

## 学習手法を改良した橋梁診断エキスパートシステムの開発

山口大学大学院 学生員 ○三輪宅弘 山口大学工学部 学生員 青木治道  
 山口大学大学院 学生員 河村 圭 山口大学工学部 正会員 宮本文穂  
 山口大学工学部 正会員 中村秀明

### 1. はじめに

著者らは、RC 橋の診断を目的とした「橋梁診断エキスパートシステム」（以下、前システムと略記）の開発を行ってきた<sup>1)</sup>。このシステムは、橋梁診断に携わる専門家から知識を獲得し、目視点検程度の情報から、専門家と同レベルの耐用性診断を行うことを目的としている。しかし、前システムにおける学習の評価は、単に誤差の減少に着目しているだけで、妥当な知識の獲得については十分に考慮されていなかった。そこで本研究では、学習用アンケートを変更し、知識抽出について学習アルゴリズムの一部を追加した。

### 2. 橋梁診断システムの改良

#### 2.1 学習用アンケートの変更

本研究では、図-1 に示される「ひび割れ状況(点)」を評価する診断プロセスについて学習用アンケートの手法を変更した。ここで学習用アンケートとは、橋梁点検のアンケート結果(入力データ)とそれに対応した専門家のアンケート結果(教師データ)のことをいう。

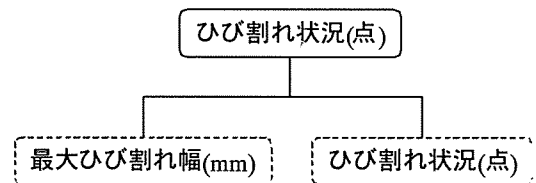


図-1 「ひび割れ状況(点)」の階層構造

前システムにおける学習用データのアンケートは、主観的な評価に依存するような回答形式であるため、点検者や専門家の違いによって大きくその評価点が異なる恐れがあった。そこで本研究では、学習用アンケートを建設省土木研究所資料「橋梁点検要領(案)」<sup>2)</sup>に従うように変更した。また教師データについては、橋梁点検結果をもとに表-1 のような 5 段階評価を専門家に依頼した。

図-2 に専門家のアンケートとその結果を示す。ここでひび割れ状況(箇所数)は、ひび割れ幅に応じてカテゴリ分け<sup>3)</sup>され、その箇所数が点検調書および損傷図に記録される。ただし、本研究の点検では、ひび割れ箇所は 1.0 m<sup>2</sup>単位で見えており、この単位内のひび割れは、その本数に関係なく 1 箇所としてみなされる。専門家の評価は、(A,B,C,D,E) = (100, 75, 50, 25, 0) のように点数化を行う。このように、大中小にカテゴリ分けした発生箇所数を考えることで、点検者の主観的判断による点検結果のばらつきを極力排除した。また、専門家の意見からも、本研究のようなアンケートのほうが回答しやすいとの感想も得られた。

#### 2.2 学習アルゴリズムの追加

既存の研究では、専門家の推論過程を診断プロセスとして階層化し、この診断プロセスに従ってファジィ変数を含むプロダクションルールの抽出を行った。そして、このプロダクションルールをもとにして、図-3

表-1 評価基準

判定区分	一般的状況
A	点検の結果から、損傷は認められない。または、その程度を記録する必要がない。
B	損傷が認められ、その程度を記録する必要がある。
C	損傷が認められ、追跡調査を行う必要がある。
D	損傷が大きく、詳細調査を実施し補修、または補強するかどうかの検討を行う必要がある。
E	損傷が著しく、交通の安全確保の支障となる恐れがある。または補修・補強の必要がある。

キーワード：エキスパートシステム、ニューラルネットワーク、橋梁診断

〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2 丁目 16-1 TEL：0836-35-9484 FAX：0836-35-9484

ひび割れ状況(箇所数)			最大ひび割れ幅(mm)	評価				
大	中	小		A	B	C	D	E
-	-	1	0.1	A	B	C	D	E
-	-	2	0.1	A	B	C	D	E
-	-	3	0.1	A	B	C	D	E
3	-	-	0.6	A	B	C	D	E
-	3	-	0.2	A	B	C	D	E
-	-	3	0.1	A	B	C	D	E
1	3	1	0.5	A	B	C	D	E
1	5	2	0.6	A	B	C	D	E
1	8	1	0.3	A	B	C	D	E
1	3	6	0.7	A	B	C	D	E
1	5	4	0.4	A	B	C	D	E

ひび割れ状況(点)	最大ひび割れ幅(mm)	評価
0.5	0.1	100
1	0.1	50
1.5	0.1	50
4.5	0.6	25
3	0.2	50
1.5	0.1	75
5	0.5	25
7.5	0.6	25
10	0.3	25
7.5	0.7	25
8.5	0.4	25

図-2 アンケート結果と学習用データ

のような階層構造ニューラルネットにて形成した推論機構の構築を行った。また階層構造ニューラルネットの特徴を生かして、誤差逆伝播(Back Propagation ; BP)法による学習を可能としていた。しかし、前システムの(C)層-(D)層間の結合重みは、学習による結合重みの更新に制約を設けることなく個々の重みが独立して更新されていたことから、学習後には、診断項目への入力項目間の影響度を比較することが不可能になっていた。そこで本研究では、この比較を行うために、以下の式に従った結合重みの更新を行うように学習アルゴリズムを追加した。

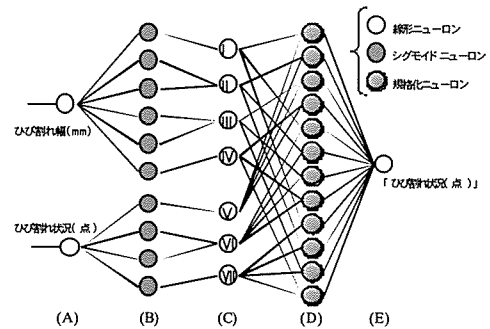


図-3 階層構造ニューラルネット

$$W_1 = \frac{w_1}{w_1 + w_2} \quad (1) \quad W_2 = \frac{w_2}{w_1 + w_2} \quad (2)$$

ここで、

$W_1$  : (C)層ニューロン I, II, III, IV と (D)層ニューロンとの結合重み,

$W_2$  : (C)層ニューロン V, VI, VII と (D)層ニューロンとの結合重み,

$w_1$  :  $W_1$  の更新量,

$w_2$  :  $W_2$  の更新量.

従来の BP 法による学習では、(D)層にあるニューロンに対して(C)層のニューロンからつながるワイヤーの重みは同一のものになるという問題点を抱えていた。そこで、重みの更新量を分散させることにより、「ひび割れ状況(点)」を診断する際に、入力項目[ひび割れ幅(mm)]また[ひび割れ状況(点)]のどちらに重点をおいて推論を行っているかをユーザ側から見てわかるように学習アルゴリズムを改良した。言い換えれば、入力項目間の診断へ影響する程度を表現するための学習手法になっているといえる。

3. まとめ

- ① 点検者の主観的判断の違いによる点検結果のばらつきを解消するために、主に建設省土木研究所資料「橋梁点検要領(案)」に従った点検結果を本システムへの学習データとして利用するアンケート手法を考案した。
- ② 入力項目間の診断へ影響する程度を表現するための学習手法を追加した。
- ③ 改良したアルゴリズムを用いて学習を行った結果、[ひび割れ幅] : [ひび割れ状況] = 7:3 となり、[ひび割れ幅]に重点を置いて診断を行うという学習結果となった。

参考文献

1) 河村 圭 : Bridge Management System(BMS)の開発および実用化に関する研究, 山口大学博士論文, 2000.3  
 2) 建設省土木研究所 : 土木研究所資料 橋梁点検要領 (案), 1988.7.