



PRESS RELEASE (2021/04/19)

九州大学応用力学研究所が大手企業4社と洋上風力に関する共同研究を開始 ～研究所発の数値風況予測技術で風車ウエイク研究をさらに加速～

日本の技術による、日本の環境に調和した、日本版洋上風力発電(沿岸/沖合/着床/浮体)を早期に実現するためには、大学と複数の企業が産学連携スキームで一丸となり、スピード感をもって研究開発に取り組むことが重要であることから、九州大学応用力学研究所の内田孝紀准教授の発案の下、九州大学は東芝エネルギーシステムズ株式会社、日立造船株式会社、東京ガス株式会社、ジャパン・リニューアブル・エナジー株式会社と共同研究契約を締結しました(※1)。特に、大規模洋上ウインドファームのバンクビリティ(融資適格性)評価や低コスト化に直結する「風車ウエイク研究(※2)」を最重要検討課題と位置づけ、これをさらに加速していきます。具体的には、風車模型を用いた室内風洞実験、スーパーコンピュータによる大規模数値シミュレーション、ライダー等のリモートセンシング技術やドローン(UAV)による商用大型風車を対象とした野外計測を総合的に実施していきます。野外計測は、日立造船株式会社とジャパン・リニューアブル・エナジー株式会社が運営する風力発電所を活用して行う計画です。野外計測と同時に、風洞実験、数値風況シミュレーション、野外計測から得られたビッグデータにAI等のデータサイエンスのアプローチも適用していきます。

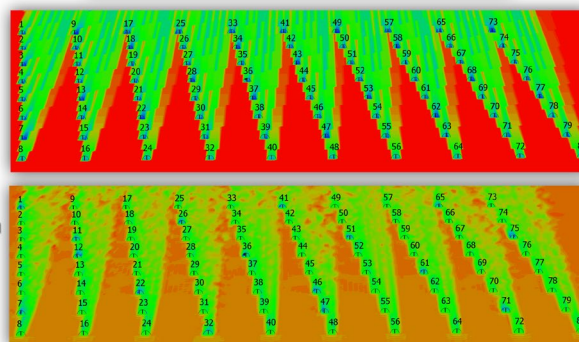
本共同研究のコア技術は、内田准教授が開発している「数値風況予測モデル・リアムコンパクト(※3)」です。最大の特長は、風向変化や大気安定度を考慮しつつ、風車ブレードの回転に起因した風速減衰効果(風車ウエイク)とその非線形・相互干渉を時間の変化とともに忠実に再現可能であることです。さらに、2018年4月から継続している東芝エネルギーシステムズ株式会社と日立造船株式会社との共同研究では、風力発電事業者が利用しやすい「CFDポーラスディスク・ウエイクモデル(※4)」の開発に成功し、秋田県雄物川風力発電所の風車ウエイクの実測データとの比較を通じて、本ウエイクモデルの有効性が実証されました。一連の研究成果は、2021年4月9日(金)に国際学術雑誌「energies」に掲載されました。

CFDポーラスディスク・ウエイクモデルが実装されたリアムコンパクトは、2021年度中のリリースを目指し、「洋上版リアムコンパクト・ソフトウェア」として現在準備が進められています。本共同研究の最終目的は、洋上版リアムコンパクト・ソフトウェアに基づき、シミュレーション技術に基づいた日本版バーチャル洋上ウインドファーム(海風・陸風を含む洋上風況精査、ウインドファームの経済性評価、風車の寿命・耐久性評価、ウエイクマネジメント等)の構築と導入に関する標準化手法(ガイドライン)を確立することです。

※詳細については別紙をご参照ください。



内田孝紀 准教授



従来技術

我々の
独自技術

(参考図) 大規模洋上ウインドファームを例とした従来技術と、我々の独自技術であるCFDポーラスディスク・ウエイクモデルとの比較

※1 九州大学、東芝エネルギーシステムズ株式会社、日立造船株式会社、東京ガス株式会社、
ジャパン・リニューアブル・エナジー株式会社による共同研究契約について

【研究題目】

リアムコンパクトをコア技術とした着床式および浮体式の大規模洋上風力発電の導入を支援する
高精度風況精査手法とその標準化(ガイドライン作成)に向けた技術開発(研究代表者:内田 孝紀)

【研究期間】

2021年1月20日～2024年3月31日

【研究概要】

着床式・浮体式の大規模洋上風力発電の適切な導入を支援するため、大気安定度等を考慮した海風および陸風の洋上風況特性、洋上乱流特性を「再エネ海域利用法」に基づいて指定されている促進区域に的を絞って明らかにする。また、それらが単機の風車ウエイクに与え得る影響範囲を明らかにする。さらに、風上側の複数の風車群が形成するウエイク相互干渉領域が風下側風車群に与える影響を、風車の発電量などの経済性および耐久性の両面から明らかにし、ウインドファーム全体の(導入・運用に関する)最適化手法の確立を目指す。最終的に、リアムコンパクトをコア技術とし、着床式・浮体式の大規模洋上風力発電の導入に関する一連の技術検討項目とそのフローをガイドラインとして整理することを検討する。

※2 風車ウエイク研究について

一般的に、風車ブレードの回転に伴い、その下流側には風車ウエイクと呼ばれる風速の欠損領域が形成されます(図1を参照)。風車1基の場合でさえ、風車ウエイク内の流動現象は非常に複雑です。現在、日本各地の沿岸域で検討が開始されている複数の風車群から構成される大規模洋上ウインドファームでは、風車ウエイクが相互に干渉し、下流側の風車群に直接的な影響を与えます(図2を参照)。具体的には、期待した発電量が得られないことや、風車内外の突発的な故障や事故です。そのため、各風車から形成される風車ウエイクの挙動とその相互干渉現象を予測し、各風車の耐久性評価およびウインドファーム全体の経済性評価をウインドファームが建設される前に実行する必要があります。ここで要求される精度は、バンカビリティ評価に耐え得るものでなければなりません。

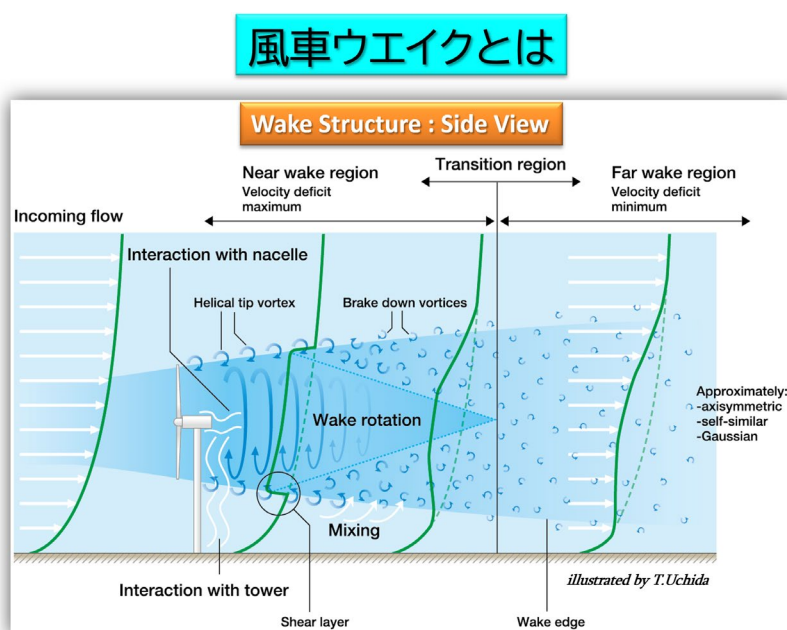


図1 風車ウエイクの気流構造の概念図



図2 大規模洋上ウィンドファームにおける風車ウエイクの相互干渉の可視化例(実現象)

※3 数値風況予測モデル・リアムコンパクトについて

リアムコンパクトの概要を図3に示します。図4に示す風車ウエイクシミュレーションが可能です。

数値風況予測モデル・リアムコンパクトとは

- ※ 数値流体力学(Computational Fluid Dynamics: CFD)に基づいたコンピュータシミュレーション技術
- 流体の運動に関する方程式(連続の式、ナビエ・ストークス方程式およびその派生方程式)をコンピュータで解くことによって流れを予測する数値シミュレーション手法のこと
- ※ 1996年(博士課程進学)～現在2021年:25年の開発の歴史
- ※ 2003年11月:実用化に成功、現在まで100～のユーザを獲得

図3 数値風況予測モデル・リアムコンパクトの概要

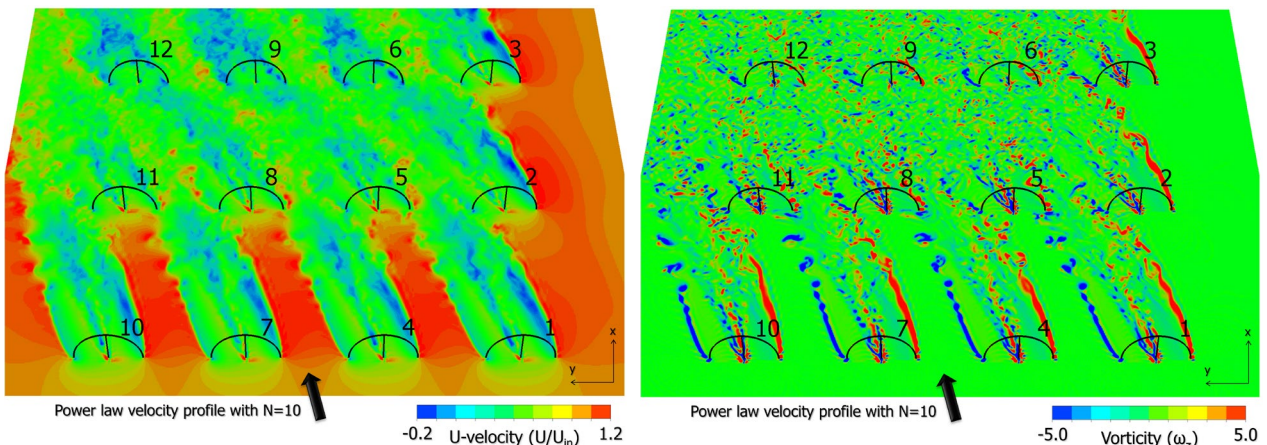


図4 アクチュエータ・ラインモデルを実装したリアムコンパクトによる計算例(風向変化を考慮)

※4 CFDポーラスディスク・ウエイクモデルについて

2018年4月から継続中の東芝エネルギーシステムズ株式会社と日立造船株式会社との共同研究(図5 風)において、風力発電事業者が利用しやすい「CFDポーラスディスク・ウエイクモデル」の開発に成功しました。

九州大学 応用力学研究所 内田 孝紀 研究室(風工学分野)、
東芝エネルギーシステムズ、日立造船との
三者間の産学連携・共同研究が遂行中(2018.4～)



汎用的使用を目的とした新しいCFDウエイクモデル(Porous Disk Model)の提案(特許申請済)

風洞試験・実測データに基づいた検証 ⇒ ウィンドファームのAEP・CF(※)の高精度な数値予測 ⇒ 低コスト化

※ AEP : Annual Energy Production, CF : Capacity Factor

図5 東芝エネルギーシステムズ株式会社と日立造船株式会社との共同研究スキーム

CFDポーラスディスク・ウエイクモデルに関連する特許申請は下記の通りです。

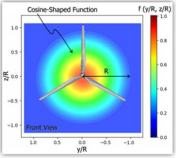
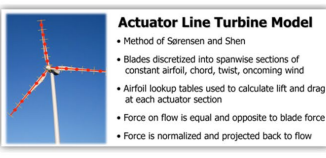
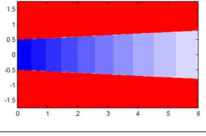
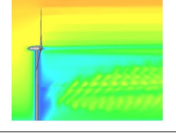
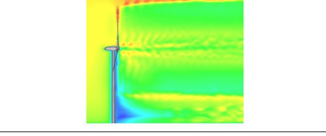

【特許申請情報】

- ①特願2020-001603, 出願日: 2020年1月8日
「風車後流演算装置、及び風車後流演算方法」
- ②特願2019-220518, 出願日: 2019年12月5日
「風車後流演算装置、及び風車後流演算方法」
- ③特願2019-220551, 出願日: 2019年12月5日
「風車後流演算装置、及び風車後流演算方法」

図6には、風車ウエイクモデルの比較を示します。図5に示す東芝エネルギーシステムズ株式会社と日立造船株式会社との共同研究では、非線形な流動現象である風車ウエイクの相互干渉を正確に予測することを目的とし、エンジニアリング・ウエイクモデル(図6の一番左に記載、従来技術)とCFDウエイクモデル(図6の右から二番面に記載、図4および図5に示したウエイクモデルのこと、従来技術)の中間的な手法として、CFDポーラスディスク・ウエイクモデルを新たに提案することに成功しました。

図7には、ドイツで初めてのオフショア・ウィンドファーム(大規模洋上風力発電所)である「Alpha Ventus Offshore Wind Farm(5MWの大型風車が12基設置)」を対象としたエンジニアリング・ウエイクモデル(図6の一番左に記載、従来技術)の既往研究結果を示します。従来技術であるエンジニアリング・ウエイクモデル(Park Model)は、観測結果(Lidar)と有意な差異が確認され、風車ウエイクの相互干渉の再現が困難であることが分かります。

風車ウエイクモデルの比較

Type		Fully-Resolved Geometries Combined with CFD Simulations
Engineering Wake Model (Empirical / Analytical Wake Model)	CFD Wake Model (Wind Turbine Parameterization Model / Physical Surrogate Model)	Nonlinear RANS and LES
◆ Jensen (1983) / Katic (1986) (Park Model)	◆ Uchida et al. (2020) (Porous Disk Model)	◆ ANSYS Fluent / ANSYS CFX ◆ Simcenter STAR-CCM+ ※ Commercial CFD Software ◆ Front Flow / blue (FFB) ◆ OpenFOAM ※ Open Source CFD Software
従来技術	我々の独自技術	従来技術
$U_{wake} = U_{in} \left[1 - \frac{1 - \sqrt{1 - C_t}}{1 + \frac{2 \cdot k \cdot x}{D}} \right]$		
		
		

従来技術

■ 事業者にとって使い易い
■ 風車ウエイクの相互干渉の再現は困難

■ 事業者にとって使いやすい
■ 計算負荷が小さい
■ 風車ウエイクの相互干渉の再現が可能

※ 中間的な手法

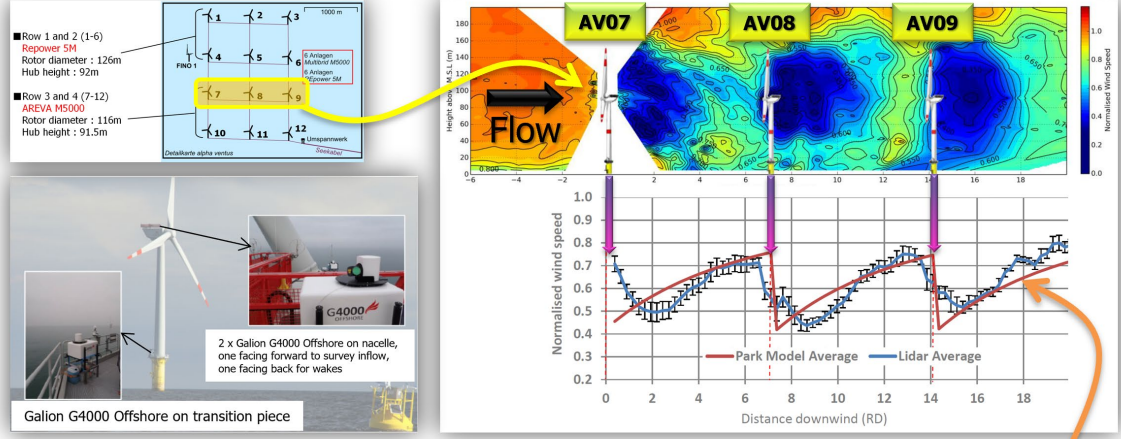
■ 事業者にとって使いにくい
■ 計算負荷が大きい

■ 特殊なCFD技術が必要
■ 計算負荷が極めて大きい

図6 風車ウエイクモデルの比較、我々の独自技術 (CFDポーラスディスク・ウエイクモデル) の位置づけ

風車ウエイクの相互干渉による影響

Scanning Lidar Measurements of Offshore Wind Turbine Wakes



過去の観測事例 (英国スカーエネルギー社)

■ 従来技術 (Park Model) の結果
■ 観測結果 (Lidar) と有意な差異

※ 従来技術 (Park Model) では風車ウエイクの相互干渉の再現は困難

図7 Alpha Ventus Offshore Wind Farm (ドイツ) を対象とした従来技術 (Park Model) の既往研究結果

図8には、デンマークのオフショア・ウィンドファーム（大規模洋上風力発電所）である「Horns Rev1 (2MWの大型風車が80基設置)」を対象としたエンジニアリング・ウエイクモデル(図6の一番左に記載、従来技術)と、我々の独自技術であるCFDポーラスディスク・ウエイクモデルとの比較を示します。実現象と比較して、従来技術であるエンジニアリング・ウエイクモデル(Park Model)は、図7で述べたように風車ウエイクの相互干渉の再現が困難であることが分かります。一方、我々の独自技術であるCFDポーラスディスク・ウエイクモデルでは、実現象で観察される風車ウエイクの相互干渉が再現可能であることが視覚的に分かります。

風車ウエイクモデルの比較—従来技術と我々の独自技術との比較—

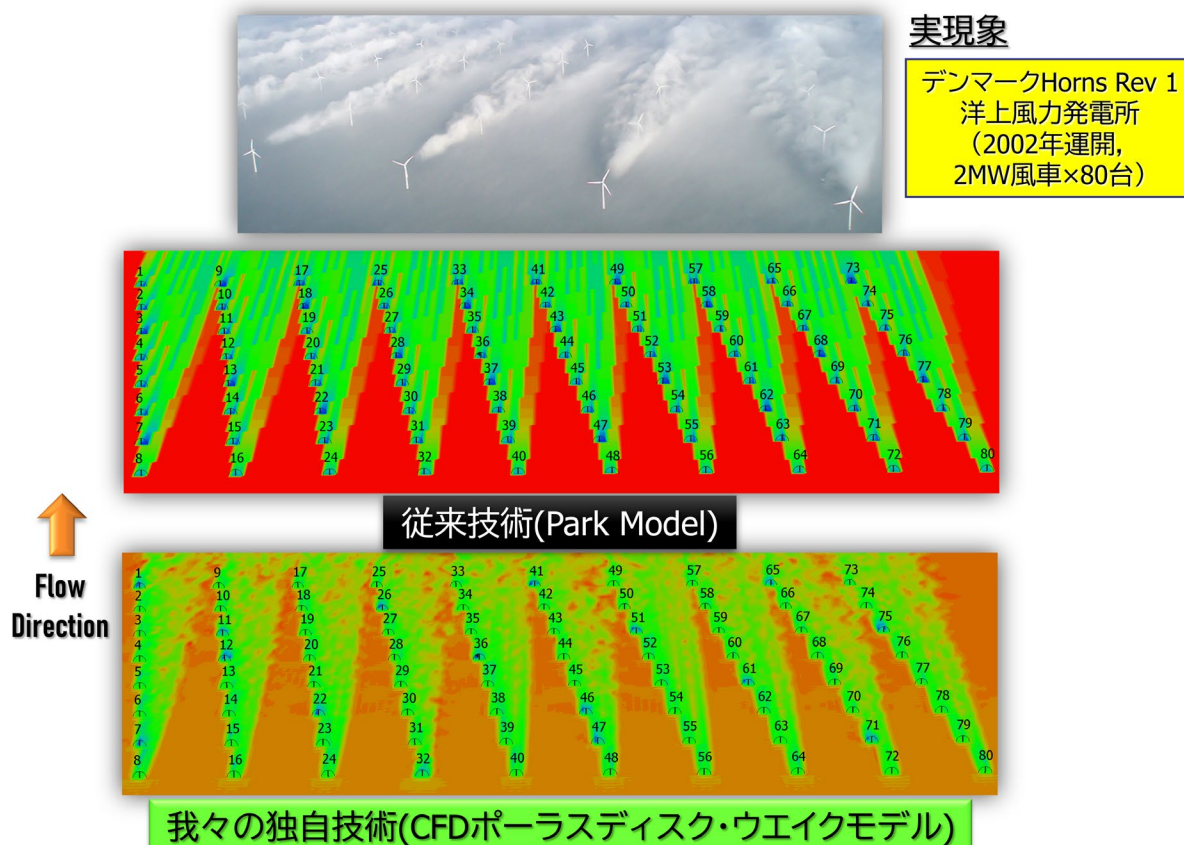


図8 Horns Rev1(デンマーク)を対象とした実現象、従来技術(Park Model)、我々の独自技術(CFDポーラスディスク・ウエイクモデル)との比較

図9には、日立造船株式会社が所有する秋田県の「雄物川風力発電所(2MWの大型風車が2基設置)」におけるドップラーライダーによる風車ウエイク計測の様子を示します。

図10には、我々の独自技術であるCFDポーラスディスク・ウエイクモデルと実測データ(ドップラーライダー)との比較を示します。CFDポーラスディスク・ウエイクモデルが風車ウエイクの挙動を高精度に予測可能であることが実証されました。

一連の研究成果は、2021年4月9日(金曜日)に国際学術雑誌「energies」に掲載されました。さらに、本論文は、「Issue 8, Volume 14」のカバーデザインにも選ばれました。

【論文情報】

雑誌名	energies, Issue 8, Volume 14, 2101 (2021年4月9日オンライン掲載)
論文名	Doppler Lidar Investigations of Wind Turbine Near-Wakes and LES Modeling with New Porous Disc Approach
著者名	Takanori UCHIDA, Tadasuke YOSHIDA, Masaki INUI and Yoshihiro TANIYAMA
DOI	https://doi.org/10.3390/en14082101

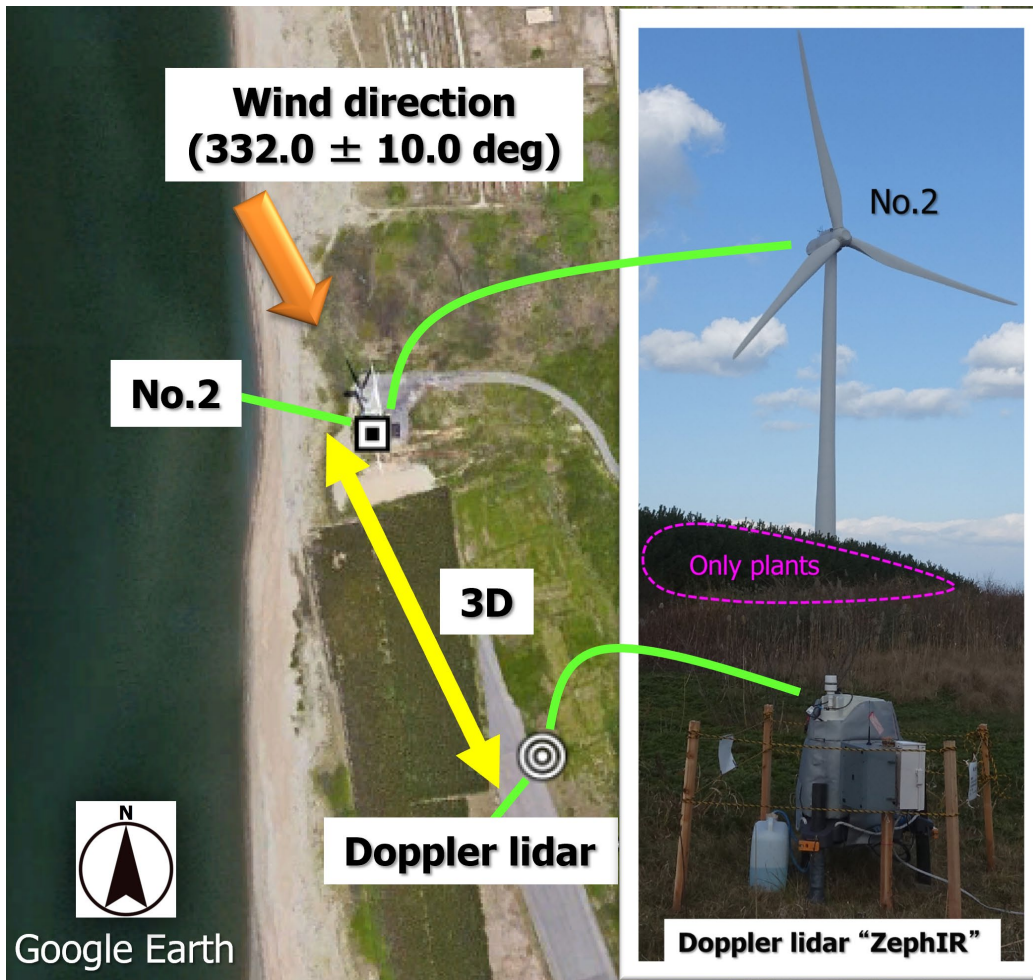


図9 雄物川風力発電所(秋田県)におけるドップラーライダーによる風車ウエイク計測の様子

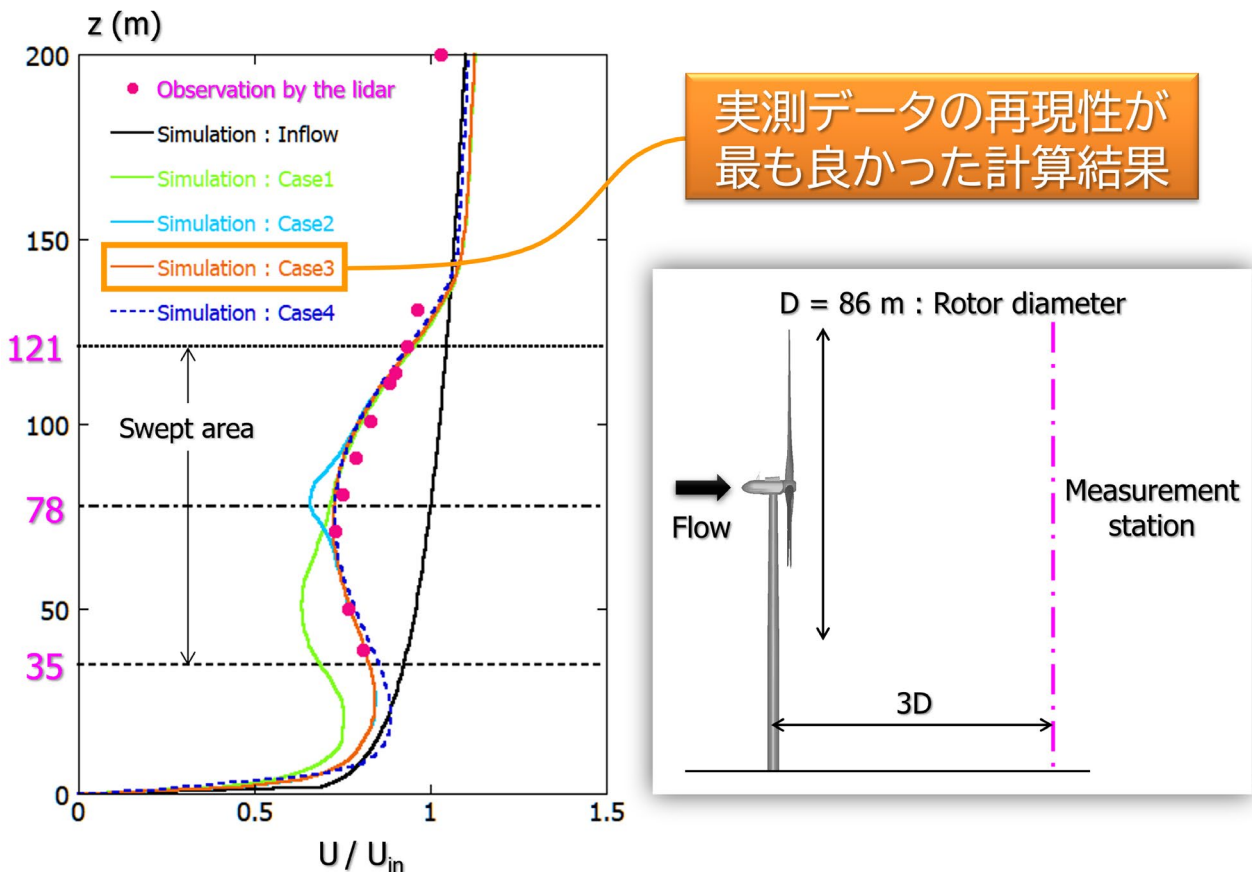


図10 雄物川風力発電所(秋田県)における我々の独自技術であるCFDポーラスディスク・ウエイクモデルと実測データ(ドップラーライダー)との比較

【お問い合わせ先】

【研究全体】

九州大学 応用力学研究所 風工学分野 准教授
内田 孝紀（うちだ たかのり）
Tel : 092-583-7776
Fax : 092-583-7779
Mail : takanori@riam.kyushu-u.ac.jp

【東芝エネルギーシステムズ株式会社】

渉外・広報部
Tel : 044-331-7200
Fax : 044-548-9512
Mail : ESS-PR@ml.toshiba.co.jp

【日立造船株式会社】

経営企画部 広報・IRグループ
Tel : 06-6569-0005
Fax : 06-6569-0007
URL : <https://www.hitachizosen.co.jp/cgi-bin/contact/contact.html?key=057>

【東京ガス株式会社】

広報部 報道グループ
Tel : 03-5400-7675
Fax : 03-3437-9130
Mail : koho-hodo@tokyo-gas.co.jp

【ジャパン・リニューアブル・エナジー株式会社】

広報CSR部
Tel : 03-6455-4945
Fax : 03-6455-4901
Mail : pr@jre.co.jp

【参考文献】

2020年2月27日 (EMIRA^注, <https://emira-t.jp/special/14168/>)
洋上風力発電の必需品！「風況シミュレータ」が切り開く日本の未来
ウィンドファームの事業性を証明する「風を読み解く」システムの必要性

注: EMIRAは、株式会社KADOKAWA、東京電力ホールディングス株式会社、株式会社読売広告社の3社で構成する「EMIRA編集委員会」によって製作・配信を行っている「WEBメディア」のことです。