

平成 21 年 3 月 31 日現在

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2007～2008

課題番号：19500183

研究課題名（和文）感性工学分析技術としてのラフ集合上近似ルールモデルの開発研究

研究課題名（英文）Development of Upper Rough Set Rule Model As Kansei Engineering Analysis Method

研究代表者

西野 達夫（NISHINO TATSUO）

広島国際大学・心理科学部・准教授

研究者番号：00104076

研究成果の概要：本研究は感性工学における製品属性と感性等の解析のためのラフ集合した禁止ルールモデルの開発を行い、さらに、実践的なボールペン、自動車マットの開発のための感性工学評価データに開発モデルを適用し、その有効性を検証した。結果として、感性工学による商品設計のための比較的簡易に実用的に用いることのできる感性工学ツールを作成した。今後さらに、新発見の決定ルールなど商品開発において有用なルール発見に向けたシステム構築に対する研究課題があることも明らかになった。

## 交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2008年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,600,000	780,000	3,380,000

研究分野：感性工学、人間工学、感性情報

科研費の分科・細目：情報学・感性情報学・ソフトコンピューティング

キーワード：感性情報学、インタフェース、感性商品開発、感性工学、ラフ集合、

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 感性工学における感性和設計要素の解析技術として、これまで、数量化理論等の統計解析モデルを用いてきたが、要素間の非線形性あるいは交互作用の同定に難があることから、非線形性を上手く扱える手法の開発の必要性が高まり、ラフ集合モデルを用いた方法が有効であることが明らかになってきた。  
(2) しかしながら、これまでのラフ集合モデルは主に、データの近近似からの方法による

ものが多く、データの曖昧さを扱うラフ集合モデルの開発が遅れていた。感性工学における分析技術として感性的曖昧さと非線形性を上手く扱える上近似を用いたラフ集合モデルの開発とその応用が望まれていた。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は研究の背景でも述べたように、これまでの統計的方法を補完することが可能な上近似からのラフ集合モデルを開

発し、感性工学における商品開発に適用してその有効性と課題を明確にして、感性工学における分析技術の一つとして確立することである。

### 3. 研究の方法

これまでに開発してきた上近似ラフ集合モデルを有効に感性工学における商品開発データに適用できる方法を、実際の商品開発のためのデータに適用しながら、その課題を見出しながらその有効な手法を構築し、結果の有効性を検証して、課題を見つけ出し、商品開発に対して有効になるように、更なる改善を行う。

### 4. 研究成果

#### (1) ラフ集合上近似モデルの開発

感性工学評価実験データに関する決定表からの上近似ラフ集合モデルとして以下のようなモデルを構築しコンピュータモデルとして実装した。

感性評価データには少なくとも二つの重要な確率的要素を含んでいる。一つは製品の属性に依存して生ずる決定反応の確率である。二つ目は製品属性に依存しない、決定反応が生じる確率である。このような確率は人間による評価データでは一般的に受け入れられている。これらの確率はそれぞれ条件確率  $P(Y|E_i)$  と事前確率  $P(Y)$  として知られている。

感性評価では一般的に概念  $Y$  の製品集合に対する生起確率  $P(Y)$  が異なることから、製品属性の効果を求めるため、製品属性に依存した生起確率  $P(Y|E_i)$  を  $P(Y)$  で相対化した情報ゲイン (利得) を用いる。

$P(Y|E_i) \geq P(Y)$  の場合、製品  $E_i$  の情報ゲインを(5)式のように定義する。

$$G_{pos}(Y, E_i) = 1 - \frac{P(Y)}{P(Y|E_i)}, \quad (1)$$

これは、条件確率が大きいほど情報利得は大きくなる。

情報ゲインとパラメータ  $\beta$  ( $0 \leq \beta \leq 1$ ) を用いて、(2)式から(4)式概念  $Y$  の基本的な近似領域を定義する。

$$\begin{aligned} POS^\beta(Y) &= \bigcup \{E_i | G_{pos}(Y|E_i) \geq \beta\} \\ &= \bigcup \{E_i | P(Y|E_i) \geq \frac{P(Y)}{1-\beta}\}, \end{aligned} \quad (2)$$

この近似領域  $POS^\beta(Y)$  はおそらく概念  $Y$  に属するであろう正領域 (製品集合) を与える。

$$NEG^\beta(Y) = \bigcup \{E_i | P(Y|E_i) \leq \frac{P(Y)-\beta}{1-\beta}\}, \quad (3)$$

この近似領域  $NEG^\beta(Y)$  はおそらく概念  $Y$  には属さないであろう負領域を与える。

$$BND^\beta(Y) = \bigcup \{E_i | P(Y|E_i) \in (\frac{P(Y)-\beta}{1-\beta}, \frac{P(Y)}{1-\beta})\}, \quad (4)$$

この領域は  $POS^\beta(Y)$  にも、 $NEG^\beta(Y)$  にも属さないあいまいな境界領域である。

さらに、 $POS^\beta(Y)$  に  $BND^\beta(Y)$  を加えて、 $POS^\beta(Y)$  を大きくした(5)式の上近似の上近似領域が定義できる。

パラメータ  $\beta$  を大きくするほど、正領域と負領域は狭まり、 $\beta$  が 0 のケースでは、境界領域のない  $POS^\beta(Y)$  と  $NEG^\beta(Y)$  が近似されることに注意しよう。

$$\begin{aligned} UPP^\beta(Y) &= POS^\beta(Y) \cup BND^\beta(Y) \\ &= \bigcup \{E_i | P(Y|E_i) \geq \frac{P(Y)-\beta}{1-\beta}\}, \end{aligned} \quad (5)$$

この近似領域は可能性をさらに広げること、より一般的な決定ルール抽出を可能にする。

これらの4つの領域から決定ルールを求めることができ、用いる近似領域により性質の異なる決定ルール集合を獲得することができる。

#### (2) 決定ルールの評価尺度の検討

抽出された決定ルールが IF  $\Phi$  THEN  $\Psi$  として記述されるとしよう。次のような評価尺度を一般的に用いることができる。

$$Supp(\Phi, \Psi) = \|\Phi \wedge \Psi\|, \quad (6)$$

ここで、 $\|\cdot\|$  は濃度であり、具体的には、決定ルール  $\Phi \wedge \Psi$  を支持する事象数である。よく用いられる尺度として、式(7)と式(8)の、確実度(certainty)、被覆度(coverage)がある。

$$Cer(\Phi, \Psi) = \frac{Supp(\Phi, \Psi)}{\|\Phi\|}, \quad (7)$$

$$Cov(\Phi, \Psi) = \frac{Supp(\Phi, \Psi)}{\|\Psi\|}, \quad (8)$$

確実度は決定ルールの予測信頼度を、被覆度は決定ルールの支持率を示し、決定ルール評価では重要な尺度となっている。しかしながら、感性工学的実験で使用される製品のように必ずしもランダムサンプルが仮定できない場合には、条件属性の出現頻度がこれらの尺度に現れることが考えられる。そこで、感性工学方法論のように市場の状況の推定ではなく、製品属性と感性ワードの関係の同定を狙いとする分析では、属性値の頻度で基準化した尺度の方が望ましい。そこで、筆者らは以下のような効果尺度  $Eff(\Phi, \Psi)$  を導入した。

$$Eff(\Phi, \Psi) = \frac{\|\Phi \wedge \Psi\| \cdot \|U\|}{\|\Phi\| \cdot \|\Psi\|}, \quad (9)$$

この値が 1 以上であれば、決定ルールの効

果はあり、この値が高ければ高いほどその効果は大きい。

感性工学の領域では個人によるバラツキを考慮したモデルとなっており、これまでの下近似モデルに比べて決定ルールの信頼性も評価できることから有効である。

## (2) マルチレベル解析モデルの構築

感性工学では顧客の願望を感性として把握し、その感性を商品の設計属性として特定化する方法が中核技術として要求される。これまでは、顧客の願望、感性、設計属性の関係は系統的に解析されていなかった。そこで、開発した、上近似ラフ集合モデルを階層的に適用して、顧客の感性的な願望と設計属性をリンクするための階層的なモデルを提案し、ボールペン設計と自動車用シートの開発のための感性工学評価実験を実施してその有効性を検証した。このモデルの処理処理ステップは以下の通りである。

**Step 1.** 顧客の商品購入に直接関する「買いたい」、「魅力的」などの目標レベルのワードと「上品な」、「高級な」などの一般的な感性ワードとを分離した上で、感性ワードの主成分軸を組み合わせた決定ルールとして、顧客の潜在的な感性（ニーズ）をラフ集合モデルにより見出す。

**Step2.** 潜在的感性ニーズをより良く反映する感性ワードの組み合わせの決定ルールをラフ集合モデルにより求める。

**Step3.** 最後に、組み合わせさせた感性ワードを実現するための設計属性値を組み合わせた決定ルールをラフ集合で求める。各ステップでの決定ルール評価は、*certainty*, *coverage* に加え、*support* と *effect* を用いた。感性の階層モデルは提案されているものの、解析方法と合わせて提案されたものはあまり見られない。



図 1: 評価されたボールペンの一部

## (3) ボールペン開発への適用

評価対象製品は異なる会社から収集した 27 種のボールペンである。図 2 はその一部を示す。24 人の女子学生がボールペンの書き味を確かめながら、40 の感性ワードと 1 つ

表 1: サポート基準による主成分軸の組み合わせ

Decision rules	<i>Supp</i>	<i>Cr</i>	<i>Eff</i>
Advanced	177	0.492	1.198
Friendly and Functional	76	0.452	1.102
Handiness and Young and Original	68	0.472	1.150
Handiness and Young and Functional	60	0.500	1.218

表 2: 効果基準による主成分軸の組み合わせ

Decision rules	<i>Supp</i>	<i>Cr</i>	<i>Eff</i>
Simple and Advanced Beauty	41	0.569	1.387
Simple and Advanced Young	41	0.569	1.387
Advanced Original	77	0.535	1.338
Handiness and Original and Young and Functional	50	0.521	1.249

の目標感性「魅力的」について、5 段階の SD 尺度で評価した。ラフ集合モデルへの適用のために、感性評価値の 3.0 を基準として二分にカテゴリー化して確率計算を行った。22 の設計属性と 66 の属性値を用いた。属性はデザインの要素のみでなく機能的、操作的要素も用いた。

40 の感性ワード評価から主成分を計算し、表 1、表 2 に示す 5 つの有効な主成分を得た。

各製品の主成分スコアのカテゴリーを条件属性に、目標感性ワード「魅力的な」の条件確率を決定属性に用いて、「魅力的な」感性を充足する主成分軸の組み合わせをラフ集合上近似モデルで求めた。結果として、顧客の潜在的感性ニーズとして 4 つのクラスターが得られた。評価基準を変えることで、異なるクラスターが得られた。このことは、

表 3: S-S-S 法による決定ルール

IF part
Material(plastics) and N.of mechanics(three colors)
Top joint(separate) and N.of mechanics(three colors)
Automatic pencil(no) and N.of mechanics(three colors)
Grip quality (rubber) and N.of mechanics(three colors)
...
Color(Brown)

表 4: E-E-S 法による決定ルール

IF part
Color harmony(two colors) and N.of mechanics(three colors)
Color harmony(two colors) and Clear(no)
Color harmony(two colors) and Weight(16g+)
Color harmony(two colors), Clear(no) and Kinds of grip(16g+)
...
Color(blue)

商品開発の顧客ターゲットを絞り込む上で有用であると考えられる。

最後に、感性ニーズを実現する決定ルールを得て(表3,表4)、結果を数量化理論I類の結果とも比較対照して、図2に示す新製品候補を提案した。

ラフ集合上近似モデルの性能は概ね良好である。

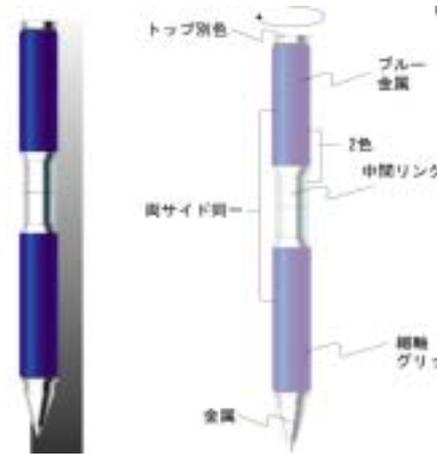


図 2. 新製品候補案.

#### (4)自動車用マットの開発への適用

異なるメーカーの25種類の自動車用マットを収集し(図3)、イメージキーワード、開発コンセプト、社会的評価から抽出した21の感性ワードを用いて、40名学生による評価実験を実施した。マルチレベルモデルにおける解析から、表5の自動車用シートに対する顧客ニーズクラスターがあるのが分かった。Aは「Factor X(会社の開発イメージ)」、Bは「上質感」、Cは「清潔感」の軸であり、ラフ集合解析では、「上質感+会社の開発イメージ」の潜在ニーズが高いことが分かった。

最終的に表6の上質感の設計に適用可能な決定ルールを得た。これらのルールに基づいて開発候補案を作成した。これらの決定ルールは自動車マットの開発者にとって商品開発の重要な情報を提供する事が出来た。

以上のことから、本研究で提案したラフ集合上近似モデルは、

これまでの下近似モデルを包含するより汎用性のあるモデルであること。

感性工学へのマルチレベルモデルも感性工学における顧客満足の面からの商品開発の分析方法として有用であること。

開発されたモデルはコンピュータに実装されていることから、企業の技術開発担当者が容易に、実践的にも使える



図 3 自動車用マットのサンプル

表 5: 潜在的感性ニーズのクラスター

Decision word	Decisionrule	Support	Certainty	Effect	Coverage
Like	BIA1	105	0.294	1.609	0.451
	C2A1	51	0.250	1.368	0.219
Want to use	A1B2	58	0.227	1.142	0.228
	C1B2	34	0.222	1.115	0.134
	A1C2	51	0.250	1.255	0.201
Attractive	C2A1	55	0.270	1.469	0.235
	A1B2	53	0.208	1.238	0.248
Want to buy	C1B2	30	0.196	1.168	0.140
	A1C2	48	0.235	1.402	0.224
	A1B1C1	93	0.365	1.735	0.347

表 6: 上質感の決定ルール

Designrule	Certainty	Effect	Coverage
R1	0.396	1.433	0.231
R2	0.395	1.429	0.228
R3	0.361	1.308	0.211
R4	0.361	1.308	0.211
R5	0.361	1.308	0.211
R6	0.430	1.558	0.188
R7	0.424	1.534	0.185
R8	0.424	1.534	0.185
R9	0.417	1.510	0.182
R10	0.417	1.510	0.182
R11	0.417	1.510	0.182
R12	0.417	1.510	0.182

ことが、ボールペン、自動車用マット  
の開発プロジェクトにおいて認められた。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 5 件)

Tatsuo Nishino, Mika Uematsu and Mitsuo Nagamachi: Identification of Customers Kansei Needs and Design Pattern of Product by Rough Set Approach, 日本感性工学会誌、(掲載決定)(2009), 査読有。

西野達夫: 感性工学技術としてのラフ集合モデルの適用、日本感性工学会誌、第8巻 1号, 24-29, (2008) 査読有。

石原茂和: Morphometrics と感性工学への応用、日本感性工学論文誌、第8巻 1号, 17-23, (2008), 査読有。

Makoto Ichitsubo, Tatsuo Nishino and Mitsuo Nagamachi: Kansei ergonomics analysis of an ecological river landscape design using the Rough Set Model, Ergonomia, IJE&HF, Vol.29, No.2, 123-130, (2007), 査読有。

Shigekazu Ishihara, Keiko Ishihara and Mitsuo Nagamachi: The Graphical Analysis Method for non-linear relation between Kansei evaluation and design elements, Ergonomia, IJE&HF, Vol.29, No.2, 107-121, (2007), 査読有。

[学会発表](計 7 件)

Tatsuo Nishino, Mika Uematsu, and Mitsuo Nagamachi: Identification of Customers Kansei Needs and Design Pattern of Product by Rough Set Approach, 第10回日本感性工学大会、2008年9月20日、工学院大学

西野達夫、吉良尚紘: あいあいまいラフ集合モデルによる潜在的顧客感性ニーズの分析手法、日本感性工学会、中四国大会講演論文集、2008年3月20日、香川大学。

西野達夫、奥本好昭: コーヒーショップにおける顧客満足要因と価格プレミアムに関する研究、日本感性工学会春季大会講演論文集、2008年3月15日、宮城大学。

Tatsuo Nishino, Ryoichi Satsuta, Mika Uematsu, Shigeru Sugihara and **Mitsuo Nagamachi**: Identification of Customers' Latent Kansei Needs and Product Design By Rough Set Based Approach, 2nd European Conference on Affective Design and Kansei Engineering (CD-ROM), June 21, 2008,

Sweden.

Nishino, T., Nagamachi, M. Okuo, H. Ito, K., and Itami, T.: Rough Set Model and Its Application to Kansei Engineering, 1<sup>st</sup> European Conference on Affective Design and Kansei Engineering (CD-ROM), June 20, 2007, Sweden.

Hirata, R.O., Nishino, T. and Nagamachi, M.: Comparison between statistical and lower / upper approximations rough sets models for beer can design and prototype evaluation, 1<sup>st</sup> European Conference on Affective Design and Kansei Engineering (CD-ROM), June 20, 2007, Sweden.

Nishino, T. and Nagamachi, M.: Kansei Product Development based on the Extraction of Multilevel Decision Rules to Actualize Customers' Wants Using Probabilistic Rough Set Model, KEER2007 (CD-ROM), September 18, 2007, Sapporo.

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

西野 達夫(NISHINO TATSUO)

広島国際大学・心理科学部・准教授

研究者番号: 00104076

### (2) 研究分担者

石原 茂和(ISHIHARA SHIGEKAZU)

広島国際大学・心理科学部・教授

研究者番号: 90243625

### (3) 連携研究者