

風車ウエイクの LES

LES of Wind Turbine Wake

○内田孝紀, 九大応力研, 〒816-8580 春日市春日公園6-1, takanori@riam.kyushu-u.ac.jp
大屋裕二, 九大応力研, 〒816-8580 春日市春日公園6-1

Takanori UCHIDA, Research Institute for Applied Mechanics(RIAM), Kyushu University, Kasuga 816-8580, Japan
Yuji OHYA, RIAM, Kyushu University, Kasuga 816-8580, Japan

In the present numerical study, we carried out the large-eddy simulation (LES) of the wake generated behind the wind turbine generator under optimal tip speed ratio. Particular emphasis was placed on the effect of inflow turbulence on the wake region generated behind the wind turbine generator. Through comparisons between three cases with and without inflow turbulence, the speed loss of about 30-40 percent existed in the wake region (1D-5D) in all the cases, where D is a diameter of a rotor.

1. はじめに

我々の研究グループでは、数(十)km以下のマイクロスケールの空間を対象に、風力発電導入に適した地点をピンポイントに予測し、さらに観測データに基づいて年間発電電力量(kWh)や設備利用率(%)を試算可能な数値風況予測術を開発している¹⁾。これを、RIAM-COMPACT®(Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University, Computational Prediction of Airflow over Complex Terrain:リアムコンパクト)と称する。風況場のシミュレーションには、乱流モデルLES(Large-Eddy Simulation)を採用している。現在、RIAM-COMPACT®の高精度化に向けた研究開発を進めている。その中でも特に、WTG間の相互干渉の影響を評価するための後流モデル(ウエイクモデル)の開発を進めている。日本のオンショア(陸上)風力発電では、山岳地域に大型のWTGを複数台集中的に建設せざるを得ない状況になりつつあり、WTG相互の干渉でWF全体の電力量が低下しないよう、その離隔距離を決めるウエイクモデルの開発は最重要検討課題である。一方、今後ますます注目を集めることが予想されるオフショア(洋上)風力発電においても、WTGの離隔距離の問題は顕在化してくると考えられる。本研究の最終目的は、高精度なウエイクモデルを構築し、これを数値風況予測技術RIAM-COMPACT®に実装することである。本研究では、WTG単体の上流側に格子乱流を設置し、これが作り出す乱れがWTG後流の気流性状にどのような影響を与えるかを検討したので報告する。

2. 計算結果など

本研究ではデカルト座標系の不等間隔スタガード格子に基づき、数値計算手法には(有限)差分法を用いる。LESのSGSモデルには、計算安定性に優れ、かつ壁面減衰関数を必要としない混合時間スケールモデルを採用する。陽的フィルタ操作にはシンプソン則を適用する。速度場と圧力場のカップリングアルゴリズムには、オイラー陽解法を基礎とした部分段階法を採用する。圧力に関するポアソン方程式はSOR法により緩和計算して算出する。空間項の離散化に関して、対流項は補間法による4次精度中心差分を基礎とし、4階微分の数値粘性項を付加した修正3次精度風上差分を用いる。ここで、数値粘性項の重みは0.5とし、その影響は十分に小さくした。一般に使用される3次精度風上差分の河村-桑原スキームの値は3である。残りの全ての空間項には、2次精度中心差分を適用した。WTGに関して、ロータ回転のモデル化には翼素理論に基づいたアクチュエータディスク近似を用いた。

図1には、主流方向(x)の速度成分(\bar{u})のコンター図(Rear View, $x=1D, 3D, 5D$, Dはロータ直径)を示す。コンターの範囲は、 $-0.7 \leq (\bar{u}/U) \leq 1.4$ を30分割して表示している。図1(a)に示すケース

1(流入変動なし)では、WTG下流の5D付近までロータ直径とほぼ同じ幅を有し、円状の後流域が形成されているのが観察される。文献²⁾で議論したように、これは翼先端から形成されるTip Vortexの影響で、WTG後流と外部流の運動量交換が抑制されるためであると考えられる。図1(b)に示すケース2(格子間隔_小)では、設置した格子背後に形成された乱流場がWTGの流入気流として流下し、WTG背後に形成されている後流域と相互に干渉しているのが分かる。特に、外部流と円状のWTG後流の境界付近でその傾向が強い。x=5Dの位置でもWTGが形成する後流の影響が明確に存在している点は興味深い。

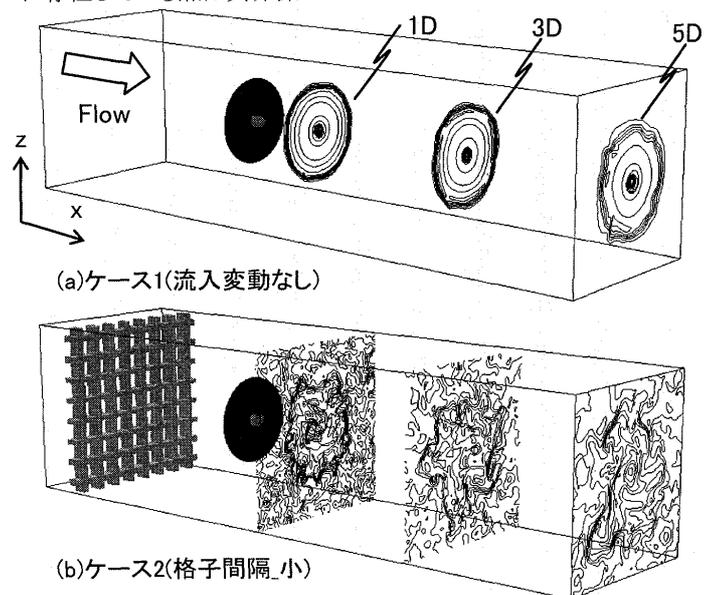


図1 主流方向(x)の速度成分(\bar{u})のコンター図, $-0.7 \leq (\bar{u}/U) \leq 1.4$ を30分割, 瞬間場, 領域全体図, Rear View

謝辞

本研究の一部は、2010年度～2011年度、科学研究補助金若手研究(A)、(研究代表者:内田孝紀)、2010年度(財)中部電力基礎技術研究所 第21期研究助成、(研究代表者:内田孝紀)の援助を受けました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) T.Uchida and Y.Ohya, Journal of Wind Engineering & Industrial Aerodynamics, Vol.96, pp.2121-2138, 2008
- 2) 内田孝紀, 大屋裕二, 杉谷賢一郎, 第19回風工学シンポジウム論文集, pp.187-192, 2006