

WRF を用いた明石海峡大橋周辺の台風時風況解析

横浜国立大学 学生会員 ○光永安由人 フェロー 勝地 弘 正会員 王 嘉奇
正会員 田村 洋 正会員 平尾賢生

1. 研究背景

海上橋は、周辺に風を遮る地形や建物がないため横風の影響を受けやすく、強風時の車両の走行安全性が重要な問題になっている。明石海峡大橋では、台風の経路が瀬戸内海直撃型の時のみ突風率が高くなり、太平洋通過型や日本海通過型の時にはそのような傾向が見られないことがわかっている。強風時に橋梁に生じる風況の特性を理解し、橋梁ごとに適切な強風対策を行うことが、橋梁上の車両の安全性向上につながると考えられるが、現地調査や風速計による観測データだけでは得られる情報に限りがある。そこで本研究では、領域気象モデルの一つである「The Weather Research and Forecasting (WRF)」を用いて、強風時の気象現象を再現し、その結果を用いて明石海峡大橋周辺の風況特性の検討を行った。

2. 2018 年台風 24 号についての再現性検証

本研究ではまず、太平洋通過型の台風である 2018 年台風 24 号について、計算条件を変更した複数のケースで解析を行い、その解析値と実測値を比較し相関係数と平均二乗偏差 RMSE を算出することで、風速の再現精度が十分に高い計算条件を決定した。各解析では神戸空港の風速値が出力されるように座標を設定し、その解析値と気象庁に記録された神戸空港のアメダスの 10 分間平均風速値を比較した¹⁾。計算条件の変更箇所と比較結果を Table1 に示す。case1-6 については、義江ら (2015) の見解をもとに風の再現性に影響を及ぼすとされる物理モデル (雲物理, 短波放射, 大気境界層) を変更したが²⁾, 物理モデルを変更するだけでは再現精度に明確な変化は現れなかった (Table1)。そこで case7 では、第 3 領域以降の地形データを GMTED2010 (1000m メッシュ) から AsterGDEM (30m メッシュ) に変更した。その結果、case1-6 と比較して再現精度が大幅に向上したため、WRF における風速の再現には地形データの解像度の影響が強いと考えられる。case8,9 では、case7 の地形データを引き続き使用し、さらに格子のサイズを各領域でそれぞれ 1/3 の大きさに変更した。WRF では格子の境界から U 成分 (東西方向) と、V 成分 (南北方向) の風速を出力し、その値を格子の中心部分の風速とみなしているため、格子の大きさを小さくすることで風速の再現精度が向上すると考えた。case8,9 の計算領域を Figure1 に示す。case8,9 の解析で得られた風速値をべき乗の式で明石海峡大橋の径間中央の高さ (97m) に補正し、その値と明石海峡大橋の中央付近に取り付けられた風速計 (P1-P5) の実測値を比較した図を Figure2 に示す。case8 の解析では、風速ピーク時の風速値よりも解析値が低く出力されているのに対して、case9 では風速ピークの値や時間を十分に再現できていることが読み取れる (Figure2)。

Table1 Reproducibility verification of Typhoon 24 in 2018

	相関係数	RMSE	雲物理	短波放射	大気境界層	地形データ	格子サイズ (D1/2/3/4)	
case1	0.59	4.01	Lin	Dudhia	MYNN2.5	GMTED2010 1000mメッシュ	(9000/3000/ 1000/333)m	
case2	0.66	3.91	Thompson					
case3	0.59	4.00	Lin					RRTMG
case4	0.53	4.18		Goddard Shortwave				
case5	0.55	4.06		GFDL scheme				
case6	0.67	3.54		Dudhia	YSU			
case7	0.81	2.90	case1の条件				Aster GDEM 30mメッシュ	(3000/1000/ 333/100)m
case8	0.81	2.42						
case9	0.84	2.29	case6の条件					



Figure1 Calculation Area used for case8,9

キーワード WRF, 突風率, 明石海峡大橋

連絡先 〒240-8501 横浜市保土ケ谷常盤台 79-5 横浜国立大学都市イノベーション研究院 TEL045-339-4041

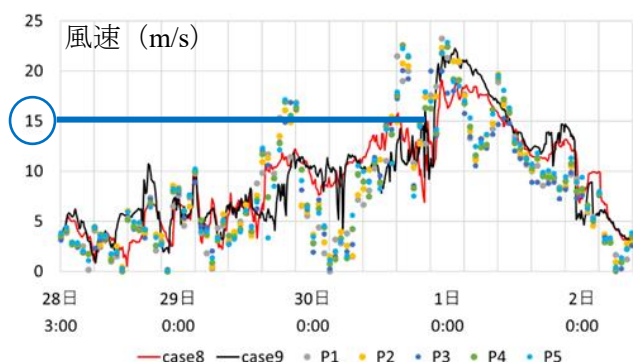


Figure2 Comparison of 10min averaged wind speed between WRF simulation and measurement of Akashi-Kaikyo Bridge

3. 台風経路の違いによる風況特性の違い

case9 の計算条件を用いて各強風事例の風速・風向の再現を行い、「NCAR Command Language」を用いて風況図を作成した。本研究では高さ 100m の風況図を 20 分ごとに作成した。明石海峡大橋では原則として、10 分間平均風速が 15m/s を超過した段階で車両の速度規制と自動二輪の通行止めが行われているため³⁾、10 分間平均風速 15m/s 以上の風が吹いている、もしくは吹く可能性がある時間帯（強風域）の風況理解が重要と考えられる。したがって各経路の台風について、風速ピーク前の強風域の時間帯の風況を調査した。本研究では、WRF の結果で明石海峡大橋上の風速が 15m/s 付近になった時間帯を強風域とみなした。瀬戸内海直撃型には 2018 年台風 21 号、日本海通過型には 2019 年台風 10 号、太平洋通過型には 2018 年台風 24 号を選んだ。解析で得られた風速の時刻歴変化から、2018 年台風 21 号の強風域は 9/4 の 6:00-15:00、2019 年台風 10 号の強風域は 8/13 の 21:00-8/14 の 21:00、2018 年台風 24 号の強風域は 9/30 の 18:00-21:00 と判断できる。風況調査の結果、各経路の強風域内で、全橋に渡って風速・風向の分布が一樣ではない状態が確認できた (Figure3)。他の強風域の時間でも Figure3 と同様の状態が確認できたため、特定の時間の風況図を代表として載せるだけで十分だと判断した。Figure3 より、実測値をもとにした通行規制の場合、風速計の位置によっては橋梁上の風速を過小または過大に評価する可能性があり、橋上 1 か所の判断では風況を十分に捉えられないと考えられる。さらに瀬戸内海直撃型では、強風域の時間帯でも橋梁内に風速 15m/s を大きく超える場所が存在している様子が確認でき、このような高い風速を伴う乱れは瀬戸内海直撃型の他の強風域の時間でも確認できた。一方、このような様子は日本海通過型や太平洋通過型では確認されなかったため、瀬戸内海直撃型の台風特有の性質だと考えられる。

4. 結論

本研究により強風域では、台風の経路によらず全橋に渡って風速・風向の分布が一樣ではなく、橋上 1 か所の判断では風況を十分に捉えられないことを明らかにした。また、特に瀬戸内海直撃型の台風では強風域と判断される時間帯でも、風速 15m/s を大きく超過する風が橋上に発生する可能性があることを明らかにした。

謝辞

研究実施にあたり本州四国連絡高速道路（株）より明石海峡大橋風速データの提供を受けました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 気象庁：過去の気象データ検索 <https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>
- 2) 義江龍一郎，三浦翔，望月政法：風環境評価のための標準上空データの整備に向けた領域気象モデル WRF の検証，日本風工学会論文集，Vol.40 No.4，P113-122，2015
- 3) 楠原栄樹：自動車走行と強風規制（長大橋梁の事例），日本風工学会誌，Vol.40 No.1，P4-9，2015

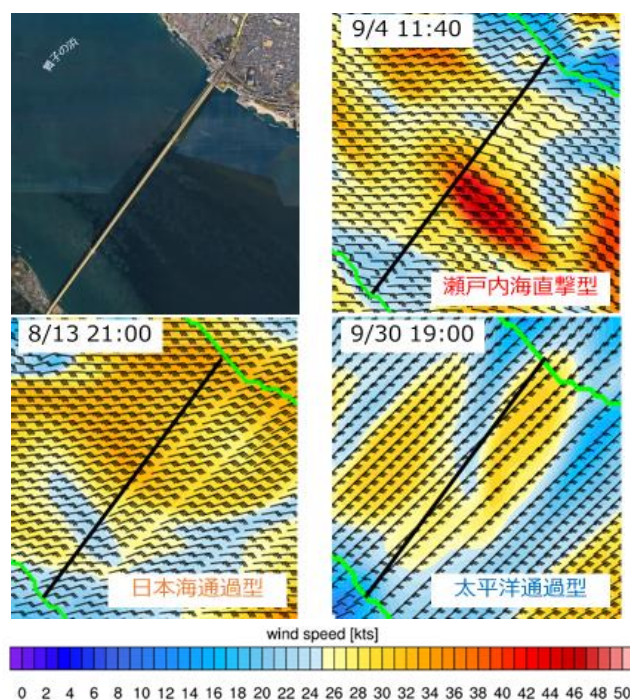


Figure3 Wind chart of T201821 , T201824 , T201910