

気象機関の風速予測と気流解析を 活用した沿線風速の予測手法

防災技術研究部 気象防災研究室
エキスパートマネージャー 荒木 啓司

• 背景

- 現在の鉄道の強風対策は「**経験**」を糧に発展。
- 近年、**これまで経験してこなかった災害**が増加。
 - ☞ 鉄道の強風対策を補強する必要性
- 鉄道の特情：運転規制に**瞬間風速**を使用
 - ☞ **瞬間風速**ベースで強風の実況監視・将来予測を行う必要性

• 目的

強風を経験してこなかった線区（風速計が未配備の線区）でも**低コストに風の実況監視や将来予測を可能とする技術**の開発

- 鉄道の強風対策の現状と課題
- 将来の沿線風速を予測する手法
- 予測した風速の誤差
- まとめと成果の活用

- 鉄道**の強風対策の現状と課題**
- 将来の沿線風速を予測する手法
- 予測した風速の誤差
- まとめと成果の活用

鉄道の強風対策とその変遷

◆鉄道の主な強風対策

- ・防風柵
- ・強風監視＋運転規制(瞬間風速)



◆強風対策の実施範囲

- ・鉄道沿線で強い風がよく吹く区間
例)河川橋梁、高架橋、高盛土、田園地域の平地

◆強風対策の変遷

- ・事故を教訓に対策を強化(防風柵の区間増、運転規制値の精査、変更)
☞ 2006年9月以降、約20年にわたり強風事故の発生なし

現在の強風対策は「経験」を糧に発展

強風発生状況の変化

◆近年の強風発生(台風を例に)

- ・勢力の強大化
「最大瞬間風速の観測史上1位を更新」
- ・移動速度、経路の変化
「迷走」,「ノロノロ」,「自転車並みの速度」

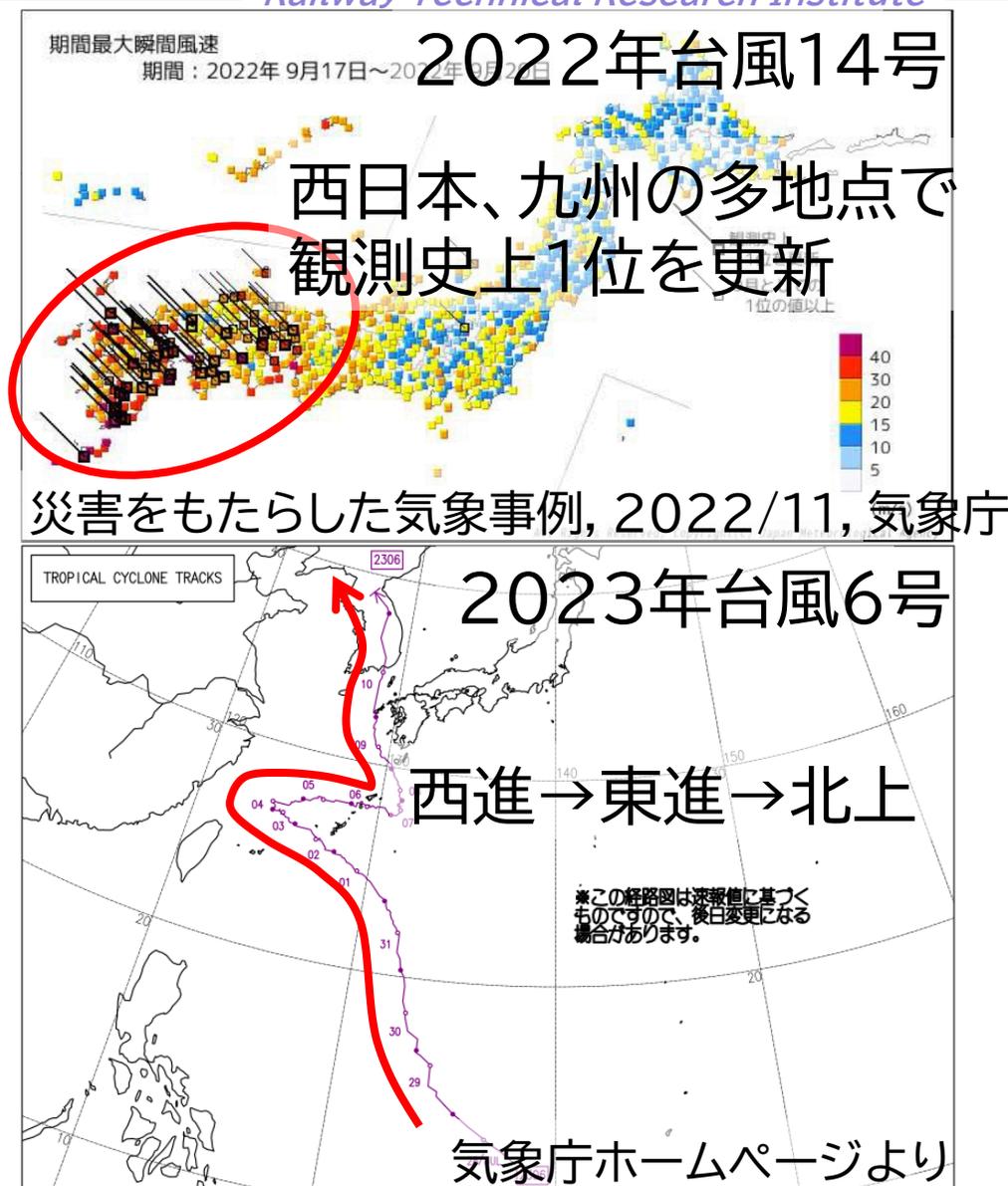
これまでの「経験」から外れた強風発生が増加



弱風区間(未対策区間)でも強風が吹く可能性

(とはいえ・・・)年間に数回程度の事象

低コストで広範囲の強風を監視する技術



強風を監視する技術と鉄道での課題

◆「今」の強風を監視: 風速計(点)

- ・鉄道: 1,500箇所以上
強風区間に集中的に配置
- ・気象庁: 約840箇所
地域の気象を代表するために配置

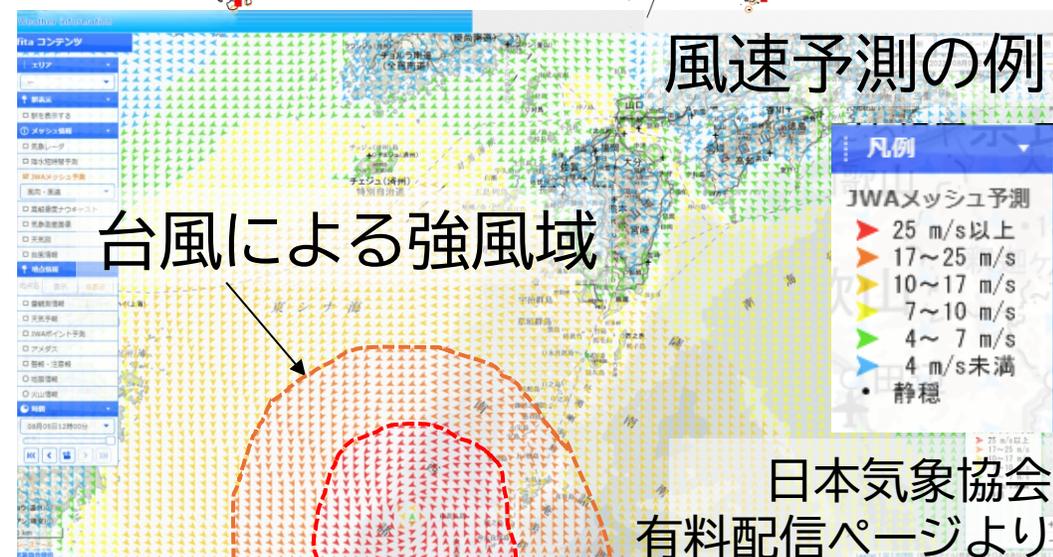
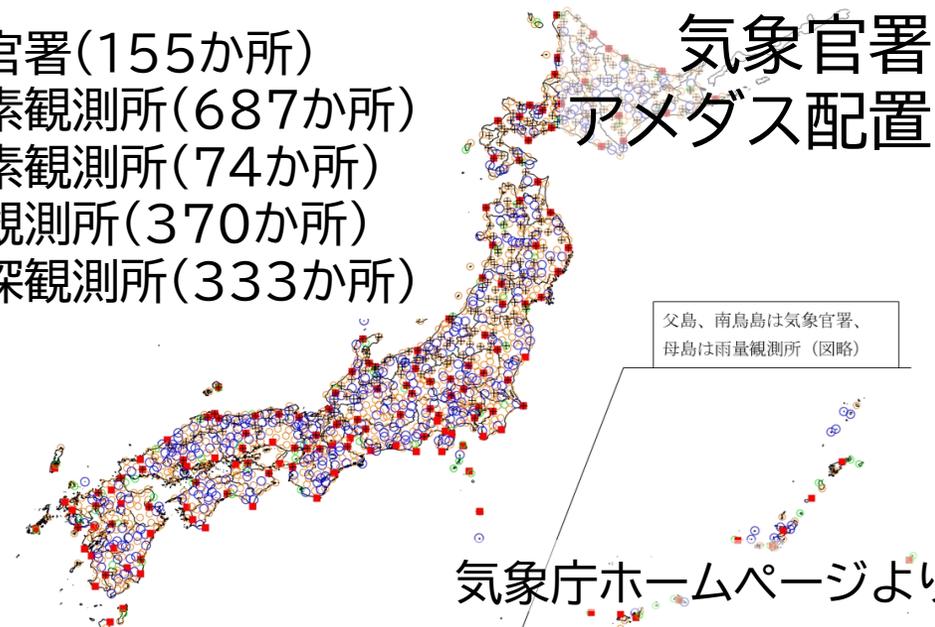
◆「これから」の強風を監視: 予測(面)

- ・気象庁、民間気象会社
~5km格子、~1時間毎、**平均風速**

鉄道での活用には

- ・より高い解像度(空間・時間)
- ・平均風速から瞬間風速への変換が必要

- 気象官署(155か所)
- 四要素観測所(687か所)
- 三要素観測所(74か所)
- 雨量観測所(370か所)
- + 積雪深観測所(333か所)



- 鉄道の強風対策の現状と課題
- 将来の沿線風速を予測する手法
- 予測した風速の誤差
- まとめと成果の活用

現在の沿線風速を評価する手法(既開発)

第363回月例発表会
(2023.11)で発表

Railway Technical Research Institute

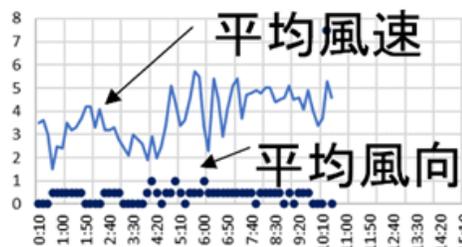
気象庁の実況風速

×

風速増減率

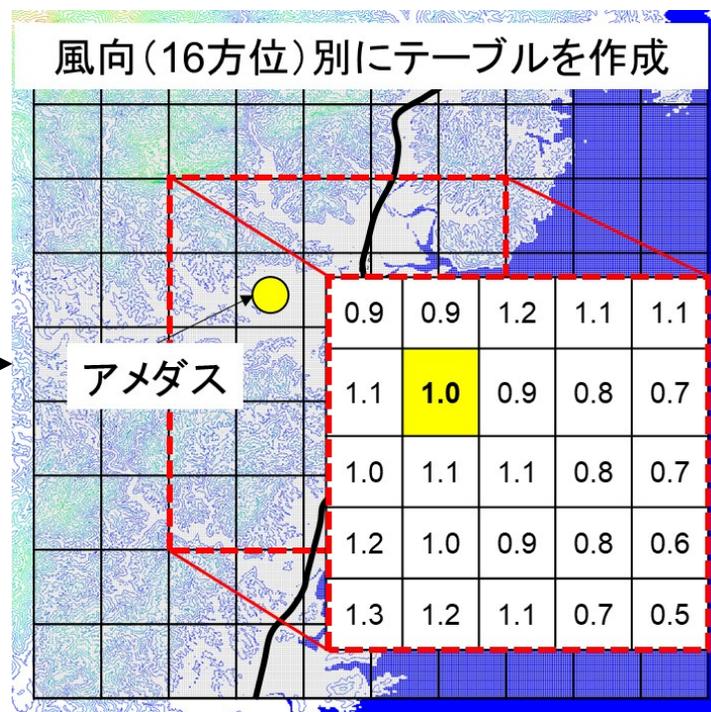
=

沿線風速(マップ)



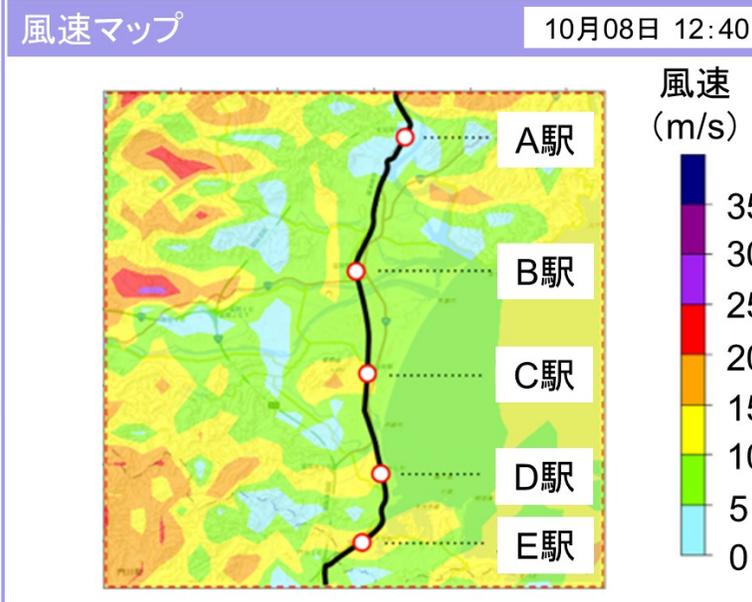
アメダスの10分間平均風速・風向
・10分毎に風向風速データ更新

平均風速から瞬間風速への
変換テーブル



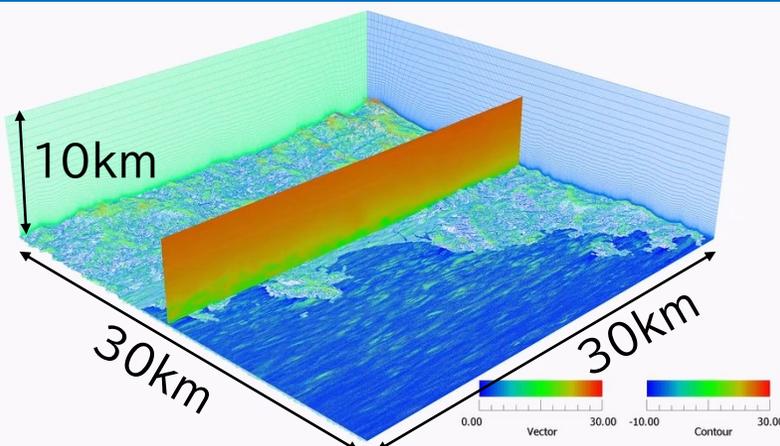
- 最密100m×100m解像度
- 平均的な風の強弱
- 局所的な増速効果 を考慮

沿線の風速を面的に評価
(10分間最大瞬間風速に相当)



アメダスの風向風速データの更新
に合せてマップも時間的に変化

気流解析



将来の沿線風速を予測する手法(本発表)

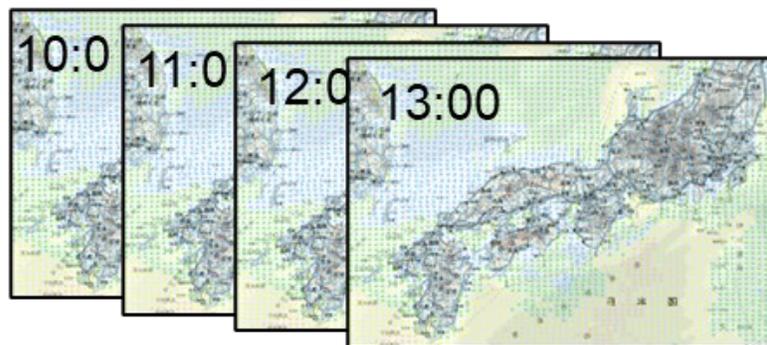
気象機関の風速予測

×

風速増加率

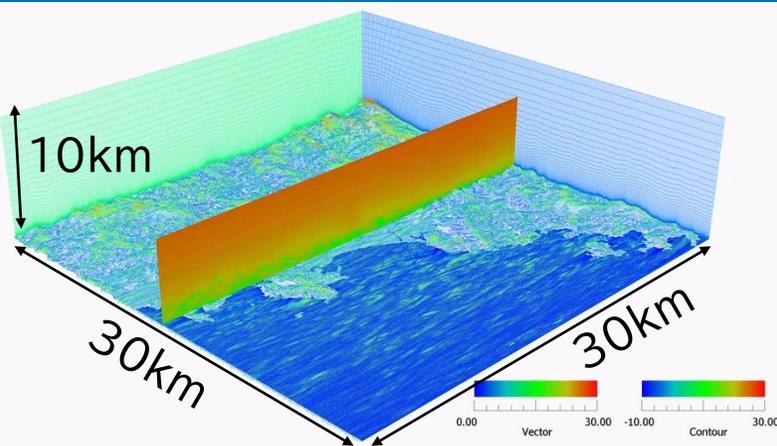
=

風速予測マップ

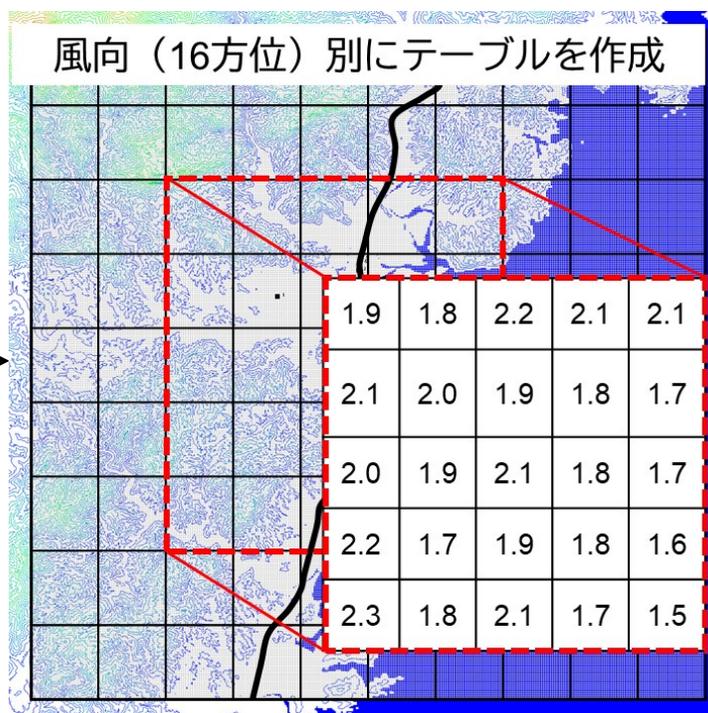


30分毎に風速、風向の予測情報が更新(気象庁LFMの場合)

気流解析



平均風速から瞬間風速への変換テーブル

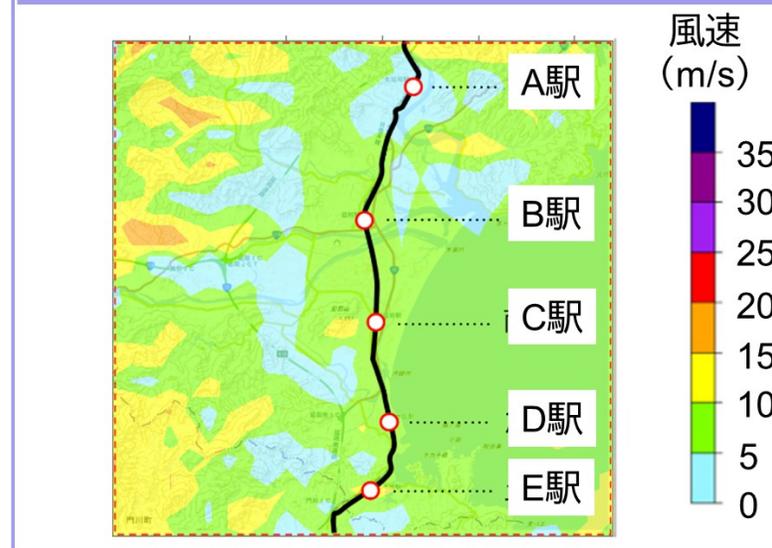


瞬間風速に相当する局所的な風速の増加を考慮

沿線の風速を面的に予測

風速予測マップ

10月08日 13:40



30分毎の風速を8時間先まで予測(気象庁LFMの場合)

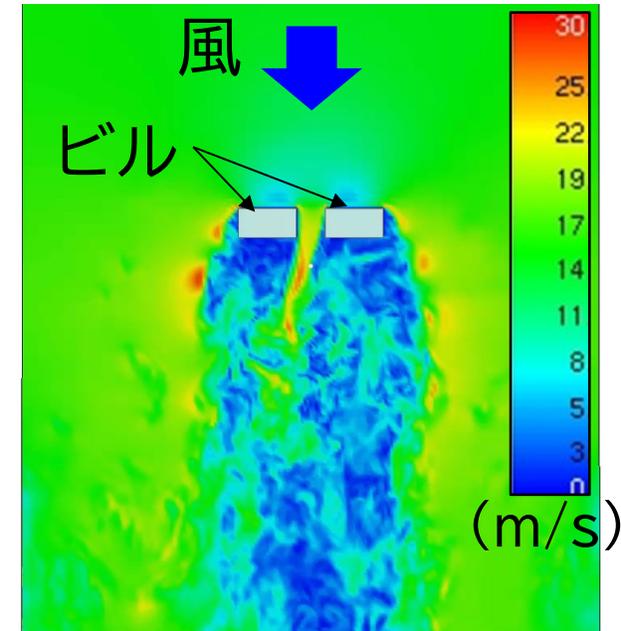
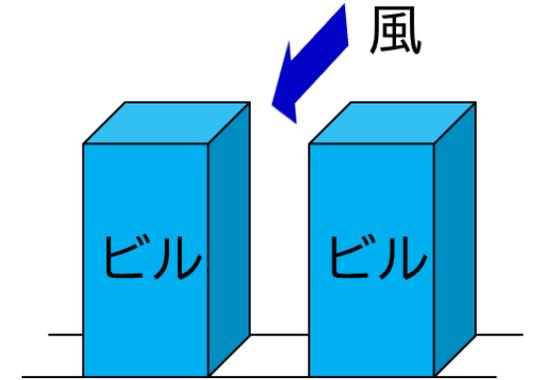
気流解析

◆気流解析とは

- CFD (Computational Fluid Dynamics)
流体力学に基づいて解析領域の各格子点における風向、風速および圧力を数値的に計算
 - ☞ 風洞実験をコンピュータ内で実施するのと同じ
- 地形の起伏や建物が風の流れに及ぼす影響を評価
 - ☞ 風車の立地選定、市街地のビル風評価などで利用
- 将来の風向や風速は予測しない

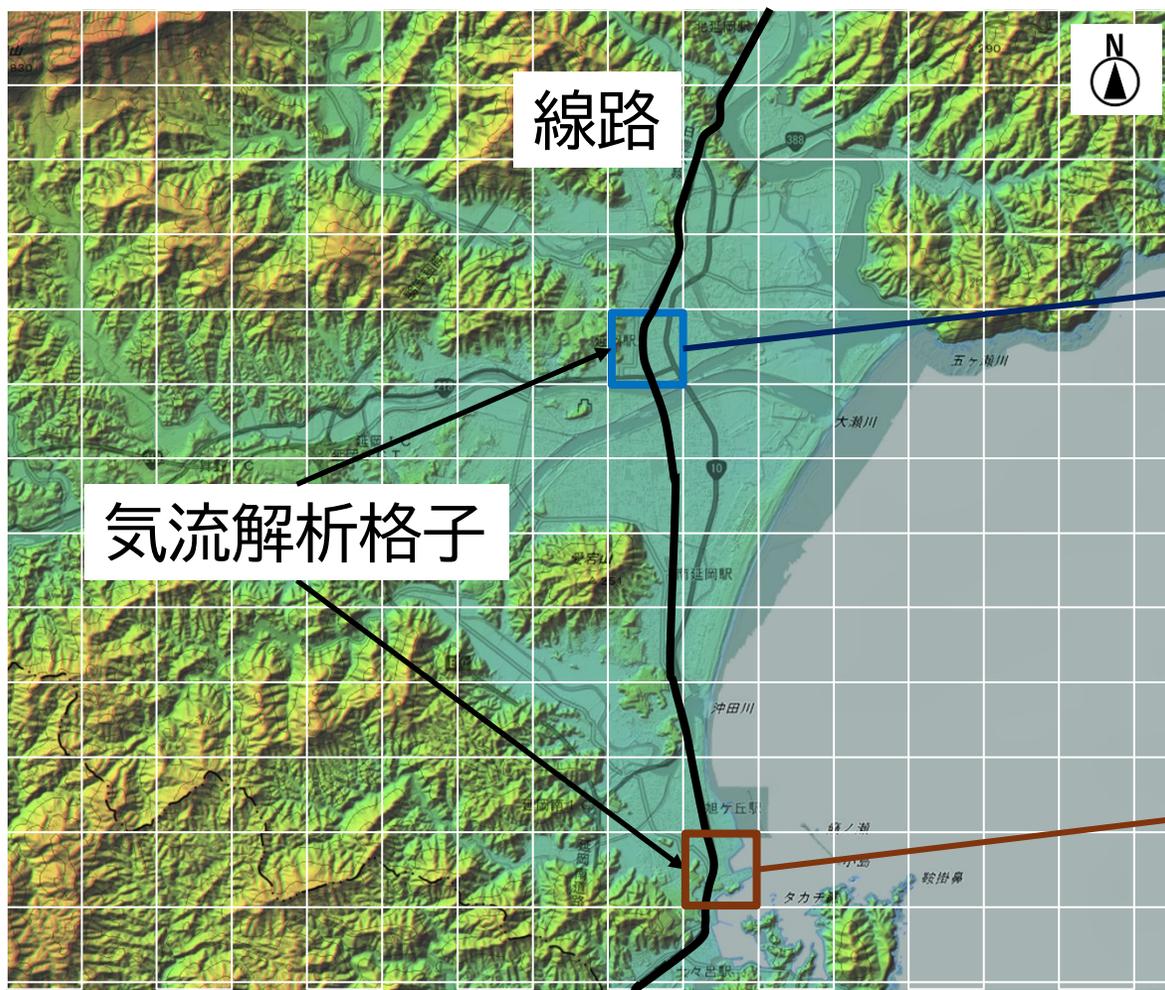
◆今回使用した気流解析モデル

- RIAM-COMPACT (九州大学応用力学研究所が開発)

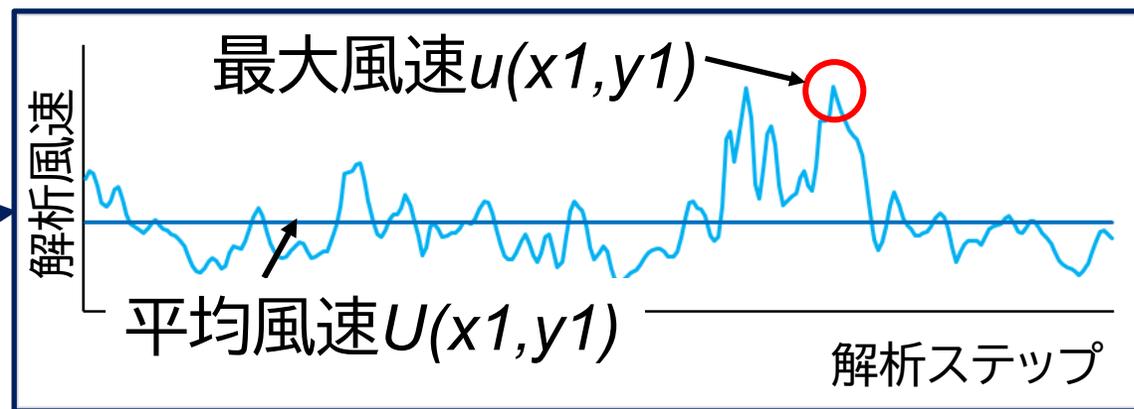


ビル周りの風速分布
(上から見た図)

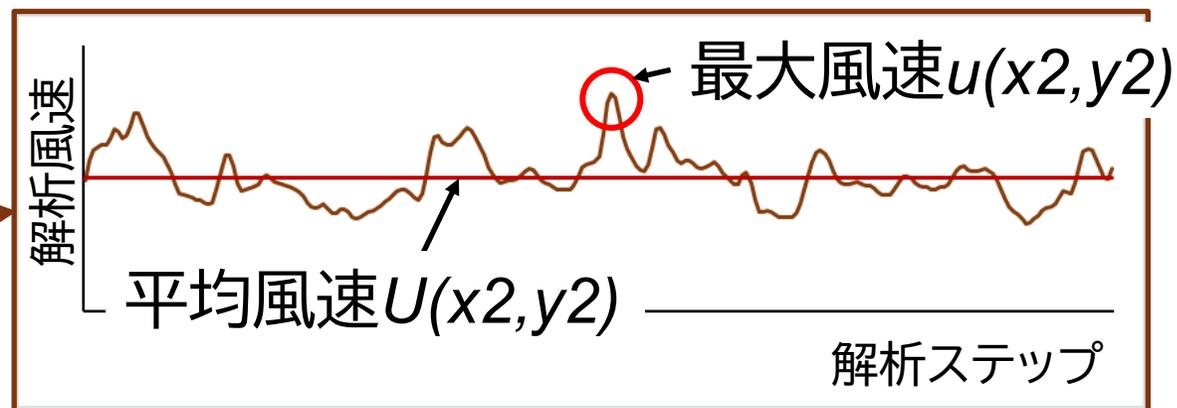
気流解析から求まる風速増加率



気流解析格子点(x1,y1)での解析結果



気流解析格子点(x2,y2)での解析結果



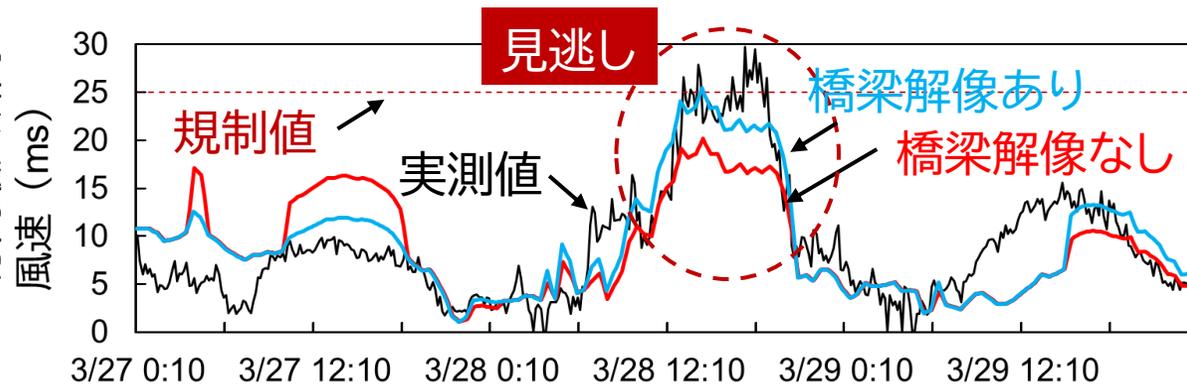
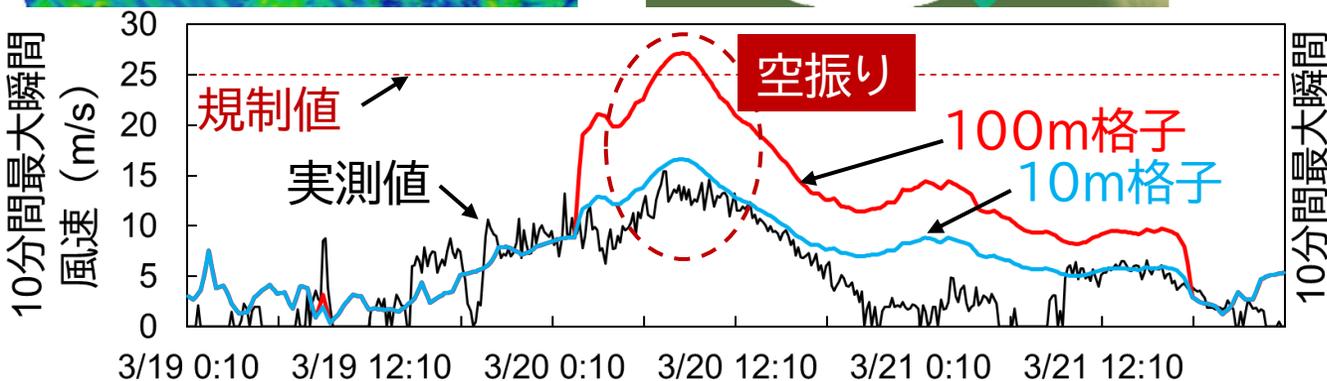
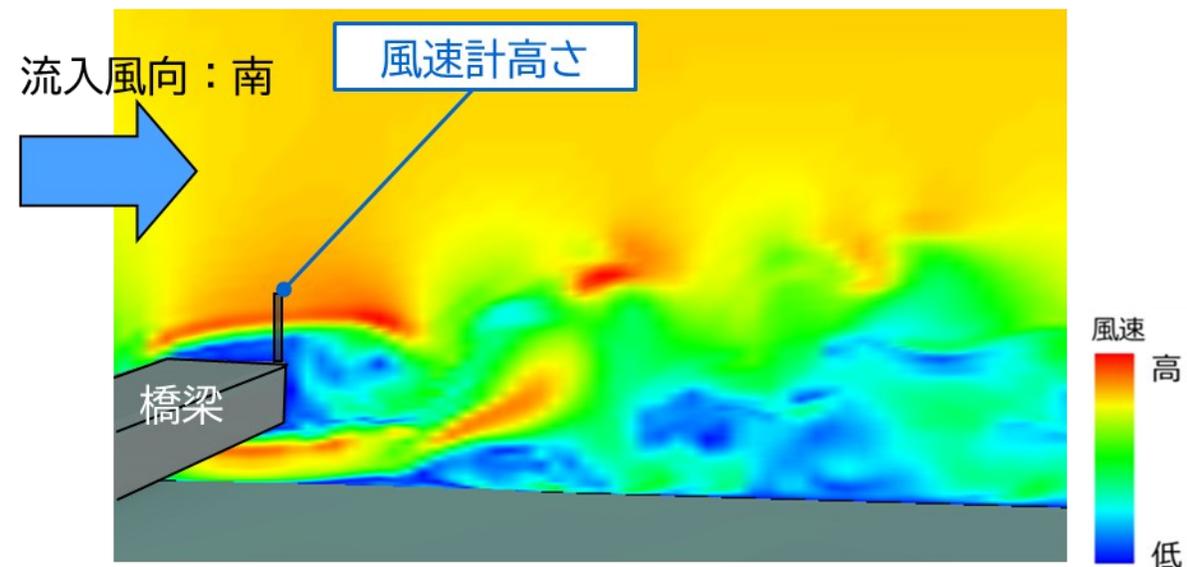
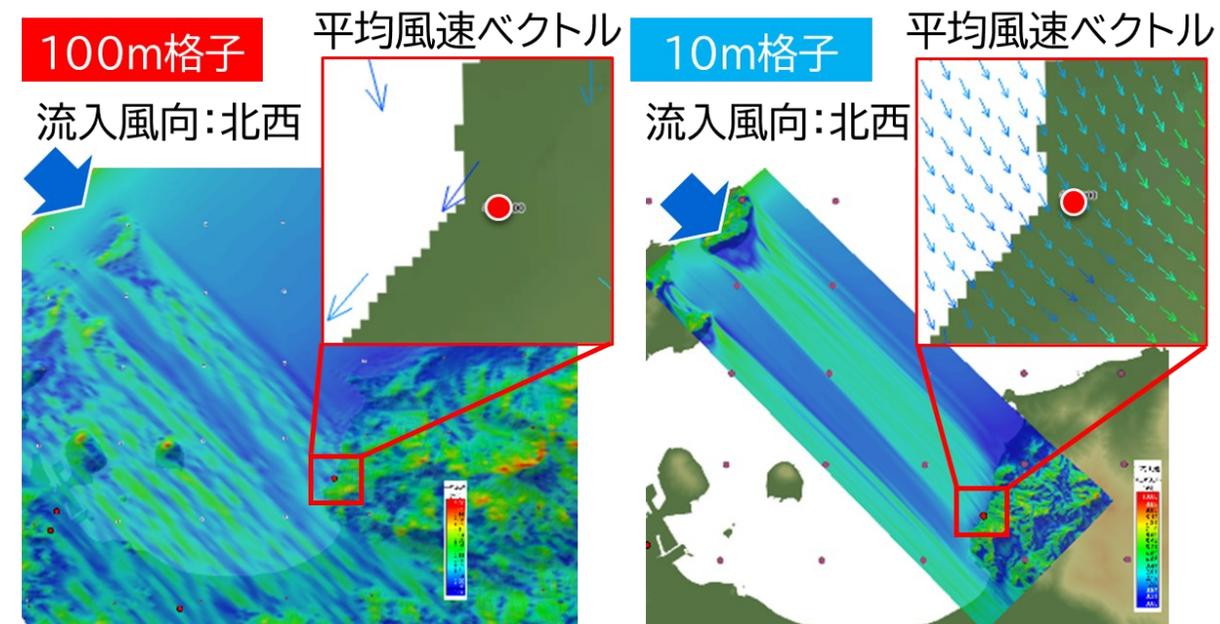
風速増加率 $gR(x, y) = u(x, y) / U(x, y)$

各格子での局所的な風速増加

予測精度を高めるための工夫(精度向上策)

気流解析の高解像度化(水平解像度)

鉄道構造物を解像した気流解析



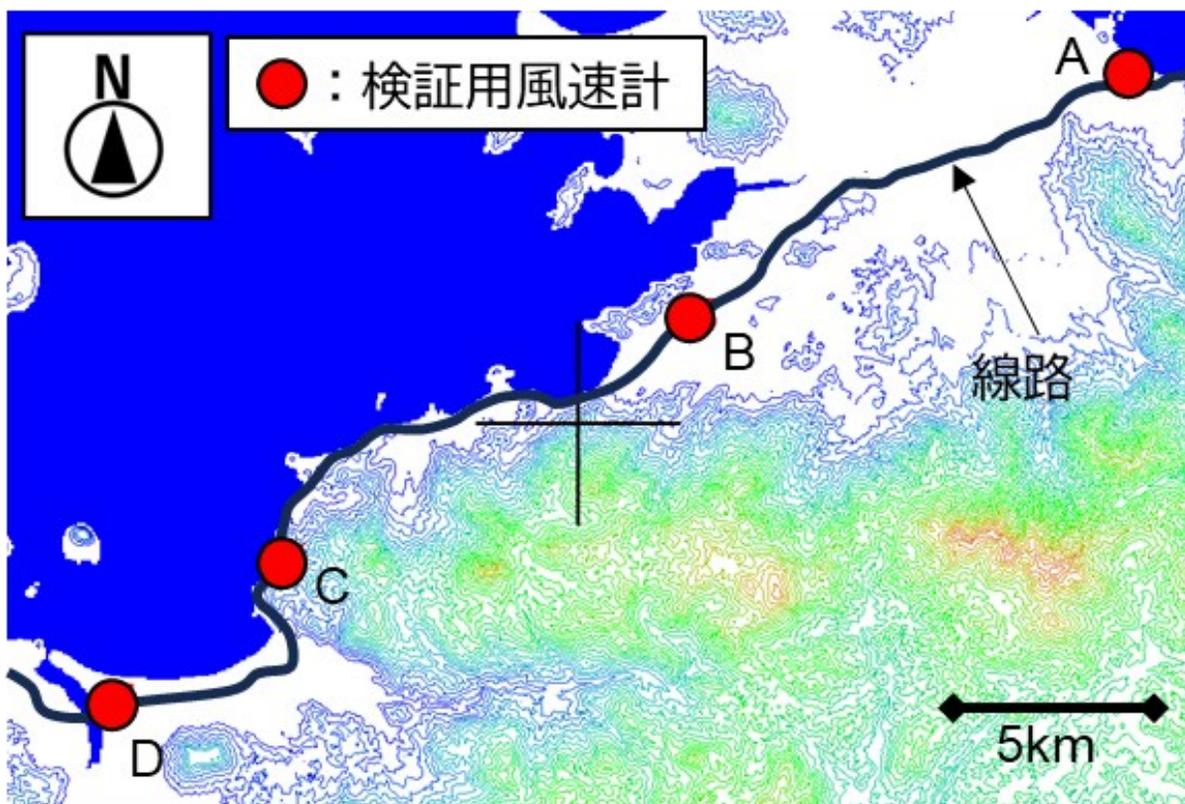
風向の適正評価により予測値の過大評価を改善

橋梁周りの解析により予測値の過小評価を改善

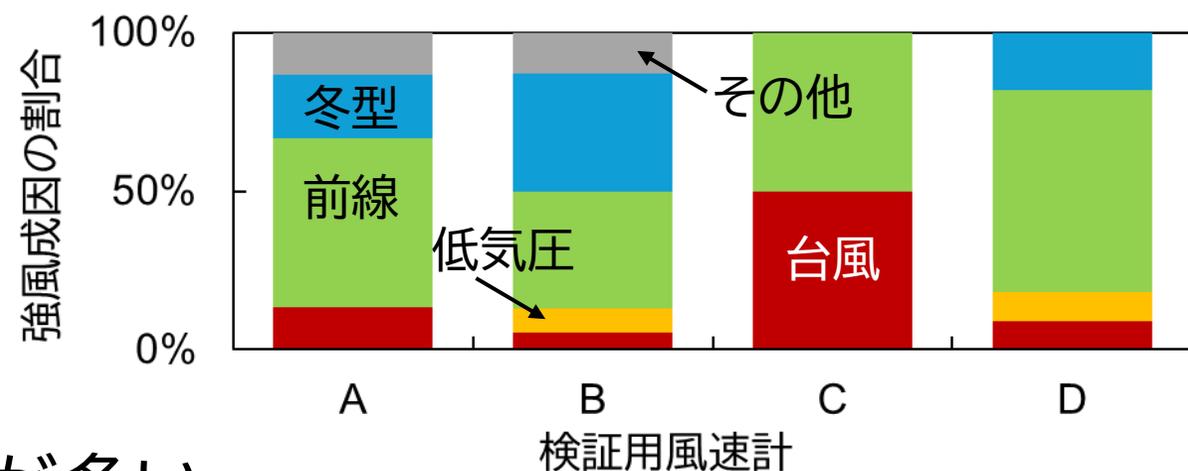
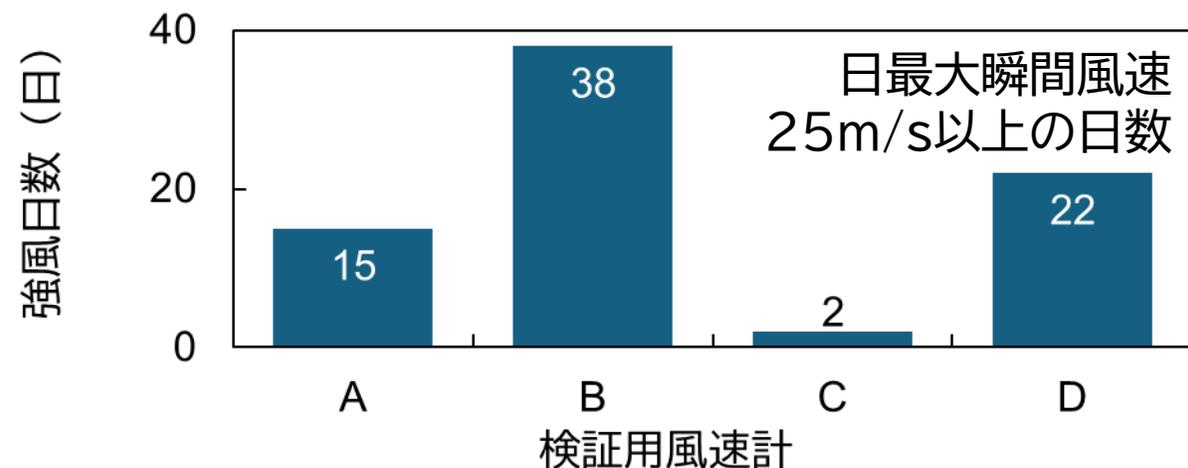
- 鉄道**の**強風対策の現状と課題
- 将来の沿線風速を予測する手法
- 予測した風速の誤差
- まとめと成果の活用

風速予測の検証線区

検証用風速計の配置



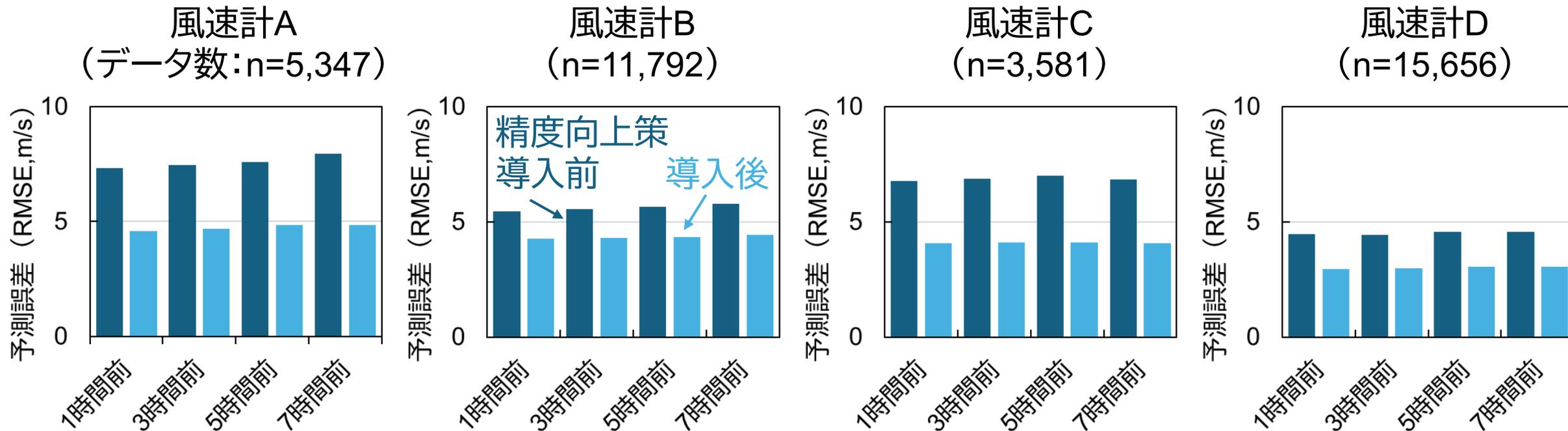
強風発生状況(2022.10~2024.12)



- 風速計BとDで強風日数が多い
- 前線の通過、冬型の気圧配置で強風発生が多い

予測した風速の品質(予測誤差)

- ◆ 鉄道会社の風速計による実測データを用いて予測風速の誤差を評価
 - ・期間 : 2022.10~2024.12
 - ・データ : 10m/s以上(10分間最大瞬間風速)



全ての風速計、1~7時間前の全ての予測で誤差±5m/s未満を達成

- 鉄道**の強風対策の現状と課題**
- 将来の沿線風速を予測する手法
- 予測した風速の誤差
- **まとめと成果の活用**

【まとめ】

- 気象機関の予測情報(平均風速)と気流解析とを組み合わせ、**将来の風速(最大瞬間風速に相当)**を予測する手法を構築した。
- 約2年間にわたり4基の検証用風速計で観測された10m/s以上の風速に対し、**1~7時間前に予測した風速の誤差は±5m/s未満**を達成した。
- 今後、検証線区を増やして本手法の適用性を確認、拡張するとともに、予測精度の向上を進める。

【成果の活用】

- 本手法は、
 - 規制発令**前**:規制発令時の代行手配等の**事前準備**
 - 規制発令**中**:運転規制**解除の見込み**判断に活用できると考えられる。

1. 荒木啓司:数値計算を用いて強風箇所を抽出する, JREA, Vol.65, No.1, pp.21-24, 2021
2. 谷山賀浩, 荒木啓司:風力発電向け風況解析技術の鉄道への展開, 鉄道と電気技術, Vol.33, No.12, pp.3-7, 2022
3. Keiji ARAKI, Takaaki FUKUHARA, Rimpei KAMAMOTO: A Method for Extracting Windy Sections along Railway Lines using Numerical Simulations, Japanese Railway Engineering, Vol.62, No.4, pp.6-8, 2022
4. 福原隆彰, 荒木啓司, 京増顕文:強風災害を防ぐため、鉄道沿線で吹く風の流を探る, RRR, Vol.82, No.5, pp.10-15, 2025