

(5) 橋梁の飽きに影響するデザイン要素に関する一考察

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

土木構造物は単品受注生産で、かつ耐用年数も50年以上と家電や携帯電話等の商品とはかなり特徴を異にするが、近年は両者とも飽きのこないイメージが要求されるようになってきている。本研究では、架橋数の大半を占める桁橋を対象に、飽きのこない橋梁とはどういったデザイン上の特徴をもっているのかをラフ集合を用いて検討した。被験者は橋梁技術者、女子学生および男子学生である。ラフ集合の中でも決定ルールの考え方が最も多く使われており、求められた複数の決定ルール条件部のどの要素がどの程度決定表の結論に寄与しているかを示す指標として、C.I. (Covering Index) という考え方をを用いている。飽きのこないデザイン要素、および飽きのくるデザイン要素をC.I.値を基に考察する。

Key Words : *Kansei evaluation, bridge design, tiresomeness, rough sets*

1. はじめに

道路や橋、トンネル、河川、港湾といった土木構造物は長寿命化修繕計画が策定されるようになり、これまで以上の耐用年数が求められるようになった。結果、長期間“飽きのこない”イメージが要求されるようになってきている。

一方、家電やスマートフォンなどの商品は土木構造物とは異なり、多品種・大量生産、数年程度の寿命と土木とは設定がかなり異なるが、こちらも近年は“飽きのこない”商品開発に力をいれつつある。顧客の囲い込みや販売促進などにつながるためである。このように、商品も土木構造物も両方共に飽きのこないイメージが求められる時代になってきている。

しかし、過去の橋梁景観設計をみても長期間飽きのこないイメージというのはデザインコンセプトでもあまり設定されてこなかったように見受けられる。また、飽きのこない土木構造物とはどういったデザインになっているのか、どのデザイン要素が飽きのこないイメージに影響しているのかという基本的な知見がこれまで不足していたのも事実である。今後、長寿命化される土木構造物にとって飽きのこないデザインは重要であるといえる。

以上の背景より、本研究では、架橋数の大半を占める桁橋を対象にして、飽きのこない橋梁とはどういったデザイン上の特徴をもっているのかをラフ集合を用いて検討した。被験者は橋梁技術者、女子学生および男子学生である。ラフ集合の中でも決定ルールの考え方が最も多く使われており、求められた複数の決定ルール条件部のどの要素がどの程度決定表の結論に寄与しているかを示す指標として、C.I. (Covering Index) という考え方をを用いている。C.I.値の高い決定ルール条件部を考察することで、被験者が飽きのこない橋梁に対して抱いているデザインに要素を抽出する。また、飽きのくる橋梁とはどういったデザインになっているのかもあわせて検討することにより、異なる被験者の評価の違いなども検討する。

以下、本論の構成を述べる。1章では背景と本研究の位置づけを述べ、2章では商品と土木構造物との違いを、3章では飽きのこないイメージを説明する。4章ではラフ集合の概要を、5章ではラフ集合を用いた桁橋の評価として、感性アンケート調査、決定表の作成、選考の決定ルール導出と結果の考察を行う。最後に、6章ではまとめと今後の課題について述べる。

2. 商品と土木建造物の違い

商品と土木建造物とでは違いがある(表-1 参照)。一つ目の違いは、生産方式である。もう一つの違いは、対象物が移動できるか否かである。耐用年数にも違いがある。商品のサイクルは数年と非常に早い。土木建造物は耐用年数を50~100年以上と想定している。

商品の場合、「飽き」という感性が顕在化すると使用されなくなる、あるいは、買い替え対象となるなどの弊害が生じるため、設計段階から「飽き」が生じないように心がけていることが多いといえる。

一方、土木建造物の場合は商品とは少し異なる。商品は触って、操作して、自分の使いやすいようにカスタマイズしてということが出来るが、土木建造物では、見て、少し触れてみるぐらいのことしかできない。したがって、見るということは土木建造物の場合、非常に大きなウェートを占めている。長く見続けていると商品と同じように「飽き」が生じてくることも事実であるが、その後は商品とは違ったシナリオに移行する。土木建造物の場合、「飽き」が生じた後はそれが風景の一部として認識されるようになってくると考えられる。これが商品と決定的に異なる点である。

3. 飽きのこないイメージとは

飽きのこないとは、どれほど楽しんでも尽きることはない、あるいは、どこまでいっても面白い、あるいは、関心が次からつぎへと湧き上がるなどの意味があるとされる。また、別の見方をすると、飽きるとは、刺激になれることと言換えることができる。つまり、人間の精神的な欲求である物欲や自己顕示欲などは、満足となる基準が存在しないため、さらに強い刺激を求め、そこで飽きることが生じるサイクルを繰り返すといわれている。飽きは心理学用語では「心的飽和」と言われ、古くから研究されている。心的飽和とは「特定の同一行為を反復継続して遂行する場合、疲労や単調感などと異なって、継続の努力にもかかわらず、その行為をそれ以上続けることができず、打ち切ってしまうような心的状態」とされ、A.Karstenによって実験的に明らかにされている¹⁾。

土木建造物で心的飽和を考えた場合、よほど見るに堪えない建造物でない限り、見ることを避けるという心的な状態は発生しにくいと考えられる。同じ風景を見続けていると慣れが発生し、建造物が景観の一部として存在するように意識され、全体として風景が構成されるようになることから、心的飽和以外の面も存在すると考えられる。

ここで、既往の研究²⁾により、飽きに対する印象をア

表-1 商品と土木建造物の違い

	商品	土木建造物
品目	家電, スマートフォン, PC, 自動車, 下着, 文具など	橋梁, トンネル, ダム, 道路, 河川, 公園など
生産方式	少品種・大量生産	単品受注生産
場所	移動する	移動しない
耐用年数	2~10年	50~100年

表-2 主観分析によるカテゴライズ²⁾

要因	主な回答例
行動	同じことを繰り返し行うこと/慣れ/マンネリ
興味	興味がなくなる/関心が薄れていく/好き嫌い
対象物の性質	単調/思い入れがない/流行でなくなった
心理	めんどくさくなる/気持ちさがめる/退屈
時間	いつの間にか忘れていく/一時的なもの/徐々に感じてくるもの

ンケート調査した結果を引用する。アンケートの回答の類似度に基づいて分類する主観分析を行い、意味合いの近い語を集めてカテゴライズした結果を表-2に再掲する。結果、飽きの生じる要因として「行動」、「興味」、「対象物の性質」、「時間」などから、不満や欲求などの心理的な変化が発生し、「飽き」が生じるというメカニズムが推察できるとしている²⁾。

4. ラフ集合の概要

ラフ集合の概念は、1982年にポーランドの Zdzislaw Pawlak によって提唱された³⁾。ラフ集合の特徴は、ある対象を特定する際に、その特徴が属する集合の範囲の情報を正確に記述するのではなく、大まかに分類・設定することにより、対象の集合の適度な情報の記述を求めるところにある。すなわち、分析対象の特徴が把握できることになる。

例えば、人間はあるモノや人を特定する際に、全ての特徴や要素、属性をみて判断するのではなく、その対象の主な特徴だけを把握して特定につなげていると考えられる。外見上のある要素から端的に説明できる要素を探そうとする。しかし、一つの要素だけで説明出来ない場合は複数の要素、「長身で、メガネをかけていて、体格が良く・・・」という属性値の組合せを探することで多くの人の中から目的の人を特定することになる。待ち合わせの場所にいる多くの人の中から A さんを探してもらう際は、「長身で、メガネをかけていて、体格が良い人」といった性質を列挙することがよく行われている。このように、日常では「メガネをかけている」や「背が高い」というように、ある属性に関して対象を大まかに分類することが一般的である。正確に説明するには、身長

180cm, 黒縁のメガネをかけている人, BMIが28以上というように, より詳しい情報を提供しなければならないが, 正確な計測が伴うためこれでは対象を特定することは難しい. 荒い記述は対象を十分に特定できないデメリットはあるが, 一方で細かい記述は対象をより精密に特定することができるが, 本質が見極め難くなるという欠点も持つ. したがって, 現実的にはほどよい記述の仕方が望ましいと考えられる. つまり, ラフ集合はラフな記述の極少の属性値の組み合わせ(単独も含めて)で特徴を表現することを可能とする.

5. ラフ集合を用いた桁橋の評価

(1) 感性アンケート調査

評価者は, 関西大学工学部土木工学科の学生で, 男子学生 20 名および女子学生 20 名の合計 40 名, および橋梁設計技術者 15 名を対象にした. 評価対象となる橋梁は, 橋梁雑誌として橋梁年鑑を選定し, 最終的に 90 枚の橋梁写真にまとめた. 桁橋の景観に対するイメージを表現する形容詞としては 43 個の形容詞対を用いた⁴⁾. アンケートを実施するにあたっては, 5 段階の SD (Semantic Differential) 尺度を用いた.

(2) 決定表の作成

ラフ集合を用いて解析するためには, まず決定表を作成する必要がある. 決定表は数量化理論での分析におけるアイテム/カテゴリ表と同類であり, 既往の研究⁴⁾で作成した数量化理論による分析で用いたアイテム/カテゴリ表(表-3 参照)を決定表として表-4 のように置き換えて作成した.

表-4 は「飽きのこない」の決定表の例である. ここで, Y は決定クラス(飽きのこない)を指す. U01, U02, U03 はサンプルであり, S1,S2,S3・・・S19,S20 (a,b,c・・・s,t) は表-3 のアイテム数と対応している. 決定表に示す a1,c2 など, 英字+数字の形式をとっており, S1 列の a1 は主桁形状/等断面を, S3 列の c5 は桁の色彩/灰色を表現している.

ここで, 既往の研究⁴⁾では, 表-3 に示すように 20 アイテムの中に視距離, 視線入射角, 視点高さというデザイン要素とは異なる視点場情報が含まれている. 景観の評価を行う場合, 同一視点場からの対象ごとに評価することが望ましく, 本研究では視距離が近景, 視線入射角が斜側方, 視点高さが下からという条件で 90 橋の対象を抽出した. よって, 表-4 で S12 (視距離), S13 (視線入射角), S14 (視点高さ) が欠落しているのは前述の理由による.

ラフ集合による具体的な分析方法は, まず, 説明変数と目的変数とをカテゴリカルデータに変換する. 男子学生, 女子学生および橋梁技術者の「飽きのこない」に対

表-3 アイテム/カテゴリの一覧表

名称	記号	カテゴリ					
		1	2	3	4	5	6
1 主桁形状	a	等断面	変断面				
2 平面形状	b	直線桁	曲線桁				
3 桁の色彩	c	赤	青	7体 ^り	茶	灰	緑
4 高欄の色彩	d	灰	茶	白	緑		
5 下部工形状	e	張出式	柱式	長方形	逆台形		
6 下部工断面	f	円形	駆形	小判			
7 橋脚数	g	1	2	3	4	5~	
8 高欄形式	h	壁	縦棧	横棧			
9 排水管	i	有り	無し				
10 照明柱	j	有り	無し				
11 検査路、添架物	k	有り	無し				
12 視距離	l	近景	中景				
13 視線入射角	m	側面	斜側方				
14 視点高さ	n	上	水平	下			
15 風景	o	山岳	平地	河川			
16 背景(上層)の色彩	p	白	緑	青	茶		
17 背景(下層)の色彩	q	緑	黒茶	青	灰白		
18 クリアランス	r	大	中	小			
19 並列橋	s	有り	無し				
20 障害物の有無	t	有り	無し				

表-4 決定表の例示

技術者: 飽きのこない(21)

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S15	S16	S17	S18	S19	S20	Y
U02	a1	b1	c2	d3	e1	f3	g5	h3	i1	j1	k2	o2	p3	q2	r3	s2	t2	2
U04	a1	b2	c2	d1	e2	f2	g2	h3	i2	j2	k2	o1	p2	q1	r1	s2	t1	3
U08	a1	b1	c2	d1	e1	f3	g5	h1	i2	j2	k2	o3	p3	q4	r2	s1	t2	3
U12	a1	b1	c1	d1	e2	f3	g5	h2	i1	j1	k2	o2	p3	q1	r2	s1	t2	3
U19	a1	b1	c2	d3	e1	f3	g5	h3	i1	j1	k1	o3	p3	q4	r2	s1	t2	3
U25	a1	b1	c1	d3	e1	f3	g5	h2	i2	j1	k2	o2	p3	q1	r3	s2	t2	1
U28	a2	b1	c6	d3	e3	f3	g4	h2	i2	j1	k2	o3	p1	q4	r2	s2	t2	1
U36	a1	b1	c2	d1	e1	f2	g5	h1	i1	j1	k2	o2	p3	q3	r2	s2	t1	2
U46	a1	b1	c3	d1	e2	f3	g3	h1	i1	j2	k1	o2	p3	q2	r2	s1	t1	2
U47	a2	b2	c4	d1	e2	f2	g1	h1	i1	j1	k2	o2	p1	q1	r3	s2	t1	3
U53	a2	b1	c3	d3	e1	f2	g2	h1	i2	j2	k1	o2	p1	q1	r3	s2	t2	2
U54	a1	b1	c4	d3	e1	f2	g4	h3	i1	j1	k2	o1	p4	q2	r1	s2	t2	2
U55	a1	b1	c6	d3	e1	f3	g4	h2	i2	j1	k2	o2	p3	q2	r3	s2	t2	2
U61	a1	b1	c2	d2	e1	f3	g3	h2	i2	j1	k2	o2	p1	q2	r2	s2	t1	3
U62	a1	b2	c1	d3	e1	f2	g5	h1	i1	j2	k2	o2	p3	q2	r2	s2	t2	2
U68	a1	b1	c2	d3	e3	f3	g5	h3	i2	j1	k2	o3	p1	q3	r2	s2	t2	1
U72	a1	b2	c1	d3	e2	f2	g2	h2	i1	j2	k1	o1	p2	q1	r1	s2	t2	1
U76	a1	b2	c6	d3	e1	f2	g5	h1	i1	j2	k2	o2	p1	q1	r2	s2	t2	3
U77	a1	b1	c3	d1	e4	f3	g3	h1	i2	j2	k2	o2	p3	q1	r2	s2	t2	2
U85	a2	b2	c1	d2	e3	f3	g1	h2	i2	j1	k2	o2	p3	q2	r3	s2	t2	3
U86	a2	b1	c2	d1	e1	f3	g4	h2	i2	j2	k2	o2	p3	q3	r2	s2	t2	1
U90	a2	b1	c2	d3	e2	f3	g5	h3	i2	j2	k2	o2	p3	q1	r2	s2	t2	1

するアンケート結果の平均値を3つの決定クラス(飽きのこない, どちらでもない, 飽きのくる)に分類した. SDアンケートが5ランクであるの対し, 3つに分類した理由は, 商品のラフ集合分析などでは選好をある, なしどちらでもないの3つにして扱うことが多いことと, 5ランクにすると1つのランクの数が極端に少なくなることを避けるためである. 決定クラス3が飽きのくる, 決定クラス1が飽きのこない, 決定クラス2がどちらでもないというように設定した.

(3) 選考の決定ルール

ラフ集合の中でも決定ルールの考え方が最も多く使われており, 求められた複数の決定ルール条件部のどれがどの程度決定表の結論に寄与しているかを示す指標として, C.I. (Covering Index) という考え方をを用いる⁵⁾. 決定ルール条件部の C.I.とは, そのルールの結論と同じ決定クラスの対象数のうちで, そのルールに当てはまる対象数の占める割合をさす. 言い換えると, そのルールに当てはまる対象数をそのルールの結論と同じ決定クラスの対象数でわったものとなる. 高い値の C.I.は決定ルール

条件部が決定表の結論に寄与している割合が高いことを示している。すなわち、CI 値が 1 に近いほどその決定ルールは選好に大きく影響していることになる。この CI 値は決定クラスに寄与している貢献度合いを示す指標であり、たくさんの決定ルールの中でどの属性値の組み合わせが重要な目安になるのでとても有益であるといえる。

表-4 で作成した「飽きのこない」の決定表を用いて、技術者、女子学生および男子学生のラフ集合による分析結果を表-5 に示す。ルール条件部の数は Y=1, Y=2, Y=3 それぞれで数十～数百となっており、表-5 では CI 値の降順に並べ直している。例えば、橋梁技術者では {a2r2} すなわち、主桁形状が変断面、クリアランスが中程度の組合せで飽きがこないと判断していることになる。一方、{slg5} の組合せ、すなわち、並列橋が有り、橋脚数が 5 以上では飽きがくると判断している。橋梁技術者の評価では、a2, すなわち、主桁形状が変断面、r2, すなわち、クリアランスが中程度という要素は CI 値の高い条件の中に多く含まれており、女子学生や男子学生の Y=1 の条件部には {slg5} がいないことから、橋梁技術者の感覚や経験は一般の人とは異なり、技術者の特性がより反映された判断基準になっているといえる。

一方、{c2}、すなわち、桁の色彩が青という条件は橋梁技術者、女子学生、男子学生の Y=1 条件部に共通の要素となっており、{B}、すなわち、下部工断面が小判型という要素も同様である。

飽きがくる (Y=3) に関係する条件を考えた場合、桁の色彩、すなわち、{c1,c2,c3,c4,c5,c6} が橋梁技術者、女子学生および男子学生で CI 値の高いルール条件部に全く含まれていないことは解釈が難しい。既往の研究成果 4)でも一般的に美しいとか、調和のとれた、個性的ななどの評価では色彩の要素が必ずと言っていいほど含まれていたにもかかわらず、ラフ集合による分析では主桁の色彩の要素は「飽きのくる」に対しては影響していないようである。逆に高欄の色彩 {dl, d3} は影響がある。

6. おわりに

本研究では、長期間飽きのこないイメージが求められる土木構造物の中でも、架橋数の大半を占める桁橋を対象に、ラフ集合を用いて、飽きのこないイメージに関係するデザイン要素を検討した。飽きのこない橋梁はどういったデザインになっているかをラフ集合により導出された決定ルール条件部と CI 値により考察を行った。得られた結果を以下に示す。

- (1) CI 値は決定クラスに寄与している貢献度合いを示す指標であり、たくさんの決定ルールの中でどの属性値の組み合わせが重要な目安になるので有益である。
- (2) 各被験者の決定ルールを CI 値の高い順に並べ直すこ

表-5 決定ルール条件部と CI

●決定ルール／Covering Index (CI)

	Y= 1		Y= 2		Y= 3	
	飽きのこない		どちらでもない		飽きのくる	
橋梁技術者	i2d3g5	0.5	q2d3	0.5	b2q1k2	0.375
	i2g5s2	0.5	q2i1	0.5	d1q1e2	0.375
	a2b1k2	0.5	q2p3a1	0.5	e2k2d1	0.375
	a2f3b1	0.5	q2t2a1	0.5	f2q1k2	0.375
	a2r2	0.5	q2t2e1	0.5	r2e1f3a1	0.375
	i2d3r2	0.5	o2h1b1	0.5	r2g5f3p3a1	0.375
	r2d3k2b1	0.5	o2h1p3	0.5	r2p3t2b1g5a1	0.375
	r2d3k2f3	0.5	i1e1k2b1	0.375	slg5	0.375
	r2s2d3b1	0.5	i1e1k2j1	0.375	slt2	0.375
	r2s2d3f3	0.5	i1e1k2p3	0.375	ql1lk2	0.375
	i2t2s2c2	0.5	i1s2a1j1	0.375	ql1lo2	0.375
	r2s2t2c2	0.5	i1s2b1	0.375	pl02k2	0.375
女子学生	c2k2t2	0.714	k1d3b1	0.4	ql1i	0.4
	c2k2f3g5	0.571	k1e1	0.4	r2o2t2a1	0.4
	c2k2f3p3	0.571	k1t2b1	0.4	b2i1	0.4
	h3k2c2	0.571	q4d3	0.4	b2o2	0.4
	s2c2t2	0.571	q4j1	0.4	f2d3a1	0.4
	s2h3c2	0.571	r2i1c2	0.4	f2d3i1	0.4
	j2c2	0.571	r2i1e1b1	0.4	f2t2a1	0.4
	i2c2t2	0.571	r2i1e1j1	0.4	f2t2i1	0.4
	i2h3	0.429	r2j1c2p3	0.4	b2t2	0.4
	i2c2g5	0.429	r2j1e1g5	0.4	j2t2s2a1	0.4
男子学生	c2f3g5a1	0.4	i2o2d3	0.667	d1o2q1	0.5
	c2f3p3e1	0.4	i2d3e1	0.5	ql1lk2	0.5
	c2t2a1	0.4	i2d3p3	0.5	ql1lo2	0.5
	c2t2e1	0.4	i2r3b1	0.5	r2o2f3k2a1	0.5
	h3c2a1	0.4	i2r3d3	0.5	r2qla1	0.5
	o3	0.4	i2r3e1	0.5	hl1k2	0.5
	c2d3a1	0.3	ql1d3b1	0.5	pl02k2	0.5

とで飽きのこない判断基準とデザイン要素との関係が把握できた。

(3) 橋梁技術者と学生との飽きのこない判断基準には差がある。

今後の課題は以下のとおりである。

ラフ集合は飽きのこない橋梁を特定する判断基準となっているデザイン要素の組合せをルールとして抽出してくれる。一方、デザイン要素と評価からアイテム／カテゴリを作成し、数量化理論を用いて分析した結果から得られるカテゴリスコアとラフ集合のルール条件部とを比較することで、お互いの分析手法の特徴や適用上の制限などを把握することが必要である。

参考文献

- 1) Karsten, A. : Psychology saturation, *Psychological Research*, Vol.10, pp.612-628, 1928.
- 2) 李美龍, 田中恒也, 成田吉弘: 画像を用いた製品の「飽き」に関する感性評価 — デザインの視覚的要素を中心に —, 日本感性工学会論文誌, Vol.11, No.3, pp.407-417, 2012.
- 3) Pawlak, Z. : Rough Sets, *International journal of Information Computer Science*, 11(5), pp.341-356, 1982.
- 4) 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.
- 5) 田中 博, 津本周作: ラフ集合とエキスパートシステム, 数理化学, No.383, pp.76-83, 1994.