

T1915 号による送電鉄塔被害発生地点付近の風況解析

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、T1915号の通過時に、千葉県君津市長石の送電鉄塔2基が倒壊する事故を引き起こした。倒壊した鉄塔は木内線の78号鉄塔と79号鉄塔であり、いずれも北北西に向かって倒壊していた。事故調査委員会や科研費特別研究促進費の報告書によると、地形による風速の増速効果が送電鉄塔倒壊の原因であることが指摘されていたが、現地の気流に対する周辺地形の影響が詳しくは検討されていなかった¹⁻³⁾。

そこで、本研究では、従来実施されてきた32方位の倍の64方位に基づく解析風向を用いた詳細な数値流体解析を実施することで、被害地点の気流に対する周辺地形の影響について検討を行った。また、風向変化による気流の変化を詳細に検討することで、地形が風速を増減させるメカニズムを考察した。

2. 解析概要

本研究で対象とする流れ場は、台風の中立大気を前提とできるため浮力は働かず、風速は音速よりも十分に低いと言えるため、非圧縮粘性流体であると考えられる。したがって、流れ場の基礎方程式には連続の式とNavier-Stokes方程式を使用し、乱流モデルにはRANSに基づいた標準 $k-\epsilon$ モデルを適用した。実際の解析は、オープンソースであるOpenFOAM⁴⁾を使用して行い、平均流れ場を求めた。

地形情報は、国土院が提供している10mメッシュの数値標高データを用いて、図1のように対象地点を中心に半径5kmの範囲の地形を再現した。解析風向は、SSEを中心にSからSEを8分割した風向を用いて、流入条件によって風向を変化させた。風向は、16風向のSE,SSE,Sの間の32方位をSSEE,SSSE,その間の64方位をSSEEE,SSEES,SSESE,SSESSと記す。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鉛直プロファイルを与えた。

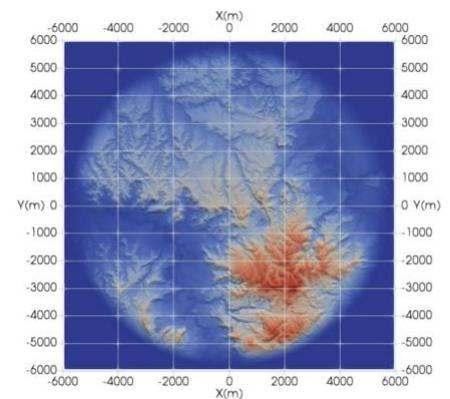
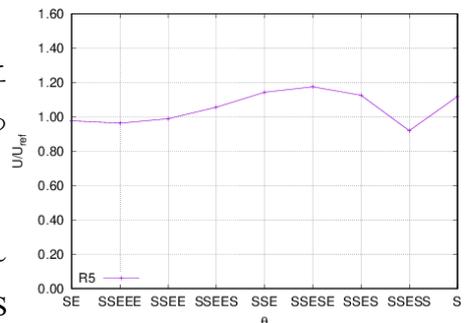


図1 地形再現範囲

3. 代表風速比に対する風向の影響

78号鉄塔の設置位置に注目した時の風向と代表風速比の関係を図2に示す。ここで、代表風速比は、78号鉄塔の位置の地表高さ40mの地形がある時の風速を地形のない時の風速で除したものとしている。横軸を風向、縦軸を代表風速比としている。

この図から、SE～SSESEまでは徐々に風速比が高くなっていき、SSES～Sにかけては風速比がわずかに減少する傾向を確認できるが、風向SSESSのみ、SSES,Sと比較すると極端に風速比が低下していることが分かった。図2 78号鉄塔における風向の影響



4. 送電線鉛直面内の風速比分布

送電線鉛直面内における風速比分布に対する風向の影響について述べる。ここで、風速比は、78号鉄塔位置の地上高40mの風速で除して求めたものとしている。解析した風向の範囲内においては、2種類の代表的な風速比分布が得られた。ここで、その2種類の例として、図3にSE, SSESにおける風速比分布を示す。横軸は78号鉄塔を原点として送電線に沿って鉄塔の番号が増える方向に正ととったs軸、縦軸は高度とし、図中の直線は、左から順に77号～80号鉄塔を表している。

1つ目の風速比分布のパターンは、図3(a)に示すように、全体的に一様な風速比分布となっており、特に、谷の上の79～80号鉄塔間の風速比が高くなった。この分布の傾向は、SE～SSEESの風向で発現した。もう1つの風速比分布のパターンは、図3(b)に示すように、78号鉄塔付近で風速比が高くなっており、78～79号鉄塔間

の谷上空の風速比が低下している。この分布の傾向は、SSE～Sの間で発現した。

ここで、風向変化によって風速比がなぜ変動しているのか調べるために、風向に沿った鉛直面内における風速比分布を作成した。図2にて特異な動きをしていたSSESSと、比較するために隣接する風向であるSSESの結果を図4に示す。風上風下ともに6,000m程度、鉛直方向に2,000m、横軸は風向に沿った水平軸であり、原点は78号鉄塔の位置としている。

図4(a)より、SSESの場合、78号鉄塔位置(原点)が丘であることにより、風速比が高くなっていることや、全体的に風速比はあまり高くなっていないが、風上5,000m付近に存在する丘によってその地点の風速比が局所的に高くなっていることが分かる。また、風上5,000m～0mまでの地表面の風速比があまり低下していないことから、風上5,000m付近に存在する丘は、この風向に対してあまり影響していなかったことが分かる。

図4(b)より、SSESSの場合、SSESと同じく78号鉄塔位置(原点)が丘であることにより、風速比が高くなっていることや、風上5,000m～4,500m辺りの丘による地形効果によって、SSESよりも上空の風速比は高くなっているが、逆に地表面から78号鉄塔地表高40m付近まで風速比が低下していることが分かる。

これらの図から、風向によっては風速比が変化していることや、78号鉄塔位置(原点)において局所的に風速比が高くなっていること、特にSSESSとSの風向では、遠方の地形が風速比に影響することが分かった。

5. まとめ

本研究において、丘や谷などが気流に対して影響することを確認した。

地形の再現半径を5kmにしたことで、風上側の遠方の地形が基準風速に影響することが分かった。また、風向を細分化することで、詳細な風速比の変化を捉えられ、代表的な2種類の風速比分布を確認することができ、遠方の地形が風速比に影響する風向もあることが分かった。

参考文献

- 1) 令和元年台風15号における鉄塔及び電柱の損壊事故調査検討ワーキンググループ〈中間報告書〉, https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/hoan_shohi/denryoku_anzen/tettou/20200121_report.html, 2020/1/21.
- 2) 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.
- 3) 野田 稔, 「令和元年台風15号通過時の送電鉄塔倒壊被害からの風速試算」, 風工学研究論文集, Vol.26, pp.102-109, 2020.
- 4) The OpenFOAM Foundation, OpenFOAM, <https://openfoam.org/>, 2021/02/22.

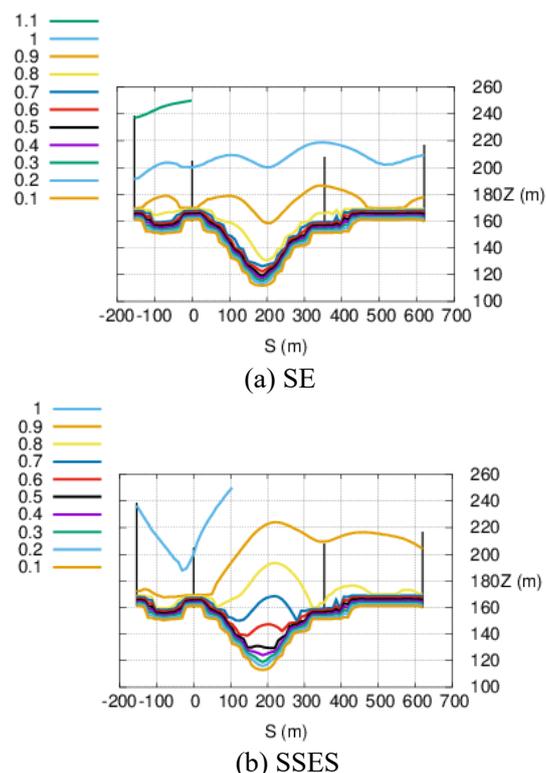


図3 送電線鉛直面内における風向の影響

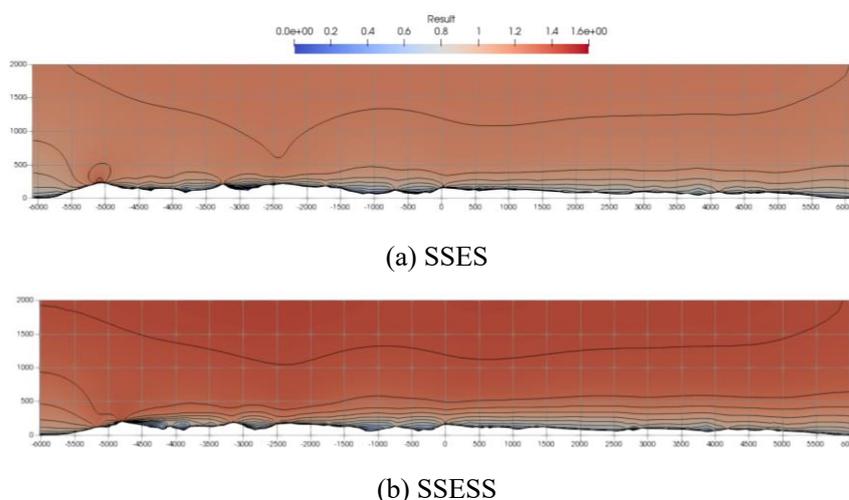


図4 78号鉄塔を含む風向に沿った鉛直方向における風速比分布