橋梁の計画・設計に用いる合意形成用 感性マトリクスの作成

保田 敬一¹・白木 渡²・井面 仁志³

¹正会員 株式会社ニュージェック 道路グループ (〒531-0074 大阪市北区本庄東2-3-20)

E-mail : yasudakc@newjec.co.jp

²正会員 香川大学教授 工学部 (〒761-0396 香川県高松市林町2217-20)

E-mail : shiraki@eng.kagawa-u.ac.jp

³正会員 香川大学教授 工学部 (〒761-0396 香川県高松市林町2217-20)

E-mail : inomo@eng.kagawa-u.ac.jp

本研究では、感性性能はデザインコンセプトとの合致性能とデザイン要素への配慮性能の両面から合意形成が図られるべきであると考え、性能マトリクス上にプロットした異なる被験者属性の評価を合意形成の場において瞬時に確認することができるシステムを構築した。ある被験者属性の評価が許容不可領域に位置している場合、偏相関係数の高いデザイン要素を選択してカテゴリを変更し、ほぼ1クリックにて代替案の性能評価が表示できることを確認した。全ての属性に対して標準ライン以上になるように試行錯誤することも可能である。さらに、合意形成経験者にこの問い合わせシステムについてアンケートを実施し、ワークショップ等での使用に際して効果があることを確認した。

Key Words : quick response, estimation, consensus building, performance matrix

1. はじめに

合意形成時に要求される性能は多種多様で、千差万別である。合意形成においては様々な意見を聞いて選択肢を広げ、トレードオフや優先度を調整することになるが、その議論のベースになるのが市民の景観に対する要求性能である。市民が景観に対して求めている事項を共通の要求性能として定義することで、議論における共通の基盤ができる。市民あるいは複数の参加主体がもっている景観に対する要求性能を定義し、性能マトリクスを用いて合意形成を図るという研究はこれまでにほとんどない。景観性能という観点から合意形成を図る方法が確立できれば、設計やリニューアル、維持管理にも反映可能で、その成果が大いに期待できる。

要求性能を満足しているかどうかを議論する際に判定のベースになるのが性能マトリクスである。景観ではこの性能マトリクスは未だ作成されていないが、今後、合意形成が進むにつれ、参加者全員の景観機能、景観性能の議論の共通ベースになる性能マトリクスが整備されていくものと思われる。

著者らは、性能設計体系を目指した感性マトリクスによる橋梁の合意形成に関する研究をこれまで行なってきた^{1)~3)}。合意形成においては、質疑に対する対応などで

コーディネータ側の作業の手戻りを少なくするためのツールの開発が十分でないことが指摘されていることから、合意形成に有効なツールの開発を試みた。性能設計体系に準じた要求性能を感性マトリクスとして2つの異なる評価軸で設定した^{1)~3)}。

本論文の位置付けを以下に示す。これまでの研究^{1)~3)}で行ってきた異なる評価軸による感性評価をより実務的に発展させるため、デザイン変更による感性マトリクス評価を一連の処理としてInternet上で実行でき、異なる被験者の評価を同じマトリクス上で比較できるツールを構築したことが本論文の特徴である。そして、開発したツールの使用例として、将来間違いなく生じるであろうリニューアル時における解説を述べる。ここでは、デザイン要素の変更による再評価やデザインコンセプトの再設定の方法、感性マトリクスへの問い合わせとデザイン要素の変更などを概説する。性能マトリクス上に異なった2つの性能からなる指標をプロットすることで、関係者間の性能の相違が明確になり、代替案のデザイン要素を何回も変更してその都度各被験者の評価をやり直さなければならない場合など、合意形成時の一つのツールとして活用できると考える。

本研究では、感性性能はデザインコンセプトとの合致性能とデザイン要素への配慮性能の両面から合意形成が図られるべきであると考えた。2つの軸による性能マトリクス上にプロットした異なる被験者属性の評価を合意形成の場においてInternet上で確認することができる問合せシステムを構築する。ある被験者属性の評価が許容不可領域に位置している場合、偏相関係数の高いデザイン要素を選択してカテゴリを変更し、ほぼ1クリックにて代替案の性能評価が表示できることを確認する。全ての属性に対して標準ライン以上になるように試行錯誤することも短時間で可能である。さらに、合意形成経験者にこの問合わせシステムについてアンケートを実施し、ワークショップ等での使用に際して効果があることを確認する。

2. 合意形成と要求性能の関係

合意形成においては様々な意見を聞いて選択肢を広げ、トレードオフや優先度を調整することになるが、その議論のベースになるのが市民の景観に対する要求性能である。市民が景観に対して求めている事項を共通の要求性能として定義することで、議論における共通の基盤ができる。そして、トレードオフや優先順位付けの段階で参加者全体の公平さの維持あるいは特定の参加主体の不利益になるケースの回避につながるからである。景観性能という観点から合意形成を図る方法が確立できれば、設計やリニューアル、維持管理にも反映可能で、その成果が大きいと期待できる。

合意形成時に要求される性能は対象とする事業種別や、事業段階、構造物の種類、地域特性などによって異なるために、設計に取り入れるという目的ではこれまで整理さえされてこなかった。しかし、1999年頃から性能設計に関する議論がされ始めた結果、2001年4月に土木学会から刊行された「環境負荷低減型土木構造物設計ガイドライン」⁴⁾は、図-1に示すように、設計において要求機能や要求性能を定義したもので、景観という機能に対して要求される性能を階層構造で示した初めてのものである。これまで、要求機能は経済性や安全性、使用性、施工性などしかなかったものが、環境要求性能として、環境負荷と景観とが同レベルで定義されたことが大きい。これにより、景観特性という機能と性能とが一つの設計体系の元で検討されることになった。しかし、図-1において、景観に対する定量的な指標がないことが課題の一つとなっている。

前述の「環境負荷低減型土木構造物設計ガイドライン」より、景観が機能として定義されたことから、次に要求機能を性能へ、そして具体的なデザイン、物理的特

図-1 目的・機能・性能の評価項目の階層図

性へと展開していく必要がある。この要求性能から具体的なデザインへと展開していくのは、コンセプトブレイクダウンモデルと呼ばれ、自動車などの商品開発では通常に行われている⁹⁾。しかし、社会資本整備でコンセプトブレイクダウンモデルを使用する際、様々な問題点がある。一つは、合意形成を各段階で実施しなければならないのと事業段階や目的によって合意形成のシナリオが変わってくることであり、もう一つが、景観評価が人によって異なることから全ての段階、全ての利害関係者に共通する評価指標を作成することが困難であること、最後に、評価には客観や透明性、公平性などが求められるが、コンセプトブレイクダウンモデルでの議論の共通ベースになる要求性能を満足したかどうかを判定するための指標がないことがあげられる。

要求性能を満足しているかどうかを議論する際に判定のベースになるのが性能マトリクスである。性能マトリクスは耐震を対象にしたものが、米国などでは既に作成されている。

合意形成の手法としてはVRMLやGIS、VRなどを用いた景観シミュレーションが多く報告されている^{6)~9)}。また、合意形成時におけるデザイン要素と感性との関係を把握するためにSOMを用いて視覚的に表現したり¹⁰⁾、合意形成に必要な代替案の作成を支援するシステムを構築した研究^{11)~12)}もある。同じく、住民の意見や嗜好を取り入れて住民への景観案提示をスムーズに行うためおよび意思決定を支援するシステムを構築した研究もある¹³⁾。このように、合意形成の各段階で市民に対して、景観シミュレーションや代替案、景観構成要素を一部変更した場合の評価などを視覚的にみせるツールの開発が行われているが、いずれも、性能マトリクスは用いていない。また、市民あるいは複数の参加主体がもっている景観に対する要求性能を定義し、性能マトリクスを用いて合意形成を図るという研究はこれまでにない。

具体的には、表-1に示すように、橋梁技術者というタ

ターゲットが標準ラインよりも下に位置しているならば、橋梁技術者の性能を改善して上げなければならない。やや重要なラインが目標なら、目標未満となっているターゲットの性能が上がるように、代替案のデザイン要素のカテゴリ選択を変えるなどの変更を余儀なくされる。ただし、代替案のデザイン要素を変更すると、現在合格点を受けている関係者の評価も変動するため、何回かの試行錯誤が必要となるという課題があった。このように、性能マトリクスにて各関係者の位置を判定した後に、デザイン要素（アイテム）を変更し、目標レベル未満となっているターゲットの評価をどうやって上げればよいかは試行錯誤が必要であり、より効率的な方法が求められる。

3. 感性マトリクスの定義

感性性能（Rk）は、式(1)に示すように、デザインコンセプトとの合致性能（R1）とデザイン要素への配慮性能（R2）の両面から議論あるいは合意形成が図られるべきであると考えた。

$$Rs = f(R1, R2) \quad (1)$$

デザインコンセプトとの合致度合いとは、橋梁計画の際に設定するデザインコンセプト（短い文章から成る）から展開される複数のイメージ形容詞（感性）に関係者のイメージがどの程度合致しているのかを示す指標であり、この合致度合いが高いほど、自身の感性によく合致し、複数のイメージ形容詞における評価が高いことを示している。

デザイン要素への配慮性能とは、代替案における複数のデザイン要素（桁の色や形、下部工の形状や色、付属物、視点場の要素）で評価のよくなるデザイン要素がどの程度あるかを示す指標である。このデザイン要素の数が多く、しかも、各分類（色、形、付属物、視点場）で均等により評価を得ている方が配慮性能が高いといえる。

このように、2つの異なる性能の軸にて評価することのメリットは、一つの性能での評価が低くても、もう一つの性能の評価が高ければ標準線に合致するという点である。両方の軸の性能が高くなければならないというのは最適解が無い可能性もある。景観の評価のように、お互いのデザイン要素が何らかの関係を持っている場合、ターゲットとなる感性の評価を上げるために一つのデザイン要素を変更しても他の感性の評価も変動する可能性が高い。単純に評価の高くなるアイテム／カテゴリだけを抽出しても全体として評価が高くなるかどうかは未知数である。デザイン要素の変更とその評価の把握を何回か試行錯誤しないとデザインコンセプトに合致した解は

表-1 感性マトリクスの例

		デザインコンセプトとの合致性能 (R1)			
		低い	中位 (1)	中位 (2)	高い
デザイン要素への配慮性能 (R2)	低い	許容不可領域	許容不可領域	許容不可領域	標準ライン
	中位 (1)	許容不可領域	許容不可領域	男子学生	
	中位 (2)	許容可領域			重要
	高い		橋梁技術者		

$$Te = \sum Cs \cdot Sc \quad (2)$$

ここに、 Te : 各形容詞の合計スコア

Cs : 数量化理論Ⅰ類により分析した形容詞ごとの
のカテゴリスコア

Sc : 選択したカテゴリ (1 or 0)

Cs		カテゴリ番号										Te	$Cs \cdot Sc$		
		1	2	3	...	8	9	10							
形容詞	1											1	0.54		
	2											2	0.32		
	3											3	0.33		
	...											...			
	18											18	0.12		
	19											19	0.43		
	20											20	0.65		
×															
Sc		カテゴリ番号													
		1	2	3	...	8	9	10							
選択した カテゴリ		1	0	0		0	1	0							

図-2 カテゴリ変更に伴う評価を計算するフロー

導出できない。したがって、こういった試行錯誤を行うためのツールが必要といえる。

(1) デザインコンセプトとの合致性能

既往の研究¹⁴⁾にて実施した、複数の感性ワードとデザイン要素との関係をカテゴリスコアにて表現した値を用いてデザインコンセプトとの合致度合いを数値化する。具体的には、代替案のデザイン要素（カテゴリ選択）にて得られる形容詞ごとの評価の中で、デザインコンセプトから展開される感性にいくつ合致するか、すなわち、デザインコンセプトから展開される感性の評価（スコアの合計値）がプラスになる数を合致性能と定義した。この数が多いほど、デザインコンセプトとよく一致していることになる。計算方法を図-2に示す。

まず、代替案のアイテム／カテゴリを選択した後（図-3参照）、例えば、デザインコンセプトから展開された形容詞とそのスコア合計が「風景にとけ込んでいる

(-0.299) , 「親しみやすい (0.0247) 」 , 「素材感のある (0.2806) 」 , 「美しい (-0.216) 」 の4つなら (図-4 参照) , 各形容詞のスコア合計がプラスの数に2となる。このプラスの数が高いほど、デザインコンセプトとの合致度は高いとする。このスコア合計が全てマイナスならばデザインコンセプトとは一致していないということになる。

各感性のカテゴリ変更に伴う合計スコアは式(2)により算出する。

$$Te = \sum Cs \cdot Sc \quad (2)$$

ここに、 Te : 各感性の合計スコア、 Cs : 数量化理論 I 類により分析した感性ごとのカテゴリスコア、 Sc : 選択したカテゴリ (1 or 0)

(2) デザイン要素への配慮性能

ここでも、既往の研究³⁾にて実施した、複数の感性ワードとデザイン要素との関係をカテゴリスコアにて表現した値を用いてデザインコンセプトとの合致度合いを数値化する。具体的には、デザインコンセプトから展開した複数のイメージ形容詞とその重みから、形容詞ごとのカテゴリスコアに重みを乗じたものを総和し、カテゴリ毎にスコアを合計する。計算方法を図-5に示す。

各カテゴリのスコア合計は式(3)により算出する。

$$Ts = \sum Cs \cdot w \quad (3)$$

ここに、 Ts : 各カテゴリのスコア合計、 Cs : 数量化理論 I 類により分析した感性ごとのカテゴリスコア、 w : 感性に乘じる重みである。

まず、デザインコンセプトから展開される形容詞とその重みを入力した後、出力されるアイテム/カテゴリごとのスコア合計に着目する。このスコア合計が高い方が評価に与えている影響が大きいと考え、アイテムの大分類 (形式、色彩、付属物、視点場) の要素ごとにスコア合計を集計する。形式、色彩、付属物、視点場のスコア合計でプラスの値になる分類項目の数が多いほど、デザイン要素への配慮度合いが高いと判断する。図-6の例では、形状と色のスコアがプラスになっており、評価に対してよい影響を与えているのに対し、付属物と視点場は負の数値であり、評価には逆の影響を与えていることになる。

4. 感性マトリクスの位置を変更する方法

3章で、性能マトリクス上へのプロットとして、デザインコンセプトとの合致性能およびデザイン要素への配慮性能という2つの評価軸を示した。ここで、カテゴリスコアは2つの評価軸の得点を上げるための共通の数値である。一般的には、橋梁の設計においてデザインコン

図-3 代替案のカテゴリ選択

形容詞番号	形容詞	スコア合計
1	女性的な	-0.1910202
2	若々しい	-0.6237455
3	安定感のある	-0.741669
4	自然な	-0.2898728
5	実用的な	-0.0920292
6	直線的な	1.2837927
7	モダンな	-0.1608106
8	都会的な	-0.0282881
9	しゃれた	-0.2499276
10	存在感のある	-0.1693589
11	親しみやすい	0.0247465
12	美しい	-0.2161007
13	風景に溶け込んでいる	-0.2990618
14	すっきりとした	-0.5410423
15	暖かみのある	-0.1821365
16	印象的な	-0.0042861
17	バランスの取れた	-4.490679999999999E-02
18	素材感のある	0.2906212
19	ゆとりのある	-0.2433594
20	立体感のある	0.2061062
21	飽きのこない	-0.12264
22	機能的な	0.0787957
23	ソフトな	-0.4187663
24	可愛い	-0.2668723

図-4 形容詞ごとのスコア合計表示

$$Ts = \sum Cs \cdot w \quad (3)$$

ここに、 Ts : 各アイテムカテゴリの合計スコア

Cs : 数量化理論 I 類により分析した形容詞ごとのカテゴリスコア

w : デザインコンセプトに乘じる重み

Cs		カテゴリ番号								w	
		1	2	3	...	8	9	10			
形容詞	1									1	1.0
	2									2	0.0
	3									3	1.0
	...									...	
	18									18	0.0
	19									19	2.0
	20									20	1.0

図-5 カテゴリの合計スコアを計算するフロー

選択した形容詞のスコア合計を表示

被験者	女子学生
選択した形容詞番号	選択した形容詞
12	美しい
13	風景に溶け込んだ
16	印象的な
32	カラフルな
35	個性的な
37	象徴的な

アイテム	カテゴリ	スコア合計	-	+
1. 主桁形状	①等断面	0.098006	*	
	②変断面	-0.32202	**	
2. 平面形状	①直線桁	-0.05148		
	②曲線桁	0.238099	**	
3. 桁の色彩	①赤	1.068475	*****	
	②青	-0.56003	*****	
	③アイボリー	0.18936	*	
	④茶	0.659009	*****	
	⑤灰	0.606693	*****	
	⑥緑	-1.15836	*****	
4. 高欄の色彩	①灰	-1.39043	*	
	②茶	0.096083	*	
	③白	0.710417	*****	
	④緑	1.77641	*****	
5. 下部工形状	①張出式	-0.15474	*	
	②柱式	0.205924	*	
	③長方形	0.757615	*****	
	④逆台形	-2.09655	*****	
6. 下部工断面	①円形	0.063872	*****	
	②矩形	-1.36023	*	
	③小判	0.52069	*****	
	④1基	0.506906	*****	
	⑤2基	0.545907	*****	
	⑥3基	-0.57888	*****	
	⑦4基	0.076655	*	
	⑧5基以上	-0.20899	*	
8. 高欄形式	①壁	0.83897	*****	
	②縦棧	-0.11443	*	
	③横棧	-0.31627	**	
9. 排水管	①有り	-0.1801	*	
	②無し	0.120064	*	
10. 照明柱	①有り	-0.2295	**	
	②無し	0.564918	*****	
11. 検査路、添架	①有り	-0.15475	*	
	②無し	0.030951	*	
12. 視距離	①近景	-0.4039	*****	
	②中景	0.578564	*****	
13. 視線入射方向	①側面	-1.27361	*****	
	②斜側方	0.107413	*	
14. 視点高さ	①上	1.255316	*****	
	②水平	-0.49992	*****	
	③下	-0.32276	**	
15. 風景	①山岳	-1.50835	*****	
	②平地	0.856818	*****	
	③河川	-0.19763	*	
16. 背景の色彩_上層	①白	-0.9218	*****	
	②緑	0.634676	*****	
	③青	0.057849	*	
	④茶	0.168153	*	
	⑤緑	0.199087	*	
17. 背景の色彩_下層	①黒茶	-0.82038	*****	
	②青	1.673413	*****	
	③灰白	0.149787	*	
18. クリアランス	①大	1.295958	*	
	②中	-0.34368	**	
	③小	-0.04193	*	
19. 並列橋の有無	①有り	-0.17897	*	
	②無し	0.035794	*	
20. 障害物の有無	①有り	-0.21159	*	
	②無し	0.122497	*	

B橋のカテゴリ	スコア×カテゴリ	分類
1	0.098006	形状
0	0	
0	0	
1	0.238099	形状
1	1.068475	
0	0	
0	0	
0	0	色
0	0	
0	0	
0	0	
1	-1.39043	
0	0	色
0	0	
0	0	
1	0.205924	
0	0	形状
0	0	
1	0.063872	
0	0	形状
0	0	
0	0	
1	0.545907	
0	0	形状
0	0	
0	0	
1	-0.11443	形状
0	0	
1	-0.1801	付属物
1	-0.2295	付属物
0	0	
0	0	付属物
1	0.030951	
0	0	視点場
1	0.578564	
0	0	視点場
1	0.107413	
0	0	
1	-0.49992	視点場
0	0	
0	0	
0	0	視点場
1	-0.19763	
1	-0.9218	
0	0	色
0	0	
0	0	
0	0	
0	0	
1	1.673413	色
0	0	
0	0	
1	-0.34368	視点場
0	0	
1	-0.17897	視点場
0	0	
0	0	視点場
1	0.122497	
形状の合計	1.037381	
色の合計	0.42966	
付属物の合計	-0.37864	
視点場の合計	-0.41173	

図-6 形状、色彩、付属物、視点場のスコア合計

セプトは最初に設定する景観設計の基本であり、この内容は設計完了まで変更はされない。合意形成において変更が可能なのはデザインアイテムだけであり、デザインコンセプトおよび各感性の重みは変更できないと仮定する。デザインコンセプトとの合致性能を上げるには、代

替案のカテゴリを修正してからコンセプトと関係する複数の感性のスコア合計から判断することになるため、どのアイテム／カテゴリを修正するかが重要となる。一方、デザイン要素への配慮性能を上げるには、選択されたカテゴリにスコアを乗じ、4つの分類（形状、色彩、付属物、視点場）ごとに合計したスコア×カテゴリで負の数になっている分類項目を選択し、その分類におけるカテゴリを変更することになる。

5. システム構築

本研究では、被験者属性ごとの性能マトリクス表示をシステム化するにあたり、XML (eXtensible Markup Language) を採用している。本研究でXMLを採用した理由は、①他のシステムとのデータ交換の容易さ、②新規の住民属性による感性アンケート結果をDBに追加することが容易であること、③インターネット上での利用に適しており、ブラウザさえあればシステムが稼動すること、すなわち、合意形成の公聴会などで住民から即座に答えを要求される場面でもQuick Responseによる即答性が高いことなどである。情報公開に対しても、XMLはインターネットでの閲覧が可能であり、誰でも何処からでも参照ができることが特徴である。

必要となるデータは、数量化理論Ⅰ類による分析結果から得られた、異なった属性ごと、43項目の形容詞ごとのカテゴリスコアであり¹⁴⁾。これら必要となるデータをXML化した。

XMLインスタンスの例を図-7に示す。図-7では、属性として女子学生、形容詞が”女性的な”に対する数量化理論Ⅰ類の分析結果が表示されている。スコアのタグが1から20までアイテムの個数だけあり、それぞれ、偏相関係数が格納されている。

このXMLデータをブラウザで読み込んで、DOM (Document Object Model) +VB scriptによる処理を行なつて、計算と表示を行なっている。

6. デザインコンセプトから感性マトリクスへの展開

(1) 対象橋梁諸元

ある橋を対象に、実際の合意形成の場においてデザインコンセプトを設定した際に Quick Response による合意形成を図るべく、構築したシステムに問い合わせる感性性能マトリクスを作成することを試みた。

合意形成に用いたB橋の諸元を以下に示す。

- ・橋長：61.90m

```

- <IfcKansei id="kansei-11">
  <GlobalId>kansei-11_e.xml</GlobalId>
  - <OwnerHistory>
    <IfcOwnerHistory />
    </OwnerHistory>
    <Name />
    <ObjectType>Quantification theory 1</ObjectType>
    <subject_of_questionnaire>female
    students</subject_of_questionnaire>
  - <Image no="1" name="feminine">
    <multiple_correlation_coefficient>0.8148387</mul
    tiple_correlation_coefficient>
    <score_Plan_view id="1"
    partial_correlation_coefficient="0.2204288"
    range="0.2085048" uniform="0.0486511"
    transform="-0.1598537" />
    <score_Shape_of_main_girders id="2"
    partial_correlation_coefficient="0.2552737"
    range="0.2929493" straight="-0.0520799"
    curved="0.2408694" />
    <score_Color_of_Girders id="3"
    partial_correlation_coefficient="0.568142"
    range="0.7137791" red="0.4422395"
    blue="-0.2715396" ivory="0.0517182"
    brown="0.0975226" gray="-0.2704755"
    green="-0.1224048" />
    <score_Color_of_balustrades id="4"
    partial_correlation_coefficient="0.5860525"
    range="0.7316976" gray="-0.4379806"
    brown="-0.0076937" white="0.293717"
    green="0.1291134" />
    <score_Shapes_of_substructures id="5"
    partial_correlation_coefficient="0.2562087"

```

図-7 XML インスタンス

- ・橋格：一等橋 (TL-20)
- ・上部工形式：鋼2径関連続非合成鋼桁橋
- ・下部工形式：壁式橋脚
- ・支間割：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) 感性ワードへの展開

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項目の形容詞に展開するようにしている。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、カラフル、個性的、象徴的（シンボリック）、風景に溶け込んだ、美しいを第2次感性とした。

図-8 問合せ画面の例

図-9 感性性能の出力例

(3) マトリクス作成システムへの問い合わせ

B橋の1つの代替案におけるデザイン要素をアイテム／カテゴリとして入力し、構築したシステムに問い合わせた。デザインコンセプトとの合致性能およびデザイン要素への配慮性能をプロットした性能マトリクスを求める場合、図-8のようにシステムへの問い合わせをWeb上で行う。男子学生、女子学生および橋梁技術者の各々の景観性能の問い合わせ結果を図-9に示す。ここで、図-9にて示される○、◆、□は女子学生、男子学生および橋梁技術者における感性性能をマトリクス上にプロットしたものである。図-9では、男子学生の評価が許容不可領

域に位置しているが、女子学生および橋梁技術者の評価は標準ライン以上となっている。

(4) デザイン変更による代替案作成

次に、図-9のマトリクス上で許容不可領域に位置している男子学生の評価を上げるために、デザイン要素の変更による代替案の作成を行う。ここでは、評価への影響度が大きいと考えられる偏相関係数の高いアイテムである高欄の色彩を白に変更する。結果、男子学生および女子学生の評価が1ランク上昇し、全ての被験者属性の評価が標準線以上に位置するようになる。この操作は、図-8の画面にて、ほぼ1クリックの操作で結果として図-10の画面が瞬時に得られるため、Quick Responseによる合意形成には適していると言える。

図-10 代替案のマトリクス出力例

7. リニューアル時の適用例

(1) 橋梁諸元

供用している橋梁をリニューアルする場合の適用例を示す(写真-1参照)。このT橋は設計当時の概要を引用する限り、デザインコンセプトの設定等は行われておらず、あくまで経済性や施工性を重視した形式になっていると推察される。橋の下を横過する道路の交差条件の関係で、不均等な支間割りとなっており、それが主桁の桁高変化となって現われている。橋梁諸元は以下のとおりである。

- ・橋長：99.00m
- ・橋格：一等橋 (TL-20)
- ・上部工形式：鋼2径間連続鋼床版箱桁橋
- ・下部工形式：柱式橋脚
- ・支間割り：32.95+65.00m
- ・幅員：車道 7.50m, 歩道 0.00m
- ・竣工年：平成2年

(2) 景観性能評価

T橋は設計時にデザインコンセプトの設定は行っていないが、設計概要書を引用するといくつかの感性語が出現する。それらは、“親しみやすい”、“風景に溶け込んでいる”、“立体感のある”、“開放感のある”である。これらの感性語からは周辺と一体感のあるゲートをイメージして設計されたものと推察される。この4つの感性語とアイテム/カテゴリから、感性性能評価を試みる(図-11参照)。ここに、○、◆、□は、それぞれ女子学生、男子学生、橋梁技術者の感性性能を表している。設計概要書から推定したコンセプトではあるが、異なる被験者全てにおいて、デザインコンセプトとの合致性能およびデザイン要素への配慮性能は標準ラインを満足し

写真-1 T橋

図-11 T橋の感性性能出力(設計時)

ていない結果となる。これは、評価がデザインコンセプトと合致してなく、かつ、デザインも良くないことを示しているといえる。

(3) デザイン要素の変更による再評価

現時点でデザインの変更可能な要素としては、高欄の色が考えられる。壁高欄は汚れにより黒ずんでおり、汚

れを落として洗浄する等の措置により建造時の白色に修正を試みる。白くする(清掃)だけで印象が大きく変わってくる。評価への影響の大きい桁の色は茶色であるが、この橋は耐候性鋼材を使用しているため、桁の色は原則変更できない。また、線形や支間割り、下部工形状、視点場、付属物等も変更できないことから、高欄の色を変更することで評価がどうなるかを検討した。結果を図-12に示す。

高欄の色を灰色から白に変えることにより、男子学生と橋梁技術者の感性性能評価が改善されることがわかる。しかし女子学生の評価はそのままであり、いぜんとして、3被験者とも標準ラインをクリアするには至っていない。この状況を改善するにはデザインコンセプトの再設定が必要となる。

(4) デザインコンセプトの再設定

架橋後20年以上経過しており、周辺の状況や交通状況等も変化しているため、デザインを専門にしている橋梁技術者により、この橋のリニューアルを行うにあたって、デザインコンセプトを再設定した。デザインコンセプトも建造後数十年そのままというケースは稀で、例えば周辺状況等の変化によりリニューアル等に合わせて柔軟に設定を見直していくことが今後は必要と思われる。

T橋で再設定したデザインコンセプトは、「連続した盛土区間で存在感と風格のある横断空間」である。これを、「存在感のある」、「立体感のある」、「風格のある」、「ダイナミックな」の感性語に展開した。設計時点の「親しみやすく風景に溶け込んでいる」というイメージは評価と一致しないため削除し、代わりにダイナミックさを強調したコンセプトにしている。

(5) 性能マトリクスへの問合せ

再設定したデザインコンセプトおよび、T橋のデザイン要素をアイテム/カテゴリとして構築したシステムに入力し、デザインコンセプトとの合致性能およびデザイン要素への配慮性能をプロットした性能マトリクスを得た(図-13参照)。ここに、○、◆、□は、それぞれ女子学生、男子学生、橋梁技術者の感性性能を表している。女子学生、男子学生、橋梁技術者ともに標準線以上の性能が得られている。男子学生は標準ラインを満足し、女子学生と橋梁技術者はいずれも標準ラインよりも1ランク上の評価になっている。

このT橋の場合は桁の塗装が耐候性であり桁の色を変更できなかったが、桁の色を変更できる場合は、評価改善の自由度が大きくなる。既往の研究¹⁴⁾で得られている感性ごとに評価を高くするためのアイテム/カテゴリを重点的に変更することにより、評価を容易に改善することが可能となる。形式や視点場などはリニューアル時点

図-12 T橋の感性性能出力(高欄の色変更)

図-13 T橋の感性性能出力(コンセプト修正)

で変更することが困難であるが、評価に影響の大きい色彩は塗装色を変えることにより容易に評価を変えることができるといえる。このケースでは色彩を変更するだけで性能マトリクスによる評価が基準値以上となったが、色彩や付属物などを変更しても性能マトリクスの標準ラインを満足しない場合も生じてくると想定される。その場合は、デザインコンセプトの再設定を行い、該当橋梁にあった景観性能を再度模索することになると思われる。

8. ヒアリングによる検証

本研究でシステムとして構築した機能に関して、実際に橋梁予備設計あるいは合意形成に関わっている技術者14名にヒアリングを行なった。

構築したシステムに含まれるXMLデータ、表示用の

スタイルシート (XSL) およびscriptを記述したHTMLファイルなどは、複数の人がインターネット上から見る事が出来るように、特定のサーバにおいた。

設問した内容と結果は以下のとおりである。

設問1. この機能 (カテゴリおよびコンセプト入力による感性性能を被験者毎に表示) は合意形成用の協議をする上で必要と思われるか？

☐はい ☐どちらでもない ☐いいえ

設問2. この機能は形式選定、評価・合意形成などの段階で有効と思われるか？

☐はい ☐どちらでもない ☐いいえ

設問3. この機能はどのフェーズで有効と思われますか (複数回答可) ?

☐計画／企画 ☐予備設計 ☐基本設計

☐詳細設計 ☐リニューアル

☐住民説明 ☐合意形成

設問4. レスポンスはよいですか？

☐はい ☐どちらでもない ☐いいえ

アンケート結果を図-14および図-15に示す。

この機能 (カテゴリおよびコンセプト入力による感性性能を被験者毎に表示) に関しては、ほとんどの人が代替案作成において必要あるいは有効であると回答しており、本システムの有効性が検証できたと考える。また、設問3より、この機能はリニューアル、住民説明や合意形成時に有効なツールとなることが示せたといえる (図-15参照)。

図-14 アンケート結果(1)

図-15 アンケート結果(2)

9. おわりに

本研究では、性能マトリクス上での評価が設計許容範囲外になっている関係者を対象にして、Internet上から代替案作成の性能マトリクス表示を効率的に行う方法を示した。事前に算出しているカテゴリスコアや偏相関係数などをもとに修正するカテゴリを抽出し、いくつかのカテゴリを単独あるいは複数の組み合わせにより変更して、性能マトリクス上での評価が改善されることを確認した。さらに、対象とした関係者以外でも同じ改善したデザイン要素を用いて同様の性能評価を行い、設計許容範囲内になっていることを確認した。このようにして、合意形成の場で性能マトリクスによる評価とカテゴリ変更による改善案の提示を効率的に行うことが可能となった。

今後の課題は以下のとおりである。

(1) 作成した景観性能マトリクスの結果をもとに、各関係者グループ間の合意形成を図っていく必要がある。すなわち、デザインコンセプトとの一致度値の妥当性なども含めて関係者間の合意をとることが求められる。

(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。

(3) 改善案を登録した感性DBから自動抽出することができれば、更なる効率が測れる。その際、橋梁の写真や評価に影響の高いアイテム／カテゴリなどを同時に示すことができればなお効果的である。

(4) 合意形成の場では、改善案を再度CGなどにして関係者間で再評価することが求められるが、本研究ではそれを実施していない。少なくとも、改善案に対する評価をアンケートなりで確認し、複数の関係者の評価がマトリクス上での設計許容範囲に入っていることを確認する必要がある。

参考文献

- 1) YASUDA K., SHIRAKI W. and INOMO H. :Creation And Verification Of Consensus-Building Tool Using Aesthetic Performance Matrix Of Structure, JSKE, Kansei Engineering International Journal, Vol.8, No.2, pp.189-197, 2009.
- 2) YASUDA K. and SHIRAKI W. : Establishment of Kansei Database and Application to Design for Consensus Building, JSKE, Kansei Engineering International Journal, Vol.10, No.1, pp.37-47, 2010.
- 3) 保田敬一, 白木 渡:感性性能マトリクスを用いた橋梁の合意形成用ツールの作成, 第 7 回 構造物の安全性・信頼性に関する国内シンポジウム(JCOSSAR 2011)論文集, 構造物の安全性および信頼性, Vol.7, pp.403-410, 2011.
- 4) 土木学会:環境負荷低減型土木構造物設計ガイドライン, 2001.4.
- 5) 長町三生:感性工学, 海文堂, 1989.
- 6) ハンマード アミン, 杉原健一, 松本直司, 若山 滋, 林 良嗣:都市景観評価における合意形成のための GIS、CG 及び WWW の統合, 土木学会, 土木情報システム論文集, Vol.8, pp.215-222, 1999.10.
- 7) ハンマード アミン, 杉原健一, 林 良嗣:3D-GIS 及びインターネットを用いた都市景観評価の合意形成システム, 土木学会, 土木計画学研究・講演集, Vol.22-1, pp.5-8, 1999.
- 8) 永井英樹, 山中英生, 山口行一, 三谷哲雄:VRMLを用いた景観シミュレーションの利用環境分析, 土木学会年次学術講演会講演概要集第 4 部, Vol.55, pp.316-317, 2000.
- 9) 佐々木崇臣, 山野高志, 吉川 眞:空間データを活用した 3 次元モデルの生成 —歴史的街並みを対象として—, 土木学会年次学術講演会講演概要集第 4 部, Vol.57, pp.123-124, 2002.
- 10) 保田敬一, 白木 渡, 藤原 寛, 堂垣正博:強化学習法を用いた SOM による桁橋景観評価写真の分類と評価, 土木学会, 土木情報利用技術論文集, Vol.12, pp.1-10, 2003.10.
- 11) 保田敬一, 白木 渡, 堂垣正博: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, 構造工学論文集, 土木学会, Vol.50A, pp.287-294, 2004.3.
- 12) 保田敬一, 白木 渡, 堂垣正博:桁橋の景観設計における合意形成用代替案作成支援システムの構築, 土木学会, 土木情報利用技術論文集, Vol.13, I -14, pp.117-124, 2004.10.
- 13) 古田 均, 三雲是宏, 林真理子, 鳴尾友紀子, 堂垣正博:意思決定支援システムによる住民参加型橋梁景観設計手法に関する研究, 構造工学論文集, 土木学会, Vol.51, pp.305-312, 2005.3.
- 14) 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, 土木学会, Vol.45A, pp.543-551, 1999.

(2014.10.27 受付)

BUILDING CONSENSUS MAKING KANSEI MATRIX APPLIED TO BRIDGE PLANING AND DESIGN

Keiichi YASUDA, Wataru SHIRAKI and Hitoshi INOMO

In considering kansei performance, the consensus building has to be carried out from both agreement performance with the design concept and consideration performance to design elements point of views. Thus, in the present study, a system that can confirm immediately the evaluation of the attribute of the different subject plotted in the performance matrix during the consensus building was built. In case the evaluation of a subject attribute is in the not allowable range, design elements with high partial correlation coefficient are selected and their category change and it was confirmed that performance evaluation of the alternative can be displayed with one click. It is possible to make trial and error to all the attributes so that they are placed above the standard line. Moreover, questionnaire was carried out on the system among people who have experienced this consensus building, its effectiveness was confirmed through applications in workshops.