

## Random Forest モデルを用いた橋梁点検データにおける診断根拠の分析

日鉄エンジニアリング(株) 正会員 ○北 慎一郎 正会員 櫻井 信彰  
 横浜国立大学 正会員 櫻井 彰人

## 1. はじめに

平成 26 年度の道路法改正により、国内の橋梁は 5 年に 1 度の定期点検が義務付けられている。定期的な点検と、対策区分・健全性の診断を行うことで、橋梁の状態と措置の要否を判断する情報を得られて、予防保全的維持管理を可能にしている。

点検は橋梁定期点検要領<sup>1)</sup>が参照されることが多い。しかしながら、対策区分の判定は診断員によってばらつきが生じることが指摘されており<sup>2)</sup>、より客観的な診断手法が求められている。

筆者らは機械可読な橋梁点検データを用いた診断作業の客観化・効率化を検討している。その前段階として、従来の点検記録は診断員が判定を下すための根拠となる情報が網羅されているかを確認する必要がある。そこで、北九州市の PC 橋梁で得られた実際の点検記録を用いて、Random Forest モデルによる分析を行った。また、特徴量重要度を用いて、診断員がどの点検項目を重要視しているかの分析を行った。最後に、学習モデルを活用して、診断員における判断のばらつき具合の観察を試みた。本稿ではこれらの手順と観察結果について報告する。

## 2. 使用データ

使用した橋梁の諸元を表-1 に、部材種別のデータ数を表-2 に、対策区分別の部材点数を表-3 に示す。北九州市では 2008 年度から近接目視点検を実施しており、各橋それぞれ 3 回分の定期点検記録があった。架設竣工年や橋長、構造形式が異なるが、いずれも健全度が II または III であり、対策区分として「予防保全の観点から、速やかに補修等を行う必要がある」C1 や、「橋梁構造の安全性の観点から、速やかに補修等を行う必要がある」C2 が含まれている。

説明変数には、橋梁諸元や部材の損傷が記録された点検データ、交通量調査結果、非破壊検査による最小かぶり量試験結果、微破壊検査による圧縮強度試

表-1 使用した橋梁の諸元

橋梁名	架設 竣工年	橋長	上部工構造形式	健全度 (最新)
HE 橋	1976 年	35.0m	単純 PCI ホロー桁	III
TR 橋	1995 年	9.19m	PC プレテン床版橋	III
SN 橋	1992 年	84.0m	PC ポステン T 桁橋	II
SB 橋	1974 年	21.8m	PC ポステン T 桁橋	II
YM 橋	1997 年	90.0m	PC 中空床版橋	II
KN 橋	1974 年	17.9m	PC 中空床版橋	III
SK 橋	1979 年	48.6m	PC 中空床版橋	III
HR 橋	1982 年	23.0m	PC 中空床版橋	II

表-2 部材種別のデータ数

部材種別		部材 点数	部材種別		部材 点数
上部 構造	主桁	225	支 承 部	支承本体	294
	横桁	72		沓座モルタル	142
	床版	233		台座コンクリート	144
	PC 定着部	250		落橋防止システム	138
下部 構造	柱部・壁部	7	路 上	高欄	6
	梁部	6		防護柵	22
	胸壁	17		地覆	30
	堅壁	19		中央分離帯	7
	翼壁	6		伸縮装置	27
	フーチング	14		縁石	19
装 置 水	排水ます	31		舗装	52
	排水管	29		点架物	19

表-3 対策区分別のデータ数

対策区分	A	B	C	
			C1	C2
データ数	4112	921	312	63

験、塩化物含有量調査、中性化試験結果を用いた。

目的変数には対策区分を用いた。ただし、対策区分判定 C2 は学習に十分なサンプル数が得られなかったことから、C1 と合わせて対策区分「C」として扱った。

## 3. Random Forest モデルによる分析

Random Forest モデルの適用に際して、損傷が無いことから容易に推定できる A 判定のデータを取り除き、B 判定・C 判定のデータにのみ着目した。また、目的変数の分布に偏りが見られることから、B 判定のサンプルデータは 40% だけをランダム抽出して使用することとした。さらに、カテゴリ変数はダミー変数を

キーワード 維持管理, 診断, 機械学習, Random Forest

連絡先 〒141-8604 東京都大田区池上 2-8-1-112 大崎センタービル 日鉄エンジニアリング(株) TEL 03-6665-2000

用いて数量化するとともに、工学的な説明が困難な説明変数については取り除き、最終的に 75 件の説明変数で学習を行った。木の深さの最大値を 15, 決定木の個数を 100 として学習した結果、モデルの正解率は 93.7%となった。特徴量重要度の分布を図-1 に示す。重要度は路線指定の有無, 塩化物含有量, 塩害対策区分や、最小かぶり量試験が高い。対象橋梁では対策区分の決定において、損傷箇所の状態のみならず、橋梁諸元や非破壊検査・微破壊検査結果などが影響していることがわかる。また、これらから診断員が対策区分の決定に至った工学的根拠は 75 件の説明変数に概ね含まれていると考えられる。

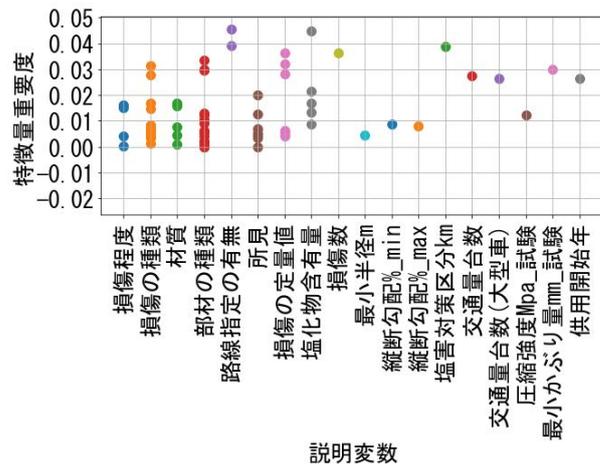


図-1 特徴量重要度の分布

表-4 診断員別の推定結果

4. 診断員別での学習モデルの生成と分析

対象橋梁は合計 6 名により診断がなされている。診断員における判断のばらつき具合を観察するため、グループ付き交差検証(Group K Fold)を行った。具体的には、ある診断員が担当した点検データを除いた状態で学習モデルを生成して、その学習モデルを利用して除いた点検データにおける対策区分の推定を行うことで、診断員の判定結果との比較を行った。

診断員別の推定結果を図-2 に、混合行列の定義を図-3 に示す。他の診断員の判定結果を用いて学習したモデルは、各診断員が担当した点検データに対して 72%から 100%の正解率となった。また、C氏とF氏において危険側の推定である FP が多いことから、該当する部材の損傷状態を調査した。図-4 は TR 橋の床版橋主桁部において、橋軸方向のひび割れに対して診断員の判定と推定が異なる例である。点検記録によるとこの損傷は ASR によるひび割れと推測されており、5 年前の定期点検時と比較して進展していることから C1 と判定されている。このように ASR が原因であることで、学習モデルによる推定より安全側の診断がなされている事例が複数確認できた。

診断員	学習データの正解率		データ数	TP	TN	FP	FN
	学習データ	担当の点検データ					
A氏	93.3%	83.2%	185	120	34	3	28
B氏	89.6%	95.6%	481	307	153	3	18
C氏	93.5%	72.0%	375	179	91	64	41
D氏	93.1%	98.1%	107	105	0	2	0
E氏	92.0%	100.0%	75	58	17	0	0
F氏	94.8%	88.7%	62	55	0	7	0

図-3 混合行列の定義

		学習モデル推定結果	
		B	C
判定診断員	B	TP FN	
	C	FP TN	



図-4 診断員が C 判定、モデルが B 判定と推定した例

5. まとめ

Random Forest モデルを用いて PC 橋梁の点検記録を分析することで、診断員が対策区分の判定に至った根拠は点検記録に概ね含まれていることが確認できた。また、診断員は損傷箇所の状態のみならず、橋梁諸元や非破壊検査・微破壊検査結果を参考に行っていることがわかった。さらに診断員別に Group K Fold を行うことで、損傷の要因が ASR の場合において、診断員とモデルで判定に差異が発生する事例を複数確

認した。

学習モデルの汎化性能を高めるためには、より多くの点検記録を機械可読な状態に加工する必要があるが、現在の点検記録様式から機械可読な状態に変更するのは容易ではない。今後はより機械可読な点検手法も模索しながら、診断作業の客観化・効率化を検討していく。

謝辞

本研究は北九州市における橋梁点検記録を利用して行ったものである。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 国土交通省 道路局：橋梁定期点検要領, 2019.
- 2) 例えば, 土木学会関西支部：橋梁の長寿命化・耐震化と更新に関する施策および技術開発の検討に関する連携研究委員会報告書, 2016.