

道路橋床版の健全度評価における点検データを用いた統計的手法の試行

西日本高速道路株式会社 正会員 ○横山 和昭, 伊藤 一弘
 西日本高速道路エンジニアリング中国株式会社 正会員 鈴木 正範, 楠橋 康広
 株式会社富士通研究所 渡部 勇 富士通株式会社 千田 栄子, 蔦谷 雄一

1. 背景と目的

高速道路橋における床版のパネル単位の健全度評価は、床版下面の詳細点検結果（以下、点検データ）に基づき、床版を支える主桁と横桁で区分された長方形のパネル単位で、建設当初の健全な状態Ⅰから経年による変状が深刻な状態Ⅴまでの5段階で評価しているが、その評価基準は、写真等の見本に基づき、評価者の経験知による定性的評価となっている。一方、点検から得られる床版の変状に関する点検データは蓄積され、床版の補修計画に活用されているが、点検データを用いて健全度を統計的に算出する手法は未だ確立されていないのが現状である。本論文では、点検データを用いて道路橋床版の健全度を定量的かつ機械的に算出することを目的に、統計的手法を活用した健全度評価について試行した結果を報告する。

2. 統計的な健全度評価手法

点検データを用いて機械的に健全度を算出する統計的手法については、参考文献に示すように、機械学習の一つである教師あり学習を利用した。教師あり学習とは、計算機に記憶させた既知のデータの特徴と新たなデータとの特徴の一致度を計算し、新たなデータについて未知の項目を予測する手法である。この手法を用いて、既知のデータとして点検者の経験知に基づく健全度評価（以下、健全度データ）を計算機に記憶させることにより、評価者の判断基準を計算機で再現し、どのような基準で評価者の判断を計算機が再現しているかを抽出し、評価者の判断を形式知として抽出できるかを検証した。教師あり学習の手法としては、計算機の判断基準をツリー形式で可視化できる樹木モデル（以下、決定木）を用いた。本手法で試行した手順を以下に示す。

2.1 データの加工と計算機による評価者の判断基準の再現

評価者の判断を再現するために、点検データと健全度データを機械学習の手法に投入しやすい形式（以下、機械学習用データ）に加工した。データ加工の方法は、図-1 に示すように点検データと健全度データをパネルIDで結合し、点検データ中の変状の数量を種類毎に集計して、変状の面積の平均、総面積、最大面積等のデータ項目を作成した。加工して作成した機械学習用データを、決定木に入力して、評価の判断プロセスを計算機で再現し、図-1 に示すように、変状の個数や変状の総面積の値から各パネルの健全度を判断するための基準を抽出した。

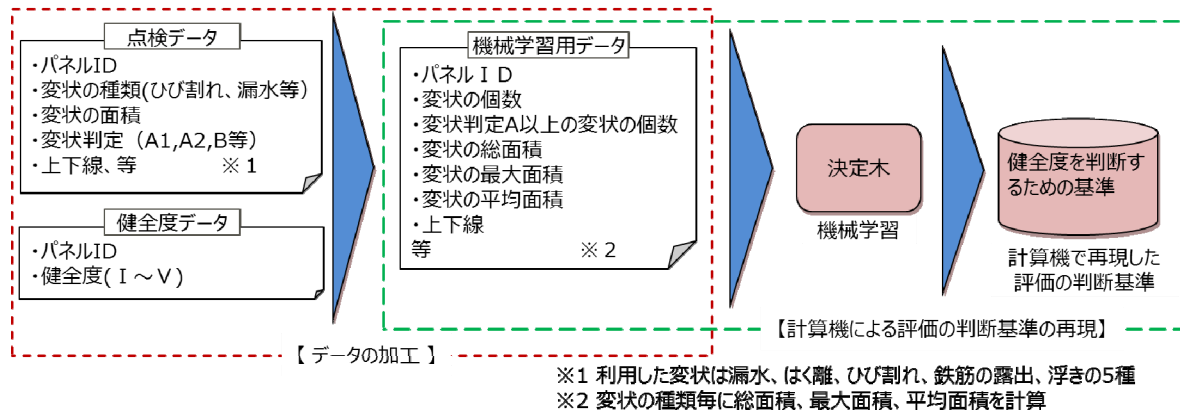


図-1 データの加工と計算機による評価者の判断基準の再現

キーワード 道路橋床版, 健全度評価, 点検データ, 統計的手法, 機械学習, 決定木

連絡先 〒731-0103 広島市安佐南区緑井 2-26-1 西日本高速道路(株) 中国支社 TEL 082-831-4111

2.2 計算機による評価者の判断の再現結果の評価

計算機で再現した評価の判断基準（以下、計算機の判断基準）から評価者の判断基準を抽出するためには、計算機が評価者の判断結果をどの程度再現できているかを検証する必要がある。この検証のために、機械学習用データを計算機が判断基準を記憶するためのデータ（以下、学習用データ）と正しく判断できるかを確認するためのデータ（以下、テストデータ）に分割し、図-2 に示すように交差確認を実施した。検証の指標としては、図-3 に示すように計算機の判断結果が評価者の判断結果と異なる比率（以下、不一致率）を採用した。

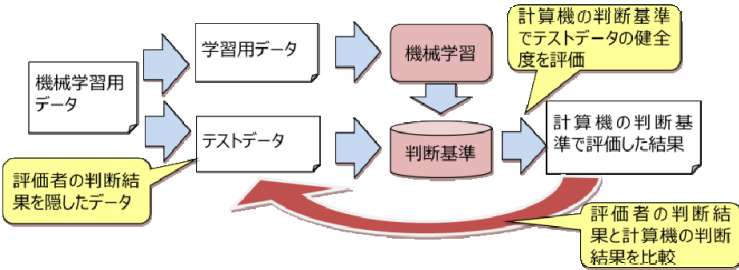


図-2 交差確認による再現程度の検証方法

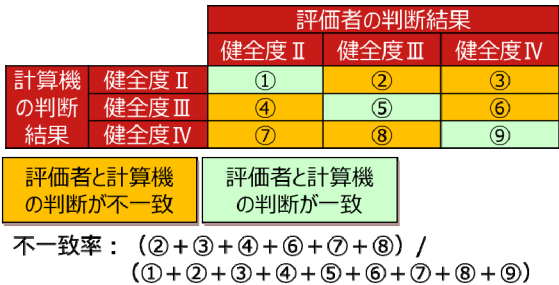


図-3 不一致率の計算方法

2.3 評価者の判断基準の抽出

評価者の判断基準は、健全度を判断する際に評価者が経験的に利用している点検項目および点検項目毎の閾値とし、この閾値を計算機の判断基準から以下の手順で抽出した。

- (1) 決定木により計算機の判断基準を可視化する。（図-4 参照）
- (2) 可視化した結果から共通的な判断基準を抽出する。
- (3) 閾値の平均値を評価者の判断基準として算出する。

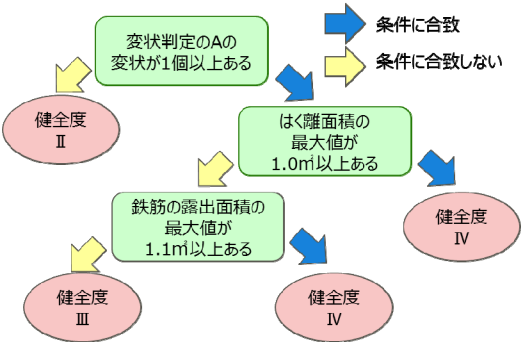


図-4 決定木による可視化イメージ

3. 統計的な健全度評価の試行結果

今回の試行では、10 橋の点検データおよび健全度データを用いて計算機で判断基準を再現し、交差確認した結果、不一致率は21.3%であった。再現精度の向上に向けては、機械学習用データを作成する際に点検者の知見の導入、計算機と評価者の判断が異なる部分における点検結果の精査、予測に寄与するデータ項目の取捨選択、複数の機械学習の手法の活用等を試行した結果、不一致率は19.7%に改善した。この結果から、機械学習の手法を利用し評価者の判断を8割程度の精度で再現できることが分かった。また、計算機の判断基準から各橋梁の共通の判断基準を抽出した結果、表-1 に示す共通的な判断基準が得られた。表-1 に示す閾値は評価者の経験知を形式知として抽出したものと解釈できる。

表-1 判断基準の抽出結果

健全度	鉄筋露出		はく離	
	A判定	鉄筋露出最大値	A判定	はく離最大値
Ⅱ	0個	-	0個	-
Ⅲ	1個以上	1.0㎡未満	1個以上	1.1㎡未満
Ⅳ	1個以上	1.0㎡以上	1個以上	1.1㎡以上

4. まとめと今後の課題

今回の試行では、道路橋床版の点検データを用いて統計的手法で床版パネル単位の健全度評価を実施し、評価者の暗黙知である経験知を形式知として抽出し、評価に必要な判断基準の抽出が可能であることを確認できた。しかし、試行した対象橋梁が10 橋と少なく、データの偏りが存在している可能性もあり、また、判断基準の妥当性も検証していないため、統計的手法の活用に向けては更なる検討が必要である。

参考文献

・例えば、金 明哲：Rによるデータサイエンス，森北出版，2007