NEDOエネルギー・地球環境分野成果報告会2026（分野名：風力発電）
発表No.：I-18

風力発電等導入支援事業／洋上ウィンドファーム開発支援事業

風車ウェイクの観測および評価手法の検討に関する研究開発

団体名：(株)東芝、(国)東京大学、(国研)産業技術総合研究所、(一財)日本気象協会、(株)ウインドエナジーコンサルティング、(一財)日本海事協会
発表日：2026年7月21日

■事業の目的・目標

国内洋上風力発電所(図１,表１)を対象とした風況観測を実施、日本特有環境における風車ウェイク観測手法の指針をまとめる。この実現に向け、下記3項目を推進する。

(1) デュアルスキャニングライダー(DSL)によるウェイク観測手法の開発
(2) ウェイク観測データの分析と現象の解明
(3) ウェイク観測手法の指針まとめ

図１　国内を代表する環境の秋田港洋上風力発電所とDSLによる観測状況

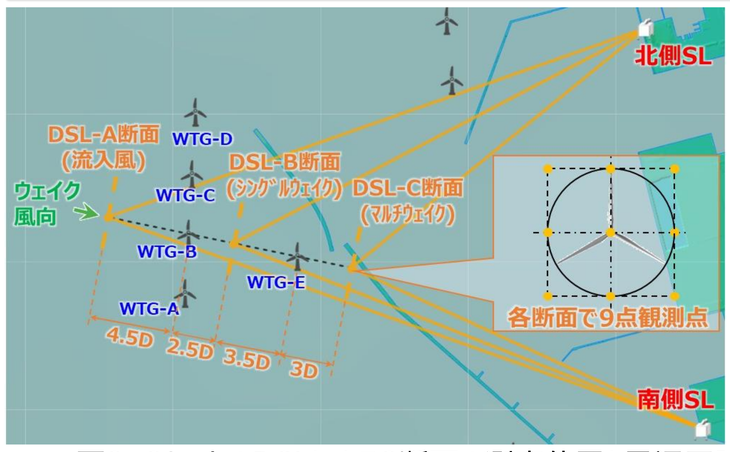
基数[－]	13
定格出力[MW]	4.2
ロータ径[m]	117
ハブ高さ[m]	89.5

表１　設置風車の概要

■2025年の主な成果

(1-1) ウェイク観測設計および洋上サイトを対象とする本格観測

秋田港洋上風力発電所を対象に、図2中の北側SL、南側SLにそれぞれSL3台とVL1台を設置、DSL-A～Cの3断面の9点にて、流入風、シングルウェイク、マルチウェイクの面的分布を1年以上、観測。観測点の切り替え時間やレンジゲート長などの観測パラメータは24年度に確定したシナリオを採用。



●シングルウェイク
風速：TI増大に伴い欠損量は減少、全体的に広がった分布に。
風向：TI小では受風面内で約20度の風向差。TI増に伴い一様化。
乱流：TIに依らず、約0.2上昇。

●マルチウェイク（図3）
風速：欠損範囲が拡大するが、最大欠損量はシングルより小。
風向：偏向なく、TIによる影響も小。
乱流：ほぼ一様な分布、増分も小。

図2　3セットのDSLによる3断面の測定位置と風況同時観測

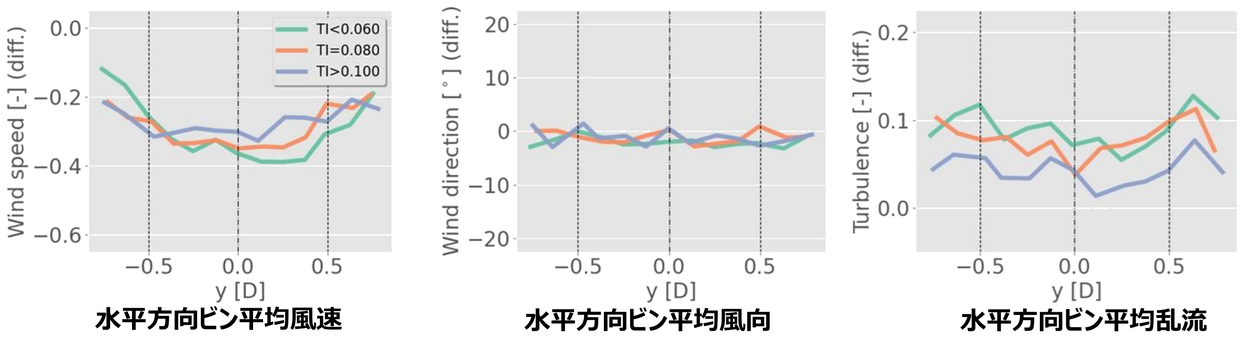


図3　TI別のマルチウェイクの特徴@ハブ高（DSL-C断面とDSL-A断面の差）

(1-2) 観測データの妥当性および本格観測に向けた事前検証

DSL・VLの風速鉛直分布を確認。

(1-3) ウェイク観測手法の確立

ブレード遮蔽など、ウェイク観測特有の課題を検討。

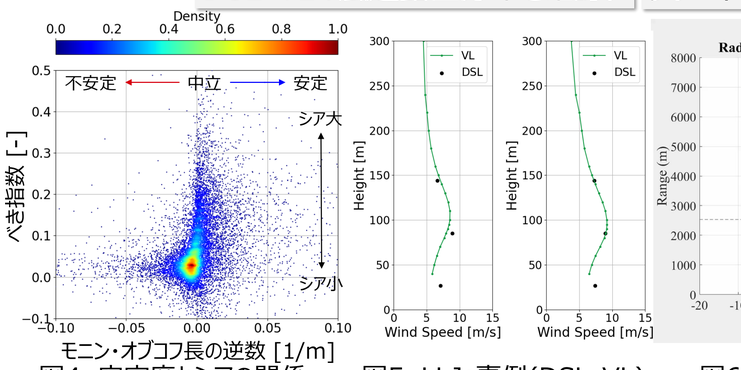


図4　安定度とシアの関係

図5　LLJs事例(DSL・VL)

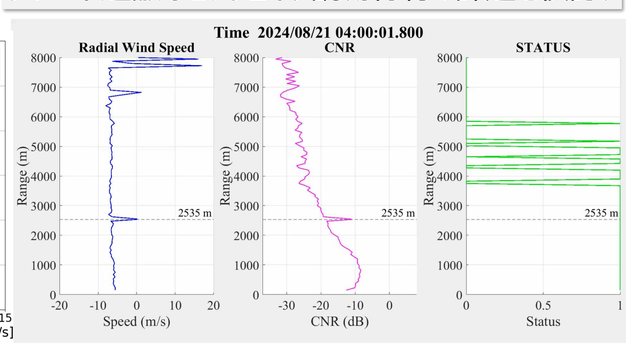


図6　構造物影響を受けるSL観測値のスナップショット

(2-1) 観測データを用いたウェイクの空間分布の推定

乱流流入風を模擬し、3D-格子ボルツマン法を用いたCFD解析によりウェイクに伴う速度欠損を評価。複数の流入条件における結果をベースに固有直交分解(POD)による低次元モデルを構築し、さらに観測データを元に低次元モデル係数を決定し、ウェイクの空間分布を推定する手法を構築(図7)。
本手法によるウェイクの風速空間分布は良い一致を示す(図8) 。本手法は時間方向への適用も可能。

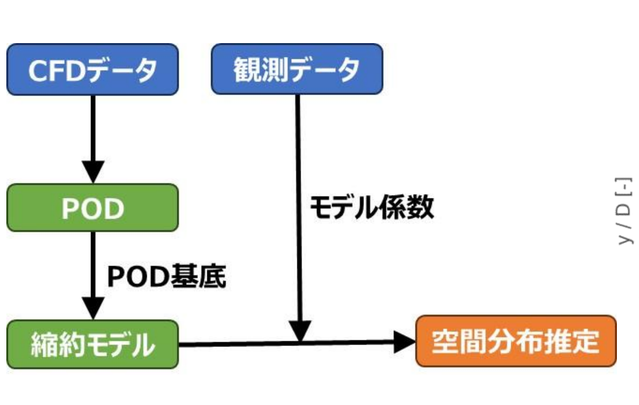


図7　PODによる空間分布推定のアルゴリズム

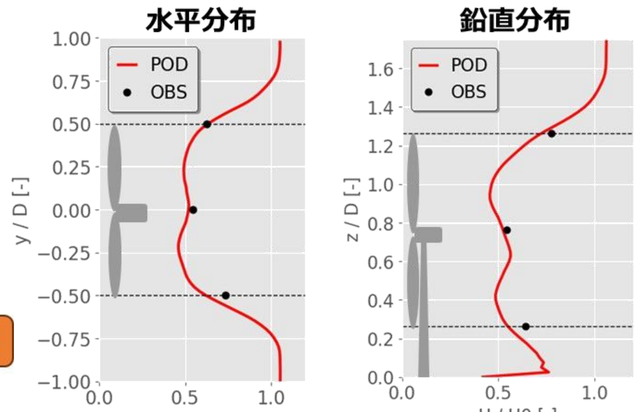


図8　観測結果とPOD推定手法のウェイク風速比較

本手法をウェイク断面分布推定への適用可能性を評価。観測点9点のうち、一部のデータ欠損を仮定し、評価した結果、受風面内に最低1点でも観測データが存在していれば、ニアウェイクの推定が可能なことを確認。一方、受風面の外にしか観測点がない場合は、推定困難となることを確認。(図9)。

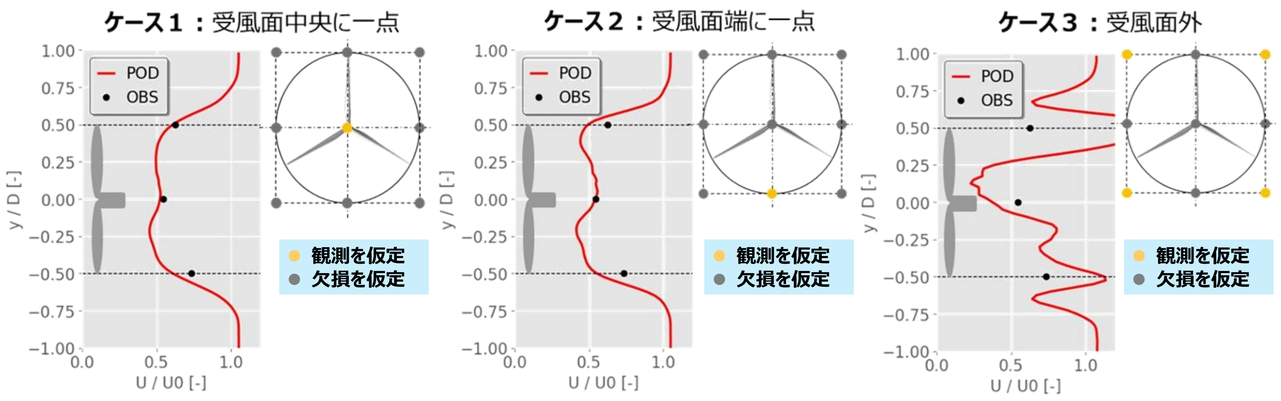


図9　DSL-B断面の測定位置におけるハブ高さ風速水平分布のPOD推定と観測結果比較

(2-2) 大気安定度など日本特有の気象環境がウェイクに与える影響評価

LESモデルを用いた数値流体解析を実施し、ブレードのスラスト力の分布および大気安定度の違いがウェイク域内の乱流場に与える影響を明らかにし、ウェイクの拡がり幅とピーク位置を決めるパラメータを同定することにより、様々な流入風速、乱流強度、大気安定度において風車ウェイク域内における風速の空間分布を正確に予測することを可能にした。

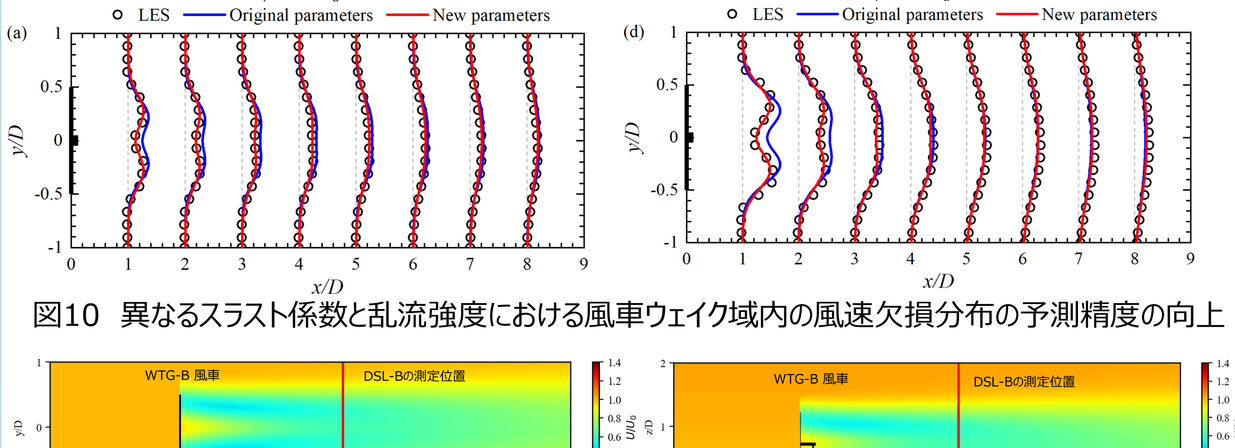


図10　異なるスラスト係数と乱流強度における風車ウェイク域内の風速欠損分布の予測精度の向上

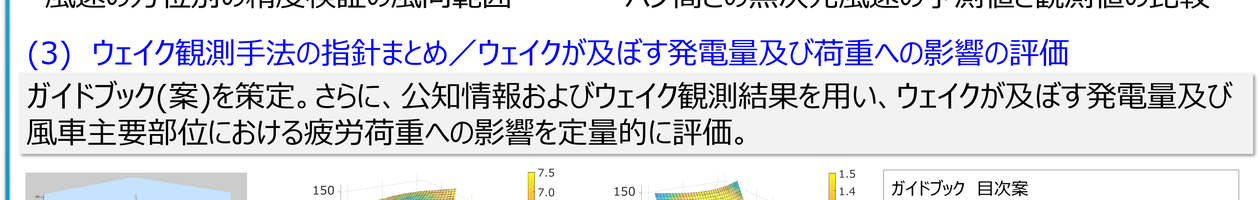


図11　WTG-B風車ウェイク域内における水平面内（左）と鉛直面内（右）無次元風速の分布

DSL-AからDSL-Bに向かい、±11.25度の範囲を対象とし、様々な風速と乱流強度における風車ウェイク域内の無次元風速の水平と鉛直方向の分布を予測し、観測値との良い一致を示した。
また上流側風車4基によるウェイクについて、風向180度から360度の範囲において、DSL-B地点におけるハブ高さの無次元風速の予測値と観測値を比較し、従来モデルに比べ、予測精度の向上を示した。

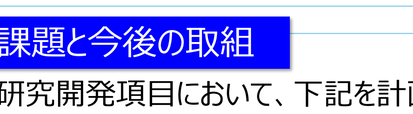


図12　DSL-Bの測定地点における風速の水平と鉛直分布の精度検証の風向範囲

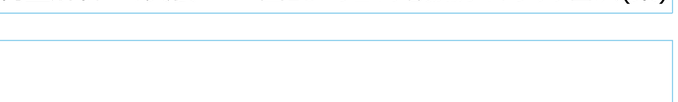


図13　WTG-B風車ウェイク内X＝2.5D地点における無次元風速の水平と鉛直分布の予測値と観測値の比較

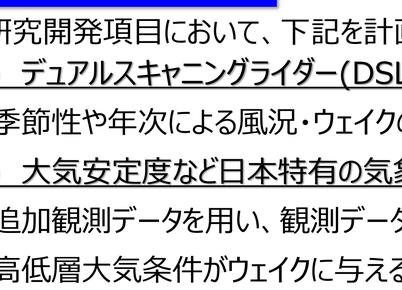


図14　DSL-Bの測定地点における風速の方位別の精度検証の風向範囲

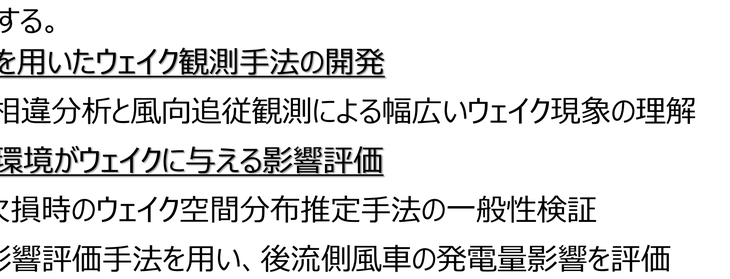


図15　異なる風向におけるDSL-Bの測定地点でのハブ高さの無次元風速の予測値と観測値の比較

(3) ウェイク観測手法の指針まとめ／ウェイクが及ぼす発電量及び荷重への影響の評価

ガイドブック(案)を策定。さらに、公知情報およびウェイク観測結果を用い、ウェイクが及ぼす発電量及び風車主要部位における疲労荷重への影響を定量的に評価。

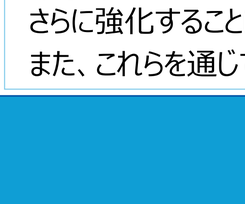


図16　BLADEDモデル

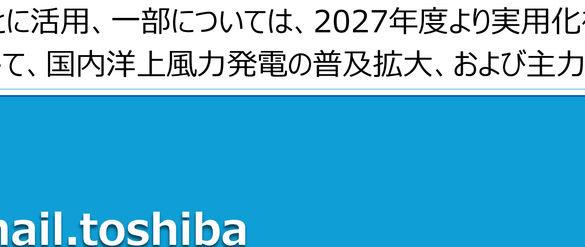


図17　ウェイクモデルの荷重解析への実装

ガイドブック　目次案
1. 概説
2. 風車ウェイク観測及び風車ウェイク評価
3. 洋上風況観測マストによるウェイク観測
4. デュアルスキャニングライダーによるウェイク観測
5. シングルスキャニングライダーによるウェイク観測
6. 鉛直ライダーによるウェイク観測
7. ナセル搭載ライダーによるウェイク観測
8. 観測データの事前精度検証
・参考文献

図18　ウェイク観測ガイドブック目次(案)

■課題と今後の取組

各研究開発項目において、下記を計画する。

(1) デュアルスキャニングライダー(DSL)を用いたウェイク観測手法の開発
・季節性や年次による風況・ウェイクの相違分析と風向追従観測による幅広いウェイク現象の理解

(2) 大気安定度など日本特有の気象環境がウェイクに与える影響評価
・追加観測データを用い、観測データ欠損時のウェイク空間分布推定手法の一般性検証
・高低層大気条件がウェイクに与える影響評価手法を用い、後流側風車の発電量影響を評価

(3) ウェイク観測手法選定のフローを確立するガイドブック作成
・ガイドブックの完成、大気安定度をパラメータにウェイクが及ぼす発電量・荷重への影響を評価

■実用化・事業化の見通し

本事業における研究開発成果は、各事業者が保有する強みを活かして実施中の製品・サービス等をさらに強化することに活用、一部については、2027年度より実用化を計画する。
また、これらを通じて、国内洋上風力発電の普及拡大、および主力電源化に向けて貢献する。

株式会社東芝　　谷山　賀浩
連絡先：yoshihiro.taniyama.d82@mail.toshiba