

■S3 群（脳・知能・人間）－ 感性・マルチモーダル情報処理

---

## 6 章 感性モデリング

## ■感性・マルチモーダル情報処理 - 6章

### 6-1 感性をはかる

(執筆著：持丸正明) [2009年9月受領]

感性をはかるには、その前段階として感性を量的に記述する手法が必要である。残念ながら、長さや温度のように確立した科学的スケールが存在するわけではなく、そもそも、どのような独立変量で感知情報空間が記述しきれぬのかも明らかではない。そこで、便宜的な方法が適用されている。最も一般的な方法は言語表現を用いる方法である。例えば、ある絵画の印象を表すのに「涼しい-暑い」という意味的に対比された用語の組合せを用い、この意味上のスケールで表現する手法である。後述する 6-1-1 項の SD 法はこの量的記述方法に則っている。言語を使うのは便利である一方で、どうやって対語を選ぶのかとか、例えば英語圏の人に伝達しようとしたとき言葉の壁をどう乗り越えるのかなどの問題がある。そこで、非言語的な記述方法として連想を用いた記述方法が提案されている。例えばある絵画の印象を表現するのに、それと似たような印象をもつ別の情報（例えば音楽であるとか、具体的な意味の乏しい風景写真であるとか）の組合せを用いる方法である。厳密に言えばカテゴリ表現しているのであって、量的記述方法ではないが、確率統計的な手法を持ち込めば量的記述にもなり得る。

#### 6-1-1 SD 法 (Semantic Differential 法)

感性量の記述と計測で、最も一般的に用いられている方法である。被験者を計測器として、被験者に評価対象物 (= 刺激) を呈示するとともに、その評価尺度として意味的に対比された用語の組合せを呈示し、刺激呈示物から受け取られた感性量を言語の組合せ尺度上の量として評価、記述させる方法である。官能検査法 (Sensory Evaluation) のひとつであるが、厳密には官能検査法と同義ではない<sup>1)</sup>。

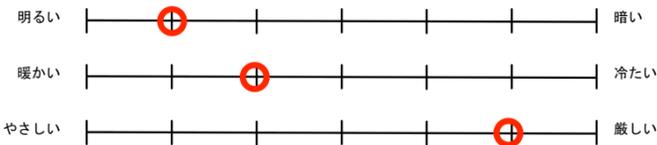


図 6・1 SD 法の例

SD 法の典型的な例を紹介する (図 6・1)。評価対象物 (=刺激, この図の場合は写真) と七つの対語が呈示されていて, 被験者はこれを見て写真を見たときの印象 (感性) を対語のスケールとして回答する。対語のスケールには, スケール上に目盛がある場合と目盛がない場合がある。目盛がある場合には, 5 段階や 7 段階など奇数目盛を用いることが多い。それはスケールの中心に目盛がくることを配慮している。目盛を使わない方法を Visual Analog Scale 法 (VAS 法) という。

### (1) 留意点 1: 刺激呈示方法と実験計画

心理実験であるので, 環境外乱の少ない実験室で時間的余裕をもって静かに集中して回答してもらうように留意する必要がある。いずれにしても, 評価対象物が静的で文脈依存性が低い場合は後述する Web 実験なども利用可能な場合が多く, SD 法の適用は難しいことではない。SD 法は自由度の高い手法であるがゆえに, より動的で文脈依存性のある評価対象 (刺激) に対して利用してみたいという場合もある。

動的ということは, 刺激が時間変化するというだけでなく, 刺激に対する印象が時間的に変化する場合 (ある時刻では重厚に感じ, ある時刻では滑稽で軽妙に感じるなど) や, 刺激が時間によって異なる受容器を刺激する場合 (ある時刻は音と映像であったが, ある時刻には振動が大きく関与するなど) が相当する。SD 法によって回答を求められる被験者は, そもそも十分の感性を作業記憶から呼び出して定量化して記述している。静的な対象物であれば, その受容結果が, いま現在, 作業記憶内に存在しているためこの作業は容易である。一方で, 動的な場合には, 既に過ぎ去った時刻の感性を長期記憶から作業記憶に呼び出して回答する必要があり, この引き出しがうまくいかなかったり, あるいは, 記憶の断片を混用した (実際には感受していなかった) 感性を論理的に作り出してしまう恐れがある。動的な刺激呈示の場合には, 長期記憶からの引き出しを容易にするために, 感性評価をしたと思われる時点の刺激を再呈示するか, 刺激を受けて評価している評価者自身の映像を呈示することが効果的である。この方法については 6-2-3 項の認知心理計測で改めてふれる。

文脈依存性とは, 刺激を受けた時点より前の被験者の状態が感性評価に大きく影響するという意味である。基本的にすべての知覚は文脈依存であるが, 特にその影響が大きい刺激の場合には注意が必要である。直前までの履歴を制御して実験をするか, あるいは, 履歴情報も計測しておいて分析に加えるというような実験計画を立てる必要がある。

### (2) 留意点 2: 対比された用語の選び方

対比された用語を用いるというのが SD 法の最大の特徴であり, 最大の欠点でもある。通常は, 被験者側ではなく実験者側が対語を選定するのであり, 対語の選定の段階で, 計測される感性項目が大きく限定されている。そういう意味では, 被験者が受容し知覚した感性を網羅的に計測できているわけではない。これらの欠点を少しでも補うため, できるだけ網羅的に用語候補を選び, できるだけ体系的に絞り込む方法が用いられている。少数の被験者に自由記述で印象を表す用語を書かせたり, 雑誌や Web のテキストマイニングで抜き出したり, あるいは, 6-2-3 項で後述する心理計測手段を用いて幅広く用語を開き出す行程を最初に行う。可能であれば, より多くの被験者に抽出した用語候補と刺激 (評価対象) を呈示して, 実際に評価させ, 結果を因子分析して対語を抽出する。

なお、対語を用いずに、「●●という印象がよく適合する-まったく適合しない」というスケールで評価させる場合もあるが、執筆者らの実験（非論文情報）によれば、対語に比べて再現性が低くなることが分かっている。例えば、人の画像を見せて「太っている印象に適合する-まったく適合しない」というスケールで回答させる場合、中肉中背の人も痩せた人も、がりがりに痩せこけた人も「まったく適合しない」になる。これは「ものすごく太った-がりがりに痩せこけた」というスケールで回答する場合に比べ、スケールが非線形になっているといえる。非線形スケールでは、同じ被験者に同じ刺激を呈示した場合の評価結果の再現性が低くなるようである。

### (3) 留意点 3：目盛、VAS 法、順序効果

先に述べたように通常は対語を両端に配置して、目盛をうったスケールを用意し被験者に回答させる。実際にこれで計測すると、ちょうど中間の目盛となる「どちらともいえない」に回答する被験者が多く、後述する生理、感覚、物理計測量との統計モデルを構築する際に支障を来す。そこで、あえて目盛を偶数個にして中間の目盛をなくす場合もある。また、近年では、目盛そのものを使わずに、スケールのなかで自由に回答してもらう Visual Analog Scale 法もよく用いられる。VAS 法の方が再現性が高いという論文報告もある<sup>2)</sup>。

回答する用語対の順序、呈示される刺激の順序が回答に影響する可能性もある(順序効果)。大量の被験者で実施する場合には、用語対の出現順や刺激の呈示順を被験者ごとにランダムに入れ換えることで、統計的に順序効果を取り除くようにするのが一般的である。

また、複数の呈示刺激の回答を一つのスケールに重複して記入させる(すなわち、被験者は自分自身が前に回答した結果を見ながら、評価回答することになる)方法もある。特に、VAS 法では刺激の相対評価再現性が高くなることが多い。

### (4) 留意点 4：Web 実験による大量計測

刺激(評価対象)の種類にもよるが、SD 法は Web 実験などを用いて大量の計測を行えるという利点がある。コントロールされた実験室実験と Web 実験での質的な差が小さいことなどをあらかじめ検証する必要はあるが、数百人規模のデータを数時間で収集できるのは効率的である。後述する 6-4-1 項の事例では Web 実験を活用している。

## 6-1-2 非言語的計測法

### (1) カテゴリ情報による計測

用語対を用いる SD 法は、簡便で効果的である反面、対語の選定次第で結果が大きく影響を受けたり、他言語への変換が難しいなどの問題がある。そこで、言語表現を介させずに、類似した感性を与える別の呈示物を選択させることで、評価対象の感性量を表現する方法がある。後述する 6-4-1 項の事例とは別事例であるが、メガネ販売店が独自に開発し実施している印象に合わせたメガネ設計ツールでは、顧客に複数の絵画や写真、色を呈示し、顧客がそれらを選択した結果に基づいて、その印象を反映するようなメガネのレンズ形状を計算機が自動設計・提案するシステムとなっている。これは、あらかじめ、多数の被験者に対して様々なレンズ形状が与える印象を、絵画や写真、色で回答させる実験を行い、その結果をデータベース化しておいて、それを逆引きする方法である。カテゴリ変数と傾度情報しかもた

ないため、実験で呈示しなかった中間的な評価対象（刺激）に対する予測性はないが、例えばベイジアンネットワークなどの統計手法を用いれば、確率推論に基づく逆引きも可能になる。

## (2) 脳機能計測

言語表現を介在せずに、脳機能計測データに基づいて感性評価を同定する手法も研究されている。図6・1の例のように多面的な感性評価を脳活動データから直接同定する技術は、本稿執筆時点では確立していない。ただ、呈示刺激の好き嫌いを評価する程度であれば、徐々に評価可能になっている。fMRI, NIRS, 脳電図（脳波計測）などがよく用いられる。本稿の主題ではないので脳機能計測技術の詳細解説は避けるが、fMRIやNIRSは脳活動による血流を計測し、脳電図は脳活動による電気活動を計測する方法である。前者は脳内の3次元的な情報が得られるのに対し、後者は通常、脳頭蓋表面に現れる電気活動しか取得できない。そのかわり、装置が簡便で時間分解能・応答性が高い。時間応答性が高いことを利用して、刺激を呈示したもしくは受容器が刺激を感受した時刻で、計測した脳電図の時間軸を揃え複数回の計測データを重ね合わせるというデータ処理技術が使われる。事象関連電位と呼ばれる。刺激の呈示後、一定間隔の時間応答で現れる電位だけが積分強調される。あらかじめ、明らかに好き嫌いを示すような画像を被験者に呈示して、被験者ごとに事象関連電位の活動パターンを同定しておき、実際の評価対象の画像を呈示して、そのときの事象関連電位の活動パターンを同定したパターンと比較することで、言語表現を介在せずに被験者が脳内で認識した結果を知ることができる<sup>3)</sup>。言語表現では、被験者の価値判断（例えば、戦争の画像を見せられたときには「嫌い」と回答すべきという論理的な価値判断）に影響されることなく、評価結果を計測できる。

## ■感性・マルチモーダル情報処理 - 6章

### 6-2 感性のメカニズムを探る

(執筆著：持丸正明) [2009年9月 受領]

6-1 節で紹介した感性の計測方法は、最終的な感性の尺度を取得する方法である。得られた感性量と呈示した刺激量の間単純な関係が見出せる場合（例えば、直線的な関係）は、これをもってモデル化が完了する。後述する6-4-1項 事例などはその簡単な事例に相当する。しかしながら、通常は、このような単純な線形関係で説明できる場合は少なく、より複雑な構造が必要となる。ニューラルネットワークやベイジアンネットワークなどで、実測した感性量と呈示した刺激量の関係を機械学習させてモデルを構築するのも一案であるが、この場合でも、ある程度、刺激と感性の関係が既知である（モデルのグラフ構造が少しでも分かっている、中間層の隠れ変数が分かっている）ほうが性能のよいモデルを作ることができる。そのために、様々な計測手段を用いて、刺激量と感性量の間を埋める感性のメカニズムを探ることになる。

刺激情報はそれ自体が物理量をもっている。画像であれば色情報であったり、音声であればスペクトル密度であったりする。人間はこの刺激のもつ物理情報のすべてを正確に受容しているわけではない。また、刺激呈示そのものに人間との相互作用がある場合には、刺激情報そのものも人間との相互作用を含めて物理計測しなければならない。そこで、まず受容側の情報として、物理計測と感覚計測の方法を簡潔に紹介する。次に感覚情報として受容された情報が処理され知覚され感性量として評価される。この評価プロセスを心理計測する手法を紹介する。最終的な感性の知覚によって人間の生理活動（心拍、血圧）が変化することがある。それらを検出する生理計測についても紹介する（図6・2）。

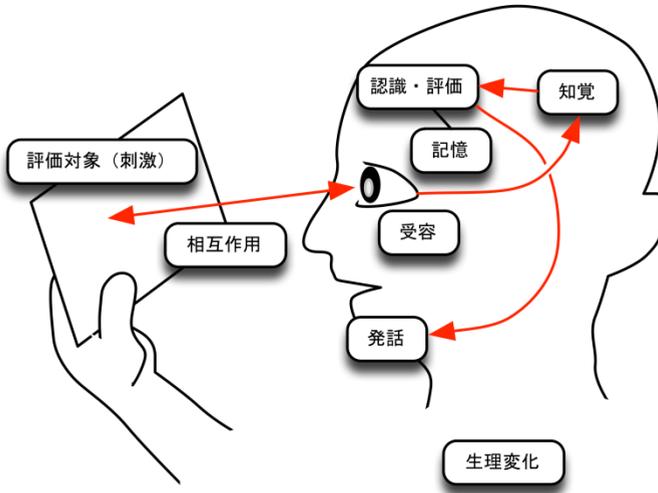


図6・2 感性の知覚認識プロセス概念図

### 6-2-1 人間との相互作用を踏まえた物理計測

刺激呈示が人間との相互作用を伴う場合は、刺激物（評価対象物）単体の物理量（＝設計量）と感性評価量との直接的関係を見出しにくい。設計量と感性量の間には、人間との相互作用による物理計測を加え、設計量→人間との相互作用による物理量→感性量という関係を明らかにしてモデル化する必要がある。例えば、刺激物が人体に接触してその感性を評価する場合、人体と刺激物が接触している状態での物理量（分布圧力など）を計測する必要がある。人体の接触を伴わないような視覚呈示であっても、人間との相互作用を考慮すべき場合もある。例えば、製品のシボ面（表面の微細凹凸）による質感評価で実際の製品を刺激呈示物にする場合、被験者視点での画像情報が重要になる。通常、被験者は呈示物を手で動かしたり頭を動かしたりして光源－呈示物－視点の相対関係を変えながら刺激情報を取得して評価している。この刺激情報を直接計測する必要がある。例えば、被験者の頭部に視点カメラを取り付けて、画像を取得し、その画像の物理量と感性量を関係づける。この場合、画像の物理量と設計量とを関係づけておくための別の物理量計測も必要となる（光源、視点、表面反射特性）。

### 6-2-2 感覚受容と関連する人間計測

人間の感覚受容には、外界の刺激量を受容するだけでなく、外界の物理刺激によって自らの人体機能が変化した状態を受容するチャネルがある。例えば、刺激呈示物が人体と接触しそれによって血流が阻害されると、その血流阻害を温熱感覚や麻痺感として受容する。このような場合には、血流計測や体表温度計測などの人間計測を行い、モデルに組み込むことで精度が向上する場合がある。また、更に厄介なことには、人間は刺激呈示を受ける前に脳内で計画したことと刺激呈示を受けたあとの結果にずれがあると、このずれ量も感性評価に組み入れてしまう。例えば、同じ重さの黒い箱と白い箱を置いて、重さを評価させる場合を考える。黒い箱の方が重そうに見えるため脳内でより重いものを持ち上げる運動計画をし、それを実行する。実行したところ計画したほど大きな力が必要ない場合、手先で実際に受容している重量感が運動計画のずれによって補正され「軽く」知覚されることになる。脳内の運動計画を直接計測することはできないが、例えば、筋の活動準備電位（箱を持ち上げにいくときの上半筋活動）を計測してモデルに組み込むことはできる。

### 6-2-3 認知プロセスを探る心理計測

受容された感覚情報が感性として知覚されていく脳内プロセスを計測することは容易ではない。そこで、心理学的手法を用いて、この部分の処理プロセスを解明する方法が提案されている。ここでは、深掘りインタビュー方法を二つ紹介する。

#### (1) CCE (Cognitive Chrono-Ethnography)

産業技術総合研究所（以下、産総研）の北島らが考案した深掘りインタビュー方法<sup>4)</sup>である。刺激呈示から一定時間経過後でも、そのときの感性評価とその評価プロセスを聞き出せる方法であるとされている。6-1-1 項(1)で述べたように刺激呈示が動的である場合、刺激呈示後にまとめて聞き出しても、被験者は時間軸に沿ってそれを回答しきれない。そこで、被験者の長期記憶から刺激呈示のときの記憶を効果的に導き出す方法として、ビデオ呈示を

活用している。被験者の頭部に視点カメラを取り付け、その画像を呈示して、このときどう感じたか、その理由は何かを聞き出す方法である。ビデオ画像が膨大（長時間）である場合には、ビデオ画像と同期して 6-2-4 項で述べるような生理計測を実施し、生理量変化のタイミングでビデオ画像を抽出して呈示する。この方法を、プロ野球観戦時の感性分析に活用している。

## (2) 評価グリッド法

関東学院大学の讚井らが考案した深掘りインタビュー方法<sup>5)</sup>である。対象に関する評価として実際に被験者がとった行動をベースにして、その行動をとった理由を掘り下げていく方法である。人間の行動選択には何らかの理由がある、という心理学的仮説に基づいている。

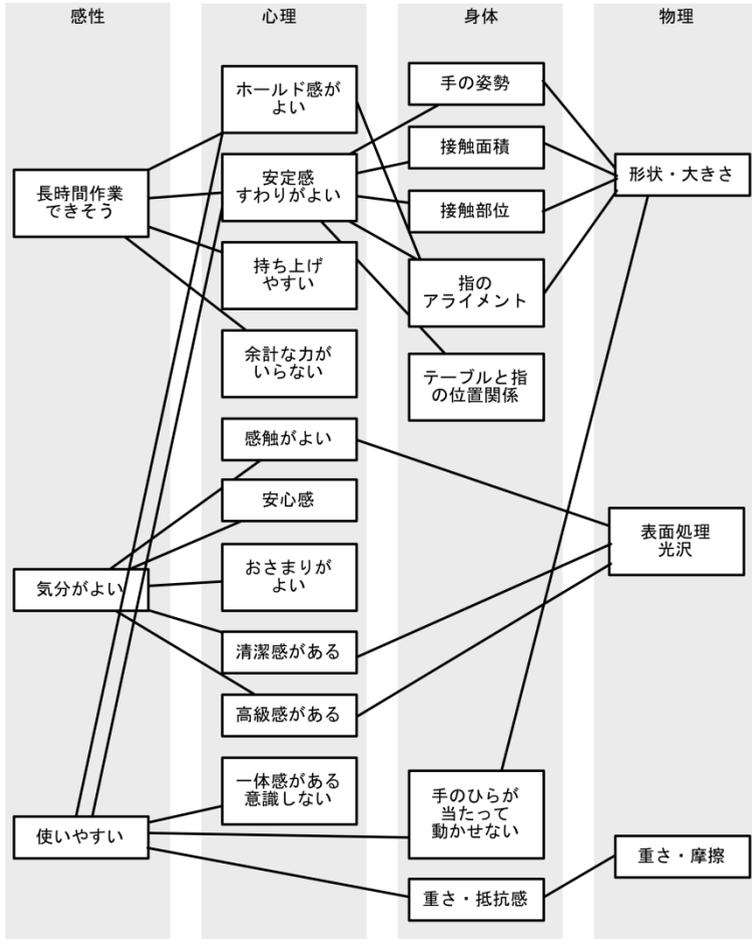


図 6・3 評価グリッド法で得られる評価構造グラフの例

例えば、複数の刺激物（製品など）を呈示して、そのなかから最も気に入ったものを選ばせたのち、その選択したという行動の理由を掘り下げてインタビューする。被験者に「\*\*\*なので、〇〇だから、××した」というかたちで、××という行動（評価）の理由を回答してもらう手法がよく使われる。理由を掘り下げていく過程をラダーダウンという。ある程度掘り下げたら、逆に「\*\*\*だと、どういう良いことがあるか？」と問い、別の上位概念を聞き出す（ラダーアップ）。これらを繰り返すことからラダリングとも呼ばれる。数多くの用語を聞き出すことができ、また、その用語の意味するところを深い理由で表現されるため、同じ用語が個人で違う評価として使われているなどを知りすることもできる。この結果を 6-1-1 項 (2) に活用できる。執筆者らは、この方法をマウスの感性デザインなどに活用した（図 6・3）。なお、人間は自分の行動結果に対して合理的な理由づけを作り出してしまうこともあり、これに配慮してインタビューする必要がある。

#### 6-2-4 人間の反応を見る生理計測

心理的な変化に伴い、交感神経、副交感神経の働きが変化し、人体に様々な生理反応が現れる。血圧、脈波、心拍などの循環器系因子、呼吸数、発汗などの生理量変動を計測することで、心理的变化を知ることができる。これらの生理量を計測するための様々な生理計測装置がある。この生理計測装置の詳細は本稿の主旨ではないので省略する。文献などを参考にいただきたい。生理量を感性評価の参考に利用する際に、留意すべき点が二つある。第一は、これらの生理量は心理的要因以外でも変動するという点である。上記の循環器系因子や呼吸数などは力学的な運動によっても容易に変動する。また、手掌部の発汗も外界の気温や湿度によって変動する。このような他の変動要因をコントロールできる場合であれば、生理量変化を心理的变化と結び付けて考えることができる。第二は、心理的变化の大きさである。一般に、生理量に変化を来す心理的变化は、かなり大きなインパクトのものに限られる。強いメンタルストレス、興奮や熱狂、強い緊張などである。評価対象物を見たときに「やわらかい」とか「やさしい」などと感じる程度の強度では生理量への変化はほとんど現れない。

6-2-3 項(1)で紹介した CCE をプロ野球観戦に適用したケースでは、2〜3 時間にわたるプロ野球観戦中のビデオ画像から感性評価に重要な箇所を抽出して被験者に提示するときの手がかりとして、被験者の心拍変動を利用している<sup>9)</sup>。試合観戦中に被験者の心拍は度々大きく変動しており、それが「熱狂感」に関連するであろうと判断して、そのときに被験者が見ていた映像を切り出して提示し、深掘りインタビューを行った。生理計測単独で感性を定量評価することは難しいが、この事例のように、生理計測データを手がかりとして心理計測を行ったり、物理計測データに関連づけることには意味がある。

## ■感性・マルチモーダル情報処理 - 6章

### 6-3 感性のはたらきをモデル化する

(執筆著：持丸正明) [2013年3月 受領]

#### 6-3-1 統計モデル

感性をモデル化する目的は、本章の冒頭に述べたとおり「ある外界情報のある特性をもった評価者に呈示した場合にどのような感性を受容し得るかが予測できること」にある。外界の特性が制御可能で、評価者の特性が観測可能であるとき、評価者がどのような感性を受容するかを推論できるモデルを構成するということである。最もシンプルで効果的な手段は統計モデルである。刺激に相当する物理情報量（＝制御可能な外界特性）と感性量が得られれば、その相互の関係を統計的にモデル化すればよい。両者に線形関係があるという科学的根拠はないが、SD法で得られた物理量と感性量は線形関係を前提とした統計モデル（単回帰、重回帰など）でうまく表現できるケースも多い。もちろん非線形な数学関数によるモデル化も可能であるが、物理量や感性量の項目数、データ数が十分でない場合に、自由度の高い数学モデルを導入すると、計測したデータのみ最適化されたモデルが出来上がることになる。それよりは、むしろ線形・非線形などを仮定せずに、実データをそのままベイズ確率モデルで表現する方が無理がない。ただし、ベイジアンネットワークによるモデリング技術を適用するには、数千以上のデータ量が必要であり、通常の実験室実験ではデータ収集が困難である。6-1-1項(4)で述べたようなWeb実験など大規模データ収集の工夫が必要となる。また、刺激に相当する物理量（入力層・制御量）と感性量（出力層）だけで機械学習せずに、6-2節で述べたような心理物理計測を行って中間層のデータを取得し、これを合わせて学習すると、より確度の高い推定モデルを構成できる<sup>6)</sup>。

#### 6-3-2 物理モデル

6-2節のような計測分析により感覚受容のメカニズムがある程度明らかになった場合、そのメカニズムを物理モデルとして構成し、そのセンシング情報を統計モデルと組み合わせるアプローチがある。ここでは、触覚メカニズムの物理モデルを利用した感性センサの事例を紹介する。

物理的な評価対象物が人体に接触したとき評価対象物との接触による人体変形や人体深部にある触受容器への応力集中を物理モデルとして構成し、触受容器としてセンサを配置する。このセンサ出力値を人体の触受容器へ入力値であるとして、センサ出力値と感性量との関係を統計モデルとして構成する。

前野らの研究では、人間の指先の指紋の凹凸をシリコーンゴムで再現し、人体構造を模して指紋の山の直下に歪ゲージを配置した(図6・4)。人間が評価対象物をなぞる動作を模して、この触覚センサを評価対象物上で動かし、そのときのセンサ出力値を計測した。このセンサ出力値の相違から、あざさ感、やわらかさ感、摩擦感を識別している<sup>7)</sup>。更に、同一の評価対象物を人間がなぞったときの感性量と、触覚センサでなぞったときのセンサ出力値を統計的に関連づけ、触覚センサから人間のような感性量を得られるとしている。

田中らの研究は、指先の触受容機能を模擬する物理モデルとして、PVDF (Polyvinylidene Fluoride) フィルムという高分子圧電材料を用いている<sup>8)</sup>。このPVDFフィルムを10mm角程

度のアクリルブロックに巻き、評価対象物に対して能動的に駆動できる触覚センサを構成した(図6・5)。触覚センサを人間が評価対象物をなぞる動作を模擬するように駆動して、評価対象物とPVDFフィルムの間に生じる振動と温熱変化を、PVDFフィルムの圧電効果により電圧値として取得した。併せて、人間が様々な布などを触ったときの感性データを6-1-1項のSD法で取得した後、因子分析を行い振動感をしっとり感、ふんわり感に分類した。同一の布を触覚センサで計測し、人間の感性量との関係を統計的にモデル化した。これにより、振動感の主要因であるしっとり感とふんわり感を、触覚センサで定量評価できたとしている。

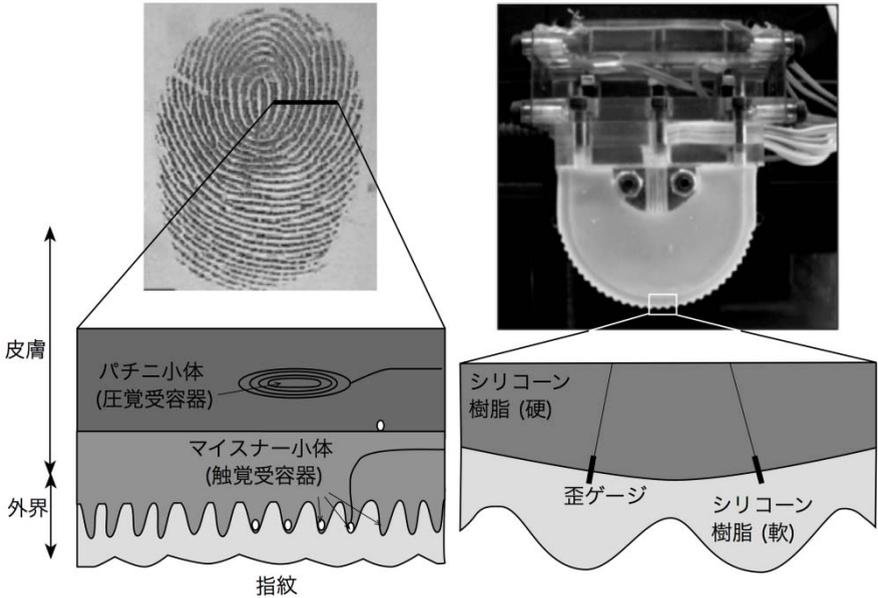


図6・4 シリコンゴムによる指紋形状を模擬した触覚センサ

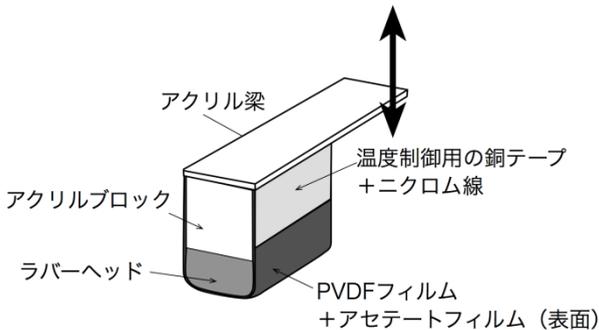


図6・5 PVDFフィルムによる触覚センサ

## ■感性・マルチモーダル情報処理 - 6章

### 6-4 感性モデリング応用事例

(執筆者：持丸正明) [2009年9月 受領]

感性モデリングを応用した事例として、顧客の顔とメガネの組合せが与える印象をシミュレーションするメガネの販売支援システムの事例と、生活環境に溢れる色の組合せが与える心理的効果を客観的に定量化する色彩コンフォートメータの事例を紹介する。いずれの事例も、製品の物理量（形状、色）と感性量（印象度、快適度）の関係を統計的にモデル化し、それをシステムに組み込んだものである。本章で紹介した感性の計測方法、分析方法、モデル化方法が活用された事例である。

#### 6-4-1 メガネと顔の印象シミュレータ<sup>9)</sup>

メガネの販売を支援する技術として、産総研とメガネフレームメーカーとで、自分の顔と選んだメガネの組合せに対する第三者の印象をシミュレーションするシステムの試作開発を行った。メガネをかけた顔が与える印象の表現には、用語を用いることとした。事前アンケートで抽出した42個の感性用語に関する予備実験の結果を因子分析し、印象を表現する対語4組「優しいーこわい」「涼しいー暑苦しい」「明るいー暗い」「若いー老けた」を抽出した。これに、メガネフレームメーカーが独自に実施したマーケット分析結果から得た「おしゃれなーダサイ」「自然なー不自然な」「おおらかなー神経質な」の三つの対語組を加えた計7組を用いた。被評価者となる青年男性の顔画像には、産総研の有する顔顔部形状データベースから日本人の顔の個人差をカバーするように合成した仮想顔画像を、メガネは素材・形状で分類した12個を用いた。この仮想顔画像とメガネ画像を合成し、216のメガネをかけた顔画像（顔18×メガネ12）を生成した。評価者1人当たりの回答時間を30分以内にするため216個のうち18個を選んだ画像セットを12パターン選定し300名の青年女性に評価させた。評価者にはランダムに選ばれた1パターンを提示し、インターネットを使ったWebアンケートで評価実験を行った。評価方法はVisual Analog Scale (VAS)法を採用し、評価者は△マークをドラックして得点入力をする（図6・6）。得られた印象得点を顔の形状特徴とメガネの形状特徴から推定するモデルを、重回帰分析（ステップワイズ法）によって構成した。目的変数に感性用語7組の得点、説明変数に顔の実寸・示数100個、メガネフレーム実寸・示数25個、メガネ玉型主成分得点5個を用いた。すべての感性用語において重相関係数0.784～0.901を得ることができた。重回帰式の変数には、すべての用語で顔寸法、メガネフレーム実寸・示数、メガネ玉型主成分得点が含まれていた。実験で得られた感性モデル（重回帰式）の推定誤差ならびに実写顔画像への適用可能性を、別の評価者実験で検証した結果、推定誤差はいずれの感性用語についても10%程度、実写画像での推定誤差も10%程度であった。

この感性モデルを組み込んだ販売支援システムを開発した。これは、図6・7下上方のスタイル推奨部分に特化したもので、2次元のシステムとなっている。PCに接続されたUSBカメラから取得したユーザの正面顔画像から顔パーツを自動認識して、2次元正面顔モデルを生成する。システムに登録されたメガネフレームの形状データとユーザの顔モデルから、印象得点を推定する。また、同時にユーザ顔画像とメガネフレーム画像を合成して提示する（図6・7）。



図 6・6 Web アンケート (VAS 法)



図 6・7 メガネの印象シミュレーションによる販売支援システム

#### 6-4-2 色彩コンフォートメータ<sup>10)</sup>

産総研は情報機器メーカーと共同で、生活環境に溢れる色の組合せが与える心理的効果を客観的に定量化する「色彩コンフォートメータ」を開発した。

一般の色彩環境を見たときに感じる快・不快の印象に関わる要因を予備的な実験により分析し、(1)色彩の数、(2)平均彩度、の二つの要因が主要因であることを明らかにした。色彩数とは環境のなかに存在する色の数を意味する。ここでは、連続的な色彩を有限の基本色のカテゴリに振り分け、ある量以上に達した基本色のカテゴリをとりあげて、色彩数とした。観測者に色彩環境の画像を短時間（5 秒間）見せ、画像に存在した色をすべて思い出して答えてさせた。一つの画像に対し 30 名の観測者の平均を、その画像の色彩数とした。観測者は同時に、その画像の主観的な快適度を 11 段階（0：非常に不快、10：非常に快適）で評価させた。30 名平均の快適度をその画像の快適度主観評価値とした。これと色彩数と間には負の相関（ $R = -0.568$ ）が見られ、色彩数が増えると快適感が減少することが示された。

色彩環境の彩度は画面全体の平均彩度として定義した。その値と快適度主観評価値の間にも負の相関（ $R = -0.627$ ）が見られた。環境の平均的な鮮やかさが増すと快適度が減少する。彩度は色覚理論では 4 つの反対色成分、すなわち赤成分、黄成分、緑成分、青成分、に分解できる。40 個の色彩環境のシーンに対し、それぞれシーン全体の赤み、黄み、緑み、青み、のそれぞれを主観的に評価させた値と快適度の主観評価値を比較した結果、赤みは快適度と明確な負の相関、青や黄はやや弱い相関、緑はわずかではあるが正の相関を示した。

以上の心理実験結果から、快適度を算出する実験式として下記の式を考案した。

$$C = w_r R + w_y Y + w_g G + w_b B + w_n N + \text{const}$$

$C$  は快適度（0～10 段階）、 $R, Y, G, B$  はそれぞれ赤、黄、緑、青の反対色成分、 $N$  は色彩カテゴリに基づいて定義された色彩数である。テスト画像 36 枚に対する 30 名の主観評価実験を行い、その実験データを最も良く記述する重相関係数として実験式の重み  $w_r, w_y, w_g, w_b, w_n$  を求めた。このモデルの適合度は  $R = 0.699$  であり、予測値と実測値の一致度は良い。

この感性モデルを用いて、一般の色彩環境を評価できる快適度計測器、すなわち、色彩コンフォートメータを開発した。構成は図 6・8 に示すようにデジタルカメラを用いて評価すべき色彩環境を撮像し、その画像をカメラに接続した小型のコンピュータで分析する。色彩分布を計測すると、次にその量を用いて快適度を計算する。町並の色彩設計、駅・病院などの屋内外の色彩設計、店舗の内装設計、一般個人住宅の色彩設計、などに利用できる。

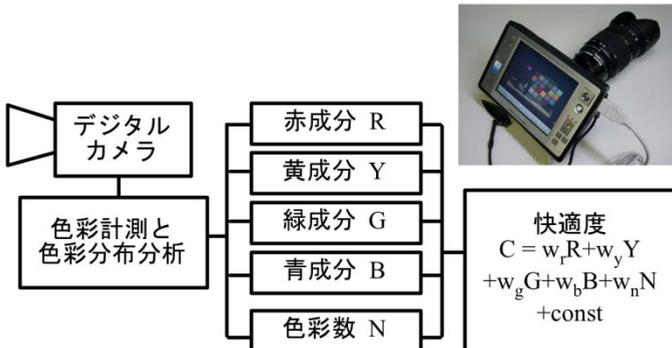


図 6・8 色彩コンフォートメータ

## ■参考文献

- 1) 佐藤 信, “官能検査入門,” 日科技連出版社, 東京, 1978.
- 2) A. Mundermann, B. M. Nigg, R. N. Humble, and D. J. Stefanyshyn, “Orthotic comfort is related to kinematics, kinetics, and EMG in recreational runners,” *Medicine & Science in Sports & Exercise*, vol.35, no.10, pp.1710-1719, 2003.
- 3) 桑野晃希, 武田裕司, 熊田孝恒, “風景画像の印象評定におけるガンマ帯域脳波,” 日本感性工学会第 3 回春季大会, つくば, 2007.
- 4) 北島宗雄, 熊田孝恒, 小木 元, 赤松幹之, 田平博嗣, “高齢者を対象とした駅の案内表示のユーザビリティ調査 認知機能低下と駅内移動行動の関係の分析,” *人間工学*, vol.44, no.3, pp.131-143, 2008.
- 5) 讚井純一郎, “ユーザーニーズの可視化手法: 評価グリッド法(egm),” 日本人間工学会大会, pp.60-61, 1999.
- 6) 本村陽一, 岩崎弘利, 水野伸洋, 原 孝介, “ペイジアンネットによるカーナビ利用者の嗜好性のモデル化と確率推論,” 日本行動計量学会大会発表論文抄録集, vol.32, pp.380-383, 2004.
- 7) 前野隆司, “ヒトの触感認識機構の解析とその特徴を利用した触感センサ・触感ディスプレイ,” *計測と制御*, vol.47, no.7, pp.561-565, 2008.
- 8) 田中由浩, 田中真美, 長南征二, “手触り感計測用センサシステムを用いた触感感性計測,” 日本機械学会論文集(C編), vol.73, no.727, pp.169-176, 2007.
- 9) 持丸正明, 河内まき子, “個別適合メガネフレームの設計・販売支援技術,” *Synesthesiology*, vol.1, no.1, pp.38-46, 2008.
- 10) 佐川 賢, 瀧澤惣一, 斎藤建雄, “色彩環境の快適性の定量化と色彩コンフォートメータの開発,” カラーフォーラム JAPAN 2007, 2007.