

# 強風災害を防ぐため、 鉄道沿線で吹く風の流れをさぐる



**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)



**京増 顕文**  
Akifumi Kyomasu  
防災技術研究部  
気象防災研究室  
研究員

## はじめに

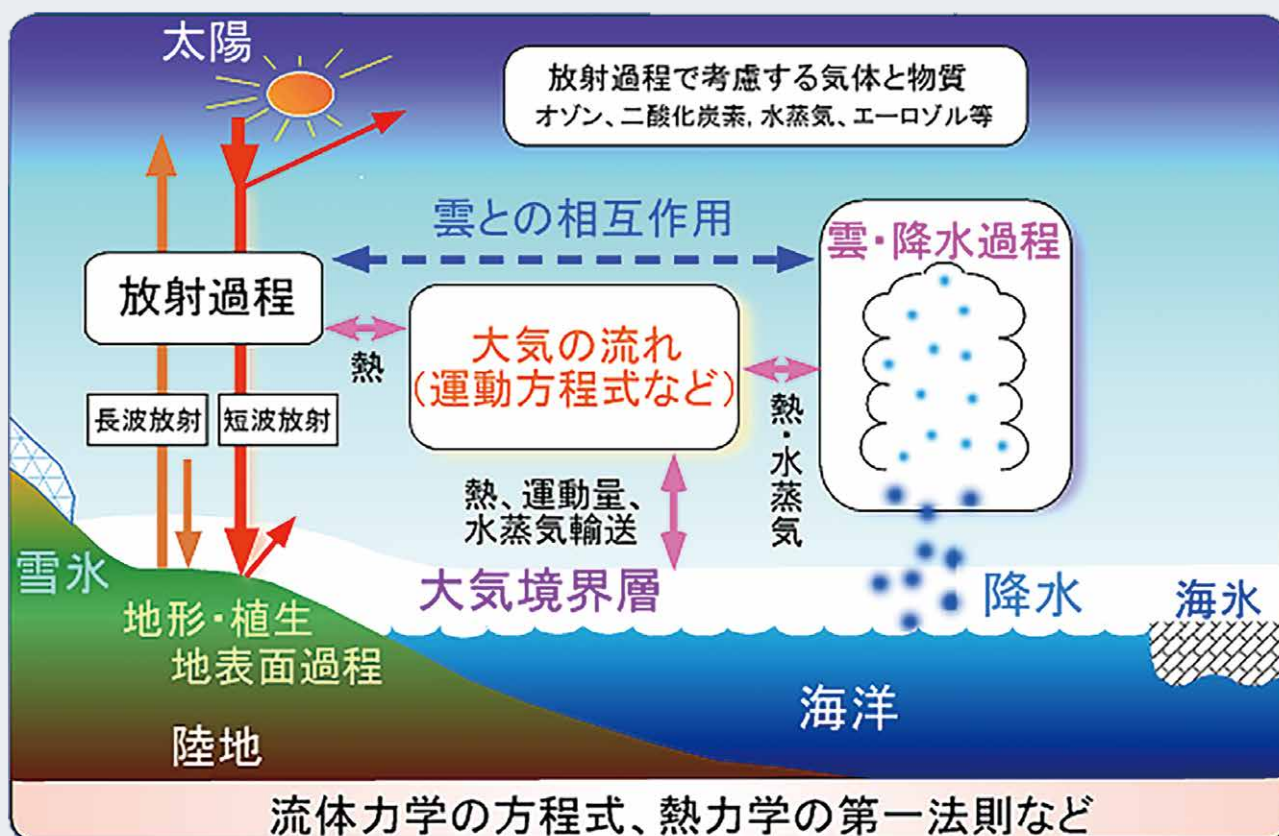
強風による鉄道災害(強風災害)には、車両の脱線転覆、倒木、架線柱の倒壊、飛来物など、さまざまなものがあります。これらの強風災害を防ぐためには、鉄道沿線での風の流れをさぐり、沿線のどこで強風が吹いているか、また、吹く可能性がどの程度あるかを調べるのが重要です。

そこで本稿では、鉄道沿線で風を測る方法を述べるとともに、数値シミュレーションを用いて鉄道沿線で吹いている風を推定する方法について述べていきます。

## 鉄道における風を探る技術

鉄道沿線では、先人たちの経験に基づいて強

図1 気象モデルで考慮する大気現象(出典:気象庁HP<sup>1)</sup>)



風が吹きやすいとされる区間を運転規制区間として設定し、運転規制区間内に風速計（規制用風速計）を設置して風速を測る方法が広く用いられています。規制用風速計で得られた風速値がしきい値以上となった場合には速度規制や運転見合わせなどの運転規制を実施しており、これにより鉄道の強風災害を防いでいます。

一方で、近年は風速値の観測史上1位の値を更新するような台風など、これまで経験したことのないような強風の発生が増加する傾向にあり、経験的に強風が吹くとされていない区間、すなわち風速計が設置されていない場所でも強い風が吹くことが懸念されています。

鉄道沿線でのどの程度風が吹いているかを知るには、風を線的または面的に推定することが必要となります。鉄道沿線に数多くの風速計をきめ細かく設置すれば風を線的に捉えることができますが、費用や保守の面で難しいところがあります。一方で、近年広く使われるようになってきた

数値シミュレーションを用いると、風の流れを面的に求めることができます。

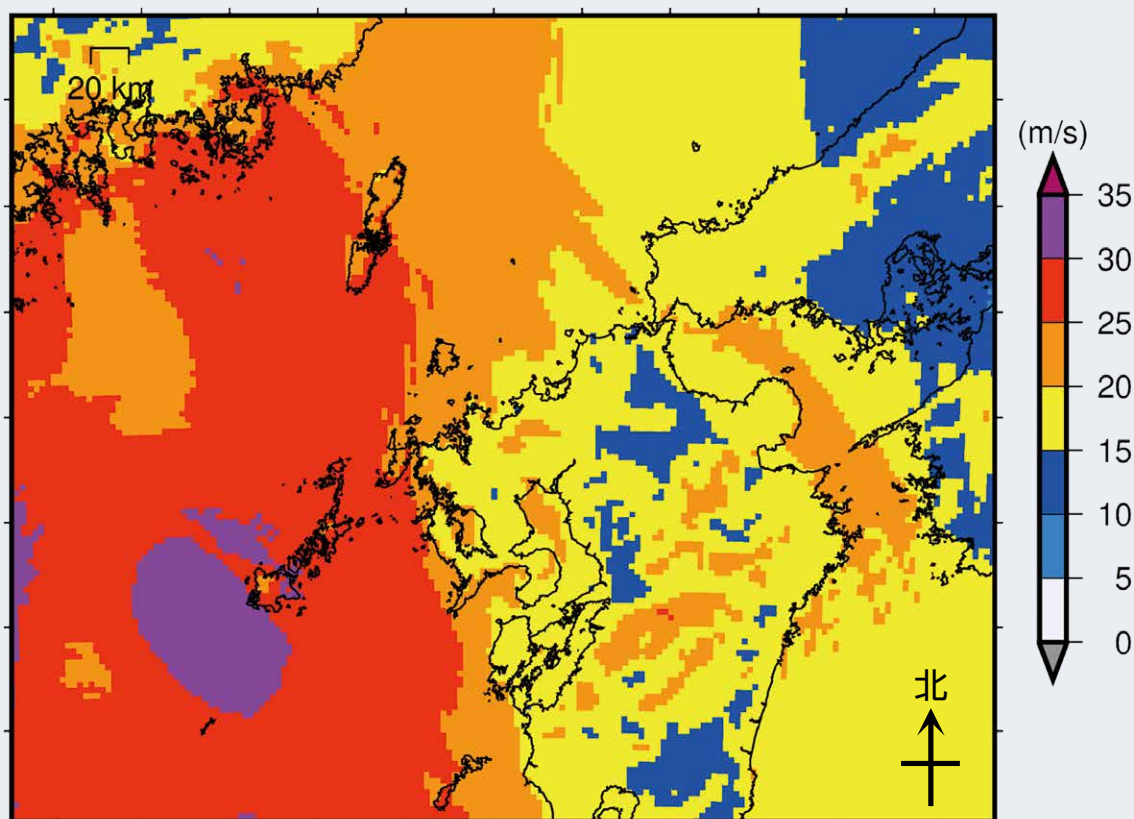
## 風の流れを探る技術と鉄道への応用

### 数値シミュレーションを用いた風の流れを探る技術

風の流れを探る数値シミュレーションでは、面的な風の流れを求めたい領域を地上から上空まで規則正しく区切り、その中に配置した点（格子点と呼びます）で風の流れなどを説明する方程式を解きます。風の空間的な分布を求める数値シミュレーションには、気象モデルと気流モデルの2種類があります。

気象モデルは天気予報の作成や、台風や低気圧といった気象現象に関する研究などに用いられているもので、風の流れだけでなく、温度や雲、雨雪といった風以外の気象現象もあわせて計算します（図1）。そのため、図2に示すような広範囲での風の流れを求めることには適して

図2 気象モデルでの計算例（ある強風事例での風速最大値）



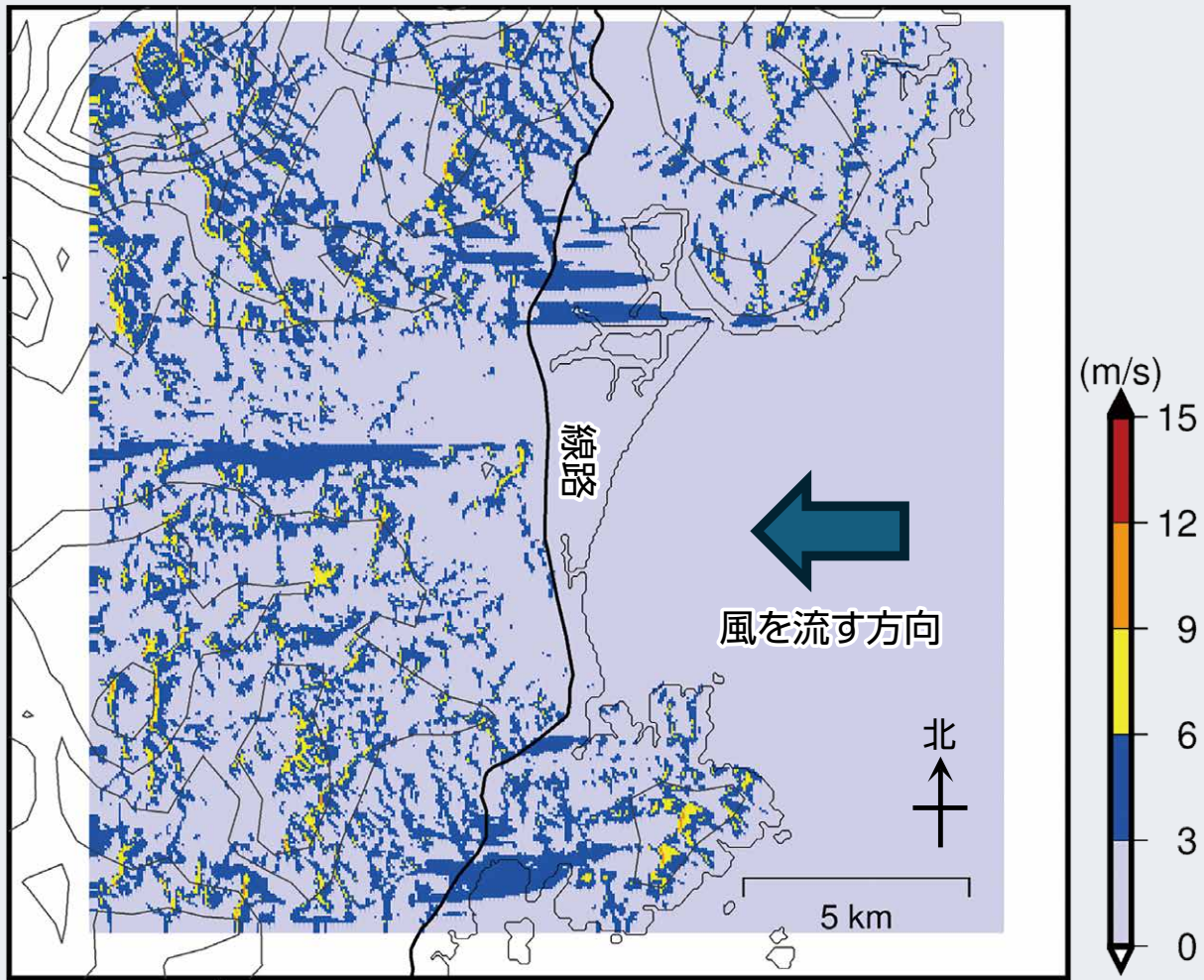


図3 気流モデルでの計算例（風速の平均値）

いますが、鉄道沿線にある細かな地形を考慮できるような、数十m～数百mの細かな格子点の間隔で計算しようとする、現在のコンピューターのパフォーマンスでは計算に膨大な時間を要します。

一方、気流モデルは、気象現象のうち風（と温度）についてのみ、細かな地形の影響を受ける風の流れを計算するもので、コンピューターの中で地形模型を使った風洞実験を行うことに相当します。具体的には風の流れを求めたい領域について、風上側の境界から一定の風速の風を流し、地形による風の増減を計算します。風の流れのみの計算とはなりますが、気象モデルよりも細かな格子点の間隔で計算できるため、より詳細な風の分布を求めることができま

す（図3）。しかしながら、気流モデルは風上側から一定の風を流すため、強風をもたらす気象現象が引き起こす風速の時間的・空間的な変化までは考慮できないことから、気流モデルの計算結果から実際に吹いている風速を推定するためには風の観測データなどを用いた変換が必要となります。

以下では、観測データである気象庁の風向風速データと、気流モデルでの計算結果とを組み合わせ、鉄道沿線の面的な風速の推定手法を述べます。

#### 気流モデルの計算結果と観測結果とを用いた鉄道沿線の面的な風速の推定

鉄道沿線の面的な風速推定の概要を述べます。

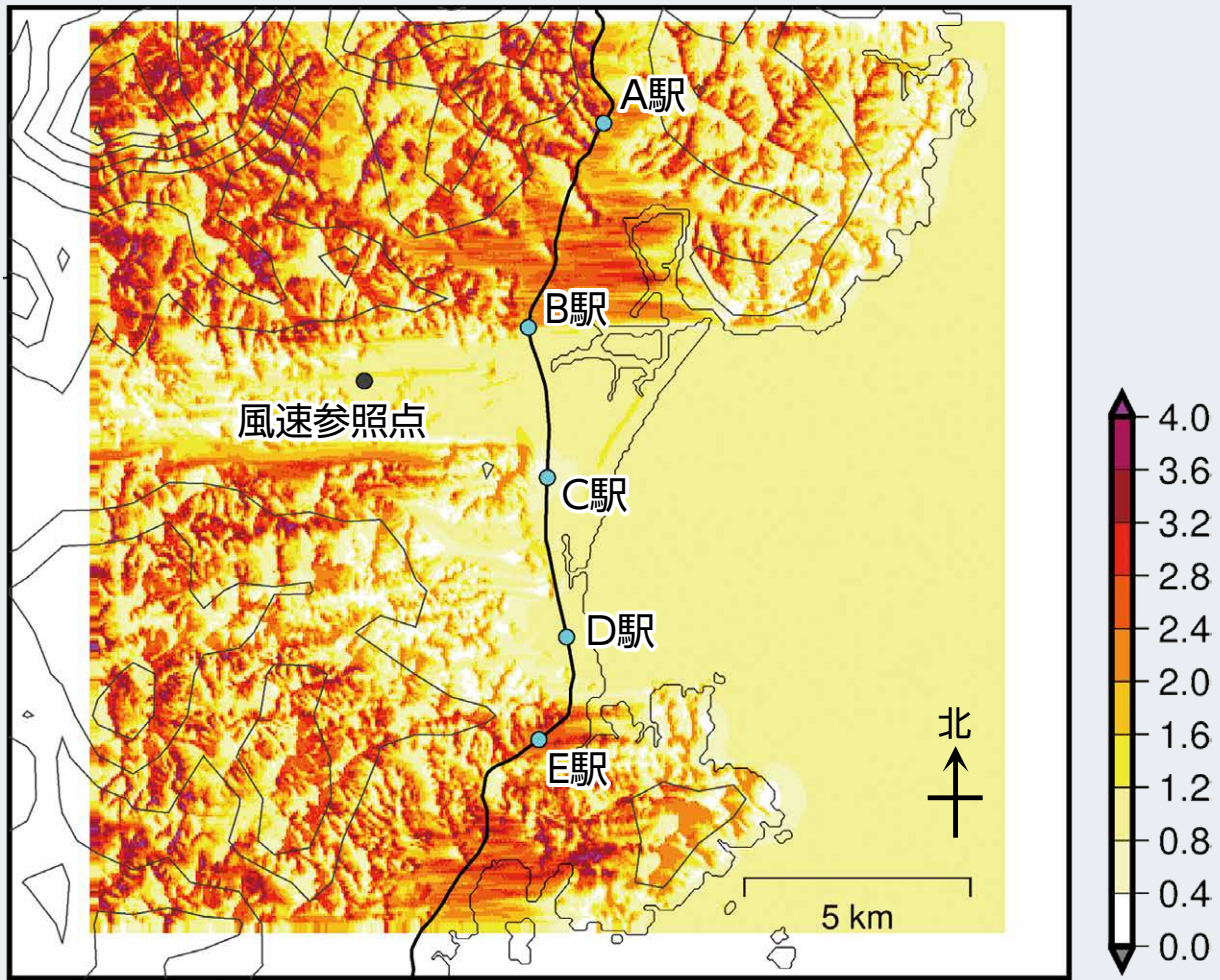


図4 気流モデルより求めた風速増減率

まず、鉄道沿線の近くにある風観測点（気象庁アメダスなど）での平均風向と平均風速を取得します。これとは別に、線路を含む数十km程度の領域を対象に気流モデルを用いて風の空間分布を計算します。ここで、鉄道の運転規制は平均的な風速ではなく瞬間的な風速で行われていますので、求めたい風の分布も瞬間的な風速がより好ましいものとなります。そこで、気流モデルで得られた風について、先に述べた風観測点がある格子点での平均的な値と、計算エリア内の各格子点での最大値との比（風速増減率）を求めておきます。最後に、線路を含む各格子点での風速増減率を乗じて、各格子点での最大瞬間風速に相当する値を求め、沿線の風速を推

定します。

この手法では、対象としたエリア内にある1点での風向と風速からエリア全体の風速を面的に推定することや、エリア内で線路がある点での風速の推定値をピックアップすることで、線路キロ程ごとの風速を推定することが可能となります。

例として、鉄道区間がある20km四方程度のエリアを対象に求めた風速増減率と最大瞬間風速の分布のイメージ図を図4および図5に、線路キロ程ごとの風速の分布のイメージ図を図6に示します。なお、図4と図5にはエリア内の最大瞬間風速の推定に用いた風速参照点（気象庁アメダス観測点）、線路、駅をそれぞれ黒丸、

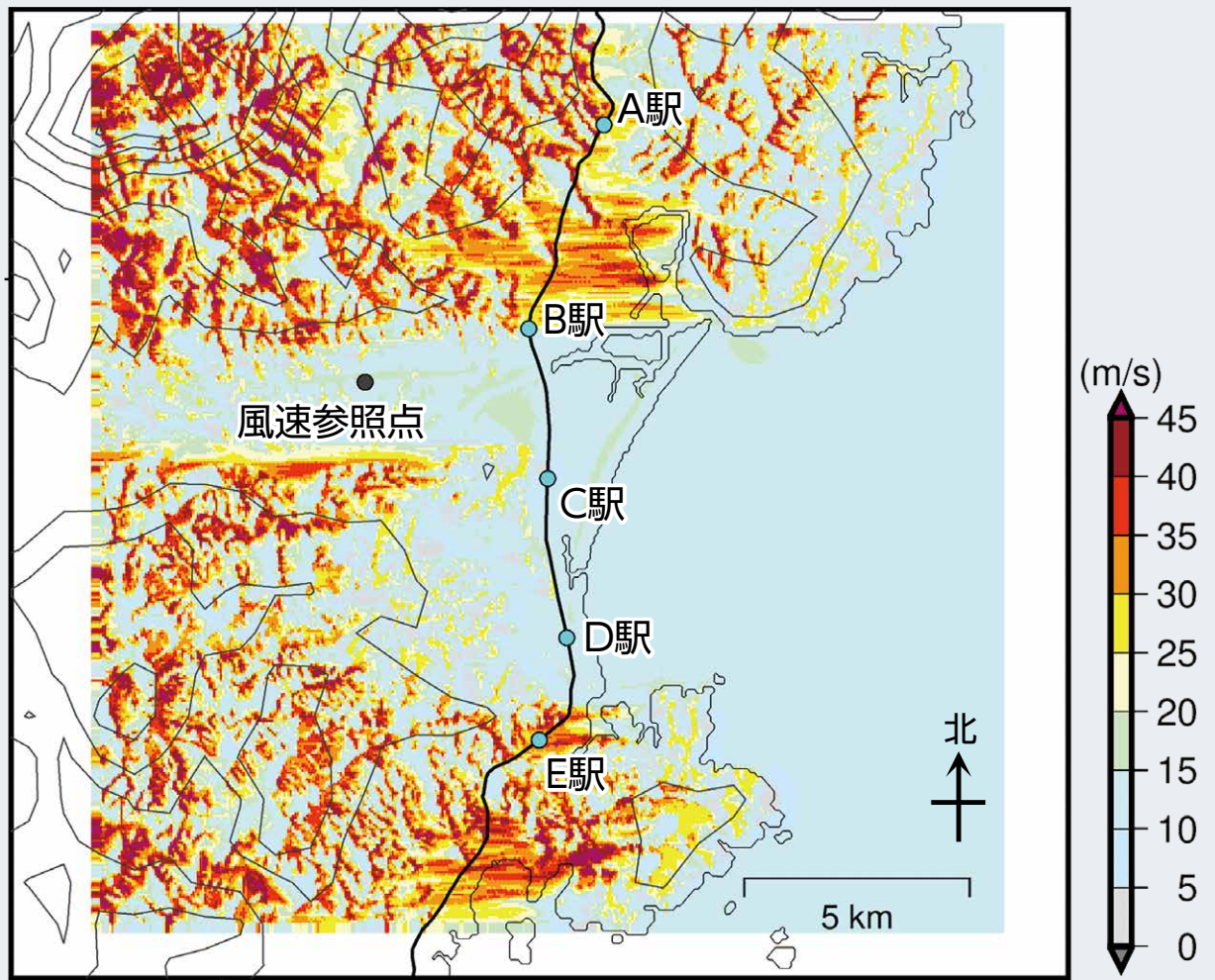


図5 面的に求めた最大瞬間風速の推定値

黒の実線，水色の丸で示しています。図5に示す最大瞬間風速の分布をみると，このエリアでは東側より西側で推定される最大瞬間風速が大きい，つまり，風が強くなる傾向にあることが分かります。また，図6に示す，エリア内の線路上での最大瞬間風速の分布をみると，この場合にはA～B駅にかけての区間とE駅付近で風が強くなっていることが分かります。

### ■ 鉄道沿線の面的な風の分布の応用例

このようにして求めた鉄道沿線の面的な風速の分布は，より適切な鉄道の強風対策に活用できます。

例えば，図5や図6はある時刻での風の面的な分布の推定例ですが，時々刻々と更新される

風向風速の観測データを用いると，時々刻々と変化する風の面的な分布を求めることができ，強風が吹いている場所や，飛来物や風倒木などの強風災害が発生しうるエリアがどう変化するかを推定することができます。

また，観測された風速は最新の観測データのみならず過去の観測データや未来の予測データも活用が可能です。例えば，過去の長期間にわたる風観測データを用いて鉄道沿線の風の面的な分布を長期間分求めて組み合わせると，対象とするエリアで強風が吹きやすい箇所を推定することができ，風速計や防風柵などの設備を効果的に整備するための判断材料が得られるようになります。また，未来の予測データを用いて鉄

## 線路キロ程別の最大瞬間風速の推定値

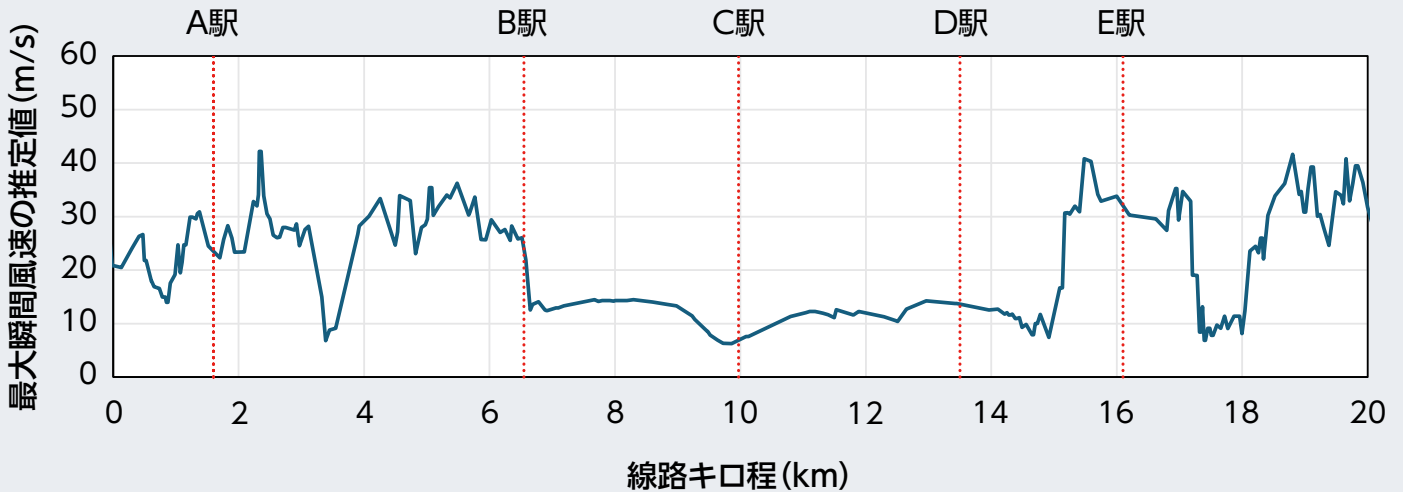


図6 線路キロ程別に求めた最大瞬間風速の推定値の例（ある時刻でのイメージ図）

道沿線の風の面的分布を求めると、風が強くなるエリアがどこで発生し、いつ風が弱くなるかを前もってわかることができるようになるため、より効率的な運転規制ができるようになると考えられます。

### おわりに

鉄道沿線に設置されている風速計では、風向風速の観測により、「その点」での風データを知ることができますが、鉄道沿線全体の風をより的確に得るためには「線」や「面」での風を知ることが必要となります。本稿では風の流れを面的に求めることができる気流モデルでの計算結果と風速計の観測データを組み合わせて鉄道

沿線の風を面的に知る方法を紹介しました。

鉄道総研では今後も引き続き、風の流れを面的に推定することによる鉄道沿線の風速分布の実況推定や予測手法の開発を進めていく予定です。

一部の図の描画にはGMT (The Generic Mapping Tools)<sup>2)</sup>を使いました。RRR

### 文献

- 1) 気象庁：数値予報とは、<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/whitep/1-3-1.html>(入手日:2025年6月10日)
- 2) Wessel, P., Luis, J. F., Uieda, L., Scharroo, R., Wobbe, F., Smith, W. H. F., & Tian, D.: The Generic Mapping Tools Version 6. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 20(11), pp.5556-5564, 2019, <https://doi.org/10.1029/2019GC008515>