

RC 橋梁性能評価システムにおける知識更新方法の提案

山口大学 フェロ・会員 ○宮本文穂

NEC 情報システム(株) 泉元昌彦

山口大学 正会員 中村秀明

山口県 正会員 石田純一

1. はじめに

著者らは、構造物の維持管理時代に向けて、適切かつ効率的な維持管理を目指し、橋梁の現有性能の評価を行うことを目的とした RC 橋梁性能評価システム（以下、評価システム）の開発を行っている¹⁾。しかしながら、これまでに開発した評価システムは、入力となる目視点検において点検者の経験に大きく依存するという問題点を有していた。そこで、本研究では、点検者の経験や点検能力にあまり依存しないことを目的として提案された定期点検マニュアルに基づき、新たな評価システムの開発を行い、実橋梁に適用した。

2. 現評価システムの問題点

技術者が橋梁の現有性能の評価を行うためには、経験的な知識が必要不可欠である。このような知識を抽出する作業は、一般的には、非常に困難な作業である。本研究で提案するシステムには、システム構築後も知識更新が容易に行えるように誤差逆伝播法による学習機能が付加されている。しかしながら、一般に使われている誤差逆伝播法は、出力結果を教師データにただ単に近づけるためだけの学習であり、出来上がった知識構造が矛盾していることが危惧される。そこで、著者らは、学習後の知識構造の無矛盾化を図るため、制約条件を付加した学習方法（従来法）を提案した。この方法は、知識構造の無矛盾化は図れるものの、結果に対する信頼性は低かった。本研究では、結果に対する信頼性向上のため、新たな学習アルゴリズムを提案した。

3. 実橋梁への適用

3.1 従来法による知識更新

本研究では、4 橋 5 スパンのデータを用いて、知識

の更新を行い、教師データ（専門家に実施した学習アンケート）と比較することにより、評価システムの有効性の検証を行った。なお、本研究では、検証として、全標本学習法と Leave-one-out 法の 2 つについて行った。表-1 には、知識更新後の評価に対する信頼性を示す。表中の識別率とは、システムの出力結果と専門家のアンケート結果が同一のカテゴリとなる割合であり、専門家の判断に近いほど、値は大きくなる。また、誤差とは、全ての項目に対するシステムの出力結果と専門家のアンケート結果の差の平均値である。表-1 に示すように従来法では、評価に対する信頼性が低いということが分かる。すなわち、従来法は、ルールに対する信頼性は向上するものの評価に対する信頼性が低いということとなる。

そこで、本研究では、知識の無矛盾化を前提としながら、評価に対する信頼性を向上させるための新たな学習アルゴリズムを提案した。

3.2 新たな学習アルゴリズム

図-1 に、新たに提案した学習アルゴリズム（以下、本学習アルゴリズム）のフローを示す。本学習アルゴリズムの特徴は、従来法による知識の更新（STEP 3）を行う前に、新たに 2 つのステップを追加したところにある。この追加した 2 つのステップは、知識更新時の制約条件抵触回数の減少を目的としている。さらに、重要度と考慮したルールの再構築を行うことにより、従来法（STEP 3）において更新されない知識についても重要度を反映させた知識更新（STEP

表-1 知識更新後の評価に対する信頼性

		従来法	本学習アルゴリズム
識別率(%)	全標本学習法	66.0	75.0
	Leave-one-out法	54.0	67.0
誤差(p)	全標本学習法	14.8	11.3
	Leave-one-out法	17.5	13.7

キーワード 橋梁維持管理, エキスパートシステム, ニューラルネットワーク, 誤差逆伝播法

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1 E-mail : miyamoto@design.csse.yamaguchi-u.ac.jp

表-2 従来法と本学習アルゴリズムによる評価結果の比較（全標本学習法）

	従来法						本学習アルゴリズム					
	KT橋①			KT橋②			KT橋①			KT橋②		
	学習後	教師	差	学習後	教師	差	学習後	教師	差	学習後	教師	差
主桁耐荷性評価	Ⅲ (43.00)	Ⅱ (16.67)	26.33	Ⅲ (50.31)	Ⅲ (50.00)	0.31	Ⅱ (22.69)	Ⅱ (16.67)	6.02	Ⅲ (40.83)	Ⅲ (50.00)	9.17
劣化度評価	Ⅲ (43.86)	Ⅱ (16.67)	27.19	Ⅲ (57.75)	Ⅲ (58.33)	0.58	Ⅱ (24.26)	Ⅱ (16.67)	7.59	Ⅲ (42.71)	Ⅲ (58.33)	15.62
耐荷特性評価	I (7.56)	I (10.00)	2.44	I (7.56)	I (10.00)	2.44	I (7.56)	I (10.00)	2.44	I (7.56)	I (10.00)	2.44
変状評価	Ⅲ (46.46)	Ⅱ (16.67)	29.79	Ⅳ (74.68)	Ⅲ (58.33)	16.35	Ⅱ (19.62)	Ⅱ (16.67)	2.95	Ⅲ (46.54)	Ⅲ (58.33)	11.79
使用条件評価	Ⅲ (41.67)	Ⅲ (41.67)	0.00	Ⅲ (41.67)	Ⅲ (41.67)	0.00	Ⅲ (41.67)	Ⅲ (41.67)	0.00	Ⅲ (41.67)	Ⅲ (41.67)	0.00
環境条件評価	Ⅲ (41.67)	Ⅲ (41.67)	0.00	Ⅲ (41.67)	Ⅲ (41.67)	0.00	Ⅲ (41.67)	Ⅲ (41.67)	0.00	Ⅲ (41.67)	Ⅲ (41.67)	0.00
主桁耐久性評価	Ⅲ (41.69)	Ⅱ (16.67)	25.02	Ⅲ (45.19)	Ⅱ (33.33)	11.86	Ⅱ (30.45)	Ⅱ (16.67)	13.78	Ⅲ (40.62)	Ⅱ (33.33)	7.29
変状評価	Ⅲ (46.44)	I (5.00)	41.44	Ⅲ (56.97)	Ⅱ (16.67)	40.30	Ⅱ (22.27)	I (5.00)	17.27	Ⅲ (41.37)	Ⅱ (16.67)	24.70
使用条件評価	Ⅱ (28.39)	Ⅱ (25.00)	3.39	Ⅱ (28.39)	Ⅱ (25.00)	3.39	Ⅱ (25.00)	Ⅱ (25.00)	0.00	Ⅱ (25.00)	Ⅱ (25.00)	0.00
環境条件評価	Ⅲ (41.67)	Ⅲ (41.67)	0.00	Ⅲ (41.67)	Ⅲ (41.67)	0.00	Ⅲ (41.67)	Ⅲ (41.67)	0.00	Ⅲ (41.67)	Ⅲ (41.67)	0.00
床版耐荷性評価	Ⅲ (56.59)	I (8.33)	48.26	Ⅲ (56.78)	Ⅳ (75.00)	18.22	Ⅲ (49.18)	I (8.33)	40.85	Ⅳ (63.04)	Ⅳ (75.00)	11.96
劣化度評価	Ⅲ (60.78)	Ⅱ (25.00)	35.78	Ⅳ (63.03)	Ⅳ (66.67)	3.64	Ⅲ (51.12)	Ⅱ (25.00)	26.12	Ⅳ (72.45)	Ⅳ (66.67)	5.78
耐荷特性評価	I (7.56)	I (10.00)	2.44	I (7.56)	I (10.00)	2.44	I (7.56)	I (10.00)	2.44	I (7.56)	I (10.00)	2.44
変状評価	Ⅳ (74.60)	Ⅱ (25.00)	49.60	Ⅳ (75.04)	Ⅳ (75.00)	0.04	Ⅲ (58.42)	Ⅱ (25.00)	33.42	Ⅳ (77.45)	Ⅳ (75.00)	2.45
使用条件評価	Ⅲ (43.62)	Ⅲ (45.83)	2.21	Ⅲ (43.62)	Ⅲ (45.83)	2.21	Ⅲ (43.67)	Ⅲ (45.83)	2.16	Ⅲ (43.67)	Ⅲ (45.83)	2.16
環境条件評価	Ⅲ (41.67)	Ⅲ (41.67)	0.00	Ⅲ (41.67)	Ⅲ (41.67)	0.00	Ⅲ (41.67)	Ⅲ (41.67)	0.00	Ⅲ (41.67)	Ⅲ (41.67)	0.00
床版耐久性評価	Ⅲ (49.25)	Ⅱ (25.00)	24.25	Ⅲ (50.29)	Ⅲ (50.00)	0.29	Ⅲ (46.27)	Ⅱ (25.00)	21.27	Ⅲ (53.64)	Ⅲ (50.00)	3.64
変状評価	Ⅳ (64.21)	Ⅱ (16.67)	47.54	Ⅲ (62.46)	Ⅲ (41.47)	20.99	Ⅲ (47.77)	Ⅱ (16.67)	31.10	Ⅳ (64.58)	Ⅲ (41.47)	23.11
使用条件評価	Ⅲ (43.62)	Ⅲ (45.83)	2.21	Ⅲ (43.62)	Ⅲ (45.83)	2.21	Ⅲ (43.67)	Ⅲ (45.83)	2.16	Ⅲ (43.67)	Ⅲ (45.83)	2.16
環境条件評価	Ⅲ (37.50)	Ⅲ (37.50)	0.00	Ⅲ (37.50)	Ⅲ (37.50)	0.00	Ⅲ (37.50)	Ⅲ (37.50)	0.00	Ⅲ (37.50)	Ⅲ (37.50)	0.00
	合計		367.89	合計		125.27	合計		209.57	合計		124.71

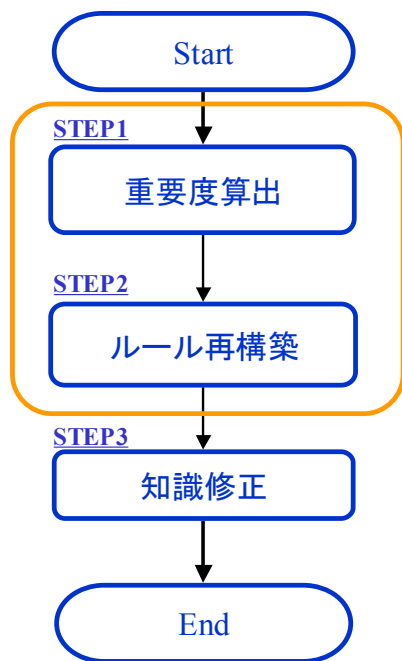


図-1 新たに考案した学習アルゴリズム

1 および STEP 2) が可能となるため、未知データに対する信頼性の向上も期待できる。

3.3 本学習アルゴリズムによる知識更新

前出表-1 では、従来法と本学習アルゴリズムでの評価精度（信頼性）を「識別率」と「誤差」で比較した。ここでは、既存橋梁である KT 橋の①、②スパンに対する従来法と本学習アルゴリズムによる評価結果の比較を表-2 に示す。表-1 および表-2 から明らかなように、本学習アルゴリズムを導入することにより、評価システムの精度が向上したことが分か

る。また、表-1 より全標本学習法および Leave-one-out 法の 2 つにおける評価に対する信頼性の向上がほぼ同程度であることより、本学習アルゴリズムは、未知データに対しても大きく効果が得られると言える。ただし、本学習アルゴリズムを導入した場合においても、評価システムの信頼性はそれ程高いとは言えず、評価システムの実用化には、知識更新を行うための学習用アンケートの収集および矛盾の少ない教師データの作成が必要であると思われる。

4. まとめ

以下に、本研究で得られた成果を示す。

- ① 点検者の経験に大きく依存しないことを目的として提案された点検マニュアルに基づいた新たな評価システムの開発を行った。
- ② 実橋梁データに適用した結果、従来法による知識更新では、学習後の知識に矛盾はみられないものの信頼性が低いことが分かった。
- ③ 本学習アルゴリズムを導入することにより、学習後の知識の無矛盾化だけでなく、従来法と比較して信頼性の向上が図れた。

参考文献

- 1) 河村圭, 宮本文穂, 中村秀明, 三宅秀明: 階層構造ニューラルネットワークを用いたコンクリート橋診断エキスパートシステムの実用化, 土木学会論文集, No.665/VI - 49, pp.45 - 64, 2000.12.