

はじめての

精密工学

はじめての感性工学



Introduction to Kansei Engineering/Noriko NAGATA

関西学院大学 長田典子

1. はじめに

ユーザのニーズが多様になり、プロダクトやサービスのカスタマイズやパーソナライズがますます求められている。そこで、嗜好や価値観など1人ひとりがもつ感性を的確に把握し、それに合わせた具体的なデザインに展開する方法論が望まれる。

感性工学は「ある製品の一部分や一群の製品に関するユーザの主観的感覚を取り上げて分析し、得られた知見を次の製品のデザインに組み入れる工学およびデザインの実践」¹⁾である。感性工学²⁾や感性情報処理³⁾など感性を科学的に扱おうとする試みは、日本発の学問分野として1980年代にスタートし発展を続けてきた。2000年代には感性価値⁴⁾というキーワードによって「生活者の感性に働きかけ、感動や共感（ワクワク、満足、癒やしなど）を得ることによって顕在化する価値」を付加価値として創出することの重要性が産業界でも高まり、匠の技、こだわり、遊び心といった感性価値に着目した商品開発が推進されてきた。Society 5.0が目指す人間中心の社会においても、感性価値による付加価値向上、個人最適化、およびそれによる社会ロス低減への期待がますます高まっている。

感性は、主観的、非言語的、無意識的、直感的であり、状況依存性や多義性があり、因果律が希薄であるとされる³⁾。しかし一方で「パステルカラーは柔らかいイメージ」とか、「上昇音は始まりのイメージ」というように、一定の共通性あるいは共通理解性が確認されている。本稿では、こうした感性と物理特性の関係をモデル化し、感性価値を高めたモノづくりを実現するための技術について紹介する。

2. 感性の階層構造と感性物性解析

2.1 感性の階層構造

感性研究において中心的なトピックの1つが印象（イメージ）の定量化である。プロダクトデザイン分野においては、人がプロダクトに対して「好き」や「ほしい」などの感情や価値観（感性価値）を抱くのは、「かわいい」や「美しい」といった印象を抱くからであり、またこうした印象は色や音や表面性状などの物理特性によって形成されると捉えられている。

この関係を表現するため、私たちは図1に示すように

「価値-印象-物理特性」の3層からなる階層構造を仮定している⁵⁾。価値層と物理特性層の間に印象層をはさむことでヒト（価値や感情）とモノ（物理要因）の対応関係における感性的な価値形成の根拠（因果関係）が明らかになり、プロダクトデザインへのフィードバックが容易になる。また印象層で個人差の補正を行えるので、モデル全体の精度が上がるというメリットもある。

2.2 感性物性解析の考え方

階層的な感性のモデルを得るために、対象の物理特性と、ヒトの印象や価値など感性的な反応との間の関係を調べる。これを心理物理学や心理物理的解析になぞらえて、感性物性統合学、あるいは感性物性（的）解析と呼んでいる。

感性物性解析の考え方は図2に示すように、心理学実験と統計解析に基づくものである。まず有効な評価語セットと刺激セットを選定する。次にこれらを用いて評価語と刺激の対応関係を解析し、有効な指標を抽出する。さらに指標を用いて改めて刺激の物理特性と対応付けてモデルを構築する。大切なのは開発者の予断や先入観を極力排除して、対象となるヒトが対象となるモノから喚起される反応を正しく取り出し、これを真値（grandtruth）としてモデルを構築することである。これにより対象物のもつ価値やそれにより喚起される感性を定量化・可視化し、逆に感情や価値をもたらす物理要因を求めることができる。

2.3 感性物性解析のプロセス

感性物性解析は以下の4つのステップを順に進める（図3）。

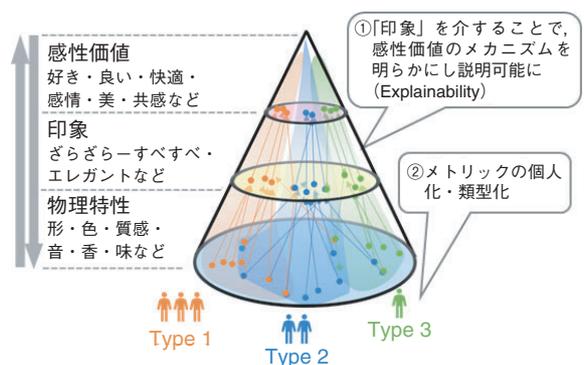


図1 感性の階層構造

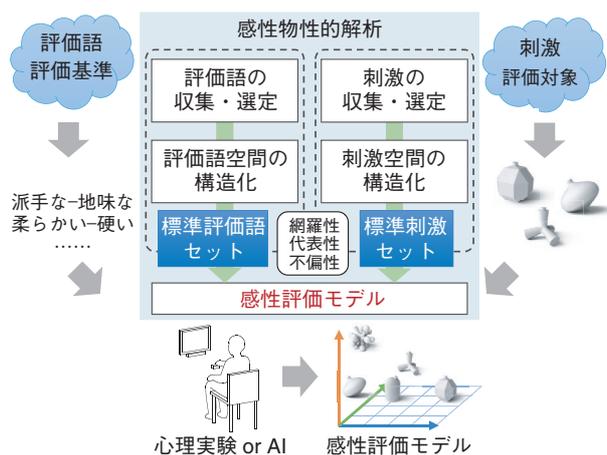


図2 感性物性解析の考え方

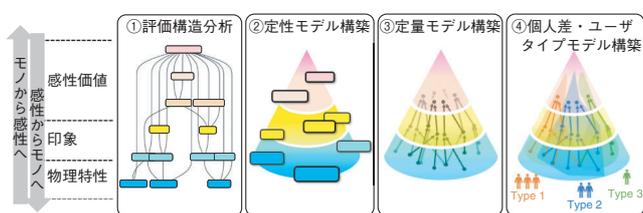


図3 感性物性解析のプロセス

- ステップ1：評価構造分析
- ステップ2：定性モデルの構築
- ステップ3：定量モデルの構築
- ステップ4：個人差・ユーザタイプモデルの構築

通常の工学的アプローチはステップ3（定量モデルの構築）に相当する。感性工学では工学的アプローチの前に、心理学的アプローチによってヒトの主観的感覚の評価構造や要因を質的に把握しておき、その上で定量モデルを作る。またヒトの感性は1人ひとり違うという前提にたつて、ユーザを同じ感性の特性をもつタイプに分類したり、個人差を考慮したりしてモデル化を行うのが有用である。

3. 感性物性解析の方法

感性物性解析の方法を具体的な例を引きながら説明する。

3.1 ステップ1：評価構造分析

ヒトの主観的評価の構造を把握し、網羅的で代表的な評価語セットを得る。大きく2つの方略がある。

(1) 階層構造分析（層ごとの構成要素に注目）

評価語の候補になる言葉を広く収集し、層ごとに絞り込みを行い評価語セットを作る。まず対象を形容する評価語について、層（印象層、価値層）ごとに自由記述アンケートや先行研究から数十～数千語を収集する（自由記述実験）。次に、収集した評価語について、対象を評価するのに適した語であるか否かを7～2段階で評価し、その平均値および標準偏差に基づき評価語を選出する（適合度実



図4 素肌とメイク肌の透明感指標

験）。最後に、選出した評価語間の距離（類似度）を、評価語間の置き換え可能性の判断（この言葉で置き換えられるか？）により一対比較で評価し、距離行列を得る（距離測定実験）。得られた距離行列に対して多次元尺度構成法（MDS）とクラスタ分析を行い、クラスタごとに重心からの差分を考慮して評価語を選択することで、網羅性、代表性、不偏性を担保した標準評価語セットを作ることができる。

具体例として、図4に素肌とメイク肌における透明感の評価構造分析を行った例を示す⁶⁾。この例では価値層に「透明感」を用い、印象層には透明感に関する評価語を素肌とメイク肌のそれぞれで収集し、集まった約1000語ずつの評価語に対して上記の手続きを行い、最終的にクラスタ分析で得られた結果の指標を示している。素肌とメイク肌の2つの透明感指標には高い類似性があった一方で、固有な要素として、素肌では「キメの整い」、メイク肌では「シルキー感」が抽出された。この比較結果をもとに「触感の透明感」という新しいコンセプトが創出され、なめらかな触感（スキンケアタッチ）を特徴とするファンデーションとして製品化され高い評価が得られた。

(2) 因果構造分析（層間の影響プロセスを検討）

別の方法として、層間の因果関係を探索し有効な評価語を収集する方法が挙げられる。代表的な方法に評価グリッド法⁷⁾がある。評価グリッド法はインタビュー調査手法の1つであり、ラダリングにより評価構造を引き出す手法である。ラダーアップ（上位概念の抽出）とラダーダウン（下位概念の抽出）と呼ぶ方法で原因と結果を繰り返し尋ねることで、ヒトの階層的な認知構造を明らかにする。詳細は文献に譲るが、マーケティング分野などでユーザーニーズを調べる方法として広く用いられており、また手法を応用した評価構造可視化システム⁸⁾なども提案されている。本手法による評価語収集は、(1)で述べた広く多く集める方法と比較して実験コストは大きいですが、より深く探索を行うため、目新しく独自性の高い言葉が集まりやすいと考えられる。

応用例として、スマートフォン用保護フィルムの感性価値構造をモデル化した研究⁹⁾において、評価グリッド法を用いて評価構造を可視化した結果を示す。図5は参加者11名の全回答を集約した評価構造図の一部である。最上位の価値の1つが「良い」であり、下位項目に「発色が良い」「拡散反射する」「映り込まない」などの評価語が抽出されている。こうした評価構造図から価値層と印象層それ

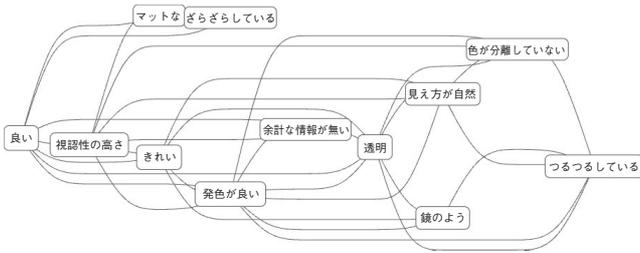


図5 スマホ用フィルムに対する評価構造図 (一部)

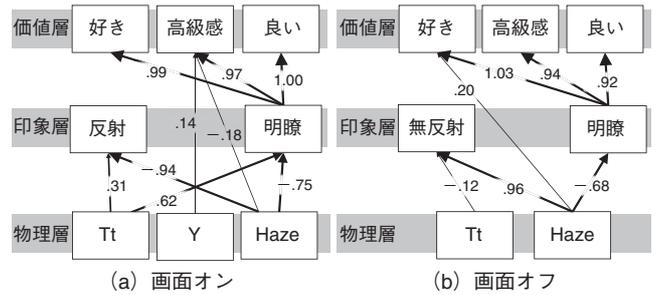


図6 各条件 (画面オン, 画面オフ) での価値構造モデル

表1 因子分析により得られた因子構造

(a) 画面オン		(b) 画面オフ			
評定項目	反射	明瞭	評定項目	無反射	明瞭
鏡のようである	.989	-.216	鏡のようである	-.964	-.102
反射が強い	.971	-.444	マットな	.884	.178
映り込まない	-.903	.368	映り込まない	.879	.175
つやがある	.849	-.037	反射が強い	-.878	-.091
マットな	-.826	.206	透明	-.801	.132
透明	.809	.057	つるつるしている	-.777	.048
つるつるしている	.795	.019	つやがある	-.756	.124
ざらざらしている	-.588	-.235	ざらざらしている	.637	-.095
発色が良い	.498	.399	ノイズが見える	.314	-.306
ノイズが見える	-.472	-.357	違和感がない	-.052	.757
違和感がない	.138	.682	見え方が自然	-.290	.649
見え方が自然	.316	.621	きれい	-.338	.635
目に良い	-.280	.612	目に良い	.408	.482
きれい	.435	.568	さらさらしている	.366	.412
視認性が低い	-.300	-.535	因子間相関	-.415	
視認性が高い	.361	.530			
さらさらしている	-.323	.436			
色味がかかっている	.067	-.144			
因子間相関	.634				

それぞれの評価語を収集する。

3.2 ステップ2: 感性指標抽出

ステップ1で得られた評価語群を必要に応じてさらに絞り込み、質の高い標準評価語セットを作る。代表的な手法としてOsgoodによるSD (Semantic Differential) 法が挙げられる。SD法は複数の評価語対を尺度として、刺激を7~5段階で評価し、因子分析によって少数の主要因子を抽出する。詳細は教科書など¹⁰⁾を参考にされたい。

具体例として3.1節で述べたスマホ用フィルムの評価で収集した印象層の評価語を用いてSD法を実施した結果を表1に示す。画面オン時とオフ時で別々に分析した結果では、収集された評価語は一部異なるものの、因子分析によって抽出された主要因子は「反射 (無反射)」と「明瞭」という2つの同様の概念から構成されることがわかった。これら2つを印象層の指標として採用し、以降の分析に用いる。

なおここまで質の高い評価語セットを得る方法について述べたが、刺激についても同様の考え方ができる。グルーピングの手続きなどで網羅的で代表的な刺激を選定することが、後に質の高い定量モデルの構築に繋がり、実験コストの低減にも寄与する。

3.3 ステップ3: 定量分析

これまでに抽出した感性指標を、実際の対象刺激がもつ物理特性と対応付けを行い、定量的な感性物性モデルを構成する。感性の階層の上位の層はより下位の層からの影響を受けるものと仮定して、上位の層の各要素を目的変数、下位の層の各要素を説明変数とした重回帰分析を上位層と中間層の全要素について実施し、誤差が最小となる最適なモデルを構築する。共分散構造分析のパス解析の適合度の評価も行うことで、モデルの妥当性を確認する。

具体例としてスマホ用フィルムのモデル構築の結果を図6に示す。価値層にはステップ1で収集された「良い」「高級感」「好き」を用い、印象層にはステップ2のSD法の結果である「反射 (無反射)」と「明瞭」の2因子を用い、物理特性層にはY (明度), a^* ($L^*a^*b^*$ 表色系における赤-緑の軸), b^* (同じく黄-青の軸), r (彩度), Tt (全光線透過率), Haze (濁度) の6指標を用いた。画面オン・オフ条件ともに「好き」「高級感」「良い」には「明瞭」が大きく影響しているが、「明瞭」に影響する物理特性は、画面オン条件ではTtとHaze、画面オフ条件ではHazeのみであることがわかる。こうして物理特性-印象-価値の関係、条件別に求めることができる。

3.4 ステップ4: 個人差・ユーザタイプモデルの構築

さらに感性の個人差を考慮して、より詳細な解釈が可能なモデルを構築する。個人ごとの回答を元にクラスタリングなどで複数のクラスタに分類し、クラスタごとにデータを分けて、ステップ2および3の手続きを行うことで、クラスタごとの価値構造モデルを得ることができる。

スマホ用フィルムの例では、48名の参加者の「高級感がある」の評定値を用いてk-means法でクラスタリングを行ったところ、参加者が2つのクラスタ (タイプA, タイプB) に分類された。図7にタイプごとの各フィルムに対する高級感の評定結果を示す。タイプA群はタイプBに比べてNo.2~10のフィルムに対して低い評定値を付けている傾向が見て取れる。一方、タイプB群は全般に高い評定値を付けている。そこで各フィルムの「反射」の因子得点で1要因の分散分析を行うと、No.2~10のフィルムは有意に得点が低かったため、No.2~10はマット系フィルム、No.11~15はクリア系フィルムと判断できた。このことから、タイプAはクリア系フィルムに高級感を

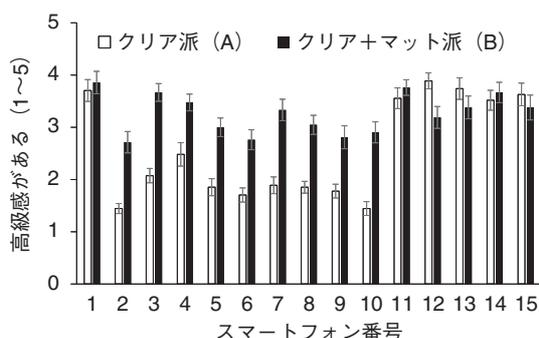


図7 タイプ (A, B) 別の高級感の評定値 (画面オン時)

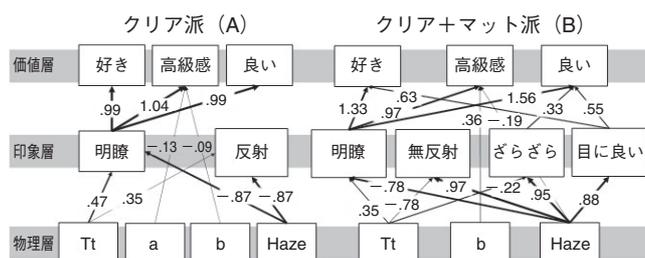


図8 タイプ (A, B) 別の価値構造モデル

感じる「クリア派」、タイプBはクリア系にもマット系にも高級感を感じる「クリア+マット派」と命名した。さらに2つのタイプそれぞれで価値構造モデルを構成したところ (図8)、タイプBでは「明瞭」から価値層に伸びる正の経路 (影響) とは別に、Haze が上がると印象層の「無反射」「ざらざら」「目に良い」が高まり、これらを介して価値層の「好き」と「良い」が上がるという別の経路が見いだされた。すなわちクリア+マット派は、クリア系フィルムとマット系フィルムの両方に価値を感じる事が確認された。

これらの結果より、従来考えられていたクリア派 vs. マット派という価値の構図ではなく、クリア派 vs. クリア+マット派という予想外の新しいユーザ像の存在が明らかになり、次の商品設計などへ貢献する可能性が示されたといえる。

3.5 感性物性解析の展開・発展

以上、4つのステップの基本的な方法として心理学的手法と統計解析手法を中心に述べたが、近年では機械学習やビッグデータ解析を用いてより大規模データを高精度で解析する方法が提案されている¹¹⁾¹²⁾。また心理指標に脳・生理指標や行動指標を加えることで、分析の客観性や精度向上が期待できる。さらに生体・物理シミュレーション技術¹³⁾やアート&サイエンス手法を併用することも有効である。

4. 感性工学の応用事例

感性工学の応用範囲は、上にあげた化粧品や電気器機をはじめ自動車¹⁴⁾、ファッション、デザイン、化学、素材、

建築、日用品などあらゆる業種に及んでいる。例えば素材開発では、素材の触り心地と表面性状の関係を解析する装置により、感性価値を高める車の内装、家電品の質感デザインや化粧品の処方¹⁵⁾の開発支援が行われている。好みのタイプ分類では、色、柄、音¹⁶⁾、香り、味などの好みの個人差を主観評価や脳波データから推定する技術が、ファッション、自動車、音響、化学、食品、観光分野の商品デザインや商品推薦 (レコメンド) などへ応用されている。

このように感性工学の適用対象には、五感やその他の感覚、複合感覚、さらに好悪、快不快や動機など広い意味での価値が含まれる。またバリューチェーンの視点から考えると、ニーズ推定技術 (企画・開発)、意匠設計支援 (製品設計)、熟練者の暗黙知分析 (生産・組立)、個人タイプに基づく推薦技術 (流通・販売)、ビッグデータによる満足度分析 (保守) というように、ヒトが関わるあらゆる工程において感性工学手法が付加価値を生み出す可能性をもつ。すなわち本技術は業種やジャンルを問わない共通基盤技術であると考えられる。

5. ま と め

感性工学の初学者を想定して、とくに感性物性解析の考え方と具体的な方法について紹介した。感性価値を拡張するモノづくりやサービスづくりは、さらなるニーズや新しいビジネスモデルを生み出すと期待される。人間中心社会の実現のためにも、Well-being やSDGs 達成のためにも、感性工学の各種技術はなくてはならないものである。普段の業務や生活の中で身近な課題をみつけて、ぜひ一度お試しください。

参 考 文 献

- 1) G.R. ファンデンボス (監修): APA 心理学大辞典, 培風館, (2013).
- 2) 長町三生: 感性工学, 海文堂, (1989).
- 3) 井口征士, 猪田克美, 小林重順, 田辺新一, 長田典子, 中村敏枝: 感性情報処理, 電子情報通信学会編ヒューマンコミュニケーション工学シリーズ, オーム社, (1994).
- 4) 経済産業省: 感性価値創造イニシアティブ, 経済産業調査会, (2007).
- 5) 片平建史, 武藤和仁, 橋本翔, 飛谷謙介, 長田典子: SD法を用いた感性の測定における評価の階層性, 日本感性工学会論文誌, **17**, 4 (2018) 453.
- 6) 谿雄祐, 村松慎介, 小林伸次, 増渕祐二, 長田典子: 素肌とメイク肌の透明感構成要素の比較, フォーラム顔学 2017, 日本顔学会誌, **17**, 1 (2017) 38.
- 7) 讚井純一郎: 商品企画のためのインタビュー調査: 従来型インタビュー調査と評価グリッド法の現状と課題, 品質, **33**, 3 (2003) 13.
- 8) M. Sugimoto, Y. Yagi and N. Nagata: How different tourist sites evoke different emotions: Investigation focusing on the urban and rural sites in Japan, In: M. Kurosu and A. Hashizume (eds) Human-Computer Interaction. HCII 2023. Lecture Notes in Computer Science, 14012. Springer, Cham (2023). https://doi.org/10.1007/978-3-031-35599-8_21
- 9) 濱田大佐, 杉本匡史, 山崎陽一, 長田典子, 高原秀起, 竹厚流, 加藤早紀: スマートフォン用保護フィルムの感性評価モデルの構築, 日本感性工学会論文誌, **22**, 2 (2023) 207.

- 10) 清水裕士：フリーの統計分析ソフト HAD：機能の紹介と統計学習・教育，研究実践における利用方法の提案，メディア・情報・コミュニケーション研究，1，(2016)。
- 11) Y. Jiao and Q.X. Qu: A proposal for Kansei knowledge extraction method based on natural language processing technology and online product reviews, Computers in Industry, **108** (2019) 1.
- 12) 鈴木秀通，飛谷謙介，橋本翔，山田篤拓，長田典子，レビューテキストと画像を用いた機械学習によるプロダクトの感性指標構築. 精密工学会誌, **85**, 12 (2019) 1143.
- 13) 飛谷謙介，松本達也，谿雄祐，藤井宏樹，長田典子：素肌の質感表現における印象と物理特性の関係性のモデル化，映像情報メディア学会誌, **71**, 11 (2017) 259.
- 14) 楠見昌司，飛谷謙介，山崎陽一，谿雄祐，長田典子：グローブボックス開き挙動における好まれる印象再現の検討，自動車技術会論文集, **51**, 2 (2020) 374.
- 15) 浅井健史，山崎陽一，谿雄祐，飛谷謙介，山元裕美，長田典子：ふきとり時の触感が優れたふきとり化粧水の感性評価，日本化粧品技術者会誌, **55**, 1 (2021) 36.
- 16) 柳澤秀吉，村上存，大富浩一，穂坂倫佳：感性の多様性を考慮した感性品質の定量化手法，日本機械学会論文集 C 編, **74**, 746 (2008) 2607.