感性評価に基づく形態要素のラフ集合を用いた組合せ推論の研究

—産寧坂伝統的建造物群保存地区のファサードを対象として—

STUDY ON INFERENCE OF COMBINATION RULES OF FORM ELEMENTS
BY SENSIBILITY EVALUATION EMPLOYING ROUGH SET THEORY

—A case of Sanneizaka preservation district for groups of historic buildings—

齋藤 篤史*¹, 宗本 順三*², 松下 大輔*³

Atsushi SAITO, Junzo MUNEMOTO and Daisuke MATSUSHITA

The purpose of this paper is to provide the method which clarify the combination rule of traditional facade with rough set theory. The sensibility evaluation test on Sanneizaka preservation district for groups of historic buildings was done with elevational facade photos, and acquired some reducts, Covering Index and Column Score by employing the rough set theory. From the analysis of them, the combinations of several contributory form elements could describe the aforesaid facade significantly.

Keywords: rough set theory, sensibility evaluation, reduct, facade, historic buildings, form elements

ラフ集合, 感性評価, 縮約, ファサード, 伝統的建造物, 形態要素

1. はじめに

「美しい国づくり」あるいは「美しい都市づくり」を目指して、景観法など種々の制度が整えられつつある。今後より公共性があり、合理的な理論に裏打ちされた景観の評価方法が求められる。これまでに筆者らはファサード立面に内在する形態要素の構成規則を機械学習により獲得する方法を提示した^{文献1)}。この方法では、個別の子細な規則を明らかにすることができたが、ファサードが伝統的であるか否かの評価において、どのような規則の組合せが重要であるかは知ることができない。これに対し本論は、伝統的であると評価されるファサードの形態要素の重要な組合せを明らかにしようとするものである。

建築物のファサードを見て感じる、「伝統的である」という概念は、複雑で高次の知識に基づくものであり、建築物の部位や部材といった建築言語を用いて、その意味を余すところなく明示的に翻訳することは困難である。またこの「伝統的である」という概念は、個人の背景や有する知識体系等に左右されるため、一定で普遍的なものではなく、観察主体に依存して多様である。しかしながら、多様な解釈の幅を持ちつつも、観察主体に因って全くバラバラな概念というわけではなく、集団で共有している部分も少なからず存在すると考えられる。伝統的建造物群保存地区（以下伝建地区と約す）

一帯のファサードに対して、多くの人が「伝統的である」と感じるのは、この概念の共有部分によるものと考えられる。

伝統的建造物には、長い時間の中で形成されてきた様式があり、開口や庇といった形態要素は、少数の種類の形式に分類される。すなわち、伝統的建造物のファサードは、一定少数の要素の組み合わせにより構成されている。ここで「伝統的である」と感じるファサードを構成する形態要素の組合せと、それらの重要度を求める方法があれば有効である。

一方、対象がいくつかの属性により表現されている場合に、対象の特徴を十分有効に説明する、少数の属性の（粗い、ラフな）組み合わせを知るものとして、ラフ集合理論(Rough set theory)^{注釈1)}がある。対象とこれを表現する複数の属性との関係を知る手法としては、線形回帰モデルがよく知られているが、各属性が互いに依存するような、複雑な非線形の場合の関係を扱うことはできない。また、ファジィ理論もラフ集合理論と同様に、対象と属性の曖昧な関係を扱うものであるが、ファジィ理論は入力空間の領域の曖昧さを扱うもので、ラフ集合理論のように、対象の識別不能性に基づいて、重要な（関与の大きい）属性の組み合わせを求めるものではない。ニューラルネットワークのバックプロパゲーションアルゴリズム(backpropagation algorithm)も対象と属性の関係を学習するも

*¹ 京都大学大学院工学研究科 大学院生・工修*² 京都大学大学院工学研究科 教授・工博*³ 京都大学大学院工学研究科 助手・工博Graduate Student, Graduate School of Engineering, Kyoto University, M. Eng.
Prof., Graduate School of Engineering, Kyoto University, Dr. Eng.
Inst., Graduate School of Engineering, Kyoto University, Dr. Eng.

のであるが、各ニューロンのどのような組み合わせが対象を簡単かつ十分に有効に表すことができるかを知ることができない。ラフ集合理論は類別や近似の概念に基づくデータ解析を基礎として、近似類別、機械学習、多基準意思決定などに応用されている^{文献2)}。また感性工学分野では、自動車や携帯電話などのプロダクトデザインの分野で導入が試みられている^{文献3)}。

複雑な対象をできるだけ詳細に記述するには、多大な量の語彙を必要とする。すなわち「伝統的である」と感じるファサードの概念を詳細に記述することは困難であり、たとえ記述できたとしても、そこからその意味や本質を理解することは容易ではなく、設計に役立てるには煩雑な手続きを要すると考えられる。しかしながら、そのような複雑な概念のうち、冗長な枝葉末節を差し置いて、より簡単で一般性のある中枢を捉えるには、ラフ集合理論を援用することが有効である。例えば、ある種の窓意匠と庇形状の組合せがファサードに表れる場合に、多くの人はそのファサードを「伝統的である」と評価する等の結果が期待できる。こうして人間が直感的に「伝統的である」あるいは「伝統的ではない」と判断する要因を、ファサードの構成要素の組合せを要約した縮約として得ることが出来れば有用な知見となり、人間の感性に根ざした伝統的景観を形成していく上で、ファサードの修理・修景のための一定の基準を与え得るものとして、設計の実用に資するものと考えられる。

2. 目的と方法

本論では、直感的に「伝統的である」と判断する要因を、ファサードの形態要素の組合せとして獲得し、これを明示的に記述することを目的とする。

本論の対象は産寧坂伝建地区の建造物のファサードとする。独自に行った建造物のファサードの調査の結果(1999年～2000年、2002年～2003年)、1994年～1995年に実施された産寧坂町並み調査の報告書、および京都市都市計画局に保管されている過去10年(1993年～2003年)の修理・修景の記録をもとに構築したファサード立面データベースを用い、形態要素の整理、および写真を用いた感性評価実験を行う。感性評価実験の結果にラフ集合理論を適用することにより、感性評価により「伝統的である」とされる縮約を獲得する。獲得した縮約の評価事例に対する包含状況を検証することにより、本論の方法の有効性を考察する。

3. 既往研究

産寧坂伝建地区については、町並みの保全に向けて調査研究が行われている。西川、池田、高橋^{文献4)}は産寧坂伝建地区制定に先駆けて、町並み調査を行った。谷、岡^{文献5)}は産寧坂伝建地区保存計画の修正のための調査を行い、産寧坂伝建地区制度の運用実績を纏めている。金、宗本^{文献6)}は所有権移転のプロセスを通じて、町並みの変遷を明らかにしている。また門内^{文献7)}は全国の伝統的町並みを調査し、記号論の立場から伝統的町並みの様相を造形的言語による記号空間により表現した。

人間の感性をデザインに結びつけていく研究は、主にプロダクトデザインの分野で成果が上げられている。瀧澤、河村、谷^{文献8)}は、遺伝的プログラミングを用いて、家具のデザインにおいて個人の嗜好

の定量化を行っている。柳澤、Kostov、福田^{文献9)}は、多変量解析を用いて、携帯電話のデザインに対する個人による評価パラメータと評価語の関係、傾向の相違を示している。松下、宗本^{文献10)}は、対話型遺伝的アルゴリズムを用いて、対象を直感的・総合的に評価する人間の能力から、ガラスファサードに対する個人の嗜好をガラスの物性値として獲得することを試みている。杉浦、岡崎^{文献11)}は、帰納論理プログラミングを用いて、ホワイトボード上に構成される仮想空間の作成過程から、被験者の嗜好の抽出を試みている。森、高梨^{文献12)}は、自動車のデザインを対象とする人間の感性評価に対して、非線形性を有するモデルとしてラフ集合の理論が利用可能であることを示している。

以上のように、人間の感性を定量化しデザインに結びつける研究は様々な方面から行われている。しかし、建物のファサードに対する人間の直感的評価から、その評価決定にかかわる形態要素を明らかにするものは無い。本論の特色は、直感的な評価の際に、人間が無意識のうちに用いている評価決定ルールを、ラフ集合を適用して、設計に有効な知識として非線形性を有したまま抽出しようとする点にある。

4. 産寧坂伝建地区の概要

産寧坂伝建地区は、清水寺の参道に接する産寧坂から二年坂、高台寺門前を経て円山公園に至る南北約600m、東西250mの地域であり、「伝統的である」と一般的に認識されている地区である。

産寧坂伝建地区は1972年9月に特別保全修景地区に、1976年6月には伝統的建造物群保存地区に指定された。さらに同年9月には文化庁により重要伝統的建造物群保存地区に選定された。現在、産寧坂伝建地区内の建築行為に際しては、行政による指導が行われており、伝統的建造物については、主として外観を保存するために、産寧坂伝建地区保存計画書に示された外観の基準により修理が実施され、伝統的建造物以外の建造物については、周囲の景観と調和するよう伝統的建造物と同様の保存計画書に示された外観の基準により修景が行われている^{注釈2, 3)}。

5. ファサードデータの作成

(1) 現地調査

産寧坂伝建地区において独自に建造物のファサードの調査を1999年6月～2000年1月、追加調査を2002年11月～2003年3月に行った。調査対象は石部小路部分を除く産寧坂地区内の伝統的建造物および非伝統的建造物を対象とした。対象となった建造物は延344軒である。調査により得られた建造物のファサードの画像および実測したデータから、ファサードを構成する形態要素の情報を得た。

(2) ファサードモデルの作成

データベースを作成するためにファサード立面モデルを作成する(図1)。このモデルではファサード面を、屋根(r)、2階壁面(2W)、庇(e)、1階壁面(1W)の各部位に分割する。分割した各部位の内の開口部及びその付属物等を要素として意匠別に分類する。各部位はそれを構成する要素の集合であり、部位の集合がファサード立面を構成すると見なす。

図1 ファサードのモデル化

表1 構成要素の定義と分類

項目	形態要素	略記号	項目	形態要素	略記号
屋根形状<r>	切妻_平入	r1	一階底形状<e>	瓦葺底_平入	e1
	切妻_妻入	r2		瓦葺底_妻入	e2
	寄棟	r3		スレート葺底_平入	e3
	入母屋_平入	r4		スレート葺底_妻入	e4
	入母屋_妻入	r5		銅板葺底_平入	e5
	陸屋根	r6		銅板葺底_妻入	e6
二階壁面構法<a>	真壁	a1	一階壁面構法<f>	真壁	f1
	大壁	a2		大壁	f2
	なし	a9		なし	f9
二階壁面材料/壁面意匠	京壁	b1	一階壁面材料/壁面意匠<g>	京壁	g1
	しっくい塗	b2		しっくい塗	g2
	モルタル	b3		モルタル	g3
	トタン張り	b4		トタン張り	g4
	板張り	b5		板張り	g5
	杉皮張り	b6		杉皮張り	g6
	竹皮張り	b7		竹皮張り	g7
	腰下板張り	b8		腰下板張り	g8
	なし	b9		腰下竹皮張り	g9
二階窓意匠<c>	木格子窓	c1	一階窓意匠<h>	木格子窓	h1
	出木格子窓	c2		出木格子窓	h2
	飾窓	c3		飾窓	h3
	下地窓	c4		下地窓	h4
	むしこ窓	c5		むしこ窓	h5
	木窓	c6		木窓	h6
	出木窓	c7		出木窓	h7
	金属窓	c8		金属窓	h8
	なし	c9		なし	h9
二階窓周り下部意匠<k>	木手摺	k1	一階開口部周り側部意匠<i>	木戸袋	t1
	金属手摺	k2		モルタル戸袋	t2
	なし	k9		トタン戸袋	t3
二階窓周り側部意匠<l>	木戸袋	l1		なし	t9
	モルタル戸袋	l2	一階開口部周り上部意匠<u>	木幕掛	u1
	トタン戸袋	l3		金属幕掛	u2
	なし	l9		なし	u9
二階窓周り上部意匠<m>	木幕掛	m1	一階開口部周り付加意匠<v>	木目隠し塀	v1
	金属幕掛	m2		モルタル目隠し塀	v2
	なし	m9		格子欄間	v3
二階窓周り付加意匠<n>	木目隠し塀	n1		ガラス欄間	v4
	モルタル目隠し塀	n2		下地欄間	v5
	格子欄間	n3		なし	v9
	ガラス欄間	n4	一階扉/出入口意匠<j>	木格子戸	j1
	下地欄間	n5		金属格子戸	j2
全体構成<d>	なし	n9		腰高ガラス戸	j3
	平屋	z1		板戸	j4
	中二階	z2		ガラス戸	j5
	本二階	z3		金属ドア	j6
	変形二階	z4		金属シャッター	j7
				開け放し	j8
				なし	j9

(3) 形態要素の整理

先述の建造物のファサードの調査の結果、1972年の調査報告書^{文献4)}、1994年～1995年の調査報告書^{文献5)}、および京都市都市計画局に保管されている過去10年間（1993年～2003年）の修理・修景の記録から、必要となる形態要素の整理を行った。

形態要素は既に建築的に慣習化された形態要素であり、かつ産寧坂伝建地区内の建造物に共通に見られ、それぞれ地区内で共通の一要素として扱うことが可能なものとした。この結果、ファサードを構成するものとして17項目、99形態要素に整理した（図1）（表1）。

6. 感性評価実験

評価対象となる建造物のファサードを正面から撮影した写真、および斜めから撮影した写真を用意した。各被験者毎に個別に写真（図2）を提示して、その写真を見て被験者がそのファサードは「伝統的である」と感じるか「伝統的ではない」と感じるか、直感的な評価の実験調査を行った。

知識背景の異なる集団によって共有される概念にどれほどの相違があるか調べるため、被験者の内訳を建築系学生、非建築系学生各5名とした。

上記の感性評価実験により、99形態要素の組み合わせによるファサードに対する10名分の評価データを得た。

図2 建造物写真例

7. ラフ集合理論の適用

(1) ラフ集合理論の導入

本論が目的とする、「伝統的である」と識別するための形態要素の抽出において、非線式の一つであるラフ集合理論を用いて決定ルールを抽出を行う。

ラフ集合理論では、対象は全て何らかの属性情報の組合せにより表現されていると仮定され、情報に内在する識別不能性に起因する曖昧さが数学的に扱われる。ラフ集合理論の基本概念では情報の価値は対象を識別する能力として捉えられる。対象をより詳細に識別するためには対象に関するより多くの情報を集めれば良いが、逆に少ない情報を用いても、より多くの情報を用いた場合と同等の識別能力が得られるならば、それらの情報は等価であると考えられる。このようなラフ集合の概念を用いることで、識別に用いられる属性情報をその識別能力を損なうことなく簡略化する本質を要約する。文献2, 12)より以下に理論的概略を述べる。

1) 識別不能関係

対象となる集合（全体集合）を U 、属性の集合を A とする。各属性 $a \in A$ に対して属性値集合 V_a が定められており、 $a(x) \in V_a$ は対象 $x \in U$ の属性値が $a(x)$ であることを示す。 A の任意の部分集合 B に対して、次式に示す識別不能関係(indiscernibility relation) $I(B)$ が定義できる。文献2)

$$I(B) \ni a(x) = a(y), \forall a \in B \quad (1)$$

$I(B)$ が成立する時、対象 x と対象 y は識別できない。 $I(B)$ は同値関係 R となる。

2) ラフ集合

同値関係 R が与えられた時、 R による $x \in U$ の同値類を $[x]_R$ 、すなわち $[x]_R = \{y \in U \mid (y, x) \in R\}$ とすると、任意の対象の集合 $X \subset U$ について、 R による X の下近似 $R_*(X)$ および上近似 $R^*(X)$ が以下のように定義される。文献2)

$$R_*(X) = \{x \in U \mid [x]_R \subseteq X\} \quad (2)$$

$$R^*(X) = \{x \in U \mid [x]_R \cap X \neq \emptyset\} \quad (3)$$

この下近似と上近似の対 $\langle R_*(X), R^*(X) \rangle$ を X のラフ集合(rough set)と呼ぶ。 X のラフ集合は、 X の上下方向からの近似を表す。 $R_*(X)$ は X に帰属することが確かな対象の集合であり、一方 $R^*(X)$ は X に帰属する可能性のある対象の集合を表している。ラフ集合は以下の四つに分類することができる。

1. ラフ定義可能：

$R_*(X) \neq \emptyset$ かつ $R^*(X) \neq U$ であるとき、かつ、そのときに限り、 X はラフに R -定義可能(roughly R -definable)という。

2. 内的定義不能：

$R_*(X) = \emptyset$ かつ $R^*(X) \neq U$ であるとき、かつ、そのときに限り、 X は R -内的定義不能(internally R -indefinable)という。

3. 外的定義不能：

$R_*(X) \neq \emptyset$ かつ $R^*(X) = U$ であるとき、かつ、そのときに限り、 X は R -外的定義不能(externally R -indefinable)という。

4. 完全に定義不能：

$R_*(X) = \emptyset$ かつ $R^*(X) = U$ であるとき、かつ、そのときに限り、 X は完全に R -定義不能(totally R -indefinable)という。

任意の集合 X について、 $R_*(X) \subseteq X \subseteq R^*(X)$ である。当然、 $\emptyset \subseteq X \subseteq U$ は成立するので、1. の場合は、 X のラフ集合 $\langle R_*(X), R^*(X) \rangle$ を知ることにより、 X の存在範囲は上下限とも狭まる。2. の場合には、上限だけが狭まり、3. の場合は下限だけ狭まる。4. の場合には上限も下限も狭まらず、 $\emptyset \subseteq X \subseteq U$ となる。

3) 縮約

一般に、記述される情報は、その条件属性が決定属性に対して冗長であることが多い。したがって決定属性を分類するのに必要な条件属性の最小集合を求めることができれば、そこから分類ルールを生成できる。この決定属性を分類するのに最小な集合を縮約(reduct)と呼ぶ。文献12)

縮約を求める方法として、Shan, Ziarko のアルゴリズムがある。ここでは、情報を識別行列と呼ばれる行列式の形式に書き換えて用いる。識別行列における i 行 j 列の要素を d_{ij} とすると、縮約 Z

は次式

$$Z = \bigwedge_j \left\{ \bigvee_i d_{ij}, d_{ij} \neq \emptyset \right\} \quad (4)$$

より与えられる。

4) CI(covering index)

确实さの程度を表す指標として、CI(covering index)がある。CIは被覆度に対応しており、次式で与えられる。文献12)

$$CI = \frac{|S \cap D|}{|D|} \quad (5)$$

ここで S はある属性であり、 D はあるクラスに所属する対象の集合を示す。

上述のように、有限の特徴の列挙により対象を記述するとき一般に、異なった対象の記述が一致し識別不能となる。ラフ集合理論では、このような識別不能関係を利用して、対象を識別するのに必要な最小限の属性の集合や、対象が属するクラスを識別する簡潔な法則を導き出す。

(2) 入力データの構成

ラフ集合理論を適用し、縮約を求めるための入力データセットを作成した。各ファサード事例に関する情報は以下に示す17項目

図3 入力データ

表2 入力データ行列の構成

	屋根形状	二階壁面					庇形状	一階壁面					階数 評價					
		壁面工法	壁面材料／意匠	窓意匠	窓周り側部意匠	窓周り上部意匠		壁面工法	壁面材料／意匠	窓意匠	開口部周り側部意匠	開口部周り上部意匠		開口部周り付加意匠	扉／出入口意匠			
事例 1	r1	a1	b1	c6	k1	l1	m1	n9	e1	f1	g8	h9	t9	u9	v3	j1	z3	1
2	r4	a1	b1	c6	k9	l1	m1	n9	e1	f1	g8	h3	t9	u9	v9	j8	z3	1
3	r1	a1	b1	c6	k9	l1	m1	n9	e1	f1	g5	h9	t9	u9	v9	j3	z3	1
4	r1	a2	b3	c6	k9	l2	m1	n9	e3	f2	g3	h9	t9	u9	v9	j8	z3	2
5	r3	a1	b1	c8	k9	l1	m9	n9	e5	f1	g1	h1	t9	u9	v9	j1	z4	1
6	r6	a2	b3	c8	k9	l9	m9	n9	e1	f2	g3	h9	t9	u9	v3	j1	z3	2
7	r5	a1	b1	c2	k9	l9	m1	n9	e5	f1	g1	h3	t9	u1	v9	j8	z3	1
8	r1	a1	b1	c5	k9	l9	m9	n9	e1	f1	g9	h4	t9	u9	v9	j5	z4	1
9	r1	a1	b1	c6	k9	l1	m1	n9	e1	f1	g1	h3	t9	u1	v9	j5	z3	1
10	r1	a1	b1	c6	k9	l1	m1	n9	e1	f1	g5	h2	t9	u9	v5	j1	z3	1
11	r6	a2	b3	c1	k9	l2	m9	n9	e3	f2	g3	h9	t1	u9	v4	j5	z3	2
12	r5	a1	b1	c6	k1	l1	m1	n9	e1	f1	g1	h4	t9	u9	v9	j5	z4	2
13	r1	a1	b1	c8	k1	l1	m9	n9	e3	f2	g1	h9	t9	u9	v9	j8	z3	2
14	r5	a1	b1	c6	k1	l1	m1	n9	e1	f1	g1	h3	t9	u9	v3	j8	z4	2
15	r1	a2	b3	c6	k1	l2	m1	n9	e1	f2	g3	h3	t9	u9	v4	j5	z4	2
16	r1	a1	b1	c9	k9	l9	m9	n9	e5	f1	g1	h3	t9	u9	v4	j5	z1	2
17	r1	a1	b1	c6	k9	l9	m9	n9	e1	f1	g1	h3	t9	u9	v4	j5	z4	1
18	r1	a2	b3	c8	k2	l2	m9	n9	e9	f2	g3	h8	t9	u9	v4	j3	z3	2
19	r1	a1	b1	c6	k9	l9	m1	n9	e1	f1	g1	h3	t9	u1	v9	j8	z3	1
20	r1	a1	b1	c6	k1	l1	m1	n9	e1	f1	g1	h3	t9	u9	v4	j3	z3	1
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

により構成される行により記述される。

屋根形状 : r(N)

二階壁面 : a(N), b(N), c(N), k(N), l(N), m(N), n(N)

底形状 : e(N)

一階壁面 : f(N), g(N), h(N), t(N), u(N), v(N), j(N)

全体構成 : z(N)

上記の各項目は5. (3) 形態要素の整理で整理した項目である。各項目に付帯する”N”は各項目において形態要素を示す。

各ファサード事例に対する評価は、6. 感性評価実験で得られ、第18項に代入される。データは被験者毎に行列式の形で記述される(図3)。表2に入力データ行列の構成の例を示す。

8. 結果と考察

(1) 得られた縮約

ラフ集合理論を用いて、被験者10名分の「伝統的である」と感じるファサードの形態要素の組合せの縮約、および「伝統的ではない」と感じるファサードの形態要素の組合せの縮約を得た(表3, 4)。

表3, 4では、「同一の評価が与えられる事例の総数」に対する「得られた縮約が含まれる事例数」の比であるCI値を算出し、CI値の

大きい上位20組を記述した。縮約は構成する属性の数が少ないほど一般性が高く、CI値が高いほど信頼性が高い。以下に得られた縮約の傾向について述べる(表3, 4)。

1) 壁面構成要素<a, f>について

壁面工法を表すa項、f項については、建築系学生グループ非建築系学生グループ共に、「伝統的である」と判断される縮約上位に真壁を示すa1, f1が、「伝統的ではない」と判断される縮約上位に大壁を示すa2, f2が目立つ(表3, 4中□参照)。これらはいずれも他の要素と結びついて上位に現れており、他の要素と組合せることにより「伝統的である」あるいは「伝統的ではない」とする判断に重要な役割を果たしていると考えられる。

2) 底要素<e>について

「伝統的である」と判断される縮約には、建築系学生グループ非建築系学生グループ共に、平入の瓦庇を示すe1が他の要素と結びついて上位に現れている。また「伝統的ではない」と判断される縮約には、建築系学生グループでは、底の存在が無いことを示すe9が単独で現れ、非建築系学生グループでも、e9は大壁を示すf2や

表3 建築系学生グループの縮約とCI値(抜粋)

「伝統的である」とする縮約 (被験者1)	CI値	「伝統的である」とする縮約 (被験者2)	CI値	「伝統的である」とする縮約 (被験者3)	CI値
a1c6z3	0.509	a1k9mlr1	0.241	a1f1m1u9v9	0.267
a1m1z3	0.490	f1k9mlr1	0.224	a1e1j1	0.253
a1e1mlr1	0.377	b1k9mlr1	0.206	e1f1j1	0.253
b1m1z3	0.358	e1f1j8k1	0.189	a1e1m1u9v9	0.253
b1c6e1z3	0.358	f1l1r1z3	0.189	a1l9m1u9	0.239
b1e1mlr1	0.301	g5r1	0.172	c6f1m1u9v9	0.239
c6e1m1u9z3	0.301	l1mlr1	0.172	a1c6l9m1	0.225
c6f1m1u9z3	0.301	b1e1j1m1	0.172	a1f1k1v9	0.225
c6e1f1u9z3	0.301	c6e1j8k1	0.172	a1e1l9m1	0.225
a1c6e1f1r1v9	0.301	a1j1m1z3	0.172	b1f1m1u9v9	0.225
f1l1z3	0.283	f1j1m1z3	0.172	c6e1m1u9v9	0.225
f1k9m1z3	0.283	c6l1r1z3	0.172	c6l9m1u9	0.211
b1c6e1f1r1v9	0.283	a1c6e1h3k1	0.172	a1e1k1v9	0.211
c6l1z3	0.264	a1e1f1h3k1	0.172	a1e1m1r1	0.211
a1b1k9m1	0.264	r1u1	0.155	a1j1m1	0.197
b1f1k9m1	0.264	e1u1	0.155	f1j1m1	0.197
a1k9m1r1	0.264	g5z3	0.155	f1j1z3	0.197
e1l1z3	0.245	k9l1r1	0.155	b1e1j1	0.197
f1k9m1r1	0.245	g1h3l1	0.155	c6k1l9u9	0.197
c6e1k9z3	0.245	a1e1j8k1	0.155	b1f1k1v9	0.197

「伝統的ではない」とする縮約 (被験者1)	CI値	「伝統的ではない」とする縮約 (被験者2)	CI値	「伝統的ではない」とする縮約 (被験者3)	CI値
a2m9	0.304	a2n9	0.341	a2f2k9	0.392
a2k9	0.282	f2n9	0.317	a2b3g3v9	0.357
f2m9	0.282	g3m9	0.292	a2b3k9	0.321
g3m9	0.260	b3m9	0.268	a2e3k9	0.321
b3m9	0.239	a2k9z4	0.219	a2b3g3l9	0.321
l2	0.173	a2b3k9	0.219	f2k9m9	0.285
e9	0.173	a2e3k9	0.219	a2c8g3v9	0.285
a2c6	0.173	l2	0.195	a2c8g3l9	0.285
f2z4	0.173	e9	0.195	b3k9m9	0.250
h8	0.152	c6k9m9u9	0.195	g3k9m9	0.250
c8l9m9	0.152	c6l9m9v9	0.195	a2b3e9g3	0.250
f2k9v9	0.152	h8	0.170	c8f2e3l9	0.250
b1f2	0.130	c8l9m9	0.170	c8f2e3v9	0.250
h2z4	0.130	a2k9l9	0.170	a2z4	0.214
f2j6	0.130	c6g1l9m9	0.170	a2e3m1	0.214
g3j6	0.130	c6k9l9z4	0.170	a2c8k9	0.214
c6l9r5	0.130	c6l9m9r1	0.170	b3c8k9	0.214
l9r5u9	0.130	c6k9l9m9	0.170	c8f2k9	0.214
l9r5z4	0.130	f2j6	0.146	c8g3k9	0.214
b3c8k9	0.130	g3j6	0.146	c8f2m9v9	0.214

表4 非建築系学生グループの縮約とCI値(抜粋)

「伝統的である」とする縮約 (被験者6)	CI値	「伝統的である」とする縮約 (被験者7)	CI値	「伝統的である」とする縮約 (被験者8)	CI値
e1j8	0.350	e1j8	0.369	f1h3	0.500
f1j8u9	0.337	f1j8u9	0.356	a1h3	0.445
c6l1	0.324	h3n9u9v9	0.342	f1j8	0.405
e1l1	0.311	f1h3u9v9	0.315	e1j8	0.364
a1j8u9	0.311	f1l1u9	0.301	j8l9	0.310
f1h3u9v9	0.298	h3j8u9	0.287	h3j8	0.310
l1m1	0.272	j8l9u9	0.273	b1e1h3	0.283
h3j8u9	0.272	f1j8r1	0.273	e1f1k9l9r1	0.283
e1f1k9r1v9	0.272	c6l1u9	0.273	h3k9l9n9	0.243
j8l9u9	0.259	g8	0.260	e1h3k9	0.229
f1j8r1	0.259	j8l9r1	0.260	b1h3m9	0.229
f1k9r1z3	0.259	e1l1u9	0.260	a1c6j8	0.229
e1f1h3v9	0.259	e1h3u9v9	0.260	f1k1z4	0.229
b1e1f1k9v9	0.259	a1h3u9v9	0.260	e1k9m9r1	0.216
g8	0.246	c6f1j8	0.246	h3k9m9n9	0.216
j8l9r1	0.246	h3r1u9v9	0.246	a1j8k9	0.202
b1j8u9	0.246	b1h3u9v9	0.246	b1h3l9	0.202
a1h3u9v9	0.246	a1c6j8	0.232	e1g1h3	0.202
k1l1	0.233	l1m1u9	0.232	h3k9l9r1	0.202
c6f1j8	0.233	f1k1z4	0.232	h3k9m9r1	0.202

「伝統的ではない」とする縮約 (被験者6)	CI値	「伝統的ではない」とする縮約 (被験者7)	CI値	「伝統的ではない」とする縮約 (被験者8)	CI値
b3c8m9	0.409	f2e3k9	0.384	a2b3f2e3t9	0.439
c8g3m9	0.409	b3k9	0.346	c8f2e3	0.400
g3m9t9	0.409	a2e3k9	0.346	f2k9t9	0.360
a2c8m9	0.363	l2	0.307	b3c8m9	0.360
b3m9t9	0.363	h8	0.269	c8f2m9	0.360
g3l9m9	0.363	e9f2	0.269	c8g3m9	0.360
h8	0.318	e9g3	0.269	a2c8m9	0.319
e9f2	0.318	f2k9z3	0.269	b3m9t9	0.319
e9g3	0.318	g3k9z3	0.269	a2b3f2e3r1	0.319
g3m9v9	0.318	g3k9m9	0.269	a2b3f2e3v9	0.319
b3l9m9	0.318	f2j6	0.230	h8	0.280
c8l9m9	0.318	g3j6	0.230	e9f2	0.280
f2e3k9t9	0.318	a2e9	0.230	e9g3	0.280
a2f2m9t9z3	0.318	b3e9	0.230	f2k9v9	0.280
f2j6	0.272	c8g3k9	0.230	b3l9m9	0.280
g3j6	0.272	a2c8k9	0.230	c8l9m9	0.280
a2e9	0.272	c8f2k9	0.230	a2b3f2e3l9	0.280
b3e9	0.272	f2j9	0.192	f2j6	0.239
b3m9v9	0.272	c8e9	0.192	g3j6	0.239
a2c8k9	0.272	a2j6	0.192	a2e9	0.239

モルタル壁を示すg3といった要素と組合せで現れている。これらのことから、平入の瓦庇は他の要素と結びつくことにより「伝統的である」という判断をもたらしており、また庇そのものの存在が無ければそれだけで「伝統的ではない」と判断されやすいと考えられる。

3) 壁面意匠・壁面材料要素<b, g>について

壁面意匠・壁面材料を表すb項、g項は、建築系学生グループ非建築系学生グループ共に、「伝統的ではない」と判断される縮約に比較的多く現れている。その多くは、モルタル壁を示すb3、g3であり、モルタル壁の印象が、他の要素と組合せられて、「伝統的ではない」との判断をもたらしていると考えられる。

4) 全体構成<z>について

z項については、建築系学生グループの縮約に現れる傾向が確認される。被験者1の結果を見ると、総2階を示すz3が「伝統的である」と判断される縮約上位に現れ、変形2階建てを示すz4が「伝統的ではない」と判断される縮約上位に現れている。しかし被験者によってはz項が縮約に現れない場合もあり、z項を感性評価の判断材料とするか否かは個人差が大きいと考えられる。このことから、感性評価の際に建造物の全体構成まで考慮に入れて総合的に判断を行うか、それとも部分的にファサードを見て判断を行うかということは、個人によって大きく異なるものと推定される。

5) 開口部意匠および開口部周り意匠<c, k, l, m, n, h, t, u, v, j>について

「伝統的ではない」と判断される縮約の中で開口部に関連する要素では、建築系グループ学生非建築系学生グループ共に、金属製の窓を示すc8が目立つ。また被験者によっては木製の窓を示すc6も確認される。そしてこれらはk9, l9, m9と組合せられているものが多い。つまり二階部分の窓が手摺・戸袋・幕掛といった要素と組み合わせられず、単独で存在する場合に「伝統的ではない」との評価に結びつきやすいと考えられる。一方「伝統的である」という評価の縮約に現れている木製窓を示すc6は、建築系学生グループではほぼ全てが窓周り意匠要素であるk, l, mのいずれかと結びついている。

6) 屋根要素<r>について

切妻平入屋根を示すr1は、建築系学生グループ非建築系学生グループ共に、「伝統的である」と判断される縮約上位での出現が多い。建築系学生グループでは、r1は多くが二階部分の幕掛を示すm1と組合せられて現れている。これらの要素は近傍に位置するため、感性評価の際に両者が組となって一つの形態として認知されている可能性がある。

(2) 重要な形態要素の把握

ラフ集合理論では表3, 4に示されるように多くの縮約が求められる。ここでは、属性毎の寄与の程度の概略を把握するためにCS (Column Score) 注釈4) を算出した(表5)。

表5では算出したCSが0.2以上のものを四角で囲って示し、スコアの低いものから順位付けを行っている。CSが0.2以上の値を示し

表5 各形態要素のCS

「伝統的である」				「伝統的ではない」			
建築系学生グループ		非建築系学生グループ		建築系学生グループ		非建築系学生グループ	
CS	形態要素	CS	形態要素	CS	形態要素	CS	形態要素
⑥ 0.332	r1	0.2	r1	0.009	r1	0.067	r1
0	r2	0	r2	0	r2	0	r2
0	r3	0	r3	0	r3	0	r3
0	r4	0.083	r4	0	r4	0	r4
0	r5	0	r5	0.026	r5	0	r5
0	r6	0	r6	0	r6	0	r6
0	r9	0	r9	0	r9	0	r9
④ 0.445	a1	⑦ 0.276	a1	④ 0.527	a2	⑦ 0.5	a2
0	a2	0	a2	0	a9	0	a9
⑤ 0.278	b1	0.152	b1	0.017	b1	0	b1
0	b2	0.009	b2	0	b2	0	b2
0	b3	0	b3	⑦ 0.389	b3	④ 0.619	b3
0	b4	0	b4	0	b4	0	b4
0	b5	0	b5	0	b5	0	b5
0	b6	0	b6	0	b6	0	b6
0	b7	0	b7	0	b7	0	b7
0	b8	0	b8	0	b8	0	b8
0	b9	0	b9	0	b9	0	b9
0	c1	0	c1	0	c1	0	c1
0	c2	0	c2	0	c2	0	c2
0	c3	0	c3	0	c3	0	c3
0	c4	0	c4	0	c4	0	c4
0	c5	0	c5	0	c5	0	c5
⑧ 0.307	c6	⑧ 0.27	c6	0.132	c6	0.023	c6
0	c7	0	c7	0	c7	0	c7
0	c8	0	c8	⑥ 0.444	c8	⑤ 0.587	c8
0	c9	0	c9	0	c9	0	c9
⑩ 0.251	k1	0.091	k1	0.05	k1	0.008	k1
0	k2	0	k2	0.021	k2	0	k2
⑨ 0.276	k9	⑨ 0.262	k9	③ 0.534	k9	⑥ 0.58	k9
0.123	l1	⑤ 0.316	l1	0	l1	0	l1
0	l2	0	l2	0.042	l2	0	l2
0	l3	0	l3	0	l3	0	l3
0.119	l9	0.183	l9	⑧ 0.304	l9	⑤ 0.281	l9
① 0.799	m1	0.109	m1	0.019	m1	0.006	m1
0	m2	0	m2	0	m2	0	m2
0	m9	0.128	m9	① 0.715	m9	① 0.847	m9
0	n1	0	n1	0	n1	0	n1
0	n2	0	n2	0	n2	0	n2
0	n3	0	n3	0	n3	0	n3
0	n4	0	n4	0	n4	0	n4
0	n5	0	n5	0	n5	0	n5
0	n9	0.062	n9	0.005	n9	0.008	n9
② 0.524	e1	⑤ 0.484	e1	0.023	e1	0	e1
0	e2	0	e2	0	e2	0	e2
0	e3	0	e3	0	e3	0	e3
0	e4	0	e4	0	e4	0	e4
0	e5	0	e5	0	e5	0	e5
0	e6	0	e6	0	e6	0	e6
0	e7	0	e7	0	e7	0	e7
0	e8	0	e8	0	e8	0	e8
0	e9	0	e9	⑨ 0.229	e9	⑧ 0.488	e9
⑤ 0.421	f1	③ 0.563	f1	0.01	f1	0	f1
0	f2	0	f2	⑤ 0.455	f2	② 0.785	f2
0	f9	0	f9	0	f9	0	f9
0.01	g1	0.078	g1	0.023	g1	0	g1
0	g2	0	g2	0	g2	0	g2
0	g3	0	g3	② 0.661	g3	③ 0.771	g3
0	g4	0	g4	0	g4	0	g4
0.027	g5	0	g5	0	g5	0.012	g5
0	g6	0	g6	0	g6	0	g6
0	g7	0	g7	0	g7	0	g7
0	g8	0.03	g8	0.01	g8	0	g8
0	g9	0	g9	0	g9	0	g9
0	h1	0	h1	0	h1	0	h1
0.111	h2	0	h2	0.011	h2	0.031	h2
0.075	h3	① 0.643	h3	0.013	h3	0	h3
0	h4	0	h4	0	h4	0	h4
0	h5	0	h5	0	h5	0	h5
0	h6	0	h6	0	h6	0	h6
0	h7	0	h7	0	h7	0	h7
0	h8	0	h8	0	h8	0.057	h8
0	h9	0	h9	0.036	h9	0.024	h9
0	t1	0	t1	0	t1	0	t1
0	t2	0	t2	0	t2	0	t2
0	t3	0	t3	0	t3	0	t3
0	t9	0	t9	0	t9	⑧ 0.256	t9
0.047	u1	0	u1	0	u1	0	u1
0	u2	0	u2	0	u2	0	u2
0.155	u9	④ 0.413	u9	0.049	u9	0.02	u9
0	v1	0	v1	0	v1	0	v1
0	v2	0	v2	0	v2	0	v2
0	v3	0.007	v3	0	v3	0	v3
0	v4	0	v4	0	v4	0	v4
0	v5	0	v5	0	v5	0	v5
0.136	v9	⑧ 0.228	v9	0.139	v9	0.175	v9
⑦ 0.33	j1	0.01	j1	0.008	j1	0.054	j1
0	j2	0	j2	0	j2	0	j2
0	j3	0	j3	0	j3	0	j3
0	j4	0	j4	0	j4	0	j4
0	j5	0.028	j5	0.013	j5	0	j5
0	j6	0	j6	⑧ 0.208	j6	⑨ 0.332	j6
0	j7	0	j7	0	j7	0	j7
0.043	j8	② 0.626	j8	0	j8	0	j8
0	j9	0	j9	0	j9	0	j9
0	z1	0	z1	0	z1	0	z1
0	z2	0.009	z2	0	z2	0	z2
⑤ 0.465	z3	0.168	z3	0.086	z3	0.089	z3
0.015	z4	0.042	z4	0.12	z4	0.054	z4

た形態要素は、建築系学生グループでは、「伝統的である」とする評価に対して11個、「伝統的ではない」とする評価に対して10個の形態要素が該当した。また非建築系学生グループでは、「伝統的である」とする評価に対して10個、「伝統的ではない」とする評価に対して11個の形態要素が該当した。

表5中「伝統的ではない」とする感性評価に影響を与える形態要素は、建築系学生グループと非建築系学生グループにほぼ一致する結果が見られた。このことから「伝統的ではない」とされる主な要因は、被験者の有する建築知識の差異によらず、共有される傾向があると考えられる。「伝統的である」とする感性評価に影響を与えている形態要素は、建築系学生グループと非建築系学生グループで上位10個中5個が共通していた。建築系学生グループでは屋根や全体構成を示す要素が高いスコアを示しているのに対し、非建築系学生グループでは一階部分意匠に関する要素が高いスコアを示している。つまり建築系学生グループではファサードを全体的に捕らえ評価が行われているのに対し、非建築系学生グループでは一階部分の意匠により評価が行われている可能性がある。このことは被験者の有する知識背景の差異により、ファサードを評価する際に注目している部分が異なっていることを示していると考えられる。

また、建築系学生グループでは、各被験者の結果が共通の要素に集中する傾向が見られた。このことから、建築系学生グループの被験者は、建築知識の習得と共に「伝統的である」とする一定の共通概念を獲得していることが考えられる。一方非建築系学生グループでは、共通する傾向が部分的に確認されるものの、全体的には個人ごとに分散する結果となっている。これは各被験者の個人的嗜好を反映したためと考えられる。

8. まとめ

本論では、はじめに京都市都市計画局に保管されている記録資料および独自に行ったファサードの調査の結果より構築したファサード立面データベースを用いて、形態要素の整理、感性評価実験を行った。次に、感性評価実験の結果にラフ集合理論を適用し、伝統的であるか否かというファサードの直感的な評価を左右する形態要素の組合せを縮約として獲得し、これを明示的に記述した。得られた縮約が同一の評価を与えられる事例に含まれる割合を算出し、信頼性の検証を行った。得られた縮約の分析により、「伝統的である」と感じるファサードは、重要な少数の形態要素の組み合わせを用いて、有意に説明できることが示された。背後にある概念は複雑であっても、建築物として具体化される際には、必然的に有限個の建物要素の組み合わせに簡素化されて翻訳される。本論の、ある概念にとって重要な形態要素の組み合わせを推論する方法は、建築設計に直接的に資するものであると考えられる。

謝辞

本論にあたり、京都市都市計画局 齊藤修一氏、橋本真也氏に資料提供を賜りました。記して謝意を表します。

本論は平成16年度財団法人トステム建材産業振興財団助成研究「伝統的建造物のファサードの評価と景観の再生方法の研究」の成果の一部である。

注釈

1) ラフ集合理論はZdzislaw Pawlakにより提唱された理論である。同値関係や類似関係などによる集合を知識と考え、ある結果を成立させるための属性の組合せを導出する枠組みである。

2) 産寧坂伝建地区に関係する条例には次のものがある。

京都市伝統的建造物群保存地区条例 (昭和51年6月8日施行)

京都市伝統的建造物群保存地区内における建築物の制限の緩和に関する条例 (平成8年4月1日施行)

産寧坂伝統的建造物群保存地区保存計画

(昭和51年7月1日京都市告示第69号、平成7年12月20日改正)

3) 産寧坂伝建地区では、平屋建町屋窓付店舗様式、同土間店舗様、むしこ造り町屋住居様式、同窓付店舗様式、同土間店舗様式、本二階建町屋住居様式、同窓付店舗様式、同土間店舗様式、変形町屋住居様式、同窓付店舗様式、数寄屋風窓付店舗様式、和風邸宅様式、石塀小路町屋住居様式、同和風邸宅様式の計14の様式が定められ、構造、屋根及び庇、壁面、材料等について個別の基準に基づき行政による指導が行われている。

4) Column Scoreは井上他 文献15)により提唱された分析方法である。あるクラスに対する条件部が K 個あるとし、CI値を P_k 、条件部の属性値集合を Q_k 、属性値を $z \in Z$ (Z は全属性値集合)で表すと、 Q_k が n_k 種の z からなるとき、CSは

$$CS_z = \sum_{k=1}^K S_{kz} \quad S_{kz} = P_k / n_k \quad (z \in Q_k)$$

にて与えられる。

参考文献

- 齋藤篤史、松下大輔、宗本順三：帰納論理プログラミングを用いたファサード立面の形態要素の構成規則の獲得方法の研究－産寧坂伝統的建造物群保存地区の現状変更事例を対象として－、日本建築学会計画系論文集、第583号、pp.187-193、2004.9
- 日本ファジィ学会：ファジィとソフトコンピューティングハンドブック、共立出版、2000
- 森典彦、田中英夫、井上勝雄：ラフ集合と感性－データからの知識獲得と推論－、海文堂、2004
- 西川幸治、池田有隣、高橋康夫：東山八坂地区における歴史的環境の保全修景計画、京都市都市開発局、1972.3
- 谷直樹、岡佳子：産寧坂町並み調査報告、京都市都市計画局、1995
- 金弘己、宗本順三：産寧坂伝建地区における住宅の観光商店への用途変更と所有権移転の関係、日本建築学会計画系論文集、第545号、pp.215-221、2001.7
- 門内輝行：町並みの景観に関する記号学的研究、東京大学学位論文、1996
- 瀧澤重志、河村廣、谷明勲：対話型進化計算法による家具デザイン－遺伝的プログラミングによるユーザーの嗜好の定量化と予測－、日本建築学会システム技術委員会 第23回情報システム利用シンポジウム、p.175、2000
- 柳澤秀吉、Vlaho Kostov、福田収一：印象語による意匠設計支援方法の開発－感性の多様性を考慮して－、日本機械学会論文集C編、67巻、657号、2001.5
- 松下大輔、宗本順三：CG画像の感性評価による対話型進化計算を用いたファサードガラス特性の探索法の研究、日本建築学会計画系論文集、第584号、pp.187-192、2004.10
- 杉浦徳利、岡崎甚幸：帰納論理プログラミングを用いた空間構成過程の解析、日本建築学会計画系論文集、第546号、pp.141-148、2001.8
- 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、東京工芸大学紀要、vol.3、pp.35-38、1997
- 京都市都市計画局都市景観部都市景観課：京都市伝統的建造物群保存地区関係条例集、1997
- 京都市都市計画局風致課：建築様式参考図集－産寧坂伝統的建造物群保存地区編－、1977
- K. Inoue, Y. Yamazaki, A. Okada: Proposal of New Analysis Method Using Rough Sets, Bulletin of the 6th ADC, 2003

(2005年2月10日原稿受理、2005年4月28日採用決定)