

Sensibility Evaluation of an Exfoliating Lotion with Supreme Tactile Impression during Wiping Motions

Takeshi Asai ^{1*}, Yoichi Yamazaki ², Yusuke Tani ², Kensuke Tobitani ²,
Hiromi Yamamoto ¹, Noriko Nagata ²

¹ Research and Development Department, Naris Cosmetics Co., Ltd., 1-11-17, Ebie,
Fukushima-ku, Osaka, 553-0001, JAPAN

² School of Science and Technology, Kwansei Gakuin Institute of Kansei Value Creation,
Kwansei Gakuin University, 2-1, Gakuen, Sanda, 669-1337, JAPAN

We aim to provide cosmetics that appeal to users' "sensibility" and have accordingly developed cosmetics based on a sensibility evaluation. As the research subject, we chose exfoliating lotions. Our method correlates the visualized psychological structure with measured physical quantities. To visualize the psychological structure when using an exfoliating lotion, we selected appropriate evaluation words and conducted a one-month usage test. Using factor analysis, we evaluated nine factors that are related to the value judgments of users using the exfoliating lotions. Next, we analyzed the causal relationships between these factors via structural equation modeling and modeled the psychological structures of the users. The model fit indices were satisfactory. The subconsciously important perceptions appeared to be "frictional feeling" and "wiped-off feeling," both of which are derived from the tactile impression imposed by the wiping motion. Next, to identify physical quantities that can independently affect the "frictional feeling" and the "wiped-off feeling," we measured the dynamic friction coefficient and the time profile of the frictional force for 12 types of exfoliating lotions. Using the dynamic friction coefficient, the two factors could not be individually evaluated; On the other hand, we extracted the eight-dimensional vibrational feature quantities in the time-frequency domain from the time profile and correlated them with the factor scores of the two factors in a multiple regression analysis. The factor scores were estimated with high accuracy. Each factor corresponded to a different vibrational feature, confirming that the factors are physically independent. This result suggests that both factors can be simultaneously increased by controlling the frictional force. Using this result as a predictive index of the tactile impression, it was possible to do sensibility evaluation of an exfoliating lotion that had a superior texture at the time of wiping; this could not be achieved in the past.

Key words : sensibility evaluation, predictive index, psychological structure, tactile impression, physical quantities, vibrational feature quantities, dynamic friction coefficient, factor analysis, structural equation modeling, wiping motion, exfoliating lotion

Received, March 25, 2020; Accepted, July 20, 2020

*Corresponding author: t_asai@naris.co.jp

doi.org/10.5407/sccj.55.36

© 2021 The Society of Cosmetic Chemists of Japan

ふきとり時の触感が優れた ふきとり化粧水の感性評価

浅井 健史^{1*}, 山崎 陽一², 谿 雄祐²,
飛谷 謙介², 山元 裕美¹, 長田 典子²

¹ 株式会社ナリス化粧品 研究開発部, 〒553-0001 大阪市福島区海老江 1-11-17

² 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,
〒669-1337 三田市学園 2-1

「感性」の可視化により、ユーザーが潜在的に重要と捉える因子を把握し、物理計測値から感性を予測することを目指した。まず、ユーザーの心理構造をモデル化した結果、ふきとり化粧水の使用感、特にふきとり動作時の触感に由来する2因子「肌摩擦感」および「ふきとれた実感」を潜在的に重要と捉えていることが示唆された。次に、ふきとり動作時の触感について、摩擦力に着目した物理量との関係を検討した。動摩擦係数の観点では、2因子を個別に評価できないのに対し、触感形成に作用する振動成分の特徴量との関係を解析したところ、特定の周波数領域のパワースペクトル密度から2因子を独立して予測できることが分かった。これを予測指標として用いることで、従来は成し得なかった、ふきとり時の触感が優れたふきとり化粧水の感性評価を可能とした。

1. 緒 言

近年、日本のモノづくり産業のキーワードとして「感性価値」という言葉が認知されている。「感性価値」は、2007年に経済産業省が「生活者の感性に働きかけ、感動や共感を得ることによって顕在化する価値」と定義している¹⁾。そして実際に、「感性価値」をモノづくりの尺度として応用した例が報告されている^{2)~4)}。

感性価値の高い化粧品を開発するためには、感性に関する潜在意識まで及ぶ心理構造を可視化する必要がある。たとえば、化粧水の使い心地に関する研究が報告されている⁵⁾。これはさまざまな使い心地の化粧水に対する官能評価結果を因子分析し、ユーザーが感じる印象の構造を調べた研究である。しかし、この研究では単回使用での印象の把握に留まっており、継続使用時の印象を含めた化粧品の価値判断に至る複数の印象間における因果関係は把握していない。一方、物理計測により主観評価を予測することは、感性価値の高い化粧品を開発するためには重要である。たとえば、摩擦測定機を用いて化粧品を塗布した際の摩擦挙動と化粧品が浸み込んでいくなじみ感との関係を調

べた研究が報告されている⁶⁾。しかし、この研究では単一の官能評価項目と物理計測値との解析に留まっており、実際にユーザーが化粧品を使用した際に感じる複合的な印象との関係までは解析していない。

そこで本研究では、まず、化粧品の価値判断に至る複数の印象の因果関係を可視化することにより、ユーザーが潜在的に重要と捉える因子を把握した。化粧品は、コットンに含ませ、皮膚表面を物理的にふきとって使用することで不要な角層を取り除く機能をもつ「ふきとり化粧水」⁷⁾を研究対象とした。そして、ふきとり動作時の摩擦力に関する物理量と印象評価との関係を把握することで、これを予測指標としてふきとり時の触感が優れたふきとり化粧水の感性評価を試みた。

2. 実 験

2.1. ユーザー心理構造の可視化

ふきとり化粧水を使用した際にユーザーが抱く印象および価値の心理構造を把握するため、評価語を用いた連用テストを実施した。

2.1.1. 評価語の選抜

連用テストの事前準備として、ふきとり化粧水を評価するのに妥当な評価語を選抜した。まず、ユーザーがふきとり化粧水を評価するシーンを想定し、S1) ふきとり化粧

2020.3.25 受付, 2020.7.20 採用

*Corresponding author: t_asai@naris.co.jp

水の使用感触, S2) 次に使うスキンケアアイテムの使用感触, S3) 継続使用による肌変化, S4) ふきとり化粧水の感性価値, の4シーンを設定した。日常的にふきとり化粧水を使用している女性17名(23~57歳)を対象とし, 以下の3ステップで評価語を選抜した。

ステップ1: 評価語抽出 各シーンにおけるふきとり化粧水を形容する印象語および価値語を自由記述アンケートにて収集した。

ステップ2: 評価語適用度 ステップ1で得られた評価語を, ふきとり化粧水を評価するのに適した語であるか7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精査した。

ステップ3: 評価語類似度 ステップ2で選抜した評価語間の類似度を, 評価語間の置き換え可能性の判断により一対比較で評価し, 得られた類似度行列からクラスター分析を行った。クラスターごとに類似度の中心からの差分算出および主成分分析を行い, 評価語を選抜した。

2.1.2. 連用テスト

皮膚トラブルのない女性43名(30~49歳)を対象に行った。実験参加者を4群に分け, 各群に対して使用感触の異なるふきとり化粧水を割り当て, 日常のスキンケアに追加して約1カ月間使用させた。実験参加者は使用後, 質問用紙にて各評価語を7段階(1. 非常に当てはまらない, 2. 当てはまらない, 3. やや当てはまらない, 4. どちらでもない, 5. やや当てはまる, 6. 当てはまる, 7. 非常に当てはまる)で評価した。

2.1.3. 統計解析

主成分分析, 因子分析は, SPSS Statistics Ver. 25 (日本IBM株式会社), 共分散構造分析は, SPSS AMOS Ver. 25 (日本IBM株式会社)を用いて行った。

2.2. 物理量と触感の関係解析

市販の使用感触の異なる12種類のふきとり化粧水を用い, 機械的に測定した摩擦係数, およびヒトが実使用に即して測定した摩擦時間プロファイルから算出した振動特徴量の2つの物理量について, 印象評価との関係を解析した。

2.2.1. 使用感触の印象評価

皮膚トラブルのない女性30名(24~56歳)を対象に行った。実験参加者は, 各ふきとり化粧水を1日朝晩2回ずつ使用し, S1) の評価語18語について, 2.1と同様に7段階で評価した。

2.2.2. 摩擦係数の測定

ふきとり化粧水の摩擦係数は, 表面性測定機 TYPE-14 (新東科学株式会社)を用いて測定した。指の曲率を模した専用ホルダーにコットンをセットし, ふきとり化粧水

1.5 mLを滴下した。このホルダーをアームにセットし, 垂直荷重として100 gf分銅を置いた。人工皮膚開発の先行研究⁸⁾に従い, Fig.-1に示す皮膚の肌理紋様および柔らかさを再現した人工皮膚(3Dプリンターを使用しUV硬化性アクリル樹脂で作製, 引張弾性率: 0.8 MPa)を移動台にセットした。測定条件は, 化粧用具を用いて行った先行研究⁹⁾を参考とし, 移動距離50 mm, 移動速度50 mm/sにて往路測定を10回実施し, 各ふきとり化粧水の平均動摩擦係数を測定した。

2.2.3. 振動特徴量の測定

ヒトが人工皮膚表面をコットンでふきとる際に生じる摩擦力を測定する専用装置を試作した(Fig.-2)。測定条件は, 本装置を用いてヒトが布を摩擦した際の振動特性を解析した先行研究¹⁰⁾を参考とした。

2.2.1の印象評価実験の参加者の中から10名(24~47歳)を選出した。実験参加者はふきとり化粧水1.5 mLを含ませたコットンを利き手にとり, 2.2.2と同じ人工皮膚を手前に向かって約100 gfの押込み力で, 約50 mm/sの速度で10回ふきとり, ふきとった際の摩擦時間プロファイルを測定した。周波数解析は, 数値計算フリーソフト scilab 6.0.0 (日本イーエスアイ株式会社)を用い, Welch法(窓幅0.5 s, 重複率0.5)にてパワースペクトル密度を推定した。その際, 触覚受容器の感度特性を考慮して0~

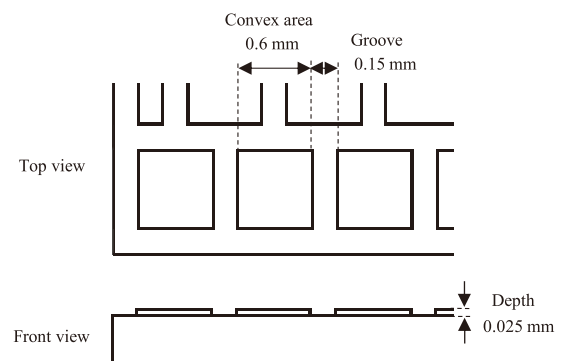


Fig.-1 Enlarged view of artificial skin.

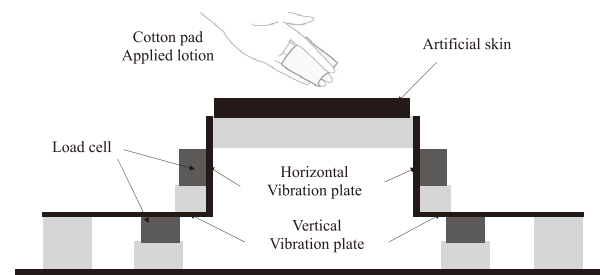


Fig.-2 Schematic description of measurement device.

248 Hz までを解析領域とし、4 Hz 刻みで 63 個に離散化し解析した。このパワースペクトル密度を実験参加者ごとに全試料について計算し、10 回計測したデータの平均を用いた。この平均パワースペクトル密度について主成分分析を行い、振動特徴量を算出した。

2.2.4. 統計解析

主成分分析、相関分析、重回帰分析は、SPSS Statistics Ver. 25 (IBM 社製) を用いて行った。

2.3. 予測モデルのバリデーション

物理量と触感の関係解析から定式化した予測モデルの妥当性を確認した。

2.3.1. 予測モデルによる評価

2.2 で使用した 12 種類のふきとり化粧水とは異なる、ふきとり化粧水 2 種 (ふきとり化粧水 S, A) を新たに調製し

た。これらに加え、2.2 で「肌摩擦感」「ふきとれた実感」の因子得点がともに優れていたふきとり化粧水を対象品とした。実験参加者 1 名が 2.2.3 と同様の方法で測定し、平均パワースペクトル密度を推定した。次に、対象品のパワースペクトル密度を基準として、各試料の偏差を求めた。この偏差について、184~216 Hz、および 220~248 Hz の周波数領域の積算値を算出した。

2.3.2. 妥当性確認

皮膚トラブルのない女性 30 名 (24~56 歳) を対象に連用テストを行った。なお、テスト方法は 2.1.2 に準じて実施したが、実験参加者を 2 群に分け、2 種類のふきとり化粧水のテスト順序を配慮した。実験参加者は先行の化粧水を 3 週間使用し評価した後、2 週間の不使用期間を経て、後行の化粧水を 3 週間使用し評価した。

Table-1 Selected 53 representative evaluation words.

S1) Texture of exfoliating lotion	S2) Texture of next item
Easy wipe “ふきとりやすい”	Increased moisturized feeling “しっとり感が増す”
Feels exfoliated “老化角質がとれる”	Silky smooth “すべすべする”
Feels no residues “ふきとり感がある”	Skin feels compatible “なじみが良い”
Gentle to skin “肌に優しい”	Skin feels elastic “ハリ感がでる”
Good feeling on the skin “肌あたりが良い”	Skin feels fresh “みずみずしい”
Good sensation on the skin “肌の触感が良い”	Skin feels hydrated “潤う”
Keeps refreshing “清涼感が続く”	Skin feels moisturized “しっとりしている”
Low friction of cotton pad “コットンの抵抗感がない”	Skin feels nice to the touch “さわり心地の良い”
No stickiness “べたつかない”	Skin feels smooth “なめらかである”
Quickly compatible with the skin “なじみが早い”	Increased feeling of volume “ふっくらする”
Skin feels clingy “肌にすいつく”	Well penetrated “浸透感がある”
Skin feels hydrated “潤う”	
Skin feels moisturized “しっとりしている”	
Skin feels refreshed “すっきりしている”	
Skin feels springy “もちもちする”	
Skin tone has changed “トーンが変わる”	
Slides smoothly with cotton pad “コットンのすべりが良い”	
Smooth feeling on the skin “肌あたりがなめらかである”	
S3) Skin changes with repeated use	S4) Value
Easy to apply makeup to skin “化粧のりがよい”	Active ingredients are contained “有効成分が入っている”
Feels translucent “透明感がある”	Desire to use continuously “使い続ける意欲がわく”
Fresh feeling “みずみずしい”	Exfoliating feels pleasant “ふきとる触感が心地よい”
More effective penetration “浸透感がある”	Feels exfoliating effect “ふきとり効果がある”
No dullness “くすみがない”	Gentle to the skin “お肌に優しい”
Silky smooth “すべすべする”	Good feeling “気持ちいい”
Skin condition appears good “肌の調子が良い”	Good skin condition after use “使用後の状態が良い”
Skin feels bright “肌が明るくなる”	Good texture when used “使用触感がよい”
Smooth feeling “なめらかである”	No burden on the skin “肌に負担がない”
	Pleasant “心地良い”
	Skin feels changed “肌の変化を感じた”
	Skin feels cleansed “汚れがとれた感じがある”
	Skin feels nice “肌の触感がよい”
	Skin feels softer “やわらかな肌になる”
	Want to use continuously “ずっと使いたい”

3. 結 果

3.1. ユーザー心理構造の可視化

3.1.1. 評価語の選抜

統計的手法により選抜を行い、代表性と網羅性を兼ね備えた評価語として S1) 18 語, S2) 11 語, S3) 9 語, S4) 15 語の計 53 語を選抜した (Table-1)。

3.1.2. 心理構造のモデル化

連用テストにより得られた評価語データに対し因子分析 (最尤法, プロマックス回転) を行い, 各シーンの因子構

造を解析した。このとき, 固有値が 1.0 以上であることを基準とし, 因子負荷量が 0.40 未満である評価語を分析の対象から除外し, 再度因子分析を行った。各シーンの因子負荷量を Table-2 に示す。S1) は 3 因子, S2) は 2 因子, S3) は 1 因子, S4) は 3 因子を抽出し, 因子構造から解釈した因子名をつけた。

次に各因子の因子得点を観測変数として共分散構造分析による解析を行った。このとき, パスの有意水準が 0.05 以下であることを基準とし, 0.05 以上のパスを分析の対象から除外し, 再度共分散構造分析を行った。複数のパター

Table-2 Factor structure of each evaluation scene.

S1) Texture of exfoliating lotion					S2) Texture of next item				
Factor name	Evaluation word	Factor			Factor name	Evaluation word	Factor		
		S1)-1	S1)-2	S1)-3			S2)-1	S2)-2	
Frictional feeling “肌摩擦感”	Easy wipe	0.985	-0.289	-0.012	Moisturizing Sensation “保湿感”	Increased moisturized feeling	0.991	-0.125	
	Slides smoothly with cotton pad	0.845	-0.007	-0.052		Skin feels moisturized	0.975	-0.205	
	Good feeling on the skin	0.812	0.109	-0.011		Skin feels hydrated	0.773	0.018	
	Smooth feeling on the skin	0.768	0.047	0.081		Increased feeling of volume	0.541	0.154	
	Low friction of cotton pad	0.644	0.149	0.043		Skin feels compatible	0.509	0.309	
	Gentle to skin	0.587	0.305	-0.136		Skin feels smooth	0.052	0.887	
Skin feeling after application “使用後感”	Skin feels moisturized	-0.129	0.890	-0.059	Smooth Sensation “なめらか感”	Skin feels fresh	0.013	0.633	
	Skin feels hydrated	0.272	0.799	-0.159		Silky smooth	-0.274	0.628	
	Skin feels clingy	-0.049	0.750	0.126		Well penetrated	0.205	0.585	
	Skin feels refreshed	0.286	-0.498	0.386		Skin feels nice to the touch	0.276	0.498	
	Good sensation on the skin	0.114	0.487	0.364		Skin feels elastic	0.256	0.401	
	Skin feels springy	0.228	0.478	0.164					
Wiped-off feeling “ふきとれた実感”	Feels exfoliated	-0.184	0.116	0.863					
	Skin tone has changed	-0.008	-0.044	0.744					
	Feels no residues	0.114	0.044	0.649					
	Keeps refreshing	-0.003	-0.048	0.419					
S3) Skin changes with repeated use					S4) Value				
Factor name	Evaluation word	Factor			Factor name	Evaluation word	Factor		
		S3)-1					S4)-1	S4)-2	S4)-3
Change in skin “肌変化”	Feels translucent	0.876			Skin comfort “肌の心地よさ”	Pleasant	0.901	0.051	-0.064
	Skin feels bright	0.786				Skin feels nice	0.887	-0.254	0.121
	No dullness	0.740				Skin feels softer	0.884	-0.269	0.207
	Skin condition appears good	0.715				Good texture when used	0.666	0.454	-0.192
	Smooth feeling	0.714				Gentle to the skin	0.665	0.150	0.021
	Fresh feeling	0.621				Good feeling	0.489	0.418	-0.069
	More effective penetration	0.608			Desire to continue exfoliation “ふきとり意欲”	Good skin condition after use	0.482	0.218	0.205
	Silky smooth	0.603				No burden on the skin	0.465	0.407	-0.120
	Easy to apply makeup to skin	0.520				Exfoliating feels pleasant	-0.220	1.077	-0.037
						Skin feels cleansed	-0.179	0.563	0.221
					Actual feeling of effect “効果の実感”	Want to use continuously	0.280	0.552	0.111
						Desire to use continuously	0.213	0.509	0.326
						Active ingredients are contained	0.048	0.001	0.811
						Skin feels changed	0.061	0.140	0.686

ンを試行し最終的に Fig.-3 に示すように、モデル適合度指標 (GFI=0.952, RMSEA=0.000) が最も良好なモデルを得た。なお、図中の e1~e9 は誤差変数、各因子枠内の斜体数値は重相関係数の平方、矢印の数値は標準化されたパス係数を示す。

3.2. 物理量と触感の関係解析

3.2.1. 使用感触の印象評価

評価結果に対し、3.1.2 と同様の条件で因子分析を行った。その結果、Table-2 とほぼ同様の構造をもつ 3 因子を

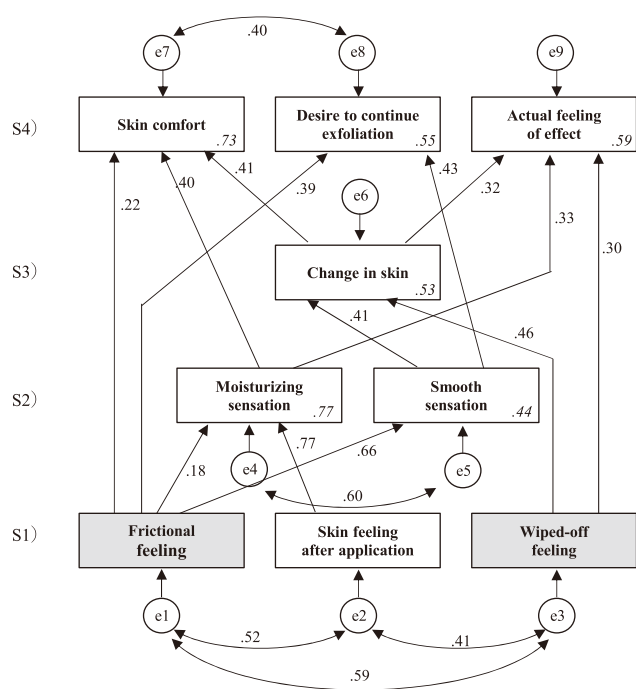


Fig.-3 Psychological structure of customer.
 $\chi^2 = 10.457$, $p = 0.916$, GFI = 0.952, AGFI = 0.880, AIC = 64.457, RMSEA = 0.000.

抽出した。これら因子の類似性を確認するため、一致係数を算出したところ、「肌摩擦感」「ふきとれた実感」「使用后感」はそれぞれ 0.889, 0.861, 0.879 であり、類似していた。

3.2.2. 摩擦係数との関係性

各ふきとり化粧水の平均動摩擦係数と、「肌摩擦感」「ふきとれた実感」の因子得点の相関分析を行った。Fig.-4 にそれぞれの散布図を示す。動摩擦係数に対して「肌摩擦感」は負の相関 ($r = -0.820$)、「ふきとれた実感」は正の相関 ($r = 0.744$) を示した。

3.2.3. 振動特徴量との関係性

120 (10 人 × 12 試料) のパワースペクトル密度に対して、主成分分析を適用し振動成分に関する特徴抽出を行った。固有値が 1.0 以上である 8 因子 (PCA1~PCA8 と記す) を抽出し、その累積寄与率は 76.62% であった。抽出した因子の基底関数を Fig.-5 に示した。この各因子の主成分得点を振動特徴量として定義した。

次に「肌摩擦感」「ふきとれた実感」の因子得点を目的変数、振動特徴量を説明変数とした重回帰分析を実施した。結果を Table-3 に示す。振動特徴量から「肌摩擦感」「ふきとれた実感」それぞれの因子得点を高い精度 ($R^2 = 0.672, 0.722$) で予測できることがわかった。

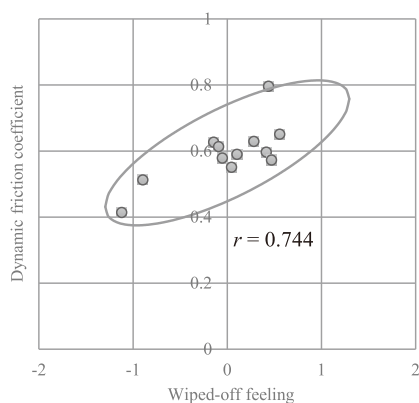
3.3. 予測モデルのパリデーション

3.3.1. 予測モデルによる評価

3.2 の解析結果に基づき、184~216 Hz が「肌摩擦感」、220~248 Hz が「ふきとれた実感」に対応する周波数領域として、それぞれパワースペクトル密度の積算値を算出した。この手順を予測モデルによる評価とした。

「肌摩擦感」の積算値を x 軸、「ふきとれた実感」を y 軸とし、対象品を原点 (0, 0) として 2 種類のふきとり化粧

Frictional feeling



Wiped-off feeling

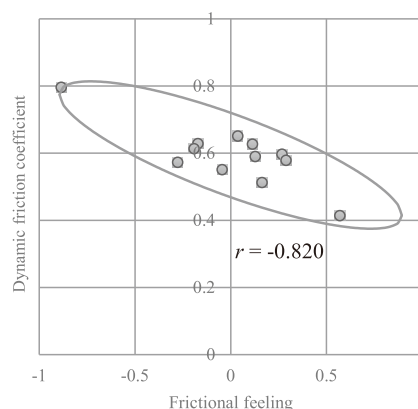


Fig.-4 Correlation with dynamic friction coefficient.

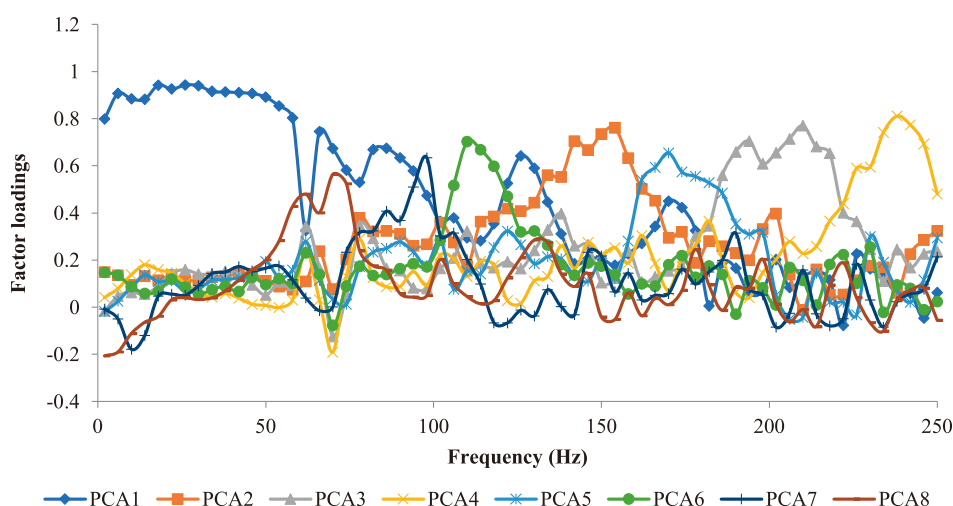


Fig.-5 Basis function of the vibrational properties.

Table-3 Standardized partial regression coefficients obtained by multiple linear regression analysis.

Explanatory variable	Main frequency region	Objective variable	
		Frictional feeling	Wiped-off feeling
PCA1	0–100 Hz	−0.569*	0.421*
PCA2	132–156 Hz	ns	ns
PCA3	184–216 Hz	0.631*	ns
PCA4	220–248 Hz	ns	0.621**
PCA5	160–180 Hz	0.530	ns
PCA6	104–116 Hz	ns	ns
PCA7	96 Hz	ns	ns
PCA8	60 Hz	ns	ns
Coefficient of determination		0.672	0.722
Adjusted coefficient of determination		0.549	0.661
<i>p</i> Value		0.024	0.003

** : $p < 0.01$. * : $p < 0.05$. ns: not significant.

水をプロットした散布図を Fig.-6 に示す。ふきとり化粧水 S は、ふきとり化粧水 A と比較して「肌摩擦感」「ふきとれた実感」とともに優れていることを確認した。

3.3.2. 妥当性確認

連用テストにより得られた評価語データに対し、3.1 と同様の条件で因子分析を行い、S1) および S4) の各因子の因子得点を算出した。その結果、Fig.-7 に示すように、ふきとり化粧水 S は、実使用においてもふきとり化粧水 A と比較して「肌摩擦感」「ふきとれた実感」とともに優れた評価が得られた。また、これら 2 因子の評価に伴い、S4) 3 因子の評価も優れていたことから、S1) の物理量計測を通じて S4) を予測する本モデルの妥当性を確認した。

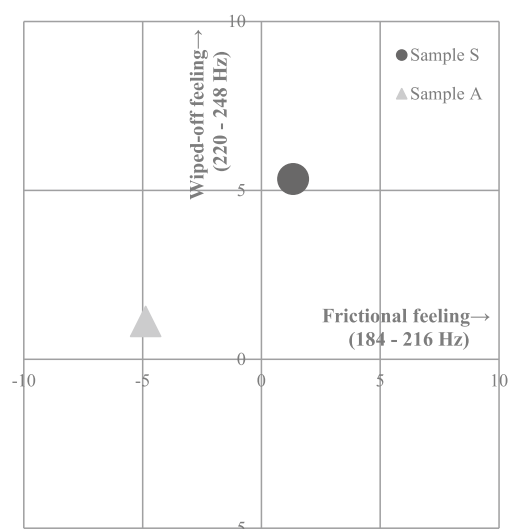


Fig.-6 Evaluation result via predictive model.

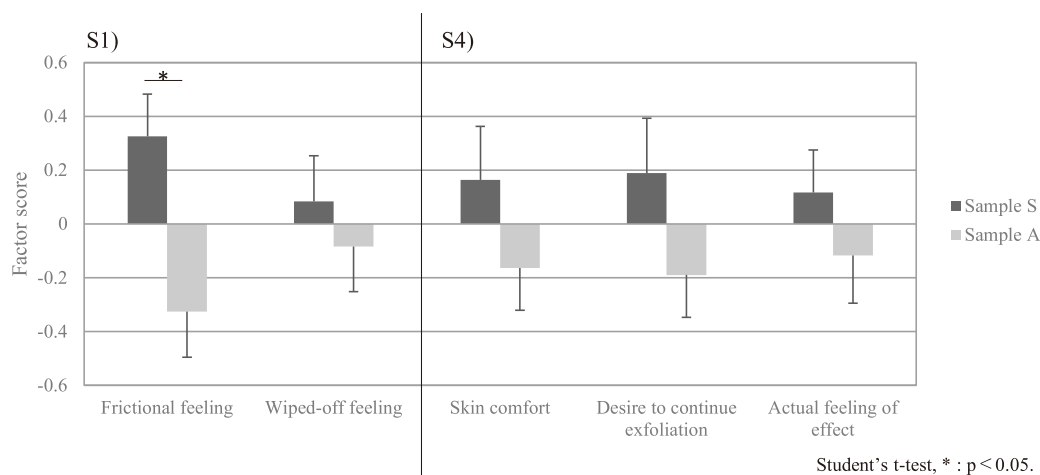


Fig.-7 Predictive model correlated well with the actual impression evaluation.

4. 考 察

多様な化粧品が市場に氾濫する昨今、われわれは真にユーザーの「感性」に訴える化粧品を提供したいと考えている。本研究では皮膚の角層を物理的にふきとって使用する「ふきとり化粧水」を例として、感性評価に基づいた処方設計を目指した。これは、感性に関する潜在意識まで及ぶ心理構造を可視化し、物理計測値と対応させる方法である。

まず始めに、ふきとり化粧水使用におけるユーザーの心理構造を可視化するため、妥当な評価語を選抜し、1カ月間の連用テストを行った。評価結果に対する因子分析により、ふきとり化粧水使用における価値判断に関して9個の因子の関与が想定された。次にこれら因子の因果関係を共分散構造分析により解析し、ユーザーの心理構造をモデル化した。得られた共分散構造モデルを考察すると、S1)の「肌摩擦感」は、S4)の「肌の心地よさ」と「ふきとり意欲」に直接影響を及ぼし、かつS2)の「保湿感」と「なめらか感」を通じて間接的にS4)の3因子に影響することが分かる。同様にS1)の「ふきとれた実感」は、S4)の「効果の実感」に直接影響し、かつS3)の「肌変化」を通じてS4)の「肌の心地よさ」「効果の実感」に間接的に影響している。つまり、ふきとり化粧水使用における価値判断に関して、ユーザーはふきとり動作時の触感に関する2つの因子「肌摩擦感」「ふきとれた実感」を潜在的に重要と捉えていると示唆された。

次に、ふきとり動作時の触感について摩擦力に着目し、「肌摩擦感」「ふきとれた実感」を定式化する物理量を検討した。まず、連用テストとは異なる手続きにて実施した使用感触の印象評価について、連用テストで得られた因子構

造との一致係数を算出した。その結果、3因子すべて0.85以上の値を示したことから、因子構造は類似していると見なし、先の共分散構造モデルを踏襲できると判断した。

ふきとり化粧水12試料の平均動摩擦係数と、「肌摩擦感」あるいは「ふきとれた実感」の因子得点との関係性は、相反する相関を示した。この結果から、ふきとり化粧水の物理量として動摩擦係数の情報のみでは「肌摩擦感」と「ふきとれた実感」を独立した要素として評価できないことがわかった。

従来、対象物表面を撫でた際に得られる触覚的質感の研究では、指先と対象物表面の間に生じる相互作用力に着目し、静摩擦係数や平均動摩擦係数など機器計測で得られる定量的な物理量を計測してきた⁶⁾。しかしながら、触感力は力の振動を皮膚の触覚受容器が検出することで形成されることから、より精度の高い評価のためにはヒトが発生する相互作用力の動的特性、すなわち振動特徴に着目する必要があると考えた。そこで、われわれは人工皮膚表面をコットンでふきとる際に、ふきとり面において生じる相互作用力を測定可能な専用装置を作製した¹¹⁾。そして、人工皮膚表面に対して水平方向の相互作用力である摩擦力を対象とし、ふきとり動作時の振動特徴を解析した。

測定した全データを主成分分析した振動特徴の因子抽出結果から、特にPCA1からPCA6までの6因子は、それぞれ異なる周波数領域を代表する特徴を示した。そこで、各振動因子の主成分得点を振動特徴量として定義し、重回帰分析にて「肌摩擦感」「ふきとれた実感」の定式化を検討した。結果を考察すると、PCA1は「肌摩擦感」が負の値(-0.569)を示し、「ふきとれた実感」が正の値(0.421)と逆の傾向を示している。これは、動摩擦係数との相関に類似した結果である。0~100 Hzの低周波数領域を主成分

とする PCA1 が動摩擦係数と類似した挙動を示すことは、本実験で算出した振動特徴量の妥当性を示す結果といえる。一方、高周波数領域では、「肌摩擦感」が PCA3 (184~216 Hz)、「ふきとれた実感」が PCA4 (220~248 Hz) と、それぞれ異なる振動特徴量と対応していることから、2 因子は物理的に独立していることがわかった。すなわち本結果より、摩擦力を制御することで「肌摩擦感」「ふきとれた実感」の両方を同時に高めることが可能であると明らかにした。

この解析結果から、物理量と印象を定式化できた。使用感の異なるふきとり化粧水を用いたバリデーションにて、予測モデルによる評価と、実使用における S1) の「肌摩擦感」および「ふきとれた実感」の因子得点結果は一致していた。さらに、S4)「肌の心地よさ」, 「ふきとり意欲」, および「効果の実感」の 3 因子に関しても同様の結果が得られたことは、物理量から印象を通じて価値を予測できるモデルが確立できたことを意味する。そして同時に、可視化したユーザー心理構造の妥当性を証明する結果といえるであろう。

5. 結 論

「感性」の可視化により、ユーザーが潜在的に重要と捉える因子を把握し、物理計測値から感性を予測することが可能となった。ここで、本研究で着目した触感に関して、ヒトは周波数領域の閾値が異なる複数の触覚受容器をもつことが知られている¹²⁾。今回、ふきとり動作時の触感 2 因子が異なる周波数領域で対応を示したことは、これらを異なる信号として脳が識別していることを示唆しており、非常に興味深い。

感性研究の発展は、新しいモノづくりの枠組みを提供す

るだけでなく、人間の認知機序の解明の一助になる可能性を秘めている。そのためには指標化技術、AI/機械学習/データマイニング技術、神経科学的検証等、多方面の研究領域による協働が重要となるだろう。

引用文献

- 1) 経済産業省. https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/mono/creative/kansei.html (2007.5.22 参照)
- 2) 飛谷謙介, 土屋 晋, 藤澤隆史, 饗庭絵里子, 長田典子, 電気学会論文誌 D, 133 (2), 240-245 (2013)
- 3) 片平建史, 饗庭絵里子, 矢野浩範, 松浦周平, 飛谷謙介, 長田典子, 宮 一普, 古川誠司, 人間工学, 50, 29-34 (2014)
- 4) A. Inoue, K. Tobitani, Y. Osawa, M. Fujiwara, L. Park, K. Nishimoto, N. Nagata, A. Okada, Proceeding the International Federation of Societies of Cosmetic Chemists 28 th CONGRESS (IFSCC2014), 201-213 (2014)
- 5) 霜田道子, 阿部恒之, 粧技誌, 27, 41-47 (1993)
- 6) 石窪 章, 野田 章, 粧技誌, 43, 171-176 (2009)
- 7) 堀辻麻衣, 森田美穂, 井上明典, 北谷典丈, 粧技誌, 53, 181-187 (2019)
- 8) 白土寛和, 野々村美宗, 前野隆司, 日本機械学会論文集 (C 編), 73 (726), 541-546 (2007)
- 9) 山口 梓, 亀卦川奏, 今井由美, 野々村美宗, J. Jpn. Soc. Colour Mater., 89, 294-298 (2016)
- 10) 山崎陽一, 飛谷謙介, 谿 雄祐, 井村誠孝, 長田典子, 電気学会研究会資料, 知覚情報・次世代産業システム合同研究会, 17-22 (2017)
- 11) Y. Yamazaki, M. Imura, K. Tobitani, Y. Tani, N. Nagata, Proceeding the Seventh Asia International Symposium on Mechatronics, 981-986 (2019)
- 12) 前野隆司, 日本ロボット学会誌, 18, 772-775 (2000)