

原著論文

# 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

## — 価値構造の個人差に基づく類型化 —

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\*\*

\* 関西学院大学, \*\* 住友化学株式会社

## Construction of Kansei Evaluation Model for Protective Films for Smartphones

### – Categorization Based on Individual Differences in the Value Structure –

Daisuke HAMADA\*, Masashi SUGIMOTO\*, Yoich YAMAZAKI\*, Noriko NAGATA\*,  
Hideki TAKAHARA\*\*, Ryu TAKEKO\*\* and Saki KATO\*\*

\* *Kwansei Gakuin University, 1 Gakuen Uegahara, Sanda, Hyogo 669-1330, Japan*

\*\* *Sumitomo Chemical Company, Limited., 3-1-98, Kasugadenaka, Konohana-ku, Osaka-shi, Osaka 554-8558, Japan*

**Abstract :** We investigated Kansei hierarchical structures of protective films for smartphones to clarify user's evaluation criteria. The hierarchical structure was hypothesized to be divided into three layers: physical element, impression, and value. For physical elements, optical characteristics were measured. For impression, evaluation words for protective films were collected by the evaluation grid experiment, and selected words were used in the affective evaluation experiment. Then, factor analyses were performed to extract factors. For value, three words were adopted: "Good", "Like", and "Premium". Hierarchical structures were modeled using the structural equation modeling to clearly relationships among three layers. The results showed that Tt and Haze influenced the factor of natural, and the factor influenced values. Finally, we also investigated individual difference in hierarchical structures, the results showed that participant types were divided into "Clear" and "Clear and Matt", and the type of "Clear and Matt" had additional evaluation criteria compared type of "Clear".

**Keywords :** *Kansei modeling, Hierarchical structure, Protective film*

## 1. はじめに

ユーザーニーズの多様化に伴い、プロダクトやサービスのカスタマイズ化(適合化)やパーソナリゼーション(個別化)がますます求められている。そこで個人の嗜好や感情を把握し、それに合わせたデザインを提供する方法論として、感性工学の手法が注目されている。スマートフォンやタブレットなどのタッチパネル市場においても、ディスプレイを保護する多種多様なフィルムが提供されている。例えば、表面光沢を伴って外光を反射しやすいクリア系フィルムと、艶消しによって外光の反射を抑制したマット系フィルムが個人の好みで選択可能である。さらにそれぞれの種類の中でも物理パラメータの違いにより、表示画面や外光の見え方が異なるフィルムが多数存在する。こうしたスマホ用フィルムの視覚的な多様性がある状況において、ユーザーのスマホ用フィルムに対する評価基準は不明確であるという問題がある。評価基準が明確になれば感性価値の高い外観設計や素材開発に貢献することができる。この問題を解決するためには、保護フィルムのどのような物理特性がどのような印象や感性的な価値を与えるのかを明らかにする必要がある。

本研究では、感性工学的アプローチによりスマホ用保護フィルムの価値構造をモデル化することで、スマホ用フィルムに対する評価基準を明らかにすることを目的とする。本研究で

はモデルを構築するために3つの研究を実施した。研究1では、スマホ用フィルムの主観評価に適切な評価語を抽出するため、インタビュー実験の一つである評価グリッド法による評価語の抽出を実施した。研究2では、実験1で抽出した評価語を用いて、スマホ用フィルムの主観評価並びに価値構造のモデルを構築した。最後に、参加者のタイプ分類を行い、個人差を考慮した価値構造のモデル化を行った。

## 2. 関連研究

感性的な価値構造を明らかにするため、先行研究では対象物の物理的特性と人の心理学的特性の関係性に基づく階層性を仮定している [1-9]。階層は基本的に3つの層に分けられており、それぞれの層の名前は研究間によって異なることがある。一方で、研究間で概ね共通している点は対象物の印象は物理的特性から生じていること、好きや嫌いなどの態度や感情は印象やイメージの喚起を経て生じるということである。本研究では、これらの共通点を踏まえた先行研究 [5] に基づいて、層を物理層、印象層、価値層に分けた。物理層では、対象物の物理的なパラメータを示す。印象層では対象についての知識や経験と対象から新たに得た情報に基づいて、その対象が「自分にとってどうか」を評価した結果を表す [7]。ここでの「自分にとってどうか」とは、対象の性質に関する個人の

心理的な反応を示している [10]。価値層とは「人が心的過程の中で行うさまざまな情報処理のうちで、人、物、出来事、環境についてする評価的な反応」を表す [8]。

このような価値構造を用いるアプローチには主に二つの利点がある。一つは、特定の印象や感情がどのように生じるのかの予測に役立つ。例えば、プロダクトのコンセプトを決定するデザイナーは印象層のどの要因が価値層の「良さ」に影響しているのかを把握することができる。またエンジニアは物理層のどの特性が印象層のどの要因に影響するのかを把握することが可能になる。つまり、どのようなスマホ用フィルムが望まれているのかを把握することが可能になり、高付加価値の機能開発につながる事が期待される。二つ目は、価値構造によるアプローチは全体的、平均的な傾向だけでなく個人差を表現するためにも役立つ。価値構造の上位になる程個人差は大きくなると考えられている [9]。つまり、特に価値層の要因によってタイプ分類を行うことで効率よく個人差を検討することができる。個人差の検討により、個人々人に対してより最適な商品開発の実現につながる事が期待される。

### 3. 研究1：評価グリッド法による評価語の選定

#### 3.1 目的

スマホ用フィルムについての評価語を収集するため、評価グリッド法 [11-15] を実施した。本来の評価グリッド法は、因果関係をはじめとする階層的な評価構造を引き出すためのインタビュー手法であるが、本論文では評価項目を網羅的に収集する目的で本方法を使用した。また、評価語間の繋がりを確認するために評価構造図を作成した。

#### 3.2 方法

- (1) 実施日 2020年2月19日水曜日から2020年2月25日火曜日に実施した。
- (2) 参加者 11名(女性5名, 男性6名; 平均年齢23.5, 22~26歳, ±1.4歳)が参加した。
- (3) スマホ用フィルム 様々な用途で使用される光学フィルム14種類を準備した。フィルムのタイプは大きく分けて4種類であった(Anti-Glare (AG), 8枚; Anti-Reflection (AR), 1枚; Anti-Glare Low Reflection (AGLR), 2枚; Clear Hard Coat Low Reflection (CHC-LR), 3枚)。それぞれのフィルムをスマートフォン (Apple, iPhone 11 Pro) のディスプレイに粘着



図1 保護フィルムを貼り付けたスマートフォンの表示面 (No.1はフィルム無し)

フィルムで貼り付け、フィルムなしも含めて合計15種類のスマートフォンを評価対象とした(図1)。それぞれのスマホ用フィルムの物理特性(反射特性:  $Y, a^*, b^*$ ; AG特性:  $Tt, Haze$  (total); 厚み: 基材厚み, 総厚み)を貼り付けたスマートフォンNo.と合わせて表1に示す。反射特性について、 $Y$ は $Y_{xy}$ 表色系における視感反射率(明度)、 $a^*$ および $b^*$ は $L^*a^*b^*$ 表色系における赤-緑の軸および黄-青の軸を示しており [16, 17]、これらの測定には分光測色計 (Konica Minolta CM2600d) を用いた ( $2^\circ$ 視野, Specular Component Include: SCI (正反射光込み) [18])。また、 $a^*b^*$ 値が示す点と原点との距離 $r$ (彩度)をユークリッド距離により算出した。AG特性について、 $Tt$ はフィルムの全光線透過率 (Total Transmittance)、 $Haze$ は濁度(曇度, 光の拡散度合い)を表し [19]、これらの測定にはヘイズメーター (Suga test instruments HZ-V3) を用いた (JIS7105 C光源) [20]。厚みに関して、フィルムは基材(ベースフィルム)と反射防止層等から構成されており [21]、反射防止層にはAG, AR, AGLR, CHC-LRなどが塗布される。つまり、層厚みとは基材と反射防止層等を全て含めた厚みを示す。基材厚みと総厚みは接触式膜厚測定装置 (Nikon DIGIMICRO

表1 実験に使用した保護フィルムの物理特性パラメータ

iPhone No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Film type	No film	AG	AGLR	AGLR	CHC-LR	CHC-LR	CHC-LR	AR								
反射特性	$Y$	4.7	4.8	4.6	4.8	4.8	4.8	4.7	4.5	4.9	2.1	1.5	0.8	1.3	1.3	0.5
	$a^*$	-0.1	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	2.4	2.3	2.6	2.4	0.8
	$b^*$	-0.6	-1.0	-0.8	-0.8	-0.8	-0.7	-0.7	-0.5	-0.9	-0.9	0.45	-6.3	-5.3	-2.4	-2.6
AG特性	$Tt$	93.1	92.5	94.9	98.5	93.6	93.7	92.7	95.2	92.5	94.9	95.4	94.8	95.0	95.5	96.3
	Haze (total)	0.1	19.7	31.3	45.6	12.9	13.9	2.3	28.2	1.4	3.5	0.5	0.7	0.4	0.6	0.7
基材厚み ( $\mu\text{m}$ )		40	40	40	80	60	40	40	60	80	60	40	80	40	60	
総厚み ( $\mu\text{m}$ )		43	43	45	86	65	44	46	63	83	65.6	48	86	50	71	

## 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

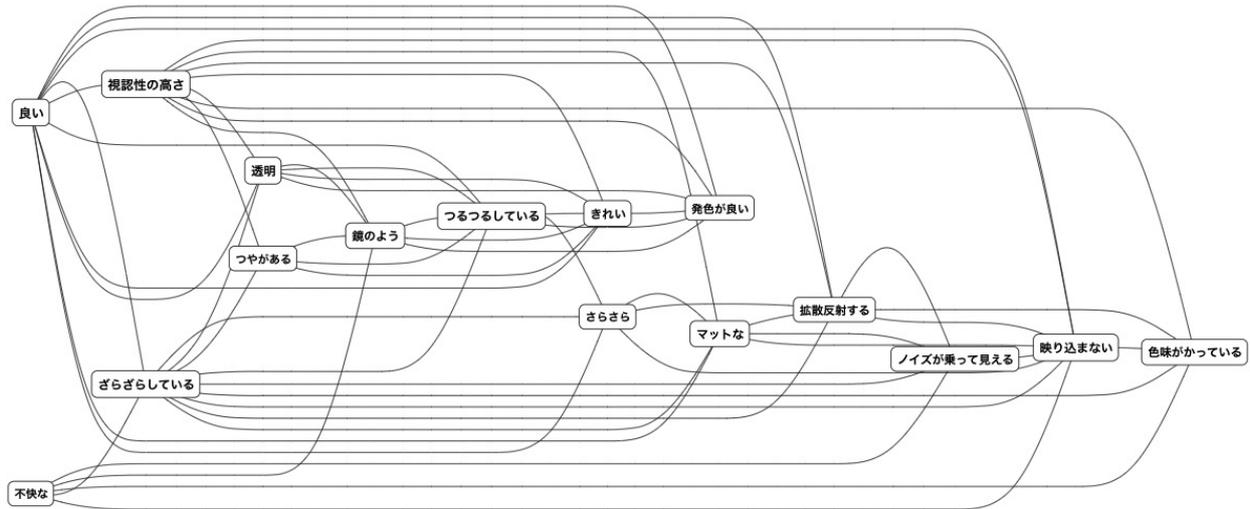


図2 スマホ用フィルムに対する全体の評価構造図

MH-15M / DIGIMICRO STAND MS-5C) [22] で測定された。画面オン時には16段階に色が変化するカラグラデーション (1920 × 1200) の画像を使用した [23]。

(4) 手続き 評価グリッド実験は関西学院大学理工学部の心理実験室で実施された。実験環境について、窓からの外光を遮断し、課題時にはD65光源を使用した (照度279 lx)。スマホ用フィルムに対する視距離は約40cmであった。実験参加者は実験室内に設置された椅子に着席した。実験者が参加者に対して研究目的を説明し、自由意思において書面による研究の同意を得た。評価グリッド法の手順 [11-15] を参考に3つのステップにより実施した。第一段階では、参加者は主観的な類似度に基づいて、スマートフォンの画面には触れずに見て2種類のグループに分類した。この分類はスマホフィルムの違いがわからなくなるまで繰り返された。第二段階では、スマホ用フィルムに対する比較判断の理由と評価語をインタビューによって引き出した。第三段階では、その比較判断の理由に関する詳細な聞き出し (ラダーリング) を行なった。ラダーリングにはラダーアップ質問とラダーダウン質問の2種類がある。ラダーアップ質問では、上位項目だとどうして良いと思うのか、どのような良いことがあるのかという質問に回答した。ラダーダウン質問では、下位項目では具体的にどういうことか、どのような点からそう感じるのかという質問に回答した。スマートフォンの画面がオンの時とオフの時ではスマホ用フィルムの印象が変わる可能性を考慮して、画面オン条件と画面オフ条件で別々に評価グリッド法を行った。画面オン条件と画面オフ条件の順番についてはカウンターバランスをとった。なお、実験終了後にスマホ用フィルムの好みについてクリア派かマット派かを質問した。

評価構造図の作成には評価構造可視化システム (Evaluation Structure Visualization: ESV) を用いた [15]。ラダーリングにより引き出された情報を元に左側に上位項目を、右側に下位項目は配置して関わりのある項目同士を線で結んで評価構造図を作成した。上位項目は心理的価値を示し、下位項目は状態や要素を示す。同一の事柄や内容への言及表現が対象者に

よって異なると判断された場合はそれらの表現を統一した。

(5) 倫理的配慮 実験を実施した関西学院大学では、倫理委員会の検討が必要な問題を含む研究のみ倫理委員会に諮るよう定められている。事前に関西学院大学「人を対象とする行動学系研究」倫理規定の基準を確認した上で実験を実施した。

### 3.3 結果と考察

(1) 評価構造図の作成 図2に全ての参加者11名の回答を集約した評価構造図を示す。評価構造図の抽出に際してKatz centrality [12] を用いた。Katz Centralityの値が下がると評価語は多くなるがネットワークが複雑で解釈が難しくなり、上がると評価語は少なくなるがネットワークは単純になって解釈が容易になる。これらを考慮し、評価語のバリエーションと評価構造図の解釈が両立可能な値 (Katz centrality = 0.15) を実験的に選択した。なお、ノードが重ならないようにレイアウトされた結果、ノード間の距離が変わっているため、左右方向の距離に意味はない。全参加者の評価構造図では、「良い」と「不快な」が最上位の価値でありこれらの下位項目は、「発色が良い」、「拡散反射する」、「映りこまない」、「ざらざらしている」、「視認性の高さ」、「つるつるしている」、「きれい」、「透明」、「マットな」、「さらさら」、「ノイズが乗って見える」、「鏡のよう」、「色味がかっている」で構成された。また、画面オン条件 (図3(a)) とオフ条件 (図3(b)) のそれぞれで構造図が作成された。画面オン条件では、「良い」が最上位の価値であり、これを構成する下位項目は、「マットな」、「ざらざらしている」、「余計な情報が無い」、「視認性の高さ」、「きれい」、「透明」、「発色が良い」であった。画面オフ条件では、「良い」「不快な」が最上位の価値であり、これらを構成する下位項目は、「目に良い」、「映りこまない」、「拡散反射する」、「つるつるしている」、「視認性の高さ」であった。以上から、画面オン時とオフ時では、価値層にあたる「良い」が最上位の価値であり、その下に印象層にあたる語が収集されたことから、本研究で採用された3層構造と一致していることが確認された。一方で、この上位概念を構成する要素は画面オン条件とオフ条件で異なっていることが

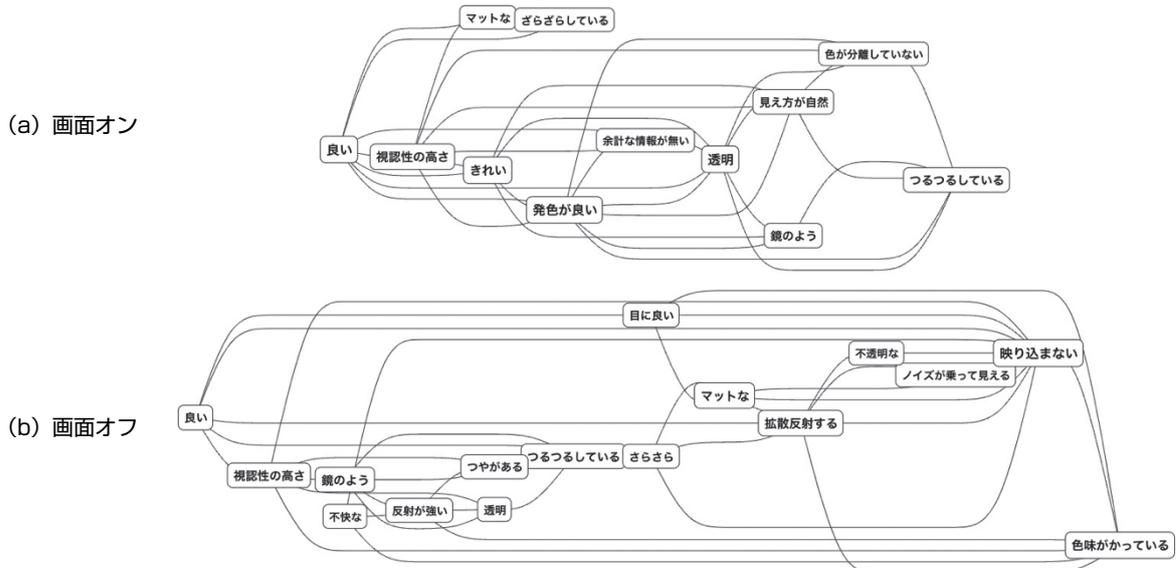


図3 スマホ用フィルムに対する各条件の評価構造図

明らかとなった。このことは、画面オン時とオフ時で印象層における評価基準が異なることを示唆する。

収集した評価語から実験2で使用する項目の選定を行なった。初めに、全体の評価構造図(図2)は比較的出現頻度の高いスマホ用フィルムに対する語を示しているため、図2にある16語を優先的に選択した。次に画面オン時の構造図(図3(a))から「見え方が自然」を、画面オフ時の構造図(図3(b))から「目に良い」と「反射が強い」を選択した。「視認性が低い」はすでに選択された「視認性が高い」の逆転項目として選択した。「違和感がある」と「違和感がない」はどちらも共通した概念ついでの評価なので2回出現したと数えて、また汎用性の高いポジティブな評価語と判断して「違和感がない」を選択した。これらの語に加えて、価値層の評価語として「好き」と「高級感がある」を採用して、合計23語を採用した。「好き」は価値層に含まれる代表的な語であること[1]から採用した。「高級感がある」について、「高級感」はブランドや製品をデザインする際に重要視される感性価値の一つノイズが見えるとされ[24]、高級感の商品価値を高める効果を有している[25]ことから採用した。

#### 4. 研究2：スマホ用フィルムの評価構造の階層的検討

##### 4.1 目的

研究1では、画面オン時とオフ時で印象層における価値基準が異なる可能性が示唆された。研究2では、画面オン時とオフ時のそれぞれでスマホ用フィルムに対する評価基準を明らかにするために、物理特性、印象、価値の階層的なモデルに基づいて、価値構造モデルを構築した。初めに、研究1で採用された語を用いて、スマホ用フィルムについての評価実験を行なった。次に、印象層内の評価語の数が多いため、価値構造の解釈がしやすくなるように因子分析を用いて印象層の因子を抽出した。最後に、共分散構造分析を用いて価値構造モデルの構築を行なった。

##### 4.2 方法

- (1) 実施日 2020年10月16日金曜日から2020年10月29日木曜日に実施した。
- (2) 参加者 48名(女性18名, 男性30名, 平均年齢29.7, 20~58歳, ±10.7)が参加した。
- (3) 手続き 研究1と同様の実験環境で行った。参加者は実験1で選択した23語の評価語(表2)を用いて5件法(1:まったく当てはまらない~5:とても当てはまる)でそれぞれのスマホ用フィルムに対して手を触れずに目で見て評価を行った。質問紙はGoogle formsにより作成した。使用されたスマホ用フィルムとスマートフォンは実験1と同様であった。回答の入力にはノートPCに表示されたGoogle forms

表2 選択された評価語と出現頻度

	評価語	出現回数
価値層	良い	3
	不快な	2
	好きな	
	高級感がある	
印象層	視認性が高い	4
	マットな	4
	拡散反射する	3
	色味がかっている	3
	透明	3
	つるつるしている	3
	さらさらしている	3
	ざらざらしている	2
	ノイズが見える	2
	映り込まない	2
	鏡のようである	2
	目に良い	2
	つやがある	1
	きれい	1
	発色が良い	1
反射が強い	1	
見え方が自然	1	
違和感がない	1	
視認性が低い	1	

## 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

を用いて回答した。スマホ用フィルムと評価語の順番はランダムに提示された。参加者は実験室に入室後に椅子に座り、参加者の前の机の左奥に15台のスマートフォンが置かれ、回答入力用のノートPCは机の右側に置かれた。実験者は、参加者に対して回答する際にはあまり考え込まずに率直に回答するように教示した。また、Google forms上の項目番号とスマートフォンの番号は対応づけられていることを参加者に説明し、Google formに表示される回答番号の上から順に飛ばさずに評価を行うように教示した。参加者は、ノートPCに表示された項目番号を参照して、対応するスマートフォンを15台のうちから手元に配置し評価を行なった。一台についての評価が終わるとスマートフォンを元の位置に戻し、次の項目番号を参照して対象のスマートフォンを手元に配置し、これを15台分終わるまで繰り返した。参加者はそれぞれ画面オン条件とオフ条件の両方を行なった。半数の参加者には画面オン条件から実験を開始し、もう半数の参加者には画面オフ条件から開始してカウンターバランスをとった。実験2はコロナ禍での実施であったため、実験の前後は少なくとも15分以上の換気を行い、実験者と参加者の手および手の触れる箇所(スマホ、テーブル、ノートPC、ドアなど)の消毒を行なった。また実験開始後は、実験者は参加者の終了の合図があるまで実験室の外で待機した。

## 4.3 結果と考察

(1) **スマホ用フィルムの評価要因** 価値構造における印象層を規定する因子を抽出するため、15個の刺激について印象評価実験で得られた48名分の評定データに対して因子分析を行なった。因子分析は画面オン条件とオフ条件のそれぞれで行った。画面オン条件では、表2で示した印象層の評価語19語の内18語を、画面オフ条件では14語についての評定値を用いて分析した。その理由は、実験後の参加者の主観報告で、評価がわかりづらい語として「拡散反射する」(オン時オフ時とも全参加者の29%)、「発色が良い」(オフ時4%)、「視認性が高い」(オフ時10%)、「視認性が低い」(オフ時10%)が挙げられたので、これら4語を分析から除外したためである。因子抽出法としては最尤法、回転にはプロマックス回転を採用した。因子数は平行分析により決定した。なお、因子分析にはHAD (ver. 16.302) [26]を用い実施した。

因子分析の結果、画面オン条件では平行分析の結果により2因子が抽出された。表3に各評価語の因子負荷行列を示す。第一因子では「鏡のようである」、「反射が強い」、「つやがある」などの評価語の因子負荷量が高い正の値を示し、逆に「映り込まない」、「マットな」などの評価語で高い負の値を示したことから、第一因子は「反射」と命名した。第二因子では「違和感がない」、「見え方が自然」、「目に良い」、「きれいな」、「視認性が高い」などの評価語で因子負荷量が高い正の値を示したことから、第二因子は「明瞭」と命名した。画面オフ条件では平行分析の結果により2因子が抽出された。なお、「色味がかかっている」は因子負荷量が低かったため(第一因子: .089; 第二因子: -.283)、この項目を除外した計14項目で再度因子

表3 スマホ用フィルムの印象評価の因子構造

評定項目	画面オン		画面オフ		
	反射	明瞭	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	きれいな	-.338	.635
目に良い	-.280	.612	目に良い	.408	.482
きれいな	.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			

分析を行った。第一因子では「マットな」、「映り込まない」などの評価語の因子負荷量が高い正の値を示し、逆に「鏡のようである」、「反射が強い」などの評価語の因子負荷量が高い負の値を示したことから、第一因子は「無反射」と命名した。第二因子では「違和感がない」、「見え方が自然」、「きれいな」、「目に良い」などの評価語で因子負荷量が高い正の値を示したことから、第二因子は「明瞭」と命名した。第一因子の共通点として、画面オフ条件で「無反射」を構成する評定項目は、画面オン条件の「反射」にも含まれていた。一方、両条件間の違いとして因子負荷量の正負が逆転していた。このことは、本研究で選択した評価語が反射と無反射を1次元で表現できていることを示唆する。また、第二因子については、画面オン条件とオフ条件でどちらも明瞭因子が抽出された。共通点として、画面オフ条件で「明瞭」を構成する評定項目は、画面オン条件にも含まれていた。以上のことから、スマホフィルムの評価要因は画面オン時にもオフ時にも共通して、第一因子の「反射/無反射」と第二因子の「明瞭」の2つの要因から構成されていることが明らかになった。

(2) **価値構造モデルの構築** 物理層の指標は5つであった(Y, a\*, b\*, r, Tt, Haze)。印象層の指標について、因子分析によって算出された参加者ごとの因子得点(画面オン時は「反射」と「明瞭」、画面オフ時は「無反射」と「明瞭」)をスマホ用フィルムごとに平均した。価値層の指標は3つのポジティブ語である「好き」、「良い」、「高級感がある」を用い、参加者ごとの評定値をスマホ用フィルムごとに平均した。これら全ての変数は標準化したのち対数変換の処理を施した。

価値構造は、上位層を価値、中間層を印象、下位層を物理量からなる階層構造で表現されるものとし、上位の層はより下位の層からの影響をうけるものと仮定した。この仮定の上で、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た。なおモデルの要素に対してデータ数が少数であることを考慮しAIC (Akaike's Information Criteria) 基準に基づく

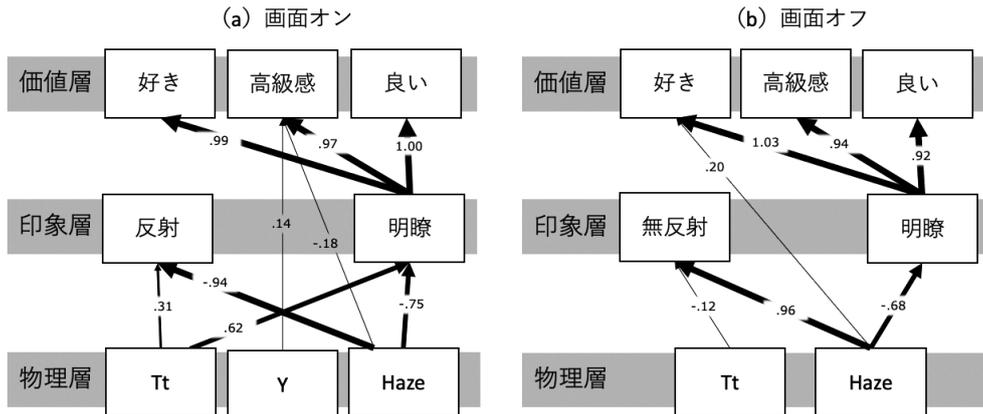


図4 スマホ用フィルムの各条件での平均モデル

ステップワイズ法による変数選択法によるモデル構築を実施した。この手続により、観測値とモデルの予測値の二乗誤差が最小となる最適なモデルを構築できる。さらに、共分散構造分析の観点からもモデル構造の妥当性を補足的に検討した。より具体的に、重回帰分析により得られたモデル構造に対して共分散構造分析のパス解析の適合度の評価に用いられる、GFI (Goodness of Fit Index) や AGFI (Adjusted Goodness of Fit Index) などの指標による評価、カイ二乗検定による評価を行った。重回帰分析には JMP14Pro を、共分散構造分析には R 環境で動作する lavaan パッケージを利用した。

モデル構築の結果を図4に示す。共分散構造分析の結果、画面オン条件 (図4(a)) の適合度は GFI=1.000, AGFI=0.999, カイ二乗値は 7.25 となり非有意 ( $p=.61$ ) であった。画面オフ条件 (図4(b)) の適合度は GFI=0.999, AGFI=0.994, カイ二乗値は 11.29 となり非有意 ( $p=.08$ ) であった。モデル構造に着目すると、画面オン・オフ条件ともに、「好き」、「高級感」、「良い」には明瞭因子が大きく影響した。明瞭因子には、画面オン条件では Tt と Haze が影響し、画面オフ条件では Haze が影響した。画面オン時には画面からの光があるので、全光線透過率 Tt がオン時でのみ影響したと考えられる。以上から、スマホ用フィルムの評価における価値構造を明らかにした。

### 5. 研究3：個人差を考慮した価値構造モデルの構築

参加者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ことを目的として4つの分析を行なった。まず最初に、スマホ用フィルム毎の主観的なタイプの違いを明確にするために、独立変数をフィルム、従属変数を画面オン条件では「反射」の因子得点、画面オフ条件では「無反射」の因子得点で1要因の分散分析を行なった。次に、商品価値に関わる「高級感がある」[24, 25] の評定値を用いて k-means 法でクラスタリングを行い、参加者を複数のクラスタに分類した。次に、クラスタごとにデータを分けて因子分析を行い、それぞれのクラスタでの印象層の因子を抽出した。最後に、クラスタごとに共分散構造分析を行い、階層構造を検討した。因子分析と共分散構造分析の手順は研究2と同様であった。これら4つの分析は全て画面オン条件と画面オフ条件で別々に行われた。

(1) 評価傾向に基づく参加者タイプの分類 1 要因の分散分析の結果、画面オン条件とオフ条件ともにフィルムの主効果が有意だった ( $p<.001$ )。Holm 法による多重比較の結果、画面オン条件では (図5)、No. 11~15 のフィルムはそれぞれ No. 2~10 のフィルムよりも「反射」の因子得点が高かった ( $p<.01$ )。また、画面オフ条件では (図6)、No. 2~10 のフィルムはそれぞれ No. 11~15 のフィルムよりも「無反射」の因子

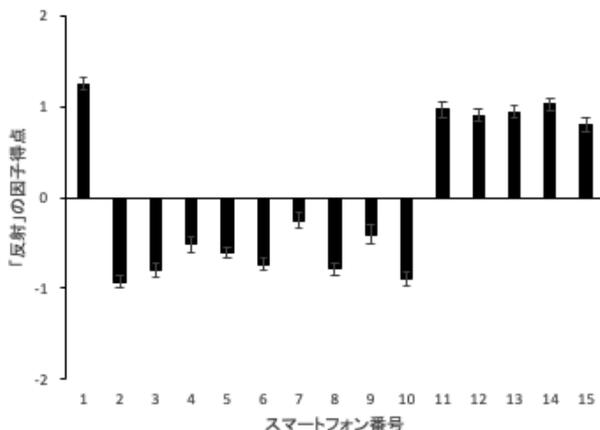


図5 画面オン条件のフィルム毎の「反射」の因子得点

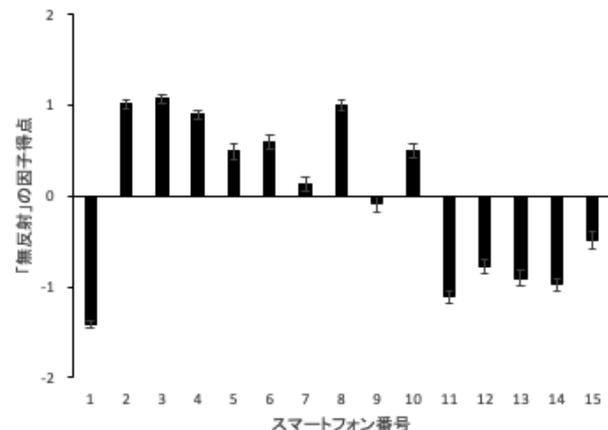


図6 画面オフ条件のフィルム毎の「無反射」の因子得点

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

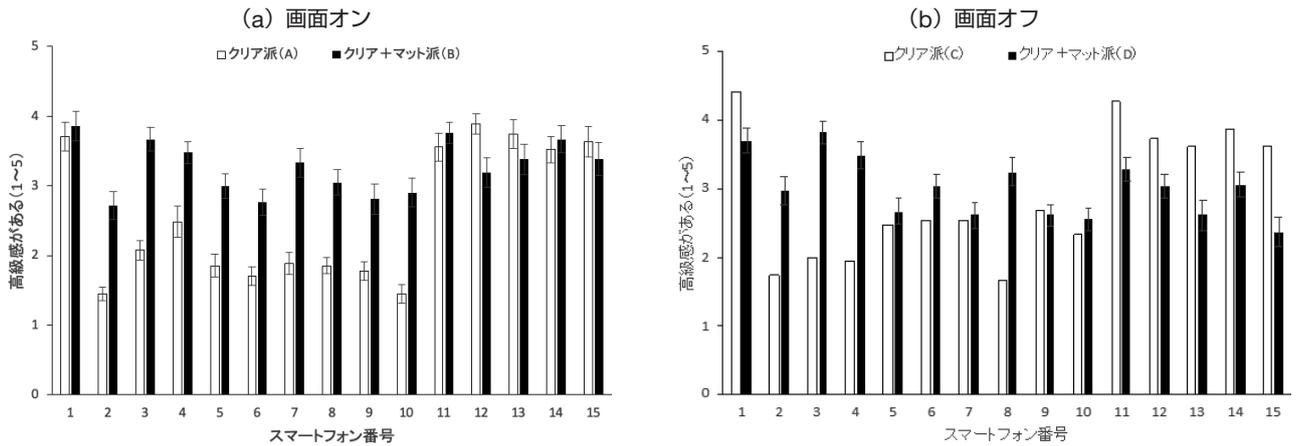


図7 各条件のタイプ別の高級感の評定

表4 画面状態×タイプのクロス集計の結果

	画面オン時		合計
	クリア派 (A)	クリア+マット派 (B)	
画面オン時	11	4	15
画面オフ時	16	17	33
合計	27	21	48

得点が高かった ( $p < .01$ ). 以上から, No. 2~10 をマット系フィルム, No. 11~15 をクリア系フィルムと判断した. 次に, クラスタ分析の結果, 画面オン・オフ条件ともに2群に判別された. 表4に各条件でのクロス集計表を示す. 図7に画面オン条件と画面オフ条件での高級感についての評定結果をそれぞれ示す. 画面オン条件では, クラスタ1の群はクラスタ2に比べてクリア系のフィルムに対して評定値が高く, マット系フィルムに対しては評定値が低い傾向が見て取れた. 一方, クラスタ2の群はクラスタ1に比べてマット系に対しても評価が高い傾向が見てとれた. したがって, クラスタ1はオン時クリア派 (A), クラスタ2はオン時クリア+マット派 (B) と

表5 画面オン条件のタイプ別の印象評価の因子構造

オン時クリア派 (A)			オン時クリア+マット派 (B)				
評価項目	明瞭	反射	評価項目	明瞭	無反射	ざらざら	目に良い
見え方が自然	.990	-.158	きれい	.815	-.065	-.035	.078
違和感がない	.985	-.269	見え方が自然	.799	.056	-.052	-.047
きれい	.865	.080	視認性が高い	.794	.071	-.044	-.043
目に良い	.812	-.438	視認性が低い	-.782	-.029	-.071	.123
視認性が低い	-.796	.036	違和感がない	.781	.103	.014	.161
視認性が高い	.762	.073	発色が良い	.694	-.071	-.055	-.149
ノイズが見える	-.734	-.072	ノイズが見える	-.595	.331	-.157	-.031
発色が良い	.613	.246	反射が強い	.021	-.934	.127	-.031
ざらざらしている	-.554	-.261	鏡のようである	.093	-.908	.020	.047
透明	.512	.413	映り込まない	.034	.794	.047	-.069
ざらざらしている	.267	-.031	マットな	.010	.714	.120	-.082
反射が強い	-.243	.888	さらさらしている	.106	.627	-.130	.108
映り込まない	.081	-.715	つやがある	.065	-.442	-.418	.073
鏡のようである	.263	.621	透明	.228	-.429	-.227	-.124
つやがある	.346	.566	つるつるしている	-.063	-.047	-.953	-.007
つるつるしている	.376	.503	ざらざらしている	-.225	-.035	.650	.012
マットな	-.318	-.409	目に良い	.279	.261	.064	.556
色味がかかっている	-.252	.377	色味がかかっている	-.260	-.154	-.035	.543
因子間相関	.747		因子間相関	自然	マット	ざらざら	目に良い
				1.000	-.496	-.649	-.215
				マット	1.000	.708	.408
				ざらざら	-.649	1.000	.298

命名した. 画面オフ時も同様の傾向が見られ, クラスタ1をオフ時クリア派 (C), クラスタ2をオフ時クリア+マット派 (D) と命名した.

(2) 参加者タイプ毎のスマホ用フィルムの評価要因 次にクラスタごとに因子分析を行なった. 画面オン条件での各評価語の因子負荷行列を表5に示す. オン時クリア派 (A) では「明瞭」, 「反射」の2因子が抽出された. オン時クリア+マット派 (B) では, 「明瞭」, 「無反射」, 「ざらざら」, 「目に良い」の4因子が抽出された. 「明瞭」について, (B) で含まれていた項目は (A) にも共通していた. 一方で, (A) 特有の項目として, 「目に良い」, 「発色が良い」, 「ざらざらしている」, 「透明」, 「さらさらしている」が含まれていた. 第二因子について, (A) の「反射」と (B) の「無反射」について, 「反射が強い」, 「鏡のようである」, 「映り込まない」, 「マットな」が共通項であるが, 正負は逆転していた. また, 「つるつるしている」, 「ざらざらしている」, 「目に良い」, 「色味がかかっている」の項目は (A) では, 第一因子「明瞭」と第二因子「反射」のいずれかに含まれているが, (B) では, 第三因子「ざらざら」と第四因子「目に良い」に分かれていた. これらのことから, 画面オン時では, (B) は, (A) よりも複数の評価因子を持つことが示された.

画面オフ条件での各評価語の因子負荷行列を表6に示す. オフ時クリア派 (C) では「明瞭」, 「反射」の2因子が抽出さ

表6 画面オフ条件のタイプ別の印象評価の因子構造

オフ時クリア派 (C)			オフ時クリア+マット派 (D)		
項目	明瞭	反射	項目	反射	明瞭
違和感がない	1.111	-.314	鏡のようである	.939	-.104
見え方が自然	1.043	-.180	映り込まない	-.861	.199
きれい	.925	-.036	マットな	-.847	.205
透明	.562	.397	反射が強い	.835	-.065
ノイズが見える	-.310	-.197	透明	.780	.154
鏡のようである	.355	.654	つるつるしている	.773	.085
反射が強い	.316	.618	つやがある	.719	.126
マットな	-.322	-.602	ざらざらしている	-.641	-.139
つるつるしている	.244	.599	違和感がない	-.105	.754
映り込まない	-.379	-.498	きれい	.231	.688
つやがある	.465	.477	見え方が自然	.186	.679
ざらざらしている	-.250	-.457	色味がかかっている	.170	-.434
さらさらしている	.162	-.269	ざらざらしている	-.378	.433
色味がかかっている	.014	.094	ノイズが見える	-.307	-.380
因子間相関	.785		因子間相関	.324	

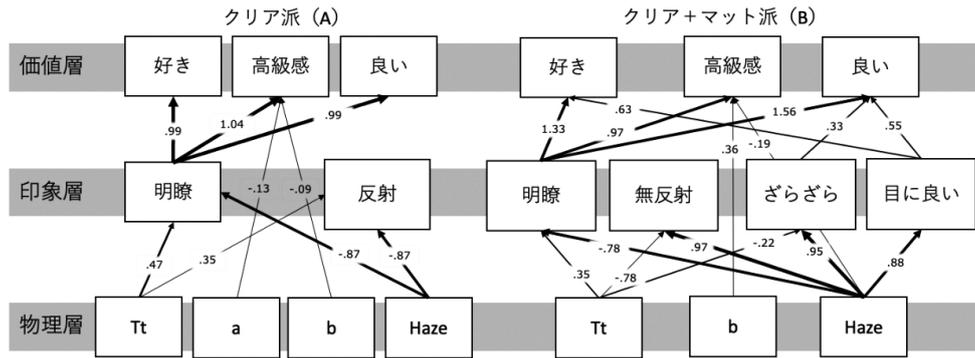


図8 スマホ用フィルムの画面オン条件のタイプ別モデル

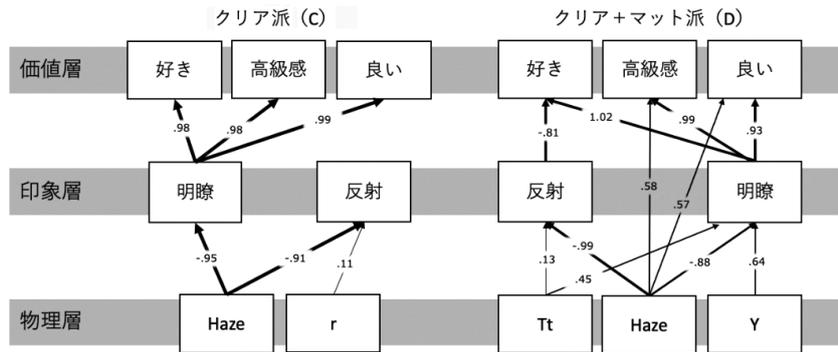


図9 スマホ用フィルムの画面オフ条件のタイプ別モデル

れた。オフ時クリア+マット派 (D) では、「反射」、「明瞭」の2因子が抽出された。両群で同名の因子が抽出されたがそれぞれの因子を構成する項目は異なる点がみられた。具体的に、「透明」、「さらさらしている」、「色味がかかっている」について、(C) では「透明」が明瞭因子に、「さらさらしている」と「色味がかかっている」が反射因子に含まれていた。一方、(D) では、「透明」が「反射」に、「さらさらしている」と「色味がかかっている」が「明瞭」に含まれていた。ただし「さらさらしている」と「色味がかかっている」は (C) (D) いずれにおいても因子負荷量が相対的に低かった。また「透明」が (C) で明瞭因子に属し、(D) で「反射」に属することは、画面オン時においても同じく「透明」が (A) で明瞭因子に属し、(B) で無反射因子に負の寄与をすることと矛盾しない。さらに (D) の「つるつるしている」と「さらさらしている」は (B) におけるざらざら因子と逆の相関を示している。これらのことから、画面オフ時では、両群で比較的類似した評価因子を持つことが示された。加えて (D) の反射因子は、(B) における無反射因子 (マイナス) および、ざらざら因子が合わさった性質を持つことも示唆された。

(3) 参加者タイプ毎の価値構造モデルの構築と比較 次に、研究2と同様の手順で共分散構造分析を用いて画面オン・オフそれぞれのタイプ別の価値構造を検討した。図8に画面オン条件、図9に画面オフ条件でのタイプ別モデルの結果を示す。共分散構造分析の結果、画面オン時クリア派での適合度は  $GFI=0.989$ ,  $AGFI=0.966$ 、とモデルは観測データに良く適合しているといえる。一方、カイ二乗値は  $57.09$  となり有意 ( $p=.00$ ) であり、カイ二乗検定ではモデルがデータに

適合しないと評価される。共分散分析の観点からの検証が、データ数の観点から補足的な位置づけであることを考えると、 $GFI$ と $AGFI$ 指標で適合度が良いと評価されていることから、モデル構造に一定の妥当性が認められたといえる。画面オン時クリア+マット派での適合度は  $GFI=0.997$ ,  $AGFI=0.989$ 、カイ二乗値は  $21.33$  となり非有意 ( $p=.17$ ) であった。画面オン条件では、クリア派とクリア+マット派ともに  $Haze$  が下がると印象層の「明瞭」が高まることで価値層の「好き」、「高級感」、「良い」が上がるということが分かった。一方でクリア派とクリア+マット派の相違点として、クリア+マット派は逆に  $Haze$  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 (影響) が見いだされた。すなわちクリア+マット派は  $Haze$  から「好き」、「良い」への相反する影響があり、このことは、クリア系フィルムとマット系フィルムの両方の評価基準を合わせ持つことを示唆する。

画面オフ条件について、オフ時クリア派での適合度は  $GFI=0.999$ ,  $AGFI=0.998$ 、カイ二乗値は  $6.23$  となり非有意 ( $p=.51$ ) であった。オフ時クリア+マット派での適合度は  $GFI=0.999$ ,  $AGFI=0.995$ 、カイ二乗値は  $15.07$  となり非有意 ( $p=.13$ ) であった。画面オフ条件では、画面オン時と同様にクリア派とクリア+マット派ともに  $Haze$  が下がると明瞭因子を介して価値層の「好き」、「高級感」、「良い」がともに上がるということが分かった。また、クリア派とクリア+マット派の相違点についても、クリア+マット派では逆に  $Haze$  が上がると印象層の反射が下がって「好き」が上がる別の経路や、 $Haze$

## 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

から直接「高級感」、「良い」に繋がる別の経路があることも確かめられた。すなわちオフ時についても、クリア+マット派はHazeから「好き」への相反する影響があり、このことは、クリア系フィルムとマット系フィルムの双方への評価基準を合わせ持つことが示唆される。

さらに以上の考察を踏まえて総合考察を行う。第1に、とくにマット系フィルムの価値に関してユーザーが大きく2つに類型化されることが確かめられた。ただしクリア系かマット系かの二者択一ではなく、クリア系にもマット系にも価値を見いだす新たなユーザー像が示されたことは、こうしたユーザーニーズに応える高付加価値の機能開発への道筋が見いだされたと言える。第2に、2つの類型は画面オン時にもオフ時にも共通して現れた価値構造であり、分析結果の頑健性を示すものと考えられる。さらに表4のように4タイプの人数比に大きな偏りはないため、個別最適な商品推薦への応用の可能性が示されたとともに、ヒトの生理学的な機序との関係解明も期待できる。

## 6. ま と め

本研究は、多くの人が日常的に目にするスマホ用フィルムについてユーザーの評価基準が不明確であるという問題を解決するために、スマホ用フィルムの感性的な価値構造のモデル化を行なった。研究1では、評価グリッド法を実施してスマホ用フィルムに対する評価語を収集した。研究2では、スマホ用フィルム価値構造のモデル化を行い、物理層ではTtとHazeが主に上位層に影響を与える特性であることが分かった。また、印象層を形成する要因として2因子(反射/無反射, 明瞭)にまとめられた。価値層の「好き」、「良い」、「高級感がある」の評価には、TtとHazeが印象層の「明瞭」を介して寄与することが分かった。研究3では、個人差を考慮した価値構造のモデル化を行った。実験参加者は画面オン・オフ条件とクリア派・クリア+マット派の2×2の4タイプに分かれた。そして、クリア+マット派はクリア派と共通の評価基準を持ちつつも、マット系フィルムに対する評価基準を合わせ持つことが示唆された。これらのことから、スマホ用フィルムについて、平均的な価値構造のモデルを構築するとともに、参加者のタイプ毎に異なる価値構造モデルを構築することができた。価値構造モデルの知見を踏まえることで、新たな高付加価値の機能開発および多様なユーザーへの個別最適化を図った商品開発の実現につながることを期待される。

## 謝 辞

本研究の一部は、JST, COI, JPMJCE1314および住友化学株式会社の支援を受けたものである。

## 利益相反

本研究は住友化学株式会社との共同研究であり、材料・資金提供を受けて実施された。

## 参 考 文 献

- [1] Okamoto, S., Nagano, H., Kidoma, K., and Yamada, Y.: Specification of individuality in causal relationships among texture-related attributes, emotions, and preferences, *International Journal of Affective Engineering*, 15(1), pp.11-19, 2016.
- [2] Chen, X., Barnes, C. J., Childs, T. H. C., Henson, B., and Shao, F.: Materials' tactile testing and characterisation for consumer products' affective packaging design, *Materials and Design*, 30(10), pp.4299-4310, 2009.
- [3] Guest, S., Dessirier, J. M., Mehrabyan, A., McGlone, F., Essick, G., Gescheider, G., Fontana, A., Xiong, R., Ackerley, R., and Blot, K.: The development and validation of sensory and emotional scales of touch perception, *Attention, Perception, and Psychophysics*, 73, pp.531-550, 2011.
- [4] 山田篤拓, 橋本翔, 長田典子: レビューデータを用いた評価表現辞書に基づく印象の自動指標化, *日本感性工学会論文誌*, 17(5), pp.567-576, 2018.
- [5] 棟近雅彦, 三輪高志: 感性品質の調査に用いる評価用語選定の指針, *品質*, 30(4), pp.96-108, 2000.
- [6] 小西秀吾, 野中秀俊, 栗原正仁: 感性語の階層構造を利用した配色における個性の抽出と活用, *知能と情報*, 20(1), pp.141-149, 2008.
- [7] 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), pp.453-463, 2018.
- [8] Ortony, A., Clore, G. L., and Collins, A.: *The cognitive structure of emotions*, Cambridge University Press, 1988.
- [9] 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 製品音の設計における感性品質の定量化への適用, *日本機械学会論文集C編*, 74(746), pp.2607-2616, 2008.
- [10] 鈴木邁, 大澤光: 感性工学と情報科学, 森北出版, pp.58-63, 2002.
- [11] 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), pp.13-20, 2003.
- [12] Onoue, Y., Kukimoto, N., Sakamoto, N., and Koyamada, K.: E-Grid: A visual analytics system for evaluation structures, *Journal of Visualization*, 19(4), pp.753-768, 2016.
- [13] 伊師華江, 松宮一道: 情報表示のためのテレビ画面デザインに関する視聴者ニーズの定性的把握 - 評価グリッド法を用いたインタビュー調査, *日本感性工学会論文誌*, 18(3), pp.229-233, 2019.
- [14] Sugimoto, M., Zhang, F., Nagata, N., Kurihara, K., Yuge, S., Takata, M., Ota, K., and Furukawa, S.: Individual differences in office comfort: What affects comfort varies by person, *International Conference on Human-Computer Interaction*,

HCI2020: Digital Human Modeling and Applications in Health, Safety, Ergonomics and Risk Management, Posture, Motion and Health, pp.264-275, 2020.

- [15] 竹澤智美, 片平建史, 神吉佑菜, 杉本匡史, 渋谷一夫, 長田典子, 千葉正貴, 濱岡和輝, 深津恵, 片岡郷: COVID-19 流行下の外出制限期間のストレス構造と芳香浴による緩和効果, ヒューマンインタフェース学会論文誌, 23(3), pp.337-348, 2021.
- [16] 日本色彩学会 編: 新編 色彩科学ハンドブック 第3版, 東京大学出版, 2011.
- [17] 長野千尋: 測色 - 適切に色を測り伝える方法, 色材協会誌, 89(6), pp.197-202, 2016.
- [18] Konica Minolta HP, [https://www.konicaminolta.com/instruments/download/catalog/color/pdf/cm2600d\\_catalog\\_eng.pdf](https://www.konicaminolta.com/instruments/download/catalog/color/pdf/cm2600d_catalog_eng.pdf) (2023.01.14閲覧).
- [19] 野村潤貴, 佃洋一: ヘーズメーターを用いた視認性の定量的評価方法の検討, 防錆管理, 64(10), pp.357-361, 2020.
- [20] Alphatech HP, [https://www.alphatech.co.uk/wp-content/uploads/2017/08/HZ-V3\\_20120425.pdf](https://www.alphatech.co.uk/wp-content/uploads/2017/08/HZ-V3_20120425.pdf) (2023.03.03閲覧).
- [21] 前島勝己, 小島良和, 田中武志: 反射防止フィルムの開発, Konica Minolta Technology Report, 4, pp.69-72, 2007.
- [22] Nikon HP, [https://www.jp.nikon.com/company/news/2022/0523\\_digimicro\\_01.html](https://www.jp.nikon.com/company/news/2022/0523_digimicro_01.html) (2023.01.14閲覧).
- [23] EIZO HP, <https://www.eizo.co.jp/eizolibrary/other/itmedia04/08b.jpg> (2022.12.29閲覧).
- [24] 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), pp.259-268, 2017.
- [25] Hagtvedt, H., and Patrick, V. M.: Art infusion: The influence of visual art on the perception and evaluation of consumer products, Journal of marketing research, 45(3), pp.379-389, 2008.
- [26] 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, pp.59-73, 2016.



濱田 大佐 (非会員)

2008年 関西大学社会学部社会学科心理学専攻卒。2014年 関西大学大学院心理学研究科博士課程前期課程修了。2017年 京都大学大学院人間・環境学研究科共生人間学専攻博士後期課程修了。博士(人間・環境学)。2020年 関西学院大学理工学部感性価値創造インスティテュート 特別任期制助教。2022年 立命館大学 立命館グローバル・イノベーション研究機構 研究教員(助教), 2023年より京都大学大学院文学研究科特定研究員。専門は認知心理学。



杉本 匡史 (非会員)

2010年 京都大学教育学部卒。2012年 同大学院教育学研究科修士課程修了。2015年 同博士後期課程修了。博士(教育学)。2021年より 関西学院大学工学部研究特別任期制講師。専門は認知心理学, 感性工学等。日本認知心理学会, 日本認知科学会, 日本心理学会, ヒューマンインタフェース学会会員。



山崎 陽一 (正会員)

2012年 愛知県立大学大学院情報科学研究科において博士(情報科学)を取得。2011年 公益財団法人科学技術交流財団知の拠点重点研究プロジェクト統括部研究員。2016年 関西学院大学理工学部/感性価値創造研究センター研究特別任期制助教。2021年より 関西学院大学工学部/感性価値創造インスティテュート研究特別任期制講師。主に感性工学, 生体医工学, 生体シミュレーションの研究に従事。感性工学会, 電気学会, 日本生体医工学会, などの会員。



長田 典子 (正会員)

1983年 京都大学理学部数学系卒。同年 三菱電機(株)入社。産業システム研究所等研究員。1996年 大阪大学大学院基礎工学研究科博士後期課程修了。2003年より 関西学院大学理工学部情報科学科助教授, 2007年 教授。2009年 米国パデュー大学客員研究員。2013年 感性価値創造研究センター(現インスティテュート) 所長。博士(工学)。専門は感性工学, メディア工学等。情報処理学会フェロー, IEEE, ACM等会員。



高原 秀起 (非会員)

1990年 京都大学理学部化学系卒。1993年 同大学院博士後期課程中退。同年 住友化学(株)入社。情報電子化学品研究所 主席研究員, 現在に至る。



竹厚 流 (非会員)

2003年 神戸大学大学院自然科学研究科分子集合科学専攻博士後期課程修了。博士(光学)。同年住友化学(株)入社。2022年 住友化学 情報電子化学品研究所 グループマネージャー, 現在に至る。



加藤 早紀 (非会員)

2016年 東京工業大学大学院生命理工学研究科生体分子機能工学専攻修士課程修了。同年住友化学(株)入社, 現在に至る。