

風車ウェイクの観測および評価手法の検討に関する開発

事業者名：東芝エネルギーシステムズ(株)、(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)ウィンドエナジーコンサルティング、(一財)日本海事協会

事業の目的・概要

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。これを実現に向け、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)を用いたウェイク観測手法の開発（むつ小川原,秋田港）
- (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
- (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

2024年の主な成果

(1-1) 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（むつ小川原）

DSLによりウェイクの面的分布把握を目的に、風車ロータ面に外接する正方形とその中心の9点(3高度×3方位,図 2)観測を計画。観測点の切り替え時間など、観測パラメータの最適化に向け、むつ小川原サイトにて観測マスト(MM)、鉛直ライダー(VL)と風速・風向・風速標準偏差の比較評価を実施(図 3)。

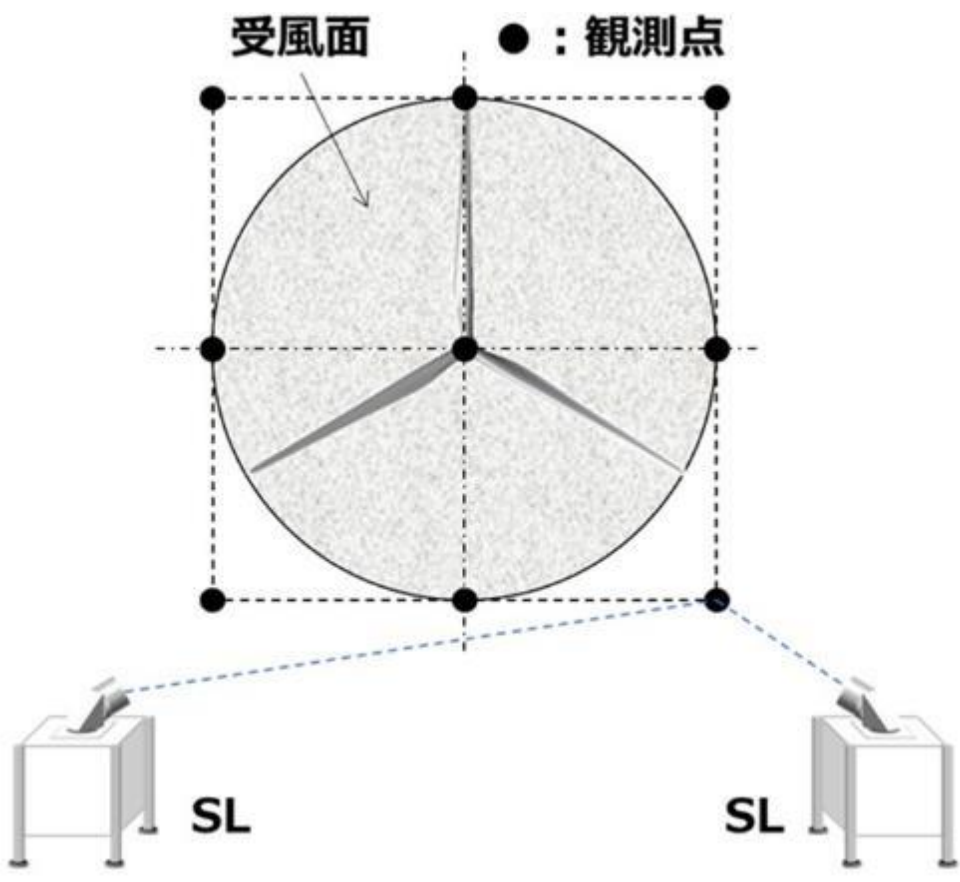


図 2 DSL9点観測と受風面との位置関係



図 3 むつ小川原サイトにおけるDSL観測位置

10分平均風速・風向の観測精度は全てベストプラクティス相当であることを確認、レンジゲート長や観測点の切り替え時間などの観測シナリオを確定させた(図 4)。

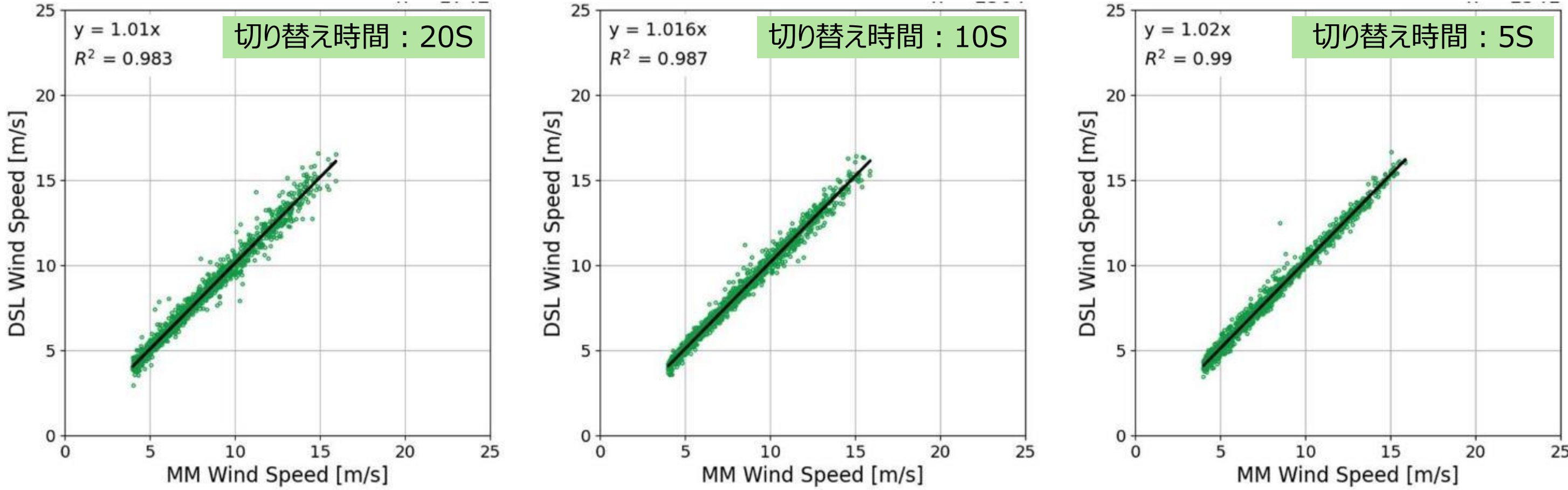


図 4 DSL観測点の切り替え時間別の10分平均風速および風向の相関図

(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

大気の時位分布を三層モデルにより推定する手法を開発し、これを用いて国内沿岸における大気境界層の時位分布のパラメータの確率分布を求め、北海の結果と比較した。国内沿岸では逆転層の高さが広い範囲に分布し、温位減率は狭い範囲に分布していることを明らかにした(図 1 0)。

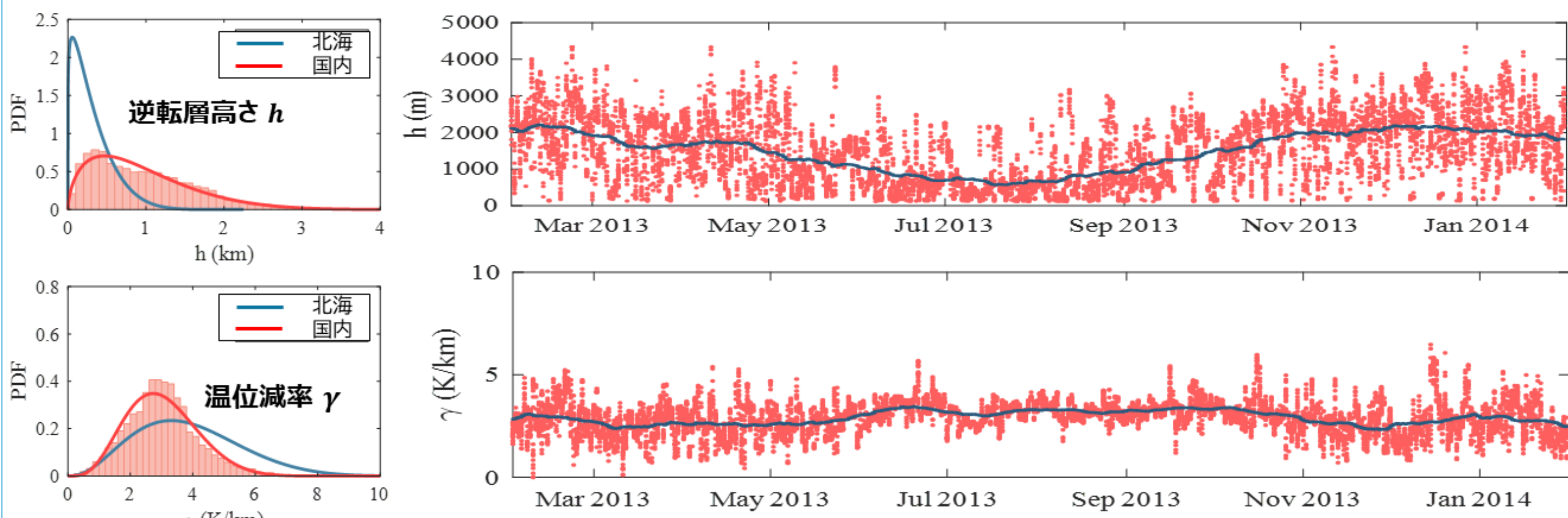


図 1 0 北海と国内沿岸における逆転層高さと温位分布の比較

高層大気の時位減率および低層大気の時位安定度を考慮した洋上風速鉛直分布(図 1 1)、さらに地形効果と風車ウェイク影響も考慮した洋上風速鉛直分布(図 1 2)を求め、銚子沖で観測された洋上風速の時位分布と比較し、良い一致を示した。

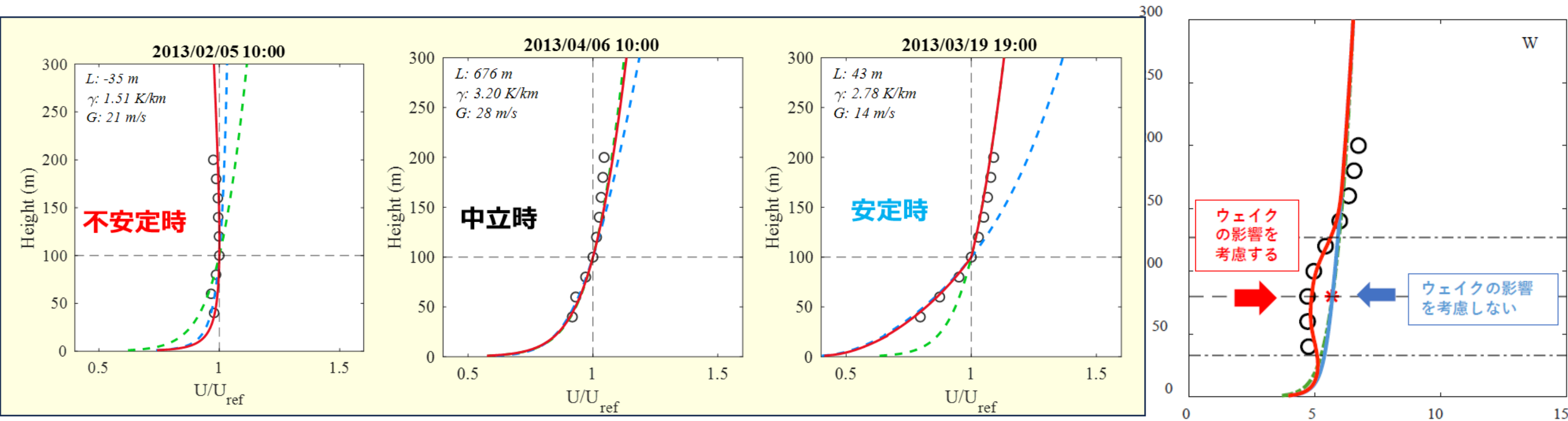


図 1 1 洋上風速鉛直分布の予測（赤実線：温位減率と安定度を考慮、緑点線：温位減率のみを考慮、青点線：安定度のみを考慮）

図 1 2 ウェイク考慮有無による風速分布の比較

秋田沿岸にて海面水温の時位観測値を取り入れたWRF解析を実施、観測マスト及び秋田気象台における気温と海面更正気圧の時位観測値との一致を確認。また、WRFによる風速予測は、鉛直LiDARにて取得の300mにおける高高度の時位観測結果と良い整合性を確認した（図 1 3）。

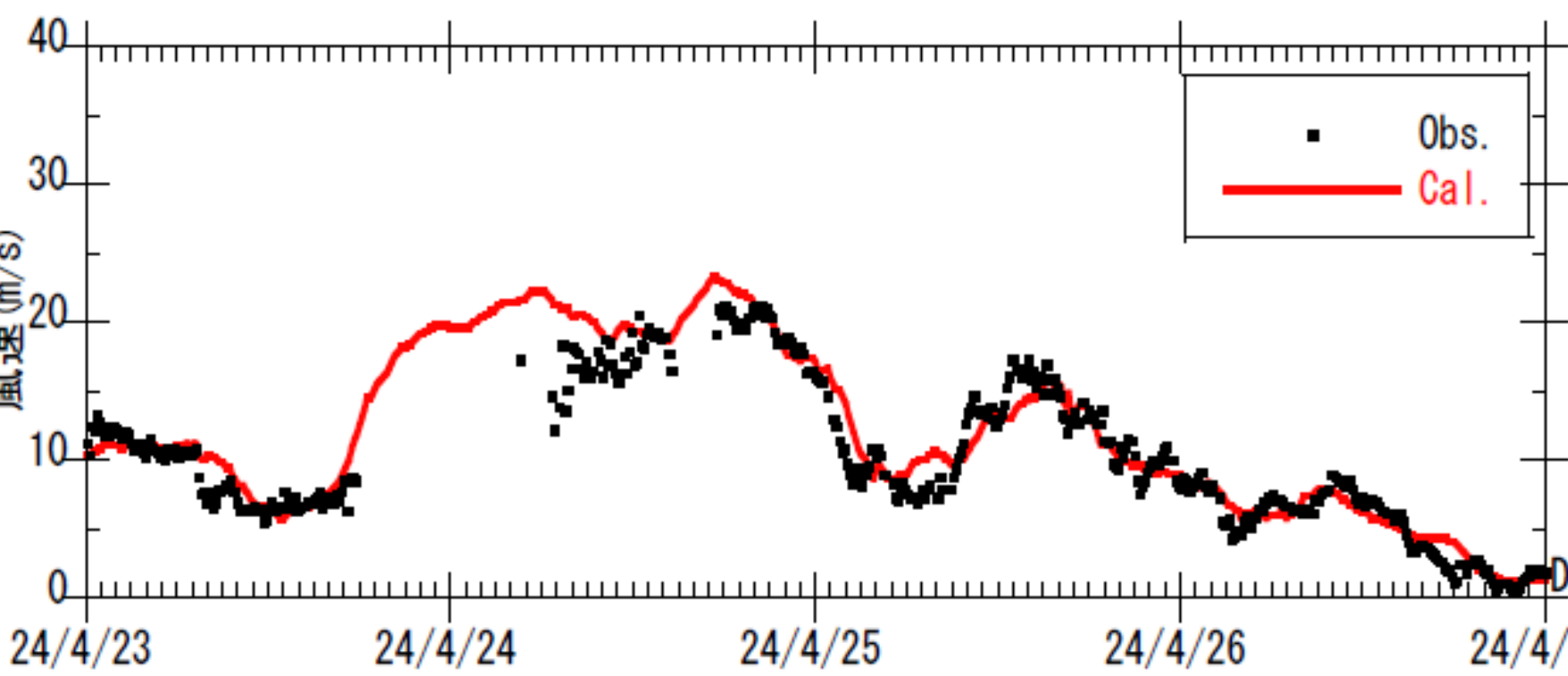


図 1 3 観測値とWRFの時系列比較結果（高度300m風速、222m格子）



図 1 国内を代表する環境の秋田港洋上風力発電所



基数[-]	13
定格出力[MW]	4.2
ロータ径[m]	117
ハブ高さ[m]	91.5

表 1 設置風車の概要

(1-2) 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（秋田港）

秋田港洋上風力発電所では、海風風向時は実線四角で示した 4 基の風車ウェイクが、陸風風向時は点線四角の 1 基のウェイクが、それぞれ下流に位置する風車の流入風となる。このウェイクの観測を目的に、図 5 中の北側SL、南側SLにそれぞれSL 3 台とVL 1 台を設置、流入風、ウェイク風、ウェイクの相互干渉の 3 位置において、図 2 に示す 9 点を観測点として設定した。また、北側SLと南側SLの中間位置近傍に観測マストやVLも設置した。

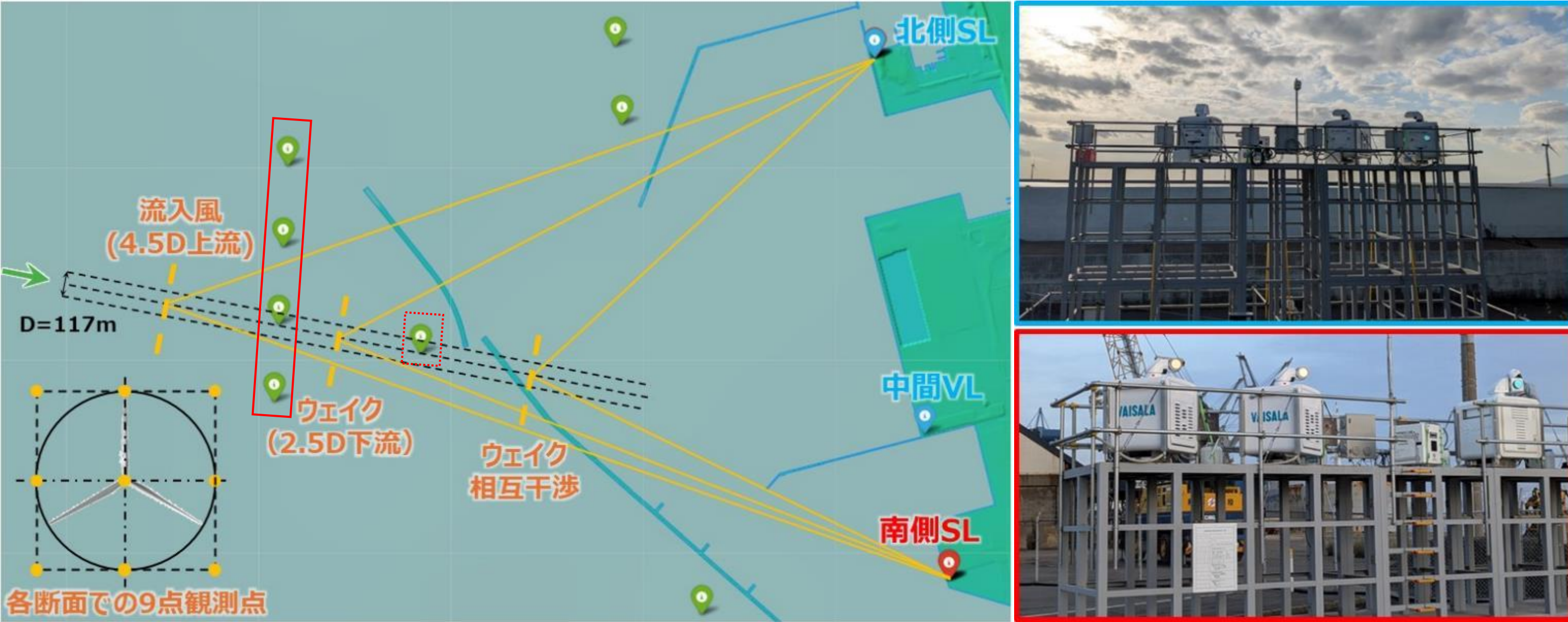
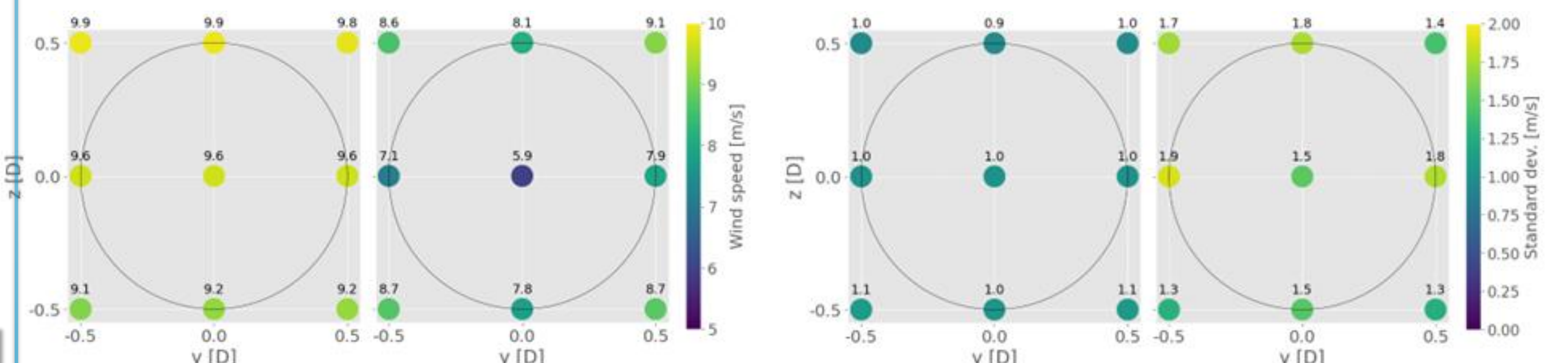


図 5 3セットのDSLによる流入風・ウェイク・ウェイク相互干渉の3断面の同時観測

図 6、7 は観測結果の一例で、流入風面では鉛直方向風速分布と一般的な標準偏差を、ウェイク面では風速が減速し、標準偏差が増加する、妥当な傾向が得られることを確認した。



流入風面 ウェイク面

図 6 風速の平均値分布

流入風面 ウェイク面

図 7 風速の標準偏差分布

図 8 はウェイク面における風速欠損率((ウェイク風速－流入風速)／流入風速))の時位観測結果を示し、図 9 は水平方向距離のビン平均で整理したもの。これらより、水平方向のウェイク風速分布は概ねガウス分布に従うこと、乱流強度が大きくなるに伴い欠損量が減少する傾向を確認できた。

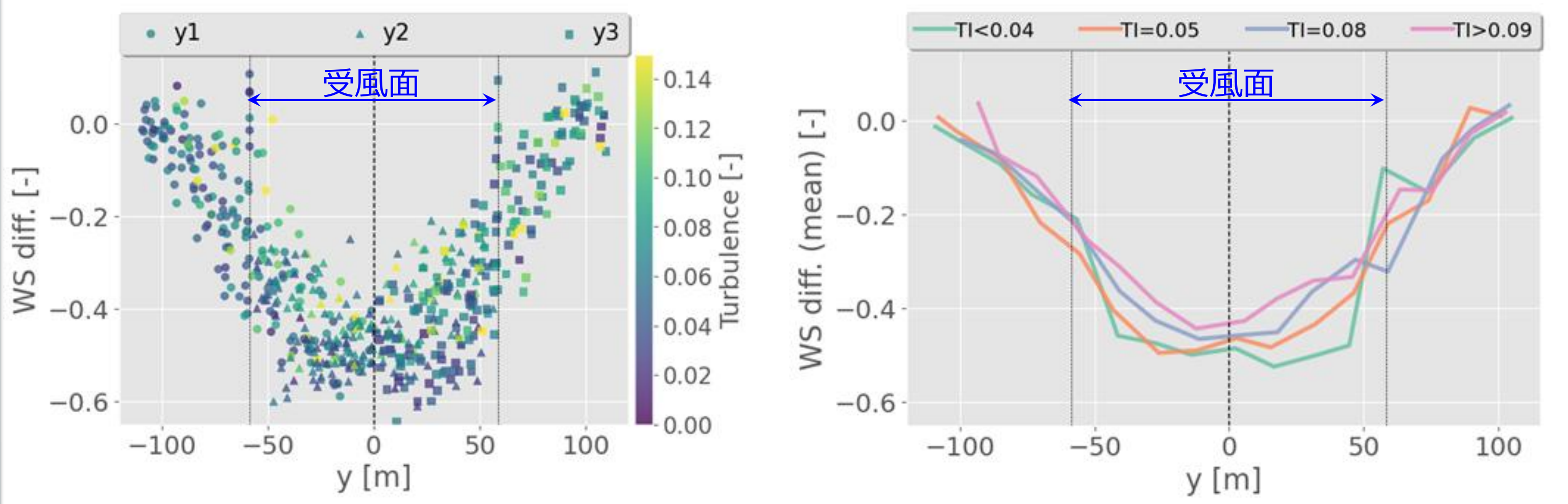


図 8 水平方向風速の欠損分布

図 9 水平方向風速のビン平均分布

(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

ガイドブックの目次(案)及び適用範囲、作成方針を策定。さらに、ウェイクが及ぼす発電量及び荷重への影響の評価方法の検討を実施。

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

- ・秋田港でのウェイク観測を継続、DSLによるウェイク観測に適した観測手法を確立
- ・各種気候がウェイクに与える影響を考察、洋上ウェイクの特性を評価

(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

- ・ウィンドファーム内風速場の予測モデルによるウェイクと観測データとを比較、予測精度を定量化
- ・観測結果を境界条件とする流体解析により、非観測点のウェイク分布を推定

(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

- ・ガイドブックの作成、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

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、2026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。