

鉄塔及び電柱の被害発生原因及び再発防止について

2019年12月17日
東京電力パワーグリッド株式会社



1, 電柱



1-1. 沿岸部の電柱損壊率の評価

- 沿岸部(海岸線から約200m)と、千葉全域における電柱の折損数を農地や森林などの土地利用種別毎に集計
- 風圧と電柱の折損の関係を評価するため、風の影響を直接的に受けやすいと考えられる田、農地、荒地、公園緑地、河川湖沼等のエリアについて折損率を比較した。
- 結果、沿岸部の折損率は0.17%、千葉県全域の折損率は0.11%と著しく低く、また有意な差は見られなかった。
- 風が強い沿岸部で折損率が高くないことから、電柱損壊の原因は飛来物や倒木などの二次被害であると考えられる(電柱折損の支配的な要因は風ではなかったと考えられる)。

※1 国土地理院：土地利用細分メッシュ(100mメッシュ)[2014年度版]

風の影響を直接受けやすいと考えられる土地利用の種類※1	沿岸部			千葉県全域		
	折損数(本)	電柱数(本)	折損率(%)	折損数(本)	電柱数(本)	折損率(%)
田(100)、その他農用地(200)、荒地(600)、道路(901)、鉄道(902)、空き地(1002)、公園緑地(1003)、河川湖沼(1100)、海浜(1400)、海水域(1500)、ゴルフ場(1600)	5	3025	0.17	375	344106	0.11

風の影響を直接受けにくい土地利用として集計上除外したもの
 森林(200)、建物用地(700)、高層建物(701)、工場(702)、低層建物(703)、低層密集(704)、その他用地(1000)、公共施設(1001)

→ 海浜(1400)の折損事例 (波乗0650号)



1-2. 損壊した1996本の電柱に関する検証結果

(第2回WGでご報告)

- 損壊原因は、停電復旧や巡視などを実施した現地出向者が、現場状況より倒木・建物の損壊や飛来物等による二次被害であることを確認した（記録が残されていない電柱は、後日の現場調査により推定）。
- 設備形成は、電気設備の技術基準を反映した社内規程により実施している。
- 電柱の巡視・点検は、保安規程に基づいて適切に実施している。
- 損壊した電柱に特定の年代に集中するような特異性はなかった。
- 損壊した電柱の調査において、鉄筋の錆により強度が低下していた電柱はなかった。

(第3回WGでご報告)

- 沿岸部で損壊した電柱の周囲環境を調査した結果、近隣の同じ環境に施設された電柱には被害が見られなかった。

(本日まで報告)

- 風の影響を直接的に受けやすい沿岸部と他のエリアの折損率を比較した結果、双方ともに値は著しく低く、また、有意な差は無かった。

以上より、1996本の電柱は、倒木・建物の損壊や飛来物、地盤の影響による二次被害であると判断する。

エリア	栃木	群馬	茨城	埼玉	千葉	東京 (23区)	多摩	神奈川	山梨	静岡	合計
損壊数	9	0	94	9	1,750	15	3	59	2	55	1,996
電柱損壊の原因(再掲)											
倒木・建物の倒壊	9	0	57	8	1,311	6	3	37	2	44	1,477
飛来物	0	0	9	0	263	3	0	6	0	0	281
地盤の影響	0	0	28	1	176	6	0	16	0	11	238



1-3. 再発防止策（電柱）

◆事前対策

1. 自治体との計画伐採に向けた協議
 - ・自治体主体での倒木未然防止のための計画伐採の取り組みについて協議。
2. 飛来物飛散防止の P R
 - ・台風襲来シーズン前にTVやラジオなどのメディアによる注意喚起の実施について協力を依頼。
 - ・台風襲来が予測されるときは、都度、SNSやHPを活用し注意喚起を実施。



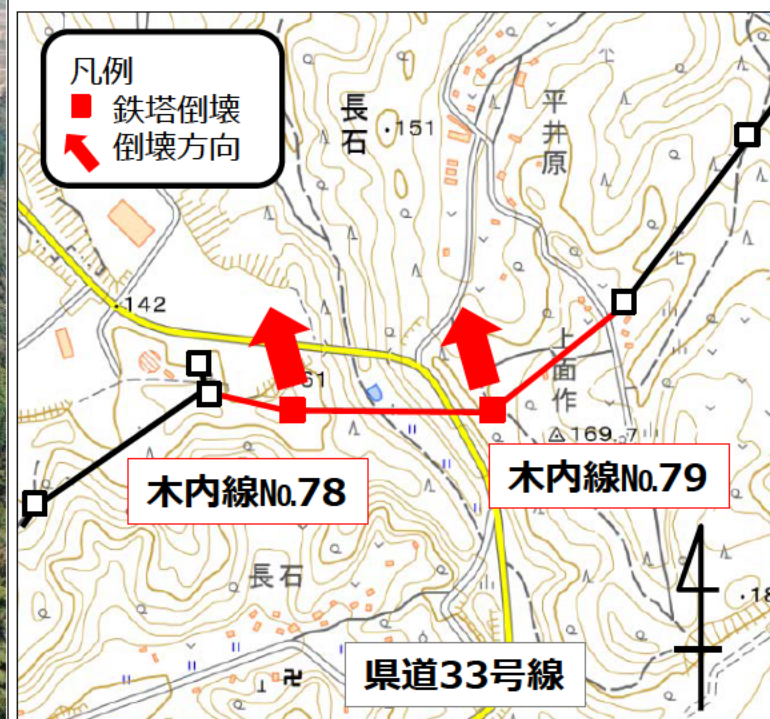
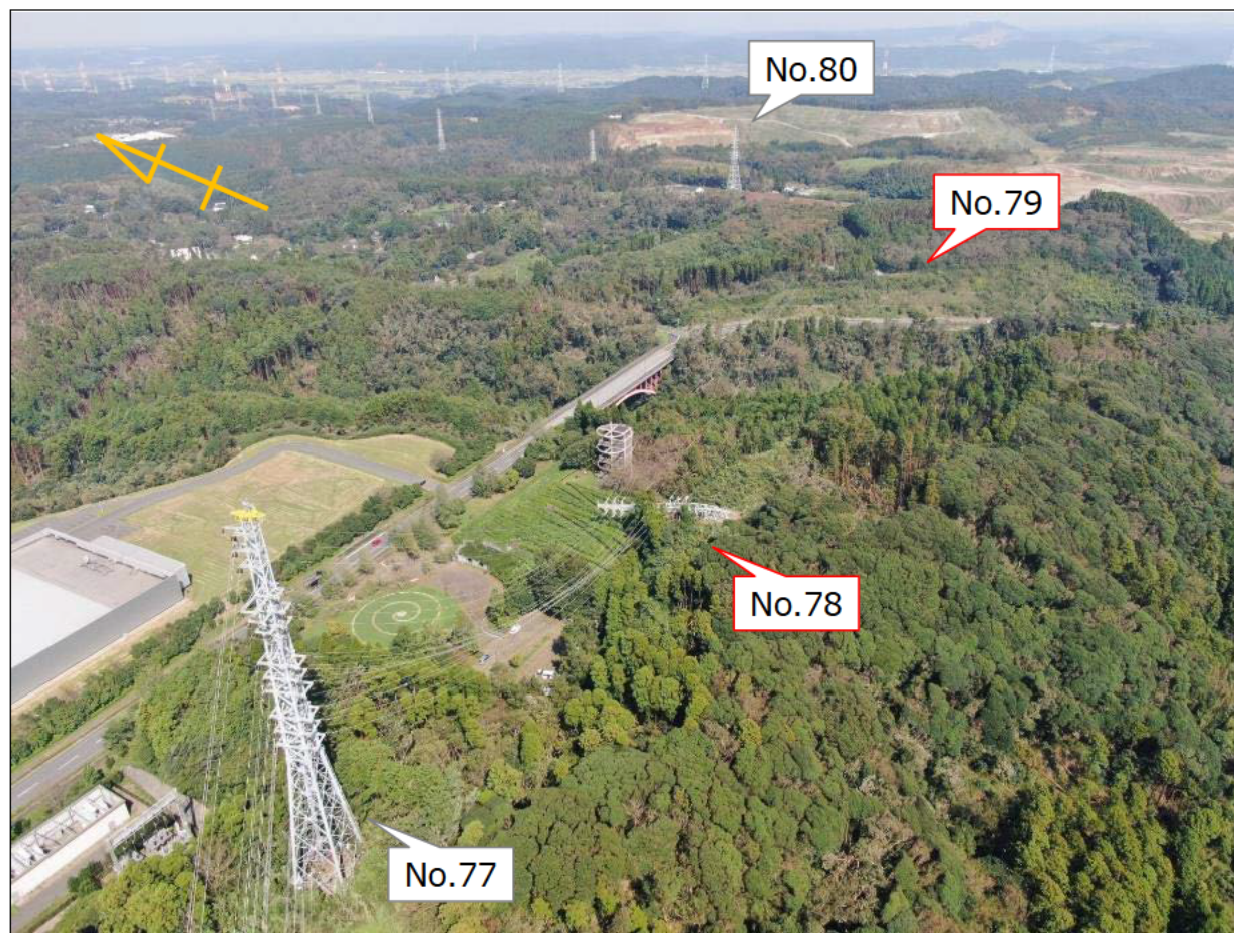
2, 鉄塔



2-1. 鉄塔損壊状況について（第3回WGでご報告）

6

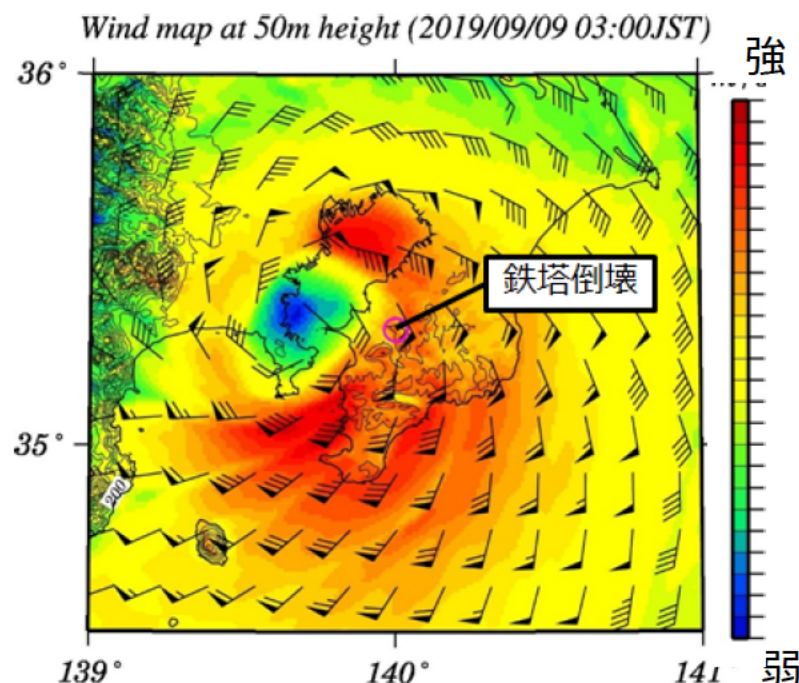
- 66kV木内線No.78、No.79は、台風15号により2基とも北北西の方向に倒壊。
- 当該鉄塔2基は、南方の風を受ける東西ルートで、6回線（6つの3相回路を支持している）鉄塔。



- 関東全体をカバーした領域で気象シミュレーションを実施し、更に倒壊箇所から風上側6kmを領域とした気流シミュレーションを行い、局地的な地形の影響を計算した。
- 結果、南南東の風のみにおいてNo.77～No.78付近で顕著な増速を確認。

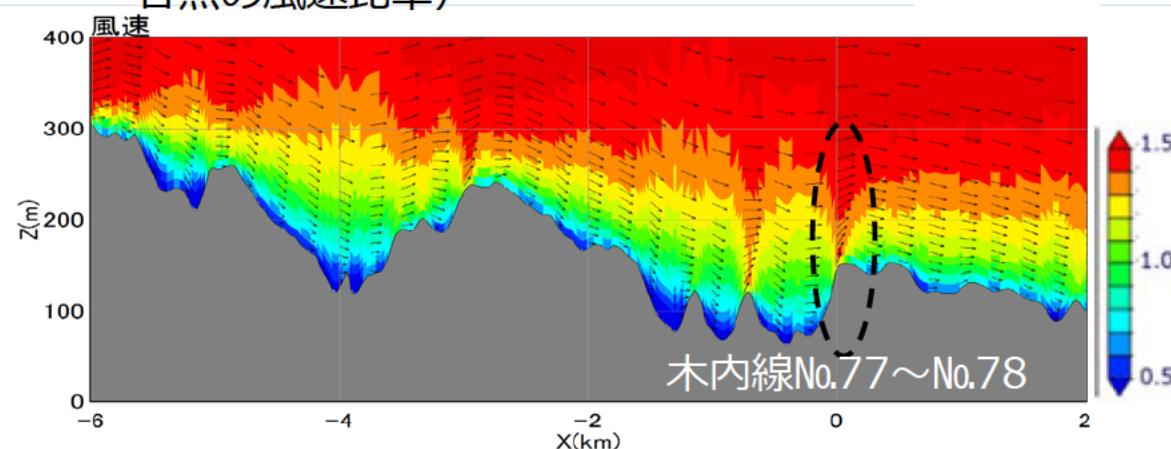
気象シミュレーション結果

9/9 3時の風向・風速分布図



気流シミュレーション結果

鉄塔倒壊箇所から南南東の風の鉛直分布図
(風上-8km、地上50mの流入風を1.0とした時の各点の風速比率)



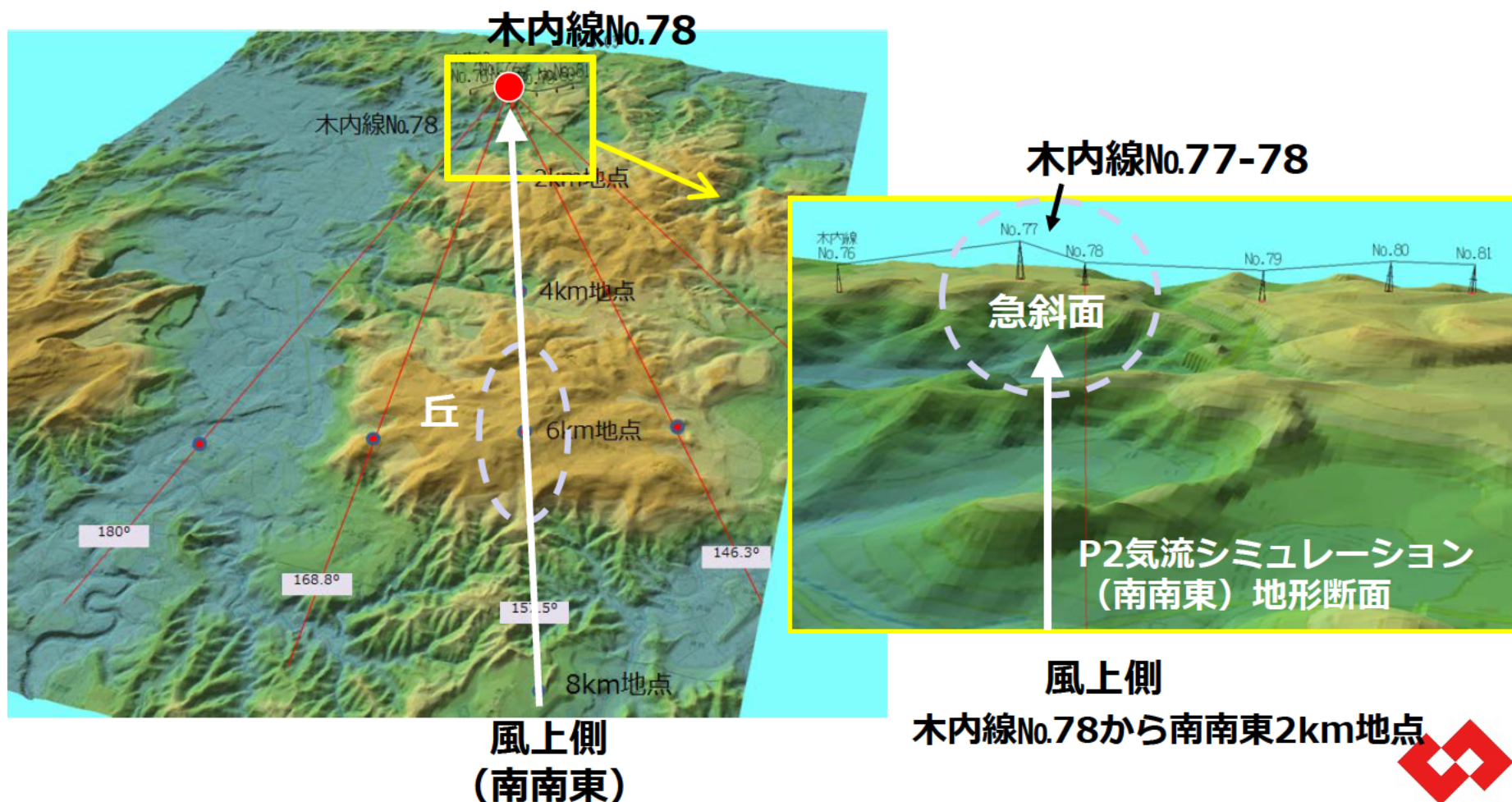
※ X=0はNo.77～No.78径間の中央、グレー部は断面地形
 ※ 前方7kmまでの領域を解析した結果、上記とほぼ同等の結果であった。



2-2. 現地風速の推定結果について（第3回WGでご報告）

8

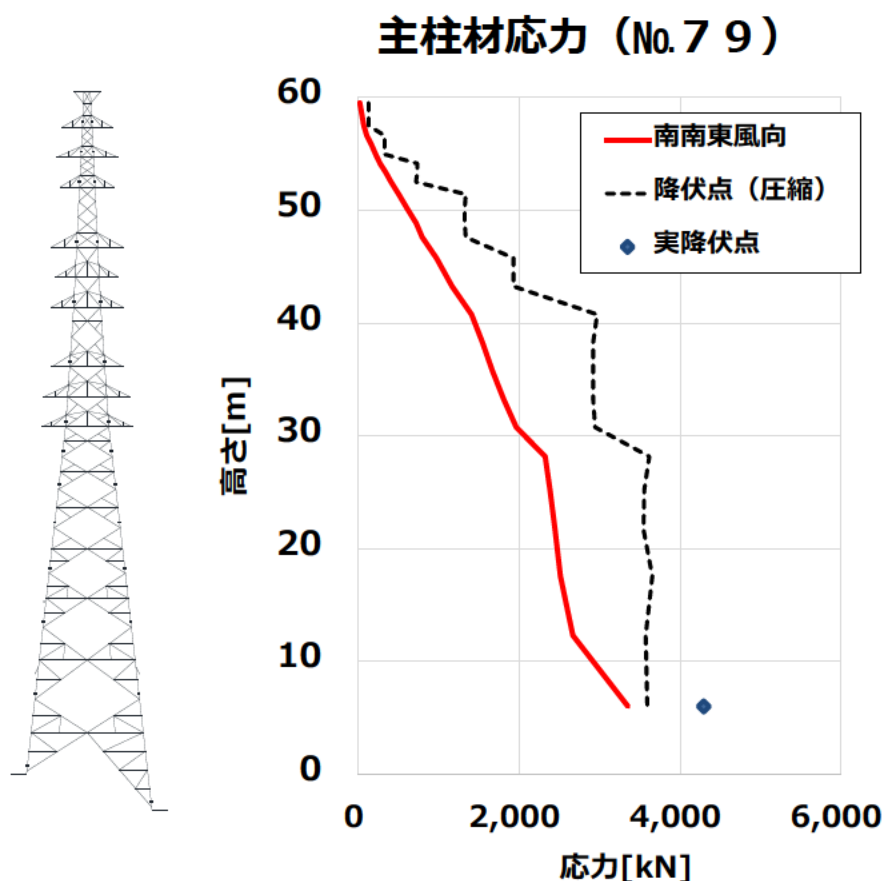
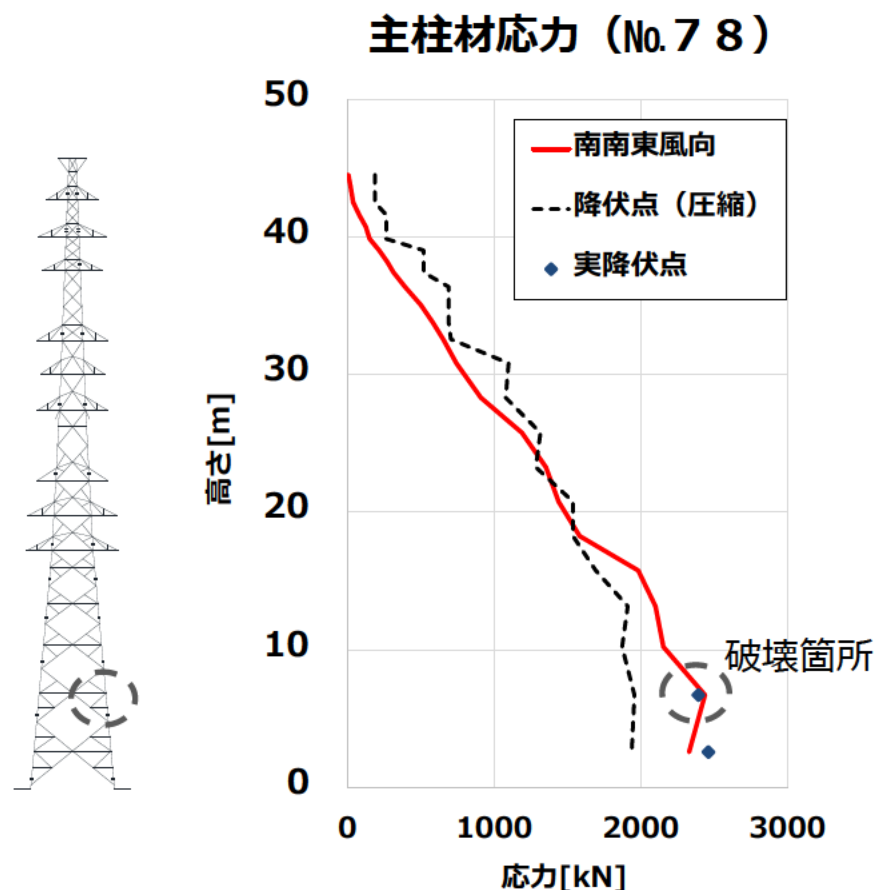
- 顕著な増速が確認された南南東の地形を分析した結果、台風による強い風が風上側にある標高の高い丘で増速され、送電線手前の急斜面により更に増速したものと推定。



2-3. 鉄塔の倒壊メカニズムについて（第3回WGでご報告）

9

- 等価静的解析を用いて応力計算を実施。No.78は動的解析を踏まえて応力を5%割増。
- 結果、No.78鉄塔は、南南東の風において下部の主柱材応力が降伏点を上回り座屈が発生した可能性が高い。No.79の発生応力は降伏点以下。



実降伏点・・・撤去材の材料試験結果を反映した降伏点。



- 気圧傾度の大きい台風が東京湾を通過し、千葉県において著しい強風が発生。
- 気象・気流シミュレーションを行い現地風速を推定した結果、東西ルートとなる木内線No.77～No.78において、南南東の風上地形の影響で風の著しい増速を確認。
- 推定風速を用いて等価静的手法で算出した結果、No.78鉄塔において降伏点を上回る部材応力が発生した。一方、No.79鉄塔は耐力的に余力を有する結果であった。
- 以上の結果と設計・建設・保守面からの調査結果(下記)より、今回の倒壊はNo.77～No.78において著しく強い風が作用したことにより、No.78鉄塔の応力が降伏点を上回り部材が座屈し、その後No.79鉄塔を引き倒しながら倒壊したものと結論付けられる。

【設計・建設・保守面からの調査結果】

以下のとおり、設計・建設・保守面に瑕疵・不具合はなかったことを確認

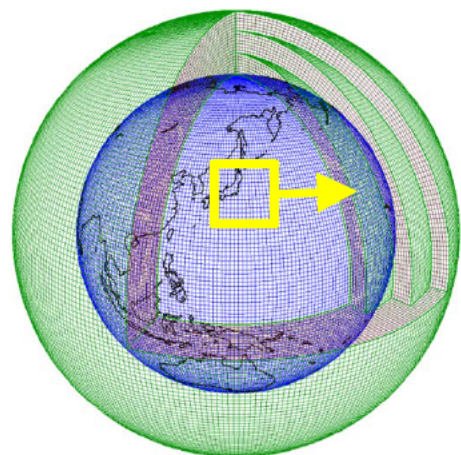
- ✓ 倒壊鉄塔2基は、電気事業法に基づき1971年10月に工事計画届出、1972年7月に使用前検査合格。
- ✓ 鉄塔および基礎ともに「電技」に基づく強度を満足している設計であり、また巡視・点検は保安規程で定めた頻度、方法で実施され、過去5年の記録で「電技」に抵触する恐れのある異常は無かった。
- ✓ 損壊した鉄塔の材料調査により使用材料は規格強度を満足する結果であった。また、基礎の試掘調査により鉄塔倒壊の起因となるような基礎体の損傷は無かった。



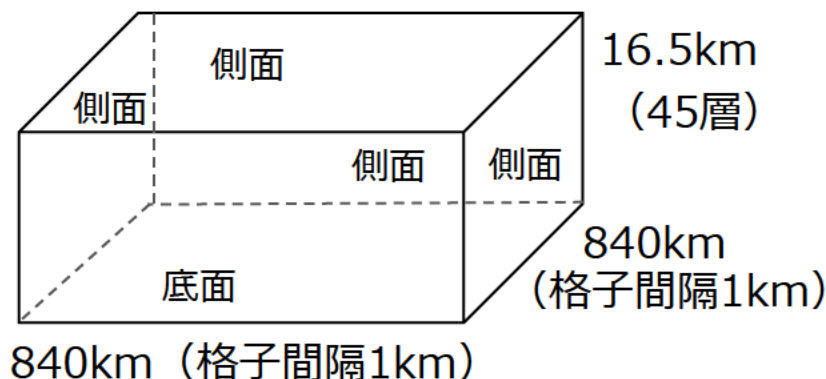
- 今回の事例は、勢力を維持したまま台風が海上を通過した際に、右側危険半円の最大旋衡風速半径（25km程度）に入り、台風の強い風を受けやすい東西ルートを送電線であった。
- 上記の送電線において、同種再発防止を実施する特殊箇所を下記のとおりとする。
 - 台風の主風向となる風上側8km以内に傾斜度0.2程度以上かつ標高差200m以上の山等があって、かつ直近に傾斜度0.2程度以上かつ標高差50m以上の急斜面の頂部付近である箇所



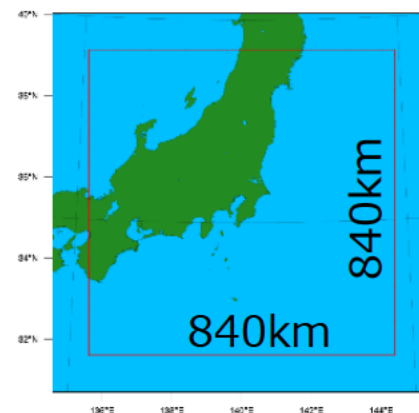
気象庁MSMデータをもとに広域な風を3次元解析し、9月8日21時～9月9日12時のその地域を代表する風速・風向を計算。（格子間隔や計算領域等は今回当社が設定したもの）



【計算領域】



【底面範囲】



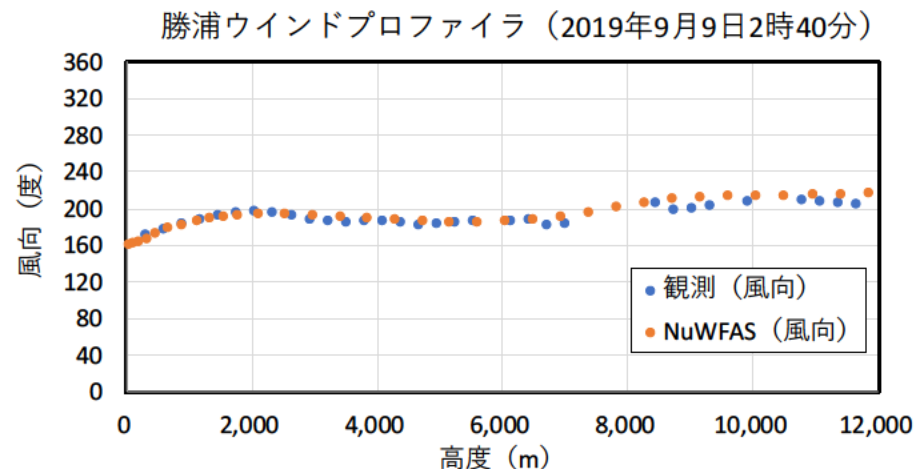
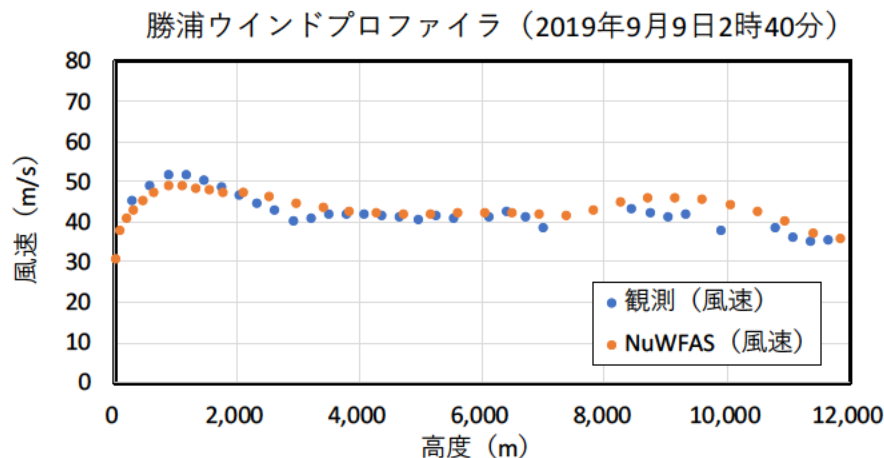
使用モデル	WRF-ARW V3.7.1
地形データ	標高：国土地理院50mメッシュ、粗度：国土数値情報土地利用（2014）
計算データ	風速、気温、湿度、気圧、雲を全格子点で計算
初期値	2019年9月8日21時の気象庁MSMデータ※を全格子点に付与。
境界値	2019年9月9日0時、3時、6時、9時、12時の気象庁MSMデータ※を使用して側面境界データを付与。3時間内は内挿。
計算時間	0.5sec刻みに計算、出力間隔10min

※日本とその近海の領域を格子間隔（5km）で3時間毎に未来の気温、風、雲等を予測したデータ。

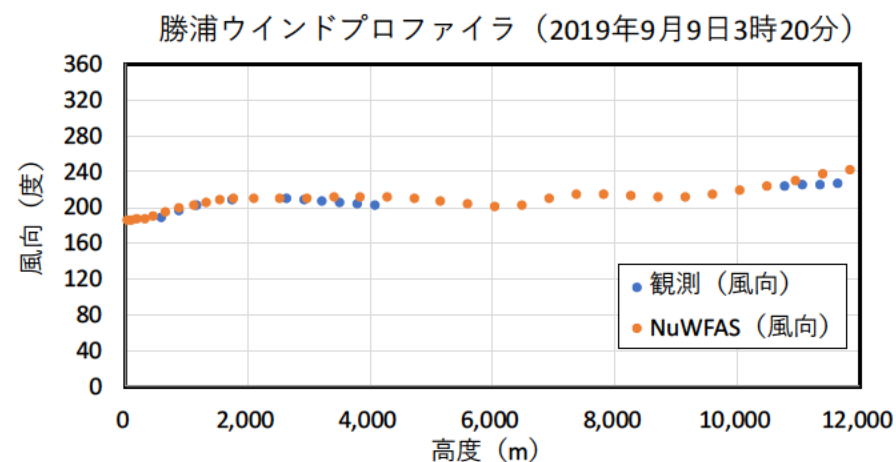
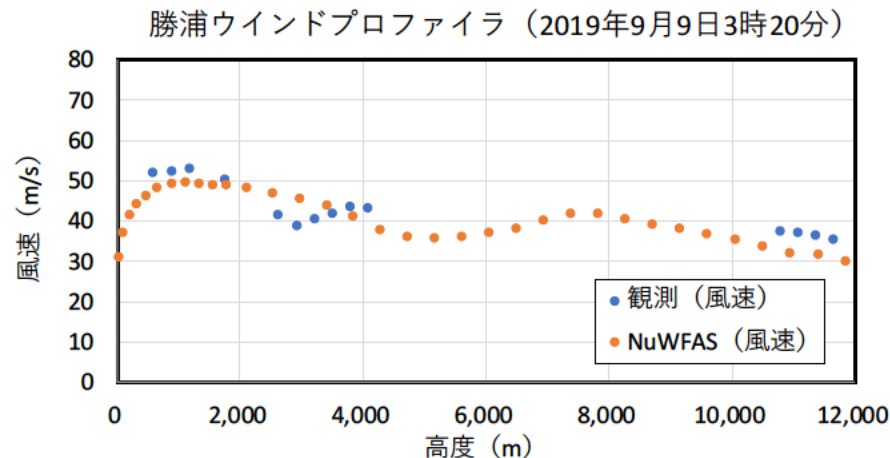
[適用事例] 服部, 平口, Moeng, 石原他 WRF-LESによる中立大気接地層の乱流組織運動とメソ擾乱の干渉過程への洞察, ながれ23, 2015

気象シミュレーション結果は、気象庁のウィンドプロファイラ※の上空風向・風速の観測値と概ね一致することを確認。計算結果は信頼できるものと判断。

2019.9.9 2時40分データ



2019.9.9 3時20分データ

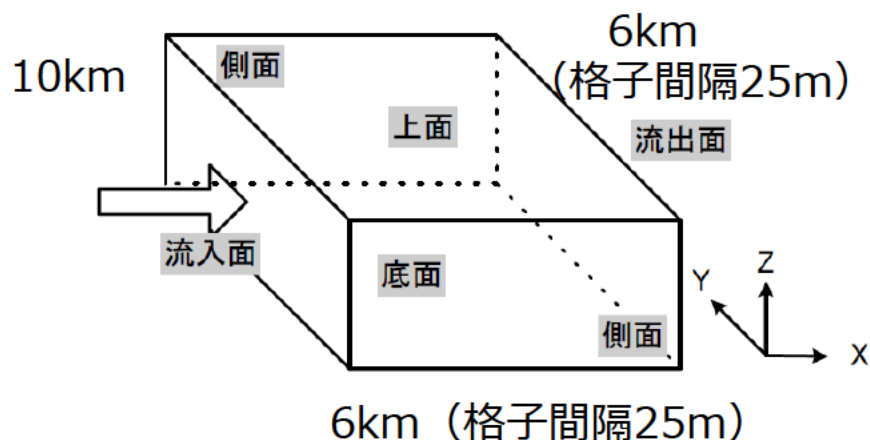
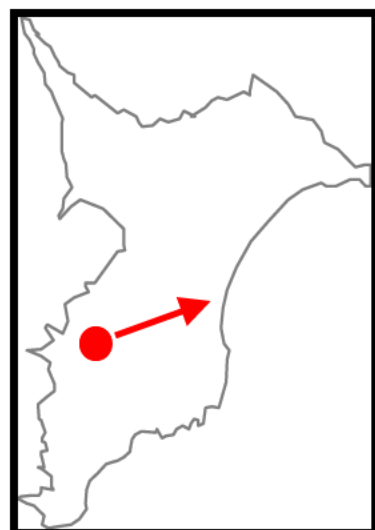


※事故発生時刻前後 (2時50分～3時10分) 期間の観測値は欠測。

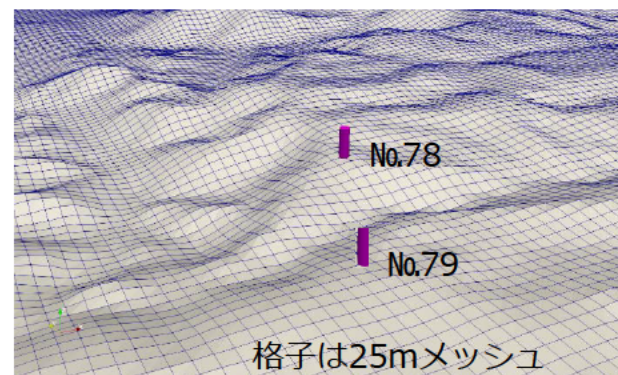
※ウィンドプロファイラ：地上から発射した電波によって、上空の風向・風速を測定する気象庁の観測システム。



詳細な3次元地形データによる複雑地形から局所的な地形起伏が風況に与える影響を評価（気温勾配は考慮していない）し、風速の増減速を計算。（格子間隔や計算領域等は今回当社が設定したもの）



No.78地点の底面拡大図



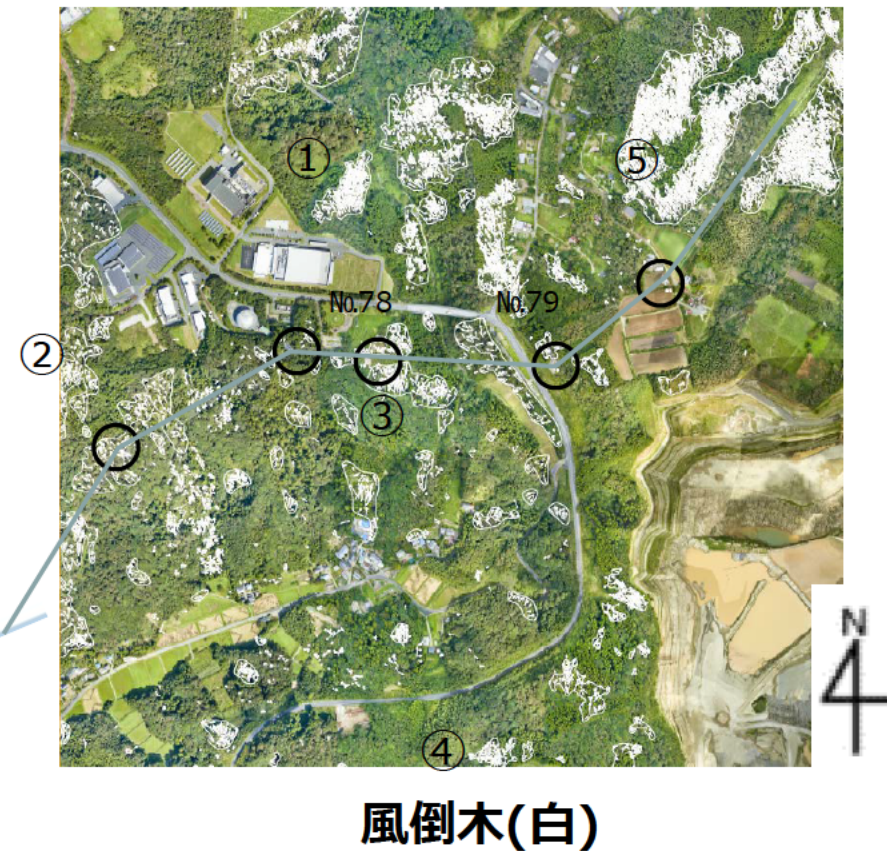
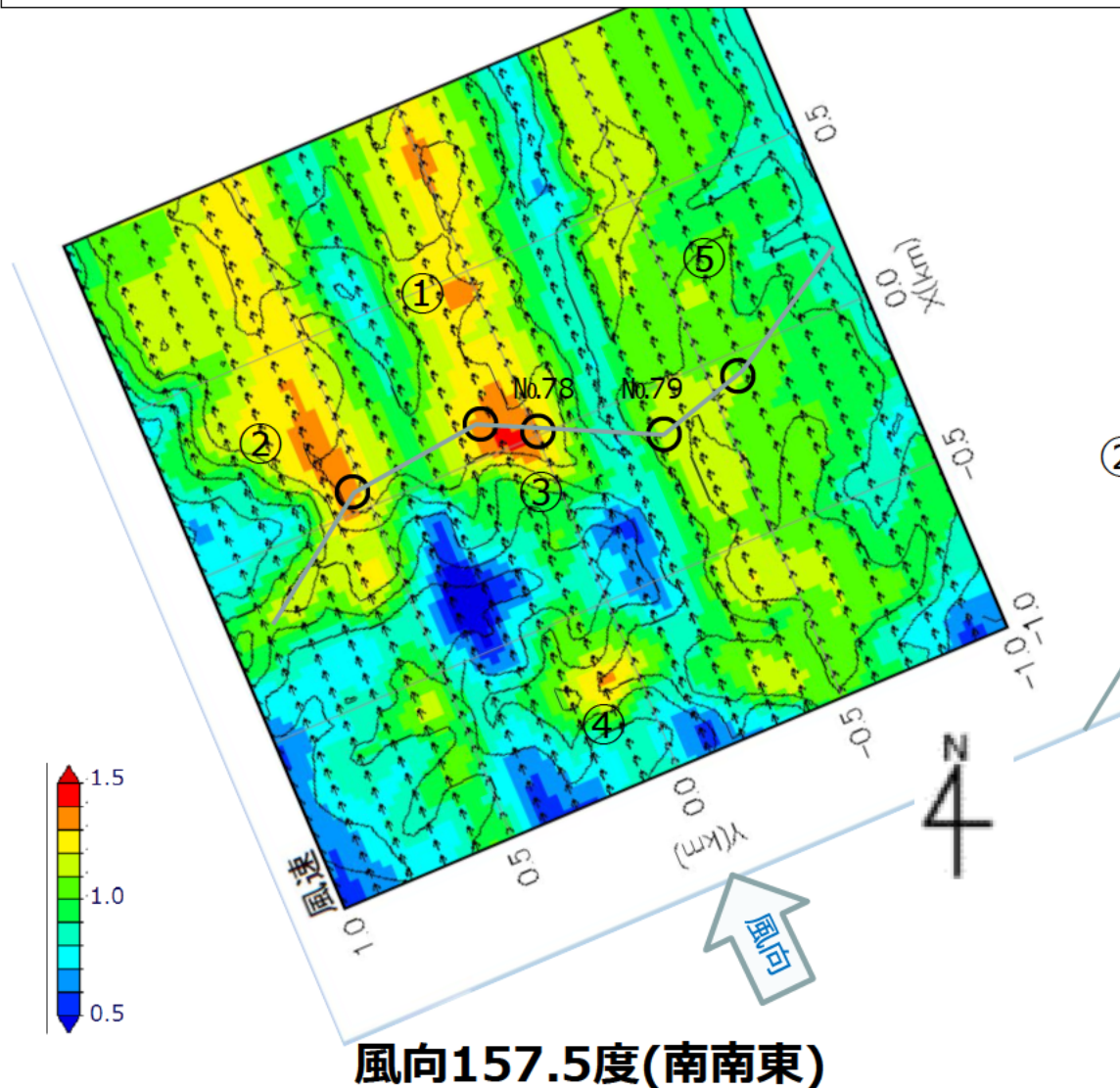
格子間隔	水平：25mメッシュ、鉛直：地上100mまでは10mメッシュ
地形データ	標高：国土地理院10mメッシュを利用して25mメッシュを作成 粗度：国土数値情報土地利用（2014）
インプット	標高、地表面粗度、流入面の風速
計算データ	全格子点の風速3成分と乱れの強さ

[適用事例] 木内・亀岡他, 風力発電所の建設・運用に関する局所風況予測, 日本風工学会誌 33-1, 2008

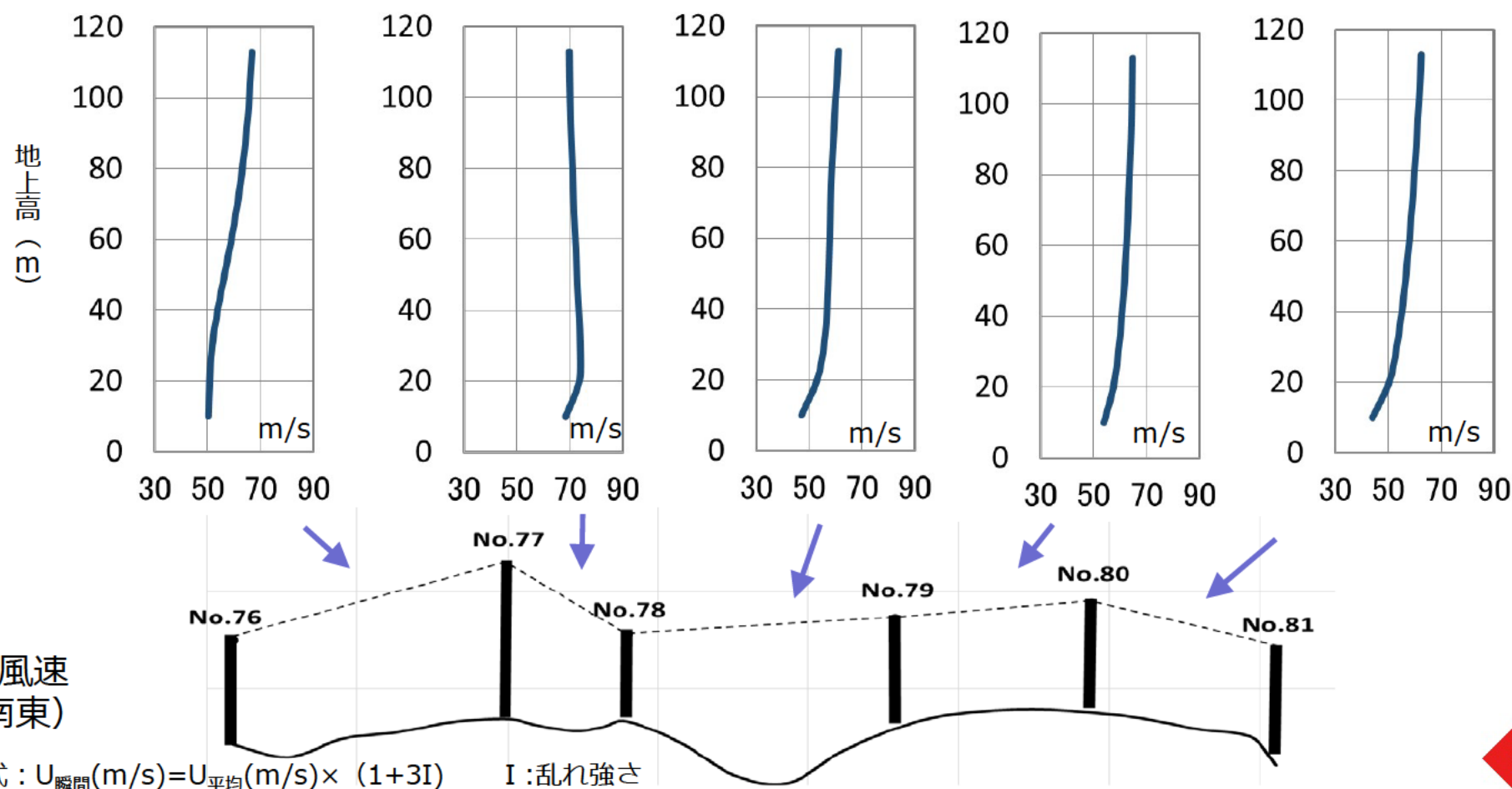
[適用事例] JEC-TR-00007-2015, 電気学会 電気規格調査会テクニカルレポート



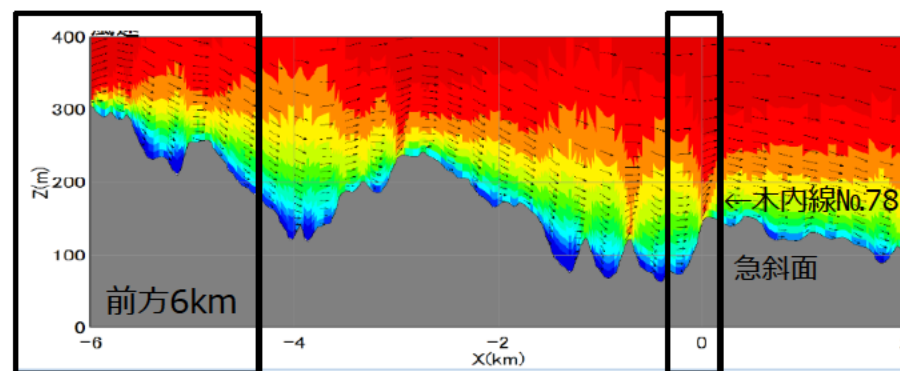
当該地域は畑や公園などがあり、樹木が一様にはないが写真判読により倒木範囲と比較すると、特に増速が推定される箇所において倒木の発生がみられる。



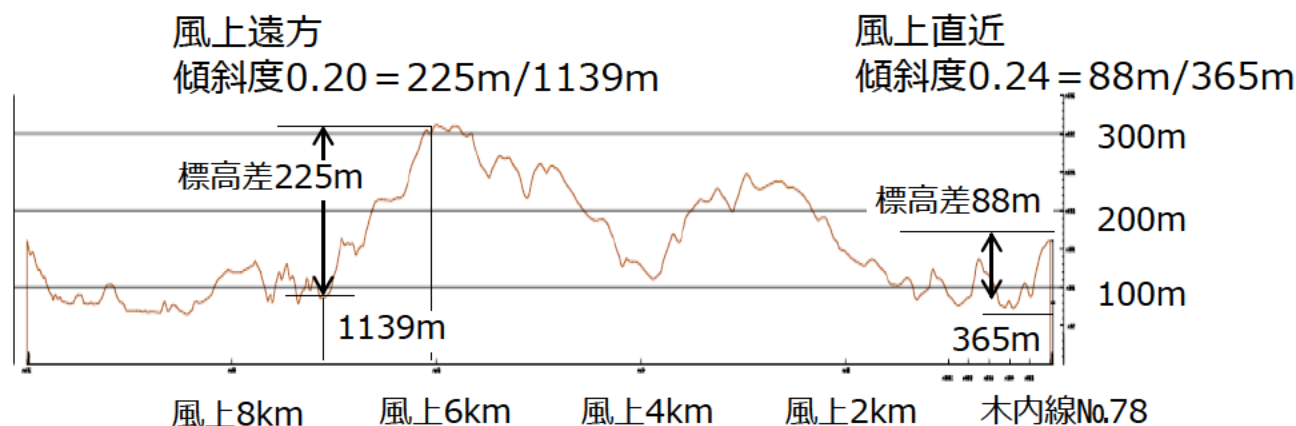
- 現地風速を気象・気流シミュレーションにより計算した結果、南南東の風向に限り、No.77～No.78の箇所で局地的に風が強められた可能性が判明。
- 結果、No.77～No.78間の風は、その他径間の風と比較して著しく増速したと考えられる。



- ・ 台風の主風向において、**風上側の標高の高い丘と直近の急斜面**の2つの地形影響が重なり、局所的に風が増速されたと推定。
- ・ 今回箇所地形の特徴に基づき、類型地形の抽出は、下記2条件を満たす箇所とする。
 - ①**風上遠方**：風上側8km以内に傾斜度0.2程度以上かつ標高差200m以上の山等があること
 - ②**風上直近**：傾斜度0.2程度以上かつ標高差50m以上の急斜面の頂部付近である箇所



気流解析結果（南南東風）



類型地形抽出条件の検討結果

