

I-6 桁橋の景観の分類と評価への SOM の適用

Applying SOM to scenery evaluation and classification of girder bridge

保田敬一* 白木 渡** 木村孝介*** 堂垣正博****
Keiichi YASUDA Wataru SHIRAKI Takayuki KIMURA Masahiro DOGAKI

【抄録】住民参加型社会資本整備が普及してくるにつれて、人々が実際に土木構造物に対して要求している感性を把握することが重要になってきており、感性工学手法による橋梁景観の評価事例が増加してきている。しかしながら、感性データベースの構築にはそのアンケート調査に膨大な時間と労力が必要であり、デザイン要素と感性の関係についても明確な基準がない。本研究では、ニューラルネットワークの一種である「自己組織化特徴マップ (SOM)」を用いて、橋梁のデザイン要素と感性評価結果との関係を明らかにすることにより、評価対象とする写真の視覚的分類が可能となる。

【Abstract】 It is becoming important to grasp the sensitivity which people are actually demanding from a civil engineering structure, and the evaluation example of the bridge scene by the Kansei engineering technique has been increasing as maintenance of participation in municipal affairs type social capital spreads. However, the problem that an enormous time and work are required for the questionnaire is also pointed out to construction of a Kansei database. In this research, the visual classification of a photograph to be evaluate is available to clarify the relations between the design element of a bridge and sensitivity evaluation results by using the Self-Organizing Map(SOM) which is a kind of neural network.

【キーワード】 SOM, 景観, 桁橋, 感性工学

【Keywords】 SOM, aesthetic of landscape, girder bridges, Kansei engineering

1. まえがき

社会資本である橋梁構造物において、景観の重要性が社会的にも広く認識されるようになってきて 10 年以上が経過した。この背景には、高度成長期における経済性や機能性重視の考え方から、1980 年代後半に入って周辺景観への配慮や環境との調和など、質を重視した整備が望まれるようになってきたことがあげられる。そのため、橋梁に対して人々が抱いている「美しい」とか「周辺環境と調和している」といった定性的なイメージでの表現をいかに定量的に取り扱えるようにするかが景観設計に関しての課題の一つであった。さらに、近年、住民参加型社会資本整備の普及の動きから、人々が実際に橋に対して要求している感性を把握することが重要となってきている。このような状況

をうけて、人々が橋梁構造物に対して望んでいる「しゃれた」や「親しみやすい」などの感性を分析し、橋のデザイン要素との関係を数量化理論によって具体的に数値で結び付けるといった感性工学手法による橋梁景観の評価が近年増加してきている^{1)~3)}。しかしながら、感性工学手法を用いるためには、感性データベースの構築が必要不可欠であるが、これには多くの人々に対して多数の写真を対象に、数十個のイメージ形容詞についてアンケートに答えなければならず、アンケート調査に膨大な時間と労力が必要といった問題点が指摘されている。また、感性を評価する際に有効となるデザイン要素についても、色や形状、背景、周辺環境など様々な要素が複雑に関係しており、定量的に評価することは容易ではない。

1 (株)ニュージェック 総合計画・環境部 〒542-0082 大阪市中央区島之内1-20-19 Tel.06-6245-4901 E-mail: yasudakk@osaka.newjec.co.jp

2 香川大学工学部信頼性情報システム工学科 教授 〒761-0396 高松市林町 2217-20 Tel.087-864-2243

3 関西大学工学部土木工学科 〒564-8680 吹田市山手町 3-3-35 Tel.06-6368-1121

4 関西大学工学部土木工学科 教授 〒564-8680 吹田市山手町 3-3-35 Tel.06-6368-1121

これまで、デザイン要素と感性との関係については、感性工学手法^{1)~3)}や階層型ニューラルネットワーク^{4)~7)}などにより、その説明がなされてきたが、結果を視覚的に表現することは難しかった。この視覚的表現ということは重要で、よく似た特徴をもった橋梁をマップ上に集めて表示することで感性評価結果との関係が一目で把握できるようになる。

本研究では、ニューラルネットワークの一種である「自己組織化特徴マップ (SOM : Self-Organizing Map)」を用いて、評価に用いた橋梁のデザイン要素を特徴マップ上に表現させ、感性評価結果との関係を視覚的に行うことができるシステムの構築を目的とする。このシステムにより、データ中の隠れた特徴を抜き出して自動的に学習させることで、これまでできなかった評価対象とする写真の視覚的 분류が可能となる。そして、このマップを見ることで、より違った視点から写真の分類を行うことができ、感性とデザイン要素との関係の把握、さらには、アンケート写真の分類と整理、アンケートをとらなくてもマップ上から結果を予測できるようになること、住民参加型社会資本整備事業における合意形成ツールとしての利用などにつながると期待できる。

SOMの他の土木工学分野への応用例としては、橋梁保守点検問題への適用例⁸⁾、斜面崩壊予測問題への適用例^{9)~11)}、地盤性状の空間分布推定問題への適用例^{12)~14)}、道路橋RC橋脚の耐震設計問題への適用例^{15)~16)}などがある。

本研究のフローを図-1に示す。

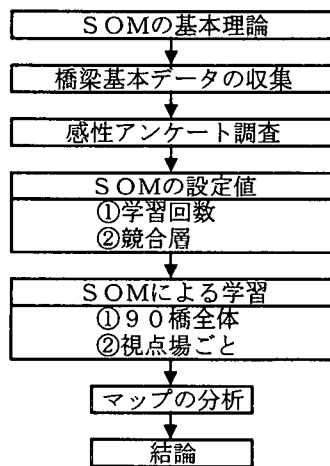


図-1 本研究のフロー

2. SOMの基本構造

自己組織化特徴マップ (SOM : Self-Organizing Map)^{17)~19)}は、ニューラルネットワークの手法の一つである。SOMのネットワークは、データを入力する入力層と、入力データを元にマップが形成される競合層の2層からなっている。SOMの特徴としては、教師無しの学習アルゴリズムであるので、正解とする教師値が必要でないことと、データの中に存在する隠れた特徴を抽出して自動的に学習を行うことがあげられる。このため、SOMはパターン認識やパターン分類の分野で特に有効であると考えられている。

SOMアルゴリズムでは、2次元平面上に規則的に配置されたユニットが存在する。図-2にその基本構造を示す。第1層は入力層、第2層は競合層である。各入力ユニットは、競合層のすべてのユニットに結合している。入力パターンが与えられると、第1層のユニットは入力パターンに対応した要素の値をとる。第2層のユニットは入力の加算を行い、ただ1つの勝者を見いだすために競合する。このような学習方法を競合学習という。

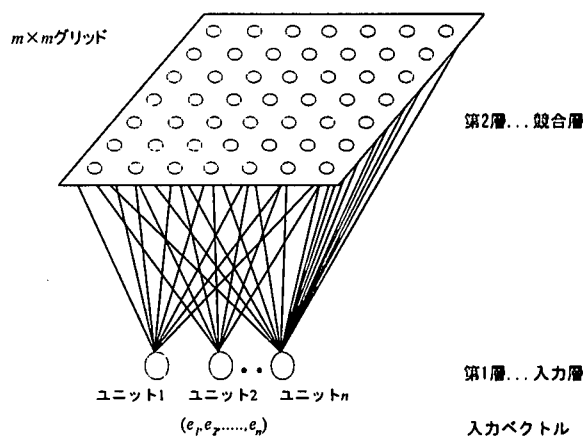


図-2 SOMの基本構造

ここではSOMへの入力パターンを式(1)のように表す。

$$E = [e_1, e_2, e_3, \dots, e_n] \quad (1)$$

この入力から競合層の単一のユニットへの結合重みは

$$U_i = [u_{i1}, u_{i2}, u_{i3}, \dots, u_{in}] \quad (2)$$

で与えられる。ただし、 i は競合層のユニットを表す。

SOMの学習アルゴリズムにおける最初のステップは、競合層の各ユニットに対して一致値(matching value)を

計算することである。この値は、各ユニットの重みが入力パターンの対応する値と一致する程度を測るためのものである。ユニット*i*に対する一致値を*c*とすれば、これはベクトル*E*と*U_i*の間の距離であるので、つぎの式によって計算される。

$$c = \sqrt{\sum_j (e_j - u_{ij})^2} \quad (3)$$

競合に勝つのは一致値の最も低いユニットとなる。最もよく一致するユニットで表せば、*c*は

$$\|E - U_c\| = \min_j \|E - U_j\| \quad (4)$$

によって選ばれる。ここに、最小値は競合層のすべてのユニット*i*の中から選ばれる。

勝者ユニットが決定した後、つぎのステップはそのユニットの近傍領域を決めることである。近傍をユニットの集合*N_c*で表す。重みは、勝者ユニットの近傍にあるすべてのニューロンに対して更新される。

$$\Delta U_{ij} = \begin{cases} \alpha(e_j - u_{ij}) & : \text{ユニット } i \text{ が近傍 } N_c \text{ にある場合} \\ 0 & : \text{それ以外の場合} \end{cases} \quad (5)$$

(α は学習率)

また、

$$U_{ij}^{new} = U_{ij}^{old} + \Delta U_{ij} \quad (6)$$

である。この調整により、修正された重みをもち、より入力パターンに類似した勝者ユニットとその近傍が得られる。

つぎに、式(6)における学習率 α と近傍*N_c*のサイズについて説明する。学習率 α は、初期値として比較的大きい値が選択されるが、学習過程の進行で次第に減少する。 α の初期値を α_0 とする。 α の許容できる減少率は

$$\alpha_t = \alpha_0 \left(1 - \frac{t}{T}\right) \quad (7)$$

となる。ここに、*t*は現在の訓練回数、*T*は行われるべき訓練の全回数である。近傍のサイズは、 α と同じく初期値を比較的大きく設定し、訓練回数とともにその値は減少する。近傍の幅は、次の式で表される。

$$d = d_0 \left(1 - \frac{t}{T}\right) \quad (8)$$

上述したSOMのアルゴリズムを簡単にまとめると、以下ようになる。

- 1)重みは、入力パターンと最もよく一致する競合層のユニットを定める。
- 2)このユニットとその近傍領域で重みを更新することで一致を増大させる。
- 3)学習回数が増すほど近傍の幅と重みの変化量は次第に減少する。

3. SOMによる桁橋の景観評価への適用

3.1 ラベリング

SOMを用いた分類問題においては、学習によって、マップ上に形成されたいくつかのグループを識別し、それらがどのような基準で形成されたものかを解釈する必要がある。この解釈を容易にするために、マップの図化が用いられる。これは、入力データ1件ごとにすべてのニューロンに対する一致値を計算し、最も一致値の低いニューロン上に、学習には関与していないラベルを記入する方法である。SOMの性質上、似たデータは近くに集まるので、理想的なラベリングを施すことができれば同じラベルが集まったグループがマップ上に現れる。よく似たデータであれば複数のデータが同一のニューロンを最一致ニューロンに選ぶ場合がある。この場合には一致値の最も低い入力データのラベルを記入する。どの入力データからも選ばれず、ラベルが記入されないニューロンも存在する。

本研究では、景観構成要素と感性の関係を明らかにするため、アンケート結果から得られる景観評価値をラベルとして用いる。

3.2 評価対象橋梁

本研究では、架橋数の多くを占め、アーチ橋、斜張橋、吊り橋などと比較して、景観設計に対する配慮があまりなされていない桁橋を対象とする。また、評価対象となる桁橋は、橋梁年鑑²⁰⁾より90橋を選定し、A4サイズ横の評価用写真を作成した。橋梁年鑑は視点が統一されていないなどの問題点はあるが、近景や遠景、視線入射方向などを分類する項目に加えることでそれぞれの分類ごとの分析や評価が行えることから、本研究では橋梁年鑑の写真を使用した。

3.3 感性アンケート

アンケートは5段階のSD尺度(意味微分法: Semantic Differential)で実施した。感性を表すイメージ形容詞は

表-1 に示す 43 項目である。被験者は、関西大学工学部土木工学科の学生で、女子 20 名、男子 20 名の計 40 名である。さらに、本研究では視点場や構図が異なった写真を用いて評価を行っているが、この理由としては構図や視点場の差による評価への影響を把握するためである。

表-1 桁橋のイメージ形容詞

No	形容詞	No	形容詞
1	女性的な	23	ソフトな
2	若々しい	24	可愛い
3	安定感のある	25	重量感のある
4	自然な	26	上品な
5	実用的な	27	丈夫な
6	直線的な	28	豪華な
7	モダンな	29	地域性を含んだ
8	都会的な	30	日本的な
9	しゃれた	31	洗練された
10	存在感のある	32	カラフルな
11	親しみやすい	33	優美な
12	美しい	34	遊び心のある
13	風景に溶け込んでいる	35	個性的な
14	すっきりとした	36	風格のある
15	暖かみのある	37	象徴的な
16	印象的な	38	開放感のある
17	バランスの取れた	39	芸術的な
18	素材感のある	40	快適な
19	ゆとりのある	41	調和のとれた
20	立体感のある	42	ダイナミックな
21	飽きのこない	43	好ましい
22	機能的な		

3.4 橋梁景観構成要素

景観を構成する要素としては、視距離や視点高さなどの構図に関するもの、架橋地点や周辺環境との調和などの背景に関するもの、橋梁自体のプロポーシオン(主桁形状、平面形状)、色彩、クリアランスなどの橋梁本体に関わるもの、高欄の色彩や排水管の有無などの付属物に関するものが挙げられる。

本研究では、既往の研究^{1)~3)}より、SOM を用いて学習するためのアイテム/カテゴリ表を作成した。ここでいうアイテムとは、桁や背景の色彩、下部工形状、高欄形式などの桁橋の景観美に関係するデザイン要素に関する項目である、カテゴリとは、桁の色彩ならば、赤や青といった各デザイン要素項目の分類を意味する。そこで上述した桁橋の景観に影響を与える 20 アイテムを用い、それに対するカテゴリを決定すれば表-2 に示すアイテム/カテゴリ表が得られる^{1)~3)}。これが SOM に与える入力条件となる。なお、実際のアイテム/カテゴリ表の一部を表-3 に示す。

表-2 アイテム/カテゴリ

No	アイテム	カテゴリ				
		等断面	変断面	直線桁	曲線桁	
1	主桁形状					
2	平面形状					
3	桁の色彩	赤	青	アイボリー	茶	灰 緑
4	高欄の色彩	灰	茶	白	緑	
5	下部工形状	張出式	柱式	長方形	逆台形	
6	下部工断面	円形	矩形	小判		
7	橋脚数	1	2	3	4	5 5以上
8	高欄形式	壁	縦棧	横棧		
9	排水管	有り	無し			
10	照明柱	有り	無し			
11	検査路/添架	有り	無し			
12	視距離	近景	中景			
13	視線入射方向	側面	斜側方			
14	視点高さ	上	水平	下		
15	風景	山岳	平地	河川		
16	背景(上層)の色彩	白	緑	青	茶	
17	背景(下層)の色彩	緑	黒茶	青	灰白	
18	クリアランス	大	中	小		
19	並列橋	有り	無し			
20	障害物の有無	有り	無し			

表-3 アイテム/カテゴリ表の一部

橋 No.	主桁形状		平面形状		桁の色彩					高欄の色彩				
	等断面	変断面	直線桁	曲線桁	赤	青	アイボリー	茶	灰	緑	灰	茶	白	緑
1	●		●							●				●
2	●		●				●							●
3	●		●				●							●
4	●		●	●			●				●			
5		●	●				●							●
6	●		●		●									●
7	●		●				●				●			
8	●		●				●				●			
9	●		●							●				●
10	●		●						●					●

4. SOM による分類

4.1 学習回数決定

SOM の学習では、GUI 環境下での操作性に優れる、Neural Net Assistant (Ver.1.3.1, (有)シー・エー・イー)を使用した。

SOM による学習では、望ましい結果が得られるように、適切な学習条件を設定する必要がある。SOM は教師なしニューラルネットワークで、教師ありニューラルネットワークのような学習の進捗を示すコスト関数が存在しない。それゆえ、本研究では、500 回の学習回数を基準に、そこから学習結果が収束するまで徐々に学習回数を増加させた。その様子を図-3~図-10 に示す。SOM による分類問題において、時間的効率を勘案すれば、解が収束し始める最小の学習回数を採用すべきである。

図-3～図-10 から明らかなように、学習回数が 500 回と 1,000 回のマップには類似性が認められる、しかし、2,000 回以上の学習回数になると、グループ構成にばらつきが多く、過学習になった可能性が高い。したがって、本研究では学習回数を 1,000 回に設定する。この理由として、図-3 で「美しさ」の評価が高い赤色 (●) の領域に着目すると、小領域が数多く散在している。例えば、図-4 で左上に位置する赤色 (●) の領域の

data24,29,60,62,68,90 は図-3 では 4 つの領域に分かれている。このことは、500 回の学習では学習不足であって、まだ十分にグループが形成されていないことを意味している。また、2,000 回以上の学習を行っても特に新しいグループは生じていないことは図-4～図-10 でわかる。よって、本研究では学習回数を 1,000 回に設定する。

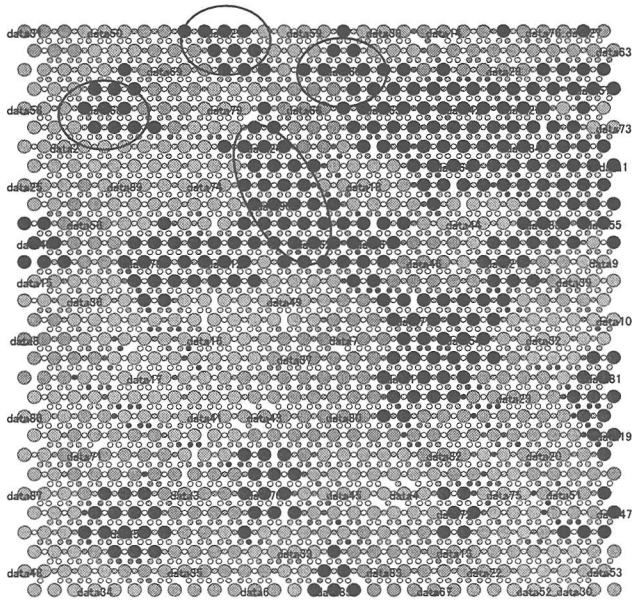


図-3 学習回数 (500 回)

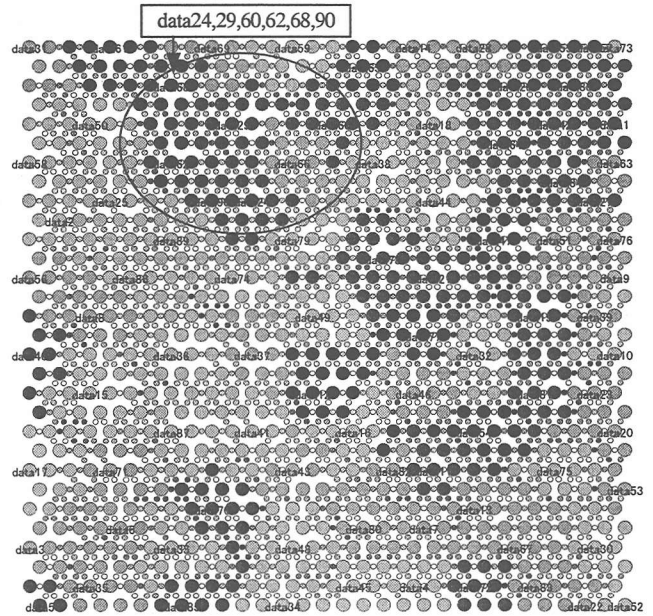


図-4 学習回数 (1,000 回)

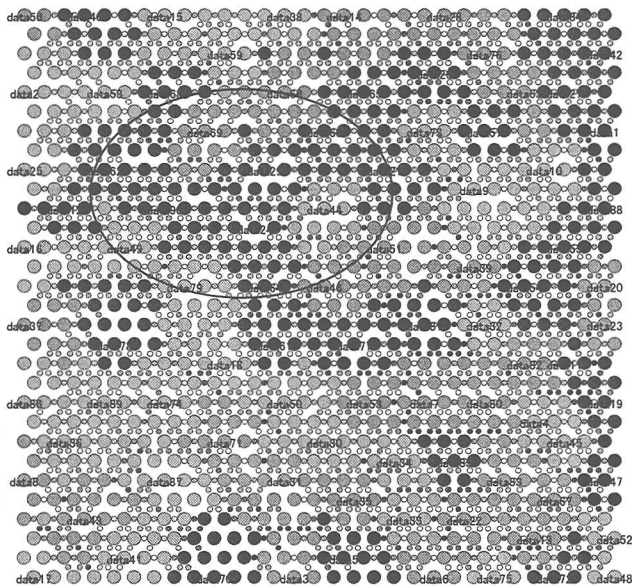


図-5 学習回数 (2,000 回)

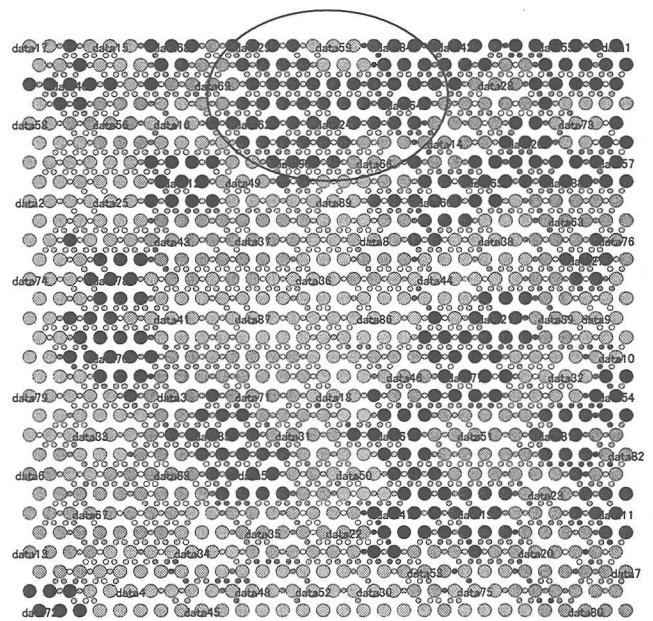


図-6 学習回数 (3,000 回)

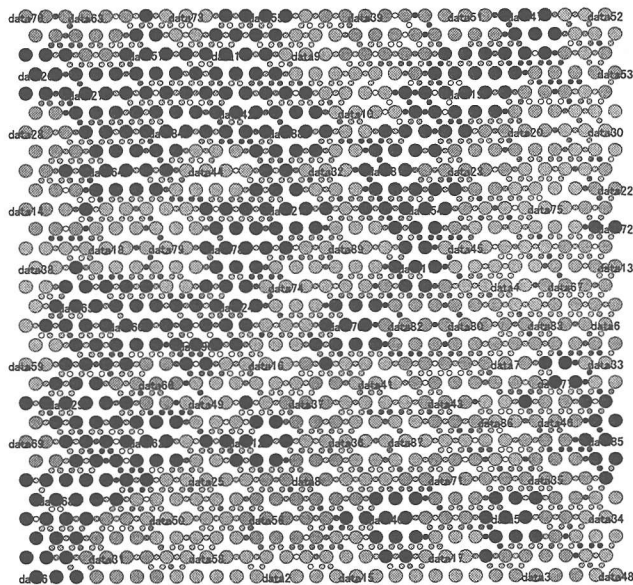


図-7 学習回数 (4,000 回)

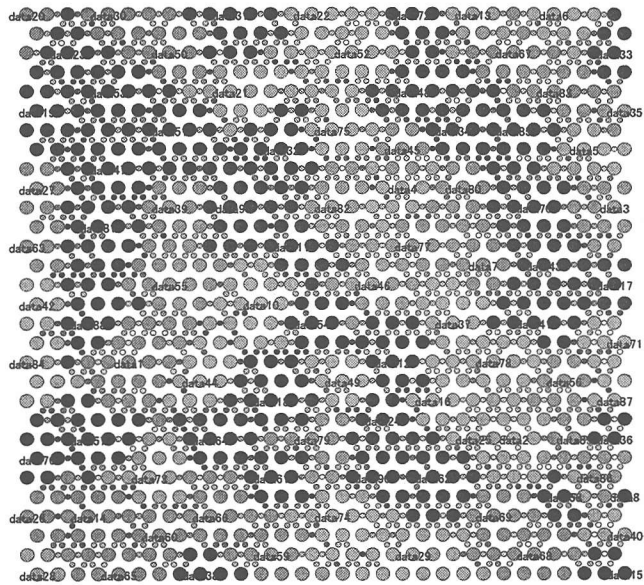


図-8 学習回数 (6,000 回)

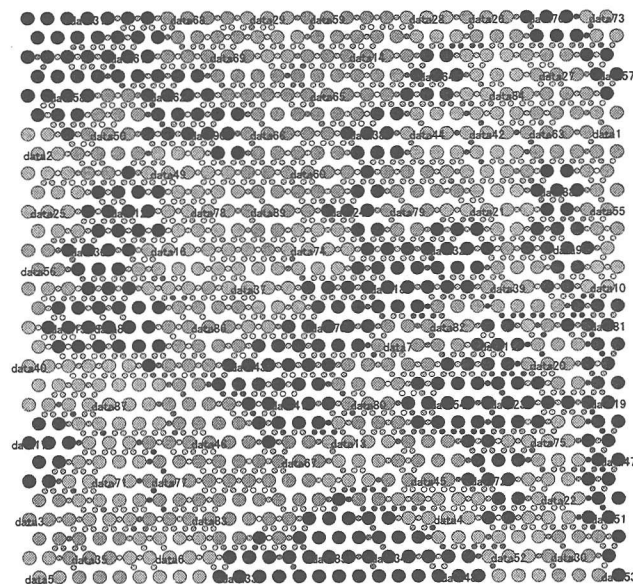


図-9 学習回数 (8,000 回)

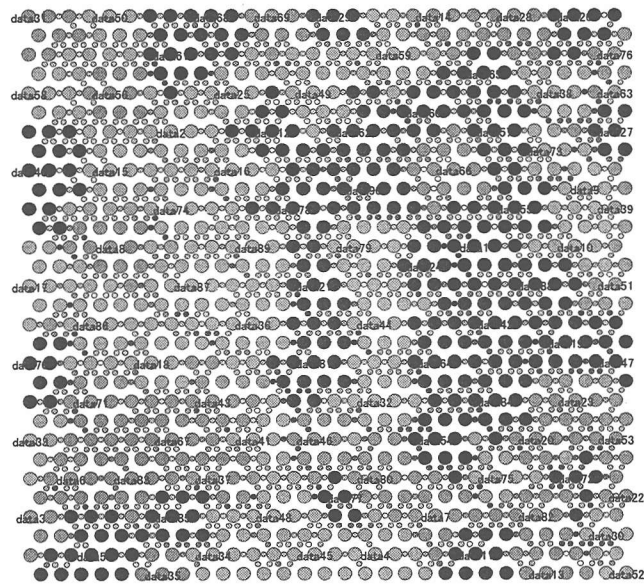


図-10 学習回数 (10,000 回)

4.2 競合層の決定

次に、競合層のセルの個数を決定する。競合層は、一般に 2 次元配列で、セルが格子状に存在する。本研究では、入力される橋梁数が 90 橋であるため、競合層上のセルも最低 90 個必要である。それゆえ、10×10 個が理想的な個数と考えられる。しかし、この場合、学習から得られるマップにおいて、異なる橋梁が同一セル上に分布し、マップが重なるため見えにくくなる可能性がある。したがって、本研究では競合層のセルの個数を 10×10 個より少し多めの 12×12 個に設定した。

4.3 学習結果

4.3.1 マップ図

ここまで設定した学習条件のもと、90 橋の橋梁を SOM で分類したマップ図を図-11 に示す。また、そのマップ上に該当する橋梁の写真を張りつけたものが図-12 である。ここでは、マップの仕組みについて説明する。橋梁データは、SOM によって、規則性に則ってマップ上に配置される。マップは、データ間の距離が近いほどそれらの類似性が高いことを示している。しか

し、濃い灰色の点が存在する箇所では、データ間の距離が近くても、データ間に類似性がないことを示している。このようなマップのことをグレーマップと呼ぶ。また、図中の色は、ラベリングを示す。本研究では、イメージ形容詞「美しい」に関する景観評価値をラベルに用いており、評価値の高いものから順に赤(●), 黄緑(c), 青(●), 水色(a)で表示される。また、学習結果を表すマップでは、入力データから見て、最も距離の短いセル上に入力データが示される。この場合、異なる入力データが同じセルに位置することがしばしばおこり、マップ上でデータが重なっているため、判別しにくい箇所がいくつか存在する。ここで、図-11と図-12の配置が一致対応していないのは、図-11のマップ上でデータが重なっている箇所が多く、張りつけた場合にマップ上に生じる空白部分をできるだけ

少なくなるように配置をずらしていったためである。

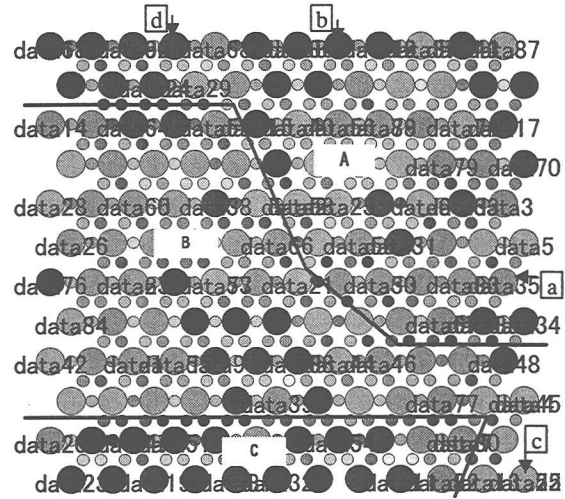


図-11 学習結果のマップ図(90橋)

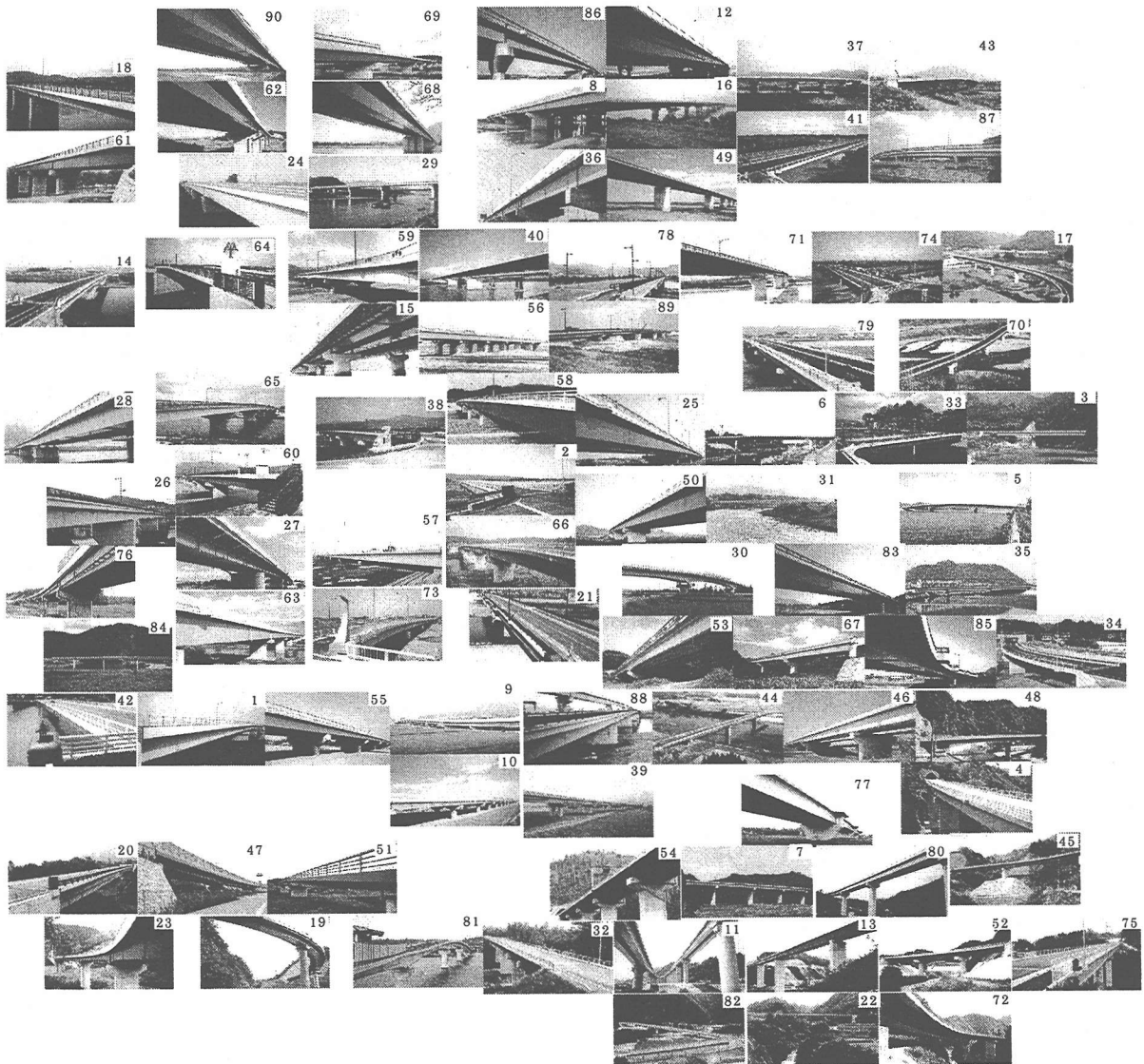


図-12 写真付きマップ図(90橋)

さらに、既往の研究では、視点場を固定した場合、景観構成要素と評価結果とは相関があることがいわれている^{1)~3)}。ここでは、視点場を固定した場合で、SOM により分類したマップ図を図-13~図-16 に示す。なお、視点場の分類は表-4 のとおりである。また、視点場を固定した場合には、学習回数は 1,000 回、競合層は 8×8 個として検討した。

表-4 視点場の区分

分類記号	視点場							橋梁数
	視距離		視線入射方向		視点高さ			
	近景	中景	側面	斜側方	上	水平	下	
112	—	○	—	○	—	—	○	12
111	—	○	—	○	—	○	—	10
110	—	○	—	○	○	—	—	8
101	—	○	○	—	—	○	—	7
012	○	—	—	○	—	—	○	24
011	○	—	—	○	—	○	—	15
010	○	—	—	○	○	—	—	14

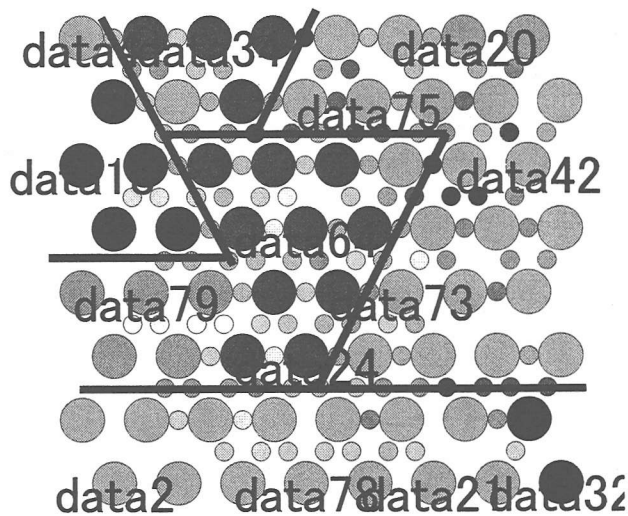


図-13 マップ図 (視点場 : 0 1 0)

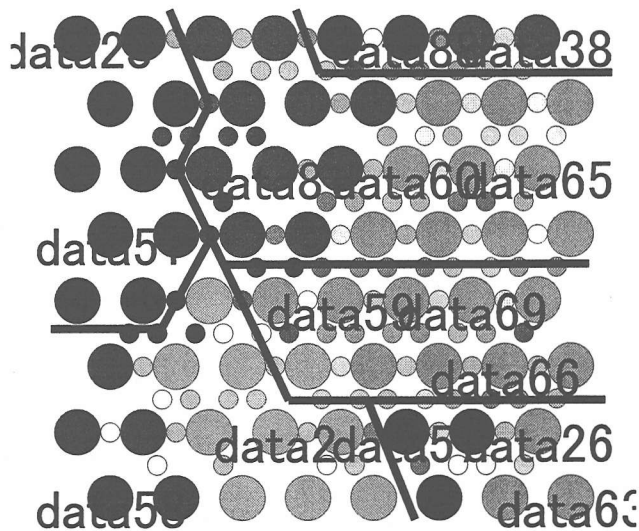


図-14 マップ図 (視点場 : 0 1 1)

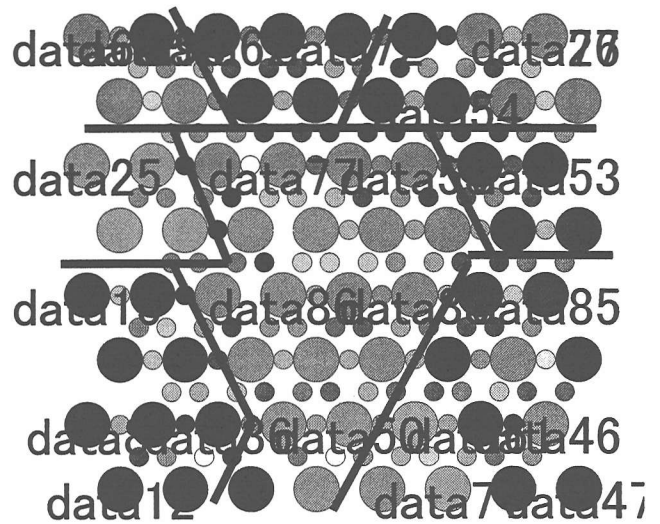


図-15 マップ図 (視点場 : 0 1 2)

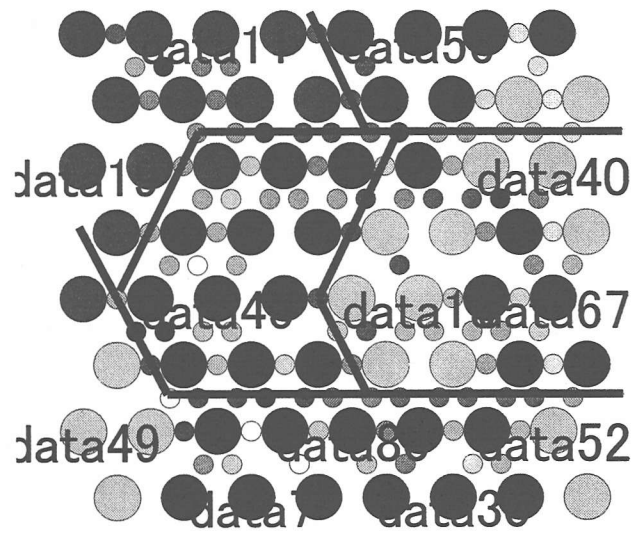


図-16 マップ図 (視点場 : 1 1 2)

4.3.2 学習結果の重み

橋梁景観を構成する 20 アイテムを入力して SOM で学習すれば、重み、すなわち、それぞれのアイテムに対する要素平面が得られる。平面上の色の違いが、各アイテムに対するマップでの反応を示している。たとえば、図-17 は、平面形状の重みマップである。中央に反応の高い部分と周辺の反応の低い部分がはっきり分かれていることが理解できる。つまり、平面形状というアイテムは学習によって形成されるマップに影響を及ぼすと考えられる。この他にも、主桁形状、桁の色彩、高欄の色彩、下部工形状、下部工断面、橋脚数、高欄形式、照明柱、視距離、視線入射角、視点高さ、風景、背景の色彩、クリアランス、並列橋の重みに関

するマップは反応の高い箇所と低い箇所に明確に分かれているので、SOMによる学習結果のマップに何らかの影響を与えたことになる。しかし、排水管、検査路、障害物の重みに関するマップでは、反応の高低で明確に分かれていないことから、これらのアイテムは学習によって形成されるマップにあまり影響を与えていないと考えられる。

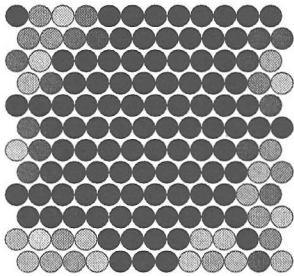


図-17 平面形状の重みマップ

4.3.3 分類

図-11において、濃いグレーの小さな丸印に注目し、その点に沿って分離線を引いた。その結果、マップ図がA, B, Cの3つのグループに大別された。これらは、SOMによって自己組織化され、類似性の強いデータの集合であると理解される。すなわち、3つのグループが、何らかの規則で分類され、共通の橋梁景観因子を含んでいると考えられる。

まず、グループAを観察すると、景観評価値の最も高い●でラベルされた橋梁データから景観評価値のやや低い●でラベルされた橋梁データまでほぼ均等に配置されている。グループBは、景観評価値が低いとされる●と●aでほぼ占有されている。一方、グループCでは、●と●の2種類のラベルが多く占めている。この結果、グループBは、アンケート結果によって「美しい」と評価された橋梁の集まりであると結論づけられる。しかし、グループAとCについては、どのような判断基準のもとに形成された集合であるか、このマップからは理解できない。形成された基準をデータの配置だけから探ることは容易でないので、橋梁の規則性をより視覚的に判別するため、図-12と橋梁写真を比較した。

橋梁写真を分析すれば、類似性の高いデータが集まるというSOMの優れた能力を容易に理解できる。たとえば、グループBにおいて、非常に近い位置に配置されたData26, Data27, Data28, Data63は、桁の色彩、視線

入射角、背景の色彩、風景など、図-18の写真からもその共通性がうかがえる。このように、グループごとに視覚的に認識できる共通点を抽出したところ、以下のようになった。

グループA:主桁の色彩が青色と赤色からなる橋梁がほとんどである。そして、河川の風景が多い。また、背景の上層の色彩は青色が多い。平面形状は、左側に直線的なものが多く、右側に曲線的なものが多い。

グループB:主桁の色彩に緑色が圧倒的に多い。平面形状は、直線的なものがほとんどである。

グループC:主桁の色彩は、さまざまである。平面形状は、曲線的なものが多い。

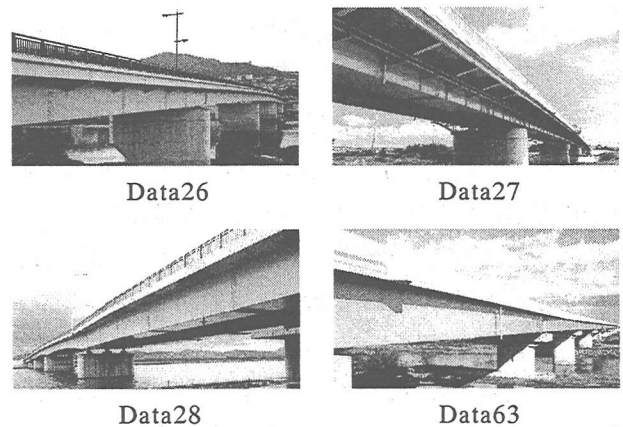


図-18 グループBの桁橋の写真

このように、グループごとにある種の共通点が見いだされ、その規則性を学習結果のマップと橋梁写真との比較から視覚的に認識できた。そして、上述した橋梁写真との比較や、グループBにおいて、同じラベルを持った集合になっていることから、学習結果のマップが景観評価に影響されたことが理解できる。ただし、グループAとグループCにおいては、異なるラベルの橋梁が集まってもいる。すなわち、景観を構成する20アイテムを入力条件としたSOMによる分類は、「美しい」というイメージ形容詞でラベリングした場合、うまく分類できていないグループもあることから、他の要因やアイテムが関係していると考えられる。

本研究では、景観を表す形容詞として、「美しい」という形容詞を採用したが、SOMの導いた結果がイメージ形容詞で表すことのできない景観性を基準に形成されたマップである可能性も残されている。

また、図-13～図-16の視点場ごとに分類したマップ

においても、図-11と同様に濃いグレーの小さな丸印に着目し、その線に沿って分離線を引いた。この結果、視点場ごとに学習させた場合、ほぼ同じレベルの色(同じ評価)のデータが分離線に沿って固まってきれいに配置されていることがわかる。すなわち、評価する場合、視点場という要素は非常に重要であるとともに、視点場ごとに整理することがより特徴を把握しやすくなると考えられる。

5. 結論

本研究では、桁橋を対象に、2次元マップに類似度に応じたクラス分けが可能である SOM を用いた橋梁景観評価への適用を試みた。

具体的には、橋梁景観を構成する20のアイテムを選定し、それらを入力条件として、SOMにより橋梁景観を分類した。そして、学習結果に影響を及ぼすアイテムを明らかにし、SOMによって分類したマップが景観評価に対応したクラス分けとなることを確認した。さらに、学習結果と橋梁写真を見比べることで、橋梁が分類される因子や特徴を把握することができた。その結果、「色彩」、「視線入射角」、「背景」などが最も影響している要素であることが判明した。「色彩」では、特に主桁の色が橋梁の特徴として捉えられる、「視線入射角」は、写真が撮影された角度のことで、評価得点においては、橋梁を下方から撮影した写真が高得点を示し、SOMによるマップにおいても、近い位置に表示された。「風景」も学習結果のマップでは、同一の風景が同一のグループに多く存在し、橋梁景観の評価に大きく影響をする要素の一つであることがわかった。さらに、データを視点場ごとに分類して学習させた場合、同じ評価の橋梁が同一のグループにきれいに分類される結果となった。

橋梁の景観を評価することを考えた場合、景観を構成する要素が感性にどのような影響を及ぼしているかを把握することが重要である。しかし、今回の研究で SOM が橋梁景観の定量的手法として十分に確立できたとは言い難い。また、学習結果の分析から、完全に景観性を基準に分類できなかったという課題も残っている。今後は、橋梁の特徴と人間の感性との相関を探るだけでなく、優れた分類能力を有する SOM による1つの橋梁景観評価システム構築していくことが望まれる。

参考文献

- 1) 保田敬一, 白木渡, 堂垣正博, 河津圭次郎, 安達誠: 桁橋の景観評価・設計への感性工学手法の適用に関する研究, 構造工学論文集, Vol.45A, pp.543-551, 1999.3.
- 2) 白木渡, 野田英明, 長町三生, 松原雄平, 安達誠: アーチ橋の感性データベースの構築とその景観評価への応用, 構造工学論文集, Vol.45A, pp.553-560, 1999.3.
- 3) 保田敬一, 白木渡, 安達誠, 三雲是宏, 堂垣正博: 感性工学手法による桁橋の景観評価・設計に関する一考察, 土木学会論文集, No.665/VI-49, pp.103-116, 2000.12.
- 4) 白木渡, 松保重之, 高岡宣善: ニューラルネットワークによるアーチ橋の景観評価システム, 構造工学論文集, Vol.37A, pp.687-697, 1991.3.
- 5) 古田均, 大谷裕生, 中林正司, 白石成人: ニューラルネットワークの橋梁景観設計への応用, 構造工学論文集, Vol.37A, pp.669-675, 1991.3.
- 6) 白木渡, 松保重之: 色彩を考慮したアーチ橋の景観設計へのニューラルネットワークの適用, 構造工学論文集, Vol.39A, pp.595-606, 1993.3.
- 7) 保田敬一, 白木渡, 木村晃: 新しい情報処理手法による橋梁景観設計へのアプローチ, 構造工学論文集, Vol.43A, pp.561-569, 1997.3.
- 8) 近田康夫, 広瀬智士, 城戸隆良: SOM/LVQを採用した橋梁点検データの見直し, 土木学会構造工学論文集, Vol.44A, pp.503-510, 1998.3.
- 9) 白木渡, 長瀬裕俊, 宮下英明, 伊藤則夫: 自己組織化マップ(SOM)による斜面崩壊予測システム, 土木学会構造工学論文集, Vol.44A, pp.453-459, 1998.3.
- 10) 伊藤則夫, 白木渡, 今井滋朗, 井面仁志, 石川浩: 自己組織化特徴マップを用いた斜面崩壊予測システムの高精度化に関する研究, 第15回ファジィシステムシンポジウム講演論文集, pp.335-338, 1999.6.
- 11) 伊藤則夫, 白木渡: 斜面崩壊予測システムへのSOM/CPNの応用, 第6回システム最適化に関するシンポジウム講演論文集, pp.17-22, 1999.12.
- 12) 伊藤則夫, 白木渡, 安田登: 自己組織化特徴マップを用いた地盤性状の空間分布推定法, 土木学会構造工学論文集, Vol.45A, pp.487-492, 1999.3.
- 13) 今井滋朗, 白木渡, 伊藤則夫, 井面仁志, 石川浩: 種の物性値の空間分布推定問題への自己組織化特徴マップの応用, 第15回ファジィシステムシンポジウム講演論文集, pp.319-322, 1999.6.
- 14) 伊藤則夫, 白木渡, 安田登: 地盤特性値の空間分布推定問題への自己組織化特徴マップの応用, 土木学会論文集, No.651/VI-47, pp.145-156, 2000.6.
- 15) 廣瀬彰則, 近田康夫: 道路橋RC橋脚設計へのSOMの適用に関する研究, 土木学会構造工学論文集, Vol.457, pp.219-225, 2001.3.
- 16) 廣瀬彰則, 近田康夫, 中西孝臣: 自己組織化特徴マップによる道路橋RC橋脚の耐震設計支援, 土木情報システム論文集, Vol.10, pp.165-174, 2001.10.
- 17) T.Kohonen 著, 徳高・岸田・藤村 訳: 自己組織化マップ, シュプリンガー・フェアラーク東京株式会社, 1996.6.
- 18) T.Kohonen 著, 中谷和夫 監訳: 自己組織化と連想記憶, シュプリンガー・フェアラーク東京株式会社, 1995.10.
- 19) 萩原将文: ニューロ・ファジィ・遺伝的アルゴリズム, 産業図書株式会社, pp.66-72, 1994.9.
- 20) (社)日本橋梁建設協会: 橋梁年鑑, 1987.~1993.