

鋼道路橋の疲労損傷部位の推定システムへのニューラルネットワークの適用

関西大学工学部 正 員 三上市蔵 関西大学工学部 正 員 坂野昌弘
 関西大学大学院 学生員 倉地 晶 関西大学大学院 学生員 ○河合義勝

1. まえがき 近年、土木分野においてエキスパートシステムの研究が多数行われ、中でもニューラルネットワークに関する研究も多数報告されている。本研究では、ニューラルネットワークの学習機能に着目し、過去に構築された鋼橋の疲労亀裂の点検リスト提示のためのエキスパートシステム¹⁾に、ニューラルネットワークを適用した。システムの構築には、32ビットパソコンPC9801RA51とニューロコンピュータソフト『RHINE』²⁾を用いた。まず、中間層のユニット数と層数の決定、システムが行う学習の終了の仕方、入力パターンに対して複数の正解がある場合の学習データの扱い方を検討した。さらに、構築したシステムを用いて整理された知識を、文献3)による結果と比較した。

2. ニューラルネットワークの形状の決定 中間層のユニット数を決定するため、表-1のデータのうちケースA～Gを用いて学習させ、ネットワークの収束状態を平均二乗誤差によって判定した。出力層のユニット数の1/2を目安に中間層のユニット数が3, 4, 5の場合について、ネットワークの収束状態を比較すると図-1のようになる。中間層のユニット数3の場合は、収束が遅く、平均二乗誤差が小さくなり収束の状態になると、ユニット数が4の場合も、5の場合もほとんど変化はない。したがって、中間層のユニット数は、4個で十分であると判断できる。次に、中間層数については、1層と2層の場合を比較したが、1層でも十分満足できる結果が得られたので1層でよいと判断する。

3. 学習データの追加方法と学習の終了方法 任意の入力パターンに対して正解が複数ある場合、学習データの与え方には、正解を全てまとめて1ケースとして扱う方法と、1つの正解を1ケースとして扱う方法が考えられる。両方法を用いて学習結果を比較したが、前者の方法では1に近い出力値が得られるが、後者の方法では得られない。この結果から、ある入力パターンに対する正解が複数ある学習データは、まとめて1つのデータとして扱うのが良い。

学習を終了させる時期は、学習回数と平均二乗誤差を基にして決定する。図-1の500回(点A)、2000回(点B)、3000回(点C)、4700回(点D)で

表-1 学習データ

ケース		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
構造形式	単純橋																
	連続橋	○	○	○	○	○	○			○	○		○	○	○	○	○
	ゲルバー橋							○									
橋形式	カルトラー						○				○	○					
	箱 桁																
	合成桁							○		○			○	○			
	合成箱桁				○												
	トラス				○												
	上路アーチ	○							○								
	中路アーチ		○														
	格子カルトラー																○
	ケル橋の合成桁					○											
	タイドアーチ															○	
平面形状	直 橋	○	○	○	○			○	○	○	○	○		○	○	○	○
	曲線橋					○							○				
	斜 橋						○										
損傷構造		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯

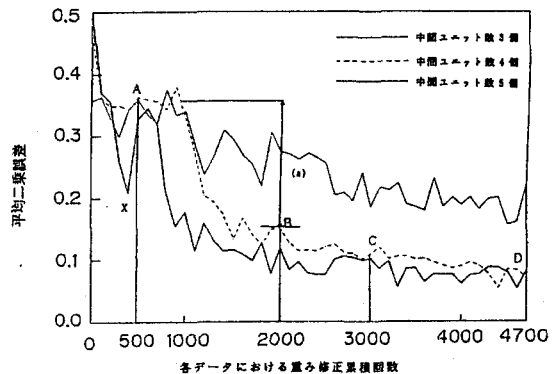


図-1 ユニット数による収束状態

Ichizou MIKAMI, Masahiro SAKANO, Akira KURACHI, Yoshikatsu KAWAI

学習を停止し、表-1のケースについて学習結果を比較した。平均二乗誤差が大きい点Aでは、システムに教えた学習データに一致する学習結果は出力されていない。平均二乗誤差が小さくなった点B, C, Dでは、学習結果はシステムに教えた学習データとよく一致している。したがって、図-1の平均二乗誤差が急に小さくなった点Bでも収束しているといえるが、更に1000回続けた点Cで学習を終了させた。

4. ニューラルネットワークを用いた点検リスト提示システム 鋼橋の「構造形式」、「桁形式」、「平面形」の情報から点検対象となる「損傷構造」を自動的に選定するシステムをニューラルネットワークを用いて構築した。ネットワークの構造は、入力層のユニット数19個、出力層のユニット数20個である。中間層を1層とし、中間層のユニット数は出力層のユニットの数の1/2である10個と決定した。

表-1の全ての学習データに対して学習を実行した。学習結果は、表-2のようになる。出力ユニットとして教えた表-1の損傷構造に対して、高い値が得られており、満足すべき結果が得られている。

このシステムを

表-2 学習結果

用いて知識を整理した一例を表-3に示す。表には文献3)において「文殊」を用いて整理された結果を比較のため示した。

「文殊」によると、「上路アーチ」の条件だけで⑮支材と補剛桁の連結部と⑯支材とアーチリブの連結部が出力される。しかし、「RHINE」によると、「上路アーチ」と「単純橋」を選択してはじめて⑮が出力される。これは入力要因が不明なデータの取扱い方が違ったためである。

ケース	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
①	0.012	0.110	0.009	0.062	-	0.689	0.029	-	0.993	0.033	0.002	0.847	0.992	0.008	0.023	0.996
②	0.080	0.240	0.006	0.245	0.570	0.011	0.225	0.155	0.046	0.333	0.111	0.075	0.023	0.196	0.080	0.036
③	-	-	-	-	-	0.050	-	-	0.939	0.921	-	0.007	0.966	-	-	0.989
④	-	0.004	-	-	-	0.006	0.002	-	0.051	0.886	0.073	-	0.012	0.001	0.001	0.021
⑤	0.005	0.005	0.004	-	0.008	0.018	-	0.044	-	0.015	0.007	-	-	0.887	0.070	0.033
⑥	0.003	0.028	0.930	0.008	0.018	0.004	-	-	-	0.001	-	0.003	-	0.043	0.034	0.018
⑦	-	0.036	-	-	-	0.084	0.001	-	0.307	0.929	0.905	-	0.633	0.001	0.097	0.052
⑧	-	-	-	-	-	0.019	0.001	-	0.037	0.130	0.038	-	0.972	0.028	0.065	0.975
⑨	-	0.008	-	0.011	-	0.020	0.966	-	0.963	0.962	0.029	0.061	0.284	-	-	0.005
⑩	0.007	0.006	0.001	0.857	0.093	-	-	-	0.007	0.005	-	0.963	-	-	-	0.003
⑪	-	0.005	0.001	-	0.001	0.002	-	0.023	-	0.003	0.084	-	0.003	0.064	0.864	0.028
⑫	0.007	0.888	0.060	0.035	0.064	-	0.002	0.010	0.005	0.039	0.034	0.003	0.002	0.018	0.148	0.006
⑬	-	-	-	-	-	0.001	-	0.006	-	0.040	0.846	-	0.001	-	0.053	-
⑭	0.009	0.008	0.005	0.001	0.017	0.025	-	0.048	-	0.180	0.006	-	-	0.880	0.071	0.055
⑮	0.479	0.047	0.001	0.031	0.012	-	-	0.772	-	0.002	0.005	0.003	-	0.050	0.008	-
⑯	-	-	-	-	-	-	-	0.005	0.002	0.041	0.047	-	0.737	-	0.043	0.133
⑰	0.014	0.010	0.007	0.001	0.018	0.008	0.001	0.026	-	0.018	0.003	-	-	0.931	0.040	0.038
⑱	0.022	-	0.009	0.001	-	-	0.001	0.966	-	-	0.020	-	-	0.027	0.019	-
⑲	-	0.006	0.001	-	-	0.019	0.108	-	0.634	0.979	0.077	-	0.113	-	-	0.042
⑳	-	0.005	0.002	-	0.001	0.002	-	0.030	-	0.032	0.097	-	0.004	0.039	0.862	0.027

表-3 知識整理

桁形式	構造形式	平面形	損傷構造 (RHINE)	損傷構造 (文殊)
上路アーチ	———	———	⑮	⑮ , ⑯
	単純橋	———	⑮ , ⑯	
		直橋	⑮ , ⑯	
	連続橋	———	⑮	
		直橋	⑮	

参考文献 1) 三上・三木・田中：鋼道路橋の疲労亀裂に関するルールとフレームによる知識ベース・エキスパートシステム，構造工学論文集，Vol.35A，1989。

2) RHINEユーザズマニュアル，センチュリリサーチセンタ(株)

3) 三上・三木・田中・本田・土田：エキスパートシステム構築のための鋼橋疲労損傷事例の分析と知識の整理，土木情報システムシンポジウム講演集，1989。