

複雑地形周りの風速分布に対する地形再現範囲の影響

高知大学大学院 学生会員 ○山田雛野 高知大学 正会員 野田 稔

1. はじめに 2019年9月5日に発生したT1915号(令和元年房総半島台風)は、上陸直前まで非常に強い勢力で接近し、千葉県を中心に甚大な被害をもたらした。この際に千葉県君津市長石の送電鉄塔2基が倒壊する事故が発生した¹⁾。倒壊した鉄塔は、いずれも北北西に向かって倒壊していたため、著者らは、南東から南の範囲の基本風向において、この事故発生地付近の流れ場に対する周辺地形の再現範囲および風向の影響について検討した²⁾。その結果、事故現場付近の代表風速を基準とした送電線面内の風速比分布は、検討した風向の範囲内では大まかに2種類に分かれることが確認された一方で、1~5kmの範囲で変化させた地形再現半径に対しては、注目する鉛直面内の風速比分布はほとんど変化しない結果となった。つまり、風速比分布は1kmよりも近い範囲の地形で特徴づけられていることになり、さらに近傍の地形の影響について検討が必要となった。

そこで、本研究では、地形の再現範囲をさらに狭め、近傍の地形と風速比分布の変化の対応を見ることで、特徴的な風速比分布に支配的な地形を明らかにすることを目的として、風速比分布に対する地形再現範囲の影響について検討した。

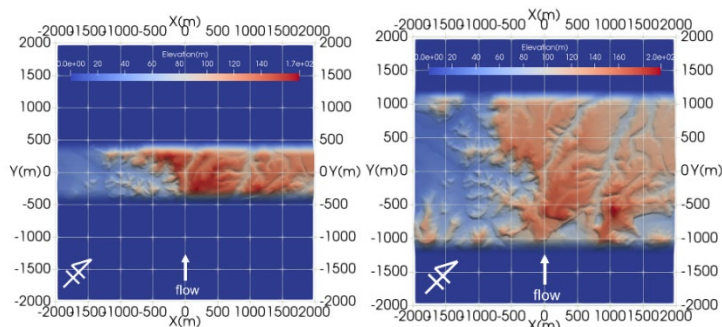
2. 解析概要 研究で対象とする流れ場は、非圧縮粘性流体として解いた。ここではRANSを用い、乱流モデルには標準 $k-\epsilon$ モデルを適用した。実際の解析では、OpenFOAM7.0³⁾を使用して行い、平均流れ場を求めた。

地形情報は、国土地理が提供している10mメッシュの数値標高データ⁴⁾を用いた。地形を再現するにあたり、以前報告した時に使用した地形再現モデルは円状に再現していた^{1,5)}が、再現範囲を狭めていくことで、風向直交方向の地形の再現範囲も同時に狭まり、流れ場にその影響も含まれてしまうため、風上の地形の再現範囲の影響のみを検討するには問題があることが分かった。そこで、風向方向のみの地形の再現範囲を変化させるため、注目点から風向方向の距離のみで決まる二次元的な重みを使って地形を再現するようにした。

ここでは、 X および Y 方向に $\pm 2,000\text{m}$ 、 Z 方向に $2,000\text{m}$ の直方体の計算領域を設定し、負の Y 面から Y 方向に気流を流入させるようにし、相対風向がSEとなるように地形側を回転させ、次に述べる重みを乗じて任意の再現幅を与えた。この重みは、注目点を原点とした場合に、再現幅 B 、擦り付け幅 d とすると、 $-B \leq Y \leq +B$ で1、 $B \leq |Y| \leq B + d$ で $0.5\{1 + \cos(|Y| - B)/d\}$ 、 $|Y| \geq B + d$ で0となるように定義し、元の標高にこの重みを乗じて地形を標高0mの平面に擦り付けるようにした。ここで本計算格子における地形の再現状況を図1に示す。

解析領域における計算格子は、水平方向は15m間隔の等間隔格子、鉛直方向は最小メッシュ幅が10mの非等間隔格子とした。また、風上に設けた流入条件は粗度長0.1m、高さ10mにおける代表風速が10m/sの対数則によって平均風速鉛直分布を与えた。

3. 注目する鉛直面内の風速比分布 風向SEにおける再現幅の変化による注目する鉛直面内の1kmと250mの風速比分布を、図2に示す。ここで、風速比はB地点の高さ40m位置の平均風速を基準風速として求め、横軸は鉛直面に沿った水平軸(s軸)、縦軸は高度とする面内の分布として示した。また、図中の直線は鉄塔を表しており、左からA~Dとしている。図2より、再現幅が小さくなるにつれてC-D間の風速比は増加する傾向を示した。また、B-C間の風速比は再現幅が1kmから750mの間ではほとんど変化していないが、750mから500mに変化すると谷近くの低い風速比の範囲が少し上空に広がり、さらに250mに変化すると低い風速比の範囲が消え、上空の高い風速比の範囲が降りているように見える。一方で、A-B間では、再現幅の変化に対して風速比分布



(a) $B = 250\text{m}$

(b) $B = 1\text{km}$

図1 地形の再現状況 (風向 SE)

布はほとんど変化していなかった。

4. 風向に沿った鉛直面内における風速比分布

前述の通り、再現幅の変化によって風速比が変化していることが分かった。それがどういった場所の、どのような地形によるものであるのかを調べるために、風速比が変化した場所を含む風向に沿った鉛直面内における風速比分布を作成した。ここで、風向 SE において、地形の再現幅が狭まるにつれて風速比が増加した C-D 間の流れの変化を見るために、C-D 間中点を含む風向に沿った鉛直面内の 1km と 250m の風速比分布を図 3 に示す。いずれにおいても、風上風下ともに 2,000m 程度、鉛直方向に 400m、横軸は風向に沿った水平軸である。原点の位置は、C-D 間中点としている。

図 3 より、 $\pm 200\text{m}$ 付近の間が少し窪んでいるため、再現幅が 1km から 500m までは地表面付近の風速比が低下しており、250m では原点付近の窪みを形成していた部分がなくなったため、地表面付近の風速比が高まっているように見える。したがって、地表面付近の風速比はごく近傍の地形によって決定され、上空の風速比はより遠方の風上の地形の存在の影響を受けているということが考えられる。

5. まとめ 本研究では、円状に地形再現範囲を変化させた場合と風向に沿った地形再現幅を変化させた場合について、特定の風向で数値流体解析を実施し、注目する鉛直面内における風速比分布に対する地形再現範囲の影響について検討した。その結果、地表面付近の風速比はごく近傍の地形によって決定され、上空の風速比はより遠方の風上の地形の存在の影響を受けているということが確認された。

従って、地形の再現範囲を考える際には、注目する流れ場の高さに応じて再現範囲を決定することが必要と考えられるが、その判断基準については今後さらに検討していく必要がある。

謝辞 本研究の一部は、科研費 (19H02410) の助成を受けて実施された。ここに記し、謝意を表す。

参考文献 (1) 科研費特別研究促進費「令和元年台風 15 号による停電の長期化に伴う影響と風水害に関する総合調査」による電力送配電施設などの強風調査報告書, 2020. (2) 野田 稔, 山田雛野, 尾田春雄, 伊藤修一, 井田直宏, 中村里菜, 「令和元年台風 15 号通過時の送電鉄塔倒壊現場付近の流れ場への地形の影響」, 日本流体力学会年会 2020 梗概集, 2021. (3) The OpenFOAM Foundation, OpenFOAM, <https://openfoam.org/>, 2022/03/03. (4) 国土地理院, 基盤地図情報ダウンロードサービス, <https://fgd.gsi.go.jp/download/>, 2022/03/03. (5) 山田雛野, 野田 稔, 「丘陵地帯の流れに対する地形の影響範囲について」, 日本風工学会 2021 年度年次研究発表会梗概集, pp. 137-138, 2021.

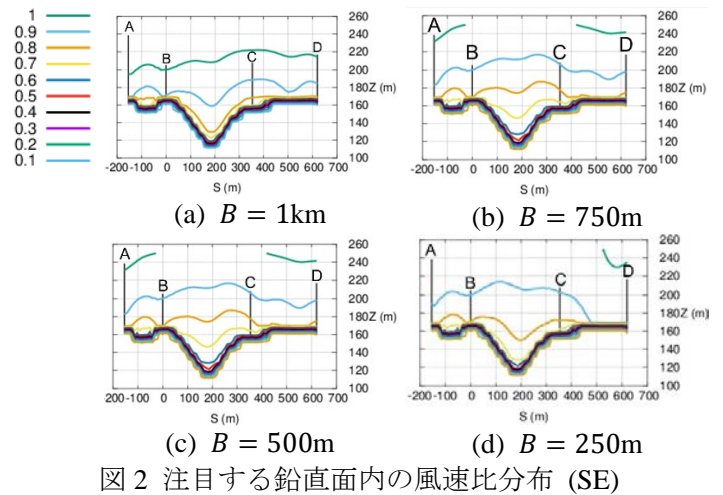


図 2 注目する鉛直面内の風速比分布 (SE)

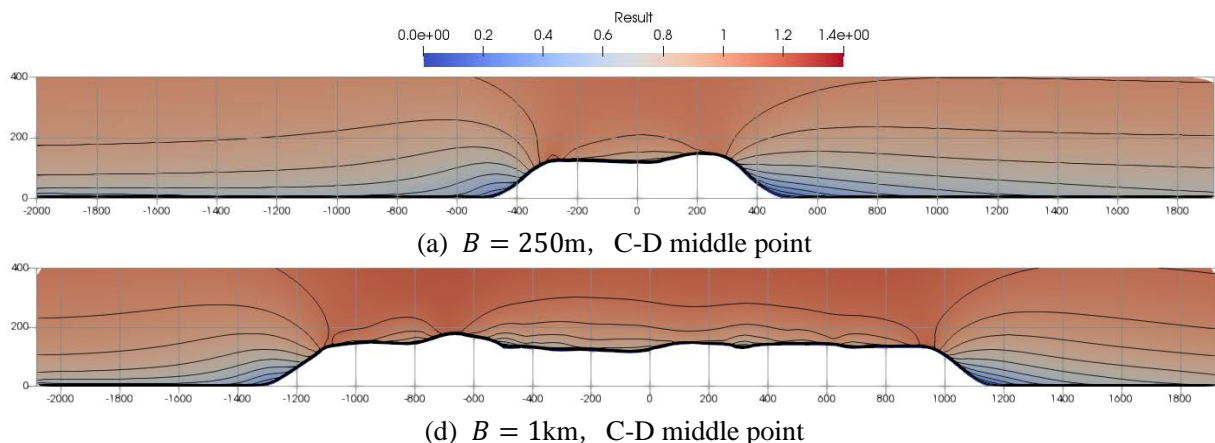


図 3 風向に沿った鉛直面内における風速比分布(SE)