

## 推論処理の可視化を考慮した RC 橋梁性能評価システムに関する基礎研究

山口大学大学院 学生会員○泉元昌彦 (株)東芝情報システム 青木治道  
山口大学工学部 正会員 河村圭・中村秀明・宮本文穂

## 1. はじめに

著者らは、専門技術者が橋梁の性能（耐荷性，耐久性）の評価を行うのとほぼ同等な評価を行い，さらに，専門技術者が行っている評価過程を明示することを目的としたコンクリート橋診断エキスパートシステム（以下，評価システム）<sup>1),2)</sup>の開発を行ってきた．この評価システムの推論機構は，評価過程を明示させるために重みおよび閾値に意味を持たせたニューラルネットワークを用いて構築されている．さらに，この評価システムは，知識の修正を行うための学習機能を有している．しかしながら，評価システムの学習では，学習後の知識に矛盾が生じないように設定した制約条件により誤差が減少しないという問題点があった．一方，専門技術者の行っている評価過程には，主観的判断を多く含む場合が多く，すべての知識の抽出は不可能である．そこで，評価に対するアンケートを実施し，アンケートに基づいて作成した学習データを用いて知識の修正を行う必要がある．そこで，本研究では，学習後の知識に矛盾を生じさせないことを前提として，学習精度の向上を図るために，推論方法の改良を行い，制約条件の緩和を行った．さらに，本研究では，改良した推論を用いて，本年度新たに作成した評価プロセスに対して，推論機構の構築を行った．

## 2. 推論方法の改良

## 2.1 ファジィ集合に対する適合度の導入

改良した推論では，各入力項目におけるファジィ集合のメンバーシップ関数値の総和を1に規格化することにより適合度を求める．適合度とは，入力値に対して，入力項目の各ファジィ集合がどれだけの割合で適合しているかを示すものである．

## 2.2 推論の改良による制約条件の緩和

ファジィ集合に対する適合度の導入により，メンバーシップ関数の形状に関する制約条件の緩和が可能であると考えた．なお，図-1は， $y=x^2$ の同定問題で3000回学習を行った後のメンバーシップ関数の形状であり，図-2は，ファジィ集合を適合度で表現したものである．

従来の推論方法では，制約条件のひとつとしてメンバーシップの頂点の高さを1.0より低下させないという制約条件がある．すなわち，図-1においては，①のファジィ集合のメンバーシップ関数の頂点は $x=-1.0$ であり，図-1の①のファジィ集合は，制約を満たしていないことになる．しかしながら，図-2のように適合度を用いて表現すると，ファジィ集合には矛盾は生じていない．つまり，ファジィ集合を適合度で表現する方が制約条件の緩和が行われ，制約条件により更新されなかった重みも更新されるため，学習精度も向上すると考えられる．

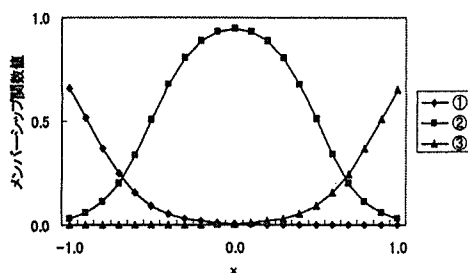


図-1 メンバーシップ関数

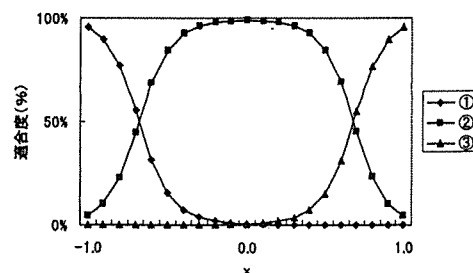


図-2 適合度

### 2.3 改良した推論の検証

本研究では、推論方法の改良により制約条件の緩和を行った。そこで、改良した推論により学習を行った結果、実際に学習精度が向上しているかについて検証した結果を示す。本検証には、適用問題として、 $y = x^2$  の同定問題を用いた。以下には、学習回数 3000 回で学習を行った結果について示す。図-3 には、学習誤差の推移を示す。図-3 より 3000 回後の学習誤差は、改良した推論方法の方が少なく、推論の改良により学習精度が向上していることが分かる。

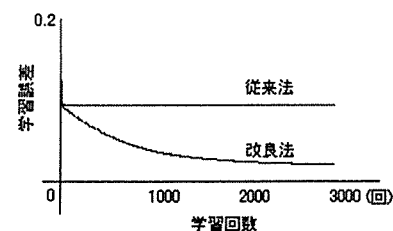


図-3 学習誤差の推移

### 3. 「使用条件評価」の推論機構の構築

本年度は、新たに作成された評価プロセスにおける「使用条件評価」(図-4) に対して推論機構の構築を行った。また、表-1 には、「使用条件」を評価するためのルールの組み合わせを示す。

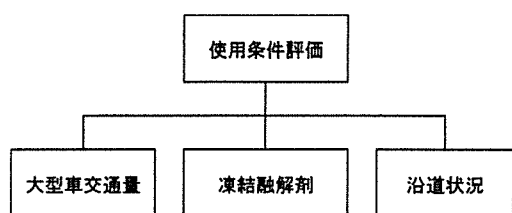


図-4 「使用条件評価」の評価プロセス

表-1 「使用条件」のルールの組み合わせ

ルール番号	前件部			後件部	ルール番号	前件部			後件部
	大型車交通量	凍結融解剤	沿道状況	健全度		大型車交通量	凍結融解剤	沿道状況	健全度
1	少ない	無	悪い	.66.7	13	やや多い	無	悪い	44.4
2	少ない	無	やや悪い	83.3	14	やや多い	無	やや悪い	61.1
3	少ない	無	良い	100.0	15	やや多い	無	良い	77.8
4	少ない	有	悪い	33.3	16	やや多い	有	悪い	11.1
5	少ない	有	やや悪い	50.0	17	やや多い	有	やや悪い	27.8
6	少ない	有	良い	66.7	18	やや多い	有	良い	44.4
7	やや少ない	無	悪い	55.6	19	多い	無	悪い	33.3
8	やや少ない	無	やや悪い	72.2	20	多い	無	やや悪い	80.0
9	やや少ない	無	良い	88.9	21	多い	無	良い	66.7
10	やや少ない	有	悪い	22.2	22	多い	有	悪い	0.0
11	やや少ない	有	やや悪い	38.9	23	多い	有	やや悪い	16.7
12	やや少ない	有	良い	55.6	24	多い	有	良い	33.3

### 4. 重要値の算出

本研究では、後件部の値より専門技術者が使用条件を評価する際にどの項目を重要視しているか調べるために、重要値という指標を定義した。ここで、重要値とは、ある入力項目の評価項目に対する最も健全度の低下させないファジィ集合のルールの健全度から最も健全度を低下させるファジィ集合のルールの健全度との差をとったものであり、健全度の変化量を意味する。表-2 には、「大型車交通量」、「凍結融解剤」および「沿道状況」の重要値を示す。表-2 より、専門技術者は、「大型車交通量」をかなり重要視していることが分かる。また、この結果は、専門技術者の考えに一致している。

表-2 重要値

項目名	重要値
大型車交通量	90.05
凍結融解剤	18.14
沿道状況	13.95

### 5. まとめ

本研究では、システムが行う評価を専門技術者の行っている評価に近づけるために、学習精度の向上を図った。以下には、本研究で得られた成果をまとめる。

- ① 改良した推論による学習は、従来の方法と比べ学習精度が向上し、さらに学習後の知識にも矛盾が生じないことを証明した。
- ② アンケートを実施し、知識の修正を行った結果、専門技術者の考えに即した結果が得られた。

### 参考文献

- 1) 宮本文穂, 河村圭, 中村秀明, 山本秀夫: 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開発, 土木学会論文集, No.644/VI - 46, pp.67 - 86, 2000.3.
- 2) 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.