

鉄道一般
車両
施設
電気
運転・輸送
防災
環境
人間科学
浮上式鉄道

数値シミュレーションで 鉄道沿線の強風箇所を見つける

鉄道では、強風による車両の脱線転覆事故などの災害を防ぐために、鉄道沿線に設置されている風速計が一定以上の強風を計測したときに列車の運行を見合わせるなどの運転規制が行われています。この運転規制を効果的に行うためには、鉄道沿線で風が強くなりやすい箇所（強風箇所）に風速計を設置することが重要となります。ここでは、鉄道沿線の強風箇所を、気象の数値シミュレーションなどにより得られた気象データをもとに見つけ出す方法を紹介します。

はじめに

強風により鉄道車両が脱線転覆することを防ぐために、鉄道では定められた値以上の強風が吹いた場合には速度を落として運転することや運転を見合わせるなどの運転規制が行われています。この運転規制は、鉄道沿線に設置された風速計が観測した風速に基づいて行われています。そのため、運転規制を効果的に行うためには、頻繁に強風が吹くような箇所（強風箇所）に風

速計を設置することが重要となります。ここでは、気象の数値シミュレーションで鉄道沿線の強風箇所を見つけるための手法について述べます。

観測データで強風箇所をみつけることの限界

地上で観測される風の気象データのうちもっとも正確なものは、気象庁のアメダスなど、地上に設置されている風速計で得られたデータといえます。と



福原 隆彰
Takaaki Fukuhara
防災技術研究部
気象防災研究室
主任研究員



荒木 啓司
Keiji Araki
防災技術研究部
気象防災研究室
主任研究員（上級）



高見 和弥
Kazuya Takami
防災技術研究部
気象防災研究室
研究員

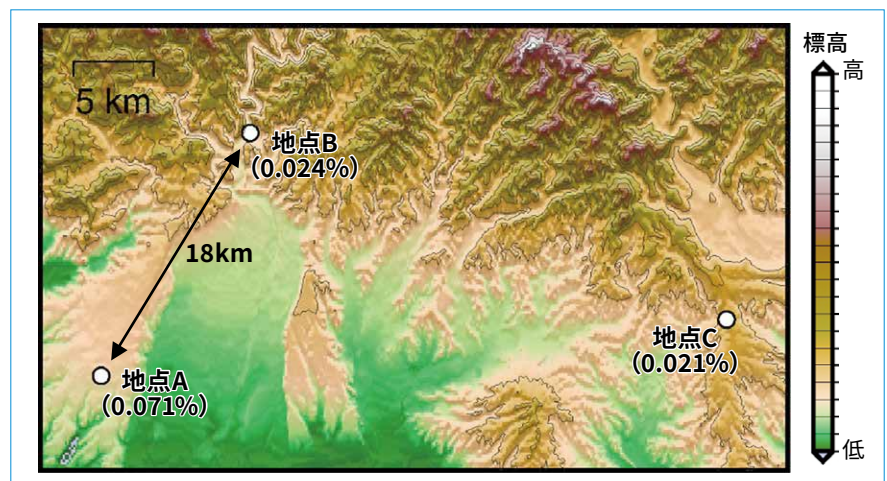


図1 ある地域での気象庁アメダス観測点の配置
(数値は過去11年間で20m/s以上の10分間最大瞬間風速が観測された割合)

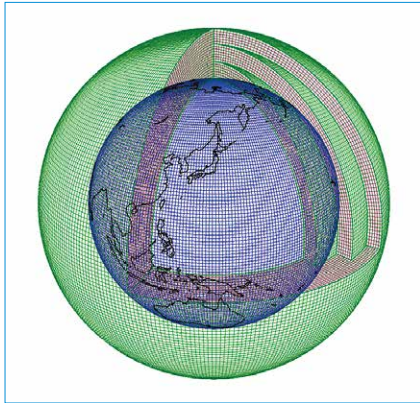


図2 気象の数値シミュレーションにおける計算格子配置例¹⁾

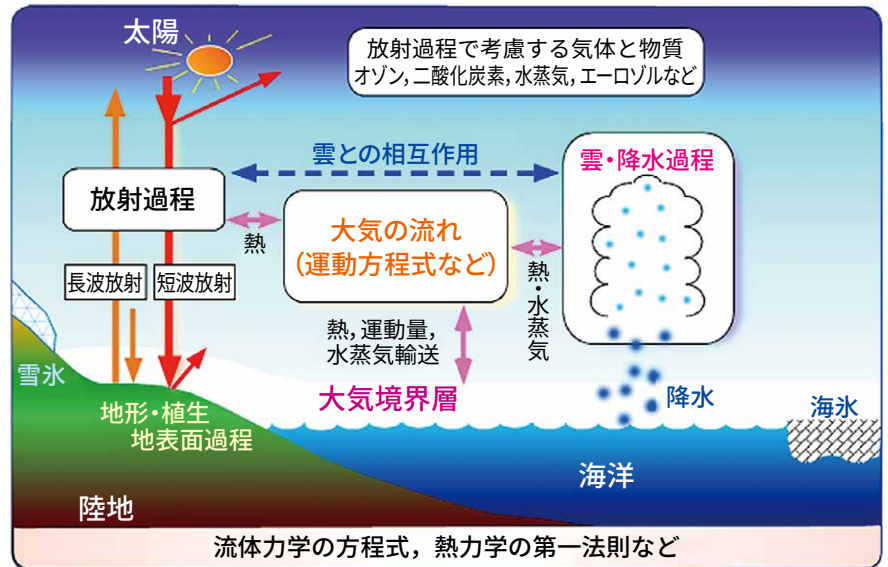


図3 気象の数値シミュレーションで考慮する気象要素の例¹⁾

いうのも、これらの風速計は実際にその位置で吹いている風を観測しているためです。風速計のデータを蓄積することで、どのような強風がどの程度の頻度で吹いていたかを知ることができます。例として、図1の範囲にある3つの気象庁アメダス観測点(地点A～C)において過去11年間で20m/s以上の10分間最大瞬間風速が観測された割合は地点Aでは0.071%、地点Bでは0.024%、地点Cでは0.021%でした。したがって、これらの3地点で比較すると地点Aがもっとも強風が吹きやすいといえます。このように、観測データを集めると、風が強い箇所がみえてきます。

しかしながら、風速計は地上くまなく設置されているわけではありません。例えば、先に例示した気象庁アメダス観測点は全国に配備されていますが、図1に示した地点AとBは隣り合っているものの、2地点間の距離は約18kmあります。また、気象庁アメダス観測点全体をみると、風を観測し

ている地点はおよそ21kmに1か所となっています。

風の吹き方は気象条件やその観測点の周辺にある地形によって異なるといわれていますので、例えば図1に示した地点A、B、Cの間にある任意の地点で観測される風速は地点A、B、Cのいずれかのそれと同じであるとは限りません。そのため、より効果的な運転規制を考えた場合、鉄道沿線で風が強い箇所を見つけ出す手段としてアメダスなどの観測点の風速データだけでなく、面的な風速分布を把握することが必要となります。これを可能とする方法の一つが気象の数値シミュレーションです。

気象の数値シミュレーション

気象の数値シミュレーションとは、コンピューターの中に計算したい領域(地球全体もしくはその一部)を模擬し、図2のように規則正しく並んだ細かい格子一つ一つに与えられた風、気

温、湿度、雲、太陽や地球の放射などの値を、天気に関わる項目(図3)をあらわす式を用いて計算するものです。今日では、気象の数値シミュレーションの結果をもとに天気予報が作られ、日々発表されています。また、これに加えて、気象の数値シミュレーションは気象の研究などで、過去に発生した台風や低気圧、突風などの気象現象の発生要因を詳しく知る目的でも使われています。

容易に入手可能な気象の数値シミュレーション結果として、気象庁をはじめ国内外の気象機関などが作成する、規則的に並んだ格子状の気象データがあります。しかしながら、それらの気象データの、東西・南北方向の空間間隔は小さいもので5km程度、時間間隔は短いもので3時間程度となっています。一方で、鉄道の運転規制は駅間で行われていることがあり、その距離は数km程度となります。この場合、5km間隔のデータでは駅間での

風速の大小を評価することは困難です。また、時間間隔が3時間程度では風速の時間変化のピークをとらえられるとは限りません。このため、鉄道の運行への利用を考えた場合には、先ほど述べた容易に入手可能な数値シミュレーション結果では空間間隔および時間間隔が粗く、より細かい空間間隔および時間間隔のデータが必要となります。

そこで、鉄道総研では過去に発生した台風や低気圧の強風事例を対象に気象の数値シミュレーションを行い、入力する気象データの空間、時間間隔よりさらに細かくした(空間間隔1km程度、時間間隔10分程度)風速分布を求め、それをもとに鉄道沿線の強風箇所を見つけることを行っています。

気象の数値シミュレーションによる風速の分布例

気象の数値シミュレーションの計算例として、図1に示した範囲において、ある台風によりもたらされた風の分布を図4に示します。数値シミュレーションでは各格子について風や温度などの情報をある一定の時間ごとに求めることができますが、ここでは、それぞれの格子において、台風が接近する前から通過したあとの時間帯のなかでもっとも強い風が計算されたときの値を示しました。この図に示した地域では、台風により風速が10～30m/s程度吹いていること、また図の中央部付近でもっとも風速が大きかったことが推測されます。このように、気象の数値シミュレーションを用いることで、対象とした強風事例で風が強くなっていった場所を知ることができます。

鉄道沿線の強風箇所を見つける

さて、強風をもたらすような台風や低気圧は、すべて似たような進路や強

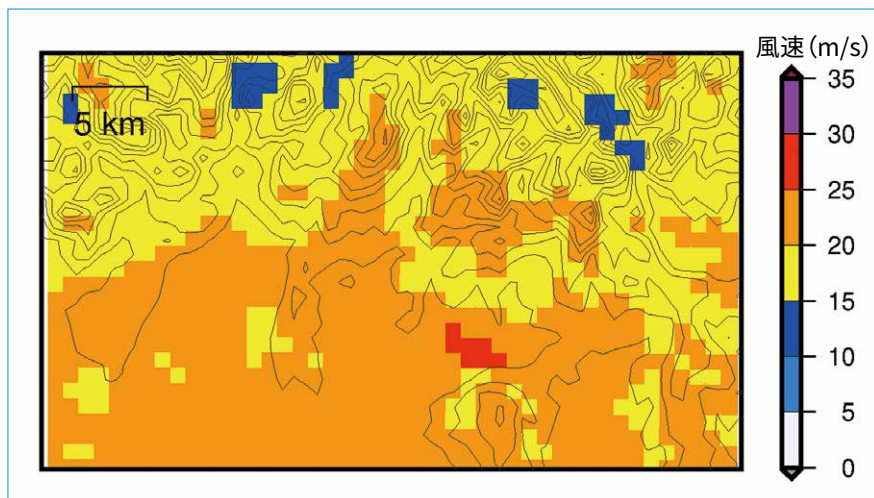


図4 気象の数値シミュレーションの実施例
(ある台風の通過により得られた風速の最大値の分布)

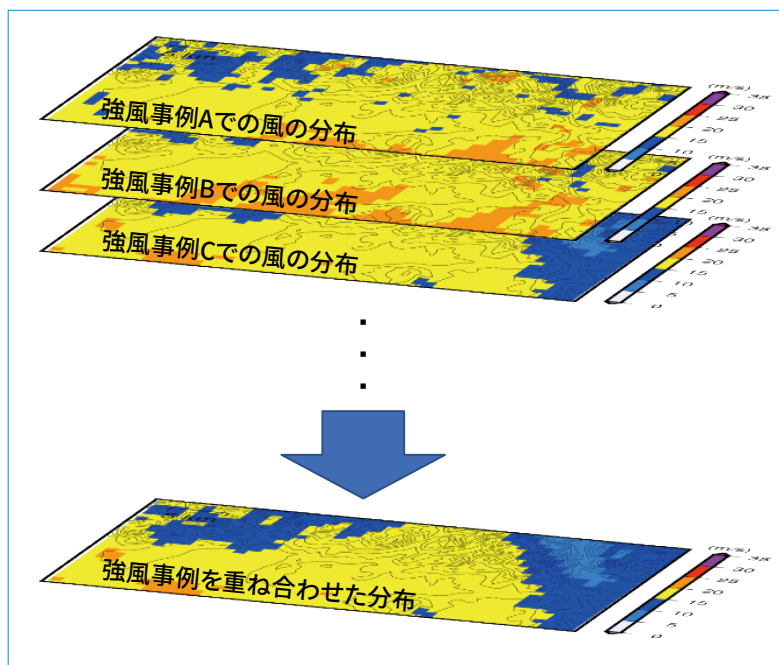


図5 強風事例の重ね合わせの模式図

さで日本付近を通過するでしょうか。実はそうではなく、台風や低気圧は似たような進路をとるとは限りません。また、仮に似たような進路をとったとしても、その台風や低気圧の強さが同じであるとも限りませんので、強風の吹き方はそれぞれの台風や低気圧で異なることが考えられます。したがって、

図4で示した風速の大小の面的な分布が、つねにこの地域で当てはまるわけではありません。特定の場所に注目しても、ある強風事例では風が強く吹く一方で、それ以外の強風事例では風がそこまで強くないといった可能性があるので、

これを解決し、鉄道沿線での強風箇

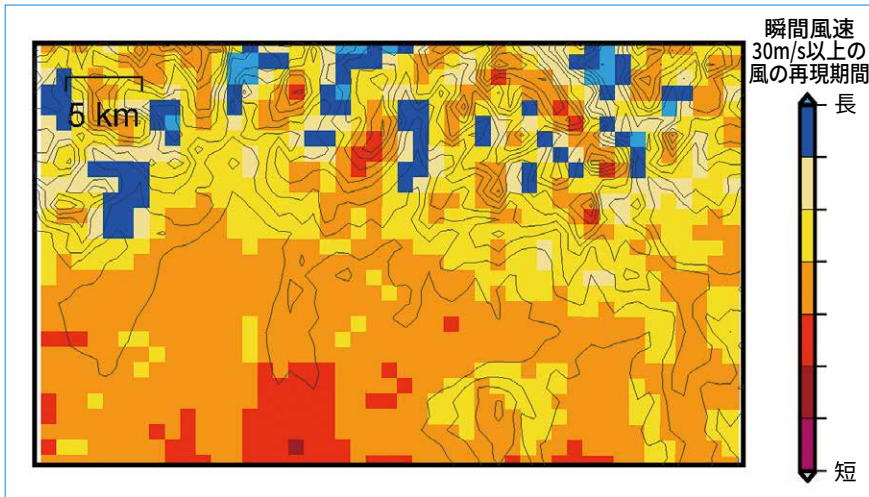


図6 数値シミュレーションで得られた気象データによる強風箇所の評価例
(赤色系になるほど強風が発生しやすいことを示す)

所を求める方法の一つに、強風が吹いた事例を数多く集め、それぞれの強風事例で得られる風の分布を重ね合わせる方法があります(図5)。以下にこの方法により強風箇所を求めた例を示します。

強風事例として、ここでは図1を含む領域にある地上の風速計で過去10年間に観測された風速をもとに、風が強く吹いたほうから数えて50事例(過去10年間での上位50位の強風事例に相当)を選定しました。次に、選定した強風事例50事例それぞれで数値シミュレーションを行い、その結果から、図4に示したような各格子での風速の最大値を、50事例分求めました。これらの風の分布の重ね合わせとして、50事例分の風速の最大値から極値統計の手法を用い、強風の発生しやすさ

として、瞬間風速30m/s以上の風が何年に1度の割合で発生するか(再現期間(☞参考))を各格子で求めました。その結果を図6に示します。この再現期間は短ければそれだけ対象とした風速(ここでは瞬間風速30m/s)以上となる風が頻繁に発生する、すなわち強風が吹きやすい傾向にあるといえます。図6では青色系は再現期間が長く、赤色系は再現期間が短いことを示していますので、図6の領域の中ではその南側の地域で再現期間が短く、強風箇所であることがわかります。

このように、複数の強風事例の数値シミュレーションにより得られた気象データ(風データ)をもとにすると、鉄道沿線の強風箇所を見つけ出すことができるようになります。

おわりに

ここでは、風速計などの強風監視設備を効果的に設置するための、鉄道沿線の強風箇所を見つける方法として、気象の数値シミュレーションで得られる面的な風速のデータを用いて強風箇所を見つける方法について述べてきました。この方法は防風柵などの強風対策設備の効果的な設置箇所の選定にも活用できます。

しかしながら、気象の数値シミュレーションは万能ではありません。というのも、細かい空間間隔での風の分布を求めようとして、シミュレーションでの格子間隔を小さくすると、それにともない計算時間が膨大になります。そのため、気象の数値シミュレーションのみを用いて、細かい尾根や沢、住宅地などの影響を含めた鉄道沿線の強風箇所をみつけることは、現時点では困難です。

鉄道総研では、これを解決するため気象の数値シミュレーションに加え、風の流れをより細かく評価するシミュレーションなどを用いて、強風箇所をさらに細かい範囲で評価する方法に関する研究開発を進めています。[RRR]

☞ 再現期間

再現期間とは、強風や大雨など対象とした事象が再び発生するまでの期間を表したものです。例えば再現期間が10年とは、10年に1度起きる規模の現象であることを示します。また、その現象は再現期間の間には1回しか発生しないということではなく、長い期間で平均するとその期間で1回発生する割合であることを示しています。

文献

- 1) 気象庁：数値予報とは、
<http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/whitep/1-3-1.html>
(入手日：2021/04/01)