

触動作の特徴抽出による化粧品の使用感評価

大阪大学大学院工学研究科 環境・エネルギー工学専攻

秋山 庸子

The correlation between tactile sensation and tactile movement during application of cosmetics is important because tactile sensation is induced only by active handling. The aim of this study is to evaluate application feeling of skin care products objectively using motion analysis of human finger during application. The effect of the application velocity on the sensory evaluation score was investigated. It was shown that the participants tends to apply the skin care products at the velocity which they feel the most comfortable. Based on this result, change in the application velocity by changing rheological property of the skin care product was studied. From these results, it was shown that motion analysis of application is useful to evaluate tactile feelings of the skin care products. In the similar method, to establish the evaluation method of tactile sensation of human hair, coincidence measurement of motion analysis and load measurements during hair brushing and finger combing were performed. Change in load profile from root to tip of hair by application of hair care products was examined. Change in the maximum load by hair damage and treatment and its correlation with sensory evaluation were also discussed. It was shown that the load during hair brushing which is considered to reflect the frictional property of human skin surface is useful to evaluate tactile feelings of human hair. The rheological properties of hair care products mainly effects on the brushing load, whereas that of skin care products mainly effects on the velocity of application movement.

1. 緒言

本研究は、スキンケア化粧品の塗布時の指の触動作、およびヘアケア化粧品適用前後のブラッシング・手ぐし動作を対象に3次元動作解析を行い、動作速度や変位から特徴となるパラメータを抽出することによって、化粧品の使用感の新たな評価手法を構築することを目的とする。

スキンケア・ヘアケア化粧品は、皮膚や頭髮の保湿や乾燥からの保護などの効果のみならず、人間の触感を刺激し、それによって心地良さや爽快感を与える効果が期待される。したがって、スキンケア製品塗布時の触感や、ヘアケア製品適用後のくし通り・指通りの感覚は、QOL（生活の質）向上をもたらす化粧品開発に欠かすことのできない因子である。しかし、これらの使用感は、専門パネルあるいは一般パネルによる官能検査による評価が一般的であり、化粧品の触感制御のためには、より客観的な評価手法の確立が必要である。

触感は「さわる」という能動的動作により惹起されることを考慮すると、その次の段階の研究として、触動作、官能特性、材料物性の相互の関連付けが必要である。特に化粧品のように、その変形挙動が時間依存性を持つ粘弾性材料の触感設計において、触動作は重要な情報となる。触動

作の速度や特徴を抽出することにより、官能評価よりも客観的であり、しかも化粧品の粘弾性などの物性測定と異なり、生体と化粧品との相互作用を反映した化粧品の評価手法として利用可能であると考えられる。本研究では、スキンケア化粧品塗布時の塗布動作解析、およびヘアケア化粧品適用前後のブラッシングの動作解析を行い、官能評価との相関を調べることにより、触動作解析を用いた化粧品の使用感の新たな定量的評価手法について検討した結果を報告する。

2. 実験

2.1 スキンケア製品の塗布動作の解析¹⁾

20代の被験者6名（男性2名、女性4名）を対象としてスキンケア製品塗布時の動作解析および官能評価を行った。被験者は志願者であり、事前に十分なインフォームドコンセントを行った。実験は全て気温 $25\pm 1.0^{\circ}\text{C}$ 、湿度 $60\pm 10\%$ に保たれた部屋で行った。市販のスキンケア製品2種（クリーム状のものと乳液状のもの、いずれもO/Wエマルジョン）0.15 mLを、左手の前腕内側、肘線から約5 cmの約7-10 cmの範囲に塗布するという条件で行った。塗布は右手人差し指の第一関節部を用いて行った。実験開始前に赤外線マーカーを人差し指の第2関節と第3関節の間に配置し、マーカーの動きを3次元運動解析システム（Move-tr/3D, (株)ライブラリ）によって塗布時の人差し指の動作を追跡した。また触圧測定は、ELFシステム（ニッタ株式会社）を用いて、人差し指の指先にセンサーを配置し測定した。測定の概要を図1に示す。

2.2 毛髪ブラッシング速度・反力測定²⁾

全ての実験は全て気温 $25\pm 1.0^{\circ}\text{C}$ 、湿度 $60\pm 10\%$ に保た



Effects of Tactile Movement Speed on Tactile Feeling

Yoko Akiyama

Graduate School of Engineering,
Division of Sustainable Energy and
Environmental Engineering, Osaka
University

れた部屋で行った。ブラッシング動作解析と毛髪にかかる反力評価を同時に行うため、毛髪サンプル（長さ30cm, 10gの中国人毛）を小型万能試験機（EZ-test, 島津製作所）の引張試験ユニットに固定した。小型万能試験機のロードセルは50Nのものを使用した。ロードセルの変位速度を0に設定した状態でブラッシングを行い、そのときの反力を測定した（測定分解能約0.0025N）。毛髪サンプルは未処理毛、ブリーチ処理毛（2.5%アンモニア, 6%過酸化水素を含む2剤式ブリーチ剤にて未処理毛を25℃・30分の処理を3回行ったもの）、未処理毛に市販のヘアケア剤2種をそれぞれ使用したもの（ヘアワックス0.5gを塗布, ヘアスプレーを約3秒間全体に吹付したもの）を用いた。毛髪サンプルのブラッシングを複数の被験者に行ってもらい、3次元動作解析システム（Move-tr/3D, ㈱ライブラリ）を用いたブラッシング速度の測定と合わせ、その時の反力を同時測定した。動作解析については、くしおよびブラシの背面に赤外線マーカーを配置してその動きを追跡した。動作解析のサンプリング速度は1/30s, 最大誤差は0.57mmであった。動作解析のサンプリング速度は1/30s, 最大誤差は0.57mmであった。また手ぐし時の反力測定も同条件で行い、ブラッシング時と比較を行った。反力測定のサン

プリング速度は50 msecであった。測定の概要を図2に示す。

3. 結果

3.1 スキンケア製品の塗布速度の測定

スキンケア製品の触感の違いが塗布速度に与える影響について検討するため、粘性率の異なる市販のクリーム状乳液状の、いずれもO/Wエマルジョンである2種のスキンケア製品について、塗布動作の解析を行った。2種のスキンケア製品の往路・復路の塗布動作速度の代表的な結果を図3に示す。往路・復路それぞれの最大塗布速度の5回分の平均値を求め、往路・復路それぞれについて調べた。被験者によって塗布速度に大きな違いがあったため、各被験者について2種のスキンケア製品の塗布速度の比較を行った。その結果、被験者6名のうち5名において、粘性率の比較的低い乳液において往路塗布速度の有意な増加が見られたが、往路の塗布速度で有意差が見られたいずれの被験者も、復路には有意差が見られなかった。このことは、化粧品物性の違い、特に粘性率の減少が主に往路の塗布速度の増加として反映されていることを示している。これは、皮膚表面における塗布時の化粧品の流動特性の違いに起因すると考えられる。

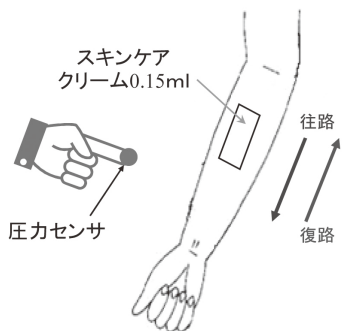
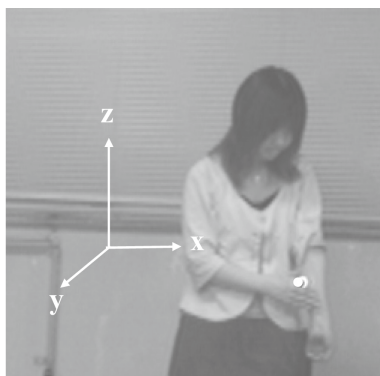


図1 触動作と触圧の同時測定

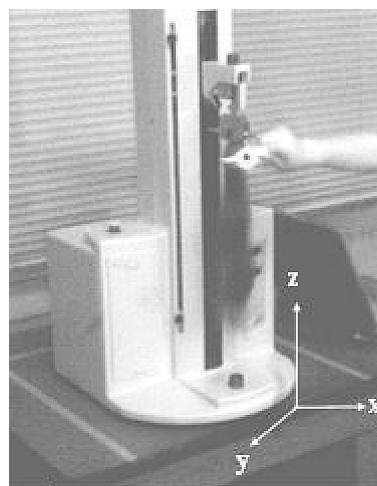


図2 毛髪のブラッシング反力・動作の同時測定

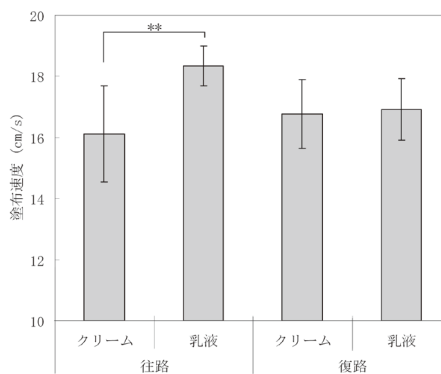


図3 スキンケア製品の塗布速度 (**p<0.01)

このようにして測定した塗布速度がどのような官能評価項目に対応しているかを調べるため、塗布速度と官能評価結果との相関を調べた。官能評価は各試料について、評価項目ごとにSD法により1-5の5段階で評価した。官能評価スコアと上記の方法で求めた往路・復路の塗布速度および塗布長さとの相関をまとめたものを表1に示す。伸びのよさ、なめらかさ、しっとり感、ぴちぴち、の各評価スコアが塗布速度と正の相関を持ち、その多くがせん断力を加えたときの抵抗が小さいことに関連する官能値であるといえる。一方、膜厚感、べたべた、ぱさぱさ、の各評価スコアが塗布速度と負の相関を示した。これらはいずれも、せん断力を加えたときの抵抗が大きいことに関連する官能値であるといえる。また、往路の速度のほうが復路の速度に比較して高い相関を示した。このことは、往路では指先の動きによってスキンケア製品を塗り伸ばしているが、復路は塗布動作というよりはむしろ、指が初期位置に戻るための戻り動作としての役割が大きいことを示唆している。

3.2 毛髪ブラッシング速度と反力の同時測定

未処理、ブリーチ毛、市販のヘアスプレーやヘアワックスで処理した毛髪について、ブラッシング時に毛髪に加わる反力とブラッシング動作の同時測定を行った。小型万能

試験機の引張試験ユニットに固定した毛髪サンプルのブラッシングを複数の被験者に行ってもらい、ブラシの背面に赤外線マーカーを配置し、3次元動作解析システムを用いてブラッシング速度を測定した。このような測定系で動作と反力の同時測定を行った。

毛髪の処理によりブラッシング速度が変化することを予想したが、いずれのサンプルでもブラッシング速度は50cm/s前後であり、サンプル間でほとんど有意な差は見られなかった。それに対して反力には明らかな違いが見られた。横軸に反力、縦軸にブラシのZ軸方向の変位をとり、未処理の毛髪とヘアスプレー処理後の結果をプロットしたものを図4に示す。この図において、Z軸座標が45cm付近の位置が毛髪サンプルの根元であり、10cm付近が毛先に対応している。未処理の毛髪では根元付近と毛先付近で2つのピークが見られるが、ヘアスプレーで処理した場合、根元から中間部にかけて増加し、その後毛先にかけて減少する傾向が見られた。特に毛先でのピークが未処理のものと比較して消失していることが分かり、これはヘアケア製品による毛先の絡まりの解消を反映していると考えられる。

スキンケア製品の場合と同様に、官能評価と動作・反力パラメータの相関を調べた結果を表2に示す。ここで反力の積分値とは、1回のブラッシングごとに反力を距離につ

表1 スキンケア製品の塗布速度と官能評価の相関 (*p<0.05)

	往路最大速度	復路最大速度	塗布長さ
伸びのよさ	0.42	0.32	0.17
なめらかさ	0.31	0.21	0.14
油っぽさ	-0.05	0.03	0.07
みずみずしさ	0.28	0.26	-0.15
膜厚感	-0.33	-0.30	0.22
べとつき	-0.12	-0.04	0.23
しっとり感	0.64 *	0.65 *	0.00
すべすべ	0.19	0.14	0.05
ぎとぎと	-0.03	0.05	-0.26
ぴちぴち	0.45	0.42	-0.39
べたべた	-0.33	-0.26	0.23
さらさら	-0.01	-0.03	-0.09
ぱさぱさ	-0.35	-0.34	-0.06
総合評価	0.18	0.14	0.32
嗜好	-0.15	-0.21	0.23

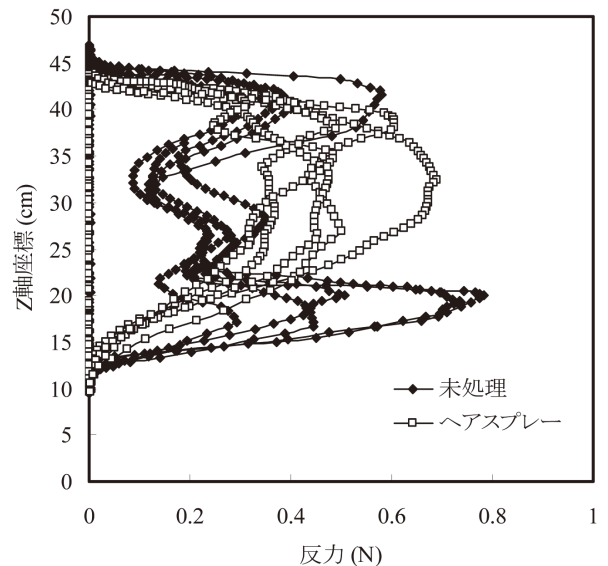


図4 未処理毛髪とヘアスプレー処理毛髪におけるブラシの変位とブラッシング反力の関係

表2 毛髪のブラッシング反力・速度と官能評価の相関

	くし通り	しなやかさ	さらさら感	きしみ	ぬるつき	ぱさつき
反力最大値(5回の平均値)	-0.34	-0.03	-0.01	-0.10	0.46	-0.30
反力最大値の標準偏差	-0.47	-0.22	0.21	0.11	-0.12	0.09
反力積分値(5回の平均値)	-0.29	0.17	-0.06	-0.25	0.49	-0.05
反力積分値の標準偏差	-0.33	-0.11	0.02	-0.10	0.05	-0.23
速度最大値(5回の平均値)	-0.14	0.33	-0.02	-0.20	0.29	-0.04
速度最大値の標準偏差	-0.29	0.00	-0.07	-0.42	-0.04	-0.04

いて積分したものであり、ブラッシングに必要な運動エネルギーに相当する。傾向としてくし通りは最大反力およびその標準偏差と負の相関、きしみは最大速度の標準偏差と正の相関、ぬるつきは最大反力と正の相関を示し、これらの傾向はおよそ妥当な結果といえる。したがって、毛髪の触感の客観化のために速度・反力の測定が有用である可能性が示された。また、相関係数は全体的に反力のパラメータのほうが大きい傾向にあった。以上のことから、毛髪のブラッシング時の反力により、毛髪のくし通りを定量的に評価できる可能性が示された。

4. 考察

以上の結果について、大まかな傾向をまとめると、毛髪ブラッシングの場合は触感が主に反力に反映される傾向が得られ、スキンケア製品塗布の場合は触感が主に塗布速度に反映される傾向が得られた。このようにそれぞれの動作に特徴的な傾向が表れたことについて考察する。

神川ら³⁾は流体潤滑剤を塗布した表面の摩擦特性が固体潤滑状態と流体潤滑状態が混在した状態であると考え、摩擦力が式(1)のように表されると述べている。

$$F = \mu a W + \eta b U \quad \text{式(1)}$$

ここで、 F は摩擦力、 μ は境界潤滑部における動摩擦係数、 W は法線力、 U は物体表面間の相対速度、 η は流体の粘性率、 a, b は境界潤滑・流体潤滑のそれぞれの寄与に依存する係数である。

本研究の場合は皮膚および毛髪のほとんどの部分が化粧品に覆われているとすると、流体潤滑の寄与が大きいと考えられるため、式(1)の第2項の寄与が大きいと考えられる。この式から、図5に示すように、摩擦力 F は相対速度 U に比例し、その傾きは粘性率 η に依存して変化する。本実験結果から、スキンケア製品を塗布する場合、被験者はサンプルの種類に関わらず往路の指先の摩擦力が同じになるようにスキンケア製品を塗布しているため、サンプルによって塗布速度に大きな違いが現れた可能性が考えられる。

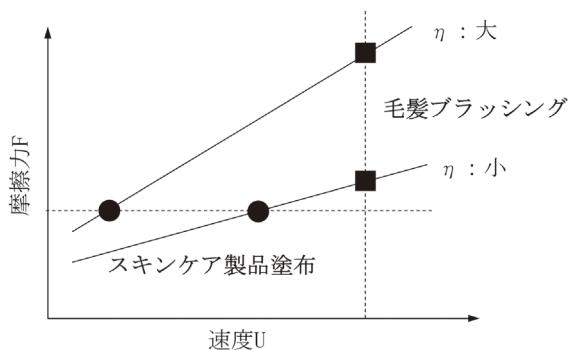


図5 皮膚へのスキンケア製品塗布と毛髪のブラッシングにおける摩擦特性

一方、毛髪ブラッシング実験においては、被験者は毛髪サンプルの状態に関わらず速度が一定になるようにブラッシングしているため、摩擦力の寄与が大きいと考えられる反力にヘアケア製品による明確な影響が見られたと考えられる。

以上のように、指先やブラシによって物体を触る動作において、毛髪ブラッシングと皮膚への塗布の場合で触動作の特徴が異なる、すなわちそれぞれが、触対象の状態に関わらず速度がほぼ同じである動作と、反力がほぼ同じである動作である可能性が示された。

5. 総括

本研究では、皮膚へのスキンケア製品の塗布、および毛髪へのヘアケア製品の噴霧あるいは塗布が触感に及ぼす影響について、人が皮膚あるいは毛髪をさわる際の動作解析と反力測定を用いて、触動作の特徴抽出を行い、官能評価との相関を調べることによって、触感を客観的に示すための新たな指標の構築を試みた。

皮膚へのスキンケア製品塗布の場合、塗布速度が官能値に影響していることがわかった。このことはスキンケア製品のレオロジー特性、特に動的粘弾性に深く関わっていると考えられ、今後も検討を続けていく予定である。一方毛髪の場合、反力によって触感が評価できる可能性が示されたが、皮膚と異なる点として、毛髪と化粧品の相互作用のみならず、毛髪どうしの相互作用、さらには指やくしと毛髪の相互作用も検討する必要があることが挙げられる。このことに関してはトライボロジーの観点からの検討がなされ始めているが、系をどのように単純化して物理モデルを構築するか、さらには微視的特性とどのように関係付けるかが今後の課題になると考えられる。今回の結果から、スキンケア製品、ヘアケア製品の触感の評価において、触動作の特徴抽出が有用であることが示されたため、今後触感の客観化とともに、その物理的背景の検討を行っていく予定である。

(参考文献)

- 1) 秋山庸子, 泉佳伸, 西嶋茂宏, 触動作の特徴抽出による化粧品の使用感評価 ~スキンケア製品の塗布動作~ 日本化粧品技術者会誌 43 (2) 95-100 (2009).
- 2) 秋山庸子, 松江由香子, 土井佑介, 泉佳伸, 西嶋茂宏, 触動作の特徴抽出による化粧品の使用感評価-毛髪ブラッシング動作の解析-, 日本レオロジー学会誌 37 (3) 129-134 (2009).
- 3) 神川康久, 野々村美宗, 前野隆司, 皮膚上塗布物のトライボロジー特性と触感の関係, 日本機械学会論文集. C 編 Vol.73, No.730, pp.1827-1833, (2007).