから探し出す際の基準を満たす箇所を選び出せばよいことになります。

後者の場合については、全ての区間で設定するので、規制区間の長さをどのようにするか、また、どのように分割するかを考える必要があります。例えば、同じ長さの区間であっても、風速の再現期待値が全体にわたって低い場合には規制区間を一つにすることが可能となります。その

一方で、強風が吹く箇所が複数ある場合には、区間で強風が吹く箇所が一箇所代表されるように規制区間を分割したり、それぞれの箇所の風速を把握できるように一つの規制区間に複数の風速計の設置をしたりすることが考えられます。

図4に示した区間を例としてみますと、風速の再現期間が短い箇所は図4の黄矢印で示されている箇所となります。そのため、この区間を含む駅間で規制区間を設定すれば、より適切なものとなると考えられます。

風速計の設置位置について

風速計は風の通り道に取り付けることが推奨されていますが、構造物の影響を考慮したときに、極端に車両に影響を及ぼす風が吹きそうな箇所がある場合、その箇所にも取り付けて風速を知ること、より安全に鉄道の運行ができるようになります。風規制区間のときと同様、図4で示した黄矢印の箇所が風速の再現期間が短い箇所であり、風速計の設置位置として推奨すべき箇所となります。

以上の方法による検討後の風速計の新設候補および規制区間の分割例を図5に示します。

このようにすることで、より適切な風速計設置位置ならびに規制区間を決める際の支援ができることとなります。

この強風マップを使用する際の注意点

線路構造物断面中の風速計の取り付け位置について

この強風マップでは、鉄道構造物の影響を考慮していますが、これは構造物による転覆限界風速の影響などを考慮するためであり、長い区間のどこ（例えば、○○○k△△△m地点）に風速計を設置することがより適切かを判断することを目的としているため、出力される風速値や再現期間は一つの地点で一つとなっています。そのため、その地点（キロ程）における構造物断面中のどの位置に取り付けられればいいのかについては、構造物断面中の風の流れを別途求め、分析した結果に基づき決定する必要があります。

強風マップの利用方法について

今回紹介した強風マップでは、鉄道の運転規制をより適切にするために、風速計の設置や規制区間の設定を目的としており、特に車両の脱線転覆を防ぐことを評価対象としていますので、マップの出力は「地上高10m程度の場所における、線路構造物の有無を考慮した転覆限界風速の再現期待値」としています。従って、ごく狭い範囲で発生し、数値モデルでは再現が難しい竜巻やダウンバーストなどの突風については想定していません。

また、今回の強風マップで示した再現期間についても、

この期間に必ず1度吹くわけではなく、長期的に見た場合の割合を示したものですので、場合によっては、数十年に1度の割合で吹くとされる強風が明日吹くかもしれないことを理解しておく必要があります。

今後に向けて

計算機の能力は年々進化しており、過去では計算できなかった細かな格子間隔での数値計算ができるようになってきました。将来は、現在よりも詳細に、高速で数値シミュレーションによる計算が実行できると考えられます。また、線路構造物により異なる転覆限界風速の推定精度向上や、平均風速から最大瞬間風速への変換手法をより精度よくしていくことで、さらに精度が高い強風マップの作成手法を検討していく予定です。RRR

文献

- 1) 風観測の手引き：鉄道強風対策協議会，2006

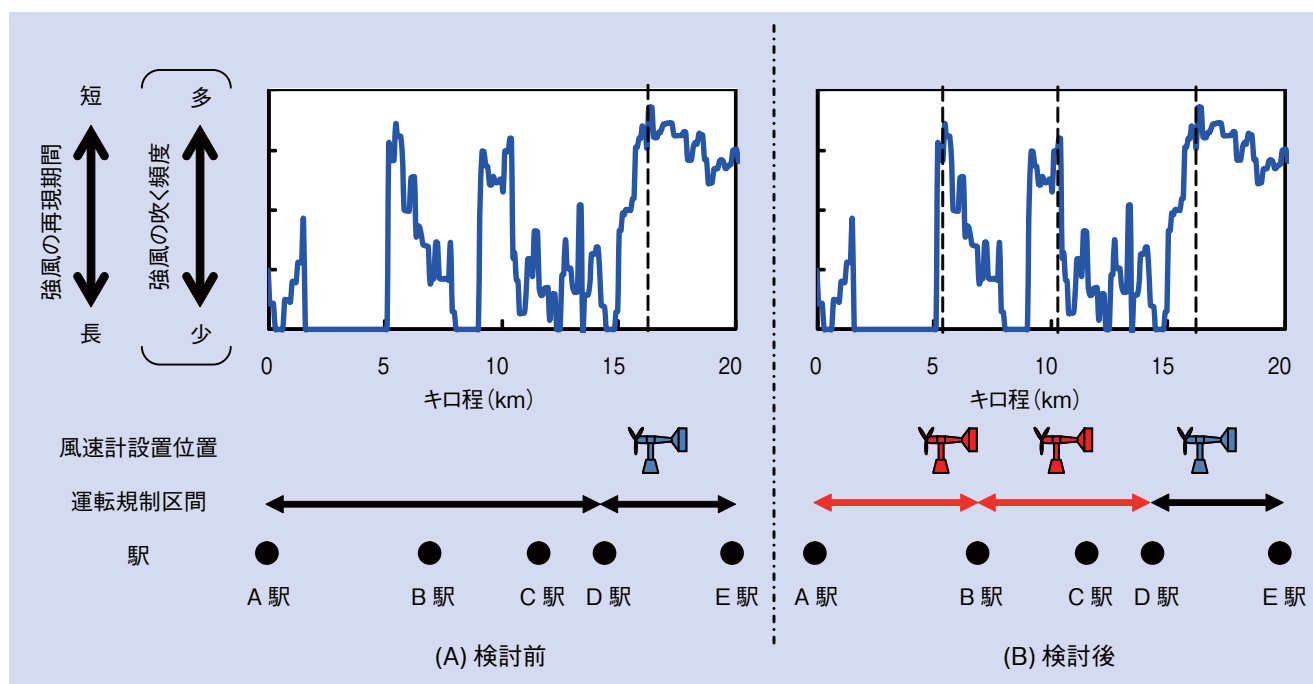


図5 風規制区間ならびに風速計配置の検討イメージ(赤で示した箇所が改良部分)