

感性を目的とするモノ作りの立場から見たラフ集合

——感性工学応用の創造的デザイン支援システムのための
基本的枠組みを考える（その2）

森 典彦

大学院芸術学研究科

Consideration of Rough Set Theory Applied to Design Having an Intention of “Kansei”

——Study on Basic Framework of Design Assist System Using “Kansei” Engineering (2)

MORI Norihiko

The Postgraduate Media-Art Course

(Received November 12, 2001 ; Accepted January 18, 2002)

1. はじめに

設計に役立つ知識獲得の一つの方法として、近年研究が進みつつあるラフ集合理論に注目し、その中心的概念である縮約の活用が提案された¹⁾。それ以来、後の章に例示するように、感性工学やデザインの分野でラフ集合を使う研究例が急に目立つようになった。

また特に感性を目的とする設計にラフ集合を的確に使うためには、予め感性というあいまいで複雑なものをよく調べておかなければならないとの立場から、感性とそれをもたらす要因との関係を構造的に調べ、連鎖的構造があることを明らかにした²⁾。

本論はこれらのことを踏まえ、感性を目的とする設計あるいはデザイン、つまりモノ作りにおいて、ラフ集合がどんな役割をなし得るか、人がモノ作りするときの認識とラフ集合の縮約はどう対応するのか、目的が創造性を主とするか最適化を主とするかによって縮約をどう使い分けたらよいかなどを考察する。

2. 感性工学におけるラフ集合の導入

ラフ集合はサンプル集合の中で属性の部分集合とサンプルのラフな分類との間のルールを見いだすのに役立つものである。

ラフ集合に使用するデータは表1のように、属性はそれぞれ固有のカテゴリを持っていて各サンプルはどの属性においてどのカテゴリに属するかの情報と、各サンプルは分類された結果、どのクラスに所属するかが書かれたものである。表1ではサンプル1は属性1においてカテゴリ A、属性2においてカテゴリ C に属す

ることなど、クラス1に分類されたことを表わしている。そしてラフ集合はこのデータより、どのように属性のセットをとればサンプルをどの程度の確実さで分類できるかという、属性の部分集合と分類の間に成り立つルールを論ずるものである。

しかし、モノ作りにラフ集合を応用するためには、帰納推論の立場に立って、サンプル集合を超えて未知のモノにも同じルールが蓋然的に成り立つと考えるのである。

ラフ集合の中心的概念に、縮約（あるいは極小縮約ともいう）がある。縮約とは、あるクラスに所属するサンプルを確実に他のクラスから識別するのに十分な極小の[属性・カテゴリ]のセットをいう³⁾。たとえば表1でいえば、[属性・カテゴリ]のセット {A, E} や {E, G} はクラス1の縮約である。なぜなら {A, E} を取り上げると、それをもつのはサンプル1だけであってクラス1に所属するので他のクラスから確実に識別するのに十分であるし、またこれより[属性・カテゴリ]を減らしてたとえば {A} を取り上げると他のクラスから識別するのに十分でないので {A, E} が極小のセットということが分かるからである。{E, G} も同様である。これで分

表1 ラフ集合のデータ

サンプル	属性					分類 (クラス)
	1	2	3	4	5	
1	A	C	E	G	K	1
2	B	C	E	H	K	2
3	A	C	F	H	J	2
4	A	D	F	G	J	2
5	B	D	E	G	K	1

かのように、縮約はそれをもつサンプルのあるクラスへの帰属の可能性ではなく、必然性である。

感性工学へのラフ集合の応用において、そのような性質をもつ縮約をもっぱら取り上げる理由は、モノ作りという未知のものに適用するときの蓋然性を少しでも高めようとする、せめてサンプル集合の中でのルールは確実なものにしておこう、したがってラフな分類ではなく確実な分類のためのルールということで縮約を取り上げようというわけである。

ラフ集合の他の概念から見てみよう。

ある[属性・カテゴリー]のセットをとったとき、それを含むサンプルがあるクラスに必ずしも帰属しない場合を含め、帰属の可能性があるならば、そのようなサンプル集合を、その[属性・カテゴリー]のセットによるそのクラスの上近似という。たとえば表1では[属性・カテゴリー]のセットとして{G}をとったとき、これを含むサンプルによってはクラス1はクラス2から識別されない。これを含むサンプルは{1, 4, 5}であるがクラス1は{1, 5}だからである。しかし前者は後者を含むので識別の可能性はある。このことから{G}によるサンプル集合はクラス1の上近似である。このことから分かるように、縮約を取り上げるということは、上近似は考えないということである。

また、ある[属性・カテゴリー]のセットをとったとき、それを含むサンプルがあるクラスに必ず帰属するならば、そのようなサンプル集合を、その[属性・カテゴリー]のセットによるそのクラスの下近似という。たとえば表1で{A, E}をとったとき、これを含むサンプル1によってクラス1はクラス2から識別され得るから{A, E}によるサンプル集合はクラス1の下近似である。この場合はこれを含まないサンプル5によっても識別され得ることに注意したい。これで分かるように縮約は下近似を与える[属性・カテゴリー]のセットである。

さらにラフ集合では分類の確実さの程度を表わす指標として、SI (Satisfaction Index) と、CI (Covering Index) がある。

SI とは、ある[属性・カテゴリー]のセットをとったときそれを含むすべてのサンプルのうちで目的のクラスに属するサンプル数の割合をいう。たとえば表1でクラス1に対する{G}のSIは2/3である。またSI<1で属性のセットが全属性のときはデータに矛盾があるという。[属性・カテゴリー]のセットが縮約であればSI=1である⁵⁾。

CI とは、ある[属性・カテゴリー]のセットを含むサンプルが目的のクラスに属することが確実であったとき、目的のクラスに所属するサンプル全数のうち、その[属

性・カテゴリー]のセットを含むサンプルの割合をいう。たとえば表1でクラス1に対する{A, E}のCIは1/2であり、{E, G}のCIは1である。

以上から分かるように、感性工学では縮約をとることで「CIは1未満でもいいからSIは必ず1にしよう」という立場である。感性工学へのラフ集合の応用を試みているほとんどの研究者は、当面のところは縮約だけに限心限定しているようである。

3. 縮約の応用

縮約 Reduct を計算で導き出すアルゴリズムは文献[1]によるものとし、ここでは応用について考察する。

縮約は本来評価の知識であり、もし設計案や試作したモノなど、未知のモノの属性が縮約を含むならばそのモノの他の属性がどうあれ、そのモノは目的のクラスに属するであろうと推定される。

また縮約は一方において設計の知識でもあり、目的のクラスに属するようにモノ作りするためにはそのモノの属性が縮約を含むように設計すればよい。そうすればそれは目的のクラスに属するであろうと推定される。そして縮約以外の属性は自由である。モノの新しさはこの自由な属性によって生み出せばよい。

縮約を利用する理由は以上の推定は蓋然的でしかないからせめてサンプル集合の中での知識はできるだけ確かなものにしておきたいからであることは前に述べた。この考え方は線形回帰モデルをモノ作りなどに応用する場合と同様である。また、サンプル集合の中での知識を確かなものにするためにデータには矛盾、欠損が絶対になようにするのも線形回帰モデルの場合と同様である。

ここで実際の例を紹介する。

表2はクルマの外観イメージ4種とそれにかかわりの深いと思われる形態要素8種およびそれぞれのカテゴリーである。これは文献[1]の表1の再録である。

データは最近の内外のセダン型乗用車30台を選んでサンプルとし、各車の各形態要素(属性)に対して当てはまるカテゴリーを判定するとともに、イメージを評価して4つのクラスに分類した。判定・評価ともに著者が行った。これら一部省略して表3に示す。

イメージがクラス3(ファミリー)に分類されるものは7台あり、これを目的として縮約を求めた結果47個が得られ、それらのCIは1/7から4/7に分布していた。そのうち3/7以上のものおよび2/7の一部を該当するサンプル(*印で示す)およびその結果としてのCIとともに表4に示す。

縮約は小さい(構成する属性数が少ない)ほど簡潔な知識となって実用性が高く、またCIは大きいほど信頼

表2 クルマの形態要素とイメージ

属性1：ボデーの面や線、コーナーの丸み カテゴリーA：丸い B：中間 C：角張っている
属性2：キャビン部とボデーの関係 カテゴリーD：分割型 E：半融合型 F：一体型
属性3：ラジエーターグリル カテゴリーG：目立つ H：小さくて目立たない I：グリルはなくてバンパーに穴
属性4：ヘッドランプの輪郭 カテゴリーJ：丸型または曲線の輪郭で表情がある K：長方形 L：隠蔽型
属性5：ヘッドランプの立体 カテゴリーM：側面に廻り込んで立体的 N：廻り込みなしで平面的
属性6：バンパー カテゴリーP：ボデーと別の色 Q：モールが目立つ R：ボデーと同色で融合
属性7：ピラーの目立ち方 カテゴリーS：リヤピラーが太くて目立つ T：センターとリヤがやや太い U：リヤのみやや太い
属性8：キャビンの大きさ カテゴリーV：大きい W：中間 X：小さい
イメージ（分類）1：スポーティ 2：パーソナル 3：ファミリー 4：フォーマル

表3 サンプルの[属性・カテゴリー]と分類（部分）

サンプル	属性								イメージ 分類
	1	2	3	4	5	6	7	8	
1	B	D	I	J	N	R	U	X	1
2	A	E	H	J	M	R	S	X	1
3	B	D	H	K	M	R	S	X	1
4	A	E	H	J	M	R	S	W	1
5	A	E	I	J	N	R	U	X	1
6	C	D	G	J	M	Q	U	W	4
27	C	E	H	K	M	P	U	V	3
28	B	D	G	K	N	Q	S	V	4
29	A	E	I	J	M	R	T	V	3
30	C	F	H	K	M	R	T	V	3

性が増す。あるいは縮約に出現する頻度の高い属性は識別に貢献する度合いが高いといえるのでそのような属性を含む縮約にも注目する。この見地から縮約を評価すると、TA、TH、PVなどが有力候補であることが分かる。

仮にこの3個を設計の知識として表現すると次のようになる。サンプルとは異なる新しいセダン型乗用車を開発するに当たり、外観をファミリーなイメージにしたいならば次のように設計すればよい。「センターピラーとリヤピラーを共にやや太くした上で、ボデーの線・面・角に丸みをつけるかもしくはグリルを小さくする。またはバンパーとボデーを別の色にし、かつキャビンを大き

表4 「ファミリー」の縮約

縮約	「ファミリー」のサンプル番号							CI
	7	16	22	26	27	29	30	
TA	*		*	*		*		4/7
TH	*		*	*			*	4/7
PV	*	*			*			3/7
TJ	*		*			*		3/7
VAE			*	*		*		3/7
VHE			*	*	*			3/7
TR				*		*	*	3/7
VHK				*	*		*	3/7
VU		*			*			2/7
PC		*			*			2/7
PF	*	*						2/7
PH	*				*			2/7
TN	*		*					2/7
CH					*		*	2/7
HNA	*		*					2/7
VNA	*		*					2/7

くする」。

また評価の知識として表現すれば、新しい設計案や試作車が以上のような条件属性を備えていればファミリーと分類されるクルマになる蓋然性が高い。

因みにここで仮に縮約のうちのTだけを条件属性として取ると、これを含むサンプルは8台あってそのうちイメージ3のサンプルは5台であるから定義によってSIは5/8であり、またイメージ3のサンプルの全数は7台であるからCIは5/7である。

4. 認識とラフ集合

いくつかのサンプルがあってそれらの属性・カテゴリーと評価結果による分類は、ラフ集合応用のためのデータである。分類は目的に従って物理的基準に基づく場合もあるし感性的基準に基づく場合もある。クルマの平均加速度で測られる加速性能値でサンプル进行分类するのは前者であり、身体に感ずる加速感で分類するのは後者である。前者の物理的基準の場合、データは属性と分類という物理的因果関係であり、縮約を求めることは、その因果関係の中からデータを眺めていただければ分からない知識を、論理過程を経て発見することである。物理的な因果律は普遍的であるから発見した知識を使ってサンプルにない新しいモノがどこに分類されるかを推定したり目的のクラスに入るような新しいモノを設計するにはどうすればよいかを推定できる。帰納推論としての確率がその上に働くだけである。

一方、後者の感性的分類の場合は人の意識がからむだけに分からないことが多い。認識も属性との因果関係として生ずることは確かであろうが、感性的構造における

同レベルのものに共通する因果律があるのかどうか定かでない。そこで人の感性的分類の仕組みを認識の面から考えてみる必要がある。

人がある対象を認識するとき対象の属性の全体を認識することはなく、対象のもつ特徴を捉えて認識することで効率的な認識のしかたをとっていることが明らかにされている⁶⁾。特徴とはその対象が他の多くのものとははっきり異なっている属性のことである。従って特徴によって効率的な認識をするためには他の多くのもの、つまりその対象が比較されるべき同種の多くのものについて、あましの知識がなくてはならない。例えば「このクルマはスポーツカーだ」と認識するのは、他の多くのクルマを知っていて、クルマの属性のうちのいくつか、たとえば車高や座席数などが一般の平均的状況を逸脱した状況にあることを認識したからであるという⁷⁾。

これは属性が連続量であることを想定しているが、カテゴリーカルを想定すると、特徴とは他の多数の同種のものがもつカテゴリーのどれとも異なるカテゴリーの属性である、といえる。これを厳密にして、他の多数のものでなくて他のすべてのものとし、どれとも異なるカテゴリーが一つでもあればその属性、一つもないけれどもセットでみればどれとも異なるセットがあるならばその最少の属性セットというふうに読み替えれば、特徴はすなわち縮約となる。いいかえれば「論理上の縮約は、認識が厳密に、あるいは理想的に行われたときの、特徴のモデル」である。認識し、特徴を把握する心的過程を人は意識して行っているとは限らない。無意識のこともあろう。しかし理想的には縮約に相当するものを特徴として捉えてサンプルを識別し分類していると思われる。

こう考えると感性を目的とするモノ作りの知識はデータがつぎの前提のもとに得られている場合に縮約を使う合理性があると思われる。

「感性的分類を行う人が、ある対象と同類の多数のものについてそれぞれの属性の状況をだいたい知っていて、その中で目的とする感性に分類されるものはどれかを一貫性ある判断で選別している」

この前提に当てはまる例は、クルマや高級カメラを対象として消費者が選好で分類するような場合である。これらは高額な商品だから、多くの同類の商品が互いにどう属性が違うかを知っていて（あるいはよく知らないならば調べることによって）どれがどんな特徴をもつかを判断して好きなものを選別する。そういうデータから求めた縮約が推論に使える。

その逆にボールペンを買うときのような衝動買いをデータとして縮約を求めても推論に使えない。

また縮約が一般に複数存在することは特徴把握に際し

での観点の多様性に対応する。例えば前に縮約の実例としてクルマのファミリーなイメージに対する縮約として TA、TH、PV などを挙げたが、縮約は特徴把握が理想的に行われたときの特徴のモデルであるから、観点の違いが縮約の違いに現れている。観点がクルマの細部のときには TA すなわち「センター・リヤピラーが太くかつ線・面・角が丸い」がファミリーの特徴となり、観点がクルマの全貌のときには PV すなわち「バンパーとボデーが別色でかつキャビンが大きい」がファミリーの特徴となる、ということであろう。

5. 特徴あるいは縮約の連鎖構造

感性で分類されたデータから縮約を求めると、前のファミリーなクルマの例でもそうであるが、目的のクラスのサンプル全体をカバーする（つまり $CI=1$ となる）縮約はなくて分担する形となることが多く、さらに分担する全縮約の間に共通な属性カテゴリーはない（このことをラフ集合では核がないという⁸⁾）ことが多い。人の認識でいえば、観点が変わると同じクラスの中で該当するサンプルが変わり特徴も変わるが、同じクラスのサンプル全体で見るとそれぞれの特徴の間に共通な属性カテゴリーは存在しないという程の変わり方をする人が多い。なぜ感性による分類の場合にこういう性質があるのかを考察してみよう。文献[2]を引用しながら考察する。

数学用語のようにはっきり定義された概念と違って日常使われる言葉は意味が曖昧であって使われ方によっていくつかの種類の意味を持っている。それぞれの意味がもつ内容を調べると、一部の内容を共有しながら全体に共通な内容はなく、意味はいわば連鎖状に連なっているだけである、ということをゲームという言葉为例にしながら L. Wittgenstein が初めて指摘した⁹⁾。また、J. P. Sartre がユダヤ人とは「心理的・肉体的・社会的・宗教的・個人的などの各要素がいくんだ、分解不可能な一つの全体」であって「遺伝的特徴も他の要素同様、彼の状況の一つの要素」といっているが、これはユダヤ人という言葉が（フランスでは）Wittgenstein がいうところの日常語であることを示している¹⁰⁾。そして曖昧な日常語の代表格である感性語がこれらと同じ性質をもつのは当然である。すなわち例えばあるイメージで対象を分類したとき、観点が移るに従って特徴を形成する属性のセットのうち一部の属性は同じカテゴリーを共有しながら他の一部の属性は変わっていき、ベン図に表したとき図1のように連鎖状をなす。縮約を計算すれば複数の縮約が得られ、それぞれを構成する[属性・カテゴリー]のセットが連鎖状をなす。

観点が移るというのは連想である。連想であるから飛

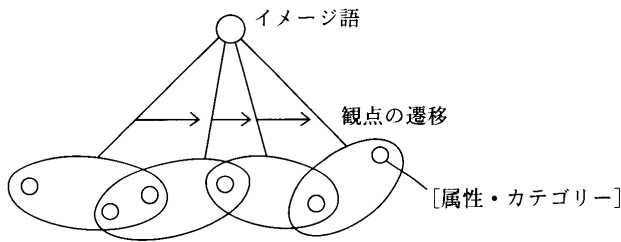


図1 特徴の連鎖構造

躍することなく連鎖的に行われるから結果的に内容も連鎖状をなす、ともいえる。また、感性において高次のレベルにある「選好」による商品の分類においても、個人が多くの商品の中から自分が選好する商品をいくつか選んだ場合、それらは必ずしも似たようなものばかりとは限らず、明らかに観点の違いを示すようなものの集まりであることがある。これはクルマ選びなどで多くの人が経験することであるが、そのとき選好の対象となったクルマ群の間に同様の性質がある。

6. 縮約の結合

感性による分類は前章に述べた性質をもつゆえに導出される縮約に高いCIを期待できない。しかし、だからといって縮約を諦め、SIを下げて上近似をとることによって目的の分類に属するサンプル全体をカバーしよう（CIを1に近づけよう）とすることは、モノ作りのための推論にとってはしばしば無意味であることがこの性質から分かる。むしろ目的の分類に属するサンプル群を分担しているいくつかの縮約をand結合して[属性・カテゴリー]のセットを作り、それを守って新しいモノを設計するという方策が考えられている。

感性による分類の場合には、これも前章で述べたように、複数の縮約が現われることは同じクラスでも複数の観点があり得ることに対応しており、個々の縮約は個々の観点によって把握された特徴である。したがっていくつかの縮約をand結合して得た[属性・カテゴリー]のセットを含む新しいモノを作り得たならば、それはいくつかの観点をカバーすることになる。それだけ信頼性が増したことになる。縮約を結合したものはもはや縮約ではないから通常のCIは持たないが、いうなれば観点のCIを高めたといえよう。

例えば表4からは表5に示すような縮約の結合案が作られる。ここで第1案PVAEは表4のPVとVAEより、また第2案PCTHは表5のTHとPCより作られている。第1案のPVAEを取り上げると「バンパーをボデーと別色にし、キャビンが大きくし、ボデーの線や面を丸くし、キャビンとボデーを半融合型にした新しいクルマを

表5 縮約の結合と観点がカバーするサンプル

縮約の結合案	「ファミリー」のサンプル番号							観点のCI
	7	16	22	26	27	29	30	
1案	*	*	*	*	*	*		6/7
2案	*	*	*	*	*		*	6/7

デザインすれば、PVおよびVAEという二つの観点のどちらから見てもファミリーイメージを感じるクルマになる」ことを約束している。

縮約の結合は、感性の問題において、一人がもつ複数の観点をなるべく多くカバーしようという意図だけでなく、マーケティングにおいて多数の消費者の多様な観点による多様な選好をなるべく広くカバーしようという目的にも使える¹¹⁾。一般にマーケティングでは多様な選好をカバーするには、選好をクラスタ化するにしろしないにしろ、統計的に平均値をとることが多いが、ここでの方法は結合前の個々の縮約が個々の選好をそれぞれ「分担」する形になっている点において基本的に考え方が異なっている。

7. モノ作りにおける創造性と最適性

感性を目的とするモノ作りには大きくいって二つの態度—狙い方がある。

一つはある種のイメージなどの感性上の目的があったとしても、それと同時に必ず目新しさや差異性・意外性がなければならない、これは必須条件である、とする態度である。例えば「スポーツカーのデザイン」、「しゃれたバーのインテリアデザイン」、「掛け心地はともかくとしてアートのような魅力ある椅子のデザイン」といった場合にこのような態度で臨むことが多い。狭義の意味のデザイン、あるいは純デザインといっていいかもしれない。ここではイメージなどの目的はほどに合っていればよいとする。創造性重視のモノ作りである。

もう一つは快適さ、使いやすさ、分かりやすさなどの感性上の目的があって、それを最大限に満たす設計解、つまり最適化解を獲得しようという態度である。例えば「家族みんなにとって座り心地よい便座設計」、「分かりやすい駅の自動券売機デザイン」、「使いやすいマウスのデザイン」のときこのような態度をとるのが普通である。一般に感性設計といわれる分野であり、広義のデザインに含まれる。ここでは差異性・意外性は問題にしないでよい。最適性重視のモノ作りである。

この二つの態度に対しての縮約の利用法について考える。

縮約以外の属性は自由に選んでよい。したがって縮約に含まれる属性数(縮約の大きさ)が小さければ小さいほ

ど自由属性の数が大きくなり、デザイナーが存分に自分の個性を発揮しやすくなると思われる。つまり創造性重視のモノ作りである。例えば表4でいえばTAとかTH(いずれも2属性と小さい)を選んで設計条件とすることであって6個の自由属性が残される。自由属性が多い反面、信頼性はCIが4/7と薄く、目的への適合性は程ほどでしかないかもしれない。

自由属性が多少減ってもいいから信頼性を高めたいならば前章のように縮約を結合するのがよい。例えば表5のようにPVAEを設計条件とすることになって4個の自由属性が残される。自由属性が減った代わりに観点のCIが6/7と増加し、やや最適性重視にシフトした。

最も信頼性を高める、言い換えれば最も確実に目的に適合させるには観点のCIが1になるまで縮約の結合を増やして行く。それでも自由属性が残ればそれも動員して、つまりすべての属性を使って該当するサンプルを繰り返しカバーするようにすればそれだけ信頼性が増したことになる。例えば上記のPVAEに対してさらにTHを結合してPVAETHという6属性を設計条件とすれば、表4と表5から分かるように観点のCIは1になる。その上さらにVHKとVNAを結合してAEHKNPTVという8属性を設計条件とすれば、すべての属性が押さえられて自由がなくなった代わり、表4において、TA、TH、PV、VAE、VHE、VHK、PH、TN、HNA、VNAという10個の縮約が矛盾なく結合されたことになり、CIが1であるばかりでなく、多くのサンプルが最高7回まで繰り返しカバーされ、確実さが最大化されている。最も最適性重視のモノ作りとなる。

8. モノ作りのために必要な縮約の選定基準

複数の縮約のうちどれが重要かを評価する基準としては、信頼性の面からCIの高さを、実用性の面から縮約の小ささすなわち縮約に含まれる属性数の少なさをとるのが普通である。モノ作りへの応用においてはそれでも同じ評価の縮約が複数存在することが選定を迷わせる。そこで種々の選定法が考えられている。

例えば、縮約間に核(全部に共通に現れる属性)はなくとも、縮約間に出現する頻度の高い属性を見いだしてそれを含む縮約を選定するとか¹²⁾、あるいは線形判別分析のひとつである数量化2類で同じデータを分析し、得られたカテゴリースコアの大きい属性カテゴリーを参考にしながら縮約を選定する、などが試みられている¹³⁾。それらは目的の分類への寄与が高いものと考えられるからである。ここで数量化2類は属性の独立性を前提とする点において縮約とは前提が異なるから縮約の評価に使うのは問題があるが、選定のための目安にはなるものと考

えている。また、選定ということはしないで、縮約のCIを一種のスコアとみなして各縮約にスコアを与えながら全縮約を一まとめにした上で、属性レベルに分解してスコアの高い属性カテゴリーを個々に知るという、属性レベルの知識に切り換えた例もある¹⁴⁾。

9. 感性を目的とするラフ集合応用の研究例

感性を目的とするモノ作りへのラフ集合の最近の応用例をここで紹介しておく。分類を感性で行ったデータからの縮約によってモノ作りの知識を得ようとしたものである。

サンプルを既存のクルマとし、分類をクルマの顔の動物イメージとし、属性をクルマのフロントの形態要素として縮約を計算し、新しいクルマの顔が目的の動物イメージになるには最低どの属性がどのカテゴリーであればいいかを求めている¹⁵⁾。同じくサンプルは既存のクルマであるが分類を複数の消費者の好きなクルマとし、属性を外観形態要素としたものもある¹⁶⁻¹⁷⁾。ここではマーケティングの立場から複数の人をカバーするために複数の縮約の結合を試み、それに基づくデザイン案を作り、それが同じ消費者たちに好まれることを確かめることによって縮約の結合が有効であったとしている。さらに嫌いなクルマも同時に調べてその縮約を求め、それを上記の結合縮約が含んでいるかどうかをチェックして含んでいないもののみ採用する、といったくふうをしたものもある¹⁸⁻¹⁹⁾。

サンプルを家電製品のミニディスクや携帯電話とし、分類を好き嫌いや飽きられないなどとし、属性を形態要素(感覚的なものもある)として縮約を求め、好まれるあるいは飽きのこないデザインのための知識としている²⁰⁻²¹⁾。ここでは多くの縮約の中からどれを選ぶべきかについてCIや属性の出現頻度を参照している。さらに数量化2類のカテゴリースコアを参照したものもある²²⁾。

サンプルをチョコレートのパッケージとし、分類を買いたい・おいしそうなどとして、そういう感性をもたらすパッケージデザインのための知識を縮約によって求めている²³⁾。

サンプルをクルマのフロント部とし、分類を好きとし、属性を形態要素として縮約を求め、複数の縮約を結合したり、選別のために数量化2類やニューラルネットと性能を比較したりしている²⁴⁾。

マーケティングにおける大規模なデータを処理したものがある。サンプルは被験者、分類は好きな車型、属性はクルマのいろいろな効用に対する期待度であるが、数千人のデータは大きすぎるのでクラスタ分析にかけてクラスタについての平均を代表者とみなして被験者の代わ

りとする、という考え方である。後は他と同様である²⁵⁾。

サンプルをテレビの番組とし、分類を視聴実態とし、属性を番組選択に関する習性や動機などとして、番組がよく見られるための条件を求めた例がある²⁶⁾。ここでは核を求めてから縮約を計算している。

10. おわりに

感性を目的とするモノ作りへのラフ集合の応用に際しては縮約がもっぱら用いられるのはなぜかについて、詳しく述べた。縮約を用いるに当たっての今後の大きな課題は、やはり多数の縮約からの選定の問題である。

分類が感性による場合に前記のようにいろいろな指標を参照するのではなくて、もっと直接的な選定のしかたが考えられる。それは、一般に人が認識しがちな特徴というものは、縮約に置き換えた場合に多数存在するうち、どれを捉え認識するというところに何か傾向があるかどうか、もしあるならどんな傾向かを調べ、その傾向に適する縮約を選定する、というものである。これには人の認識に関する多くの実験を積み、帰納的に傾向を見いださなければならない。認知科学の力を借りることが必要かもしれない。

またデータがカテゴリカルであることによる問題もある。感性で表される属性がどうかに係わらず、属性があるカテゴリに属するとはっきりいえないのに有無のどちらかに2値化したり、連続量の場合に大中小に分けたりすることがよくある。そうすると識別行列がその違いを表しているところに問題が起きる。すなわち、二つのサンプルのある属性が実際はほぼ同じカテゴリなのに識別行列で違ふとされたり、かなり違ふのに同じとされたりしてそれが縮約に大きく反映してしまう。これを避けるためにデータをファジイ集合で表すことも考えられるが、もつと簡単にカテゴリを[0, 1]のグレードつきで表し、その差がある値以上のものだけを識別行列の要素として取り上げる方法があり、その場合の縮約のアルゴリズムが（完全な一般化に至っていないが）提案された²⁷⁾。

注

- 1) 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部紀要、Vol. 3、pp. 35-38 (1997)。
- 2) 森典彦：感性語の因果推定に現われる連鎖的構造—感性工学応用の創造的デザイン支援システムのための基本的枠組みを考える、東京工芸大学芸術学部紀要、Vol. 5、pp. 55-60 (1999)。
- 3) 通常のラフ集合では「すべてのサンプルを確実に分類できる極小の属性集合」を縮約といているが、ここでは本文にあるように「サンプルをあるクラスに確実に分類できる極小の[属性・カテゴリ]の集合」を縮約といており、いわば通

常のラフ集合の定義から生成できる、[属性・カテゴリ]とクラスに関する決定ルールであることに注意されたい。

- 4) 日本ファジイ学会編：ファジイとソフトコンピューティングハンドブック、p. 536 (2000)。
- 5) Ibid., p. 553。
- 6) 古屋繁：乗用者の車体形状における特徴把握の構造、千葉大学大学院自然科学研究科学学位申請論文、pp.21-39(1994)。
- 7) Ibid., p. 63-66。
- 8) 日本ファジイ学会編、op. cit. pp. 545-546。
- 9) Wittgenstein. L.: Philosophische Untersuchungen, I, pp. 65-67 (1953)。邦訳、L. ヴィトゲンシュタイン、坂井秀寿・藤本隆志訳：論理哲学論考、法制大学出版局、pp. 275-277 (1968)。
- 10) J. P. サルトル、安堂信也訳：ユダヤ人、岩波新書227、p. 75 (1956)。
- 11) 熊丸健一・高梨令・森典彦：ラフ集合理論による属性の縮約を利用したデザイン企画法の試案、デザイン学研究144、pp. 74-79 (2001)。
- 12) 高梨令・森典彦・讃井純一郎・田慕玲：市場調査データの縮約によるクルマ選好の観点の抽出、日本デザイン学会第47回研究発表大会概要集、pp. 202-203 (2000)。
- 13) 広川美津雄・井上勝雄：デザイン評価用語と形態要素の関係分析、第17回ファジイシステムシンポジウム講演論文集、pp. 635-638 (2001)。
- 14) Ibid.
- 15) 原田利宣・森典彦：自動車フロントマスクデザイン認知の分析、デザイン学研究128、pp. 11-16 (1998)。
- 16) 熊丸健一・高梨令・森典彦、op. cit. pp. 71-80。
- 17) 森典彦・高梨令・桑田起男・熊丸健一：属性の縮約を使って多様な商品選好を少数の新開発商品に集約する方法、第16回ファジイシステムシンポジウム講演論文集、pp. 305-306 (2000)。
- 18) 熊丸健一・高梨令・森典彦：製品の選好と非選好を考慮したデザイン企画法の試案、感性工学001、pp. 65-72 (2001)。
- 19) 高梨令・熊丸健一・森典彦：消費者の多様な選好・非選好情報に基づくデザイン企画、第17回ファジイシステムシンポジウム講演論文集、pp. 643-646 (2001)。
- 20) 広川美津雄・井上勝雄：デザイン評価用語と形態要素の関係分析、日本デザイン学会第47回研究発表大会概要集、pp. 134-135 (2000)。
- 21) Inoue, Katsuo・Hirokawa, Mitsuo: Factor Analysis about Satiety in Product Design, Kansei Engineering International 002, pp. 33-40 (2000)。
- 22) 広川美津雄・井上勝雄：デザイン評価用語と形態要素の関係分析、第17回ファジイシステムシンポジウム講演論文集、pp. 635-638 (2001)。
- 23) 井上勝雄・黒坂英里・岡田明：ラフ集合を用いたパッケージデザインの嗜好分析、第17回ファジイシステムシンポジウム講演論文集、pp. 639-642 (2001)。
- 24) 井上拓也・原田利宣：自動車フロントマスクデザイン分析・企画へのラフ集合の応用、第17回ファジイシステムシンポジウム講演論文集、pp. 647-650 (2001)。
- 25) 高梨令・森典彦・讃井純一郎・田慕玲：loc.cit.
- 26) 高橋靖：デジタル多チャンネルテレビにおけるインフォメーションブラウザーの研究、千葉大学大学院自然科学研究科学学位申請論文、pp. 59-61 (2001)。
- 27) 森典彦：カテゴリへの帰属がグレードで示された離散データからの知識獲得—ラフ集合の縮約計算を拡張する提案、芸術世界—東京工芸大学芸術学部紀要、Vol. 7、pp. 79-84 (1999)。