解 説

複合材料研究と感性—IV.

——都市景観材料——

後藤 和昌*, 石田 秀輝**

人間は精神的に変化する。物質的充足の次には精神的充足を、拘束の次には自由を、模倣の次には自主性や個性を求める。人間がゆとりや豊かさや快適性を求めるのは、人間の精神的変遷の一過程であり、これからの時代は、快適性や感性を盛り込んだ商品でなければ売れなくなるといわれている¹⁾。ヒューマンサイエンス、感性工学、魅力工学というようなハイタッチ化の流れは、都市景観材料においても着実に進みつつあり、今後ますます発展するにちがいない。

1. 自治体の景観施策, メーカー・企業の景観施策

平成2年に通産省の支援を受けて設立された景観材料推進協議会(代表:斎藤義則, 大建工業(株)取締役会長)の法制度部会(主査:久隆浩, 大阪大学助手)は自治体やメーカーの景観施策・制度の実態と課題をまとめた²⁾。

景観施策において、条例、指導基準等何らかのガイドラインがある自治体が多多く見られるようになってきた(盛岡市, 姫路市, 名古屋市, 金沢市, 高山市, 津和野町...)。しかし、景観の基本計画の策定については、自治体内部で行うといっても、実質の計画・設計を外部の設計事務所やコンサルタントが行い、決定のみを自治体が行っている場合が目立つ。概してその決定基準についての一定の考え方が明確になっていないといえる。景観の指導、誘導を図る立場の行政と景観材料を使用して景観を形成しようとするメーカー・企業との間の「共通言語」としての役割を果たす「共通カタログ」の整備、「景観コーディネーター」等の技術認定制度の検討も必要であろう。

代表的な景観施策の事例として、横浜市を紹介する。横浜市では、昭和40年7月に横浜市都市美対策審議会条例を制定し、特定地域における建築物の美観、形態、色

彩等に関する審議を行っている。昭和50年2月には同審議会による「都市美対策に関する提言」がなされている。

1. 地域区分による美観コントロール
2. 地域ごとの整備計画の作成およびこれに沿った建築物の指導
3. 特殊建築物などに対する特別の景観指導
4. 美観地区の指定と市民参加による審議会の設置
5. 総合的都市美行政推進のための自治体の体制強化
6. 市民に対する情報公開と啓蒙活動
7. 横浜らしい色の指導
8. 斜面緑地の保全とそれに調和した景観づくり
9. 既成市街地の緑化促進
10. 水際の美化促進
11. オープンスペースの有機的な配置
12. ストリートファニチャーの活用
13. 屋外工作物などに対する規制

これらの基本指針に従い、機能性や経済性等の価値観に美しさ、楽しさ、うるおい等の美的・人間的価値観をバランスさせ、楽しく個性的で魅力にあふれる都市空間の形成をめざして次のような目標を掲げている。

1. 歩行活動を擁護し、安全で快適な歩行者空間を確保する。
2. 地域の自然特徴(地形、植生)を大切にする。
3. オープンスペースや緑を豊かにする。
4. 人と人とがふれあえる場、コミュニケーションの場を増す。
5. 海、川等の水辺空間を大切にする。
6. 地域の歴史的資産を保護し、文化的資産を豊かにする。
7. 街の形態的・視感的美しさを増やす。

例えば、みなとみらい21地区(MM21)では、地権者との間に「みなとみらい21街づくり基本協定」が締結され、色調の基本的要素や、建築物の敷地規模、高さ、ペDESTリアンネットワーク、外壁後退などの基本

* Kazumasa GOTOH : (株) INAX 環境美研究所 空間要素開発室室長 (479 常滑市港町 3-77)

** Hideki ISHIDA : (株) INAX 基礎研究所所長

が示されている。基本協定における確認事項の一部を抜粋する。

色調・広告物

「みなとみらい 21」では、街並としての個性を生み出すために、個々の建物が、各々に過度な自己主張をすることによって混乱した景観を形成することのないように、街の基調をなす色調や質感を整えるよう配慮する。

屋外広告物については、21 世紀の都心にふさわしいように、地区の特性に応じて、その量や形態およびそのデザインに配慮する。

一方、メーカー・企業における景観施策としては、景観に配慮したデザインや新材料の研究等の研究開発関係の項目が中心となっているようである。景観材料推進協議会の会員企業 183 社を対象とするアンケート結果 (97 社から回答) を図 1, 2 に示す²⁾。また、社員教育 (景観の素養を学ぶ機会) の必要性を感じている企業も非常に多く (図 3²⁾)、各企業の今後の努力が期待される。

図 1 景観対策のための取組みの現状²⁾

図 2 景観対策のために今後行っていきたい取組み²⁾

図 3 景観対策のための社員教育のあり方³⁾

2. 都市景観材料に求められる性能

一般的には、都市景観を構成する材料や製品を「景観材料」と定義する。菅原 (東京大学助教授) らは、景観の要因として人間、空間、時間を、またそれらの関係を三つの系としてとらえ、景観材料をこれらの系の媒体として定義している³⁾ (図 4)。人間は空間の性質によって心理的影響を受ける。人間-空間系は、意匠の分野であり、人間の感性的な面を表すと考えられる。人間が時間の流れに存在するという関係が成り立つ人間-時間系は、環境の分野であり、人間の生理的な側面を表すと考えられる。時間-空間系は、時間に耐える空間の性質、あるいは時間とともに変化する空間を表し、構造の分野と考えられる。これらの系の間に意匠性、快適性、安全性、耐候性、耐久性、歴史性というような景観材料に求められる性能が存在する。

通産省は、昭和 63 年に景観材料推進協議会の母体となった景観材料研究会 (委員長: 三浦裕二, 日本大学教授), さらに景観材料研究会小委員会 (主査: 中村良夫, 東京工業大学教授) を設置して、景観材料の現状や景観材料に関する提言をまとめた。この中で、景観材料に求められる要求条件の一般的かつ抽象的なガイドラインとして以下の 9 項目を集約している⁴⁾。

1. より一層の耐久性を備えていること
2. より一層の耐候性を備えていること
3. エージングに対する配慮がされていること
4. メンテナンス (日常の維持管理および修繕) が考慮されていること
5. 材料の色彩、材質 (質感、量感を含む) およびデ

デザインが調和していること

6. 触感性への配慮がなされていること
7. 良好な施工性を有していること
8. 環境調和力が優れていること
9. 地域特性の演出効果を備えていること

特に、エージングに対する配慮については、景観材料の初期性能のみならず、初期性能の長期的な（半永久的な）維持、あるいは、さらなる向上（例えば、時の流れとともに味わいが増す）を考えなければいけないと警告している。また、地場産業の活用等地域の特性を生かした街づくりの必要性も強調している。

さらに、技術開発を推進する分野として、以下の6分野を指摘している⁴⁾。

1. 景観材料に関する人間感覚評価技術
2. メンテナンスフリー化材料
3. 人間親和性の高い材料
4. 社会的弱者対応技術
5. 視覚快適性材料
6. 施工後の景観材料の性能評価手法

以上のような景観材料研究会の提案は、菅原らの示した人間-空間-時間系の媒体としての景観材料に求められる性能と研究開発課題を、より具体的に示したものと考えることができる。

また、厚生白書では、バリアフリーの考え方を基本として、高齢者や障害者にも住みやすい街づくり、すべての人にとって住みやすい社会作りを大きな課題としている⁵⁾。人間-空間-時間系において対象とする人間が、子供たちから高齢者、障害者まですべての人々であることはいうまでもない。

図5 人間の心理・生理に基づく性能を定量化し、開発を行うプロセス、必要技術

3. 求められる性能の実現方法

これらの必要性能を実現する方法としては、以下の三つのステップを踏むことが考えられる。

1. 対象とする環境に求められる性能を明らかにする。
2. 求められる性能を評価する方法を開発する。
3. 求められる性能と材料（空間）特性との相関を明らかにし、材料（空間）開発を行う。

特に人間に基づく性能が問題になる場合には、図5に示すような他の分野でも行われている一般的な評価・開発プロセスが活躍することになる。人間-空間系、人間-

図6 理想的な歩行者空間の開発プロセス

図 7 すべりにおける安全性の評価方法の作製プロセス

図 8 O-Y・PSM 試験機

時間系において求められる性能を中心にその実現方法の事例を紹介する。

例えば、理想的な歩行者空間について考えられる開発プロセスを図 6 に示す。理想的な歩行者空間に求められる性能を検討した結果、人へのやさしさ（安全性、美感、歩行快適性…）およびこのやさしさの持続性（耐摩耗性、耐汚染性…）が開発のポイントであると結論づけられたとしよう。

まず、これらの性能を評価する方法を、官能評価との対応を考慮しながら試験機を作製したり、材料表面の特性値や生体情報（脳波、筋電位など）を探索したりすることによって提案する。例えば、すべりにおける安全性については、図 7 に示すように①すべり感覚尺度の構成、②感覚尺度と対応する物理量の選定（試験機の作製）、③すべり評価尺度の構成、④評価指標の提示というプロセスにより、人間の種々の動作と対応するすべりの安全性を評価できる試験機 O-Y・PSM (図 8) が開発された⁶⁾。また、汚れ（人間が感じる汚れの程度）については、図 9 に示すように屋外路面において汚れを表す物理量が提案された⁷⁾。

人間が感じる汚れの程度を、汚れている面（例えば歩道などの屋外路面）の汚れの平均値とバラツキで評価したものであり、物理量としては未汚染試料と汚染試料との色差 $[ΔE]$ および汚染試料面内における代表的な点の測色値のバラツキ $[Δ(ΔE)]$ が選ばれた。

図 9 汚れ指数と汚れ評価尺度の関係

$$Y = 1.018 + 0.1996\Delta E + 0.1618\Delta(\Delta E)$$

$$\Delta(\Delta E) = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$$

ただし、 ΔE は未汚染試料（5箇所）と汚染試料（5箇所）の平均色差（5箇所の測色値の平均値から求めた色差）を示し、 $\Delta(\Delta E)$ は汚染試料面内における測色値のパラッキを示す（ ΔL^* ： L^* の範囲、 Δa^* ： a^* の範囲、 Δb^* ： b^* の範囲）。

次に、このようにして評価された性能と材料特性との相関分析（重回帰分析，数量化Ⅰ類等）を行う。図10に性能（目的変数）と材料特性（説明変数）の組み合わせの一例を示す。例えば、すべりにおける安全性の場合

には、床（路面）の上を歩くと、表面が平滑であればよくすべり、表面が粗であればすべらないことは誰もが日常経験するところであり、床材料の表面形状とすべりにおける安全性との間に相関があることは容易に予想できる。一般的な無機質床材料の表面粗さ（断面曲線およびカットオフ値 0.25 mm の粗さ曲線における代表的なパラメータ）と人のすべりにおける安全性（CSR [紳士靴]，CSR・B）との相関を重回帰分析により検討した結果、平均傾斜角（ $P\theta a$ ， $R\theta a$ ）等一部の粗さパラメータですべりにおける安全性の多く（寄生率：約 70%）を説明することができ、以下に示す重回帰式が得られた⁸⁾。

$$CSR \text{ [紳士靴]} = 0.278 + 1.313 P\theta a - 0.001 Ptp_{80}$$

$$(R = 0.857, R^2 = 0.735)$$

$P\theta a$ ：断面曲線における平均傾斜角

Ptp_{30} ：断面曲線におけるベアリングレングス 30%

$$CSR \cdot B = 1.537 + 4.479 R\theta a - 0.058 Rsk$$

$$- 0.051 Rtp_{10} - 0.014 Rtp_{80}$$

$$(R = 0.951, R^2 = 0.905)$$

$R\theta a$ ：粗さ曲線における平均傾斜角

Rsk ：粗さ曲線におけるひずみ度

Rtp_{10} ：粗さ曲線におけるベアリングレングス 10%

Rtp_{80} ：粗さ曲線におけるベアリングレングス 80%

なお、表面粗さの中で特に重要であると考えられる平均傾斜角の意味を図 11 に示す。すべり抵抗係数 CSR [紳士靴] は、一般的な紳士靴を履いて歩行する場合の

説明変数	目的変数	すべり (くつ・素足)	汚 れ (路面・外壁)	摩 耗 (人・車)	高品位感 (品位・深み感)
表面特性 ○粗さ，うねり等 形状に関する因子 ・ R_a ・ R_{max} ・ $P\theta a$ ・ Sl ○吸水力 ○硬 度 ○視感に関する因子 ・ 色 ・ 光 沢 内部特性 ○内部の硬度 ○気孔率		例えば，セラミックタイルの場合 ・ 人のすべり ↔ 表面形状 ・ 光沢面の品位 ↔ 像の鮮明さ，表面形状 ・ 汚れ ↔ 色，表面吸水特性，表面形状			

図 10 性能（目的変数）と材料特性（説明変数）との相関分析の一例

図 11 平均傾斜角の意味

図 12 CSR [紳士靴] と平均傾斜角 Pθa との関係

図 13 CSR・B と平均傾斜角 Rθa との関係

安全性と対応し、すべり抵抗係数 CSR・B は、素足で行動する場合の安全性と対応する。

また、CSR [紳士靴] は Pθa のみの単回帰でも寄与率は約 60% であり、素材開発においては鋭い凹凸（その大きさは関係ない）を数多く付与することにより、すべりにおける安全性の高い床材料が得られることを示して

図 14 汚れ感と重回帰式による予測値との関係

いる。Pθa と CSR [紳士靴] との相関を図 12⁸⁾ に、重回帰式を以下に示す。

$$CSR [\text{紳士靴}] = 0.306 + 1.200 P\theta a$$

$$(r=0.783, r^2=0.614)$$

Pθa: 断面曲線における平均傾斜角

一方、素足で行動する床面においては、説明変数として Pθa よりも Rθa (カットオフ値 0.25 mm) を用いることにより高い寄与率が得られ、浴室・プール用床材料の場合、すべりにおける安全性に対して細かい凹凸（波長 0.25 mm 以下）の効果が大きいといえる。Rθa と CSR・B との相関を図 13⁸⁾ に、重回帰式を以下に示す。

$$CSR \cdot B = 0.219 + 4.294 R\theta a$$

$$(r=0.943, r^2=0.888)$$

Rθa: 粗さ曲線における平均傾斜角

汚れの場合には、材料表面への汚れ粒子の付着しやすさ、材料表面での汚れ粒子の保持されやすさ、汚れ粒子の目立ちやすさ（材料表面との相対的な目立ちやすさ）などの特性と人間が感じる汚れとの間に相関があると考えられる。すべりにおける安全性の場合と同様に、一般的な無機質床材料と材料特性（吸水特性：一面吸水量など、色彩：材料の表面色および材料と汚染物質との色差、表面粗さ：すべりにおける安全性の場合と同様）との相関分析を行い、以下に示す重回帰式が得られた⁹⁾。

また、重回帰式による予測値と人間が感じる汚れ（汚れ感）との相関を図 14 に示す。

$$\begin{aligned} \text{汚れ感} = & 4.583 + 15.240 P\theta a - 0.003 P\lambda a \\ & - 0.069 Ptp_{90} + 0.368 abs_{10} + 0.069 E_{\text{powder}} \\ (R = & 0.989, R^2 = 0.979) \end{aligned}$$

$P\theta a$ ：断面曲線における平均傾斜角

$P\lambda a$ ：断面曲線における平均波長

Ptp_{90} ：断面曲線におけるベアリングレングス 90%

abs_{10} ：材料表面の一面吸水量 10 分

E_{powder} ：材料と汚染物質との色差

以上の結果をふまえ、すべりにおける安全性および人間が感じる汚れの両面から理想的な床材料を検討する¹⁰⁾。靴をはいて行動する床（路面）においては、すべりにおける安全性の観点からは $P\theta a$ を大きくすること、汚れの観点からは $P\theta a$ を小さくすることというように相反する表面モデルが求められる。しかし、すべりにおける安全性の場合には、靴への食い込みが期待でき、 $P\theta a$ を大きく増加させる大きく鋭い突起の効果が大きいと考えられ、汚れの場合には、非常に多数存在する数十 μm 以下の汚れ粒子や液状汚れが付着しにくい、保持されにくいという観点から小さい突起（例えば波長 0.1 mm 以下）を排除することによる効果が考えられる。このような考え方にに基づき、大きく鋭い突起を持ち、さらに汚れの観点から表面吸水が小さい（内部に通じる開気孔が少ない）という表面モデルが提案されている（図 15¹⁰⁾）。

素足で行動する浴室床・プールサイドにおいては、すべりにおける安全性の観点から非常に小さい多数の突起（例えば波長 0.1 mm 以下）の効果が期待される。痛さにつながる大きな突起は不要であろう。非常に小さい無数の突起を持ち、表面吸水力が小さいという表面モデルが提案されている（図 16¹⁰⁾）。

エージング性や歩行感までも加味した材料開発への発展を、あるいはそのために必要な性能評価法の早急な開発を期待したい。

図 15 屋外路面としての滑らない・汚れない材料表面モデルの一例¹⁰⁾

図 16 浴室床やプールサイドとしての滑らない・汚れない材料表面モデルの一例¹⁰⁾

図 17 HULIS のシステム¹²⁾

さて、人間のイメージを具体的な物性的デザイン要素に翻訳してそれを実現する技術、言い換えれば、感性から感覚、感覚から物性的データへ落とし込んでいく技術、いわゆる「感性工学 (Kansei Engineering)¹¹⁾」を都市景観や都市景観材料に応用しようという動きも活発である。

感性工学の手法としては、SD 法（オスグッドの意味微分法）により、さまざまな形容詞を尺度として人間のイメージを測定・分析し、このイメージを構成するデザイン要素を見いだす方法、あるいは人間パネラーが特定の試作品を使用して官能検査を行い、自己の感覚尺度で感性を表現し、それに対して翻訳システムを作成したり、製品開発を行う方法、さらに、年齢、性別、年収、ライフスタイルなどのも含めて分析する方法などが提案されている。

空間イメージをデザイン要素に翻訳した事例としては、木造住宅の外観や居室のイメージを取り上げたエキスパートシステム「HULIS¹²⁾」(図 17) が代表的である。街路などの都市景観についても、その色彩や色彩の配列効果などを中心に多くの研究事例が見られるようになってきた¹⁴⁾。

表 1 『深み感』および『高品位感』を推定する重回帰式 $Y=a+b_1X_1+b_2X_2+b_3X_3+\dots+b_iX_i+\dots$

Y	R	a	b_i						
	重相関 係数	定 数	IC	ΔL^*	Gs	$H^\circ ab$	$C^* ab$	ΔE	Z
深み感	0.977	7.606	0.052	0.718		-0.018		-0.154	-0.115
	0.961	4.602	0.053		0.082	-0.018		-0.077	-0.106
高品位感	0.962	-7.261	0.078	1.220		-0.022	0.101	-0.098	
	0.932	-6.719	0.081		0.104	-0.023	0.031	-0.014	

IC: 写像性, ΔL^* : 入射角 45° に対する反射角 $35\sim 45^\circ$ における L^* の変化量, Gs: 入射角 60° の鏡面光沢度, $H^\circ ab$: CIE メトリック色相角, $C^* ab$: CIE メトリック彩度, ΔE : 理想的な白 ($L^*=100$, $a^*=0$, $b^*=0$) から
の色差, Z: 三刺激値.

一方, 材料レベルの事例として, 加飾性に優れる都市景観材料であるセラミックタイルの印象評価を翻訳した研究を紹介する¹⁴⁻¹⁶⁾.

研究は, 評価に用いる材料 (表面) と形容詞の選定, 印象評定実験, 評価尺度と物性値との対応の検討という流れで行われた. まず, 因子分析により印象評価構造を検討した結果, 以下に示す四つの因子が浮かび上がってきた.

1. 「品位」という言葉で代表される因子: いわゆる評価性因子
2. 「深み」「重み」という言葉で代表される因子: いわゆる格調性因子
3. 「触感や視感のパターンの変化 (ざらざら, つるつる, 変化に富んだ, 均質な等を)」表す因子: いわゆる感覚性因子
4. 「ソフトクール (あたたかい, つめたい, やわらかい, かたい)」を表す因子: いわゆる力動性因子

続いて, これらの因子と対応する材料特性を, 重回帰分析により探求した. 例えば, 無地の内装タイルの場合には, 深み感や高品位感とはほぼ同様の評価構造であり, その色彩や光沢 (像鮮明性, 鏡面光沢度) が評価に大きく寄与するといえる (表 1). 品位の高い, 深み感の大きいタイルを作るには, その表面構造を, 像の写りが良く, つやも大きく, 色相角が小さくなるようにすればよいと翻訳されたわけである.

空間構成要素の質感や空間の形, さらに地域特性も盛り込んだ都市空間イメージのエキスパートシステムの誕生を期待したい. また, そのためにも 3 次元 CG や VR (バーチャル・リアリティー) などの模擬空間提示技術の発展が望まれる.

4. おわりに

安心してすごせる, 便利な, 快適な, 健康的な, すべての人にやさしい, 地球にやさしい……こんな街づくりに貢献する都市景観材料開発, 今こそこの命題に真剣に取り組むべき時代の到来である.

参 考 文 献

- 1) 長町三生: 感性工学, につけいデザイン, No. 4 (1991), 114-117.
- 2) 景観材料推進協議会, 法制度調査研究報告書「景観施策・制度の実態と課題」(1993).
- 3) 菅原進一, ほか: 日本建築学会大会学術講演梗概集 A (1993), 663-664.
- 4) 通商産業省生活産業局編: 街の素材, 通商産業調査会 (1990).
- 5) 厚生省編: 厚生白書, 平成 4 年版 (1993).
- 6) 小野英哲, ほか: 日本建築学会論文報告者, 第 356 号 (1985), 1-8.
- 7) 後藤和昌, ほか: 日本建築学会構造系論文報告集, 第 440 号 (1992), 9-17.
- 8) 後藤和昌, ほか: 日本建築学会構造系論文報告集, 第 459 号 (1994), 21-29.
- 9) 永田まゆみ, ほか: 日本建築学会大会学術講演梗概集 A (1993), 613-614.
- 10) 永田まゆみ, ほか: 日本建築学会大会学術講演梗概集 A (1992), 109-110.
- 11) 長町三生, ほか: 快適科学, 海文堂 (1992).
- 12) 長町三生: 感性工学, 海文堂 (1989).
- 13) 例えば, 中村芳樹, ほか: 日本建築学会大会学術講演梗概集 A (1993), 1119-1120.
- 14) 後藤和昌, ほか: 日本建築学会大会学術講演梗概集 A (1993), 653-654.
- 15) 景山弘一, ほか: 日本建築学会大会学術講演梗概集 A (1993), 655-656.
- 16) 山本章造, ほか: 日本建築学会大会学術講演梗概集 A (1993), 657-658.