

I - 12

橋梁の景観評価へのニューラルネットワークの応用

八戸工業高等専門学校 ○ 正員 齊藤 進  
 早稲田大学理工学部 正員 堀井健一郎  
 早稲田大学理工学部 正員 依田照彦

1. まえがき

一般的にいつて人々の景観に対する総合的な良否の評価は、無意識的かつ瞬間的に行われるが、その根底にはいくつかの個別的な感覚的評価が存在していると考えられる。そこで本研究では、予備設計段階の橋梁の基本的データを入力とし、橋梁景観に対する個別的な感覚的評価を出力とするニューラルネットワーク（ネットⅠ）、およびネットⅠの出力である感覚的評価を入力とし、景観上の総合的な良否を出力とするニューラルネットワーク（ネットⅡ）の構築を行い、橋梁の景観評価および景観上の良否に影響する要因の解明を試みる。

2. ニューラルネットワークの構造

ニューラルネットワークは、図-1に示すような人工ニューロン（ユニット）を、図-2に示すようなネットワークで結合して情報処理を行うものである。その応用はすでに多くの分野で行われており、多数の論文や成書が存在しているのでニューラルネットワーク自体の説明は省略する。本研究では3層の階層型ニューラルネットワーク（図-2）を2段階で用いるが、ネットⅠは入力層が15ユニット、中間層が20ユニット、出力層が7ユニットのネットであり、またネットⅡは入力層が7ユニット、中間層が15ユニット、出力層が4ユニットのネットである。ネットⅠの入力層の15ユニットには、表-1に示すような予備設計段階で明らかになっている15のデータが割り当てられる。これらのデータは客観的なデータではあるが、定性的なものや定量的なものが混在している。ネットⅠの出力層の7ユニットには、表-2に示したような7つの個別的な感覚的評価が割り当てられ、これらがそのままネットⅡの入力データとなる。感覚的評価は、「非常によい」、「よい」、「普通」、「やや不良」、「不良」の5ランクで行う。また、ネットⅡの出力層の4ユニットには総合的な景観上の良否の4ランク（「非常によい」、「よい」、「普通」、「不良」）が割り当てられる。ネットⅠの出力（＝ネットⅡの入力）とネットⅡの出力は評価者（著者）の主観的なデータでありまた定性的なデータである。

3. ニューラルネットワークの構築

本研究では応用の一例として、人道橋の景観評価のためのニューラルネットワークを構築する。そのための学習ペアはある程度数が必要であるが、ここでは文献（1）の資料53橋より40橋（桁橋11，アーチ橋13，斜張橋16）の写真を選びそのうちの30橋を学習ペアとしている。残りの10橋の写真は4.で述べる景観評価に用いている。これらの40橋はすべて景観が考慮された人道橋であり、必要な15項目の入力データがすべて揃っている。バックプロパゲーション法によるニューラルネットワークの構築では、いくつかのパラメーターの設定、収束の条件や繰り返し回数などの設定などが経験的に行われるが、本研究の場合は数回の試みで適正な設定に成功した。

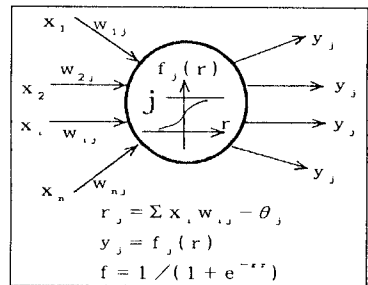


図-1 人工ニューロン

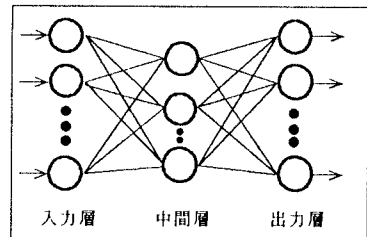


図-2 ニューラルネットワーク

#### 4. ニューラルネットワークによる橋梁景観の評価

構築済みのニューラルネットワークによって10橋の橋梁景観の評価を行った結果を表-3に示す。ネットⅠの入力データ以外は主観的なデータであり、また2段のニューラルネットワークであるため、評価者の総合的評価と一致したものは6橋に留まった。

#### 5. 橋梁景観の良否に影響を及ぼす要因

階層型ニューラルネットワークの動作は完全に数式で記述できるため、入力に対する出力の感度係数を計算することができる。表-4にネットⅠ、表-5にネットⅡの感度係数を示す。これらは絶対値をとり30橋の学習ペアの平均値で示したものである。表-4の感度係数から、ネットⅠの各出力に対してどの入力項目の影響が大きいかかわかる。例えば明快感、躍動感、安定感、リズム感、調和感に対しては周辺の環境が、軽快感に対しては桁高が、ランドマーク性に対してはデッキの位置が大きな影響を持っていることがわかる。全体的にみると、周辺の環境、橋梁の色彩、スパン割り、タワーの有無、対称性の順に影響が大きく、橋長、橋梁形式、クリアランス、曲線材の有無、最大スパンの順に影響が小さいことがわかる。また、表-5の感覚的評価（入力）に対する総合的評価の感度係数からは、総合的評価に対して明快感、リズム感、躍動感の影響が大きいたことがわかる。この3項目に対して影響の大きいネットⅠの入力は、周辺の環境、橋梁の色彩、スパン割り、タワーの有無であり、結局これらが総合的評価に影響を持っているといえる。

#### 6. あとがき

入力と出力の間の関係を構築する方法として、従来は重回帰分析や数量化理論などがよく使われてきたが、これらの利用には多くの制約がある。ニューラルネットワークでは、上の応用例からわかるようにデータが定量的か定性的かは全く問題にならず、多入力と多出力の間の非線形写像関係を構築することが可能である。また、景観評価への応用においては、入力項目の追加や区分の細分化、より多くの学習ペアの準備とニューラルネットワークの再構築、感覚的評価項目の適正化と適当な評価者の選定などが今後必要である。それらによって改善されたニューラルネットワークは予備設計のための実用的なデータベースになり得る。

参考文献 (1)「人道橋の景観設計」鹿島出版会、1991

表-1 ネットⅠの入力データ（構築基本データ）

No.	基本データの種別	区分（入力値）
1	橋梁形式	桁、アーチ、斜張橋
2	橋長	実際の長さ(m)
3	最大スパン	実際の長さ(m)
4	スパン割り	1, 2, 3, ……
5	桁高	実際の高さ(m)
6	デッキの位置	上路、中路、下路
7	クリアランス	5m以下, 5m~10m, 10m以上
8	タワーの有無	有, 無
9	曲線材の有無	有, 無
10	左右対称性	非対称, 対称
11	形態デザインの独創性の有無	有, 無
12	材料	コンクリート, 鋼
13	橋梁本体の色彩(系)	白, クリーム, ベージュ, 黄, 茶, 赤, 青, 緑
14	周辺の環境	市街地, 平野部, 山間部, 公園
15	視点場(写真撮影の方向)	側面, 斜め方向, 横軸方向

表-2 ネットⅠの出力データ（感覚的評価）

No.	感覚的評価	内容
1	明快感	構造や色彩が単純ですっきりとした感じ
2	躍動感	ダイナミックな感じ
3	安定感	全体の均整, 釣合がとれて安定した感じ
4	軽快感	のびやかでスマートな感じ
5	リズム感	部材配置の 패턴の繰り返しと与えるリズム感
6	調和感	周辺環境や背景と調和している感じ
7	ランドマーク性	よく目立ち周辺から離れている感じ

表-3 ニューラルネットワークによる評価の結果

	実際の評価（評価者による評価）				
	非常によい	よい	普通	不良	
ネットⅠによる 評価	非常によい	0	0	0	0
	よい	0	2	1	0
	普通	0	1	3	0
	不良	0	0	2	1

(数値は評価が該当するデータ数)

表-4 ネットⅠの感度係数

出力 入力	明快感	躍動感	安定感	軽快感	リズム感	調和感	ランドマーク性
橋梁形式	0.168	0.141	0.205	0.152	0.289	0.153	0.233
橋長	0.160	0.076	0.244	0.173	0.156	0.135	0.122
最大スパン	0.247	0.198	0.199	0.246	0.363	0.179	0.173
スパン割り	0.261	0.149	0.391	0.347	0.406	0.287	0.211
桁高	0.166	0.185	0.205	0.535	0.177	0.231	0.164
デッキの位置	0.265	0.112	0.241	0.264	0.208	0.248	0.285
クリアランス	0.174	0.129	0.230	0.226	0.183	0.177	0.226
タワーの有無	0.146	0.213	0.312	0.301	0.457	0.316	0.164
曲線材の有無	0.166	0.117	0.186	0.252	0.262	0.243	0.134
左右対称性	0.235	0.190	0.233	0.345	0.360	0.233	0.250
形態の創造性	0.237	0.239	0.182	0.293	0.214	0.223	0.244
材料	0.189	0.204	0.258	0.298	0.385	0.252	0.206
橋梁の色彩	0.248	0.276	0.276	0.444	0.360	0.302	0.244
周辺の環境	0.383	0.293	0.406	0.311	0.514	0.426	0.265
視点場	0.289	0.256	0.285	0.249	0.291	0.166	0.262

表-5 ネットⅡの感度係数

出力 入力	明快感	躍動感	安定感	軽快感	リズム感	調和感	ランドマーク性
総合的評価	0.462	0.348	0.320	0.308	0.419	0.216	0.321