

# 気象庁の風速情報と気流解析を 活用した沿線風速の評価手法

防災技術研究部 気象防災研究室

主任研究員(上級) 荒木 啓司

# 本日の発表

1. 鉄道の強風対策の現状と課題
2. 気象庁の風速情報と気流解析を活用した風速の評価手法
3. 風速の評価手法により推定した風速の誤差評価
4. まとめと成果の活用

# 本日の発表

1. 鉄道の強風対策の現状と課題
2. 気象庁の風速情報と気流解析を活用した風速の評価手法
3. 風速の評価手法により推定した風速の誤差評価
4. まとめと成果の活用

# 鉄道の強風対策

## ◆鉄道の主な強風対策

- ・防風柵
- ・強風監視＋運転規制

## ◆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、15年以上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

# 近年の強風発生

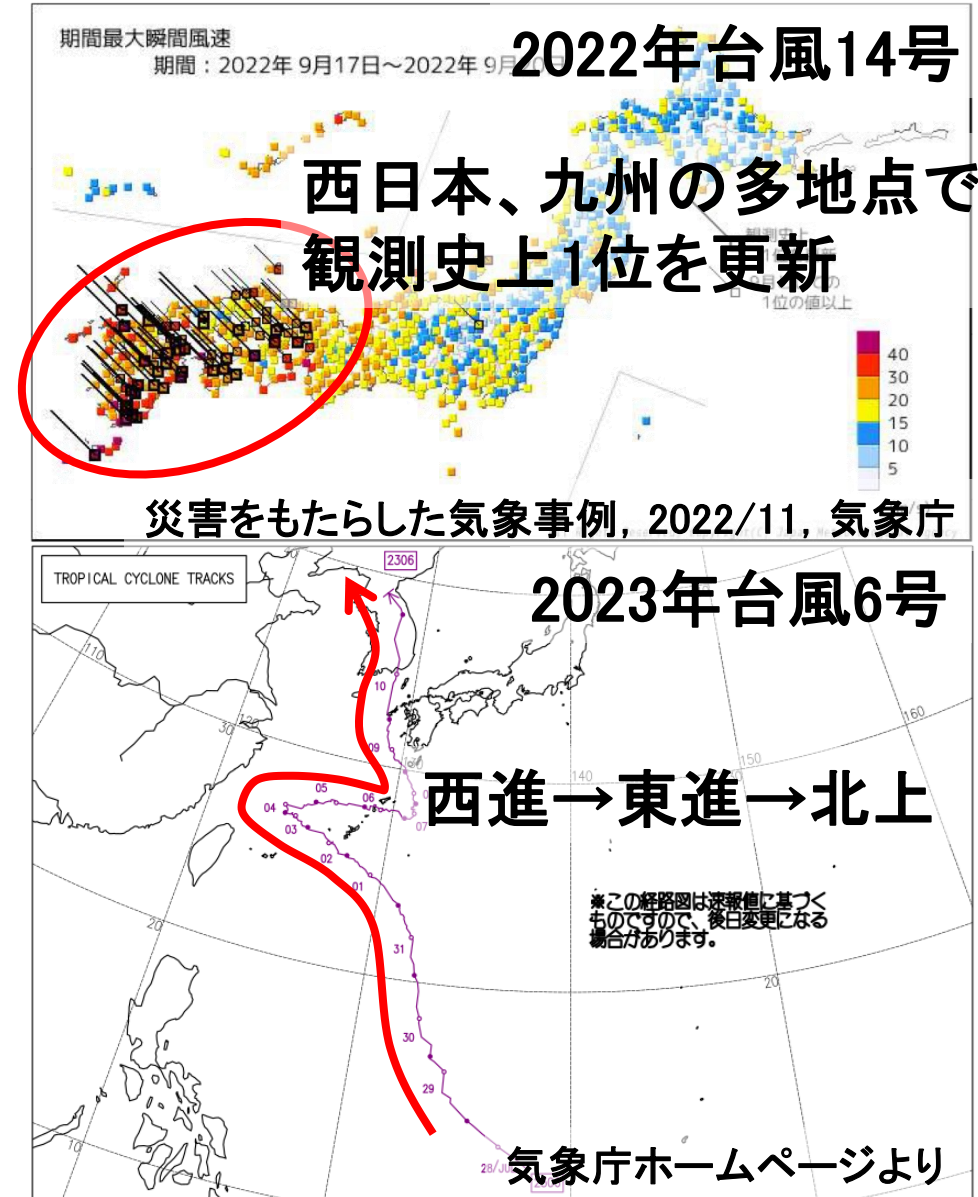
## ◆近年の強風発生(台風を例に)

- ・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  
「ノロノロ」、「自転車並みの速度」、「迷走」

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

## ◆「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

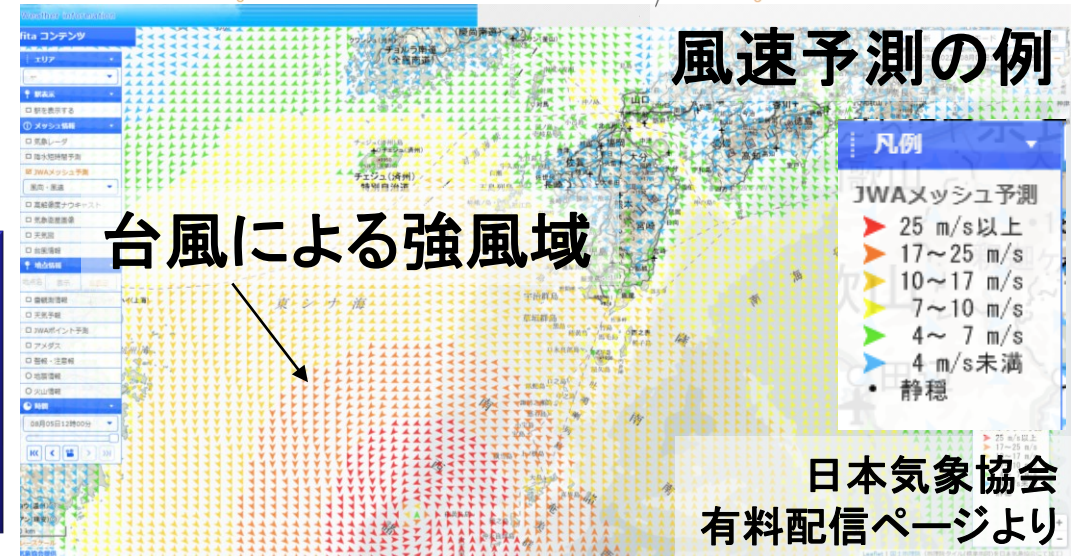
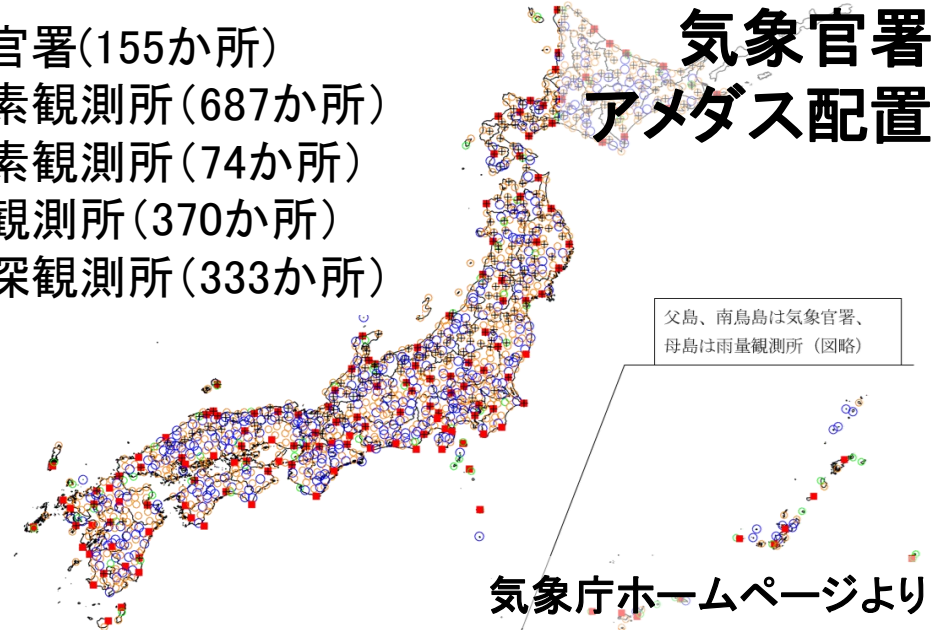
## ◆「これから」の強風を監視：予測（面）

- ・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）で
- ・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)



# 本日の発表

1. 鉄道の強風対策の現状と課題
2. 気象庁の風速情報と気流解析を活用した風速の評価手法
3. 風速の評価手法により推定した風速の誤差評価
4. まとめと成果の活用

# 沿線風速の評価手法の概要

気象庁の風速情報

×

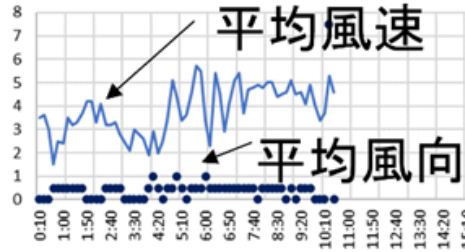
風速増減率

=

沿線風速(マップ)

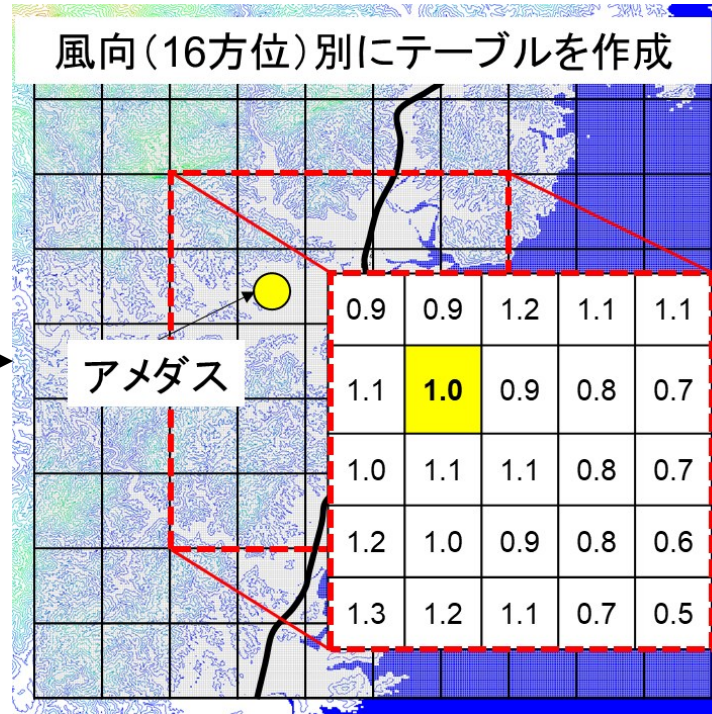
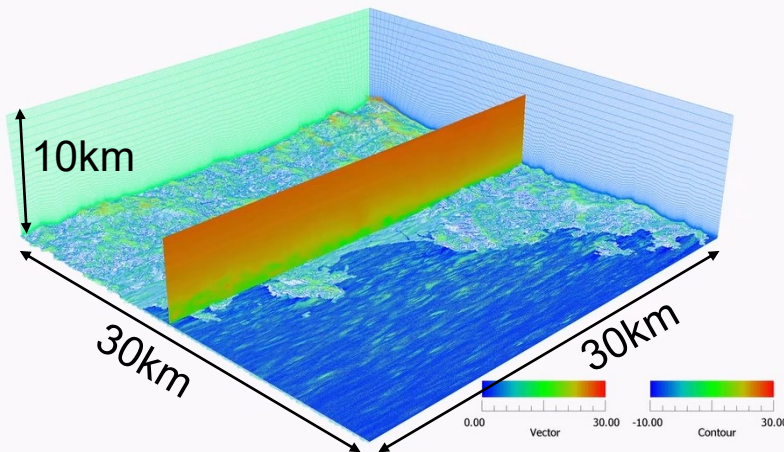
平均風速から瞬間風速への変換テーブル

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10分間平均風速・風向  
・10分毎に風向風速データ更新

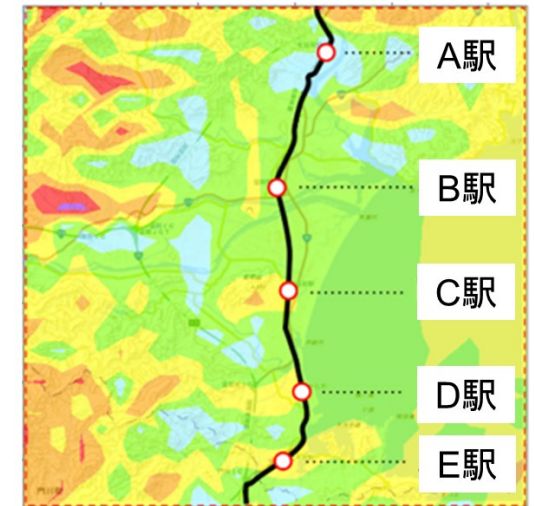
## 気流解析



- 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

風速マップ

10月08日 12:40



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





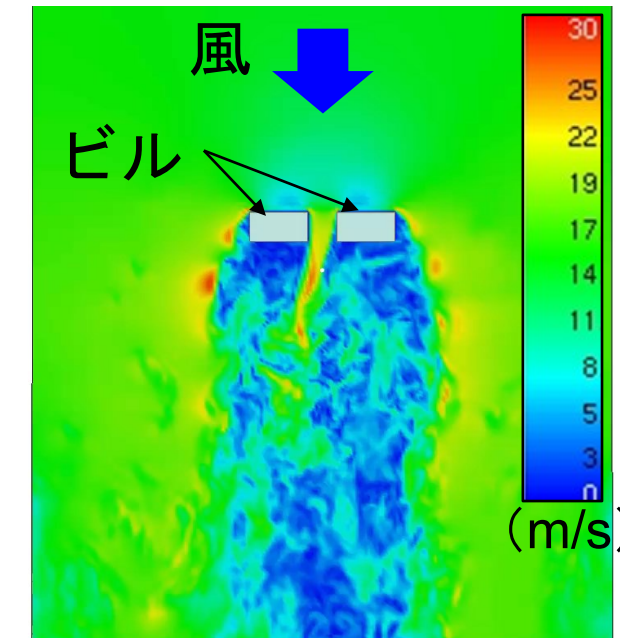
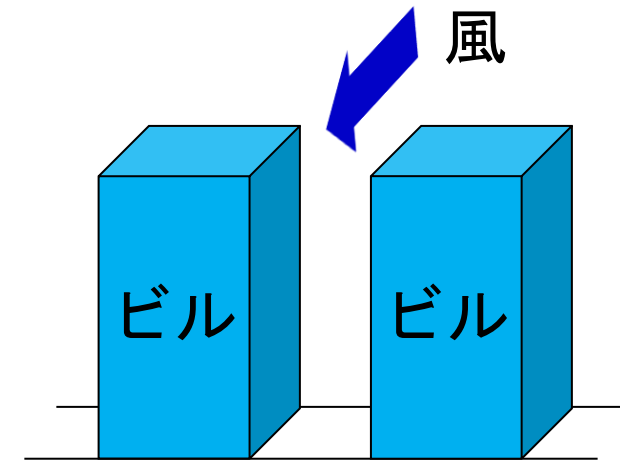
# 気流解析

## ◆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

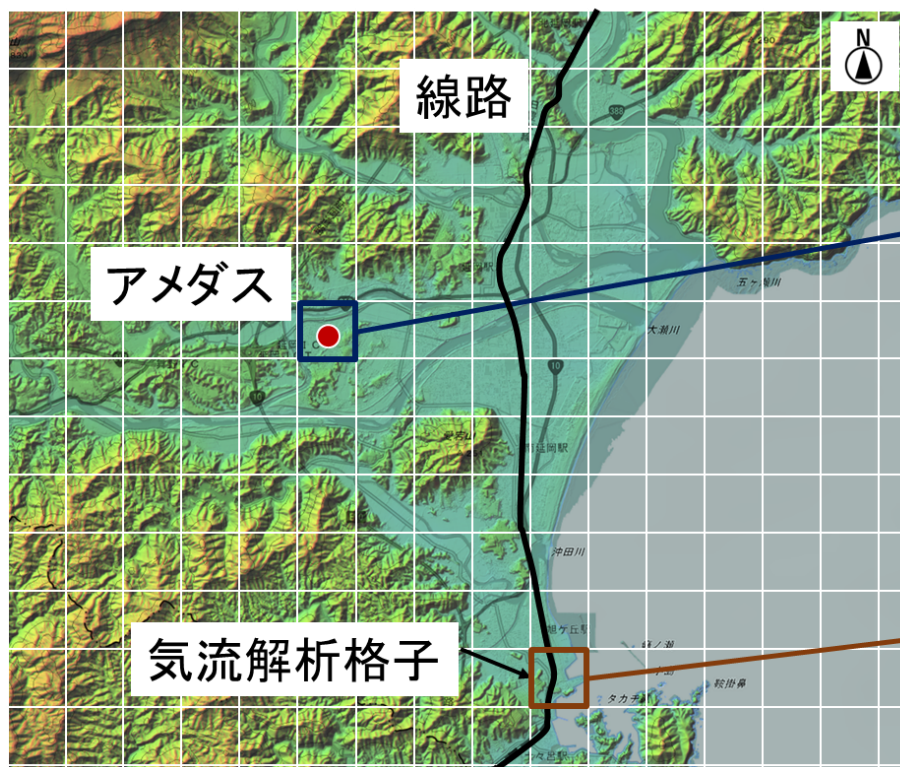
## ◆今回使用した気流解析モデル

- RIAM-COMPACT (九州大学応用力学研究所が開発)



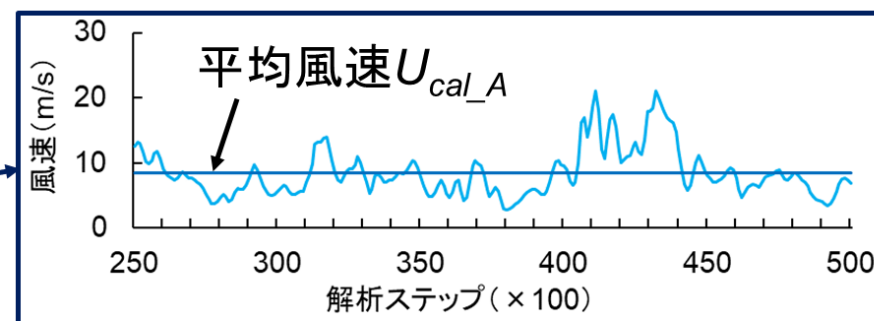
ビル周りの風速分布  
(上から見た図)

# 風速増減率

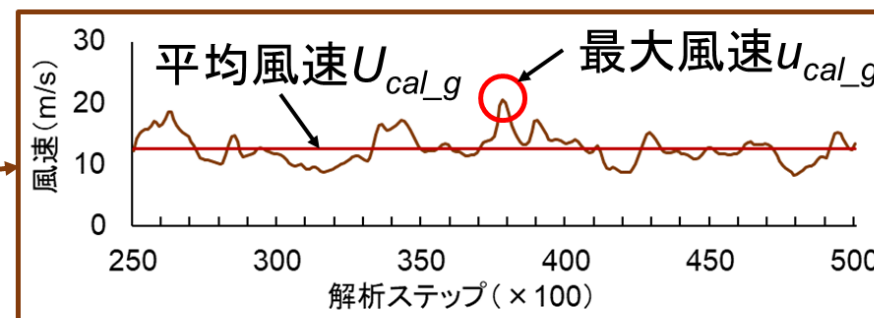


地図は国土地理院地図を加工して作成

アメダスが位置する格子点(i,j)での解析結果



アメダス以外の各格子点(x,y)での解析結果



平均風速比  $UR(x,y) = U_{cal\_g}(x,y) / U_{cal\_A}(i,j)$     指    アメダス位置での風速に対する比

風速増加率  $gR(x,y) = u_{cal\_g}(x,y) / U_{cal\_g}(x,y)$     指    各格子での局所的な風速増加

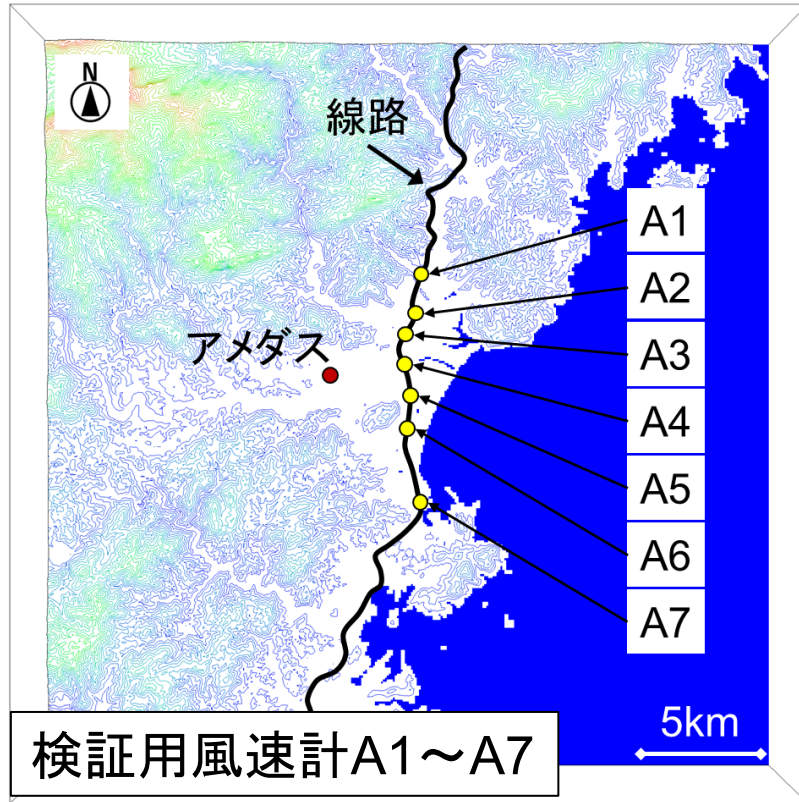
$$\text{風速増減率 } GL(x,y) = UR(x,y) \times gR(x,y)$$

# 本日の発表

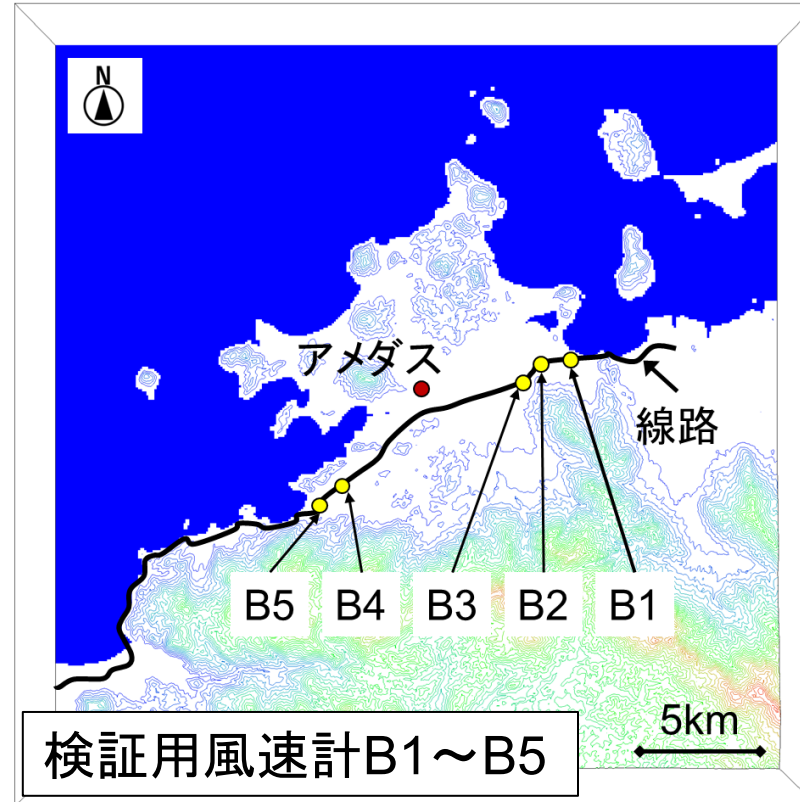
1. 鉄道の強風対策の現状と課題
2. 気象庁の風速情報と気流解析を活用した風速の評価手法
3. 風速の評価手法により推定した風速の誤差評価
4. まとめと成果の活用

# 検証線区と風観測による検証用データ取得

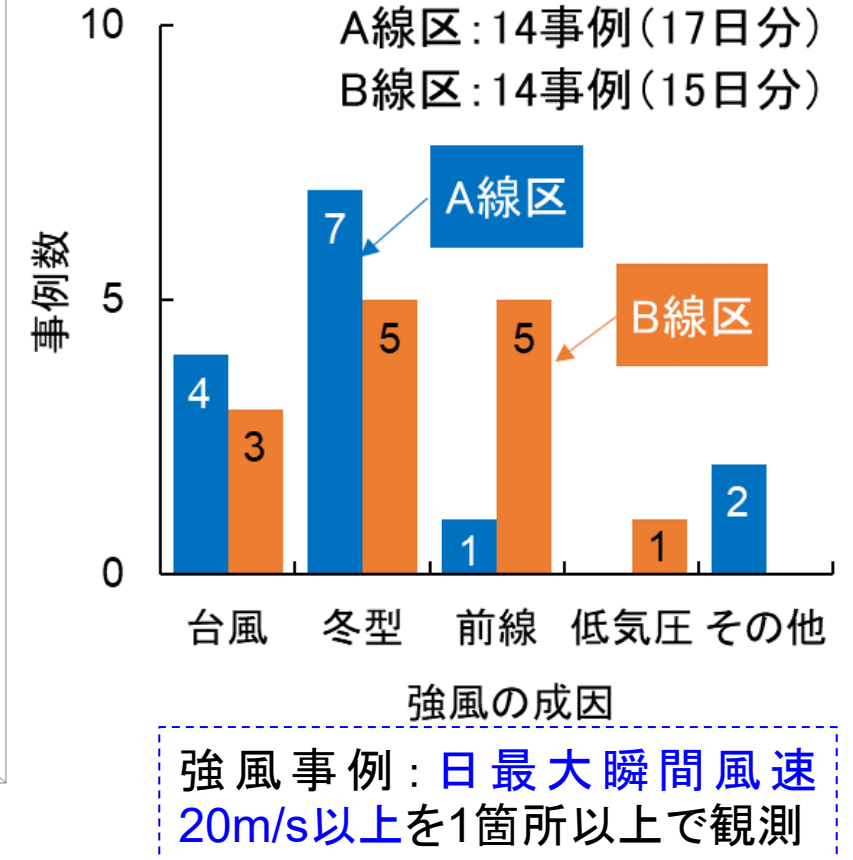
## A線区(太平洋側)



## B線区(日本海側)



## 風観測で得た強風事例数

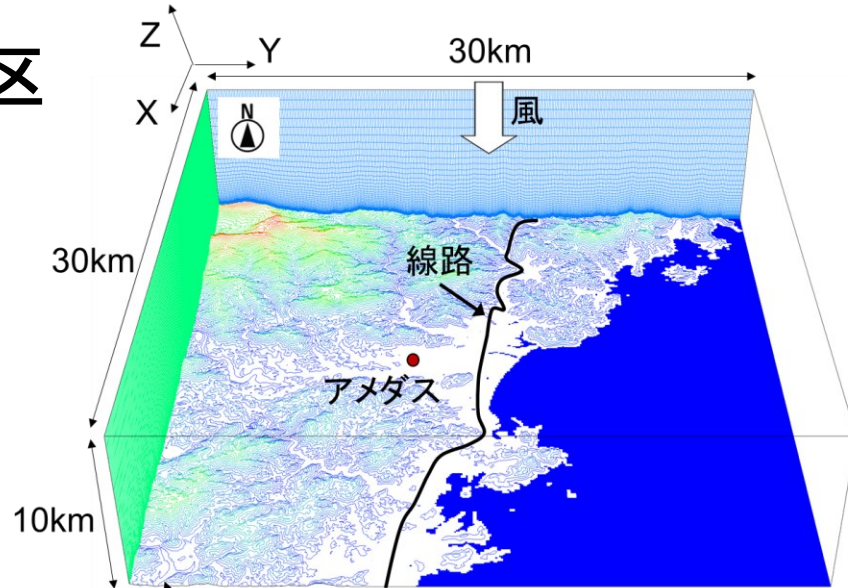


両線区にて約2年間の風観測を実施、検証用の強風データを取得

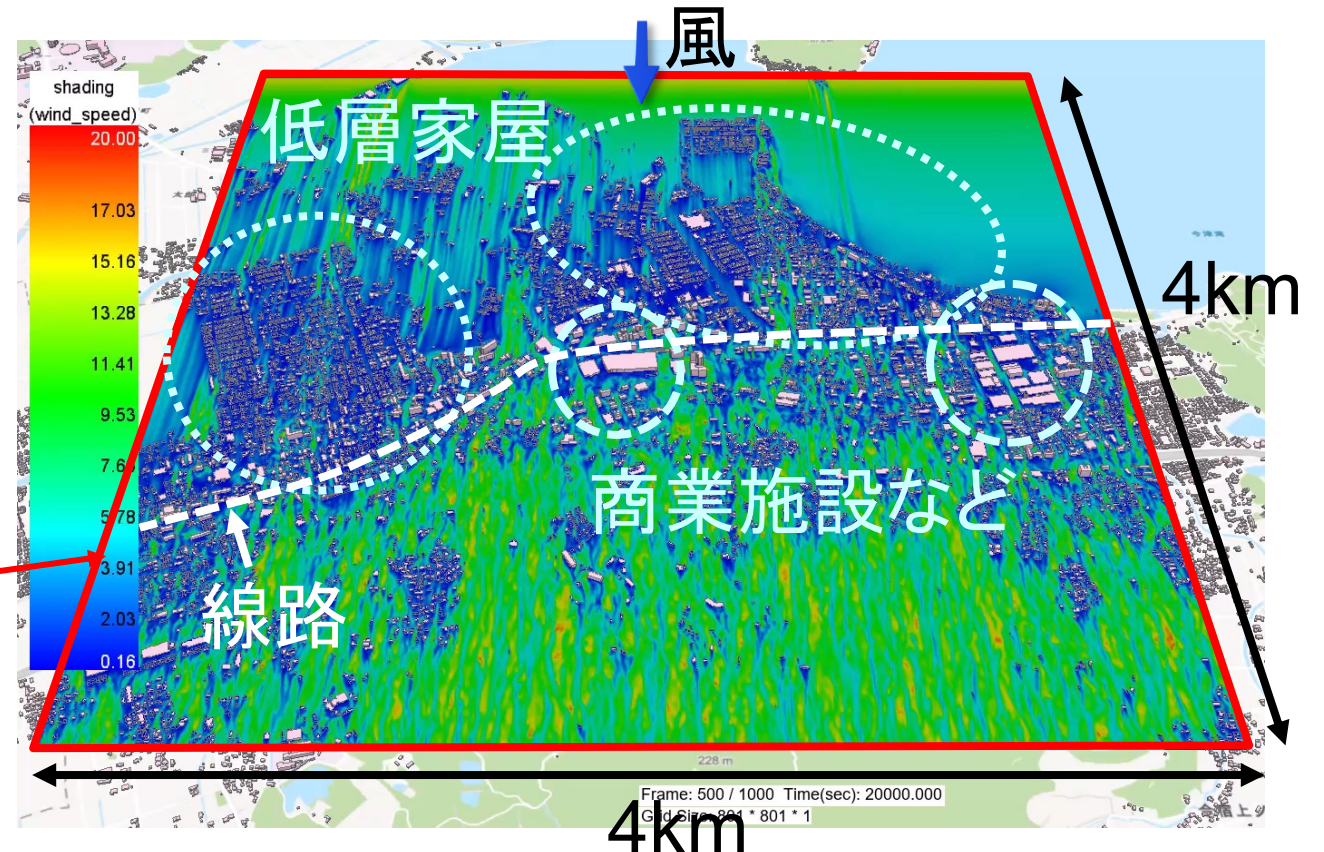
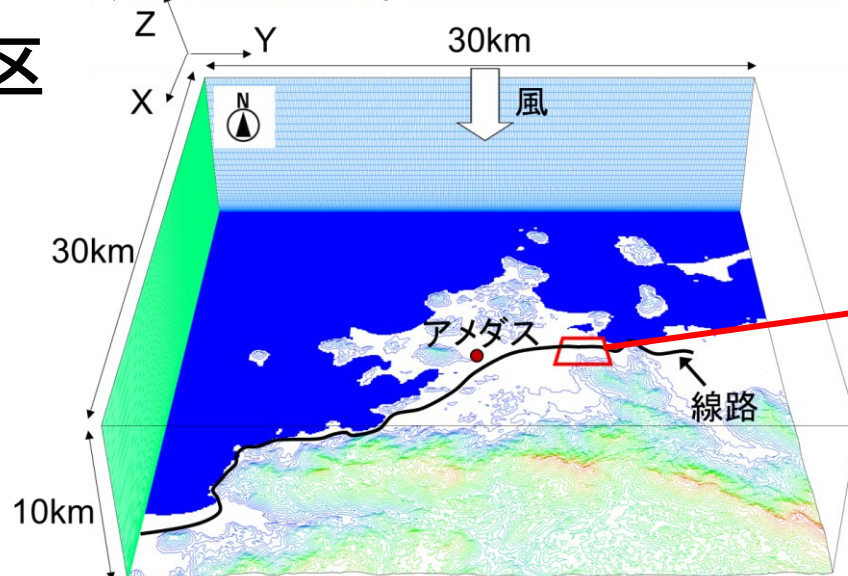
# 検証線区での気流解析

- 2線区での気流解析条件はほぼ同じ
- A線区: 地形の起伏のみを再現
- B線区: 市街地(下図)の沿線建物を再現

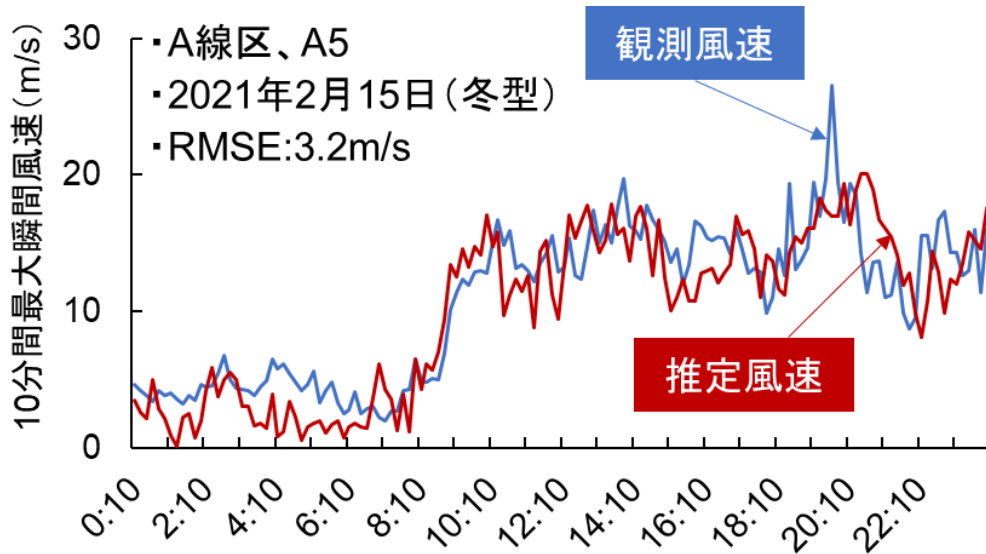
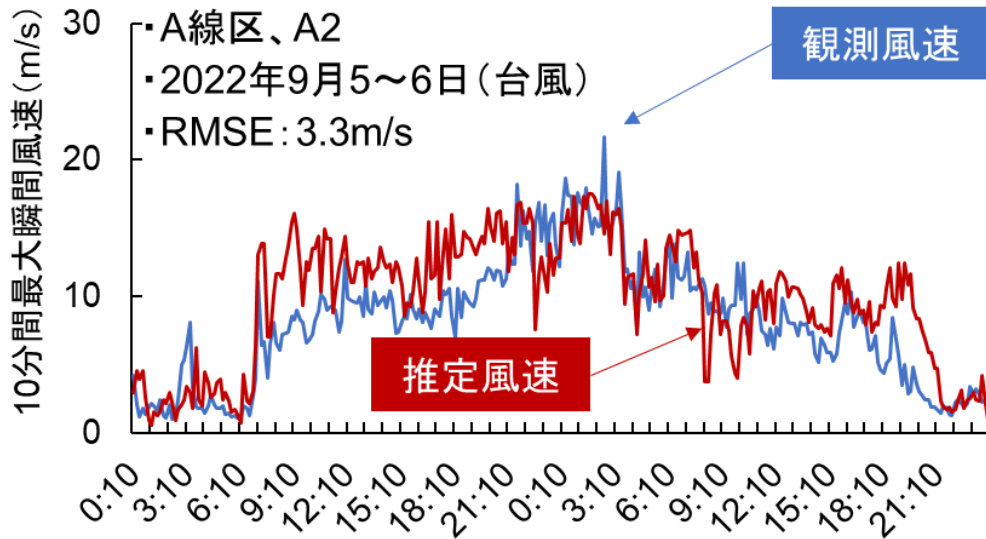
A線区



B線区



# 推定風速の誤差評価

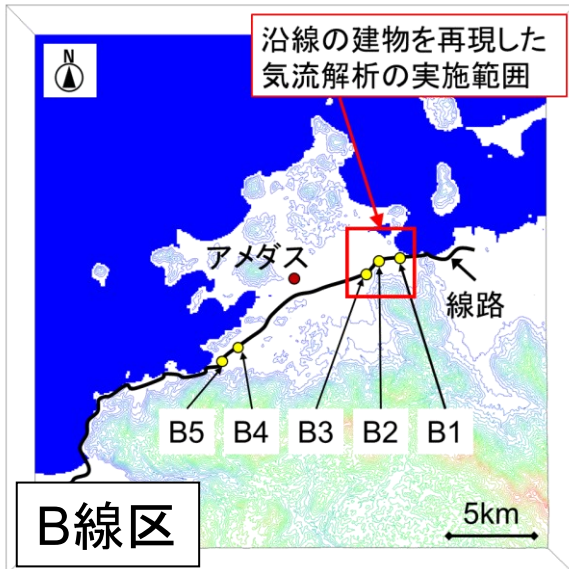
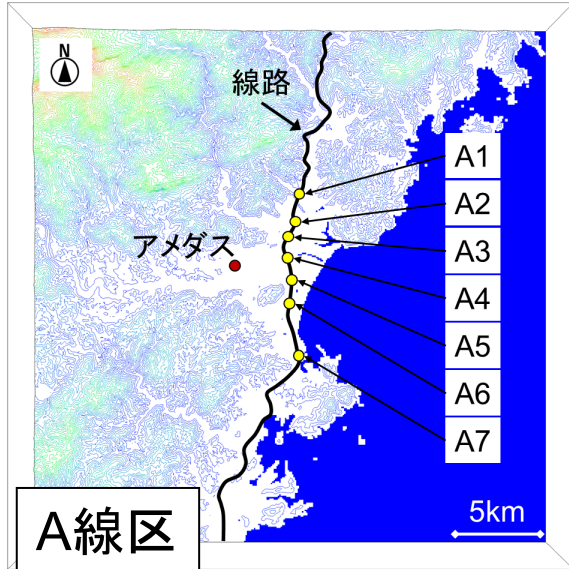


- 推定風速は観測風速の時間変化を概ね良好に推定、RMSE※は3.2～3.4m/s
- 観測風速のピーク値に対しては過小評価

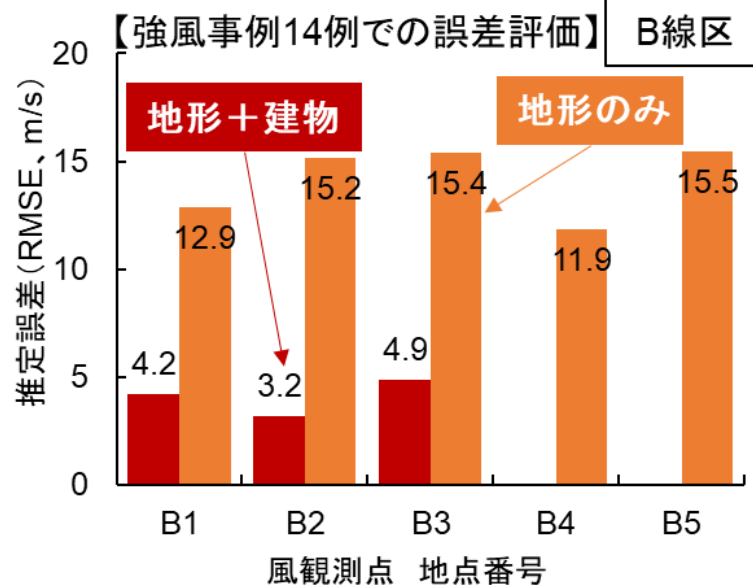
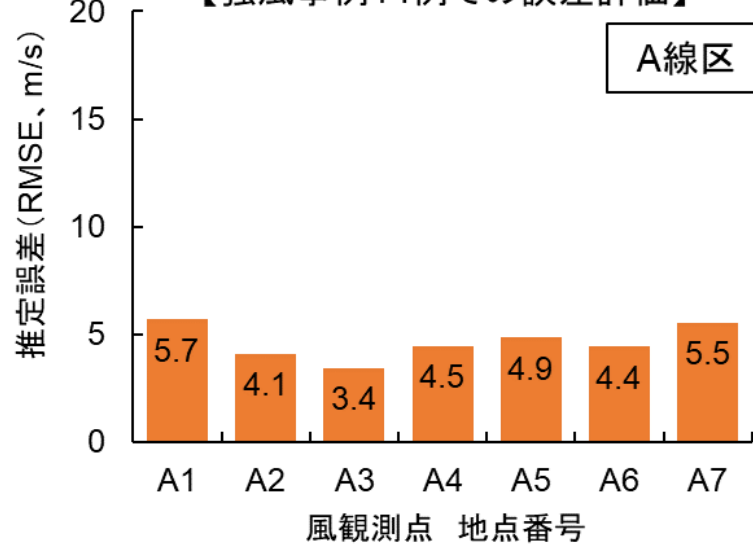
**【今後の課題】ピーク風速の適正評価**

※RMSE:二乗平均平方根誤差

# 推定風速の誤差評価



【強風事例14例での誤差評価】



強風事例時の10分間最大瞬間風速の実測値に対する推定誤差 (RMSE)

- A線区: 3.4~5.7m/s
- B線区: 11.9~15.5m/s

## 【今後の課題】

風速推定手法の一般化

(線区に拠らず一定の誤差での推定実現)

## 【B線区】

沿線建物を再現した気流解析結果を使用することでRMSEは3.2~4.9m/s

(建物を再現しなかった場合に比較してRMSEが68~79%低減)

# 本日の発表

1. 鉄道の強風対策の現状と課題
2. 気象庁の風速情報と気流解析を活用した風速の評価手法
3. 風速の評価手法により推定した風速の誤差評価
4. **まとめと成果の活用**



# まとめと成果の活用

- 気象庁(アメダス)の風速情報と気流解析とを組み合わせ、10分間最大瞬間風速に相当する風速を面的に評価可能な手法(沿線風速の評価手法)を構築した。
- 2線区で得た強風事例を対象に、本手法により推定した風速の誤差をRMSEで評価した結果、3.4~5.7m/s(A線区)、11.9~15.5m/s(B線区)を得た。
- 沿線建物を再現した気流解析の併用により、地形のみを再現した気流解析に比較して、RMSEを最大で約80%低減できることを確認した(B線区)。
- 今後、2つの課題(①ピーク風速の過小評価、②評価手法の一般化)の解決に向けた検討を進める。
- 本手法は、規制用風速計が未配備の区間の強風監視や運転規制の判断に活用できる。

本手法の構築は、東芝エネルギーシステムズ株式会社との共同研究により実施しました。

# 参考文献

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