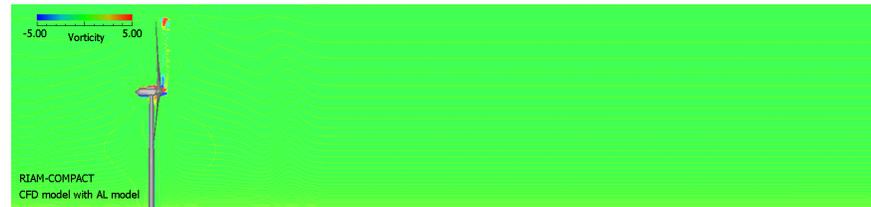


響灘ウインドエナジーリサーチパークにおける風車ウエイク研究の最前線



内田 孝紀 / Uchida Takanori

洋上風力研究教育センター / マルチスケール洋上風況研究部門 / 部門長



研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラム

A-STEP

Adaptable and Seamless TEchnology Transfer Program through Target-driven R&D



国立研究開発法人
科学技術振興機構
Japan Science and Technology Agency

洋上ウインドファームの採算性と耐久性の最適設計に資する日本型ウエイクモデルの開発と社会実装
研究期間：2021年10月1日～2025年3月31日(3年6ヵ月)

<p>九州大学 九州大学応用力学研究所</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ 精密な模型風車を用いた風洞実験 ■ 模型風車・実機風車を対象としたスーパーコンピュータによる再現計算 ■ CFDポラスディスク・ウエイクモデルの高度化
<p>ジャパン・リニューアブル・エナジー株式会社 (※)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ 実機風車の運転データ(操業データ)の分析 ■ 実機風車を対象としたウエイク現象の把握 (鉛直ライダーおよびドローンによるウエイク計測、ウエイクの可視化)
<p>エネジー・フロンティア TOKYO GAS 東京ガス株式会社</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ AIを用いた風車ウエイクモデルの開発 ■ 実機風車を対象としたウエイク計測とデータ分析

(※) ENEOSリニューアブル・エナジー株式会社 (ERE) に社名変更



ドローンによる風車ウエイク計測, 2023年9月28日



響灘地区

- 発電容量 : 6.6 MW
- Vestas社製 3.3 MW×2基

- ハブ高さ : 84m
- ブレード直径 : 112m

2022.8.29



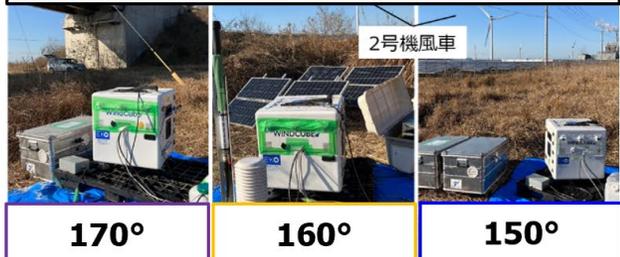
1号機風車

2号機風車

流入風計測



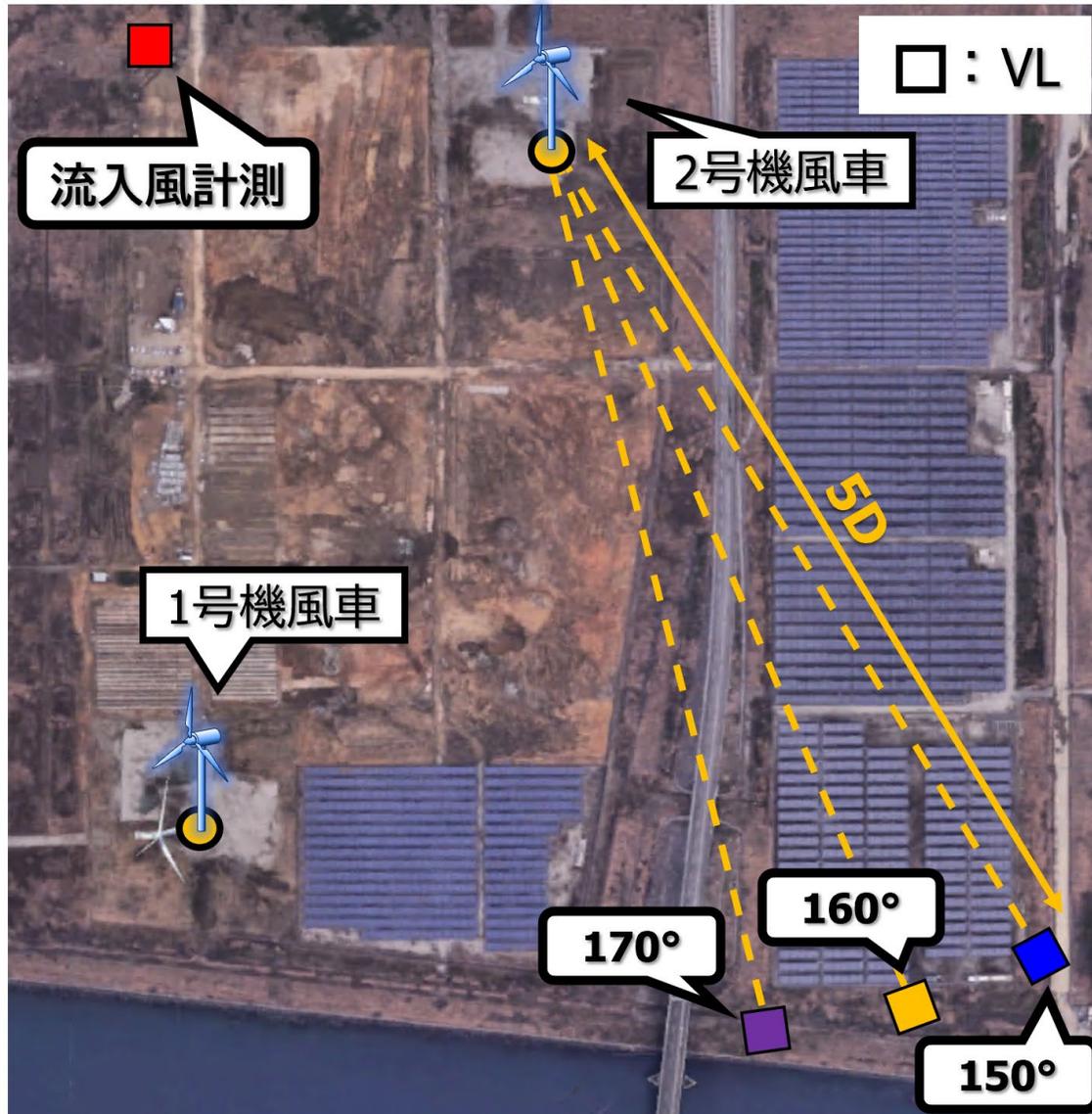
ウエイク計測



170°

160°

150°



流入風計測

1号機風車

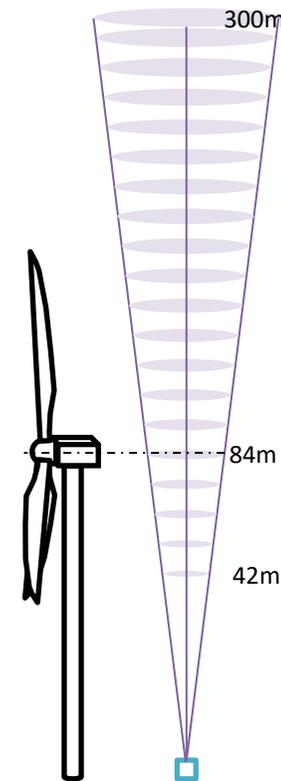
2号機風車

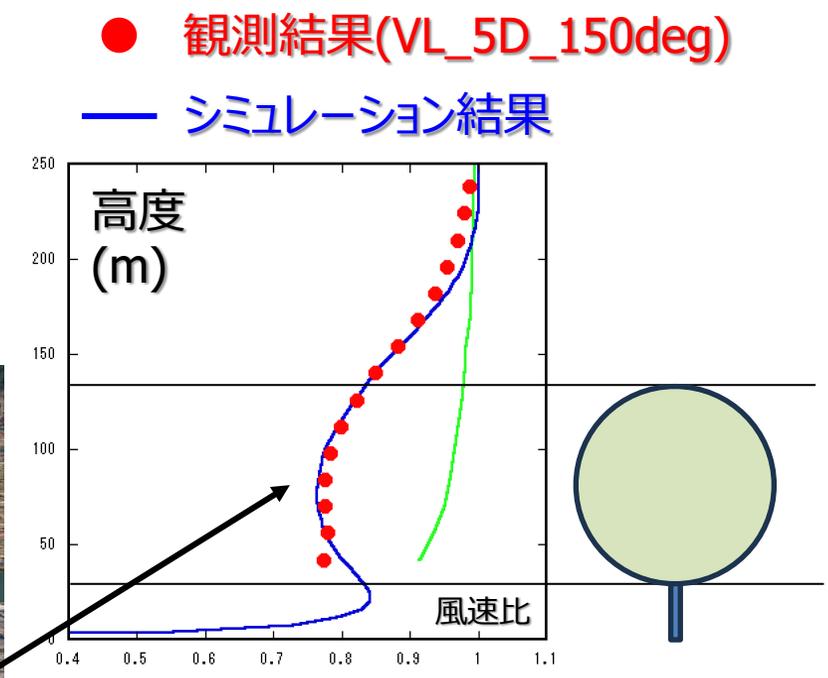
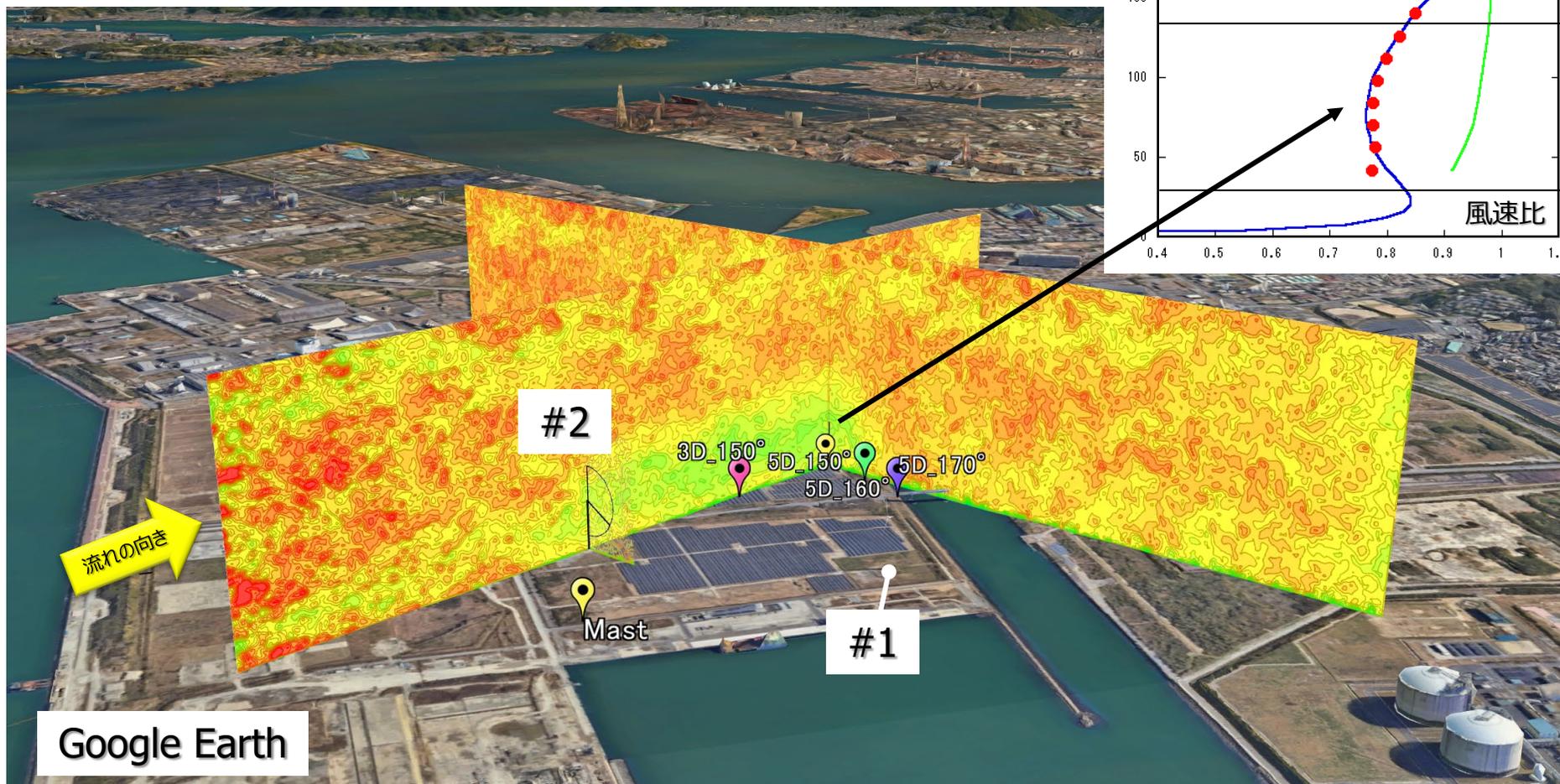
□ : VL

170°

160°

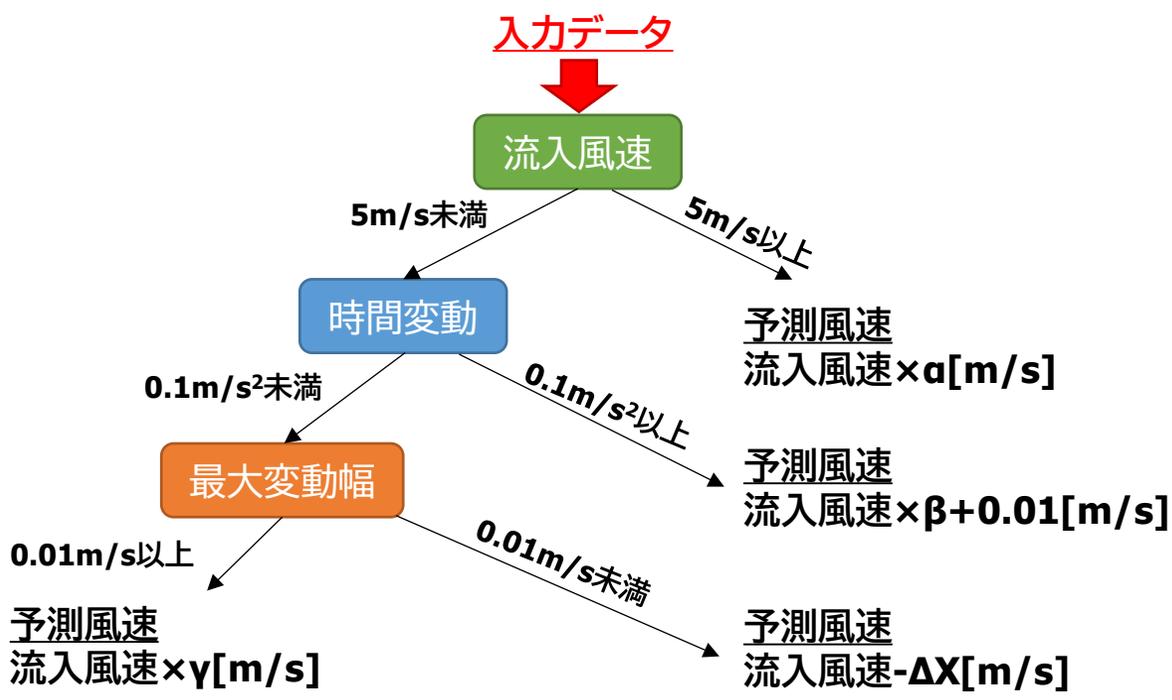
150°



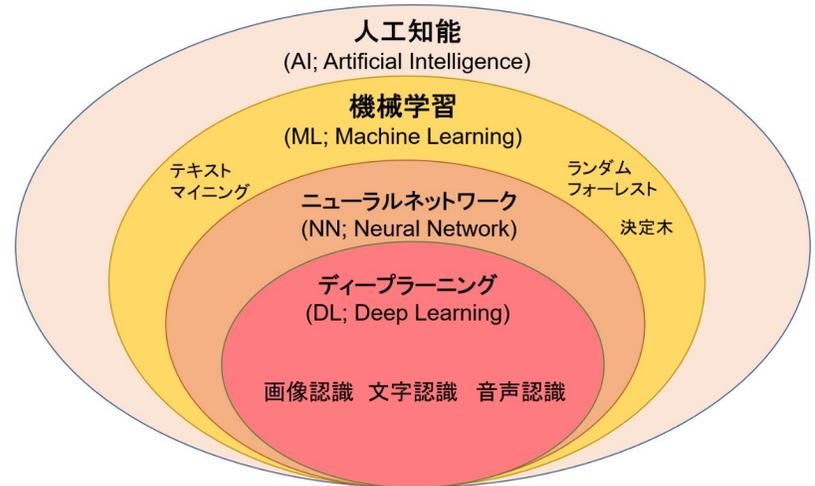
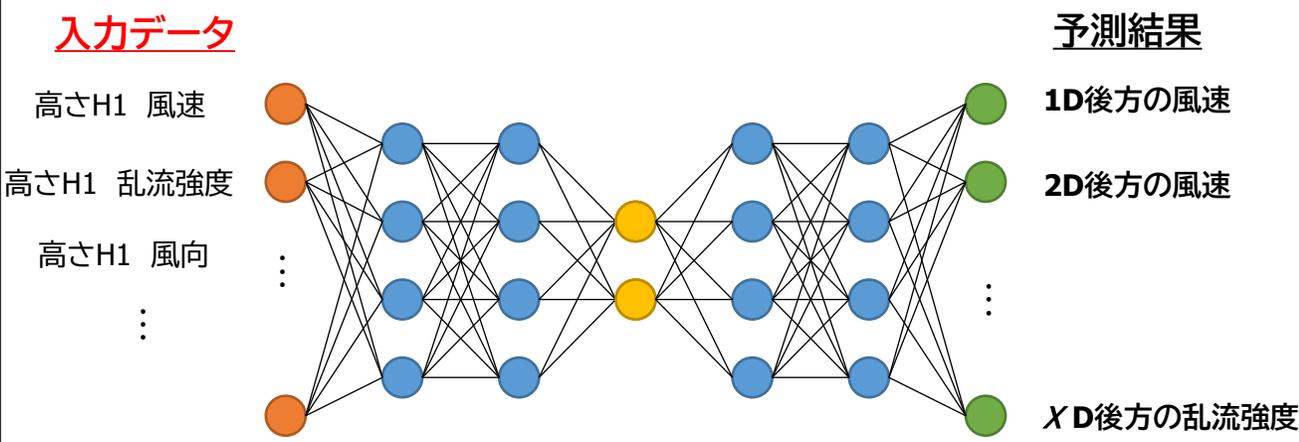


流入風速・乱流強度(高さ方向複数点)と、風車を通過後の風速・乱流強度の関係を以下の異なるモデルを使って学習・予測を実施

LightGBMモデル(決定木)



DNNモデル(ニューラルネット)

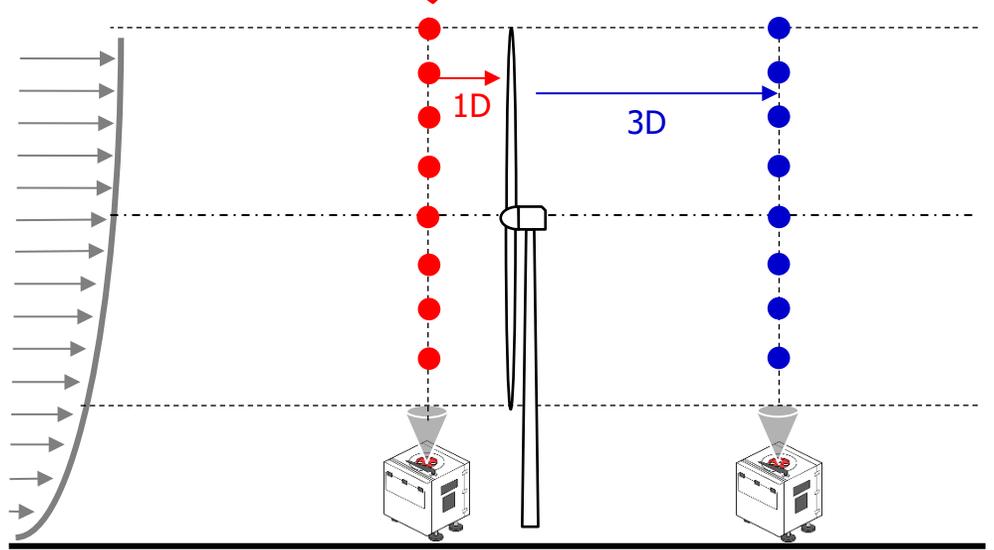


人工知能とディープラーニング概観

モデルの学習条件

入力データ (10分平均値)
 Model1: 平均風速の鉛直分布
 Model2: 平均風速 & **乱流強度**の鉛直分布

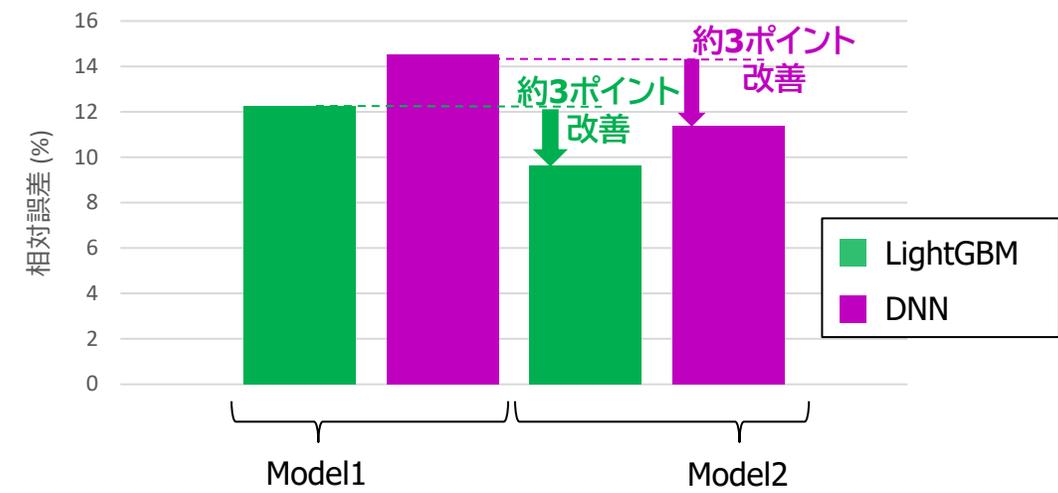
出力データ (10分平均値)
 平均風速の鉛直分布



学習データ 検証データ

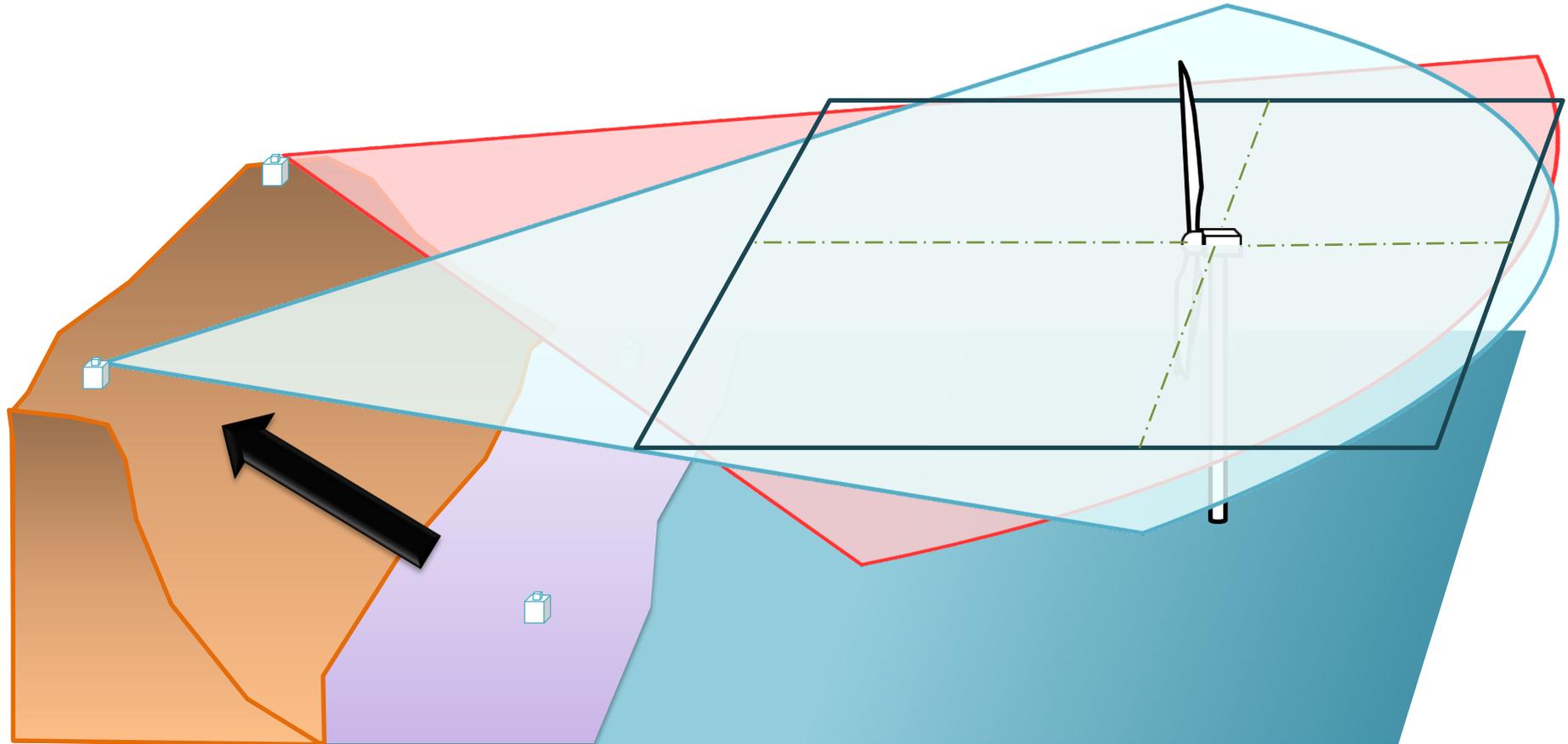
測定期間	2021年度冬 + 2022年度冬～ 2023年度夏	2022年度冬～ 2023年度夏
------	-------------------------------------	---------------------

予測誤差



入力変数に**乱流強度**を含めた場合と含まなかった場合の2つの機械学習モデルで比較した結果、**入力変数に乱流強度を含めたモデルの方が風況を高精度に予測できることが確認された。**

- 風車ウエイクモデルの精度検証などで、スキャンングライダーによる計測が実施されてきた
- ライダーを地上に設置する場合は、風況場生成で複数回計測が必要があり時間分解能が比較的長い
- スキャンングライダーを風車ハブ高さ相当に設置し、風車ウエイクの面的観測を実現



風車ウエイクの面的観測の概念図

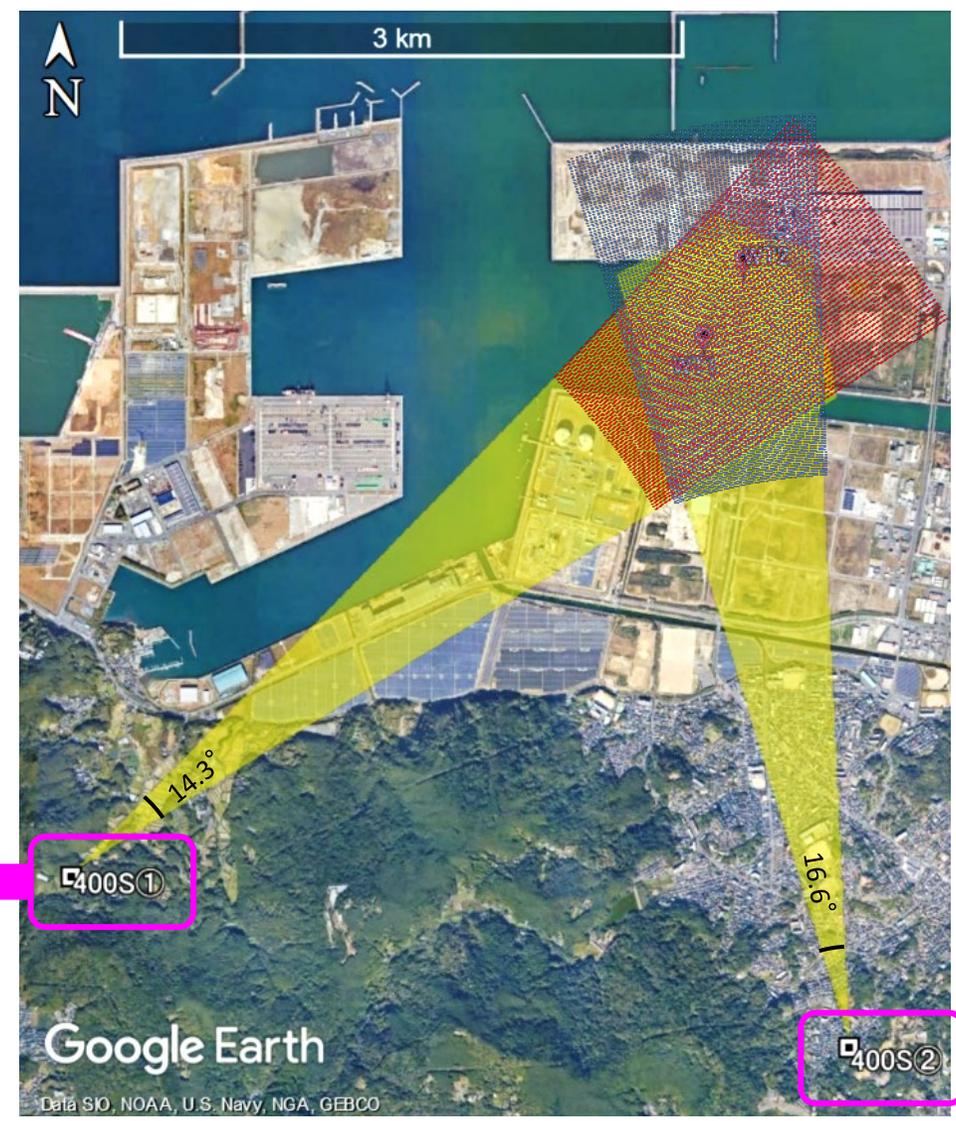
デュアルスキャニングライダー(Dual-PPI)を用いた実機風車のウエイク計測(面的観測)②

- スキャニングライダーはハブ高さ(84m)相当の高さに設置し、Dual-PPI計測を実施
- 仰角は±0.1°以内、12秒サイクルでPPI計測するように設定

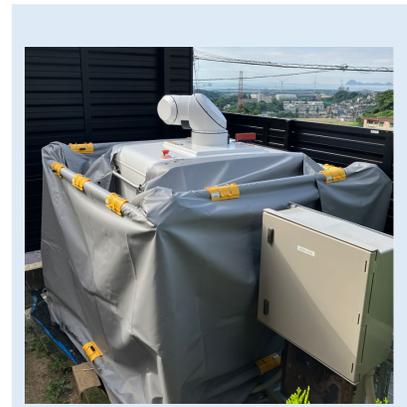
400S①



レンジゲート長	150m
積分時間	200ms
標高	81.3m
計測点の標高	86.2~ 88.2m



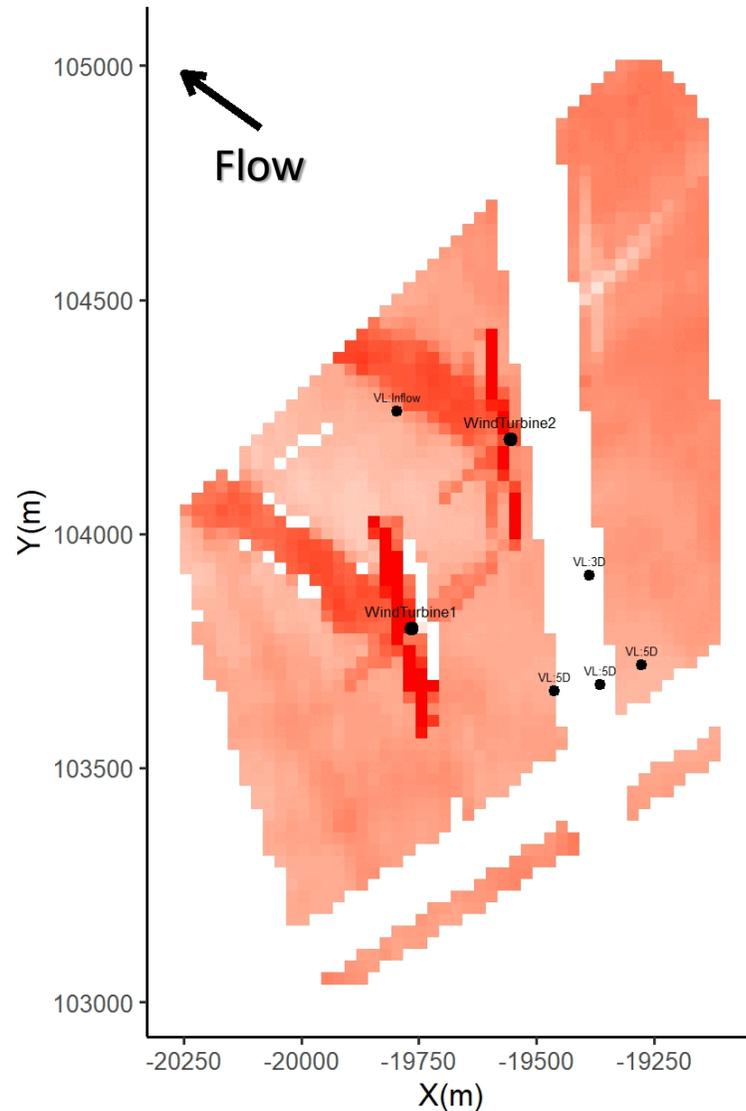
400S②



レンジゲート長	150m
積分時間	200ms
標高	91.2m
計測点の標高	87.3~ 88.5m

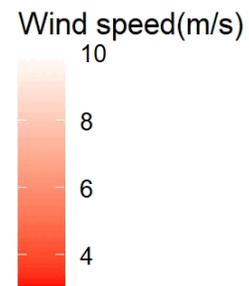
2024年9月14日 6時10～59分

time: 2024-09-14 06:10:18

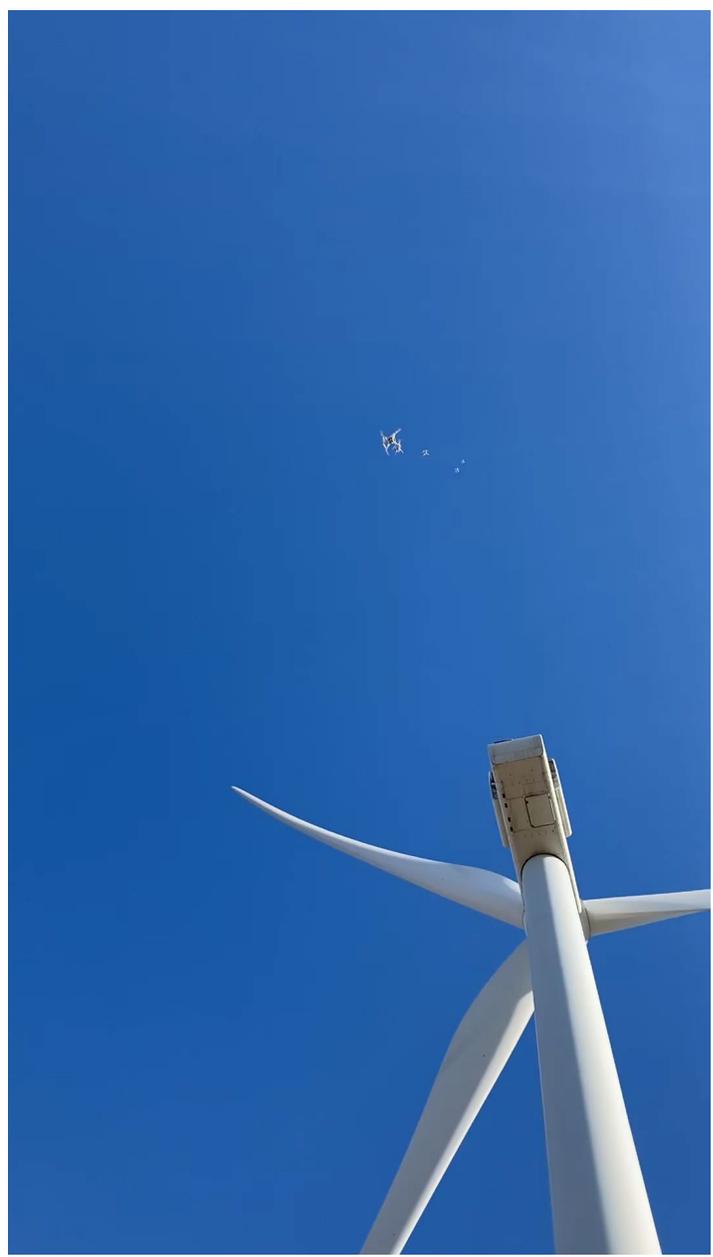


12秒間隔の風速分布の動画

※欠損が多い時刻は除去



- ✓ 風車ウエイクの面的観測に成功
- ✓ 約50分にわたり風車ウエイクが明確に出現
- ✓ 風車ウエイクの拡がり(拡散幅)はそれほど大きくない



2023年9月28日

風力発電妨げる風の乱れ ドローンで測定

風を受けて勢いよく回る大型風車の風下では、空気が羽根でかき混ぜられたようになり、風が乱れたり弱まったりする。この現象をドローンで精密に測定する世界でも珍しい実験が北九州市若松区の響灘地区でおこなわれている。

風を乱れをドローンで実測する

風車を通過すると風が乱れる(ウェイク)

ドローンをホバリングさせ、風の乱れを測定

大型風車で珍しい実験

この現象は「ウェイク」と呼ばれ、風下の風車の発電量を減らすことが知られている。限られた海域に大型風車を多数並べる洋上風力発電では、ウェイクの影響をできるだけ受けられないように風車を配置することが重要な手法を独自に開発している。

た。風の乱れの予測精度を高めるため、脱炭素の切り札とされる洋上風力発電の発電量アップにつなげるのが狙いだ。

この現象は「ウェイク」と呼ばれ、風下の風車の発電量を減らすことが知られている。限られた海域に大型風車を多数並べる洋上風力発電では、ウェイクの影響をできるだけ受けられないように風車を配置することが重要な手法を独自に開発している。

要だが、現象が複雑すぎた。風センサーを搭載することなく、狙った位置の風を測れる。内田さんによると日本で初めて、世界でもおそらく例がない手法だという。

実験は9月28日、響灘地区に立つ羽根の直径122メートルの大型風車(出力3300キロワット)を使って行われた。約110メートル離れた位置に、5機のドローンを羽根の上の端の高さから下の端の高さまで縦一列に等間隔で配置し、約10分間ホバリングさせた。

大規模な洋上風力発電所は1カ所の出力が数十万キロワット規模。設備利用率が1割未満で年間間の売電収入は数億円にわたる。九大と共同研究する風力発電大手シャープ・リニューアブル・エナジー(東京)で風況解析を担当する長谷川聖矢さんは「今は予測通りに風車が発電しないこともある。予測精度向上のため実験データは非常に貴重」と実験に期待を寄せた。

陸上での風況予測技術を20年近く研究してきた内田さんは「ウェイクをきちんと評価できれば、洋上の発電量も精度よく予測できるようになる。発電コストの低下にも役立つ」と話す。今後も季節や測定位置を変えて実測を繰り返し、データを蓄積する考えだ。

(安田朋起)

2024.1.18 TV放送



YOUTUBE.COM
風車の周りを飛行するドローンの正体 九大の「風を読む技術」が大規模洋上風力発電所の建設を後押し

<https://www.youtube.com/watch?v=V3xMUay5XR0>

2023.12.5 朝日新聞(紙&WEB)

(※) 2007年から隔年開催で今年は第10回



TUESDAY 10 JUNE, 2025 – THURSDAY 12 JUNE, 2025



Stefan Ivanell
Professor
Head of Division, Wind Energy, Campus Gotland
Department of Earth Sciences
Uppsala University
Director, Swedish Wind Centre
Guest Professor KTH

Jens Nørkær Sørensen
Professor, Department of Wind and Energy Systems
Wind Turbine Design Division