



スパコン版RIAM-COMPACTの開発と風車ウエイクシミュレーションへの適用 ードイツAlpha Ventus洋上風力発電所の実測データの再現性についてー



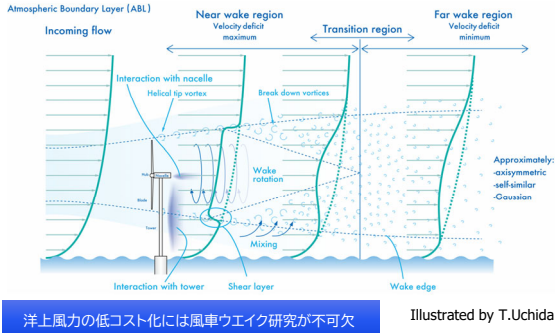
*内田 孝紀¹, 小野 謙二², 飯田 明由⁵, 吉村 忍³, 加藤 千幸⁴, 山出 吉伸⁶, 今村 博⁷, 植田 祐子⁷

(1. 九州大学応用力学研究所, 2. 九州大学情報基盤研究開発センター, 3. 東京大学大学院工学系研究科, 4. 東京大学生産技術研究所, 5. 豊橋技術科学大学機械工学系, 6. みずほ情報総研株式会社, 7. 株式会社ウインドエナジーコンサルティング)

本研究の概要

- 文科省:「富岳」成果創出加速プログラム「スーパーシミュレーションとAIを連携活用した実機クリーンエネルギーシステムのデジタルツインの構築と活用」を実施中, 2020(R2)~2022(R4)年度
- 本プロジェクトでは, ポスト「京」重点課題⑥「革新的クリーンエネルギーシステムの実用化」プロジェクトにおいて, スパコン「富岳」での活用を念頭に開発準備を進めてきたアプリケーション群に基づくマルチフィジクス・マルチスケール統合シミュレーション(スーパーシミュレーション)とAIを連携活用し, 大規模洋上windファームのデジタルツインを構築し, それらの開発・設計・運用の最適化を目指している。
- 本研究では, 「Alpha Ventus Offshore Wind Farm」を対象にしたスパコン版RIAM-COMPACTによる風車ウエイクシミュレーションの結果を紹介する。

1. 風車ウエイク研究の重要性



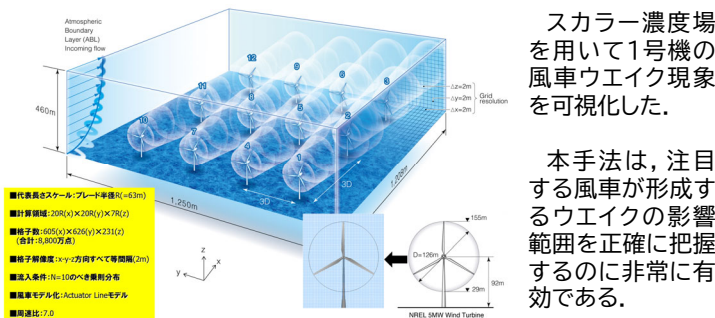
洋上風力の低コスト化には風車ウエイク研究が不可欠

Illustrated by T.Uchida

2. 風車ウエイクモデルの開発の歴史と本プロジェクトで使用するアプローチ

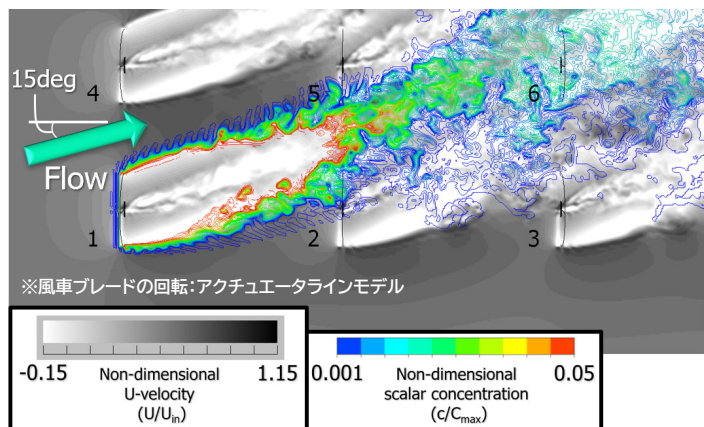
Engineering Wake Model (Empirical / Analytical Wake Model)	Type	
	CFD Wake Model (Wind Turbine Parameterization Model / Physical Surrogate Model)	Fully-Resolved Geometries Combined with CFD Simulations
◆ Jensen (1983) / Katic (1986) (Park Model)	Linearized Reynolds-Averaged Navier-Stokes (RANS) (Eddy-Viscosity Model)	Large-Eddy Simulation (LES)
	◆ Larsen et al. (2007) (Dynamic Wake Meandering: DWM) ◆ Ott et al. (2011) (Fuga Model) ◆ Implemented in WAsP	Nonlinear RANS and LES ◆ ANSYS Fluent / ANSYS CFX ◆ Simcenter STAR-CCM+ ◆ Commercial CFD Software ◆ 本プロジェクトで使用する 2つのアプローチ ◆ Front Flow / blue (FFB) ◆ OpenFOAM ◆ Open Source CFD Software
$U_{wake} = U_0 \left[1 - \frac{1 - C_T}{1 + 2.4 \frac{x}{D}} \right]^2$	◆ Solid Disk Model ◆ Porous Disk Model ◆ Hybrid Disk Model (Solid + Porous)	◆ Actuator Disk Model ◆ Actuator Line Model ◆ Actuator Surface Model ◆ Actuator Line Model ◆ Solid Disk Model ◆ Porous Disk Model ◆ Hybrid Disk Model (Solid + Porous)
	◆ Actuator Disk Model ◆ Actuator Line Model ◆ Actuator Surface Model	◆ Actuator Disk Model ◆ Actuator Line Model ◆ Actuator Surface Model
	◆ Actuator Disk Model ◆ Actuator Line Model ◆ Actuator Surface Model	◆ Actuator Disk Model ◆ Actuator Line Model ◆ Actuator Surface Model
	◆ Actuator Disk Model ◆ Actuator Line Model ◆ Actuator Surface Model	◆ Actuator Disk Model ◆ Actuator Line Model ◆ Actuator Surface Model
Increasing Cost / Fidelity		

3. 仮想モデルのMini Alpha Ventusを対象としたスパコン版RIAM-COMPACTの性能評価

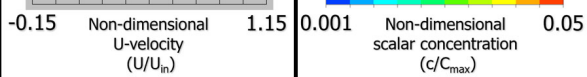


スカラー濃度場を用いて1号機の風車ウエイク現象を可視化した。

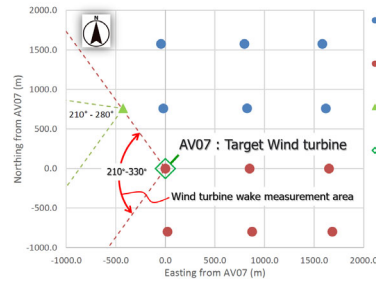
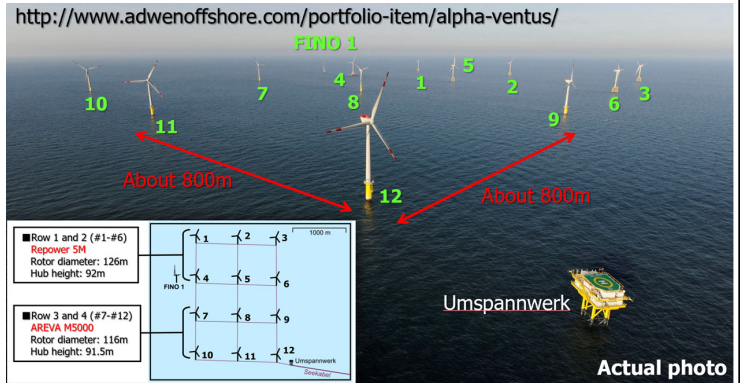
本手法は, 注目する風車が形成するウエイクの影響範囲を正確に把握するのに非常に有効である。



※風車ブレードの回転: アクチュエータラインモデル



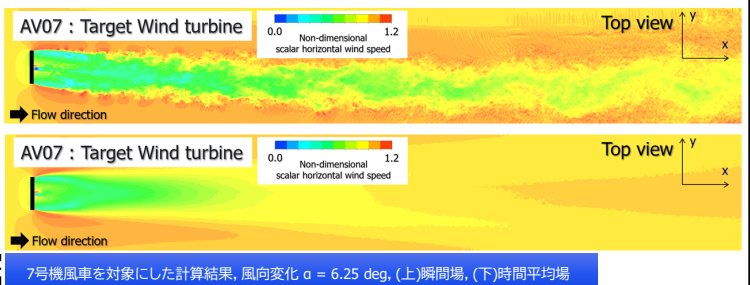
4. Alpha Ventusを対象としたスパコン版RIAM-COMPACTの予測精度



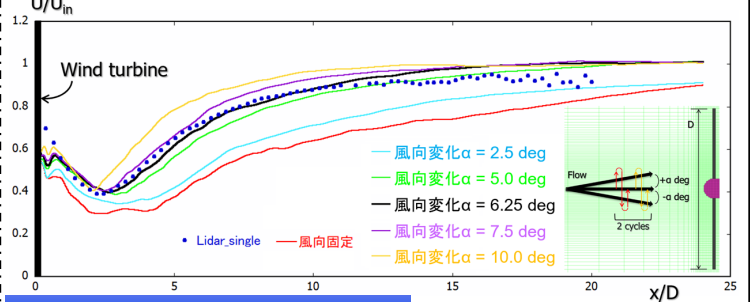
本研究では, 7号機風車のウエイク領域内の風速分布(風車ハブ高さ)に関して, 実測データと比較した。

7号機の風車ウエイク計測は赤色の点線が示す領域内でGalion Lidarを用いて実施された結果である。

本計算では風向を固定した場合と水平断面内において風向を周期的に変化させた場合を検討した($\alpha = 0, 2.5, 5.0, 6.25, 7.5, 10.0$ degの計6ケース)。下図には, 風向変化 $\alpha = 6.25$ degにおける計算結果(風車ハブ高さにおけるスカラー水平風速の可視化)を示す。瞬間場に注目すると, 風車下流に形成されたウエイクは大きく蛇行し, 揺らいでいる様子が見取れる。こうした非常なウエイク挙動を反映して, 時間平均場の結果では, 風車下流に向かってウエイク領域が水平方向に徐々に拡大する結果が得られている。



下図には, 風車ハブ高さ(91.5m)におけるスカラー平均風速の比較を示す。この図を吟味すると, 周期的に変動させる風向角度を徐々に増加させることで, 実測値の傾向に近づくことが示された。



(連絡先: 内田@九大応力研, 092-583-7776, takanori@riam.kyushu-u.ac.jp)