

市街地における風力エネルギー賦存量の推定

徳島大学大学院 学生会員 ○小谷 憲司 徳島大学 正会員 野田 稔
徳島大学 フェロー 長尾 文明

1. はじめに

東日本大震災における福島第一原子力発電所事故のため、再生可能エネルギーによる発電の導入が急がれている。その一つ的手段として風力エネルギーを有効に利用する風力発電が挙げられる。本研究では数値流体解析を用いて、市街地における風力エネルギー賦存量の推定を行った。風力エネルギー賦存量を推定することで、今まで事前検討が十分でなかった小型風車の設置位置の選定や発電量予測への応用が期待できる。風力エネルギー賦存量の推定を行うために、ここでは風力エネルギー密度、乱流エネルギーの分布を求める。ここで、数値解析モデルとしては標準 $k-\varepsilon$ 法を用い、解析手法としては有限体積法を利用して離散化し、OpenFOAM にて乱流境界層中での解析を行う。ここで解析対象として想定した市街地は、徳島大学周辺の建物とする。

2. 解析概要

本研究で用いた OpenFOAM とは、複雑な物理モデルに対応し、複数の偏微分方程式で記述された工学的問題を解くためのオープンソースソフトウェアである。多面体格子で構成される三次元の非構造メッシュ上で記述された偏微分方程式を解くための基礎方程式の離散化は、有限体積法によって行われており、ここでは、標準 $k-\varepsilon$ 乱流モデルのソルバーを用い、定常解を求めた。

解析対象の建物モデルは、徳島大学の総合研究実験棟から半径 500m の建物とする。再現した建物モデルを本研究では、乱流モデルとして一般的に用いられている標準 $k-\varepsilon$ 法を用いて単純地形モデル周りの流れの解析を行う。

標準 $k-\varepsilon$ 法とは、流れの基礎方程式に対して、アンサンブル平均操作を施して平均流と見かけの応力であるレイノルズ応力を解析対象とし、レイノルズ応力についてはモデルにより表現する方法の一つである。基礎方程式にアンサンブル平均操作を施すことにより生じる変動速度の相関項(レイノルズ応力項)を粘性近似し、その粘性係数を乱流エネルギー k と粘性消散率 ε の二つの輸送方程式で解くことを求めることから $k-\varepsilon$ 方程式モデルと呼ばれる。また、経験的に導き出された定数であり、DNS(Direct Numerical Simulation) 法のように直接乱流の数値シミュレーションを行っていくよりも比較的短い時間で解析を行うことができる。徳島地方気象台で高さ 18m で観測された風速・風向発現特性を用いて年間風力エネルギー密度を算出した。

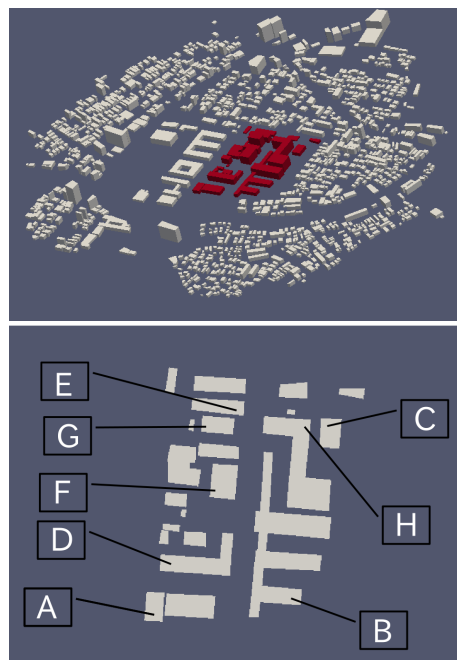


図-1 建物モデル

3. 風力エネルギー賦存量の試算

各方向の流れを解析した結果を用いて、徳島大学工学部学内の年間風力エネルギー密度の分布を求めた。ここで、年間風力エネルギー密度とは、一年間を通じて任意の地点の $1m^3$ の鉛直面を通過するエネルギー量として次式のように定義される。

$$D_{WE} = \sum_{i=1}^{16} D_{WE,i} = \sum_{i=1}^{16} n_i \times \left(\frac{U_i}{U_{R0}} \right)^3 \times \int_0^{\infty} \frac{1}{2} \rho U^3 P_i(U) dU \quad (1)$$

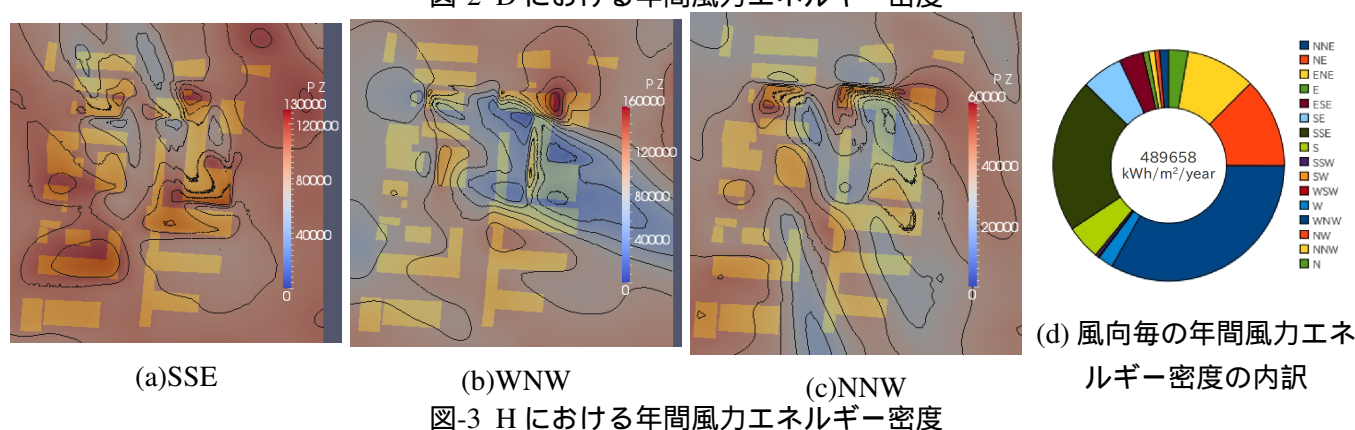
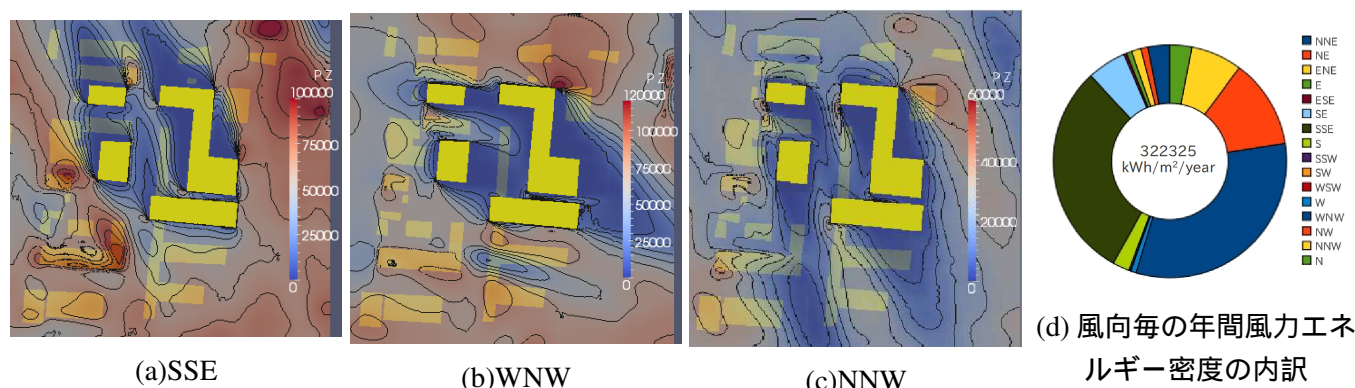
ここで、 i は風向番号、 n_i は風向 i の発現確率、 U_i/U_{R0} は風向 i における基準風速 U_i に対する任意地点の風速比、 ρ は空気密度 ($=1.2\text{Kg/m}^3$)、 $P_i(U)$ は風向 i における風速 U の発現確率密度関数、 $D_{WE,i}$ は風向 i のみの 1 年間あたりの風力エネルギー密度である。

ここでは、高さ 12m, 18m, 24m, 27m の風向毎の年間風力エネルギー密度の試算を行った。高さ 12m で対象となる建物は、A, B, C である。高さ 18m で対象となる建物は、D と E である。高さ 24m で対象となる建物は、F で

ある．高さ 27m で対象となる建物は，G と H である．そこで，D について SSE,WNW,NNW のそれぞれ風向における年間風力エネルギー密度と風向毎の年間風力エネルギー密度の内訳を図-2 の (a)～(d) に示す．同様に H について図-3 の (a)～(d) に示す．

D は，WNW,SSE の風向においては建物全体の場所で風力エネルギー密度の高い値を示している．しかし NNW の風向のように F が風上に位置するときには D の西側以外の場所は風力エネルギー密度が低い値となっている．これより，D において全風向における年間風力エネルギー密度が高くなった場所は D の西側であった．H は，SSE の風向においては建物全体の場所で風力エネルギー密度の高い分布が現れている．建物の北側はどの風向においても高い値を示しているが，WNW,NNW の風向で見られるように建物の南側については風向によって低い値が見られた．これより，H に全風向における年間風力エネルギー密度が高くなった場所は H の北側の場所であった．

このような年間風力エネルギー密度が高い場所は，建物の隅角部で見られた．これは，建物からの剥離流による影響だと考えられる．風は建物に当たると壁面に沿って流れていくが，建物の隅角部のところまでくると，それ以上壁面に沿って流れることができなくなり，建物から剥がれて流れ去っていく．この建物の隅角部からの剥離流はその周囲の風よりも速い風速をもつ．風速が速ければ，得られる風力エネルギー密度が大きくなるため，今回のような解析結果になったと考えられる．また，風向毎の年間風力エネルギー密度の内訳では，SSE,WNW,NW は全体の大きな割合を占めていることが分かる．その要因として，徳島における一般的な風の特徴は，SSE，WNW と NW に卓越風向が存在し，SSE と WNW と NW の風速が比較的強いという特徴があるということが挙げられる．



4. おわりに

今回は大学から半径 500m の範囲の建物を再現し風況解析を行ったが，今後はさらに建物の再現範囲を広くしていき再現範囲によって建物周りの風況がどのように変化するかを検討する．さらに，周辺地形の影響を考慮した場合の解析も検討していく．

参考文献

- 1) 牧野考亮 “数値流体解析を用いた中高層建造物屋上の小型風車設置位置の選定方法に関する研究-”，徳島大学工学部 卒業論文 平成 23 年．