

桁橋の景観設計における合意形成用代替案作成時の留意事項

Consideration on the alternatives for consensus building at the aesthetic design of girder bridges

保田敬一*, 白木 渡**, 堂垣正博***

Keiichi Yasuda, Wataru Shiraki, Masahiro Dogaki

*工博, (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)

**工博, 香川大学教授, 工学部信頼性情報システム工学科 (〒761-0396 高松市林町 2217-20)

***工博, 関西大学教授, 工学部都市環境工学科 (〒564-8680 吹田市山手町 3-3-35)

At the time of the consensus building by the participation in municipal affairs system, the alternatives which each person satisfies are shown and the alternatives are deliberated. On these alternatives, it is important to determine which design element emphasis is put. This research shows how to create the alternatives at the time of agreement formation efficiently for every subject from two or more design concepts for girder bridges using coefficient of correlation computed by quantification theory type1 as an index which shows the influence degree to evaluation.

Key Words: aesthetic design, kansei engineering, consensus building, alternatives

キーワード: 景観設計, 感性工学, 合意形成, 代替案

1. はじめに

近年, 社会資本整備においては, 住民の事業への参加意識の高まりをうけて, 住民が事業に参加する住民参加型の合意形成が活発化してきている。住民参加方式による合意形成時には, 各被験者が満足する代替案を提示して協議が行われるが, この代替案を作成する際, どのデザイン要素に重点をおくかを決定することは重要である。なぜなら, 全ての被験者が満足する代替案を作成することは不可能であるため, 各被験者が満足する代替案を作成するためには, デザイン要素と評価との関係を把握し, 評価に影響の大きいデザイン要素を重点的に考慮した方が効率的なためである。すなわち, 被験者ごとに多様な感性と評価の関係, および評価とデザイン要素との関係を把握しておく必要がある。

実際の利用者の要求を設計に取り込むための方法として, 商品開発などで多数の実績のある感性工学手法が有効である。感性工学手法とは, 人間が持っている願望としてのイメージや感性を数値化して, 具体的なデザイン要素に変換する工学的手法であり^{1), 2)}, 感性工学手法を用いた土木構造物の景観設計・評価の試みが行われるようになってきている³⁾⁻⁶⁾。この感性工学手法は実際の利用者(ユーザー)の要求を設計に取り込むことができるため, 現在の社会資本整備に求められている住民参加型の要求にも合致するので, 今後の更なる展開が期待されるところである。そのためにも, より充実した感性データベースの構築が求められるところである。

本研究では, 架橋数の大多数を占め, 斜張橋やアーチ橋といった立ち上がりのある橋梁に比べて景観設計に対する配慮があまりなされていないが, 人々に最も見られる機会の多い桁橋を対象にした。評価への影響度合いを示す指標として数量化理論Ⅰ類により算出した偏相関係数を用いて, 複数のデザインコンセプトから合意形成時の代替案を被験者ごとに効率的に作成する方法を示す。

2. 合意形成における代替案作成の位置づけ

合意形成とは, グループまたはメンバー間で意志決定・行動を行う際の提携や譲り合いに至る意志の疎通および意見の調整を図るコミュニケーションのプロセスである⁷⁾。これまでの社会資本整備事業では, 計画の策定段階や評価の段階で市民参加による方法はあまり取り入れられてこなかったのが現実である。一般的には, 事業の意志決定は, 事業主体によって行われるべきであるが, 図-1に示すように, 計画の策定段階から意見収集という形で市民参加による合意形成は可能であると考えられる。

また, 社会資本整備の場合は, 構想から計画, 設計, 施工, 運用, 維持管理といった各段階でそれぞれの合意形成の内容が異なるので, その違いに留意する必要がある。市民参加における参加者の関わりは, 行政主導型, 行政市民一体型, 第三者組織主体型に分類できる。現在のPI(パブリックインボルブメント)方式は行政主導型に分類できる⁷⁾。

合意形成の手法には, メディア活用型, 体験型, 討議型

に分類できるが、これらの利点や課題を理解した上で、適宜選択もしくは組み合わせて活用する必要がある⁷⁾。

合意形成の基本ステップは、①合意形成に向けての調整、②市民参加の準備、③合意形成の実施、④意志決定と公表、⑤市民参加の継続という段階で実施される⁷⁾。

本研究では、前述の合意形成ステップの中や図-1で示される、意見交換や意志決定に関する議論の場で必ず提示される代替案をどうやって作成していくかについて検討する。この代替案を提示しての議論・評価は重要で、提示した代替案が参加している市民の意向とは異なった場合、再度代替案を作成してから合意形成の場を開催しなければならない。すなわち、合意形成段階で提示する代替案は、参加している関係者が満足する案でないと手戻りが発生する。そのためにも、学生、主婦、設計者、管理者など様々な評価主体がどのような評価を行っているのかを事前に把握し、その意向にそった代替案を提示することが重要となる。

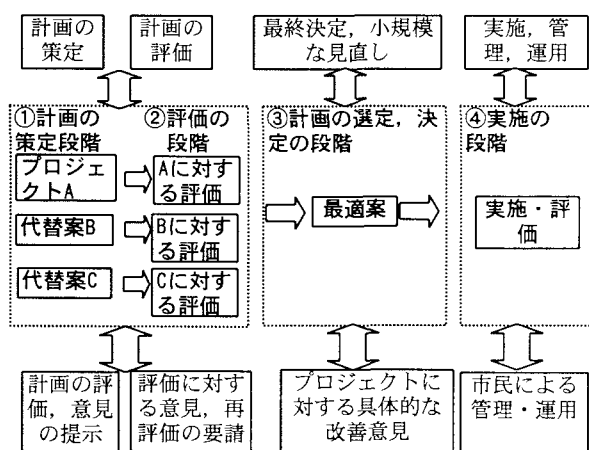


図-1 事業における市民参加の例⁷⁾

3. 代替案作成時の留意事項

デザインコンセプトは通常複数個の形容詞（感性ワード）によって設定されることが多い。例えば、“美しい”、“調和のとれた”、“上品な”という3つの感性ワードによって表されるコンセプトを満足させるためには各デザイン要素をどのように設定して各被験者が満足する代替案を作成しなければならないかを支援するツールが必要である。また、“上品な”という感性ワードに2倍の重みを付けた場合はどうなるのかなど、様々な要求が考えられる。代替案を作成する場合、評価に影響を与えるデザイン要素の影響度の大きさを決定するのは一般的に難しいが、一つの方法として数量化理論による分析で得られる偏相関係数等を用いることが考えられる。この偏相関係数の大きいデザイン要素に重点を置いて被験者ごとの代替案を作成することで、代替案作成の効率化が図れる。例えば、主桁の形状で、ある被験者は変断面を指示し、別の被験者は等断面を指示していたとする。この場合、等断面と変断面の代替案を作成し、比較検討を行う必要があると考えられる

が、その主桁形状の偏相関係数が小さい場合、評価に与える影響は少ないと判断し、被験者ごとの代替案を作成して比較するという作業は省略してもよいと考えられる。

桁橋のデザインを例にとって、本研究で提案する代替案作成の手順を以下に示す。まず、被験者（1.女子学生、2.男子学生、3.橋梁技術者）を選択し、そしてデザインコンセプトを重み付きで設定する。例えば、美しい（重み=1）、調和のとれた（重み=1）、上品な（重み=2）というように設定する。次に、あらかじめ作成した感性DBを用いて、式(1)により、数量化理論Ⅰ類による分析結果から得られた形容詞ごとの偏相関係数をその最大値で除して、形容詞（感性ワード）ごとに基準化を図る。これで、形容詞ごとの偏相関係数は0から1までの数値に変換される。

$$n_henso(i,j)=\sum (henso(i,j)/henso_max(i)) \quad (1)$$

ここで、

$henso(i,j)$ ：数量化理論Ⅰ類による分析結果から得られた偏相関係数

$n_henso(i,j)$ ：基準化した偏相関係数

$henso_max(i)$ ：形容詞ごとの偏相関係数の最大値

i ：形容詞番号

j ：アイテム番号

次に、選択したデザインコンセプトの重みに式(1)で算出した偏相関係数の基準化数値を乗じて偏相関合計を算出する。

$$henso_o(i,j)=\sum (n_henso(i,j) \times sel_keiyoshi(i)) \quad (2)$$

$$henso_sum(j)=\sum henso_o(i,j) \quad (3)$$

ここで、

$henso_o(j)$ ：基準化した偏相関係数に重みを乗じた偏相関係数

$henso_sum(j)$ ：偏相関係数の合計値

$sel_keiyoshi(i)$ ：選択したデザインコンセプトの重み

最後に、偏相関係数の合計値を表示して終了となる。

このコンセプト選択による偏相関係数合計の表示フローを図-2に示す。ここで、図-2中のアイテムとは、桁や高欄の色、風景など景観を構成しているデザイン要素のことで、5.1で後述する。

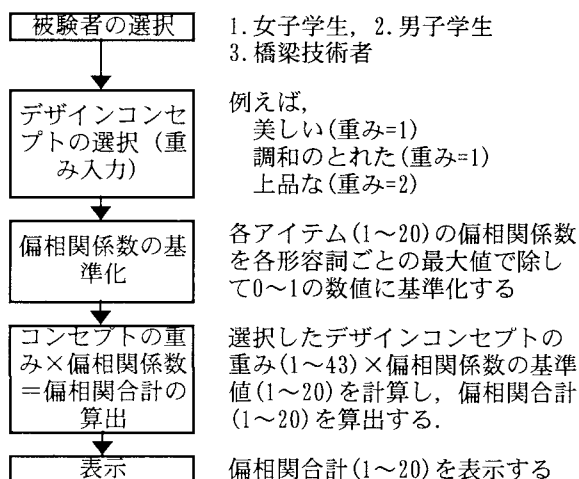


図-2 コンセプトの選択による偏相関合計の表示フロー

4. アンケート調査方法

デザインコンセプトに合致した代替案作成のために必要な橋梁感性DBを構築するためには、アンケート調査が必要となる。ここでは、その調査方法について述べる。

調査対象者は、設計の主体となる橋梁設計技術者15名と利用主体である大学生40名（男子学生20名および女子学生20名）とした。女子大生を特に分類した理由としては、今後住民参加などで女性の意見が大きなウエートを占めるようになるためと予想されるためである。調査は、被験者にA4横のサイズで橋梁年鑑⁹⁾を元に作成した90枚の桁橋の評価用写真を見せて、予備調査により橋梁の景観設計によく使用されると考えられる感性ワードを43項目選定し、アンケート用紙に5段階(+2,+1,0,-1,-2)のSD (Semantic Differential) 尺度による評価を記入してもらう方式とした。SD尺度というのは、1958年に心理学者のオスグッドが証明した評価尺度のことで、形容詞を「美しい⇔美しくない」などの対語を両極としてその間を3段階、5段階あるいは7段階に分けて評価する方法である。図-3にアンケート用紙を載せる。

このアンケートの前提にあるのは、実物と写真とでは評価に違いが生じるのではないかということであるが、実物とスライドや写真とはよく似た感性を与えることが証明されている¹⁰⁾。

	非常に	どちらで	非常に	
	に	もない	に	
1				女性的な
2				男性的な
3				安定感のある
4				安定感のない
5				自然な
6				人工的な
7				実用的な
8				実用的でない
9				直線的な
10				曲線的な
11				モダンな
12				クラシックな
13				都会的な
14				田園的な
15				しゃれた
16				しゃれていない
17				存在感のある
18				存在感のない
19				親しみやすい
20				よそよそしい
21				美しい
22				美しくない
23				風景に溶け込んでいる
24				風景に溶け込んでいない
25				すっきりとした
26				ごみごみした
27				暖かみのある
28				暖かみのない
29				印象的な
30				印象的でない
31				バランスの取れた
32				バランスの取れていない
33				素材感のある
34				素材感のない
35				ゆとりのある
36				ゆとりのない
37				立体感のある
38				立体感のない
39				飽きのこない
40				飽きのくる
41				機能的な
42				機能的でない
43				ハードな
44				ソフトな
45				可愛い
46				可愛くない
47				重量感のある
48				重量感のない
49				上品な
50				上品でない
51				丈夫な
52				丈夫でない
53				豪華な
54				豪華でない
55				地域性を含んだ
56				地域性を含んでいない
57				日本的な
58				日本的でない
59				洗練された
60				野暮な
61				カラフルな
62				カラフルでない
63				優美な
64				優美でない
65				遊び心のある
66				遊び心のない
67				個性的な
68				個性的でない
69				風格のある
70				風格のない
71				象徴的な(シブリッな)
72				象徴的でない
73				開放感のある
74				圧迫感のある
75				芸術的な
76				芸術的でない
77				快適な
78				不快な
79				調和のとれた
80				調和のとれていない
81				ダイナミックな
82				ダイナミックでない
83				好ましい
84				好ましくない

図-3 感性アンケート用紙

また、評価に用いた写真は構図や視点場がそれぞれ異なっているが、本研究では構図や視点場の相違による評価への影響について把握するために、後述の数量化理論Ⅰ類による偏相関係数という定量的数値によりその影響を把握することが可能となる。

5. 数量化理論Ⅰ類による分析

橋梁の景観に影響を与えていると考えられるデザイン要素を抽出し、それらの要素が各イメージ形容詞（感性）に対してどのような影響を及ぼすのかを数量化理論Ⅰ類を用いて分析した。

5.1 分析方法

(1) アイテム／カテゴリ表の作成

数量化理論Ⅰ類を用いて解析するためには、まずアイテム／カテゴリ表を作成する必要がある。ここでいうアイテムとは、桁や高欄の色、風景、背景の色彩、下部工形式、下部工断面などの桁橋の景観美に影響するデザイン要素に関する項目のことである。一方、カテゴリとは、下部工断面ならば円形か楕形か小判型か、風景は山岳か平地か河川かといった各デザイン要素項目の分類を意味している。

そこで、桁橋の景観に影響があると考えられるアイテムを選択し、それに対するカテゴリを決定して表にしたものが表-1である。この表はアイテム／カテゴリ表の一部であるが、この表により各橋梁写真が要素に分類されたわけであり、数量化理論Ⅰ類による分析の際の入力データとなる。

(2) 数量化理論Ⅰ類による分析結果

作成した90橋のアイテム／カテゴリ表と各橋梁写真の評価の平均値を入力データとして、数量化理論Ⅰ類を用いて解析した。解析は、図-3に示す43個のイメージ形容詞全てにおいて実施した。

表-1 アイテム／カテゴリ

No	アイテム	カテゴリ				
1	主桁形状	等断面	変断面			
2	平面形状	直線桁	曲線桁			
3	桁の色彩	赤	青	アザリ	茶	灰
4	高欄の色彩	灰	茶	白	緑	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/添架物	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			

第1因子 「しやれたーしやれてない」
重相関係数= 0.7722

アイテム	カテゴリ	偏相関係数	レンジ	スコア
1. 主桁形状	①変断面 ②変断面	0.1964	0.1927	0.0450 -0.1478
2. 平面形状	①直線形 ②曲線形	0.1876	0.2125	-0.0378 0.1747
3. 桁の色彩	①赤 ②青 ③アズリ ④茶 ⑤灰 ⑥緑	0.4706	0.7774	0.0811 0.0744 0.0029 0.1463 0.3267 -0.4507
4. 高欄の色彩	①灰 ②茶 ③白 ④緑	0.5643	0.6831	-0.4410 -0.1473 0.2421 0.0317
5. 下部工形状	①梁板式 ②柱式 ③長方形 ④逆台形	0.4545	0.5578	-0.1568 0.1539 0.3078 -0.2500
6. 下部工断面	①円形 ②矩形 ③小判	0.3656	0.4258	0.1179 -0.3079 0.0957
7. 橋脚数	①1 ②2 ③3 ④4 ⑤5～	0.3059	0.3940	0.2332 0.2374 -0.1566 -0.0113 -0.1092
8. 高欄形式	①壁 ②縦棧 ③横棧	0.2031	0.2648	0.1881 -0.0205 -0.0767
9. 排水管	①有り ②無し	0.0031	0.0025	0.0015 0.0010
10. 照明柱	①有り ②無し	0.2194	0.2329	0.0673 0.1656
11. 検査路、 添架物	①有り ②無し	0.1929	0.2030	0.1692 0.0338
12. 視距離	①近景 ②中景	0.2763	0.2516	0.1090 -0.1426
13. 視線入射 方向	①側面 ②斜側方	0.2406	0.3635	-0.3190 0.0444
14. 視点高さ	①上 ②水平 ③下	0.5819	0.8013	0.6535 -0.1131 -0.1478
15. 風景	①山岳 ②平地 ③河川	0.3928	0.6367	-0.4064 0.2303 -0.0528
16. 背景(上 層)の色彩	①白 ②緑 ③青 ④茶	0.3595	0.5472	-0.1648 0.0061 0.1020 -0.4452
17. 背景(下 層)の色彩	①緑 ②黒茶 ③青 ④灰 白	0.4760	0.6942	-0.0455 -0.1707 0.5235 0.1512
18. クリアラ ンス	①大 ②中 ③小	0.3218	0.5898	0.4182 -0.0495 -0.1715
19. 並列橋	①有り ②無し	0.1409	0.1581	-0.1317 0.0263
20. 障害物の 有無	①有り ②無し	0.1543	0.1328	-0.0841 0.0487

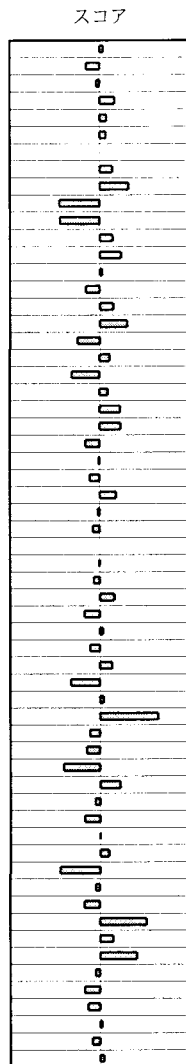


図-4 数量化理論Ⅰ類による解析結果
(女子学生+男子学生：N=40)

図4に「しやれた⇔しやれてない」に対する分析結果を示す。この図は、「しやれた」というイメージ形容詞についての数量化理論Ⅰ類による計算結果である。図中の偏相関係数とは、各アイテムに対する影響の大きさを示す数値であり、各アイテムが「しやれた」というイメージ形容詞に対してどの程度影響を及ぼすかを示している。数値が高いほどそのアイテムは「しやれた」という印象を与えるのに重要な要素になるということがいえる。スコアとは、各カテゴリに与える数値であり、各カテゴリが「しやれた」という印象を与えるかどうかを示している。この数値が高いほどしやれており、マイナスの値であるものはしやれていないということになる。レンジとは、各アイテムのスコアの最大値と最小値の差であり、この値が大きいとイメージ形容詞に対するカテゴリの影響がよりはっきりと表現されていることになる。

表-2 「安定感のある⇔安定感のない」における
偏相関係数の順位

順位	安定感のある⇔安定感のない					
	橋梁技術者		女子学生		男子学生	
	形容詞	偏相関係数	形容詞	偏相関係数	形容詞	偏相関係数
高1	視点高さ	0.488	クリアランス	0.595	視距離	0.518
い2	クリアランス	0.417	視距離	0.539	下部工断面	0.303
▲3	排水路	0.351	下部工断面	0.405	視点高さ	0.298
4	橋脚数	0.334	高欄の色彩	0.380	クリアランス	0.296
5	下部工形状	0.306	橋脚数	0.367	下部工形状	0.295
6	高欄の色彩	0.270	視点高さ	0.354	橋脚数	0.244
7	桁の色彩	0.269	下層背景の色彩	0.351	上層背景の色彩	0.239
8	下層背景の色彩	0.267	桁の色彩	0.317	桁の色彩	0.221
9	障害物の有無	0.257	照明柱	0.225	障害物の有無	0.221
10	上層背景の色彩	0.188	下部工形状	0.221	高欄の色彩	0.214
11	下部工断面	0.164	風景	0.181	下層背景の色彩	0.209
12	並列橋	0.142	排水路	0.170	視線入射方向	0.207
13	風景	0.123	主桁形状	0.167	並列橋	0.206
14	検査路、添架物	0.118	上層背景の色彩	0.155	高欄形式	0.182
15	視線入射方向	0.113	高欄形式	0.127	照明柱	0.171
16	平面形状	0.071	検査路、添架物	0.125	風景	0.153
17	高欄形式	0.055	平面形状	0.108	検査路、添架物	0.060
▼18	視距離	0.041	視線入射方向	0.050	排水路	0.048
低19	照明柱	0.018	障害物の有無	0.042	主桁形状	0.034
い20	主桁形状	0.018	並列橋	0.025	平面形状	0.027

表-3 「直線的⇔曲線的」における偏相関係数の順位

順位	直線的⇔曲線的な					
	橋梁技術者		女子学生		男子学生	
	形容詞	偏相関係数	形容詞	偏相関係数	形容詞	偏相関係数
高1	風景	0.621	風景	0.616	風景	0.552
い2	クリアランス	0.497	平面形状	0.604	平面形状	0.547
▲3	下層背景の色彩	0.482	クリアランス	0.587	クリアランス	0.533
4	平面形状	0.477	高欄の色彩	0.441	橋脚数	0.455
5	橋脚数	0.464	桁の色彩	0.424	高欄の色彩	0.422
6	桁の色彩	0.433	橋脚数	0.421	高欄形式	0.399
7	視点高さ	0.404	視点高さ	0.402	桁の色彩	0.398
8	検査路、添架物	0.394	検査路、添架物	0.345	視線入射方向	0.371
9	照明柱	0.371	下層背景の色彩	0.318	下層背景の色彩	0.364
10	主桁形状	0.338	下部工形状	0.309	視点高さ	0.338
11	下部工断面	0.241	照明柱	0.289	検査路、添架物	0.330
12	高欄の色彩	0.232	高欄形式	0.273	排水路	0.280
13	視線入射方向	0.201	下部工断面	0.238	下部工形状	0.276
14	下部工形状	0.190	視線入射方向	0.225	照明柱	0.253
15	上層背景の色彩	0.163	視距離	0.201	視距離	0.215
16	並列橋	0.156	排水路	0.177	下部工断面	0.197
17	高欄形式	0.144	上層背景の色彩	0.106	主桁形状	0.139
▼18	視距離	0.126	主桁形状	0.072	並列橋	0.137
低19	排水路	0.095	障害物の有無	0.065	上層背景の色彩	0.135
い20	障害物の有無	0.027	並列橋	0.062	障害物の有無	0.000

5.2 被験者ごとの偏相関係数の順位

表2に「安定感のある⇔安定感のない」における偏相関係数の順位を、表3に「直線的⇔曲線的な」における評価主体ごとの偏相関係数の順位を示す。

上位の順位ほど偏相関係数は高くなる。例えば、「安定感のある⇔安定感のない」における視距離は、偏相関係数の順位が女子学生で2/20、男子学生で1/20とその影響度合いが非常に高いのに対し、橋梁技術者では順位が18/20と非常に低くなっている。下部工断面も同様で、女子学生で3/20、男子学生で2/20とその影響度合いが非常に高いのに対し、橋梁技術者では順位が11/20と影響度合いは低くなっている。また、「直線的⇔曲線的な」における風景というデザイン要素は3評価主体とも偏相関係数の順位は最も高いし、障害物の有無というデザイン要素は、3評価主体とも偏相関係数の順位は低い。この結果から、あるイメージ形容詞に影響を与えているデザイン要素は各評価主体ごとに異なっている場合もあるし、同じ場合もあるということである。また、イメージ形容詞ごとに影響の

あるデザイン要素およびそれぞれのスコアも異なっているということがわかる。

代替案を作成する際、どのデザイン要素に重点をおけばよいかは、各形容詞の偏相関係数の組み合わせで表現される。

6. 検証および考察

本研究で提案した代替案作成時の留意方法を用いて、実際の橋梁景観設計例に適用し、その結果の設計への反映方法と妥当性を検証した。

6.1 A 橋における適用

(1) 橋梁諸元

この橋の諸元を以下に示す。

- ・橋長：254.0m
- ・橋格：一等橋（TL-20）
- ・上部工形式：鋼4 径間連続非合成箱桁橋
- ・下部工形式：壁式橋脚
- ・支間割り：56.40m+2@70.00m+56.40m
- ・幅員：車道 7.250m, 歩道 2.500m
- ・斜角：70°-00'-00"
- ・平面線形：直線
- ・適用示方書：道路橋示方書・同解説 平成2 年2 月

この橋は、架橋地点が周辺に山が迫った河川に架かる橋で、“自然に溶け込んだ橋”を目差して計画・設計された。別途設定した景観コンセプトにより、上下部工形状や細部処理（橋面、色など）を検討した。景観コンセプトを図5に示す。

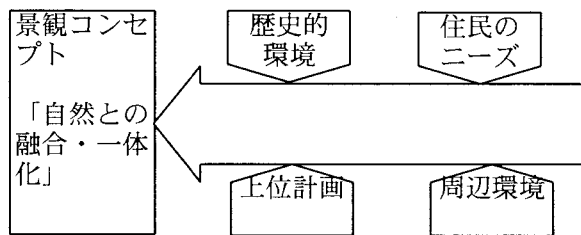


図-5 景観コンセプト

(2) デザインコンセプトからの代替案作成時の留意事項

図5に示された「自然との融合・一体化」という景観コンセプトを第1次の感性とすると、第2次の感性、すなわち、皆が共通で認識できる具体的な感性に展開していく必要がある。ここでは、自然を“自然な”に、融合を“調和のとれた”に、一体化を“風景に溶け込んだ”という形容詞に展開した。この展開した第2次の感性（形容詞）では、実際にアンケートをとった43項目の形容詞に展開するようにしている。なぜならば、この43項目の形容詞ならば数量化理論Ⅰ類によりデザイン要素との関係を把握できているためである。場合によっては、景観コンセプトから43項目の形容詞に直接展開できない場合もあり、その際には第3次感性、第4次感性というように展開していく必要がある。ここでは、第2次感性として、“自然な(+1)”、“

調和のとれた(+1)”、“風景に溶け込んだ(+1)”、“美しい(+0.5)”のように設定した。ここで、括弧内の数字は入力する重みである。このように第n次感性へと展開していく方法は決まったやり方があるわけではない。本研究では、デザイン要素と評価との関係がわかっている43項目の形容詞に展開できるようにした。

美しいという形容詞は、デザインコンセプトに含まれていないことが多い。この理由として、美しいをイメージしないような橋梁は景観設計の前提から除外されることによる。美しいの重みをどう設定するかは、様々な考え方がある。美しいは全てのデザインコンセプトを包含する景観の総合指標として用いられることから第1次感性の前の第0次として重みを2倍以上とする方法、あるいは、他の形容詞の半分の重みにする方法などが考えられる。ここでは、美しいを総合的景観評価指標とし、コンセプトの上位感性として重みを大きくすると“美しい”が強調されすぎてデザインコンセプトで設定したイメージが評価に影響してこないと考え、第2次感性の半分の重みに設定した。

(3) 適用例と考察

前述の4つの第2次感性と重みを式(1)から(3)の方法で、被験者ごとに偏相関合計値を算出した結果を表4に示す。

3被験者ともに偏相関係数合計値が低いアイテムは評価に与える影響が少ないため、デザイン案の作成では重要視しなくてもよいと考えられる。例えば、表4では平面形状、主桁形状、排水管、照明柱、並列橋、検査路・添架物、視線入射方向が該当する。このことは重要で、例えば、主桁形状や平面形状、照明柱などはよく比較検討の対象となるが、代替案を作成して住民参加形式で議論するよりも、経済性などから決定してもさしつかえないと考えられる。

表-4 偏相関合計値（A橋）

順位 ↓	女子学生		男子学生		橋梁技術者	
	アイテム	偏相関合計	アイテム	偏相関合計	アイテム	偏相関合計
1	視点高さ	3.368	視点高さ	3.438	視距離	3.433
2	桁の色彩	2.921	高欄の色彩	2.997	下層背景の色彩	3.298
3	高欄の色彩	2.696	下層背景の色彩	2.800	高欄の色彩	3.029
4	下部工形状	2.424	桁の色彩	2.420	橋脚数	2.641
5	風景	2.374	視距離	2.306	風景	2.613
6	下部工断面	2.354	下部工形状	1.826	視点高さ	2.483
7	下層背景の色彩	2.133	橋脚数	1.809	下部工形状	2.314
8	橋脚数	2.026	クリアランス	1.670	下部工断面	2.314
9	上層背景の色彩	1.784	風景	1.607	障害物の有無	2.101
10	視距離	1.675	障害物の有無	1.505	桁の色彩	2.052
11	高欄形式	1.304	下部工断面	1.316	上層背景の色彩	1.795
12	クリアランス	1.231	上層背景の色彩	1.265	視線入射方向	1.662
13	主桁形状	1.028	高欄形式	1.014	高欄形式	1.601
14	障害物の有無	0.641	排水管	0.861	検査路・添架物	1.178
15	照明柱	0.638	主桁形状	0.723	平面形状	0.945
16	視線入射方向	0.441	平面形状	0.708	排水管	0.919
17	平面形状	0.428	並列橋	0.585	並列橋	0.798
18	排水管	0.419	視線入射方向	0.555	照明柱	0.612
19	検査路・添架物	0.412	照明柱	0.538	クリアランス	0.520
20	並列橋	0.329	検査路・添架物	0.364	主桁形状	0.341

3被験者ともに偏相関係数合計値が高いアイテム（上位7アイテム程度）は、評価に与える影響が大きいので、被験者ごとの評価が高くなるアイテム／カテゴリを選択して代替案を作成する必要がある。表4の中で特に高欄の色彩は3被験者とも偏相関合計値が高く、代替案の作成に対して最も注意すべきアイテムであるといえる。次に視点高

さは女子学生および男子学生共に偏相関合計値が最も高く、橋梁技術者も順位が6位と比較的高い。視点高さはデザイン要素としては特殊である。代替案を作成する際にどの位置から見るか、すなわち、視点場は評価に大きく影響するため、注意が必要である。背景の色彩（下層）や下部工形状なども3被験者とも偏相関合計値が高いので、代替案作成においては注意するべきであろう。

偏相関合計値の順位が中間で被験者間の差があまりないアイテム、例えば、障害物の有無、高欄形式などは適宜判断すればよいと考えられる。

(4) 検証

A橋の写真を別の被験者に見せて、写真からうける印象を抽出した。被験者は、工学部の学生（女子学生10名、男子学生10名）および橋梁技術者7名であり、アンケート用紙に5段階（-2,-1,0,+1,+2）のSD尺度による評価を記入してもらった。表5にアンケート結果の平均値を載せる。

設定した形容詞に対する評価は、女子学生および男子学生ともに0.6以上と高い。中でも”風景に溶け込んだ”では3被験者ともに評価点は1.2を超えており、風景と橋とがよくマッチしていると認識されていることがわかる。橋梁技術者も”自然な”以外は0.7以上と高い評価となっており、このA橋のイメージが設定した形容詞とよく合致していることがわかる。

表-5 A橋のアンケート結果

	女子学生	男子学生	橋梁技術者
自然な	0.90	0.60	0.429
調和のとれた	1.10	0.70	0.714
風景に溶け込んだ	1.40	1.60	1.286
美しい	0.70	1.00	0.714

表-6 A橋の評価

	女子学生 スコア合計	男子学生 スコア合計	橋梁技術者 スコア合計
自然な	0.977	0.957	0.374
調和のとれた	0.335	0.242	0.262
風景に溶け込んだ	0.852	0.784	0.646
美しい	-0.225	-0.120	0.200

表-7 レンジ合計値（A橋）

順位 ↓	女子学生		男子学生		橋梁技術者	
	アイテム	レンジ 合計	アイテム	レンジ 合計	アイテム	レンジ 合計
1	桁の色彩	1.974	視点高さ	1.858	下層背景の色彩	1.772
2	高欄の色彩	1.813	下層背景の色彩	1.776	橋脚数	1.270
3	視点高さ	1.522	高欄の色彩	1.767	視距離	1.262
4	下部工断面	1.327	桁の色彩	1.353	高欄の色彩	1.141
5	風景	1.319	視距離	1.008	下部工断面	1.138
6	下層背景の色彩	1.232	橋脚数	0.999	風景	1.049
7	橋脚数	1.044	風景	0.952	桁の色彩	1.027
8	上層背景の色彩	1.039	クリアランス	0.949	視点高さ	0.998
9	下部工形状	0.933	下部工断面	0.857	視線入射方向	0.997
10	視距離	0.631	上層背景の色彩	0.771	上層背景の色彩	0.836
11	高欄形式	0.578	下部工形状	0.581	高欄形式	0.744
12	クリアランス	0.572	障害物の有無	0.527	下部工形状	0.683
13	主桁形状	0.418	高欄形式	0.524	障害物の有無	0.604
14	視線入射方向	0.332	視線入射方向	0.427	検査路・添架物	0.445
15	照明柱	0.245	平面形状	0.356	平面形状	0.400
16	平面形状	0.218	排水管	0.308	並列橋	0.324
17	障害物の有無	0.210	並列橋	0.285	排水管	0.261
18	検査路・添架物	0.174	主桁形状	0.280	照明柱	0.211
19	並列橋	0.172	照明柱	0.228	クリアランス	0.205
20	排水管	0.151	検査路・添架物	0.162	主桁形状	0.102

次に、A橋のデザイン要素をアイテム／カテゴリとして入力し、先に分析した数量化理論Ⅰ類におけるスコアから形容詞ごとの評価を計算した。具体的な算出方法は以下のとおりである。①被験者の選択（女子学生、男子学生、橋梁技術者）、②カテゴリの選択（1.主桁形状から20.障害物の有無までのカテゴリを選択する）、③選択したカテゴリ（選択した場合1、そうでない場合は0）にスコアを乗じる作業を形容詞ごとに計算する。結果を表6に示す。

ここでも、”自然な”と”風景に溶け込んでいる”が高い評価となっており、デザインコンセプトとよく合致していることがわかる。特に”風景に溶け込んでいる”は橋梁技術者も評価が0.6以上と高い値となっている。 ”調和のとれた”は3被験者ともに評価が低い、負の値にはなっていないため、まだ許容できると考えられる。一方、”美しい”は全体的に評価が低い、負の値になっている被験者も存在する。この理由として、”美しい”は総合評価であると考えられるために、美しいと他の形容詞とが複雑に関係しあっているためと考えられる。この美しいの評点を上げるためにデザイン要素をどのように変えていけばよいのかは次の段階の試行となるが、他の形容詞の評価も関係してくるために試行錯誤が必要になる。

次に、評価に影響を与えているデザイン要素を抽出するために、感度解析を行った。A橋のアイテム／カテゴリを1カテゴリづつ変化させ、数量化理論Ⅰ類で分析したスコアから形容詞ごとの評価を算出した。スコアの具体的な算出方法は①被験者の選択（女子学生、男子学生、橋梁技術者）、②カテゴリの選択（1.主桁形状から20.障害物の有無までの60カテゴリを1つづつ変化させて選択する）、③選択したカテゴリ（選択した場合1、そうでない場合は0）にスコアを乗じる作業を形容詞ごとに計算する。

このようにして算出した形容詞ごとのスコア合計値（1～60）からアイテム（1～20）ごとにレンジ（最大値－最小値）を算出した。このレンジが高い方が評価に与える影響が大きいと判断できる。このレンジと第1次感性として設定した4つの形容詞と重み（自然な[+1.0]、調和のとれた[+1.0]、風景に溶け込んだ[+1.0]、美しい[+0.5]）から、偏相関合計値に変わるものとしてアイテムごとのレンジ合計を計算した結果を表7に示す。

A橋のデザイン要素から感度を算出し、偏相関係数に代わるレンジを計算し、設定した4つのデザイン要素と重みからレンジ合計を求めた。表4の偏相関合計値と表7のレンジ合計とを比較すると、女子学生では下部工形状の順位が若干差があるものの、上位の7アイテム程度（桁の色彩、視点高さ、高欄の色彩、下部工断面、下層背景の色彩、風景、橋脚数など）は同じである。男子学生でも、同様の傾向で、下部工形状で順位に差があるものの、上位7アイテム程度（桁の色彩、視点高さ、高欄の色彩、視距離、下層背景の色彩）ではその順位はほぼ同じである。橋梁技術者でも、上位5アイテム程度（下層背景の色彩、橋脚数、視距離、高欄の色彩、風景など）はほぼ同じ順位である。また、主桁形状、照明柱、排水管、検査路・添架物、平面形状、並列橋などのアイテムは3被験者ともに偏相関合計と

レンジ合計ともに順位が低い

したがって、A 橋のデザイン要素を感度分析した結果から、偏相関合計値により重要アイテムを選定する方法は妥当であるといえる。

6.2 B 橋における適用

(1) 橋梁諸元

この橋の諸元を以下に載せる。

- ・橋長：61.90m
- ・橋格：一等橋（TL-20）
- ・上部工形式：鋼 2 径関連連続非合成鉄桁橋
- ・下部工形式：壁式橋脚
- ・支間割り：37.10m+24.00m
- ・幅員：車道 9.000m, 歩道 2.500m×両側
- ・斜角：82°-00'-00"
- ・平面線形：直線

- ・適用示方書：道路橋示方書・同解説 平成 2 年 2 月

この橋は都市内を流れる河川に架橋された橋で、周辺は住宅地が多い。下流約 200m に赤色のトラスドラングーの橋が架橋されている。隣接する赤色のトラスドラングーに埋没されない橋となるように計画・設計された。景観コンセプトは、上位計画、周辺環境などから”風景の中のバランス（個性とシンボルの両立）”として設定された。

(2) デザインコンセプトからの代替案作成時の留意事項

設定した景観コンセプトを第 1 次感性として、さらに第 2 次の感性に展開した。ここでは、隣接する赤色のトラスドラングーに埋没されないで個性とシンボル性を出すように、”印象的（+1.0）”、”カラフル”（+1.0）”、”個性的（+1.0）”、”象徴的（シンボリック）（+1.0）”を第 2 次感性とした。”美しい”は A 橋と同様の理由で 0.5 の重みとした。この感性の展開方法については決まった方法はない。あくまで、デザインコンセプトや景観検討時においてよく用いられた感性を中心にして抽出し、デザイン要素との関係がわかっている 43 項目の形容詞につながるように選定している。

(3) 適用例と考察

前述の 5 つの第 2 次感性と重みを A 橋と同様に式(1)から式(3)の方法で、被験者ごとに偏相関合計値を算出した結果を表 8 に示す。

3 被験者共に偏相関合計値が高いアイテムは、桁の色彩と高欄の色彩であり、他のアイテムに比べてその合計値は突出している。背景の色彩（下層）も男子学生と女子学生では偏相関合計値の順位は比較的高く、橋梁技術者でも順位は 12 番目である。印象的、カラフル、個性的、象徴的といった形容詞には色の影響が特に大きいと考えられる。

下部工形状や下部工断面の順位が 3 被験者共比較的高いのも特徴である。視点高さや風景の順位も 3 被験者共比較的高い。

このように、桁や高欄の色、下部工、視点高さなどに特に注意して代替案を作成することがよいと考えられる。

表-8 偏相関合計値（B橋）

順位↓	女子学生		男子学生		橋梁技術者	
	アイテム	偏相関合計	アイテム	偏相関合計	アイテム	偏相関合計
1	桁の色彩	4.087	高欄の色彩	4.163	桁の色彩	4.248
2	高欄の色彩	4.032	桁の色彩	4.075	高欄の色彩	4.026
3	下部工形状	3.168	下層背景の色彩	3.348	下部工形状	3.119
4	風景	3.094	下部工断面	3.240	下部工断面	2.954
5	下層背景の色彩	2.955	下部工形状	3.182	視点高さ	2.912
6	視点高さ	2.875	橋脚数	3.134	高欄形式	2.702
7	上層背景の色彩	2.365	風景	3.130	風景	2.446
8	下部工断面	2.292	クリアランス	2.907	視距離	2.301
9	クリアランス	2.278	視点高さ	2.689	排水管	2.288
10	橋脚数	1.877	高欄形式	2.483	橋脚数	2.216
11	高欄形式	1.682	視線入射方向	2.305	平面形状	1.998
12	視距離	1.472	視距離	2.202	下層背景の色彩	1.917
13	視線入射方向	1.263	上層背景の色彩	1.989	視線入射方向	1.887
14	主桁形状	1.252	並列橋	1.485	上層背景の色彩	1.856
15	照明柱	1.202	照明柱	1.334	照明柱	1.404
16	排水管	1.048	排水管	1.287	検査路・添架物	1.354
17	障害物の有無	0.700	主桁形状	1.138	障害物の有無	1.255
18	平面形状	0.687	障害物の有無	1.061	並列橋	1.212
19	検査路・添架物	0.671	平面形状	0.715	クリアランス	0.858
20	並列橋	0.591	検査路・添架物	0.452	主桁形状	0.662

一方、3 被験者共に偏相関合計値が低いアイテムは、主桁形状、平面形状、並列橋、障害物の有無、検査路・添架物、照明柱などであり、これらのアイテムは、被験者ごとに評価の高いアイテム／カテゴリを選択してデザイン案を作成する必要はないと考えられる。

(4) 検証

B 橋の写真を別の被験者に見てもらい、写真からうける印象を抽出した。被験者は、工学部の学生（女子学生 10 名、男子学生 10 名）および橋梁技術者 7 名であり、アンケート用紙に 5 段階（-2,-1,0,+1,+2）の SD 尺度による評価を記入してもらった。表 9 にアンケート結果の平均値を載せる。

美しい以外の 4 つの形容詞では、男子学生と女子学生で評価点が 1.1 以上と非常に高い値となっている。橋梁技術者でも 1.0 以上と非常に高い。B 橋の印象は設定した形容詞によく合致しているといえる。

美しいは、女子学生で 0.4、男子学生で 0.5 と、他の 4 つの形容詞の評価点までは高くないが、やや美しいの分類になると考えられ、アンケート結果はほぼ妥当であろうと考えられる。橋梁技術者の美しいの評価点はほぼゼロに近い。この理由として、”美しい”は総合評価であると考えられるために、美しいと他の形容詞とが複雑に関係しているためと考えられる。

表-9 B橋のアンケート結果

	女子学生	男子学生	橋梁技術者
印象的	1.6	1.5	1.286
カラフル	1.3	1.1	1.000
個性的	1.6	1.4	1.286
象徴的	1.3	1.3	1.143
美しい	0.4	0.5	-0.143

表-10 B橋の評価

	女子学生 スコア合計	男子学生 スコア合計	橋梁技術者 スコア合計
印象的	1.018	1.129	1.026
カラフル	1.231	0.976	0.822
個性的	1.223	1.154	1.198
象徴的	0.966	1.167	0.786
美しい	0.270	0.415	0.291

次に、A 橋と同様に、B 橋のデザイン要素をアイテム／カテゴリとして入力し、先に分析した数量化理論Ⅰ類におけるスコアから形容詞ごとの評価を計算した。具体的な算出方法は A 橋と同じである。結果を表-10 に示す。

ここでも、美しい以外の 4 つの形容詞の評価点は非常に高い。美しいも+0.270～+0.415 とやや美しいに分類されている。設定した形容詞のイメージとよく合致しており、結果は妥当であるといえる。

7. 結論

本研究では、住民参加による合意形成の場において提示しなければならない代替案を効率的に作成するために、各被験者の評価に影響を与えているデザイン要素を重点的に代替案に反映させる方法を示した。43 項目の形容詞と 90 橋の桁橋のアンケート調査から、評価に影響を与える度合いを示す指標として、数量化理論Ⅰ類により分析した偏相関係数を用いた。デザインコンセプトから展開される複数の形容詞への展開方法および被験者ごとに作成する代替案を偏相関係数の合計値をもとにしてその順位の高いアイテムから優先的に考慮していく方法を示した。

そして、検証用の桁橋を別の被験者に見せて、設定したイメージ形容詞の評価点が高くなることを確認した。さらに、検証用の桁橋のデザイン要素を変化させた感度解析を行い、偏相関係数により算出したアイテム順位とほぼ同じ結果になることを確認した。

この方法により、被験者ごとに作成する代替案で優先的に考慮するアイテムとそうでないアイテムとを選定することができる。

今後の課題は以下のとおりである。

(1) デザインコンセプトから第 1 次感性、第 2 次感性へと展開していく際の展開方法を確立する必要がある。その際、重みの付け方や“美しい”という形容詞を感性にどのよう

に取り入れていくかを美しいの重みも含めて検討する必要がある。

(2) 今回対象とした被験者である学生と橋梁技術者以外の被験者、すなわち、子供、学生、会社員、主婦、高齢層あるいは男性と女性、職種の違いなど実に多様な感性が存在することは事実である。これらの多様な感性を収集し、基礎となる感性 DB を充実させていく必要がある。

参考文献

- 1) 長町三生：感性工学，海文堂，1989.
- 2) 長町三生：感性工学のおはなし，日本規格協会，1995.7.
- 3) (社)土木学会 中国支部 ちゅうごく土木未来委員会 感性工学手法に基づく土木構造物の評価・設計システムに関する研究小委員会：感性工学手法に基づく土木構造物の評価・設計システムに関する研究（中国地方における土木の今後のあり方に関する調査）平成 10 年度 報告書，1999.3.
- 4) 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.
- 5) 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.
- 6) 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.
- 7) (社)土木学会コンサルタント委員会 市民合意形成小委員会：合意形成プロデュース ～コンサルタントの新しい役割～，pp5-40，2003.6.
- 8) (社)日本橋梁建設協会：橋梁年鑑，昭和 62 年～平成 5 年

(2003 年 9 月 12 日受付)