

第1章 ラフ集合の応用研究

1.1 はじめに

ラフ集合 (Rough Sets) は、一部の研究者にはよく知られているが、まだほとんど知られていないといえる。ラフ集合は、今日、注目を浴びているデータマイニングの手法のひとつで、その応用は大変有望である。またデータ表から If・Then ルールが抽出でき、つまりデータからの知識獲得が可能という特徴がある。ラフ集合は 1982 年にポーランドの Z. Pawlak 教授によって提案された。この論文では、その提案の考え方を数学的な証明を中心に書かれているが、この論文の応用として、ルール抽出が同教授により 1984 年に提案されている。このように、ラフ集合の歴史はすでに 20 年以上になる。

しかし、応用への期待が大きいにもかかわらず、これまで、世界的には理論的な研究が中心である。日本での応用研究は数年前から研究者らのメンバーが開催する理論家とのワークショップ (日本知能情報ファジィ学会のラフ集合研究部会と感性工学会の新製品開発部会と合同、2002 年より毎年開催) から始まりつつある。また、応用研究の裾野を広げるための啓蒙書として、日本語ではじめて書かれたラフ集合の入門書 (「ラフ集合と感性」、上記の両学会の出版賞受賞[1]) を出版した。

そこで、より一層の応用事例の研究を増やし、その過程で、応用に適したラフ集合の手法の開発と改良が求められる。応用の視点から、研究者らはラフ集合の計算結果でたくさん求められる決定ルールを分析する手法 [2]を開発してきた。この手法は線形式の数量化理論 I 類や II 類に替わる非線形手法としても応用することができることを事例研究[3] [4]で確認してきた。本科研費の研究では、この手法を中心にして、事例研究を通じて、さらなる手法の開発と改良を行った。なお、ラフ集合計算は論理計算主体のため、計算時間の負荷が大きく、最近のパソコンの高速化により、今日、応用事例に適した大きなデータでも実用になる段階になってきた。

1.2 応用研究の特徴と成果

学問的には、ラフ集合は逆問題の手法として用いることが可能である。従来の逆問題の手法は、線形式の重回帰分析や数量化理論 I 類や II 類が有名である。しかし、線形式の大きな課題である多重共線性 (説明変数間の相関が高いと結果に寄与している説明変数が数学的に反対の関係になる) を解決することができないため、感性的な研究分野での応用範囲は大きく制限される。そのため、それらに換わる手法として、応用が進んでくる非線形のニューラルネットワークや遺伝的アルゴリズムなどの手法が登場しているが、ブラックボックス的な手法のため、知識獲得という手法としては用いることができない。しかし、ラフ集合はガラスボックスの手法のため知識獲得が可能であり、今日では有望な理論のひとつである。

一方、ラフ集合の理論的な研究は理論の一般化の方向が中心で、近年、前述のように応用側からの手法の開発は始まった段階である。この応用側の研究が進むと、理論側との好ましい共同作業関係が成立すると期待され、ラフ集合の理論的な展開が多角的に拡大する。その意味では学術的な意義は高いと考える。そこで、本研究組織には理論側のメンバーも研究分担者に入

ってもらって研究を行った。

ところで、ラフ集合の研究は同値関係を用いた属性の縮約と決定クラス（結論）に基づく極小な決定ルールの抽出に大別されるが、本研究では後者を目指した。その個別的な特徴となる決定ルール（If・Then ルール）をデータマイニング手法の知識に用いるのが主に行われている。具体的には専門化の推論モデルの作成等が挙げられる。しかし、本研究では、感性工学で用いられることの多い多変量解析などに相当する前述の逆問題の手法としての試みを行った。その代表的な手法のひとつが前述の研究者らの提案する決定ルール分析法である。

本研究の成果としては、決定ルール分析法のコラムスコアを改良した標準化コラムスコアを提案した。また、組み合わせパターン抽出の方法も改良した。そして、その組み合わせパターンを用いた「拡張併合」の考え方をパッケージデザインやデザインコンセプト策定法などの事例研究で提案した。なお、その詳細については次節以降に解説する。

他方、ラフ集合の応用研究には、単にラフ集合の数理的な手法を開発するだけでなく、具体的な個々の分析対象に適した、データ表（決定表）の属性や属性値の求め方や、その決定クラスの作成法等というように、ラフ集合計算の前の準備段階も重要になる。さらに、後半の計算結果の分析法も結果の考察のために重要となる。本科研費の研究では、この一連の準備段階から結果の考察までの分析法について研究を行った。

特に、本研究の成果としては、決定表の属性および属性値の求め方として、評価グリッド法で用いられているラダーリング手法を改良した方法を事例研究で実践した。また、決定クラスの作成法としては、度数分布の考え方をを用いた決定法のアルゴリズムを考案した。なお、その詳細については次節以降に解説する。

なお、上記の感性工学（感性デザイン）の逆問題に関して、認知心理学的人間モデルである「パーソナル・コンストラクト理論」の考え方をベースに展開した。このパーソナル・コンストラクト理論は人工知能との関係で現在脚光を浴びている認知心理学理論の原形ともいえるべき理論で、人間の行動を一連の刺激に対する直接的反応の集積として捕らえる行動主義的な人間モデルに対して、人間の行動を情報処理の結果として捉える点に特徴がある。事例研究では、この階層的な人間モデル（認知評価構造）をベースにラフ集合の適用研究を行った。詳細は次節以降に解説する。

1.3 決定ルール分析法の改良

本題に入る前に、ラフ集合について概説する。まず、ラフ集合を用いると何が分かるかという、分析対象の特徴である。分りやすく人間の特徴の把握の場合で考えると、私たちが人物の特徴を見つけるとき、外見上の要素を探し端的に説明できる要素を捉えようとする。しかし、ひとつだけの要素が見つからない場合は、「メガネをしていて、かつ白髪で、・・・」というように要素（属性値）の組み合わせで、他の人にはないものを捉える。

言語での記述は、「友達の A さんは、メガネをしている人で、白髪で背が高い」というような、性質(特徴)を列挙することが多く行われている。日常では、「白髪」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。

対象をより正確に表現しようとするれば、「細長の茶色いメガネをしていて、髪の毛の 82%が白髪で、身長が約 180cm」と多くの性質を並べ上げることになるが、私たちは普段行っていない。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、細かい記述は、対象をより精密に特定するが、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。

なお、詳しくは参考文献 1 に譲るが、ラフ集合では、同値関係や類似関係などによる集合を知識と考え、与えられた集合をこの知識で表現するのに、2つの近似の方法（下近似と上近似）を提案している。

適用研究の多い決定ルール（下近似）について、表 1 に示す簡単な例題で説明する。なお、本研究では下近似のみを研究対象にしている。まず、表 1 は 4 つのサンプルによるルールがある。具体的には、 $Y=1$ のサンプル U_1 のルールは、「If A and C and E and G and I then $Y = 1$ 」となる。この 5 つの属性値の If-Then ルールでは前段の条件部が少し長すぎるので顕著な特徴とならない。もう少し端的に特徴を示せる極少のルールを求めると次のようになる。

表をよく眺めると、 $Y=1$ （好き）が $Y=2$ （どちらでもない）と識別する属性の中の属性値の組み合わせのひとつとして、「AE」の組み合わせが見つかる。これをルールで表記すると、「If A and E then $Y = 1$ 」となる。つまり、「 $Y=1$ の決定ルールは、AE」となる。その他にも、 $Y=1$ の決定ルールは、その他に、「AI、GC、GE、GI」の複数個求められる。

一方、 $Y=2$ の決定ルールは、「B、H、F、J、D」の 5 つの単独の属性値が求められる。表をよく眺めると、理解できるように、属性値 B は $Y=2$ の 3 つのサンプルの内、ひとつが識別し、また、属性値 F は 3 つのサンプルの内、2 つが識別する。この違いを数値で表す指標として、CI 値 (Covering Index) がある。具体的には、属性値 B の CI 値は「1/3」で、属性値 F は「2/3」となる。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る。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かの目安になるのでとても有益である。

表1.1 決定表の例

サンプル	決定クラス					結論
	属性 (アイテム)					
U	1	2	3	4	5	Y
U1	A	C	E	G	I	1
U2	B	C	E	H	I	2
U3	A	C	F	H	J	2
U4	A	D	F	G	J	2

ところで、決定表のサンプルと属性が多くなると、数百や数千の決定ルールが得られる。そのままでは、考察が難しいので、ラフ集合で求められたたくさんの決定ルールを考察しやすくするために、前述したように決定ルール分析法を研究者ら提案している。

この決定ルール分析法は、組み合わせパターンとコラムスコアの2つが求められる。前者は、図 1.1 の左側に示すように、求められたすべての決定ルールのコア (Core) 的な共通属性値ではないが、ある数の決定ルールの中の共通属性値となる属性値の組み合わせまたは単独の属性値を求めるものである。

後者の数量化理論 I 類のカテゴリスコアに相当するコラムスコアとは、属性値リストの組み合わせ表を用いて、求められた決定ルールから単独の属性値とその CI 値を配分した累積の値である。コラムスコアは標準化 (ゼロの値を除いた各コラムスコアの平均値を 0.5 にして算出) してある。なお、標準化を行った理由は、評価用語である各イメージのコラムスコアの数値を比較することが可能にするためである。

ところで、前者の組み合わせパターンは、図 1.2 の左側①に示すように、複数個求められる。この求められた組み合わせパターンを観察すると、ある組み合わせパターンは、他のそれよりも属性値数の少ない組み合わせパターンを内包していることが分かる。例えば、「A3E1F1Q1」は「E1F1」を含んでいる。つまり、「E1F1」は「A3E1F1Q1」をより明確に示す特徴の組み合わせパターンである。この考え方は、図 1.1 の左側に示す共通属性値の考え方に通じる。そこで、この考え方にしたがって、図 1.2 の左側①の内包する組み合わせパターンによる整理すると、図 1.2 の中央②に示すように整理される。その整理された結果が図 1.2 の右側③になる。これが、最終的に求める組み合わせパターンとなる。なお、本組み合わせパターンの整理法のプログラムは補遺に記す。

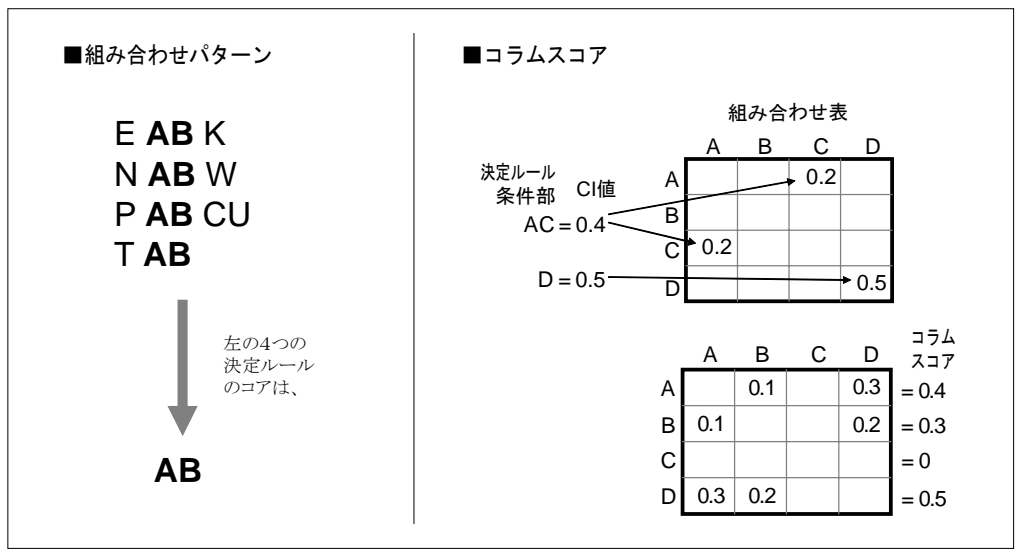


図 1.1 組み合わせパターンとコラムスコア

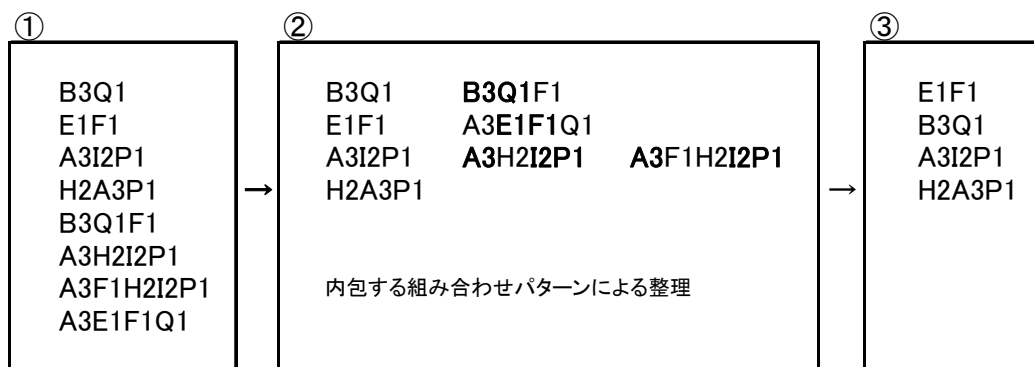


図 1.2 組み合わせパターンの整理

1.4 属性・属性値および決定クラスの抽出法

(1) 属性・属性値の抽出法

本節では、決定表の属性および属性値の求め方として用いた評価グリッド法[5]について概説する。その具体的な実践は事例研究で個々に述べる。

まず、1986年に讃井らによって開発された評価グリッド法は、インタビュー調査の中で、比較的早く、また広く使われている手法である。臨床心理学の分野で治療を目的に開発された面接手法（臨床心理学者 G.A.Kelly (1955) の開発[6]) をベースに改良発展させたものである。

この評価グリッド法は、後述するパーソナル・コンストラクト理論の人間モデルを前提にしている。ここでいう、認知構造は、「窓が大きい・小さい」や「天井が高い・低い」といった客観かつ具体的な理解の単位を下位に、「開放感がある・ない」といった感覚的理解を中位に、さらに「快適な生活がおくれる・おくれない」といったより抽象的な価値判断を上位に持つ階層的な構造である。評価グリッド法は、この構造の中で評価に関する部分だけを選択的に取り出して、その構成単位（評価項目）とその構造（評価構造）を回答者自身の言葉によって明らかにすることを狙った手法である。

評価グリッド法の最大の特徴は、回答者にさまざまな事例を提示して、それらを比較しどちらが好ましいかを判断させ、その評価判断の理由を尋ねるという形式で、評価項目を回答者自身の言葉によって抽出する点にある。第二の特徴は、回答者には 100%の回答の自由を確保しつつも、調査者自体は一定の手順に従って進められる点である。その結果、従来の一般的なインタビュー調査のように、調査結果がインタビュアーの個人的な能力に大きく依存するといったことがなく、誰でも安定した結果が期待できる。さらに、インタビュアーの主観の混入も最小限に押さえられる。

評価グリッド法の手順（表 1.2）は、準備、面接、まとめ・分析の3つの段階から成る。この評価グリッド法は、前述の建築出身の讃井らが考案したものであるため、要因が多い施設環境関係の評価項目の抽出に用いられてきた。彼らは、この手法によって、最終的には階層的な評価項目間のネットワーク図を作成することを目的としている。例えば、このネットワーク図

からリゾート施設の魅力の構造を読み取ろうという試みを行っている。

この手法の比較による優劣判断の面接調査の考え方とラダーリング手法に注目して、製品デザインの評価項目の抽出に応用されている。その方法と手順について、デジタルカメラの事例を通じて、次に具体的に説明する。なお、求める評価項目はイメージ用語と認知部位（当該の製品の形態要素を人が認知するレベルの具体的な部位）である。主に、この評価項目は逆評価に用いられること（イメージと形態要素の関係分析）が適している。下記はその事例研究であるが、その手順を用いて、具体的にイメージ用語と認知部位の抽出方法について説明する。

表 1.2 評価グリッド法の手順

準備	エレメントの作成	調査対象の様々なバリエーションを相互に比較できるような形式で表現したカード状のエレメントを作成する。
	エレメントの分類	はじめに全てのエレメントを提示し、これらを総合評価という観点から何段階かのグループに分類させる。
	評価項目の抽出	異なったグループで比べ、一方のグループ内で共通な特徴を被験者自身の言葉で語らせ記録する。これが評価項目（オリジナルコンストラクト）である。 被験者が新しい項目を見いだせなくなったら次の組み合わせに移る。最後に最も高く評価されたグループと理想の姿を比較し、評価項目の補完を行う。
	ラダーリング	各評価項目ごとに、なぜそうであることが望ましいのか（ラダー・アップ）、そうあるためには具体的にどうなっていればいいのか（ラダー・ダウン）について聞く。
面接	個人別ネットワーク図の作成	以上のようにして得られた結果を、まず被験者一人一人についてネットワーク図にまとめる。
	全体ネットワーク図の作成	個人別ネットワーク図の項目について類似と思われる項目をまとめ、頻度の高いものを選ぶ。繋がり頻度の高いものを記録しながら作成全体のネットワーク図を作成する。 出現頻度や繋がりが頻度の高いものを太線で表示する。
まとめ・分析		

本研究が用いた具体的な手順を、次に示すデジタルカメラの事例で解説する。まず、デザイナー 3 名の被験者それぞれに対して、評価グリッド法を用いて、デジタルカメラ製品のヒアリング調査を実施した。具体的な手順を以下に述べる（図 1.3）。

最初に、30 種類のデジタルカメラのカタログを被験者によく見てもらい、「あなたが好きだと思うもの上位 5 つと、逆にあまり好きでないと思うものを 5 つ選んで下さい。」と指示して、被験者に自由に選んでもらう。そして、選ばれなかったものは使用せず、選ばれたものを「好き」と思うものと「嫌いな」と思うものの 2 つのグループに分ける。次に、この 2 つのグループの違いと「好き」グループに対してデジタルカメラのデザインの特徴（長所）を述べてもらい、その後、「好き」グループのデジタルカメラのカタログを、好きな順番に並べてもらう。そして、より詳しく調べるため、まず、1 番目と 2 番目に好きと思ったカタログを被験者の前に並べ、1 番目に好きと思ったカタログの方を採って、「なぜこちらの方がいいのですか？」という質問をする。

次に、上位と下位の両方側に対して、1 位と 2 位、1 位と 3 位、1 位と 4 位などの被験者が無理をせずに答えられる範囲の多くの対比較を、その理由を具体的レベルであるデザイン的な形態要素に到るまで質問を繰り返す。

例えば、この質問に対する回答で、「新鮮な感じがするから」「女性的だから」などの形容詞又はそれに類似した抽象的な表現であった場合には、「どのようなところが、新鮮な感じがある（女性的な）のですか？」とさらに質問する。ここで「コンパクトだから」や「丸い形だから」など、具体的に物理的な要素が答えとして出てくるまで、「どのような点が…」 「なぜ…」と質問を繰り返していく。1番目と2番目で物理的要素が出てきた後は、2番目と3番目、…というように質問をしていき、好まれるデジタルカメラのデザインの要素を引き出ししていく。ただし、被験者から無理やり物理的な要素を引き出すことはせずに、自然と出てきた答えを記録しておく。なお、発話された言葉ごとに、なぜそうあることが望ましい（例えば、好き）のかをラダーアップ、一方、そうあるためには具体的にはどうなっていればよいのかをラダーダウンと呼ぶ。この2つが前述のラダーリングの内容である。

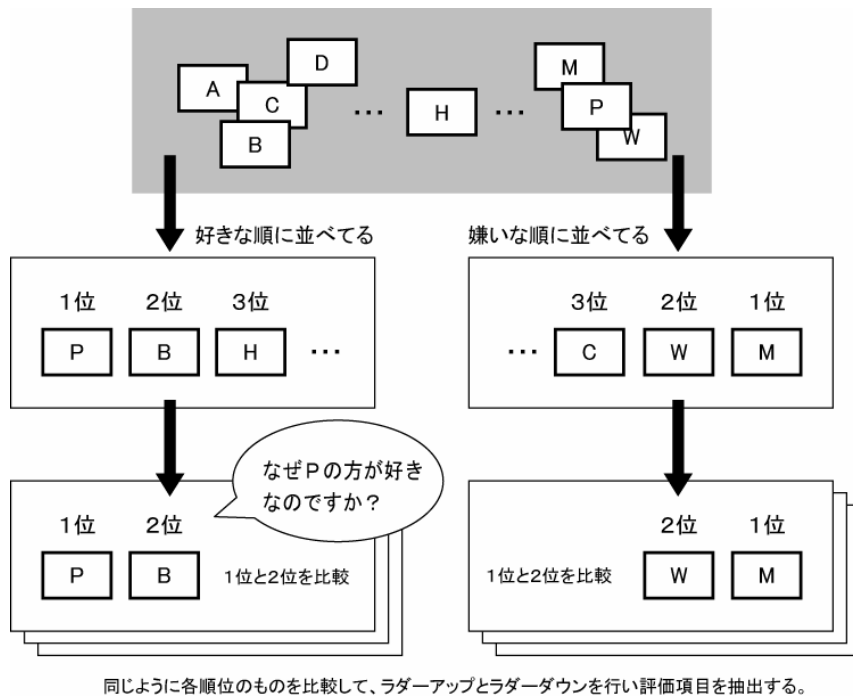


図 1.3 作業の手続き内容

次に、「嫌いな」グループのカタログについても同じ要領で行い、デジタルカメラのデザインにおける好まれない要素を引き出ししていく。これらの質問に対する回答の中で、抽象的な要素（形容詞）はデジタルカメラの評価用語として、具体的な要素（物理的要素）はデジタルカメラの認知部位の候補となる。

全員の被験者ひとりひとりのヒアリングが終了した後、類似した意味を持つ評価用語や認知部位が複数回出てきた場合、デジタルカメラに対して、利用者が特に注目していると考え、それらの出現頻度の高いものをデジタルカメラの評価用語と認知部位とした。

以上のヒアリング調査を行った結果、被験者の回答のなかで複数回出てきた形容詞やそれに

近い表現を、被験者がデジタルカメラのデザインに求めている要因であると考え、それらをデジタルカメラの評価項目とした。抽出された評価項目は7項目あり、それを態度とイメージの2つに分類した。その結果を以下に示す。

- 1) 態度： 審美性、新規性、かっこいい
- 2) イメージ： オリジナリティ、高級感、モダン、女性的

また、評価項目と同時に、ヒアリング調査結果より抽出したデジタルカメラの形態的要因、つまり認知部位の項目は、求められた調査結果を実験者らが検討した結果、17項目になった。さらに、これら11項目の認知部位のアイテムを、それぞれのカテゴリーに分け、37項目の認知部位に集約することができた。

従来は、評価項目を求めるときは、実験者らの過去の経験から意味空間を想定しながら抽出することが主に行われていたが、上記の方法では、実験者らの主観が入らず、再現性の高い抽出法になった。最近では本手法を用いた研究論文が増えてきている。

なお、以上の評価グリッド法におけるラダーリングの考え方を応用して、評価項目の抽出の仕方を説明した。評価項目を求めることが主眼のため、この手法の特長であるネットワーク図（まとめ・分析の項目）の作成は行っていない。

(2) 決定クラスの抽出法

ラフ集合を行うために決定クラスを決める必要がある。筆者らはこれまでの事例研究で、SD評価データの平均値からどのように決定クラスを決めるかによって、特徴のピント（焦点）が強くなったり弱くなったりすることが分かってきた。なお、調査データのバラツキが低い場合は、ピントを強くすることは有効である。つまり、ラフ集合はいくつかのレベルの特徴を求めることができるという利点がある。

決定クラスの決め方は、これまで、平均値による2等分や均等3等分などの機械的な方法で行っていた。しかし、機械的な分類のため特徴が明確に得られない場合が生じた。今回はさらに改良した方法、つまり、データ内容を反映した5段階評価の度数分布をもとに、例えば、 $Y=3$ （個性的な）が $Y=2$ （どちらでもない） $Y=1$ （個性的でない）の決定クラスを決めるのに、7種類の度数パターンを予め設定しておいて、それらとの各相関係数の検討により3つの決定クラスに分けた。

具体的には、図1.4に示すように、7種類の度数パターンの内容は、度数1から度数5までの典型的な度数パターンと、2つの山から成る度数パターン（双山）と台形のような山のないフラットな度数パターン（山無）の7種類である。度数1または度数2のパターンと相関係数が最大値の場合を $Y=1$ に、度数3または双山、山無のパターンと相関係数が最大値の場合を $Y=2$ に、度数4または度数5のパターンと相関係数が最大値の場合を $Y=3$ に決定クラスを振り分ける。人間の判断が多少必要な場合は、分析者の判断で行った。

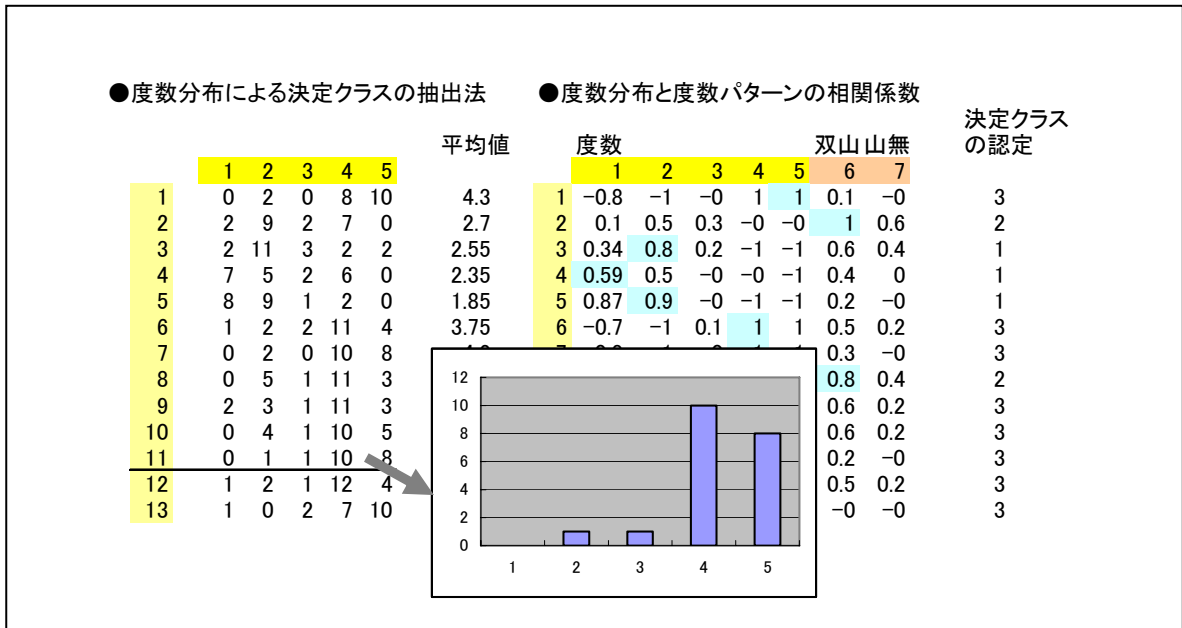


図 1.4 決定クラスの求め方(出力の一部)

なお、5段階評価の典型的な度数パターンは次の通りである。度数1の場合はその度数の比率が[3, 2, 1, 0, 0]、度数2は[2, 3, 1, 0, 0]、度数3は[0, 1.5, 3, 1.5, 0]、度数4は[0, 0, 1, 3, 2]、度数5は[0, 0, 1, 2, 3]、そして、双山パターンは[0.5, 2, 1, 2, 0.5]、山無パターンは[1.1, 1.25, 1.3, 1.25, 1.1]とした。なお、本抽出法のプログラムは補遺に記す。

ところで、類似の事例の場合の決定クラスの選定法に、西野による条件確率を用いた方法が提案されている。この手法でも特徴の焦点が強くなり弱くしたりするパラメータを提案している。今後は、この手法の優れた点も取れいれて改良して行きたい。

1.5 認知評価構造

(1) パーソナル・コンストラクト理論

この認知心理学的人間モデルの1つとして有名な「パーソナル・コンストラクト理論」がある。このパーソナル・コンストラクト理論は、前述した臨床心理学者の G.A.Kelly が 1955 年に提唱した理論である[6]。そこで設定される人間モデルは「人間は経験を通じて構築されたコンストラクト・システムと呼ばれる各人に固有の認知構造を持ち、その認知構造によって環境及びそこでのさまざまな出来事を理解し、その結果を予測しようと努めている」というものである(図 1.5)。

ここでのコンストラクトとは、人間が目や耳などの感覚器で知覚した原始的な情報の集合体としての環境を意味ある世界として理解する際の認知の単位で、「窓が大きい…小さい」や「室内が明るい…暗い」といった形容詞的な性格を持つ一対の対立概念のことである。またこれらのさまざまなコンストラクト間には「窓が大きいと室内が明るい」というような因果関係が構成する認知評価全体をコンストラクト・システムと呼んでいる。

パーソナル・コンストラクト理論は人工知能との関係で現在脚光を浴びている認知心理学理

論の原形ともいえるべき理論である。人間の行動を一連の刺激に対する直接的な反応の集積としてとらえる行動主義的な人間モデルに対して、人間の行動を情報処理の結果として捉える点に特徴がある。すなわち、図 1.5 の概念図[7]に示すように、感覚器から得た原始的な情報はコンストラクト・システム上で下位のコンストラクトから上位のコンストラクトへと次々に意味ある情報へと加工される。これら加工された情報にもとづいて自分の置かれた立場を理解した段階で、今度はどのような行動を取るべきかを検討する。通常われわれがこのプロセスを意識することはない。

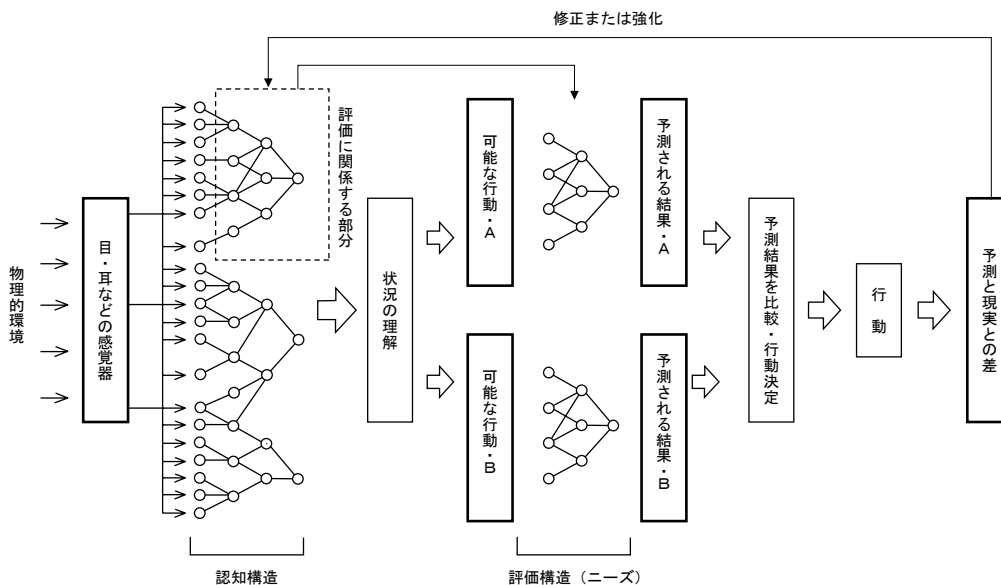


図 1.5 人間の行動が決定されるまでの情報処理プロセスの概念図

(2) デザインプロセスとデザインモデル

一方、企業デザイン部門出身の森は、対象構造を捉えるデザインプロセスを、つまり、商品の認知や態度、行動意図の関係で説明している[8]。この関係はパーソナル・コンストラクト理論とも類似する関係である。特に、図 1.6 に示すように、認知と態度ははっきりした区別のできるものでなく漸移的と述べている。また、認知と態度の中間にイメージを設定している。下方ほど純粋の認知で普遍性を増し、上方ほど態度が混入して主観性を増すと述べている。

森典彦は、図 1.6 に示すイメージを経由する認知と態度の関係に因果関係があるとは述べていないが、前述のパーソナル・コンストラクト理論の考え方をを用いると因果関係を想定することができる。また、松岡も同類の階層性を有するデザインモデルを提案している[9]。その論文の中で、「デザイン学や設計工学において、デザインの本質的な行為は、製品に対する精神的な価値や心理的意味が存在する心理空間から、製品の物理的状態や属性が存在する物理空間への写像である」と述べている。この考え方は、森典彦の対象構造を捉えるデザインプロセスの逆推論がデザイン学や設計となることを示唆している。

したがって、以上をまとめると図 1.6 に示すような階層的な因果関係の逆推論が、本研究が

求めようとする態度「入りたい」や「入りやすい」の評価構造を分析するプロセスに用いることができる。以上のパーソナル・コンストラクト理論および森典彦や松岡由幸のデザインモデルをもとにして作成されたのが井上による図 1.7 の認知評価構造のモデルである[10]。

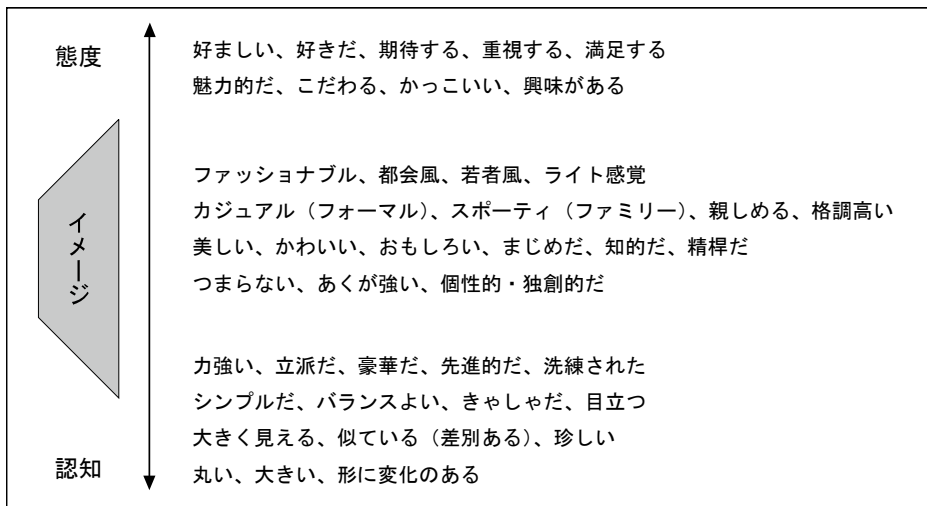


図 1.6 漸移的な認知と態度(イメージを中心として)

この認知評価構造のモデルは、松岡の上記の「心理空間から、…、物理空間への写像」という説明が示すように、階層の上位を目的変数とし下位を説明変数とする因果関係を数理的な逆問題の手法で解くことができる。

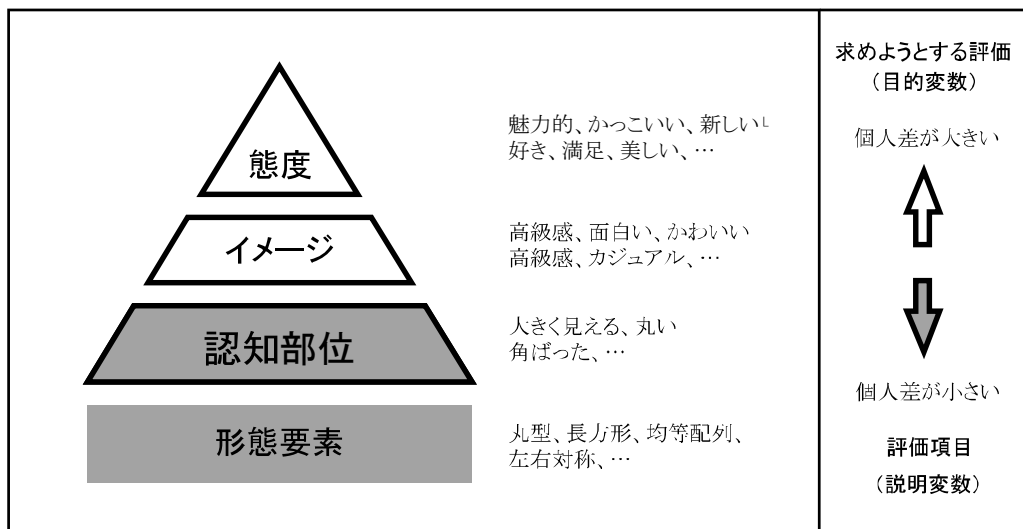


図 1.7 認知評価構造のモデル

参考文献

- [1] 森典彦、田中英夫、井上勝雄編：ラフ集合と感性、海文堂出版、2004
- [2] K.Inoue, M.Hirokawa: Proposal of related analysis between Kansei words and Cognitive form, Bulletin of International Rough Set Society, Volume 7, No.1/2, pp.55-59, 2003
- [3] 伊藤弘樹、井上勝雄、中村千枝、関口彰：女性向メガネデザインの調査分析、第7回日本感性工学会大会予稿集、pp.157、2005
- [4] 関口彰、井上勝雄、嶋暁人、伊藤弘樹：携帯音響製品デザインの調査分析、第7回日本感性工学会大会予稿集、pp.195、2005
- [5] 讚井純一郎、乾正雄：レパートリー・グリッド発展手法による住環境評価構造の抽出ー認知心理学に基づく住環境評価に関する研究(1)ー、日本建築学会計画系論文報告集 No.367、pp.15-22、1986
- [6] Kelly, G. A.: The Psychology of Personal Constructs, Oxford, England, Norton & Co., 1955
- [7] 日本建築学会編：環境心理調査手法入門、技法堂出版、pp.13、2000
- [8] 森典彦：デザインの工学、朝倉書店、pp.72-73、1991
- [9] Matsuoka, Y.: Method for Constructing an Inverse Reasoning System for Form Generation from Product Image Objectives, Proceedings of The 12th International Conference on Engineering Design, 1999
- [10] 井上勝雄、広川美津雄：認知部位と評価用語の関係分析、感性工学研究論文集、Vol.1、No.2、pp.13-20、2000