

## I-29 CG 橋梁景観評価に対するサイコベクトルの適用性

## Applicability of Psycho-Vector to Evaluation of Aesthetics of Landscape with Bridge

辻原 治\*, 山本 武昭\*\*

Osamu TSUJIHARA and Takeaki YAMAMOTO

【抄録】CG (コンピュータグラフィックス) によって作成された橋梁景観図へのサイコベクトルによる景観評価手法の適用性について検討した。橋梁形式が異なっても、同じ色づかいをする限り、色彩が評価基準に及ぼす影響は認められなかった。また、橋梁が背景に落とす影の影響も認められず、橋梁景観の輪郭線を対象として提案された景観評価手法が、より視覚イメージに近いCGによる景観図に対しても適用可能であることを、アンケート調査をとおして明らかにした。

【Abstract】Applicability of the method to estimate quantitatively the aesthetics by psycho-vector to the figure of landscape with bridge simulated by CG (Computer Graphics) is investigated. Influence of the color in the figure could not be observed, in case of using the same coloring on the bridges of different types. Influence of the shadow of bridges on the background could not be detected, either. It is demonstrated through questionnaire survey that the method is applicable not only to the black-and-white landscape with bridge but also the computer graphics that is closer to the visual image.

【キーワード】サイコベクトル, 橋梁景観, CG

【KeyWords】Psycho-Vector, Aesthetics of landscape with bridge, CG

## 1. はじめに

公共の構造物を計画する際、安全性、経済性、使用性などに配慮して設計することは言うまでもないが、橋梁等とくに風景に占める割合が大きな構造物を建設する場合は、景観に配慮して設計することが要求される。右肩上がりの経済成長が終わり、公共事業に「量より質」への転換が求められている。景観も質の向上にかかわる重要な要素である。

多くの建築構造物が、依頼者の美的な好みに応じて設計がなされるのに対し、土木構造物は一般に規模が大きく公共性があることから、大衆の美的な好みに応えることが基本となる。しかし、なにかを見て美しいと感じるのは、人間の心理的な作用であり、各人の生活環境、経験、風土、文化などによって感じ方が異なる。

景観には、そのような主観的な要素が多く、判断基準が統一されていないため、景観美を分析する理論や方法が未だ確立されるに至っていない。

一方、近年の解析技術の発展と構造材料の進歩は、設計の自由度を高め、これまで以上に構造美の追究ができる環境を実現している。また、コンピュータ技術の発達により、CG (Computer Graphics) による景観シミュレーションが行われるようになった。一つの風景にいくつかの構造形式を用意し、アンケート調査により、景観上の観点から最適な構造形式を決定することも可能である。このようなアンケート調査による方法も有効であるが、調査結果から判断の基準を推定することは困難であり、ある形式が選ばれた理由はわからない。

アンケート調査に代わる方法として、橋梁の景観美

\* 和歌山工業高等専門学校環境都市工学科 (〒644-0023 和歌山県御坊市名田町野島77 TEL:0738-29-8455 FAX:0738-29-8469)

\*\* 和歌山県伊都振興局建設部治水課

を定量的に評価する試みがいくつかなされている<sup>1,2,3,4)</sup>。それらは、構造物と背景の輪郭線に対して、ある特徴を抽出して定量化するものである。杉山ら<sup>1,2)</sup>は、サイコベクトルによりイメージを定量化し、美的感覚の評価基準を提案しており、この基準とアンケート調査の結果が概ね対応することを報告している。現段階では、この方法が最も有効な橋梁景観の定量的評価法の一つである。しかし、サイコベクトルは色彩に影響されるなど論理的ではない面も多く持っている。

白木ら<sup>5)</sup>は、サイコベクトル化された橋梁景観に、分類された色彩および風景のタイプの情報を追加し、ニューラルネットワークによる景観評価法の構築を試みている。25種類の橋梁景観の写真をカラーと白黒にし、同じ被験者に見せてアンケート調査を行った。その結果、色彩に関しては、全体に色鮮やかものが好まれ、橋梁の色が赤や黄色など派手すぎるものが敬遠されることを指摘するにとどまり、色彩が橋梁景観に与える影響をこのような調査で評価することは困難としている。

本研究は、杉山らによって提案されたサイコベクトルによる景観評価法<sup>1)</sup>を、CGで作成された景観シミュレーションに適用し、色彩、質感、陰影が及ぼす影響について調査・検討することを目的とする。なお、橋梁景観のモデルは、杉山らが用いたモデルを意識して作成した。同様のモデルを用いることにより、色彩を考慮せずに彼らが行ったアンケート調査と、今回行ったアンケート調査との比較が可能となり、色彩、質感、陰影の影響が浮き彫りになると思われる。

## 2. サイコベクトルによる定量的評価方法

サイコベクトルとは、「視覚を刺激して人々の関心を引き起こす心理的な力としての誘引力を表すもの」と定義されており、水彩画を描く際、色を付ける前に描くスケッチのようなものである。

以下では、杉山らが提案したサイコベクトルによる橋梁景観の定量的評価法<sup>1)</sup>について、その概要を述べる。

サイコベクトルを以下の3通りに分類する。

### ① 橋梁本体の基本サイコベクトル

橋梁のサイコベクトルのうち、その主体をなして強

さと力の一貫性を現出するものであり、幹線部材を示すベクトル

### ② 橋梁本体の補助サイコベクトル

視覚上、基本サイコベクトルの動勢を助けるものであり、吊橋のハンガーやトラスの腹材などを示すベクトル

### ③ 環境・背景のサイコベクトル

環境・背景がどのような特徴を表し、どのような力の流れ方でそれを眺める者に影響を与えているかを示すものであり、風景などをスケッチする際に通常最初に描かれると考えられる線を示すベクトル

サイコベクトルは方向性を有するが、取り扱い上の簡便さから、橋梁本体の補助サイコベクトル以外のサイコベクトルについてはその成分のみを考慮し、方向性は考慮しない。橋梁本体の補助サイコベクトルに関しては、橋梁の路面位置が上路・中路・下路のいずれかを考慮する場合に方向性を考える必要が生じてくるため、支柱・吊り材等が主桁より下方にある場合には正の値、主桁より上方にある場合には負の値とし、補助サイコベクトル以外のサイコベクトルは正の値を有するものとして扱っている。

そして、次式に示すNを評価基準として、この値が1に近づく景観を好ましいとする。それは、サイコベクトルの鉛直成分と水平成分の比が1に近づくような景観が好まれる傾向にあることに、風景のサイコベクトルと橋梁のサイコベクトルの相似性が考慮されたかたちになっている。

$$N = (N_1 + N_2 + N_3 + N_4) / 4 \quad (1)$$

ここに、

$$\begin{aligned} N_1 &= |1 - \{(au + u')/U\}| / |1 - \{(av + v')/V\}| \\ N_2 &= |1 - \{\beta(u + u')/U\}| / |1 - \{\beta(v + v')/V\}| \\ N_3 &= |1 - \{\varepsilon(u + u')/U\}| / |1 - \{(w_0 + v'_0)/V\}| \\ N_4 &= \lambda |1 - s/S| \end{aligned}$$

U : 橋梁本体を除いた環境・背景のサイコベクトルにおける水平成分の大きさの総和

V : 橋梁本体を除いた環境・背景のサイコベクトルにおける鉛直成分の大きさの総和

$u$  : 橋梁本体のみの基本サイコベクトルにおける水平成分の大きさの総和

$v$  : 橋梁本体のみの基本サイコベクトルにおける鉛直成分の大きさの総和

$u'$  : 橋梁本体のみの補助サイコベクトルにおける水平成分の大きさの総和

$v'$  : 橋梁本体のみの補助サイコベクトルにおける鉛直成分の大きさの総和

$v_0$  : 橋梁本体の基本サイコベクトルおよび補助サイコベクトルにおける鉛直成分のうち、重み  $\epsilon$  を考慮する部材の鉛直成分を除いたものの総和

$v'_0$  : 橋梁本体の基本サイコベクトルおよび補助サイコベクトルにおける  $v_0$  以外の鉛直成分の総和

$s$  : 橋梁本体の面積

$S$  : 橋梁本体の面積と桁下空間部分の面積の総和

$\alpha$  : 橋梁本体の基本サイコベクトルと補助サイコベクトルとの違いを考慮するための重み

$\beta$  : 橋梁本体のサイコベクトルと環境・背景のサイコベクトルとの違いを考慮するための重み

$\gamma$  : 橋梁本体の鉛直方向に延びるサイコベクトルに加える重み

$\epsilon$  : サイコベクトルが部材の輪郭を示す場合に、その水平成分に加える重み

$\lambda$  : 跨道橋のように桁下空間を考慮する必要がある場合、桁下空間の面積を考慮するための重み

ここで定義するサイコベクトルの水平成分、鉛直成分の大きさとは、物理学で扱う力のベクトルの大きさと同様のもので、図-1の(a)に示すように、 $K$  に対して  $u$  (あるいは  $U$ ) の大きさが水平成分の大きさを表し、 $v$  (あるいは  $V$ ) の大きさが鉛直成分の大きさを表す。図-1の(b)のような曲率を有するサイコベクトル

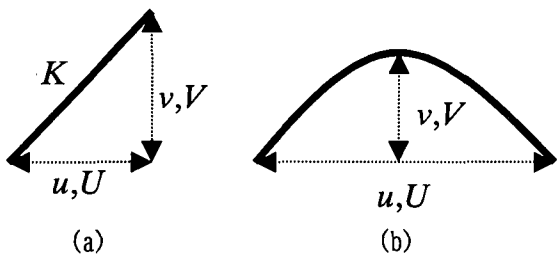


図-1 サイコベクトルの水平成分  $u, U$  と鉛直成分  $v, V$  の定義

ルについては、水平成分の大きさを  $\delta \cdot u$ 、鉛直成分の大きさを  $\delta \cdot v$  で評価する。 $\delta$  は、サイコベクトルが曲率であることを考慮するための重みであり、橋梁本体のサイコベクトルに対してのみ考慮する。上述の重み係数として、杉山ら<sup>1)</sup>は  $\alpha = 2.0$ 、 $\beta = 1.8$ 、 $\gamma = 2.0$ 、 $\epsilon = 2.0$ 、 $\lambda = 3.0$ 、 $\delta = 1.2$  を用いており、ここでもこれらの値を適用した。

### 3. CGによる景観シミュレーションとサイコベクトル化

Alias Wavefront社製のCGソフトウェアであるExploreを用いて3種類の異なる背景モデルを作成し、それぞれに形式の違う橋梁モデルを配置した。ただし、グループ内(同じ背景)では同じ視点、同じ色づかいで橋梁モデルの作成を行った。図-2に背景1と形式の異なる4種類の橋梁モデルを示す。

例として、橋梁の形式aについて、サイコベクトル化された景観を図-3に示す。サイコベクトルを橋梁本体の基本サイコベクトル、橋梁本体の補助サイコベクトルおよび環境・背景の基本サイコベクトルを図-4のように分けることができる。このような図をそれぞれの橋梁モデルについて描き、測定した諸量を表-1に示す。また、このような諸量をもとに計算した式(1)の各値を表-2に示す。同様に背景2、背景3についても図-5および図-6に示し、Nの値を表-3および表-4に示す。

表-1 背景1における諸量の測定値

形式	$U$	$V$	$u$	$v$	$u'$	$v'$	$v_0$	$v'_0$
a	54.8	28.3	17.5	1.2	0.0	6.4	6.4	1.2
b	54.8	28.3	16.1	1.4	0.0	4.6	4.6	1.4
c	54.8	28.3	10.9	19.2	0.0	0.0	19.2	0.0
d	54.8	28.3	29.0	3.2	20.2	42.3	42.3	3.2

表-2 背景1におけるNの値

形式	$N_1$	$N_2$	$N_3$	$N_4$	$N$	順位
a	0.524	0.823	0.715	1.000	0.766	1
b	0.558	0.762	0.659	1.000	0.745	2
c	1.687	2.902	1.687	1.000	1.819	4
d	0.592	0.325	0.378	1.000	0.574	3

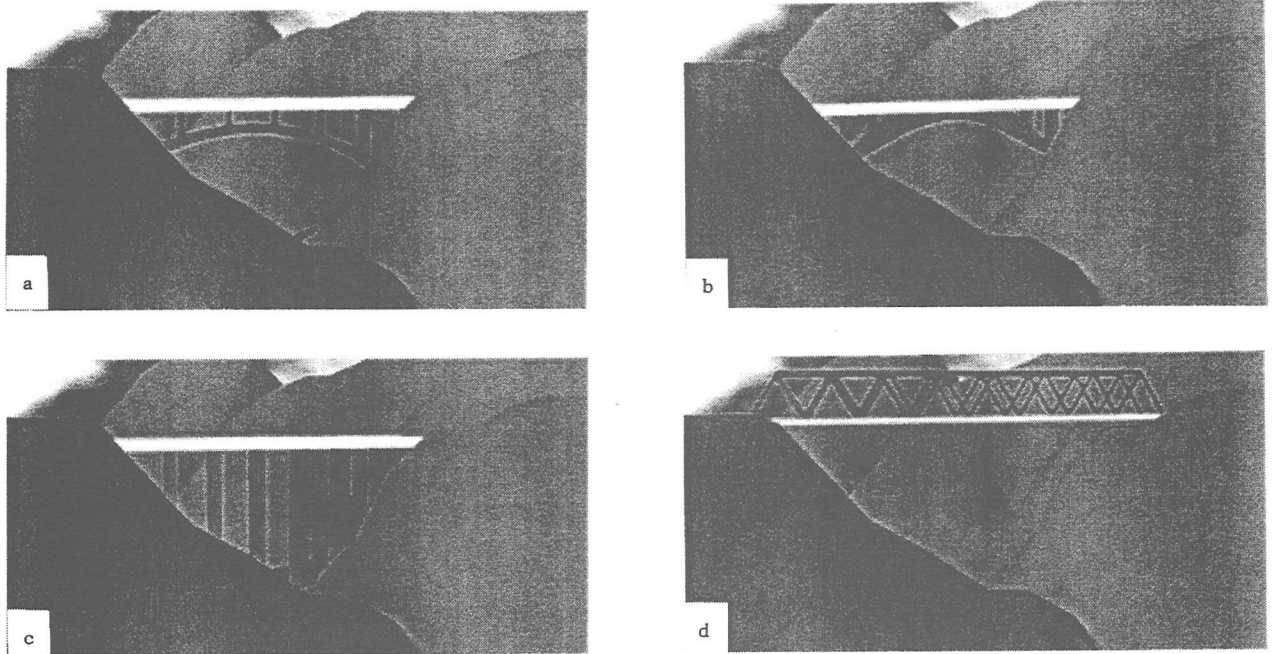


図-2 背景1に架かる橋の景観図

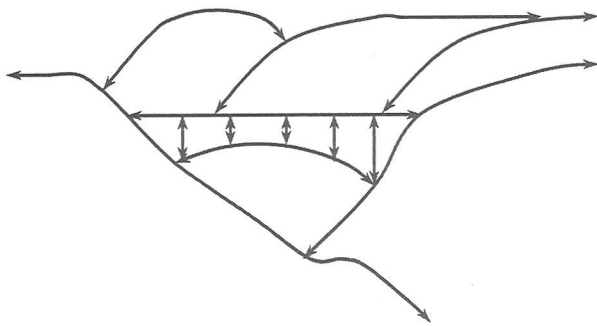
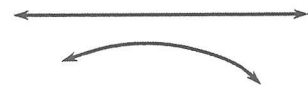


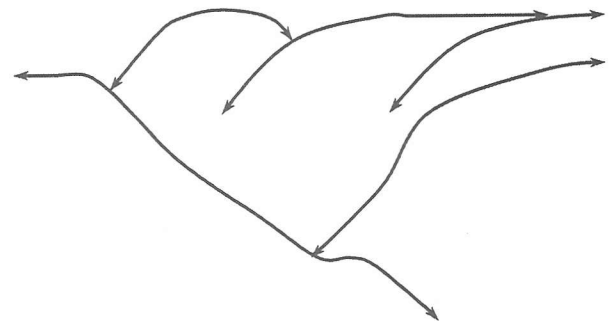
図-3 サイコベクトル化された景観の例



(a) 橋梁本体の基本サイコベクトル



(b) 橋梁本体の補助サイコベクトル



(c) 景観・背景のサイコベクトル

図-4 サイコベクトルの分類

表-3 背景2におけるNの値

形式	$N_1$	$N_2$	$N_3$	$N_4$	$N$	順位
a	1.532	1.749	2.075	2.043	1.850	3
b	0.343	0.576	0.683	2.228	0.958	1
c	1.747	1.809	1.578	1.961	1.774	2
d	2.185	2.380	2.413	1.591	2.142	4

表-4 背景3におけるNの値

形式	$N_1$	$N_2$	$N_3$	$N_4$	$N$	順位
a	0.561	0.252	0.314	1.000	0.532	2
b	0.781	0.361	0.468	1.000	0.652	1
c	0.366	0.159	0.185	1.000	0.428	3

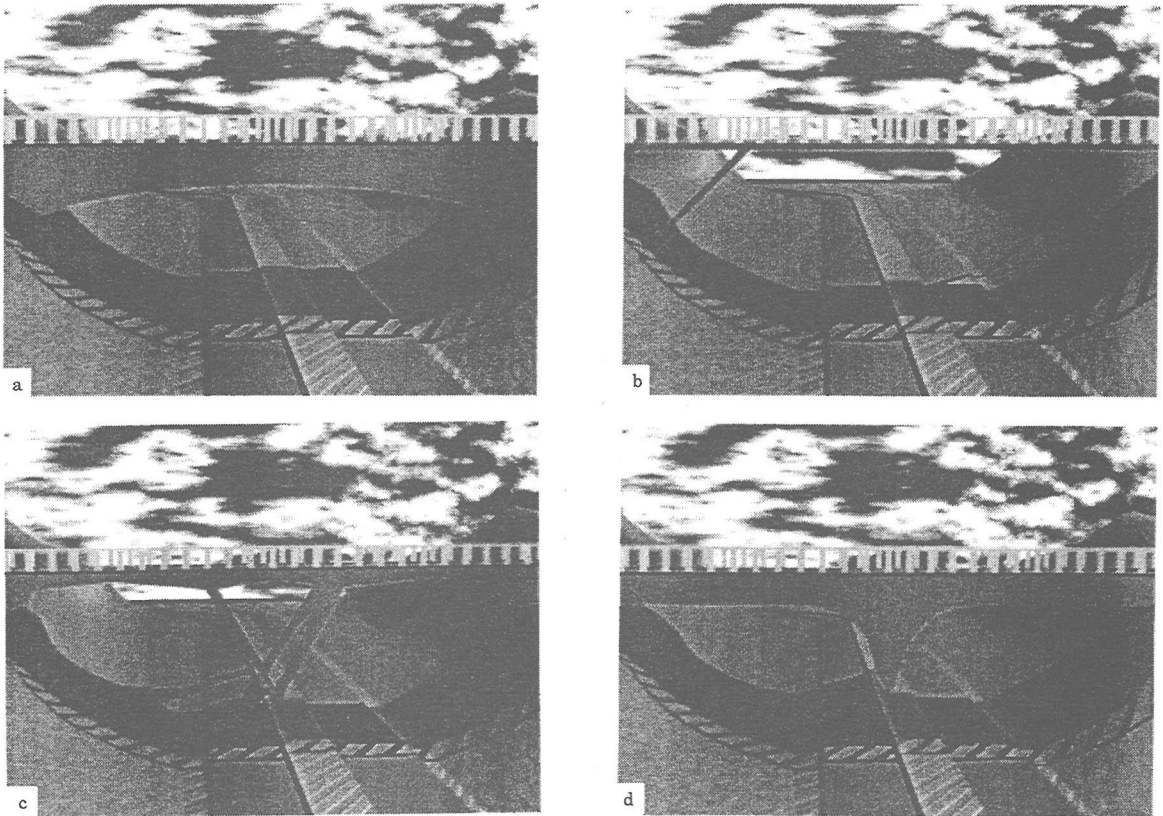


図-5 背景2に架かる橋の景観図

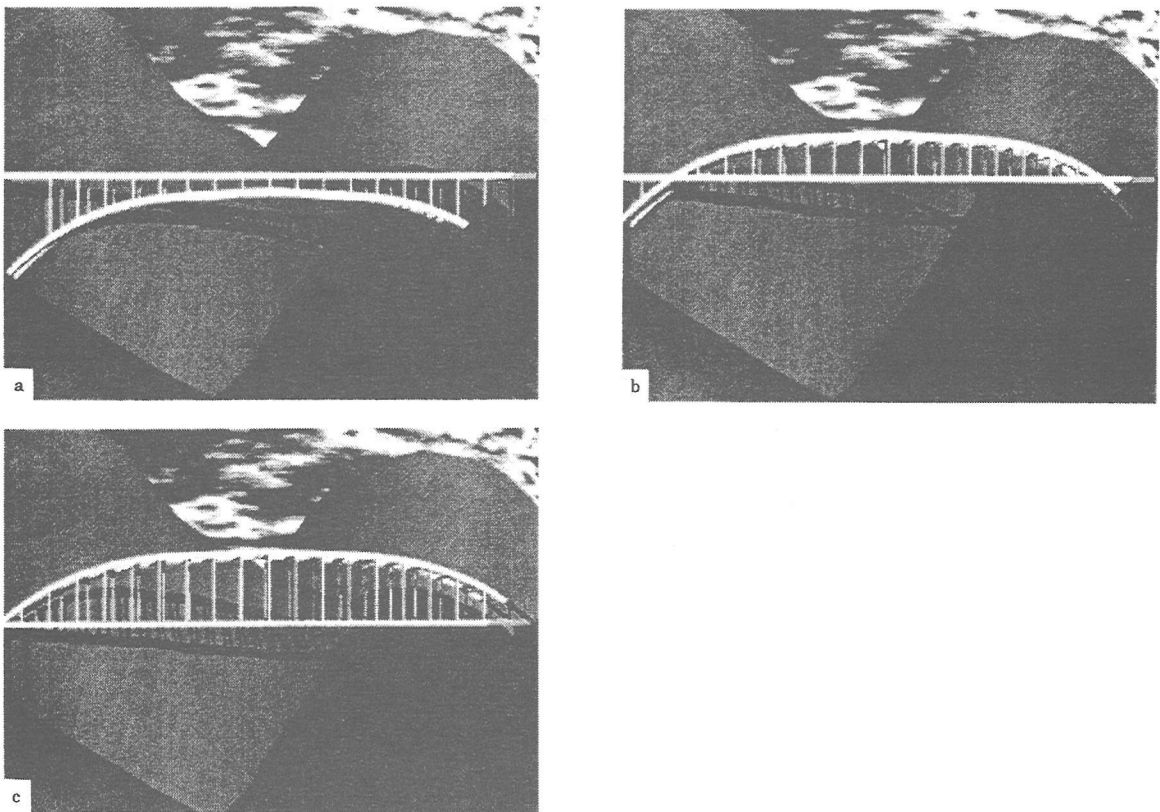


図-6 背景3に架かる橋の景観図

#### 4. アンケート調査による景観評価手法の検証

##### 4. 1 アンケート調査について

アンケートは、それぞれの背景ごとに、最も印象の良いものから順位をつけて貰う方式にした。アンケート用紙を図-7に示す。

アンケート調査は、和歌山工業高等専門学校環境都市工学科の2年生～5年生および環境都市工学科教官、技官を対象として合計153人について行った。被験者の内訳を表-5に示す。( )には女子の人数を示す。このアンケート調査は、2年生、3年生を1999年1月13日、4年生を同年1月8日、5年生を同年1月19日に実施している。教官、技官については、1998年12月14日から1999年2月1日の間に随時実施した。

**橋梁景観アンケート**

これらの図は、異なる背景に橋梁モデルをそれぞれ配置し  
 もので、背景の同じものを一つのグループとします。  
 これらの橋梁景観を見て、最も印象の良いものから順に◎  
 (1), ○(2), △(3), ×(4)をグループ別に記入  
 して下さい。

背景1	背景2	背景3
a( )	a( )	a( )
b( )	b( )	b( )
c( )	c( )	c( )
d( )	d( )	

その他(思ったことがあれば書いて下さい)

学年( ) 年齢( ) 性別( )  
 氏名( )  
 ご協力ありがとうございました

図-7 アンケート用紙

表-5 アンケート対象者の内訳 ( )内は女性の人数

	2年	3年	4年	5年	教官 技官	全体
対象人数	36(3)	42(3)	33(2)	30(5)	12(0)	153(13)
無効回答数	0	0	1(0)	1(0)	0	2(0)
有効回答数	36(3)	42(3)	32(2)	29(5)	12(0)	151(13)

##### 4. 2 アンケート集計結果

アンケート集計結果は、次式より求められる荷重平均値xを用いて整理する。

###### 1) 対象となる橋梁モデルが4つの場合

$$x = \{1.5 \times (1\text{位の人数}) + 0.5 \times (2\text{位の人数}) - 0.5 \times (3\text{位の人数}) - 1.5 \times (4\text{位の人数})\} / n$$

###### 2) 対象となる橋梁モデルが3つの場合

$$x = \{1 \times (1\text{位の人数}) - 1 \times (3\text{位の人数})\} / n$$

ただし、nは被験者数であり、回答が明確でないものは無効として集計結果から省いている。

荷重平均値xは、値が大きくなるほどそれを選んだ被験者が多いことを示している。この値の大きい順に、橋梁景観モデルに順位をつけることができる。図-8、図-9は、それぞれ学年別、男女別に集計した結果である。

サイコベクトルによる値との整合性の検討を行う前に、アンケート調査の集計結果を検討してみる。

背景1の2年生のアンケート結果をみると、a, b, c, dのモデルは、それぞれ1, 2, 4, 3の順位をつけることができ、aの橋梁が最も景観にマッチしていると評価できる。他はそれぞれ(a, b, c, d)のモデルに対し、3年生(1, 2, 4, 3)、4年生(1,

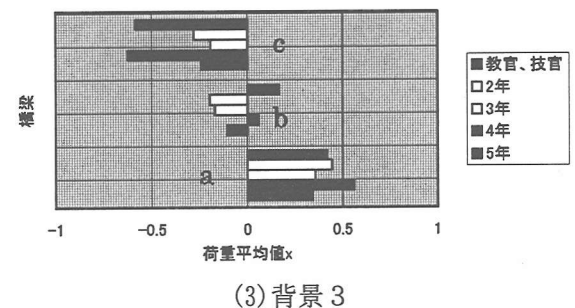
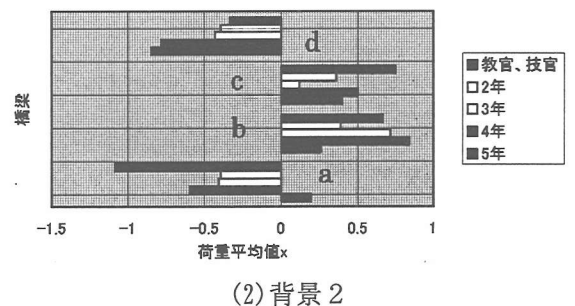
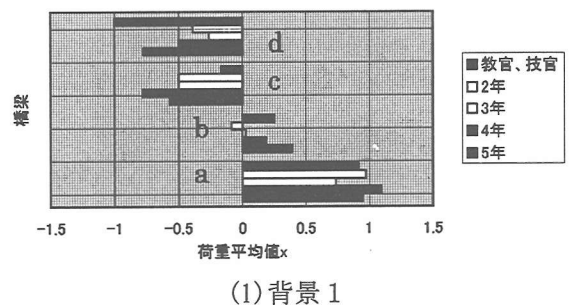
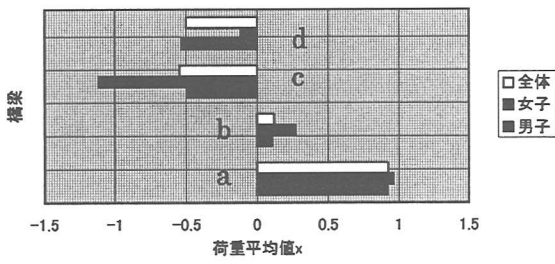
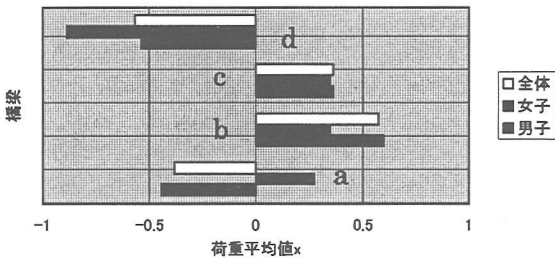


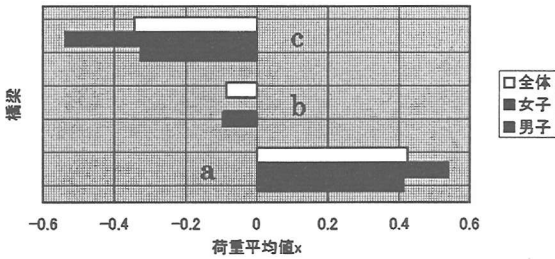
図-8 アンケート結果を学年別に集計した荷重平均値



(1)背景 1



(2)背景 2



(3)背景 3

図-9 アンケート結果を男女別に集計した荷重平均値

2, 4, 3), 5年生(1, 2, 3, 4), 教官・技官(1, 2, 3, 4)の順位がついた。男女別では男子全体(1, 2, 3, 4), 女子全体(1, 2, 4, 3)となり, 全体では(1, 2, 4, 3)の順となった。3位と4位は微妙な差であり, 概して, 学年による差, 学生と教官技官による差, 男女による差はほとんど見られない。

背景2では, (a, b, c, d)の各モデルに対して, 2年生(3, 1, 2, 4), 3年生(3, 1, 2, 4), 4年生(3, 1, 2, 4), 5年生(3, 2, 1, 4), 教官・技官(4, 2, 1, 3), 男子全体(3, 1, 2, 4), 女子全体(3, 1, 1, 4), 全体(3, 1, 2, 4)の順位がついている。2年生~4年生による結果と比較し, 5年生で1位と2位が逆転しており, また教官・技官で1位と2位および3位と4位が逆転しているが, これらも微妙な差であり,

学年, 学生と教官技官, 男女によってほとんど差は見られないと言ってよい。

また, 背景3では(a, b, c)の各モデルに対して, 2年生, 3年生, 4年生, 5年生, 教官・技官, 男子全体, 女子全体, 全体の区別なく, すべて(1, 2, 3)の順位であった。

このようにアンケート調査の集計を検討した結果, 学年, 学生と教官・技官, あるいは男女に関係なく, ほぼ同じ結果が出ていることが分った。このことをふまえ, サイコベクトルによる評価基準との整合性の検討には, 全体結果を用いることとした。

#### 4. 3 アンケート調査の集計結果とサイコベクトルによる評価基準との整合性

サイコベクトルによるNの値は, 表2~表4に示したとおりであるが, Nが1に近い景観が好まれる傾向にあるという基準から, 背景1では(a, b, c, d)の各モデルに(1, 2, 4, 3)の順位をつけることができた。これに対し, 前節で求めたアンケートによる順位は完全に対応している。背景2では, サイコベクトルによるNの値から, (a, b, c, d)の各モデルに(3, 1, 2, 4)の順位をつけることができた。これについても, アンケートによる順位が完全に対応している。また, 背景3では(a, b, c)の各モデルに(2, 1, 3)の順位をつけることができた。これに対して, アンケートによる順位は(1, 2, 3)であり, 1位と2位が逆転している。モデルaとbにおけるNの値がそれぞれ0.532と0.652で近い値であり, そういった逆転が起こることは考えられる。

以上のように, CGによって作成した橋梁景観モデルにサイコベクトルによる景観評価法を適用した結果, アンケート調査と概ね対応する評価が得られることが解った。

#### 5. おわりに

美観の計測は容易ではない。それは, 視覚が人間の心理作用であり, 美観の計測は即ち心の計測につながるからである。しかし, 今回のアンケートで明らかになったように, 学年(年齢)によらず, また学生と教官の区別や男女の区別なく, 美しい(印象が良い)と

感じる対象がある。そこには、なんらかの共通性が存在するはずである。その共通性をいかに見だし、定量化するかが問題である。

サイコベクトルは、そのような景観の定量的評価に対する一つの有力なアプローチである。しかし、論理的ではない面も多々あり、潜在する可能性を伸ばすために、いろいろな角度から検討することが望まれる。

本研究では、CGで作成した橋梁景観モデルに対し、杉山らが提案したサイコベクトルによる評価基準を適用した。彼らは、白黒の景観図を用いて、サイコベクトルによる評価基準とアンケート調査の結果に一定の相関があることを導いている。本研究では、①CGによるカラーの橋梁景観図について同様の相関が見いだせるか、②橋梁が背景に落とす影や白黒の図にはない色や質感が影響を及ぼすのか、③被験者が異なっても同じ評価基準が適用できるのか、等について調査・検討を行った。

その結果、以下の知見が得られた。

- 1) 和歌山工業高等専門学校環境都市工学科の2年生から5年生と教官および技官を対象にアンケート調査を行ったが、学年、学生と教官および技官、男女による差はほとんど見られなかった。
- 2) 橋梁の形式が異なっても、同じ色づかいをする限り、色彩が評価基準の適用に及ぼす影響は認められなかった。
- 3) 橋梁モデルが背景に落とす影が評価基準の適用に及ぼす影響は認められなかった。
- 4) CGにより色彩を施してシミュレートされた橋梁景観図を対象としても、基本的にはサイコベクトルによる評価基準の適用は可能である。

## 参考文献

- 1) 杉山俊幸, 深沢泰晴, 辻和政, 高橋良武; サイコベクトルを用いた橋梁景観の定量的評価, 構造工学論文集, Vol. 35A, pp. 523-532, 1989.
- 2) 杉山俊幸, 深沢泰晴, 清水克彦, 中村哲也, 寺西功; 加重目的決定分析法を用いたサイコベクトルによる橋梁景観の定量的評価, 構造工学論文集, Vol. 37A, pp. 677-686, 1991.
- 3) 深井隆史, 小幡卓司, 林川俊郎, 佐藤浩一; フラク

タル次元による橋梁景観の定量的解析法, 土木学会第35回年次学術講演会講演概要集, pp. 554-555, 1998.

4) 後藤文彦, 廣瀬克身, 菅原紘一, 岩熊哲夫; 畳み込み積分を用いた構造景観の定量化, 構造工学論文集, Vol. 45A, pp. 605-614, 1999.

5) 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.