

橋脚補強優先順位決定問題へのニューラルネットワークの応用

防衛大学校 建設環境工学科 ○ 学生員 深澤仁, 作田健, 正会員 香月智, 深和岳人

1. 緒言

現在, 橋脚補強優先順位は, リスク評価を基本とした関数を構築し決定しているが, この評価関数に明確な根拠を与えることは難しく, さらに, 地域性を反映するように重み係数を決定することが困難である. 本研究は, 地域性や技術者の価値判断を柔軟に取り入れるために, ニューラルネットワーク¹⁾を応用することを試みたものである.

2. 優先順位決定システム

(1) 従来システム

従来の橋脚補強の優先順位は, 簡易なリスク評価式を作成し, リスクの大きいものを補強優先度が高いと指定しており, 一般に評価式は次の2形式がある²⁾.

$$R = W_s S + W_v V + W_i I \quad (1)$$

$$R = S^{W_s} \times V^{W_v} \times I^{W_i} \quad (2)$$

ここで, R :地震リスク, S :地震強度, V :脆弱度, I :重要度, W_s, W_v, W_i :それぞれ S, V, I に対応する重み係数.

式(1), (2)のリスクは, 便宜上の数値であり, その絶対量に意義はなく, その相対的な大小関係によって優先順位が決定可能ところに意義がある.

(2) 提案システム

提案システムでは, リスク関数の意義を相対評価能力にあるものと考え, 図-1 に示すように, 2つの橋脚に関する素因データを与えると, どちらの橋脚の優先度が高いかを判定する一対比較型のニューラルネットワークシステムを構築する. そのうえで, 図-2 に示すように, 予め一部の素因データに対する優劣の判断基準データを与えて学習させた後, 判定すべき全橋脚データに対する優先順位を決定するシステムである. このシステムの特徴は, 優劣判断に修正の必要がある場合に, その優劣判断自体が, 新知識情報として, ニューラルネットワークの学習情報に加えることができる点にある.

これは図-3 に示すように, 橋脚(a~j)で与えられるときに一対比較により優先順位を決定するために, 総当たり戦に対して適切な評価を与えることに相当する. 図-1 で示すシステムにおけるニューラルネットワークでは, この一部, 例えば図-3 の網掛け部分のデータを既知データとして学習

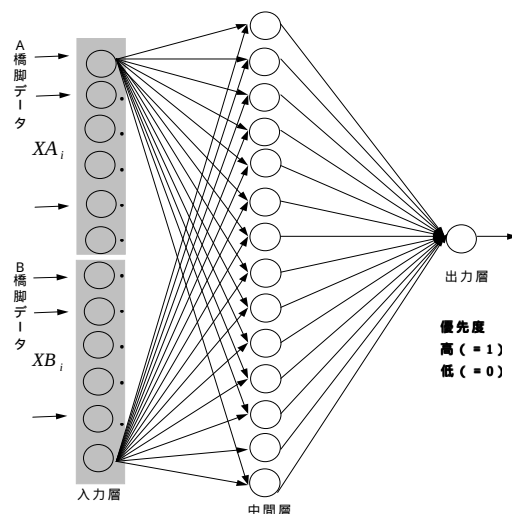


図-1 一対比較ニューラルネットワーク

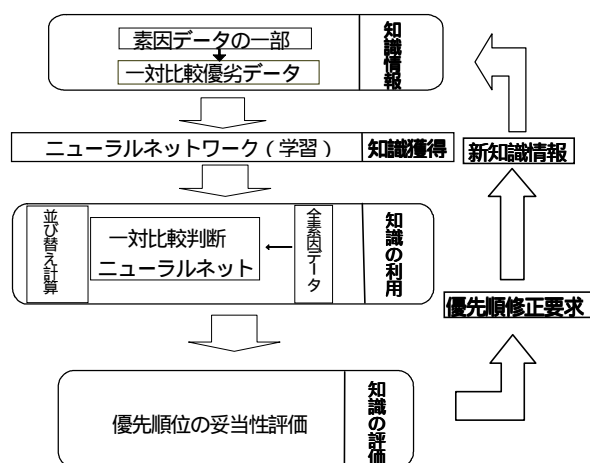


図-2 提案システムによる優先順位決定法

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
a		○	○	○	○	○	○	○	○	○
b	x		○	○	○	○	○	○	○	○
c	x	x		○	○	○	○	○	○	○
d	x	x	x		○	○	○	○	○	○
e	x	x	x	x		○	○	○	○	○
f	x	x	x	x	x		○	○	○	○
g	x	x	x	x	x	x		○	○	○
h	x	x	x	x	x	x	x		○	○
i	x	x	x	x	x	x	x	x		○
j	x	x	x	x	x	x	x	x	x	

■ 既知データ □ 判断データ

図-3 一対比較判断表

させ, 白抜き部分を正確に推定しようとするものである.

3. 二変数問題例への応用

提案システムの具体的検討例として, 式(2)に相当する次のような優先順位決定関数が暗黙のうちに存在するものと仮定する.

キーワード: ニューラルネットワーク, 優先順位決定法, 一対比較

連絡先: 〒239-8686 神奈川県横浜須賀台1-10-20 防衛大学校 建設環境工学科 TEL 046-841-3811 FAX 046-844-5913

$$P = X_1^{0.8} \times X_2^{0.5} \quad (3)$$

ここで P : 優先度, X_1 , X_2 : 素因データであり, 数値が大きいほど優先度が高いものとする.

具体的には, A~M の 13 橋に対して, 表-1 に示すような素因データが与えられており, 式(3)による優先度に基づいて橋脚 A が一番優先度が高く, 順に続いて橋脚 M が一番優先度が低いものとする.

ニューラルネットワークの役割は, 式(3)の暗黙の価値観を一対比較の学習データを学ぶことによって修得することにある. ここで, 素因データの特性から, 各々の素因データ X_1 , X_2 について, 大小関係が一致する任意の橋脚 a, b については式(3)の形にかかわらず, 一対比較で優劣判断を与えることができる. これを優劣自明組合せと呼ぶものとし, これは全て学習データとして与えるものとする. 一方, 素因データによって, 優劣が逆転する組合せが存在し, これを優劣非自明組合せと呼ぶものとする. これは管理者による優劣価値判断をアンケートなどによって事前に得ておいて, 学習データとして与える必要がある. 表-1 の例では, 表-2 に示す 19 通りが非自明組合せとなっているが, この中から, なるべく少ない組合せを抽出して全体的に良好な優劣判断を行うことが求められている.

そこで本研究では, 抽出基準を各橋脚がなるべく同数抽出比較データに発生することとし, 全抽出データを橋脚数と同数とすることとした. このようにして得られた一対比較データは表-2 のようになる.

これらの比較データに対して, 式(3)の大小関係を与えて, ニューラルネットワークに学習させた後に全体の優劣判断を行うと図-4 のようになる. 図-4 おいて  は自明組合せであるため, その優劣判断を学習データとして与えたものである. ここでは全部で 118 通りあり, 全体の 76% に相当する. 続いて,  は非自明組合せであるが学習データとして与えたものである. 残りの  が推定すべき優劣判断箇所であるが, 全部で 12 通りの推定のうち 11 通りが正解となっている. L と M の比較については, ニューラルネットワークは優劣を明確に判断できなかった. これは, 表-3 に示すように M に関する学習情報が少ないことが原因と思われる. しかし, この図-4 に基づく優先順位は, A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, (L, M) となり, 表-1 の順位と一致する.

4. 結 言

ニューラルネットワークを利用して, 優先順位価値を柔軟に取り入れる橋脚補強優先順位判定システムを提案した.

表-1 橋脚データ

橋脚	素因		P
	X1	X2	
A	4	5	2.13847
B	2	7	2.05937
C	3	5	2.01890
D	5	3	1.91836
E	3	4	1.88818
F	2	4	1.74110
G	3	3	1.73205
H	2	3	1.59714
I	2	2	1.41421
J	3	1	1.24573
K	1	1	1.00000
L	0.0001	3	0.22036
M	2	0.0001	0.07248

表-2 優劣非自明組合せ

連番	橋脚	橋脚	学習/推定
1	K	M	学習
2	I	J	学習
3	F	G	学習
4	I	L	学習
5	K	L	学習
6	B	C	学習
7	D	E	学習
8	A	D	学習
9	H	J	学習
10	C	D	学習
11	A	B	学習
12	F	J	学習
13	B	E	学習
14	D	F	推定
15	L	M	推定
16	J	L	推定
17	B	G	推定
18	B	D	推定
19	B	J	推定

表-3 出現回数

橋脚	回数
A	2
B	3
C	2
D	3
E	2
F	2
G	1
H	1
I	2
J	3
K	2
L	2
M	1

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
A													
B													
C													
D													
E													
F													
G													
H													
I													
J													
K													
L													
M													

 自明学習データ  非自明学習データ  推定結果

図-4 優劣判断結果

基本問題での適用性は認められるが, 今後は実橋脚の優先順位問題への適用検討を行う必要がある.

参考文献

- 1) 市川 紘: 階層型ニューラルネットワーク 非線形問題解析への応用, 共立出版株式会社, 1993.
- 2) 川島一彦監訳: 橋梁の耐震設計と耐震補強, 技報堂出版, 1998.