研究論文：論文

認知部位と評価用語の関係分析

井上勝雄*, 広川美津雄**

*三菱電機(株)デザイン研究所, **東海大学短期大学部高輪

ANALYSIS OF RELATIONSHIP BETWEEN COGNITIVE PARTS AND EVALUATION WORDS

Katsuo INOUE*, Mitsuo HIROKAWA**

*Mitsubishi Electric Corp., 5-1-1 Ohfun, Kamakura-shi, Kanagawa, 247-8501, Japan

**Tokai University Takanawa Junior College, 2-3-23 Takanawa, Minato-ku, Tokyo, 108-8619, Japan

Abstract: To obtain the adaptability to a design concept written by a letter including design evaluation words, a designer have to combine a huge form elements by trying and erring with depending upon his intuition since the beginning of it. The knowledge of the cause relationship between form elements and the evaluation words would help him to make a good design. The purpose of this work is to make the model that shows the relationship between cognitive parts (; form elements) and design evaluation words through the case study of the mobile phone, and to apply a product design. In the first half of this paper, the process to extract twenty nine cognitive parts and the twelve evaluation words by both questionnaires and the interview survey using thirty two mobile phone products was discussed in order to prepare for the analysis of the relationship. As a result, twelve data tables were obtained for both Quantification 2 of Multivariate Statistical Analysis (MSA) which is used so far for this kind of the study and Rough sets by use of Shan & Ziarko algorithm. In order to resolve the significant problem how a lot of reducts rules computed by Rough sets are examined, the new way to analyze these reducts rules has been proposed in the latter half. As the result of the proposed analysis, it is found that the new way was more effective for a design work and Rough sets by it was superior to Quantification 2 in the analysis. The cause relationship in the mobile phone was considerably and concretely cleared by the Rough sets, because the result could show obtained patterns composed of these cognitive parts to suit the design concept.

Keywords: Product design, Rough sets, Design evaluation

1. 研究の背景と目的

デザインの現場では、KJ法や多変量解析を用いたユーザー群とイメージ形容詞群を座標空間的に布置するポジショニング分析[注1]がよく使われている。例えば、ターゲットユーザーが求めているスタイリングデザインが「カジュアル」という造形イメージが導き出されれば、担当デザイナーにこのイメージを中心としたデザインコンセプトを作成してもらうことができる。結果的にはカジュアルなスタイリングデザインが実現するかどうかは、担当デザイナーの造形に翻訳する力量に依存することになる。

これらの方法は、比較的簡単に行えることと分析結果の解釈もそれほど難しくないため広く現場では用いられてい

る。しかし、スタイリングデザインとしては、どんな形態要素を施せば「カジュアル」とユーザーが判断しているかを知ることができる評価方法があることが本来的には望ましい。

このユーザー評価の逆読み(図1)のために、感性工学の手法では、評価用語と物理的特性(形態的要素を含む)に関するアンケート調査の結果からその評価用語に関係している物理的特性を導く方法が幾つか提案[注2]されている。一般的に使用されている手法は、数量化理論Ⅰ類やⅡ類等の多変量解析を用いた変数の線形和とする線形式による方法である。

報告者らは、この目的のために非線形式の一つであるラフ集合を用いた方法を提案している[注3]。そこで、本報告では携帯電話の事例(評価用語と形態的要素に関するアンケート調査)を用いて、多変量解析の数量化理論Ⅱ類とラフ集合による調査結果の比較検討と考察を行い、評価用語と形態的要素の関係を明らかにするとともに、両者の手法の有効性についても考察する。

2. アンケート調査

2.1. 調査と集計

まず、形態的要素の抽出を行うために、調査日(2000年5月16~26日)の時点で、市販されていた国内の携帯電話

図1: ユーザーの評価

通信会社4社の携帯電話をほぼ漏れなく集めた展示モックアップサンプル48機種（国内メーカー14社の製品）を被験者（短大生21名）に、実際に持ってよく観察してもらった後、気になった約10機種を選んでもらった。そして着目した箇所を用紙（展示サンプル48機種の複写画一覧表）に記入してもらうとともに、好きまたは嫌いな部分のコメントを一覧表内の余白に書いてもらった。その集められた用紙をもとに実験者らが審議・検討して、被験者らが注目した認知部位（形態的特徴、以降この表記を形態的要素について用

表1：29の認知部位

1	●本体	タイプ	二つ折りまたはフリップ	A
2			一体型	B
3		長さ	長い	C
4			中間	D
5			短い	E
6		厚さ	厚い方	F
7			薄い方	G
8		全体印象	丸い	H
9			角張った	I
10			立体感	J
11			普通	K
12		稜線形状	特徴的な稜線形状	L
13			有	M
14	●画面部	周囲部	特徴的周囲部	N
15			有	O
16	●センター	キー形状	小さい	P
17	キー		楕円	Q
18			変形	R
19			横長	S
20			上下	T
21		キーの周囲	簡素な周囲	U
22			複雑な周囲	V
23	●10キー	キーの形状	小さい・細長	W
24			円（楕円またはR付矩形）	X
25			隠れている/無	Y
26		キーの特徴	特徴的な並び	Z
27			有	@
28	●その他	その他	その他の特徴	&
29		の特徴	有	%

いる）を29点の部位（表1）に集約した。

なお、展示モックアップサンプルは、液晶表示画面が印刷であることを除いて、実際の製品と全て同じである。

一方、評価用語の抽出を行うために、製品デザインの評価用語48語（[注4] 文献から選出）を提示して、それらが携帯電話に期待するイメージや価値であるか否かを5段階評価で記入させ、被験者21名の5段階評価の平均値で、48の評価用語の順位付けを行った。具体的には、平均値3.2以上の48評価用語の上位半分を占める24語の中から類似性を実験者らが考慮検討して12語（実用的、進歩的な、カッコいい、楽しい、カジュアル、新鮮な、シンプル、可愛い、斬新な、シックな、軽快な、面白い、の上位順）まで集約した。

2.2. 計算データ作成

以上の2回の調査をもとに、携帯電話32機種×29認知部位×12評価用語のデータ（図2）が得られた。このデータ

12 評価用語

図2：計算前のデータ

から数量化理論Ⅱ類とラフ集合の計算を行った。

ところで、12評価用語個々について、被験者21名の携帯電話32機種に対する5段階評価の平均点を計算して、5段階評価の中央値「3」を中心に、それ以下が「1」（「そう思わない」）で以上が「2」（「そう思う」）とした。また、携帯電話32機種に対する29認知部位の割り付けは実験者らが審議・検討して決定した。

具体的に、「可愛い」（表2）の一行目にある「機種1」の内容について説明すると、認知部位の「BCFHLOQUXZ&」（表1の右端の記号）は、認知部位の「本体」のアイテムにおいて一体型(B)で、長さは長い(C)、厚さは厚い方(F)、全体

表2：ラフ集合用データ（可愛い）

データ	●本体					●画面部	●センターキー		●10キー		●その他の特徴		評価 可愛い
	タイプ	長さ	厚さ	全体印象	稜線形状	周囲部	キー形状	キーの周囲	キーの形状	キーの特徴	その他の特徴		
機種	1	B	C	F	H	L	O	Q	U	X	Z	&	2
	2	B	D	F	K	M	O	Q	U	X	Z	%	1
	3	B	D	G	K	M	O	Q	U	X	@	%	1
	4	A	E	G	H	M	O	R	U	X	@	%	2
	5	A	E	F	K	M	O	Q	U	X	@	%	2
	6	B	C	F	K	M	O	R	U	Y	@	&	1
	7	B	C	F	J	L	N	Q	U	W	@	&	1
	8	B	C	G	H	L	O	P	U	X	@	%	2
	9	B	C	G	K	M	O	T	U	X	Z	&	1
	10	B	C	F	K	M	O	P	U	X	@	%	2
	11	B	D	G	I	M	O	P	U	W	@	&	1
	12	B	D	F	K	M	N	R	U	X	@	%	1
	13	B	E	F	H	L	O	Q	U	X	Z	%	1
	14	A	E	G	H	M	O	S	U	Y	@	%	1
	15	B	E	G	I	M	O	Q	U	X	@	%	1
	16	A	E	G	H	M	O	T	U	Y	@	%	1
	17	B	D	F	K	M	N	R	U	X	Z	&	1
	18	B	E	F	H	M	O	Q	U	X	@	&	1
	19	B	E	G	J	M	O	P	V	X	Z	%	1
	20	B	E	G	K	M	O	Q	U	X	@	%	1
	21	B	D	F	K	M	O	R	U	X	@	%	2
	22	B	D	F	K	M	O	R	U	X	Z	%	1
	23	A	C	F	H	M	O	R	U	Y	@	%	1
	24	A	C	F	H	M	O	S	U	Y	@	%	1
	25	A	E	G	K	L	N	R	U	Y	@	%	1
	26	B	C	F	I	L	N	P	U	X	@	&	1
	27	B	D	G	K	M	O	P	V	X	@	%	1
	28	B	D	G	K	M	O	Q	U	X	@	%	1
	29	A	E	G	J	M	O	P	V	Y	@	&	1
	30	B	C	F	J	L	N	R	U	X	@	&	1
	31	B	D	G	H	L	O	R	U	X	@	%	2
	32	B	C	G	I	M	O	Q	U	X	@	%	1

印象は丸い(H)、稜線形状は、特徴的な稜線形状が有(L)である。そして、「画面部」のアイテムにおいて特徴的の周囲部は無(O)く、「センターキー」のアイテムにおいてキー形状は楕円(Q)で、キーの周囲は簡素な周囲(U)である。さらに、「10キー」のアイテムにおいてキーの形状は楕円または矩形(X)で、キーの特徴は特徴的な並びが有(Z)り、その他の特徴も有(&)ると実験者が読み取り、データとして記入した。また、評価用語「可愛い」については「2」で、つまり、「機種1」の評価は「可愛いと思う」となる。このようにしてサンプル32機種の個々に対して、表2に示すようにラフ集合計算用の記号データとして作成してある。

2.3. 縮約ルールの求め方

現象の因果関係や意味の包含関係を論理式で記述し形式化する試みは17世紀G.W.Leibnizに始まり、記号論理学として発達した。論理数学、そして情報工学として有用な分野を築いてきた。しかし、人間の情報処理は「1」か「0」の2値で明快に表されるだけでなく、あいまいで不正確な情報処理もしている。そのための形式化として確率論、様相理論、ファジイ理論等が生まれたが、その線にラフ集合が生まれた。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。

ラフ集合の概念から出発して、患者の症状と病気の因果関係について診断用エキスパートシステムを構築しようという試みがなされてきた。その流れの一つに、因果関係の行列を識別行列(discernibility matrix)に置き換えることでルール発見を容易化するSkowronらによる方法がある。つまり、ラフ集合の手法では、分類に寄与しない属性を除去していく簡略化と呼ばれる過程が決定ルールを求める過程が中心になる。しかし、属性の数が増えれば、この過程の計算量が大きくなる上、縮約(reducts)や核(core)を計算するのは困難となるため、識別行列に置き換えることで、これらの計算方法を簡略化した。さらにこれを改良したShan&Ziarkoのアルゴリズムがある[注5]。

以上から、本研究ではラフ集合の計算をShan&Ziarkoのア

ルゴリズムで行った。この方法によるラフ集合の縮約ルールの具体的な求め方について、図3の例題を用いて説明する[注6]。

図3のデータ表内の結論、「Y=1」と「Y=2」を識別するのは、サンプルS1とS2の各アイテムを比較して、同じでないのを四角枠で示すように、S1ではアイテム「A」と「G」(下線部)である。一方、「Y=2」を識別する視点では、S2ではアイテム「B」と「H」となる。同じように、S1とS3の場合、S1(Y=1)では「E」「G」「I」で、S3(Y=2)では「F」「H」「J」となる。また、S1とS4の場合、S1(Y=1)では「C」「E」「I」で、S4(Y=2)では「D」「F」「J」となる。

この考察結果から、「Y=1」と「Y=2」を識別するS1とS2～S4の各アイテムを表にするとY=1の識別行列になる。同じような考察から、「Y=2」と「Y=1」を識別するS2～S4とS1の関係はY=2の識別行列になる。そして、「Y=1」の縮約ルールを求める出発点の式は、Y=1の識別行列の横方向が掛け算で、縦方向が足し算として取り出した $(A+G)(E+G+I)(C+E+I)$ の式である。

$$(1) A \times A = A^2 = A$$

$$(2) 2A = A$$

$$(3) A + AB = A(1+B) = A$$

そして上記に示す3つのラフ集合のブール演算則を用いて、式の展開をして縮約ルールを求める。つまり、

$$\begin{aligned} & (A+G)(E+G+I)(C+E+I) \\ &= (AE+GE+AG+G+AI+GI)(C+E+I) \\ &= (AE+GE+G+AI+GI)(C+E+I) \\ &= (AE+GE+AI+G)(C+E+I) \\ &= (AE+AI+G)(C+E+I) \\ &= AEC+AEE+AEI+AIC+AIE+AII+GC+GE+GI \\ &= AEC+AE+AIC+AI+GC+GE+GI \\ &= AE+AI+GC+GE+GI \end{aligned}$$

となる。この結果から、Y=1の縮約ルールは、AE, AI, GC, GE, GIの5つとなる。また同様に、Y=2の縮約ルールは、B, D, F, H, Jの5つとなる。

図3：縮約ルールの計算過程（説明用例題）

表3：ラフ集合の計算結果（可愛い）

●そう思わない		●そう思う	
縮約ルール	CI値	縮約ルール	CI値
MBG	0.36	HGX	0.429
@&	0.36	H@X%	0.429
M&	0.32	RXO@	0.429
MBQ	0.28	@FXOK	0.429
@BQ	0.28	@F%OK	0.429
Y	0.28	@F%OX	0.429
%BQ	0.24	CXFO	0.286
KG	0.24	HCB	0.286
N	0.24	HCL	0.286
MZ	0.2	HGX	0.286
GO	0.2	LOC	0.286
G&	0.2	AX	0.286
EB	0.2	HRX	0.286
KBQ	0.16	RGH	0.286
KZ	0.16	RGQ	0.286
%Z	0.16	RGX	0.286
DGM	0.16	C%B	0.286
K&	0.16	C%X	0.286
J	0.16	HGB	0.286
I	0.16	H@B%	0.286
PMG	0.16	H@L	0.286
P&	0.16	LGB	0.286
DQ	0.12	LGH	0.286
DZ	0.12	LGO	0.286
...	...	...	...

そして、このラフ集合の計算方法で表2のデータ表をもとに計算した結果が表3である。他方、同じ表2のデータ表から数量化理論Ⅱ類を用いて計算した結果が表4である。同様にして、「可愛い」を除くその他の11評価用語についても、ラフ集合と数量化理論Ⅱ類の計算を行った。

3. 計算結果の考察

3.1. 縮約ルール分析方法の提案

表3のラフ集合計算結果は、「そう思わない」と「そう思う」の2つの評価を満足させる認知部位の組合せである縮約ルールが示されている。例えば、評価用語「可愛い」の「そう思う」に対する縮約ルール結果が、上位の「HGX 0.42」は、本体の全体印象は丸くて(H)かつ厚さは薄い方(G)でかつ10キーの形状が円(X)の3つの組合わせが、「可愛い」とする形態的特徴であると読み取る。

また、縮約ルールの数値は、全サンプルの内ある縮約にあるはまるサンプルの占める割合（CI：Covering Index）を示している。上記の「HGX 0.42」のCIの値を示す「0.42」は、可愛いと思う評価を得たサンプルの中で「HGX」の組合わせが占める割合を示している。

以上の考え方を用いて、上位の「0.42」のCI値を示す全ての組合わせ、「HGX」「H@X%」「RXO@」「@FXOK」「@F%OK」「@F%OX」を考察してみると、6つの組合わせの中で「@」と「X」が5個、「O」が4個、「F」と「%」が3個、「H」と「K」が2個となっている。

表4：数量化理論Ⅱ類の計算結果（可愛い）

			カテゴリー スコア	レンジ	偏相関 係数
1 ●本体	タイプ	二つ折りまたはフリップ 一体型	1.30	1.73	0.60
2			-0.43		
3	長さ	長い	0.18	0.35	0.18
4		中間	-0.17		
5		短い	-0.03		
6	厚さ	厚い方	0.14	0.27	0.18
7		薄い方	-0.14		
8	全体印象	丸い	-0.08	1.07	0.43
9		角張った	-0.77		
10		立体感	-0.09		
11		普通	0.30		
12	稜線形状	特徴的な稜線形状	0.91	1.22	0.56
13		有 無	-0.30		
14 ●画面部	周囲部	特徴的周囲部	-1.64	2.02	0.69
15		有 無	0.38		
16 ●センター	キー形状	小さい	0.56	1.17	0.59
17	キー	楕円	-0.61		
18		変形	0.43		
19		横長	-0.28		
20		上下	-0.46		
21	キーの周囲	簡素な周囲	0.10	1.04	0.36
22		複雑な周囲	-0.94		
23 ●テンキー	キーの形状	小さい・細長	0.27	2.44	0.72
24		円（楕円またはR付矩形）	0.55		
25		隠れている/無し	-1.89		
26	キーの特徴	特徴的な並び	-0.47	0.60	0.33
27		有 無	0.13		
28 ●その他	その他	その他の特徴	0.09	0.14	0.08
29		有 無	-0.05		
			外的基準 カテゴリースコア		
			-0.45		
			1.61		
			0.73		

しかし、表3（求められた縮約ルールの約半分ほど表記、他は省略）に示すように縮約ルールは数多く求められるため、結果の考察が難しいのがラフ集合を用いた方法の普及を阻害する大きな課題であった。そこで、組合せの内容を残しながら数量化理論Ⅱ類にあるようなカテゴリースコアに類した数値に近いものが求められると考察の助けになると考えた。それを実現する29個の認知部位の縮約ルールによる一対組合せ表（表5）による方法を考案した。

具体的には、上位の「HGX 0.42」を一対組合せ表に記入する手順は、この縮約ルールを分解した一対組合せは「HG」「HX」「GX」の3個あるので、表3の行「H」と列「G」の一対組合せの欄にCI値「0.42」を入れ、他方の行「G」と列「H」の欄にも「0.42」の値を入れる。同じように、「HX」と「GX」についても対応する欄に「0.42」の値を入れる。このルールで、次の「H@X%」の縮約ルールについても同じ作業を行い、各組合せの数値を加算して完成したのが表5である。ところで、表3の「そう思う」では求められなかった単独の縮約ルールの場合、例えば、「そう思わない」の「Y」のような場合は、一対組合せ表の対角線上にそのCI値「0.28」を入れることになる。

最後に、この一対組合せ表の各行の総和を計算した値が、前述のカテゴリースコアに対応する数値になる。なお、この値を仮に、コラムスコア（Column Score）と呼ぶことにする。

3.2. 「可愛い」のコラムスコアによる考察

このコラムスコアの中で高いスコアの10以上の値を調べてみると、「C」「F」「H」「L」「O」「X」「@」「%」の8認知部位が上げられる。この8つは、前述の上位の「0.42」の

表5：認知部位の縮約ルールについての一対組合せ（可愛い）

各行の列項目値合計（コラムスコア）	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
1.57					0.1	0.3					0.4		0.1		0.1		0.1							0.3					
7.29			0.6				0.3	0.7				0.7				0.6			0.7								1.1		1.6
*12.00		0.6					1	0.6			0.6	1.1	0.3		1	1		0.7						1.6		0.6	0.1	0.1	1.3
1.86						0.1	0.1	0.1				0.1			0.4				0.4								0.4		
2.57	0.1					0.6		0.1			0.1		0.3		0.1			0.6		0.6					0.1		0.1	0.3	
*13.71	0.3	0.3	1		0.1	0.6					1.6		0.4		2.4	0.6	0.6						1.6		0.3	2.1	0.1	1.7	
8.14		0.7	0.6	0.1								1.4	0.1		0.6	0.4		1.3			0.1		1.1					0.1	
*10.86		1	1.4	0.1	0.1		1.4					1.1	0.1			0.1	0.1	1					1.6		0.3	1	0.4	0.9	
7.86	0.4		0.6		0.1	1.6							0.1		1.1	0.6	0.1	0.1		0.1					0.7		1.3		0.9
*11.29		0.7	1.1	0.1			1.4	1.1							1.3	0.4	0.3	0.6					1		0.3	1.1	0.6	1.1	
3.14	0.1		0.3		0.3	0.4	0.1	0.1			0.1					0.4		0.3		0.1			0.4					0.3	
*17.71	0.1	0.6	1	0.4	0.1	2.4	0.6				1.1	1.3				0.9	0.1	1.7			0.3		1.9		0.1	3.1	0.3	1.6	
7.57			1			0.6	0.4	0.1			0.6	0.4	0.4			0.9					1		0.6			0.3	0.3	1.3	
3.57	0.1		0.7			0.6		0.1			0.1	0.3			0.1								0.4		0.3	0.3	0.3	0.1	
9.86		0.7		0.4	0.6		1.3	1			0.1	0.6	0.3		1.7								1.3		1.1			0.7	
2.57						0.1					0.1		0.1		0.3	1								0.6				0.3	
*17.14	0.3		1.6		0.1	1.6	1.1	1.6			0.7	1	0.4		1.9	0.6	0.4	1.3		0.6						2.1	0.1	1.7	
2.43			0.6			0.3		0.3				0.3			0.1		0.3											0.6	
*17.86		1.1	0.1	0.4	0.1	2.1		1			1.3	1.1			3.1	0.3	0.3	1.1					2.1					3.4	
2.57			0.1			0.1		0.4				0.6			0.3		0.3						0.1		0.6				
*17.29		1.6	1.3		0.3	1.7	0.1	0.9			0.9	1.1	0.3		1.6	1.3	0.1	0.7		0.3			1.7			3.4			

CI 値を示す6つの内、6つの「F」「H」「O」「X」「@」「%」が入っており、上位の内容をほぼ正しく反映していることが示されている。また、表5では「可愛い」と強い関係のある一対の認知部位を示す値が高い「1.0」以上の欄には枠を記した。この結果から、この8認知部位の総CI値が全組合せのCI値の大部分を占めていることから、高得点のコラムスコアを用いて縮約ルールを考察することに問題がないことが分かる。

したがって、このコラムスコアの結果から、可愛いと思う評価を考察すると、『本体は長く(C)かつ厚い方(F)で、全体印象は丸(H)くて、かつ画面部の特徴的の周囲部は無(O)く、10キーの形状が円(X)で、さらにセンターキーのキーの特徴は特徴的な形状・並びが無(@)く、その他の特徴も無(%)い』となり、要約すると「簡素で丸をもった形態的な特徴をもつデザインである」と解釈できる。可愛いを現場でデザインを施すときに「全体印象」を「丸い」(認知部位)とするのが一般的方法であるので、これは企業デザイナーとして内容的に支持できる結果である。また、ラフ集合は前述の例のように縮約ルールの具体的な組合せリストが求められるので、設計行為にとっても貴重なデータが提示されるので利点が多い。

ところで、表5のコラムスコア値がない「I」「J」「N」「S」「T」「V」「W」「Y」は、可愛いと思う評価には関与しない認知部位ということを示している。また、表3の「そう思わない」の結果の縮約ルールにも、上記の「I」「J」「N」「Y」が単独の認知部位として高いCI値を示している。つまり、全体印象が角張ったり立体感のある画面部に特徴的な周囲部を持つものは、可愛いとは思わないという評価を得ることが示されている。

一方、同じデータを用いた数量化理論Ⅱ類の計算結果(表

4) のカテゴリースコアで、個々に携帯電話の形態的特徴まで立ち戻って具体的に評価考察すると、特に偏相関係数の比較の高いアイテムに注目して、つまり、『本体は二つ折またはフリップで、かつ特徴的な稜線形状があり、画面部の特徴的の周囲部は無く、10キーの形状が円で、センターキーのキーの形状は小さく変形である』とカテゴリースコアの値が示している。しかしながら、前述した現場でデザインを施すときに「全体印象」を「丸い」するのが一般的経験ルールに対して、カテゴリースコアでは「-0.08」と負の値となっており、この現実を反映していない。また、本体に特徴的な稜線形状があるというのも解釈に窮する内容である。以上のことを総合的に考えると、ラフ集合の方が優れていると言える。次に、残りの11の評価用語についても同様に行う。

3.3. コラムスコアによる評価用語11語の考察

残りの11の評価用語の考察のために、数量化理論Ⅱ類のカテゴリースコアと、ラフ集合のコラムスコアを同一の図に表示した図4と図5を用いる。なお、比較を容易にするためにカテゴリースコアは10倍した値、また、「そう思わない」のコラムスコアを負の値にして図示した。

(1)「実用的な」の考察：

ラフ集合では「センターキーの周囲が簡素で、テンキーが円形」とキー関係の2つの値が際立っているのに対して、数量化理論Ⅱ類では「本体形状が二つ折りまたはフリップ型で長い」と本体形状の値が高い。キー操作の容易さを示唆するラフ集合の「センターキーの周囲が簡素」「テンキーが円形」と「実用的な」との関連が強いと考えられるので、ラフ集合の方が現実を反映している。

(2)「進歩的な」の考察：

ラフ集合では値が低いが強いてあげれば「本体形状が厚く、センターキーが変形していて、テンキーの配置に特徴が

1. 実用的な

2. 進歩的な

3. かっこいい

4. 楽しい

図4：計算結果の比較グラフ（形容詞1～4）

ない」の値が高いのに対して、数量化理論Ⅱ類では「センターキーの周囲が複雑で、テンキーが小さい」の2つの値が際立っている。この二つの認知部位が「進歩的な」との関連が強い、逆に「本体形状が厚い」は関連が弱いと考えれば、数量化理論Ⅱ類の方が現実を反映している。

(3)「かっこいい」の考察：

ラフ集合では「本体全体の印象が普通で稜線に特徴がなく、センターキーが変形していて、テンキーが円形」の値が高いのに対して、数量化理論Ⅱ類では「センターキーが横または上下に長く、テンキーが小さい」の値が高い。二つの手法ともセンターキーとテンキーの認知部位が「かっこいい」と関連していることを示しているが、どちらがより現実を反映しているかは解釈が分かれる。

(4)「楽しい」の考察：

ラフ集合では「本体形状が厚く、センターキーが変形していて、テンキーが円形で配置に特徴がない」の値が高いのに対して、数量化理論Ⅱ類では「センターキーの周囲が複雑で、テンキーが小さい」の2つの値が際立っている。二つの手法ともセンターキーとテンキーの認知部位が「楽しい」と関連していることを示しているが、どちらがより現実を反映しているかは解釈が分かれる。本体形状に着目して、ラフ集合の「本体形状が厚い」と「実用的な」との関連が強いと考えれば、ラフ集合の方がやや現実を反映している。

(5)「カジュアルな」の考察：

ラフ集合では「本体形状が厚く、テンキーが円形で配置に特徴がない」の値が高いのに対して、数量化理論Ⅱ類では「本体全体の印象が普通で・稜線形状に特徴があり、センターキーが横長で周囲が複雑で、テンキーが小さい」の値が

高い（特に「センターキーの周囲が複雑」と「テンキーが小さい」の値が際立っている）。ラフ集合の「本体形状が厚い」と、数量化理論Ⅱ類の「稜線形状に特徴がある」・「センターキーが横長で周囲が複雑」のどちらが「カジュアルな」とより強く関連しているかは解釈が分かれる。

(6)「斬新な」の考察：

ラフ集合では「本体形状が一体型で厚く・全体の印象が普通で、センターキーが変形していて、テンキーが円形で配置に特徴がない」の値が高いのに対して、数量化理論Ⅱ類では「センターキーが変形あるいは横長で周囲が複雑で、テンキーが小さい」の値が高い（特に「センターキーの周囲が複雑」と「テンキーが小さい」の値が際立っている）。二つの手法ともセンターキーとテンキーの認知部位が「斬新な」と関連していることを示しているが、どちらがより現実を反映しているかは解釈が分かれる。

(7)「シンプルな」の考察：

ラフ集合では「本体の稜線形状に特徴がなく、画面の周囲に特徴がなく、センターキーの周囲に特徴がなく、テンキーが円形で配置に特徴がない」の値が極めて高いのに対して、数量化理論Ⅱ類では値が低いが強いてあげれば「本体形状が二つ折りまたはフリップ型で、テンキーの配置に特徴がある」の値が高い。明らかに、ラフ集合の結果の方が現実的であり優れている。

(8)「新鮮な」の考察：

ラフ集合では「本体形状が一体型で厚く、センターキーが小さくかつ変形していて、テンキーの配置に特徴がない」の値が高いのに対して、数量化理論Ⅱ類では「本体の稜線形状に特徴があり、センターキーの形状が横長で、その周囲が

5. カジュアルな

6. 斬新な

7. シンプルな

8. 可愛い

9. 新鮮な

10. シックな

11. 軽快な

12. 面白い

図5：計算結果の比較グラフ（形容詞5～12）

複雑で、テンキーが小さい」の値が高い(特に「センターキーの周囲が複雑」と「テンキーが小さい」の値が際立っている)。二つの手法ともセンターキーとテンキーの認知部位が「新鮮な」と関連していることを示しているが、どちらがより現実を反映しているかは解釈が分かれる。また、ラフ集合の「本体形状が一体型で厚い」と、数量化理論Ⅱ類の「本体の稜線形状に特徴がある」のどちらが「新鮮な」とより強く

関連しているかについても解釈が分かれる。

(9)「シックな」の考察：

ラフ集合では「本体形状が長くかつ薄く全体の印象が普通で、テンキーが円形で、その他の特徴がある」の値が高いのに対して、数量化理論Ⅱ類では「本体形状が長くかつ薄くかつ全体の印象が角張っていて、センターキーの周囲が複雑で、テンキーの配置に特徴がなものの」の値が高い(特に

「全体の印象が角張っている」の値が際立っている)。二つの手法において本体形状の認知部位の値に共通部分が多いが、「シックな」と「全体の印象が角張っている」が関連性が高いと考えられるので、「全体の印象が角張っている」が高い値を示している数量化理論Ⅱ類の方が現実を反映している。

(10)「軽快な」の考察：

ラフ集合では「本体形状が長くかつ厚くかつ全体の印象が丸くなっていて、センターキーが変形していて、テンキーが円形」の値が高いのに対して、数量化理論Ⅱ類では値が低いが強いてあげれば「本体形状が二つ折りまたはフリップ型で稜線形状に特徴がある」の値が高い(特に「本体形状が二つ折りまたはフリップ型」の値が際立っている)。ラフ集合の本体形状に関する認知部位が流線型を想像させることを考えると、ラフ集合の方が現実を反映している。

(11)「面白い」の考察：

ラフ集合では「本体形状が厚く、センターキーが変形していて、テンキーの配置に特徴がない」の値が高いのに対して、数量化理論Ⅱ類では「本体形状が厚く稜線形状に特徴があり、センターキーが横長または縦長で、センターキーの周囲が複雑で、テンキーが小さい」の値が高い(特に「センターキーの周囲が複雑」の値が際立っている)。二つの手法ともセンターキーおよびテンキーの認知部位の値が高い。本体形状の違いに着目して、稜線部に特徴があったほうが「面白い」と考えれば、数量化理論Ⅱ類の方がやや現実を反映している。

以上の考察を整理する。表6は、二つの手法を評価用語別に比較したものである。「○」印を記した手法は、もう一方と比較して、現場でデザインをする指針として、優れていると判断できるものである。同様に、「△」印は、やや優れていると判断できるものである。優劣をつけがたい評価用語には「—」印を記した。ここで試みた手法の比較において、認知部位値を比較しただけでは、形態的特徴を具体的に比較しているわけではないため、優劣の判断が困難である。そのため、「カッコいい」「カジュアルな」「斬新な」などは優劣の判断を避けた。それでもこの表から、明らかにラフ集合の方がデザインの現実を反映しているケースが多いことがわかる。

また、数量化理論Ⅱ類は、認知部位ごとにカテゴリース

表6：数量化理論Ⅱ類とラフ集合の結果比較

評価用語	ラフ集合	数量化理論Ⅱ類
1 実用的な	○ やや反応が鈍い	— やや反応が鈍い
2 進歩的な	— 反応が鈍い	△ 反応が鈍い (VWの値が突出)
3 カッコいい	—	— (Wの値が突出)
4 楽しい	△	— (VWの値が突出)
5 カジュアルな	— 反応が鈍い	— 反応が鈍い (VWの値が突出)
6 斬新な	— やや反応が鈍い	— やや反応が鈍い (VWの値が突出)
7 シンプルな	○ 反応が強い	— 一部マイナスの反応が強い
8 可愛い	○ 反応が強い	— 一部マイナスの反応が強い
9 新鮮な	—	— (VWの値が突出)
10 シックな	— やや反応が鈍い	○ やや反応が鈍い (Iの値が突出)
11 軽快な	○	— やや反応が鈍い (Aの値が突出)
12 面白い	—	△ (Vの値が突出)

図6：評価用語のコラムスコアによるクラスター分析結果

コアが算出されるが、特定の認知部位が極端に高い値を示している点が不自然であり、形態要素を導く際に判断を誤らせるおそれがある。したがって、デザイナーが評価用語から形態要素を導く手法としてはラフ集合の方が優れている。

また、これらのコラムスコアの12語の評価用語「そう思う」の結果をデータにしてクラスター分析を行った。図6に示す点線レベルでクラスター分けすると、(1群)実用的、カッコいい、シンプル、と(2群)カジュアル、可愛い、軽快な、そして、(3群)進歩的な、楽しい、新鮮な、斬新な、面白いの3つの群に、そして単独の「シックな」に分けられた。評価用語の意味内容の視点からも違和感のない結果をしめしており、現実を反映している分類であると認められる。このことからコラムスコアの有効性が検証される。

4. まとめ

評価用語と形態的要素の関係が明らかになった。提案のコラムスコアの考え方をを用いて比較した結果、ラフ集合の結果の方が数量化理論Ⅱ類より現実を反映している度合いが高いことも分かった。また、ラフ集合計算結果は前述の例のように縮約ルールの具体的な組合せリストが求められるので、設計行為にとっても貴重なデータが提示されるので利点が多い。今後、提案のコラムスコアの考え方のさらなる有効性の検証を事例を通じて行いたい。

注

- 1)朝野熙彦：入門多変量解析の実際，講談社，27-38，1996
- 2)長町三生：感性工学のおはなし，日本規格協会，11-27，1995
- 3)Katsuo INOUE, Mitsuo HIROKAWA：Factor Analysis About Satiety In Product Design, Kansei Engineering International, 1(2), 33-40, 2000
- 4)大澤光，編：印象の工学とはなにか，丸善，232，1999
- 5)Shan,N. and Ziarko,W.：An Incremental Learning Algorithm for Constructing Decision Rule, Proceedings of RSKD '93, 335-346, 1993
- 6)森典彦，高梨令：ラフ集合の概念による推論を用いた設計支援，東京工芸大学芸術学紀要 Vol.3, 35-38, 1997