

神戸大学大学院 学生員 ○中川正樹
栗本鐵工所 正 員 串田守可

大林組 正 員 木下和哉
神戸大学工学部 正 員 森川英典
神戸大学工学部 正 員 宮本文徳

1. はじめに：従来より著者らが開発してきている「コンクリート橋診断エキスパートシステム」では、エキスパートシステム構築の課題とされている知識の獲得を、橋梁診断の専門家(以下、専門家)からのアンケート調査を用いて行っているが^[1]、得られたアンケート結果を全て利用しているため、個々の専門家が持つ評価尺度の差異が考慮できていないと考えられる。そこで本研究では、専門家個人個人が本来的に持つあいまいさを含んだ、教師データ獲得手法を提案し、その手法の具体例および評価結果の有効性についての検討を行うことを目的としている。

2. 教師データ獲得手法の提案

2.1 教師データ獲得対象者の選定における留意点：従来のアンケート調査結果における「旧大橋」^[2]と「旧壱谷橋」^[3]のデータを用いて専門家の経験年数と業務内容が回答結果に与える影響についての検討を行った。その結果の一例を健全度と帰属度の関係で示したものが図1, 2である。

図1より、経験年数が長いほど帰属度関数の幅が狭い、つまり健全度評価に対するあいまいさは小さくなっていることがわかる。一方、図2に示す業務内容別では、管理、設計にかかわらず、ほぼ同じであることが明らかとなったので、「教師データ」を獲得する際の業務内容別の選定効果は考慮しなくてもよいと考えられる。

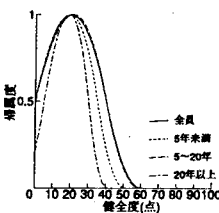


図1「旧大橋」主桁耐荷性に関するアンケート結果

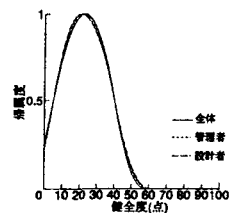


図2「旧大橋」主桁せん断ひびわれに関するアンケート結果

2.2 事象統一を考慮した教師データの作成：上述のようなアンケート回答結果においては、回答者が本来的にも主観的あいまいさによるばらつきの抽出が必要となるため、「旧大橋」で劣化の程度の異なる2本の主桁を対象として実施したアンケート調査結果に対する検討を通じて、劣化程度の差異による回答結果の特徴の検討を行った。ここでアンケートでの目視の結果、A桁は明らかに劣化の進んだ桁であり、E桁は増設桁であるため健全な桁である。図3より、A桁に対する評価結果はE桁に比べてピーク位置が低く、あいまいさも小さいことが分かる。この回答結果におけるばらつきは、専門家個人個人の持つ評価尺度の違いと、目視しているひびわれ状況およびそれに対する認識の違いに起因していると考えられ、特にひびわれ幅が相違しているということは評価にあたって目視した場所が異なると考えられるので、可能な限り排除すべきばらつきであると

考えられる。すなわち、専門家個人個人の主観的あいまいさを抽出するには、ひびわれ幅などの事象を統一することより、ひびわれ幅などに関するばらつきを排除した上で、「教師データ」を作成することが必要であると考えられる。

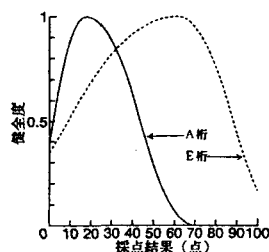


図3「旧大橋」のA桁、E桁のアンケート調査結果

本研究で適用した事象統一手法は、アンケート調査で回答を行った専門家それぞれが持つ評価関数をひびわれ幅および、ひびわれの多少という事象に対して帰属度関数で表現し、最頻回答によるひびわれ幅の統一を行い、それと異なるものについては、同じ帰属度と対応させて変換を行うものである。本手法の有効性を検証するため、アンケート調査結果を理想的な状態に仮定した上で本手法を適用し、変換を行った後に教師データを作成すると、表1

表1 事象統一前後の教師データの比較

に示すように5段階評価において変換前に強く支持されていたslightly safeがさらに強く支持され、あいまいさの度合いを示すFuzzinessの値も半減していることが

	danger	slightly danger	moderate	slightly safe	safe	平均健全度	Fuzziness
変換前	0.000	0.076	0.308	0.532	0.084	62.480	0.220
変換後	0.000	0.000	0.290	0.691	0.020	64.595	0.112

明かとなったので、提案する事象統一法を用いることはある程度有効であると考えられる。

2.3 教師データ表現手法の検討：知識ベースの洗練においては、7アンケート回答結果を「教師データ」として表現する合理的な手法の検討が必要であるので、① π 関数のパラメータを回答結果の最大値、最小値から求めるもの、②回答結果の標準偏差から求めるもの、③1人1人の回答結果について教師データ作成用帰属度関数との帰属の程度を求め、それらをdanger～safeの5段階に分類して集計を行った後、それらを確率に準じる値として5段階に分類する3方法を提案し、最適な表現方法の選定を行った。

この3方法を用いて回答結果が一点のみ他の回答結果と離れている場合について検討を行うと、表2に示すように明らかに1人1人の回答結果から求めた教師データの方が他の手法より求められた教師データよりも

表2 外れた一点を考慮したものと、していないものの教師データ

外れた一点の影響が小さいことがいえる。また、7アンケート調査結果から教師データを作成し、それぞれの比較を行うと、Fuzzinessに関しては、互いにそれほど差異はなく、5段階の評価結果においても、最も支持する評価に違いはないといえた。しかしその中でも1人1人の回答結果から教師データを作成する方法のあいまいさが小さいといえたので、平均的な考え方を抽出するという意味において最も適切な教師データの表現手法であると考えられる。

		danger	slightly danger	moderate	slightly safe	safe	平均健全度	Fuzziness
外れ点含む	最大最小	0.180	0.260	0.248	0.188	0.125	45.368	0.712
	標準偏差	0.159	0.267	0.254	0.192	0.128	47.236	0.687
外れ点除外	最大最小	0.375	0.582	0.000	0.058	0.005	25.100	0.194
	標準偏差	0.584	0.425	0.011	0.000	0.000	18.926	0.193
平均 15.0	最大最小	0.585	0.412	0.003	0.000	0.000	18.347	0.177
	標準偏差	0.400	0.600	0.000	0.000	0.000	22.000	0.167

3. コンクリート橋診断システムにおける学習機能の評価：今年度実施した11名の専門家に対する9橋の実橋7アンケート調査を用いて、提案した手法の検証を行う。

まず、事象統一をしたものとしていないものについて検証を行うと、Fuzzinessは多くの項目で小さくなった。このため事象統一を行った方が信頼度の高いデータが得られると考えられる。ここで検証を行った結果のうち、「宮橋」の「ハチ沿いひびわれ」の教師データを表3に一例として示す。これより、最も支持する評価はmoderate

からslightly safeに変化したものの、平均健全度はほぼ同じで、あいまいさはかなり小さくなっていることがわかる。また、システムにおける学習機能の評価を、知識の洗練の有無と比較してみる。ここでの知識の洗練は下位のsub goalについて行った。下位sub goalおよび上位sub goalにおける診断項目について、

表3「宮橋」の「ハチ沿いひびわれ」の教師データの例

	danger	slightly danger	moderate	slightly safe	safe	平均健全度	Fuzziness
統一無	0.000	0.113	0.905	0.262	0.320	65.8	0.531
統一有	0.000	0.000	0.261	0.546	0.193	68.7	0.208

表4「三幡橋」の「主桁耐荷性」の診断結果の例

	danger	slightly danger	moderate	slightly safe	safe	平均健全度	Fuzziness	一致度
洗練無	0.009	0.255	0.392	0.271	0.073	52.9	0.389	79.4
洗練有	0.011	0.275	0.396	0.244	0.074	51.9	0.381	82.0

知識洗練を行った方が教師データとの一致度が高いことが明かとなったことより、事象統一による洗練効果が下位sub goalから上位sub goalにまで及んでいるといえる。診断した結果のうち、一例として「三幡橋」の上位sub goalである「主桁耐荷性」の結果を表4に示す。5段階の評価自身に大きな変化はないものの、最も支持されていたmoderateがさらに支持され、あいまいさは小さく、一致度は大きくなっていることがわかる。

以上のことから、事象統一により信頼度の高い教師データ作成が可能となり、システムの診断結果においては、知識の洗練によりその教師データにより近い診断結果が得られることが明かとなった。

4. まとめ：専門家の経験年数や業務内容による7アンケート回答結果を基にして、回答にばらつきが起こる要因を考慮した事象統一法を提案し、新たな教師データ獲得手法の提案を行った。本手法の検証を行った結果、システムの診断結果は事象統一により、教師データとの一致度においてかなり妥当な評価となり、知識洗練の効果も上位goalにまで反映されることが確認できたことから、システムの信頼性の向上を確認できたといえる。

参考文献[1]串田守可、徳山貴信、宮本文穂：橋梁診断における知識獲得手法の提案、構造工学論文集

Vol139A 1993.3.

[2] (財)建設工学研究所：県道53号線「旧大橋」耐用性診断試験報告書 1992.3.

[3] (財)建設工学研究所：県道411号線「旧檜谷橋」耐用性診断試験報告書 1993.3.