

I - 25

アーチ橋の景観設計へのAL技術の応用について

八戸工業高等専門学校

学生員 ○坂本知子

学生員 加藤雅啓

正会員 齊藤 進

1. まえがき

本研究は、アーチ橋景観における景観構成要素と景観評価との関係の構築にニューラルネットワーク（NN）を用い、さらに遺伝的アルゴリズム（GA）を最適化手法に用いてアーチ橋の景観設計を試みたものである。

2. アンケート調査

60 橋のアーチ系の橋景観の写真を 44 名の被験者学生に見せ、図 1 のアンケート用紙に示すイメージ形容詞（No.1～No.21）と景観属性（No.22～No.24）による質問に 5 段階尺度で回答する方式でアンケート調査を行った。この回答によって、各橋、各質問ごとに 44 名の尺度（点数）の平均をとり、これをニューラルネットワークの入力あるいは出力のデータとして用いる。

3. 景観設計の手順

アーチ橋の景観を構成する要素（景観構成要素）のアイテム（項目）とカテゴリー（区分）を表 1 に示すように定め各橋について 2 進数表示でデータを作成する。この 2 進数データはアイテムとカテゴリーから全部で 38bit となり、ニューラルネットワークの入力データとなる。また、このデータは 2 進数表示であるため、遺伝的アルゴリズムの個体表現となっている。

図 2 に示すように景観設計は、数個のイメージ形容詞の設定レベルを目標とした最適化と景観属性の設定レベルを目標とした最適化が行われる。GA による最適化で必要とされる出力値は学習済み NN（ネットⅠ、Ⅱ）によって計算される。また、イメージ形容詞の景観属性に対する影響度を調べるため、学習済み NN（ネットⅢ）を用いた感度解析（結合荷重法）が行われる。

4. イメージ形容詞による景観設計

21 個のイメージ形容詞のうち「個性的な—個性的でない」、「一体感のある—一体感のない」、「都会的な—田舎的な」の 3 個を出力とし、景観構成要素を入力として NN の学習を行う（ネットⅠ）。NN は中間層のユニット数と目標誤差を変えて 6 ケース行ったが、いずれも 60 個のデータのうち 45 個を学習、15 個を検証に用いている。表 2 にユニット数 25、目標誤差 0.0001（データは 0.1～0.9 にスケーリング）の時の検証の結果を示す。表 2 より、誤差が±0.5 以内での中とみなすと、的中率は 28/45=62.2% で必ずしも良い的中率とは言えない。

次に 3 個のイメージ形容詞の目標レベルを設定して、GA

によって最適化を行った結果を表 3 に示す。個体数は 20 個で 38bit のうち固定要素の 23bit は常に一定に保たれる。表 3 より目標の達成は概ね良好であり、イメージ形容詞の目標レベルを実現する設計要素が決定されていることが分かる。例えば「個性的で一体感があり都会的な橋」はローゼ橋上路形式で支柱間隔 1/4～1/8、ライズ/スパン比 0.101～0.120、色彩は白色などということが分かる。

5. 景観属性による景観設計

3 個の景観属性「躍動感のある—静止感のある」、「屹立感のある—融合感のある」、「優美感のある—優美感のない」はイメージ形容詞に比べるとより総合的な景観評価となっている。この 3 個の景観属性を出力とし、景観構成要素を入力として NN の学習を行う（ネットⅡ）。学習と検証の方法は 4. で述べたものと同じである。検証の結果を表 4 に示すが誤差が±0.5 以内での中とみなすと、的中率は 33/45=73.3% であり、イメージ形容詞の場合より高くなっている。

次に 3 個の景観属性の目標レベルを設定して GA によって最適化を行った結果を表 5 に示す。表 5 より目標の達成は良好であり、景観属性の目標レベルを実現する設計要素が決定されていることが分かる。例えば「躍動感、屹立感、優美感」の 3 個とも高い橋は、ニールセン橋下路形式で吊材間隔 1/12～1/14、ライズ/スパン比 0.201～、色彩は薄緑色などということが分かる。

6. イメージ形容詞の景観属性に対する影響度

イメージ形容詞 21 個を入力データ、景観属性 3 個を出力データとして、60 個のデータで NN の学習を行い（ネットⅢ）、学習後、結合荷重法による感度解析を行うと結合荷重マトリックスの形で影響度が明らかになる。表 6 はマトリックス要素を大きい順に並べてどのイメージ形容詞が景観属性に対して影響が大きいかを示したものである。表 6 より、No.6 色合い、No.16 存在感などの影響度が大きく、No.1 明るさ、No.21 開放感などの影響が小さいことが分かる。

7. あとがき

景観評価のための資料（写真）の質や量、被験者の質や数、アンケート項目の設定方法や内容、景観構成要素の採りあげ方、学習済み NN による出力予測の信頼性など問題は多くの残されている。本研究では、AL 技術の応用によって景観設計にも構造物の最適設計と同じ手法が適用できることを示したにとどまる。

1. 明るい	5	4	3	2	1	暗い
2. 安定感のある						安定感のない
3. 味わいのない						アンバランスな
4. バランスのある						色合いの悪い
5. 真新しい						古い
6. 趣向のよい						画一的な
7. 多様な						単調な
8. 奇麗な						汚れた
9. 男性的な						女性的な
10. 好ましい						好ましくない
11. 人工的な						自然的な
12. シャープな						ソフトな
13. 親しみのある						親しみのない
14. 女性的な						男性的な
15. 存在感のある						存在感のない
16. 一体感がある						ボリューム感のない
17. ボリューム感のある						田舎的な
18. 都会的な						実用的でない
19. 実用的な						実用的な
20. 開放感のある						圧迫感のある
21. 運動感のある						静止感のある
22. 屹立感のある						融合感のない
23. 優美感のある						

図1. アンケート用紙

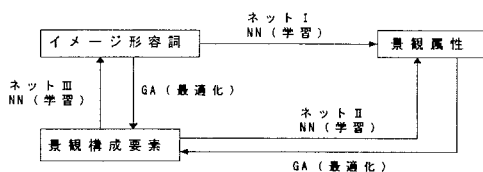


図2. 最適設計の手順

表1. 景観構成要素のアイテムとカテゴリー

アイテム	カテゴリー
種類	アーチ橋、ランカー橋、ローゼ橋、ニールセン橋
形式	上橋式1、上橋式2、中橋式、下橋式
吊材（支柱）	間隔 1/4~1/8、1/9~1/10、1/11~1/14、1/16~1/20
吊材（支柱）	角度 斜材、鉛直材
吊材（支柱）	種類 ケーブル、ケーブル以外
ライズ/スパン比	~0.100、0.101~0.120、0.121~0.140、0.141~0.150、0.151~0.170、0.171~0.180、0.181~0.200、0.201~
本体色	赤、茶、緑、黄、薄緑、水色、白、灰色、黄、濃茶、青、白緑、藍色、白黒
スパン長	80m以下、81~140m、141~200m、201m以上
桁高	1.0m以下、1.1~1.5m、1.6~2.0m、2.1m以上
傾斜	0°、30°、60°、90°
傾斜	0°、上30°、下30°、上60°
本体背景	田畑、市街地、山、空、海、川
橋上背景	田畑、山、空、川
橋下背景	川、市街地、山、谷、海、道路
背景上層色	青、緑、水色、濃緑、茶、灰色
背景下層色	青、緑、濃緑、茶、灰色、濃青
クリアランス	10m以下、10m以上

表3. イメージ形容詞による最適化の結果

ケース	目標イメージ形容詞			達成イメージ形容詞			景観構成要素(設計要素)						
	暗性的な	一体感のある	都会的な	暗性的な	一体感のある	都会的な	形式	吊材(支柱)	間隔	吊材(支柱)	吊材(支柱)	ライズ/スパン比	本体色彩
1	3.600	3.600	3.600	3.641	3.676	3.602	ローゼ	上橋1	1/4~1/8	斜材	ケーブル以外	0.101~0.120	白
2	3.000	3.000	3.000	2.945	3.106	3.012	ニールセン	下橋	1/4~1/8	鉛直材	ケーブル以外	0.171~0.180	白
3	2.400	2.400	2.400	2.461	2.649	2.355	ニールセン	上橋2	1/11~1/14	鉛直材	ケーブル以外	0.201~	濃茶
4	3.600	3.000	2.400	3.498	3.067	2.334	アーチ	上橋1	1/4~1/8	斜材	ケーブル以外	0.171~0.180	赤
5	2.400	3.600	3.000	2.826	3.399	2.970	ローゼ	上橋1	1/11~1/14	鉛直材	ケーブル	0.101~0.120	水色
6	3.000	2.400	3.600	3.237	2.942	3.248	ランカー	下橋	1/4~1/8	鉛直材	ケーブル	~0.100	緑

表5. 景観属性による最適化の結果

ケース	目標景観属性			達成景観属性			景観構成要素（設計要素）						
	運動感・ 静止感	屹立感・ 融合感	優美感	運動感・ 静止感	屹立感・ 融合感	優美感	橋種	形式	吊材（支柱） 間隔	吊材（支柱） 角度	吊材（支柱） 種類	ライズ／ スパン比	本体色彩
1	3.600	3.600	3.600	3.624	3.645	3.621	ニールセン	下路1	1/11～1/14	斜材	ケーブル	0.201～	濃緑
2	3.000	3.000	3.000	2.964	3.044	3.034	アーチ	上路1	1/16～1/20	斜材	ケーブル	0.181～0.200	灰色
3	2.400	2.400	2.400	2.294	2.506	2.391	ローゼ	上路1	1/9～1/11	斜材	ケーブル	0.140～0.150	濃茶
4	3.600	3.000	2.400	3.258	3.470	2.821	ニールセン	上路1	1/4～1/8	斜材	ケーブル	0.171～0.180	水色
5	2.400	3.600	3.000	2.607	3.298	2.775	ランカー	上路2	1/9～1/11	鉛直材	ケーブル以外	～0.100	赤
6	3.000	2.400	3.600	2.833	2.762	3.252	ローゼ	上路1	1/16～1/20	鉛直材	ケーブル以外	0.101～0.120	水色

表2. ネットIによる検証の結果

データ	目標的な	一体感のない	一体感のある	一体感のない	一体的な	一体的な	一体的な	一体的な
	教師データ	NN出力値	誤差	教師データ	NN出力値	誤差	教師データ	NN出力値
1	3.250	2.521	0.729	3.300	3.187	0.113	2.450	2.502
2	3.300	3.454	-0.254	3.410	3.308	-0.298	2.840	3.706
3	3.610	3.063	0.547	3.070	3.446	-0.376	2.730	2.474
4	3.610	3.631	-0.021	3.300	3.422	-0.122	3.960	3.918
5	3.180	3.612	-0.432	3.270	3.438	-0.168	2.770	1.992
6	3.730	3.687	0.043	2.980	3.750	-0.770	3.340	3.883
7	3.580	3.143	0.447	3.140	3.765	-0.655	2.960	3.119
8	2.730	2.802	-0.162	3.430	2.842	0.588	2.140	2.387
9	4.140	3.153	0.987	3.550	3.465	0.085	3.950	2.684
10	2.660	3.383	-0.723	2.840	3.478	-0.638	3.140	3.437
11	3.180	3.183	-0.003	3.140	3.333	-0.193	2.730	3.073
12	3.160	3.096	0.064	3.560	3.461	0.129	3.050	3.337
13	3.050	3.313	-0.263	2.950	3.008	-0.078	3.230	3.297
14	4.030	2.862	1.228	2.750	3.550	-0.770	3.820	2.114
15	3.360	2.676	0.684	3.820	3.277	0.543	2.180	2.587
総平均			0.440			0.368		0.467

表4. ネットIIによる検証の結果

データ	運動感- 静止感			屹立感- 融合感			優美感		
	教師データ	NN出力値	誤差	教師データ	NN出力値	誤差	教師データ	NN出力値	誤差
1	2.640	2.745	-0.105	3.070	3.305	-0.235	2.520	2.887	-0.377
2	2.730	3.425	-0.695	2.750	3.500	-0.750	3.140	3.862	-0.522
3	2.880	3.086	-0.176	3.140	3.310	-0.170	3.000	3.058	-0.058
4	3.480	3.289	0.191	3.140	3.352	-0.212	3.610	2.758	0.852
5	2.820	2.424	0.396	2.950	2.946	0.004	3.000	2.457	0.543
6	3.360	3.462	-0.072	3.700	3.474	0.256	3.450	3.620	-0.170
7	3.360	3.418	-0.058	3.640	3.102	0.538	2.770	3.119	-0.349
8	2.640	2.756	-0.116	2.880	3.249	-0.569	2.200	2.737	-0.537
9	3.160	2.976	0.184	3.180	3.220	-0.040	3.230	3.023	0.207
10	2.750	3.072	-0.322	2.860	2.965	-0.105	2.800	2.812	0.048
11	2.820	2.758	0.062	3.020	3.208	-0.188	2.640	2.461	0.179
12	3.020	3.238	-0.208	3.400	3.342	0.058	3.520	3.405	0.115
13	3.020	3.020	0.000	3.700	3.540	0.160	3.180	3.759	-0.579
14	3.250	2.459	0.791	3.550	2.578	0.922	3.070	2.793	0.277
15	2.920	2.805	-0.285	2.730	3.182	-0.452	2.950	2.676	0.274
総平均			0.233			0.313			0.339

表6. イメージ形容詞の景観属性への影響度

順位No.	影響度	質問No.	影響度	質問No.	影響度	質問No.
1	0.0659	6	0.0679	6	0.0588	6
2	0.0656	16	0.0564	16	0.0579	3
3	0.0613	4	0.0546	13	0.0569	8
4	0.0536	12	0.0543	3	0.0562	16
5	0.0514	13	0.0501	19	0.0562	14
6	0.0509	17	0.0501	9	0.0558	13
7	0.0479	2	0.0500	4	0.0546	20
8	0.0476	14	0.0491	7	0.0518	2
9	0.0472	18	0.0486	8	0.0495	9
10	0.0469	20	0.0485	5	0.0475	4
11	0.0466	5	0.0484	17	0.0469	18
12	0.0455	7	0.0484	15	0.0463	17
13	0.0454	3	0.0479	2	0.0463	10
14	0.0453	15	0.0468	14	0.0430	11
15	0.0449	8	0.0453	18	0.0415	19
16	0.0448	19	0.0426	12	0.0411	1
17	0.0418	10	0.0413	20	0.0394	21
18	0.0386	9	0.0402	11	0.0393	15
19	0.0377	21	0.0378	1	0.0377	7
20	0.0363	11	0.0370	21	0.0369	12
21	0.0349	1	0.0347	10	0.0364	5
合計	1.0000		1.0000		1.0000	