

# 塩害による橋梁劣化予測の為の 立地環境の指標化

1160129 橋本 健史

高知工科大学 システム工学群 建築・都市デザイン専攻

橋梁の劣化原因の要素として外力作用、環境、材料劣化の3つが挙げられる。沿岸部における海からの飛来塩分による構造物の塩害は、海に接している自国特有の被害と言える。そこで、立地環境に起因する橋梁の塩害影響について評価を行う。本研究では、現地計測の代わりにGISを用いて架橋点ごとに地形情報、気象情報、自然環境情報の複数の条件から立地環境の指標化作成を試みる。対象橋梁は、高知県の海岸線から6km圏内の315橋を対象に行った。PythonとQGISを用いて、橋梁と海岸線の距離、遮蔽物との標高差、土地被覆、降水量の4つの条件から塩害との関係の比較を行った。

**Key Words:** 橋梁, 立地環境, Python, GIS, 指標化

## 1. はじめに

沿岸部に建設された橋梁は、海からの飛来塩分の影響を受ける。道路橋示方書(H14)では、道路構造物の塩害対策として、離岸距離ごとに塩害の影響度と対策区分を分け、耐候性鋼材の使用の有無や鉄筋コンクリートの最少かぶり厚を設定している。しかし、橋梁の立地環境によって飛来塩分の影響は変化するため、一律に被害を受けているとは言えない。腐食環境評価の高度化を行うため、広瀬<sup>1)</sup>らは、飛来塩分、環境情報の現地計測と領域気候モデルにより、耐候性鋼橋梁の腐食評価マップの作成を行っている。

本研究では、現地計測の代わりにGISを用いて架橋地点ごとに地形情報や気象情報、自然環境情報の複数の条件から立地環境の指標化作成を試みる。図-1に属性データ重ね合わせイメージ図を示す。作成された指標は、橋梁点検台帳に記載された部材ごとの点検データと比較し考察する。

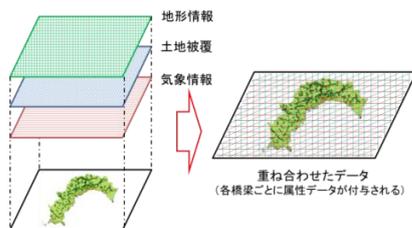


図-1 属性データ重ね合わせイメージ図

## 2. 使用データ

本研究で使用したデータを表-2に示す。

表-2 使用データ

使用データ名	概要
高知県橋梁台帳データ 作成者：高知県	橋梁名、所在地、位置情報、構造形式などが記載されている。
高知県橋梁部材点検データ 作成者：高知県	橋梁を構成する部材ごとに損傷種類と劣化評価が記載されている。
植生調査 (1/50,000縮尺) 作成者：環境省	植生の種類や土地被覆がポリゴンデータで12種類に分類されている。
地域気象観測データ (AMEDAS観測データ) 作成者：気象庁	気温、風向、風速、降水量等が毎時記録されている。(平成21年から平成26年までの観測データを使用)
降水量メッシュデータ 作成者：気象庁 作成年度：平成24年	過去30年間の観測値から1kmメッシュに降水量の平年値が記載されている。
風況マップ (標高80mでの予測値) 作成者：環境省 作成年度：平成27年	気象シミュレーションを用いて500mメッシュごとに風況データの予測値が記載されている。

### 3. 対象橋梁の位置

高知県橋梁台帳データには、1347 橋の橋梁情報が記載されている。対象橋梁は、海岸線から 6km 圏内の 315 橋とした。国土技術政策総合研究所の研究資料で、海岸線から 3km 圏の橋梁の塩害調査を行っていたため、範囲を拡大し 6km 圏に設定した。

高知県橋梁台帳データに記載されている位置情報と高知県の気象観測点を GIS 上にプロットした。図-3 に高知県内全橋梁と気象観測点の位置図を示す。

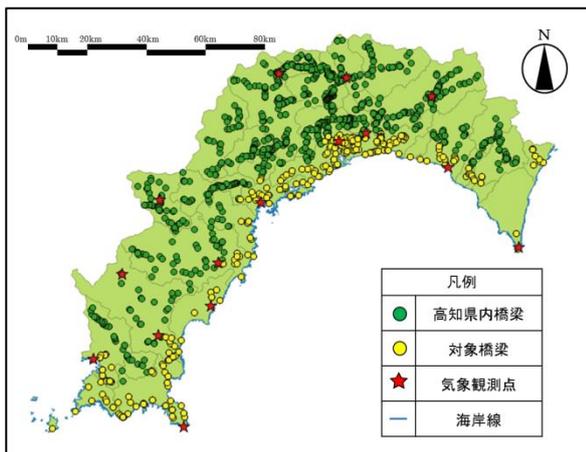


図-3 高知県橋梁位置図

### 4. 部材と損傷種類の集計

#### (1) 部材の集計

橋梁点検台帳より、対象橋梁の各部材の数量集計を行った。橋梁数が多いため Python(プログラミング言語)でスクリプト化し、数量集計を自動化した。部材別の集計結果を図-4 に示す。

部材数は、主桁、床版、支承本体の順に多く、塩害影響を受ける面積の大きな部材が全体の 7 割を占めていた。

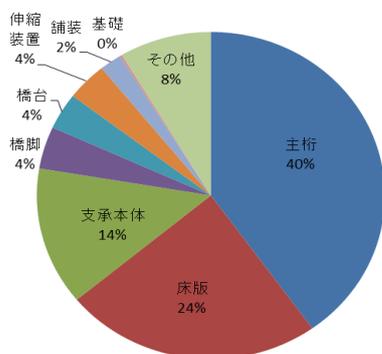


図-4 対象橋梁の部材割合

#### (2) 部材別損傷種類の集計

損傷種類は、24 種類に分類されている。本研究では、腐食、防錆機能の劣化について集計を行った。部材の材料によって損傷種類は分けられており、鋼材とコンクリート材がある。鋼材には、腐食、防錆機能の劣化のような塩害が直接影響する損傷がある。しかし、コンクリート材は、ひびわれ、剥離・鉄筋露出といった塩害影響だけでなく、外力作用や材料劣化も劣化原因と考えられる損傷のため、塩害だけの被害とは断定できない。本研究では、鋼材の腐食、防錆機能の劣化を対象とした。床版、主桁、橋脚の 3 つの部材を、Python を用いて損傷種類の集計を行った。表-5 に部材別の損傷種類集計結果を示す。

表-5 部材別の損傷種類

	腐食	防錆機能の劣化
床版	86	196
主桁	814	1684
橋脚	5	2

### 5. 地理環境指標

#### (1) 橋梁から海岸線間の距離の算出

海岸線からの距離によって、塩害対策が行われているように海岸線からの距離で飛来塩分量は変化する。QGIS を用いて座標系を平面直角座標系に設定する。架橋点と海岸線の座標から Python を用いて、海岸線の座標と最短距離を算出した。指標化を行う際、値を無次元化する為に最大距離である 6000m で除し、0 から 9 に指標化した。式(a)に距離の指標化式を示す。

$$\text{距離の指標化} = \frac{\text{橋梁と海岸間の距離}(m)}{6000m} \times 9 \quad (a)$$

#### (2) 遮蔽物の標高の算出

飛来塩分は橋梁と海岸間の地形状態に左右される。山間部と平野部で比較した場合、山などの遮蔽物の有無によって飛来塩分量は大きく異なる。そこで、数値標高モデル (DEM) を使用し、橋梁と遮蔽物の標高差を求める。DEM は 10m 間隔の点群データである。図-6 で示すように、橋梁から海岸線までの直線から 10m 未満に含まれる点群データを抽出する。具体的には、橋梁を始点に設定し、海岸を終点とした u ベクトルと DEM の点群データまでの v ベクトルの外積によって点と線の最短距離 L(m) を算出した。

図-7 に L(m) の算出概念図を示す。

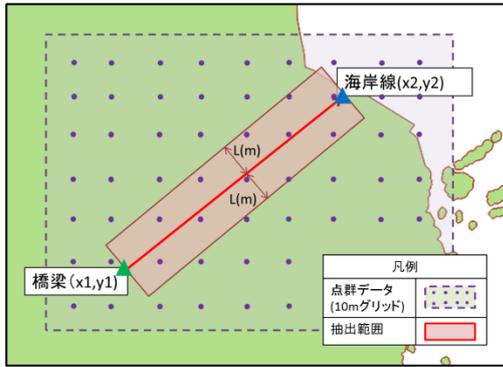


図-6 抽出範囲イメージ

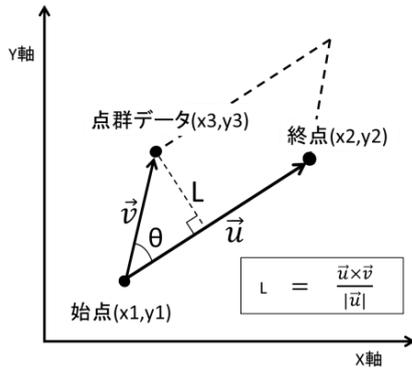


図-7 L(m)の算出概念図

Python を用いて、抽出された点群データの最高標高値の算出を行う。例として、抽出された点群データを X 軸:距離(m), Y 軸:標高(m)とし、散布図で表したものを図-8 に示す。

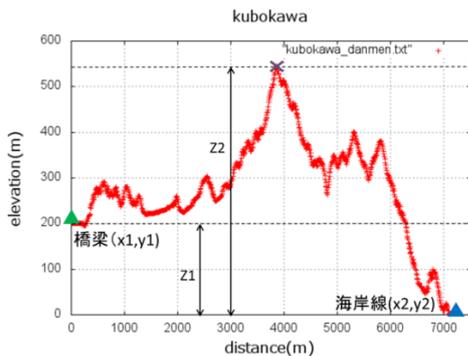


図-8 断面図例 (橋梁～海岸)

海岸線の間にある遮蔽物の標高と橋梁の高さから標高差を算出し指標化する。橋梁の標高  $z_1$  と遮蔽物の標高  $z_2$  の差を標高差とする。この標高差を 0 から 9 の値となるように規格化した。式(b)に標高差の指標化式を示す。

$$\text{標高差の指標化} = \frac{\text{標高差}(m)}{\text{標高差}(m)\text{の最大値}} \times 9 \quad (b)$$

海岸線間に遮蔽物が無い場合はマイナスの値を示すため 0 とする。

### (3) 架橋地点周辺の土地被覆

橋梁周辺の土地被覆を評価する。環境省作成の植生調査データには土地被覆が 12 種類に分類されており、ポリゴンデータで保存されている。そこで QGIS を用いてポリゴンデータをラスターデータに変換した。1 ピクセルのメッシュサイズは  $10m \times 10m$  に設定した。12 種類の分類項目は樹木・都市部といった遮蔽物が有る場合は 0 点、灌木・草原のように遮蔽物の無い場合は 1 点と分類した。架橋点を中心とした周囲 9 ピクセルの評価の合計値を土地被覆の指標とした。表-9 土地被覆評価分類表、図-10 に土地被覆の評価を示す。図-10 のような土地被覆の場合 9 ピクセルの合計値が 4 点となる為、土地被覆の指標化としては評価 4 となる。

表-9 土地被覆評価分類表

評価	土地被覆
0点	常緑針葉樹・常緑広葉樹・落葉針葉樹・落葉広葉樹・都市部
1点	灌木・草原・湿地・耕地・水田・裸地・分類なし

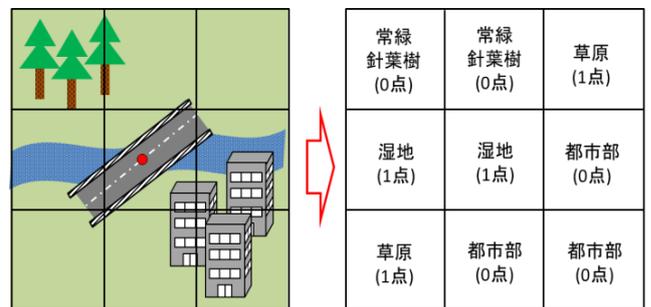


図-10 土地被覆の評価

## 6. 気象環境指標

### (1) 降水量

橋梁に悪影響をもたらす塩分は、風によって運ばれ雨によって洗い流される。そこで、局所的でなく広域の風向頻度、年間平均風速、降水量のデータが必要となる。地域気象観測データは、観測点のデータなので橋梁の位置でのデータとなっていない。そこで、気象庁作成の降水量メッシュデータが利用できるか検討した。それぞれのデータを図-11 の散布図に示したところ、降水量は高い相関が見られたので指標化可能と判断した。

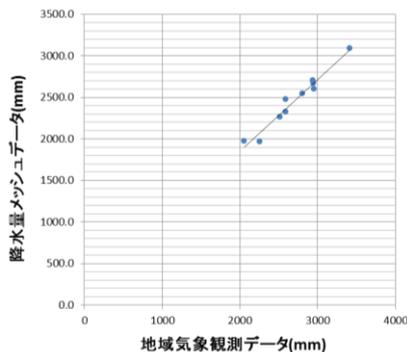


図-11 年間降水量相関図

降水量の指標式は式(c)のとおりである。年間降水量最大値は、架橋地点ごとに付与した降水量メッシュデータの年間降水量の最大値とする。

$$\text{降水量の指標化} = \frac{\text{年間降水量(mm)}}{\text{年間降水量最大値(mm)}} \times 9 \quad (c)$$

## (2) 風向頻度・平均風速

環境省の風況マップは気象シミュレーションを用いて、標高 80m の風況予測値を年平均で算出したものである。そこで、風向頻度と平均風速についても同様に、地域気象観測データと環境省の風況マップを比較した。内陸平野部、海岸付近の平野部、山間部、岬の地形条件が異なる 4 カ所で比較を行ったが、風況については相関は見られなかった。したがって、風向頻度と風速平均の指標化不可能と判断し今回は、風況の指標化を行わないこととした。

## 7. 各指標と劣化状況との比較

部材は各橋梁について複数個所点検評価され 5 段階評価で記載されている。各橋梁の部材ごとに、損傷種類が腐食と防錆機能の劣化の場合、点検評価の平均値をその部材の劣化度とする。劣化度と作成した各指標との比較を行った。図-12、図-13、図-14、図-15 にそれぞれの結果の散布図を示す。

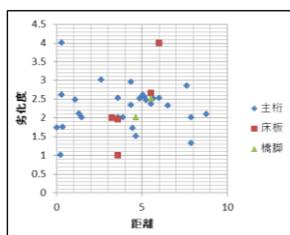


図-12 距離と劣化度

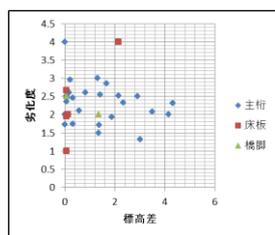


図-13 標高差と劣化度

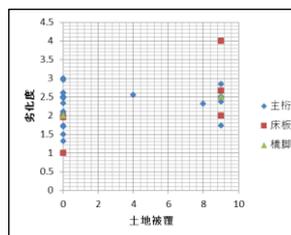


図-14 土地被覆と劣化度

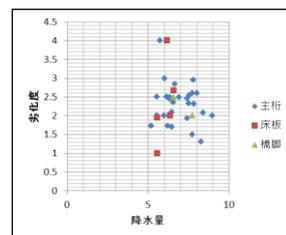


図-15 降水量と劣化度

図-12 より、距離による塩害の影響は傾向が見られなかった。しかし、図-13 の標高差については、標高差の小さい場所ほど塩害発生数が多い結果となった。図-14 の土地被覆と図-15 の降水量の指標に関しては、どちらも傾向は見られなかった。理由として供用年数の算出が行えなかったことが挙げられる。使用した高知県橋梁点検データには、点検回数と部材ごとに点検評価した数値が記載されているが、点検日時の記載が無いため、経過年度や修繕してからの日数を算出できなかった。そのため、橋梁の劣化進行状況を同じ条件で比較することが出来なかった。

## 8. 考察

今回、Python と QGIS を用いて架橋点の立地環境の指標化を行った。距離、標高差、土地被覆、降水量の指標を作成し塩害との関係を比較した。各指標から、劣化にどの程度影響を与えているかを判断するには至らなかった。今後は、多変量解析を用いた指標の作成が必要と考えられる。また、劣化状況との比較ではなく飛来塩分量との比較も必要と考える。

一方、風向頻度、風速といった風況の指標化が行えなかった。風によって塩分は運ばれるので局所的な風況の算出は必須である。そのため、風向頻度、平均風速の算出方法は重要な課題である。

謝辞：本研究における高知県の橋梁データを提供して頂いた高知県道路課の皆様に深謝の意を表す。

## 参考文献

- 1) 広瀬望:GIS を用いた現地計測と領域気候モデルの飛来塩分量予測の統合化による耐候性橋梁の腐食環境評価マップの作成, 松江工業高等専門学校, 2009
- 2) 茨城大学工学部, 沼尾達弥, 木村了, 白土雅彦:茨城県沿岸部における飛来塩分量の調査, 2010
- 3) 国土技術政策総合研究所:道路橋に関する基礎データ収集要領(案), 2007