

橋梁定期点検データの分析および機械学習の利活用

長崎大学 学生会員 片山悠斗 正会員 山口浩平
長崎大学大学院 学生会員 細井優大
成田国際空港株式会社 白井聡

1. 背景および目的

我が国の橋梁の定期点検は、国土交通省の橋梁定期点検要領¹⁾などに基づいて実施されるが、点検項目が多く大変な労力、時間や費用を要する。これらのことから効率的な維持管理手法の構築が求められている。これまでに、橋梁定期点検結果に関する研究は数多く行われており、市区町村などが管理する橋梁について独自に分析・整理したもの^{2),3)}などがあるが、点検と診断の関係性に着目した研究はほとんどなされていない。

本研究は、診断の関係を分析し、機械学習⁴⁾により自動診断支援システムを構築することを目的とする。また、地方自治体管理橋梁にも機械学習を適用できる点検手法を提案し、維持管理の効率化を図ることも検討する。

2. 空港内橋梁の定期点検データの分析

2.1 点検と診断の関係性

定期点検、「診断」の範囲である対策区分の判定と健全度の関係性は、橋梁定期点検要領に定められている。しかし損傷の種類と損傷の程度から対策区分の判定を決定するための、「点検」と「診断」の関係性は同要領には明確な記載はなく、橋梁診断員の技術や経験に依存している。そのため本研究では、点検結果である損傷の種類と損傷の程度から、診断結果となる対策区分の判定を一意的に評価できる判断基準を分析した。なお、対象は空港内の橋梁群であり、過去5年分の定期点検データに、直近の2年分の定期点検データを加えて分析することで、新たな判断基準を見出し機械学習の精度について検討した。

2.2 分析結果

今回分析したデータについて、総橋梁数49橋、総損傷数10066個のデータである。対策区分の判定がBまたはC1と診断された判断基準を表1に示す。例えば、床版に発生した剥離・鉄筋露出において、鉄筋の腐食が懸念される場合はC1、懸念されない場合はBとなる。

3. 自動診断支援システムの構築

3.1 機械学習の手順

機械学習の手順を図1に示す。損傷の種類と損傷の程度のみから診断結果を決定するものをStep1とする。Step1に加えて全ての部材(57部材)を考慮したものをStep2とする。一方、Step1に加えて判断基準を考慮したものをStep3とする。そしてStep1に加えて全部材・全判断基準を考慮したものをStep4とする。図2は機械学習に用いた7年分の10066個のデータの対策区分の判定の割合を示す。

3.2 判別能と診断結果の評価

判別能(ネットワーク精度)の評価の指標には、AUC (Area Under the Curve) と MCC (マシューズ相関係数) を用いた。一方、機械学習の診断結果の評価の指標には正答率を用いた。AUC や MCC とはネットワークに対する評価の仕方が異なる指標であり、正答率は、診断結果と教師データを比較した正誤の割合である。

(1) AUC は、機械学習によって得られた ROC(Receiver Operating Characteristic) 曲線によって算出する。AUC はその曲線の下部分の面積のことで、一般に面積が大きいほど機械学習の精度が高いことを表す。AUC の値は

表1 BまたはC1と診断された判断基準

部材	損傷の種類	C1の判断基準
高欄	防食機能の劣化	腐食の進行が懸念される場合はC1
柱部・壁部		腐食の進行、雨水の浸入が懸念される場合はC1
梁部		
床版	剥離・鉄筋露出	鉄筋の腐食が懸念される場合はC1
	床版ひびわれ	
横桁	防食機能の劣化	雨水の浸入、漏水による影響の場合はC1
主桁	腐食	雨水の浸入、断面欠損、排水工不良、漏水の場合はC1
伸縮装置	防食機能の劣化	雨水の浸入が懸念される場合はC1
堅壁	漏水・滞水	雨水の浸入、他部材への影響の場合はC1
化粧板	防食機能の劣化	漏水による場合はC1
主桁	腐食	
	防食機能の劣化	漏水による場合、排水工不良、雨水の影響の場合はC1
化粧板	腐食	断面欠損を伴う場合はC1
排水管	腐食	
支承本体	防食機能の劣化	断面欠損、雨水の浸入、腐食の進行が懸念される場合はC1
排水管	防食機能の劣化	塗装の耐用年数を超過している場合はC1
	腐食	
主桁	漏水・滞水	箱桁内への塗装の影響、他部材への影響、雨水の浸入、漏水の場合はC1
地覆	変色・劣化	桁下への雨水の浸入が懸念される場合はC1
舗装	舗装の異常	第三者被害が懸念される場合はC1
	舗装の異常	損傷範囲の拡大、第三者被害が懸念される場合はC1
防音壁	ゆるみ・脱落	笠木のボルト・ビスの脱落、防音壁外側のビスに脱落がある場合はC1
防護柵	うき	表面保護工への影響、第三者への影響が懸念される場合はC1
	ひびわれ	鉄筋の腐食が懸念される場合はC1
	補修・補強材の損傷	損傷(漏水・遊離石灰、剥離・鉄筋露出、うき)がある場合はC1
落橋防止システム	防食機能の劣化	腐食が懸念される場合はC1
防護柵	防食機能の劣化	

0～1 までを取り，1 に近いほど判別能が高い．

- (2) MCC は，機械学習によって得られたコンフュージョンマトリクスから算出する．真正と偽正と偽負をそれぞれ考慮して，計算式に代入することで機械学習の精度を確認することができる．MCC の値は-1～1 までを取り，1 に近いほど判別能が高い．

4. 判別能と正答率の結果および考察

4.1 判別能

(1) AUC

AUC の結果を図 3 に示す．データ数の多い「対策不要 B」は AUC が正答率に近く適切に評価されている．

(2) MCC

MCC の結果を図 3 に示す．データ数の少ない「予防保全 C1」は AUC に比べて MCC の方が正答率の値に近く適切に評価されている．

4.2 正答率

正答率の結果を図 3 に示す．同図より「対策不要 B」は各 Step 全てにおいて 90%以上の精度が得られ，「予防保全 C1」は各 Step 全てにおいて 44～69%の精度が得られた．Step4 で部材と判断基準の両方を考慮することにより，B，C1ともに他の Step よりも高い精度の結果となる．また，「早期措置 C2」は各 Step 全て正答率が 0%であった．理由は，図 3 より C2 のデータ数が極端に少なく，機械学習には不向きであると考えられる．また，C2 は危険な損傷であるので，診断員による診断が必要であると考えられる．

4.3 考察および分析

結果より，Step1 から Step4 になるにつれて判別能と正答率の精度が向上しており，部材と判断基準の両者を考慮した Step4 のほうが機械学習の精度が向上することがわかった．対策区分の判定 B は Step 間では 1～3%ほどの変化しかなく頭打ちの状態である．対策区分の判定 C1 は Step を踏むごとに正答率は上がっているが，2 年分から 7 年分へとデータ数

が増えるにつれて，Step 間の正答率の差は約 30%から約 10%と小さくなっていることがわかった．

5. まとめ

- (1) 点検結果から診断結果を一意的に評価できる判断基準を分析し，明らかにした．
- (2) 機械学習の結果，判別能の AUC は対策区分の判定 B，MCC は C1 の正答率を適切に評価できることがわかった．
- (3) 部材と判断基準の両方を考慮することにより，B，C1ともに他の Step よりも高い精度を得られることがわかった．

参考文献

- 1) 国土交通省 道路局 国道・技術課：橋梁定期点検要領，2019.3
- 2) 村越潤，遠山直樹，木ノ本剛，澤田守：既設鋼道路橋における疲労損傷の調査・診断・対策技術に関する研究，橋梁構造研究グループ論文，2013.
- 3) 大泉町橋梁長寿命化修繕計画，大泉町都市建設部土木課，2014.
- 4) Deep Learning Toolbox 入門ガイド，2020.6
- 5) 長崎県橋梁点検マニュアル(案)，2020.3
- 6) 国土交通省 道路局：道路橋定期点検要領，2019.2

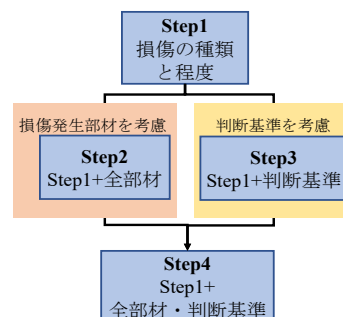


図1 機械学習の手順

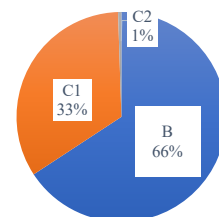


図2 対策区分の判定の割合

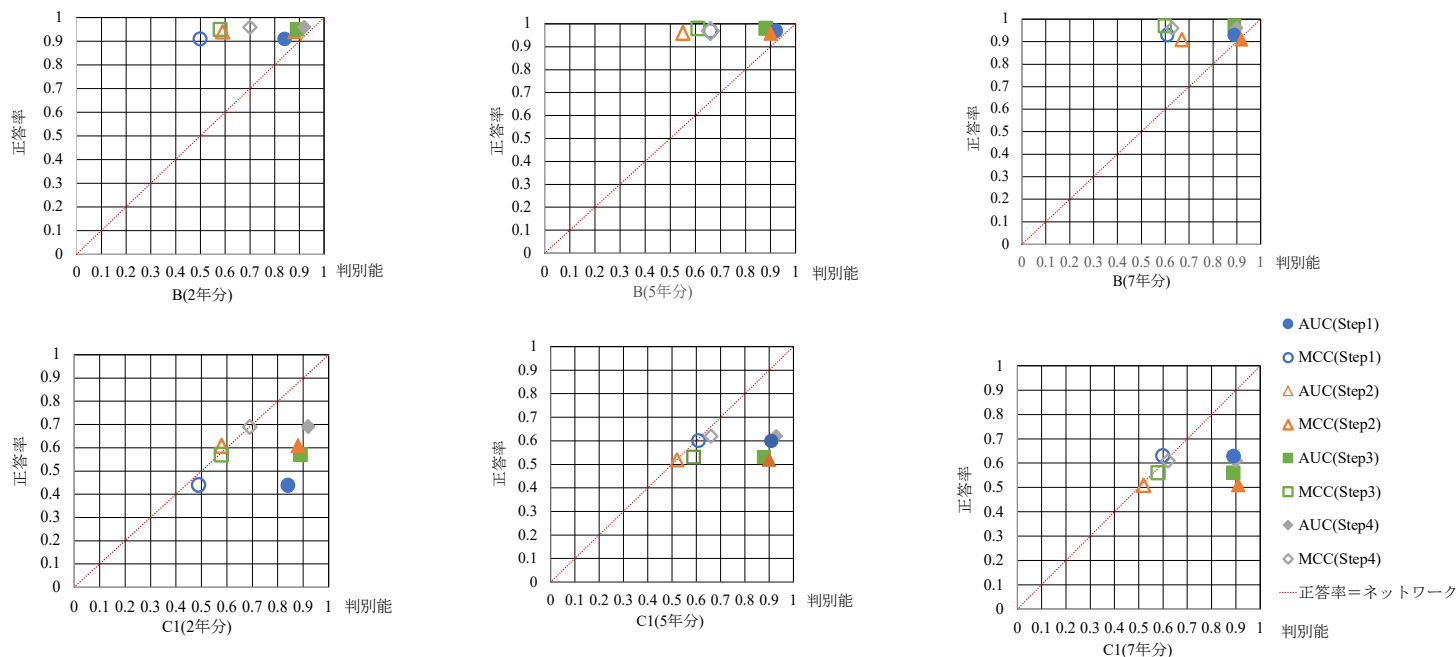


図3 判別能と正答率の結果