

# WRF の橋梁劣化予測への適用可能性の検討

1200163 山崎 将滉

高知工科大学 システム工学群 建築・都市デザイン専攻

E-mail 200163m@ugs.kochi-tech.ac.jp

日本における橋梁の多くは高度経済成長期に建設され、2020年代から急速に高齢化が進んでいく、そのため、橋梁を経済的かつ効率的に維持管理することが求められている。また、維持管理の計画を立てる上でいかに精度よく劣化を予測するかが課題となっている。高分解能のデータを用いることで地表面の状態や気象状態を高精度に表現することができ、領域気象モデル WRF を用いて高分解能の気象データを再現することで、飛来塩分量の推定精度の向上に繋がると考えた。

WRF によって高分解能の気象データを用いた解析を行い飛来塩分量の推定精度への影響を検討したところ、MSM と比べ風速・風向の精度向上が見られなかった。WRF を飛来塩分推定に用いるためにはより高分解能の土地利用データを用いた解析が必要となる。

**Key Words:** 飛来塩分, GIS, 風速・風向

## 1. はじめに

日本における橋梁の多くは高度経済成長期に建設され、2020年代から急速に高齢化が進んでいく<sup>1)</sup>。そのため、橋梁を経済的かつ効率的に維持管理することが求められている。また、維持管理の計画を立てる上でいかに精度よく劣化を予測するかが課題となっている。橋梁の劣化現象の一つとして飛来塩分などが影響している塩害がある。道路橋示方書<sup>2)</sup>では離岸距離と地域区分によって耐候性鋼材の適用を定めている。しかし、飛来塩分量は立地環境や気象・波浪条件などに大きく左右されることから、橋梁の劣化予測精度の向上にはより正確な気象・波浪データが必要である。既往研究として、小窪<sup>3)</sup>、小松<sup>4)</sup>らによって陸上の任意地点に到達する飛来塩分量の推定が行われている。しかし、気象・波浪データなどの精度が課題とされた。小窪は気象データに最も近い距離にある AMeDAS のデータ、小松は数値予報データである MSM を用いた。MSM の空間解像度は 5km であるためこ

れが精度に影響を与えていると考えられた。高分解能のデータを用いることで地表面の状態や気象状態を高精度に表現することができ、領域気象モデル WRF を用いて高分解能の気象データを再現することで、飛来塩分量の推定精度の向上に繋がると考えた。

本研究は高分解能の気象データを用いることが任意地点に到達する飛来塩分量の推定精度へ与える影響を検討する。

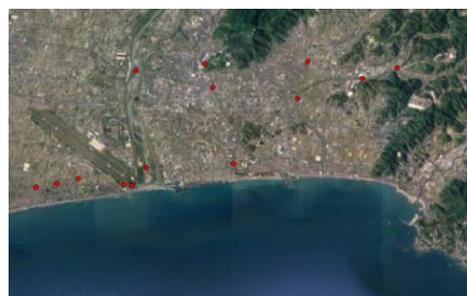


図-1 対象地域と対象橋梁  
(Google Satellite 画像を使用)

対象地域は図-1 に示す高知県南国市および香南市の海岸から約 4km の範囲とし、対象橋梁は高知県が管理する橋梁台帳データに記載された橋梁とした。

## 2. 付着塩化物イオン量の推定

### 2.1 付着塩化物イオン量の推定モデルの概要

本研究で使用するモデル<sup>3)</sup>を図-2 に示す。推定モデルは小松が用いた計算式<sup>4)</sup>を使用する。波浪データを用いて海塩粒子発生過程の計算を行う。発生した海塩粒子は海風により輸送されるため、WRF により風速風向を計算する。また、解析に使用する風速は風向が海岸線方位に対して $\pm 11.25^\circ$  の範囲で無降水時であることを条件とする。降水の有無については WRF での地点降雨の再現性に関して多く課題があるため<sup>5)</sup> AMeDAS を用いる。WRF で得られた風速を用いて輸送過程の計算を行う。付着過程の計算は、海塩粒子が橋脚表面に時間あたりに衝突する流速への変換として表す。



図-2 付着塩化物イオン量の推定フロー

### 2.2 使用データ

#### (1) GIS データ

国土交通省国土政策局国土情報課 国土数値情報 海岸線データにより海岸形状、海岸線から橋梁までの最短距離、海岸線方位の算出を行った。土地被覆データとして国土交通省国土政策局国土情報課 国土数値情報 土地利用細分メッシュを用いた。国土交通省国土地理院 数値標高モデル 10m メッシュにより橋梁位置での標高の抽出を行った。500m メッシュ水深データにより海底勾配の算出を行った。

#### (2) 波浪データ

国土交通省港湾局 全国港湾海洋波浪情報網により有義波高、周期、波向を取得する。対象海岸における浅水係数と沖波波高の推定は、合田<sup>6)</sup>が提案した碎波波高算定式を用いた。沿岸係数は本研究では国土技術政策総合研究所試料<sup>7)</sup>に記載された値を使用している。碎波計算は中村<sup>8)</sup>のプログラムにより碎波波高と碎波水深を求めた。

### 2.3 検証用データ

小松は 2017 年 4 月 4 日、5 月 11 日にディスクグラインダーを用いて物部川大橋の橋脚表面の試料採取を行った。採取位置は地上高 1.5~2m の高さにある 50cm 四方の範囲を表面切削した。付着塩化物イオン量の測定は、硬化コンクリート中の塩化物イオン濃度測定法(JISA1154)により行った。この方法は電量滴定から求めた塩素イオン濃度にコンクリートの単位体積重量を乗じた値を塩化物イオン量とするものである。また、測定値は単位体積重量であるため単位面積重量へ変換するため測定値に採取深さを乗じている。

### 2.4 領域気象モデルの計算条件

本研究では、WRF に入力する気象データにアメリカ国立環境予測センターで公開されている NCEP FNL を使用した。NCEP FNL は水平格子間隔が 1 度、鉛直 31 層、時間間隔 6 時間の全球データである。境界条件である地形データと土地利用データにはアメリカ地質研究所で公開されている GTOP030 と USGS30 を使用した。どちらも空間解像度 30 秒(約 1km)のデータである。

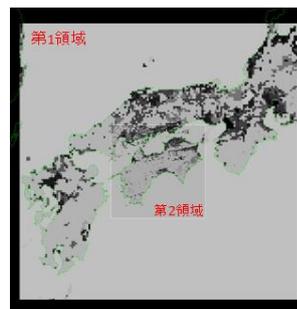


図-3 WRF の計算領域

計算領域は図-3 に示した. 図のように 2 領域の計算を行った. 第 1 領域の水平格子間隔は 5km で水平格子数は 150×150, 第 2 領域の水平格子間隔は 1km で水平格子数は 251×251 である. 鉛直層数はどちらの領域も 27 層で, 計算期間は 2017 年 4 月 4 日～5 月 11 日とした.

## 2.5 地表面粗度による風速変換

WRF の風速は地上高 10m の値であるため, 風速のべき乗則<sup>9)</sup>を用いて対象地点の地上風速への変換を行った. 境界層高さやべき指数は日本建築学会が提案している地表面粗度区分<sup>10)</sup>を用いた. 土地表面の状況は橋梁中心線から半径 100m のバッファ内に最も多く含まれる土地被覆の分類項目を代表土地被覆とし, 地表面粗度区分と対応させたものを計算に使用した.

## 2.6 風向・風速のバイアス補正

WRF の風速の精度を向上させるためにバイアス補正<sup>11)</sup>の検討を行った. 期間は 2017 年 4 月 4 日から 5 月 11 日で 1 時間ごとの南国日章における AMeDAS の風向・風速を用いて東西風と南北風に分解する. WRF で計算された東西風, 南北風と AMeDAS の東西風, 南北風それぞれを用いて補正係数を求める. WRF と AMeDAS の風速のデータを大きいほうから並べ, その二つの線形関係を仮定し, 最小二乗法により補正係数を求めた. 求めた補正係数を表-2, 表-3 に示す.

表-1 東西風の補正係数

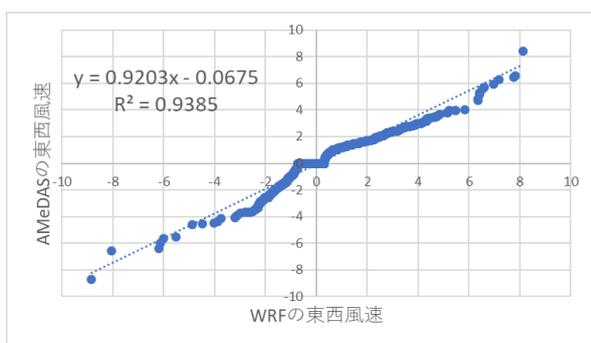
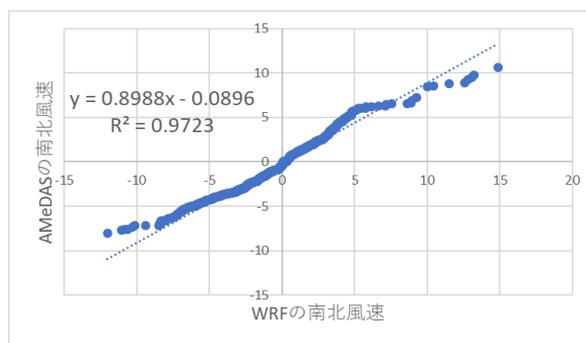


表-2 南北風の補正係数



## 3. 結果と比較

### 3.1 風速風向の比較

べき乗則を用いた後免での WRF の風速と AMeDAS の値の相関係数は第 1 領域で 0.49, 第 2 領域で 0.51 となった. MSM では相関係数が 0.5 から 0.7 の範囲だったため精度の向上には至らなかった. 風向における方位の誤差は WRF の第 1 領域で 63%, 第 2 領域で 60% となった. MSM では 65% から 78% だったため精度が低下した.

WRF による風速の精度が向上しなかった理由として, 本研究で使用した土地利用データの分解能では土地被覆の再現が正確でないためだと考えられる.

### 3.2 付着塩化物イオン密度の比較

2017 年 4 月 4 日から 2017 年 5 月 11 日までの付着塩化物イオン量の比較結果を表-4 に示す. MSM よりも風速・風向の精度が低下したが付着塩化物イオン密度の精度が向上した. また, 風速はバイアス補正を用いたほうの精度が高いことが明らかになった. 理由として, 降雨のデータに AMeDAS を用いたことで降雨日数が増え付着塩化物イオン密度の値が低下したことと風向の誤差があるため値が変わったと考えられる. このことから, 飛来塩分の推定精度は風向・風速の精度よりも降雨データつまり降水の有無が大きく影響することがわかった.

表-3 付着塩化物イオン密度の比較(物部川大橋)

	実測値	MSM	WRF(べき乗則)	WRF(バイアス補正)
付着塩化物イオン密度(mg/m <sup>2</sup> )	54	99	75	70

### 3.3 各橋梁における付着塩化物イオン密度

地上高 10m の風速による各橋梁の付着塩化物イオン密度を表-5 に示す。最短距離が 600m 程度の橋梁よりも香宗川橋のように最短距離が約 2km でも付着塩化物イオン密度が大きくなった。理由としては海岸の形状によるものだと考えられる。海浜は碎波により飛沫が発生し、人工海岸のように障害物への衝突によって発生する飛沫よりも小さいためより遠くに運ばれたと考えられる。

表-4 各橋梁における付着塩化物イオン密度

橋梁名	最短距離(m)	付着塩化物イオン密度(mg/m <sup>2</sup> )
物部川大橋	650	78.7
千鳥橋	556	1.1
境目大橋	608	0.7
物部川橋	3400	0.1
新秋田橋	651	0.7
岩田橋	3270	0.2
恵比寿橋	280	616.4
後川下橋	224	794.1
和田橋	2846	0.8
地藏院橋	3265	0.2
香宗川橋	2224	2.8
前浜橋	594	0.9
大谷橋	3388	2.6E-07
東野橋	3702	9.8E-06

## 4. 結論と今後の課題

WRF によって高分解能の気象データを用いた解析を行い飛来塩分量の推定精度への影響を検討したところ、MSM と比べ風速・風向の精度向上が見られなかったが、飛来塩分の推定精度は向上した。これは降雨データに AMeDAS の観測値を用いたためであり、このことから飛来塩分量の推定には風向・風速の精度よりも降雨データつまり降水の有無が大きく影響する

ことがわかった。また、モデルを用いた計算結果により海岸からの最短距離だけが飛来塩分に影響を与えているとは限らないことが明らかになった。

WRF を飛来塩分推定に用いるためにはより高分解能の土地利用データを用いた解析が必要となる。また、今回は降雨による洗い流しを考慮していないため、それらを考慮した付着塩化物イオン量の推定の精度向上を目指す。

## 5. 参考文献

- 1) コンクリート橋の劣化原因と長寿命化するための対策方法, Concrete Medical Center, 2019.3.6
- 2) 土木学会コンクリート標準示方書 維持管理編, 2001
- 3) 小窪幸恵, 海水飛沫の発生過程に着目した飛来塩化物イオン量算定モデル, 高知工科大学 2009 年度博士論文
- 4) 小松博英, GIS データと気象データを用いた橋脚表面付着塩化物イオン量の推定, 高知工科大学 2018 年度修士論文
- 5) 市原史浦・近藤明・井上義雄・SHRESTHA Kundan Lal・嶋寺光, WRF を用いた都市化による降雨変動解析, 大阪大学 2011 年度学士論文
- 6) 合田良寛, わかり易い土木講座 17 海岸・港湾, 土木学会編, 彰国社, 1998(二訂版)
- 7) 高田悦子・諸星一信・平石哲也・永井紀彦・竹村慎治, 国土技術政策総合研究所資料 我が国沿岸の波浪外力の分布(海象外力検討調査), 国土交通省国土技術総合研究所, 2003
- 8) 中村聡志、国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所 <http://www.pari.go.jp/unit/edosy/member/nakamura/tips.html>
- 9) 小林壽太郎, 気象をはかる, 日本規格協会 1998
- 10) 日本建築学会, 建築物荷重指針・同解説第 4 版, 2004
- 11) 野坂真也・佐々木秀孝・村田昭彦・花房瑞樹, 地域気候モデルの風に対するバイアス補正について, 気象研究所