

ヒト指先皮膚の角層水分量と感触

Relationship between Tactile Sense and Hydration Level in Stratum Corneum of Human Fingertip Skin

山下 裕司・堤 百香・吉江 宏崇・菅 成美・尾崎 修平・藤岡 秀章

Yuji YAMASHITA¹⁾, Momoka TSUTSUMI¹⁾, Hiroataka YOSHIE²⁾, Narumi KAN²⁾,
Shuhei OZAKI²⁾, and Hideaki FUJIOKA²⁾

化粧品において感触は製品価値を決める重要な要素であり、配合原料の種類や量によって制御されている。感触に関する従来の研究では、塗布される皮膚や化粧品の物性値からのアプローチが主流であり、指に着目した研究例は稀少である。そこで本研究ではヒトの指先を評価対象とし、感触と指皮角層水分量の関係を明らかにすることを目的とした。ここでは、同一ブランドで販売されている“さっぱりタイプ”と“しっとりタイプ”の市販化粧水、および単純組成物のモデル化粧水（プロピレングリコール水溶液、グリセリン水溶液）を用い、指先の角層水分量変化、感触に対する指先水分量の影響、および化粧品の物性値と接触対象物の濡れ性の影響を検証し、それらの相関関係を明らかにした。

I. 緒言

1. 研究背景

化粧品の使用感には主として視覚、嗅覚、触覚が関与しており、化粧品は皮膚に直接塗布するものであるため、これらの感覚の中でも触感が与える影響は大きい。しかしながら、他の感覚と比較して、触覚に関与する因子については未だ不明確な部分が多く、触対象によって因子が異なる場合も見受けられ、これはそれぞれの感覚が能動的あるいは受動的な知覚、いずれかに由来することに関係していると考えられる。視覚、聴覚、嗅覚は人の行

為に関係なく受動的に感じる感覚であるが、感触や肌触りは皮膚と触対象の物理的な接触によって引き起こされる感覚である。さらに、能動的に手を動かして対象をなぞる動作が、繊細な感触の知覚に重要な役割を果たしていることが報告されている^{1,2)}。外力による皮膚の歪みなど機械的な刺激によって活動する機械受容器が皮膚には存在し、メルケル細胞、マイスナー小体、パチニ小体、ルフィニ終末の4種類が感触に関与している³⁾。メルケル盤は、無毛部である唇と指先の皮膚に高密度で存在し、極小さな力にも敏感に応答し、物体表面のわずかな凹凸も識別できる（ $\sim 0.5\text{mm}$ の解像能）⁴⁾。触覚は、この力学的な変形や摩擦、振動に加え、温度覚も重要な因子である。皮膚と触対象間の熱移動が触覚に関与するとされているが、メントール等の温感レセプターへの作用とは区別されている。秋山らは、触覚に対し「粘性感」、「成分蒸散感」、「摩擦感」の3つの主要因子を提案しており、化粧水の物理化学的性質（粘性率、加熱による重量減少、接触角、摩擦係数）と関連付けている⁵⁾。

連絡先：山下裕司 yyamashita@cis.ac.jp

1) 千葉科学大学薬学部薬学科

Department of Pharmacy, Faculty of Pharmacy, Chiba Institute of Science

2) 岡畑興産株式会社

Okahata&Co., Ltd.

(2022年10月3日受付, 2023年1月11日受理)

多くの化粧品の感触評価試験では、触対象となる皮膚の性状と塗布される化粧品の物理化学的性質が研究対象として扱われるが、感触を左右する指先を対象とした研究は稀少である。また、上記のとおり、物体同士の接触に伴う変形や摩擦、および温度変化が触覚に与えるものであり、化粧品塗布後の物体の性質変化は触覚に影響することが考えられる。そこで本実験ではヒト指先に着目し、同一ブランドの“さっぱりタイプ”と“しっとりタイプ”化粧水、および単純組成物のモデル化粧水を用いて化粧品接触後の指先皮膚の角層水分量変化と感触の関係を明らかにすることを目的とした。さらに、感触に対する化粧水と触対象物の物理化学的性質の影響についても検証した。

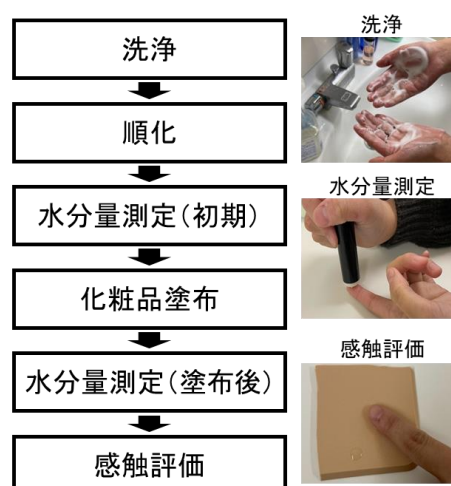


図1. 測定フロー

II. 実験

1. 試験群

同一ブランドの“しっとりタイプ”、“さっぱりタイプ”市販化粧水（計2種類、1群）、および化粧品原料から調製した2種類のモデル化粧水（ポリオール水溶液、2群）を評価した。表1に各化粧水に配合されている原料の中で配合量の多い5原料（水は除く）を示す。モデル化粧水は30wt%のプロピレングリコール水溶液（PG、ADEKA）とグリセリン水溶液（Gly、花王）をそれぞれ“さっぱりタイプ”と“しっとりタイプ”の化粧水とした。

表1. 各化粧水に配合されている主原料（水を除く上位5原料）

	さっぱりタイプ	しっとりタイプ
1 群（市販化粧水）	エタノール、プロピレングリコール、トレハロース、ブチレングリコール、ヒアルロン酸Na	グリセリン、ブチレングリコール、グリチルリチン酸2K、トレハロース、ヒアルロン酸Na
2 群（ポリオール水溶液）	プロピレングリコール	グリセリン

2. 試験方法

(1) 手順

図1の測定フローに従い、指先の角層水分量測定および各種プレートによる感触評価を実施した。市販洗淨料で手を洗淨し、水分を軽く拭き取った後、恒温恒湿室（22±1℃、50±10%RH）内で約15分間皮膚を順化した。化粧水塗布前に指先（第2、3、4指（人差し指、中指、薬指）の末節）皮膚の角層水分量を測定し、シャーレに浸した化粧水に指先を30秒間浸漬した。その後、余分な化粧水を拭き取り、5分間静置した後に、角層水分量と感触試験を実施した。

被験者は本学に所属するボランティア5名（男性4名、

女性1名、年齢20～45歳）とし、試験期間中は試料の中身を開示しないシングルブラインド試験を実施した。試験前に「被験者への説明書」を用いて試験内容の説明を行い、被験者からインフォームドコンセントを得た。また、試験実施前にケースカードを用いた問診を実施し、被験者としての適性を判定した（極端な生活習慣の劣悪、重篤な皮膚疾患を有する者は除外）。

(2) 角層水分量測定

田上らが発明したインピーダンス測定法（非侵襲法）により、表皮上層における水分レベルを測定した。電気伝導度の上昇は角層水分含有量の増大を意味し、角層の保湿状態を示す指標とした。本研究では、Skicon-200EX（アイ・ビス・エス）を用い、各指先を5回測定した。

(3) 感触評価

人工皮膚プレート（Bio Skin Plate、ビューラックス）、ガラスプレート（松浪硝子工業）、樹脂プレート（ポリテトラフルオロエチレン（PTFE）、アズワン）を用いて指の感触を評価した。感触評価は、“さっぱり(1)”、“ややさっぱり(2)”、“普通(3)”、“ややつかかかる(4)”、“つかかかる(5)”項目の5段階評価のセマンティック・ディファレンシャル法（SD法）⁶⁾で行った。

(4) 化粧水の物性評価

感触に関わる化粧水と評価プレートの物性値として、粘度および接触角（濡れ性）を評価した。粘度はデジタル粘度計（VISCO™、25±0.2℃、低粘度サンプルアダプター RE-77120、アタゴ）を、接触角は自動接触角計（DropMaster シリーズ、DMo-602、室温（約25℃）、協和界面科学株式会社）を用いて測定した。接触角測定では、各プレートに所定体積の水滴を吐出し、平衡状態に達した水滴の形状から専用解析ソフトにより接触角を算出した（n=3）。

III. 結果および考察

1. 化粧水塗布による角層水分量変化

各タイプの化粧水塗布後の角層水分量の変化量(Δ)を図2に示す。いずれの化粧水でも塗布後に水分量が上昇する傾向にあり、指(人差し指、中指、薬指)の依存性は見られなかった。一方で、興味深いことに、さっぱりタイプの化粧水は左手、しっとりタイプのもは右手が高い保湿効果を示し、市販化粧水(1群)とモデル化粧水(2群)いずれも同様な傾向であった。いずれの被験者も利き手は右であり、左手に比べ右手の方が相対的に低い角層水分量を示したことから、塗布前の角層水分量(初期状態)が保湿効果に影響していると考えられる。すなわち、比較的水分量の高い左手皮膚ではPG含有の化粧水が高い効果を有し、乾燥した右手皮膚ではGlyが効果的に作用したと推察される。本研究結果のみからはこの因果関係を明らかにできないが、皮膚状態によっても原料の効果が変化する可能性が示唆された。

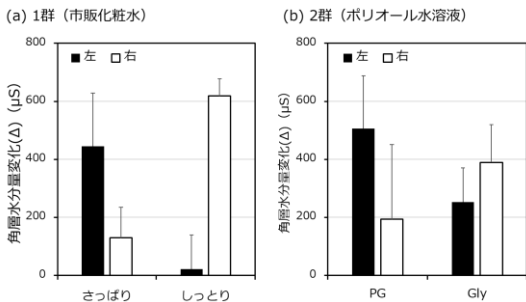


図2. 化粧水 (a)1群 (市販化粧水)、(b)2群 (ポリオール水溶液) 塗布後の左手(■)・右手(□)各指の角層水分量変化(Δ)。エラーバーは標準偏差を表す。

2. 化粧水の感触評価

感触評価について、まず右手と左手の感触の違いを比較した(図3)。数値が低いほど“さっぱり感”、高いほど“つつぱり感”を表す。ここでは全てのプレートおよび化粧水についてプロットしており、高い正の相関が見

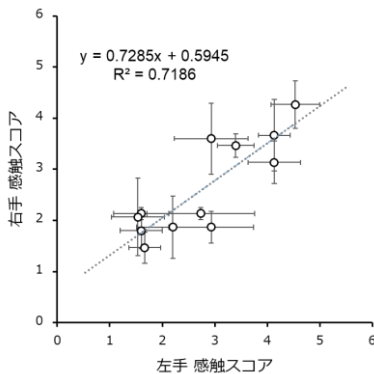


図3. 化粧水塗布後の感触スコアに関する左手と右手の関係(指3本×化粧水4本のデータ)

られた。すなわち、右手と左手の感触はほぼ同等であることが示唆される。この結果より、以下のデータに関しては右手と左手の平均値の値を用いて示す。

図4に各化粧品群の感触試験結果を示す。1群(市販化粧水)では、さっぱりタイプとしっとりタイプ間に明確な違いは見られず、また指の違いも見られなかった。プレートの種類で比較すると、人工皮膚<ガラス<樹脂の順に数値(つつぱり感)が上昇する傾向が見られ、これは2群(ポリオール水溶液)においても同様な傾向があった。しかしながら、2群では樹脂プレートでいずれの指でもGlyよりPGの数値が高かった。

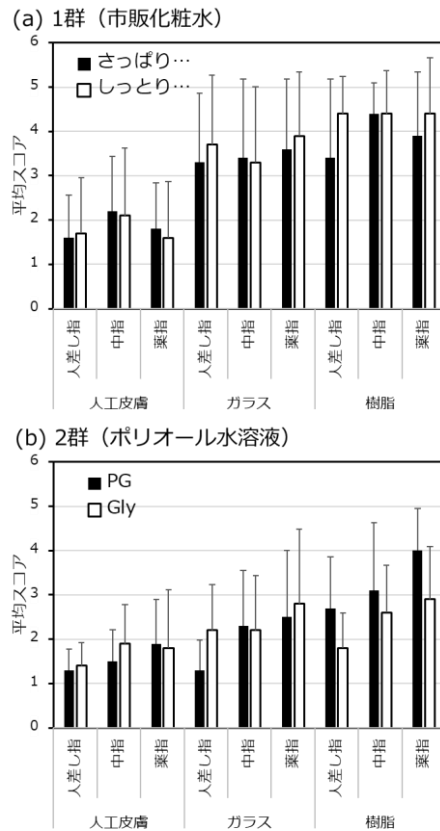


図4. 化粧水 (a)1群 (市販化粧水)、(b)2群 (ポリオール水溶液) 塗布後の感触スコア

3. 角層水分量と感触の関係

図5に各プレートでの角層水分量と感触スコアの関係を示す。角層水分量は化粧水塗布後の数値を用いた。いずれのプレートについてもバラつきは大きく、特に角層水分量が500μSを超えると個体差が大きくなり、他の物理的・心理的要素に影響を受けるものと思われる。一方、各プレートで特徴的な相関が見られる。ガラスプレートでの評価においては中央が凸となるプロファイルが見られた。角層水分量500~1200μSの領域で分布が大きく、1200μS以上で減少する傾向にある。過剰な水が角層中に含まれることで皮膚-プレート間でスリッピングが発

生していることが推察されるが、ガラスプレートのみに見られていることから、その原因は定かではない。一方で、樹脂プレートは他のプレートより顕著な傾向が見られている。1群では、角層水分量 500 μ S まで感触スコアは増加し、それ以上で一定値 (4~5) に達している。2群でも、人工皮膚とガラスプレートでは 500 μ S 以下でしか角層水分量と感触スコアの関係性が見られなかったが、樹脂プレートでは 1000 μ S 付近まで角層水分量と感触スコアが比例関係の傾向を示した。今回の結果からは定量的な相関は得られなかったが、指皮角層の水分量が感触に関係すること、および Skicon 測定値で 500 μ S 付近で感触が変化する可能性が見出された。

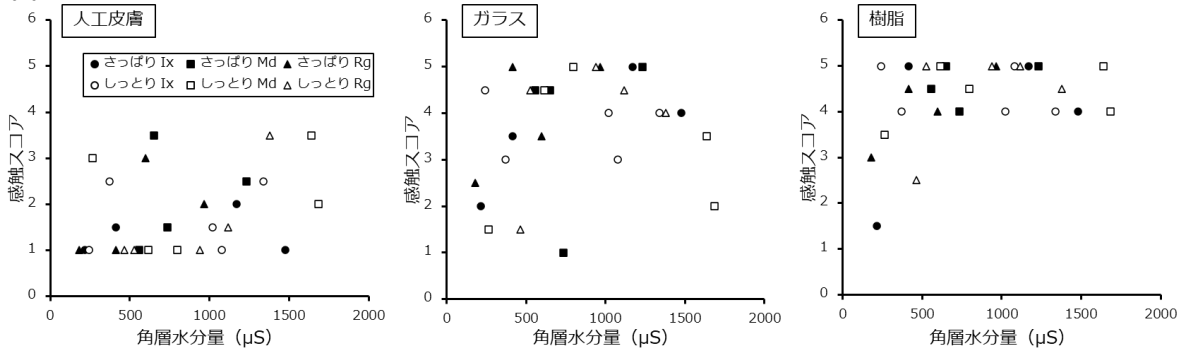
4. 感触に対する化粧水粘度とプレート濡れ性の影響

上記実験から感触が化粧水と評価プレートの種類に依存することが明らかにされており、その影響を物性値の観点から検証した。化粧水については粘度を、評価プレートは濡れ性 (接触角) を評価し、感触スコアとの関係を調べた。各化粧水の粘度は、1群 (市販化粧水) のさっぱりタイプが 28.5mPa \cdot s、しっとりタイプ 32.3mPa \cdot s、2群の PG 水溶液 3.1mPa \cdot s、Gly 水溶液 5.3mPa \cdot s であ

った。また、各プレートに水滴を滴下した時の接触角 (θ) は、人工皮膚で $54.3 \pm 3.7^\circ$ とガラスプレートで $55.1 \pm 0.5^\circ$ であり、水の濡れ性はほぼ同等であった。これらのプレートに比較して、樹脂プレートは撥水性を示し、 $\theta = 99.3 \pm 3.3^\circ$ であった。

これらの物性値に対し、感触スコアをプロットした結果を図 6 に示す。感触スコアは全ての指の平均値 (±標準偏差) を用いている。化粧水粘度について (図 6 上図)、粘度の増加に伴い感触スコアが増加する傾向にあり、擦る動作に対し溶液の流動抵抗 (粘度) が感触に関係することが分かる。しかしながら、その変化は一律ではなく、人工皮膚プレートでは感触の粘度依存性が小さくなっていることが分かる。また、ガラスプレートでは 32.3mPa \cdot s (しっとりタイプ)、樹脂プレートでは 5.3mPa \cdot s (Gly 水溶液) で感触スコアの低下が見られる。接触角についても (図 6 下図)、接触角の増加に伴い感触スコアが増加する傾向が見られたが、その関係性は一律でないことが分かる。PG 水溶液は接触角と比例する傾向にあるが、Gly 水溶液は接触角依存性が小さく、また市販化粧水では人工皮膚 ($\theta = 54.3 \pm 3.7^\circ$) とガラスプレート ($55.1 \pm 0.5^\circ$) で大きく感触が異なる。今回測定した接触角は

(a) 1群 (市販化粧水)



(b) 2群 (ポリオール水溶液)

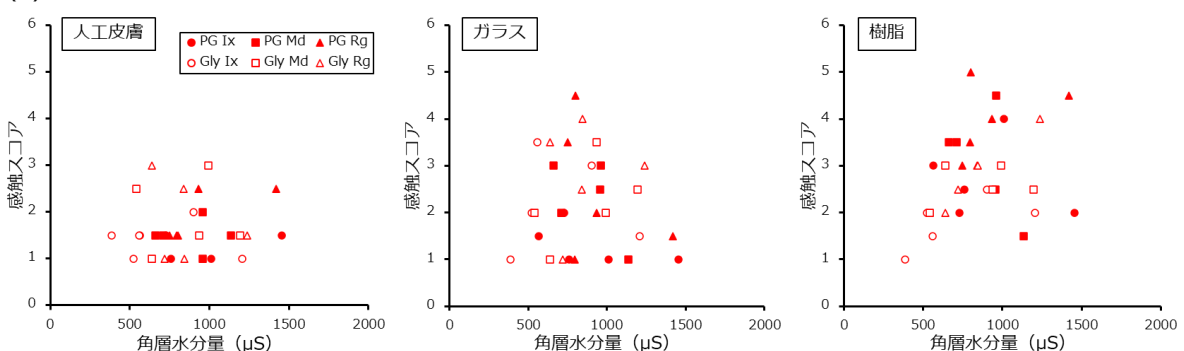


図 5 化粧水 ((a) 1群 (市販化粧水)、(b) 2群 (ポリオール水溶液)) 塗布後の角層水分量と感触スコアの関係

●: さっぱりタイプ化粧水、PG 水溶液一人差し指(Ix)、■: さっぱりタイプ化粧水、PG 水溶液一中指(Md)、▲: さっぱりタイプ化粧水、PG 水溶液一薬指(Rg)、○: しっとりタイプ化粧水、Gly 水溶液一人差し指(Ix)、□: しっとりタイプ化粧水、Gly 水溶液一中指(Md)、△: しっとりタイプ化粧水、Gly 水溶液一薬指(Rg)

水の値であるため、プレート化粧水間の相互作用を反映したものではないが、プレートの表面特性が感触に関係することが推察される。また、ここでは十分な解析を行えなかったが、化粧水とプレートの物性値、および指皮膚の角層水分量をパラメーターとした多変量解析を行うことで感触をより詳細に数値化できる可能性がある。

湿の皮膚では感触がより複雑になると思われる。また、感触は化粧水粘度とプレートの濡れ性に影響を受けることが分かり、化粧水粘度の増加およびプレートの撥水性が増すと滑らかな感触が損なわれた。撥水性の高い樹脂プレート、高粘度の市販化粧水（ $\sim 30\text{mPa}\cdot\text{s}$ ）、角層水分量 $>500\mu\text{s}$ の条件下では、ほとんどの被験者が感触スコア4～5を選択しており、これらのパラメーターはいずれも感触に関係することが明らかにされた。

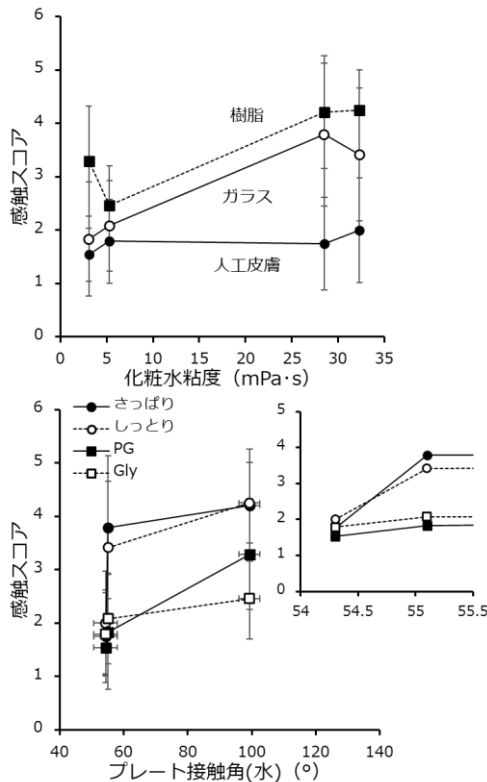


図 6.化粧水粘度(上図)、プレートと水の接触角(下図)と感触スコアの関係

下図(接触角-感触スコアの関係図)中の挿入図は接触角54～55.5°を拡大したもの(エラーバー無し)

IV. 結論

本研究では、ヒト指の角層水分量と感触の関係、および化粧水とプレートの物性値の影響を調べた。化粧水塗布後の角層水分量増加率は配合原料に依存し、左手がさっぱりタイプ化粧水とPG水溶液、右手がしっとりタイプ化粧水とGly水溶液で高い水分量の増加を示した。これは、化粧水未塗布時の角層水分量と相関があり、皮膚性状によって原料の効果が異なる可能性が示唆された。化粧水塗布後の角層水分量は、SD法から得られた感触スコアと一部相関が見られた。角層水分量 $500\mu\text{s}$ 未満では、角層水分量の増加に伴い感触スコアは増加する(つかかり感が増す)傾向にあり、 $500\mu\text{s}$ 以上では感触スコアのバラつきが顕著になることが分かった。これは $500\mu\text{s}$ 付近でヒトの感触が変化することを示唆しており、高保

参考文献

- Gibson JJ: Observation on active touch. Psychol. Rev., 69(6), 477-491, 1962.
- 岩村吉晃: 能動的触知覚(アクティブタッチ)の生理学. バイオメカニズム学会誌, 31(4), 171-177, 2007.
- デイヴィッド J リンデン: “コインを指先で選り分けるとき”, 触れることの科学, 河出書房新社, 東京, 54-56, 2017.
- Maksimovic S, Nakatani M, Baba Y., et al.: Epidermal Merkel Cells are Mechanosensory Cells that Tune Mammalian Touch Receptors. Nature, 509(7502), 617-621, 2014.
- 秋山庸子, 三島史人, 西嶋茂宏: 触感の定量評価に関する基礎的研究. 電気学会論文誌C, 132(1), 166-172, 2011.
- 井上裕光: “Q&A 官能評価と業務”, 官能評価の理論と方法, 日科技連, 東京, 185-192, 2015.