

触感の定量評価に関する基礎的研究

Fundamental Study on Quantification of Tactile Sensation

○秋山 庸子, 三島 史人, 西嶋 茂宏 (大阪大)

Yoko AKIYAMA, Fumihito MISHIMA, Shigehiro NISHIJIMA, Graduate School of Engineering, Osaka University

Abstract: The objective of this study is to quantify the tactile sensation by physical indexes for material design of cosmetics or fabrics. We tried to indicate the sensory scores of tactile sensation as a combination of physical indexes. In order to extract the principal factors of tactile sensation, factor analysis was applied to the sensory evaluation data of skin lotions, whose tactile sensation is designed experimentally. Extracted factors were related to physical indexes by multiple regression analysis, and the sensory score was estimated by using the physical indexes such as viscosity, contact angle, friction coefficient and weight loss by temperature increase.

Key Words: Tactile sensation, Factor analysis, Viscosity, Thermogravimetry, Contact angle, Multiple regression analysis

1. はじめに

生活の省エネ化が求められる中、生活に関わる材料の使用感を工夫することで電力消費を抑えながらも快適性向上を図ることが求められている。本研究では使用感の中でも重要な位置を占める触感に着目し、客観的手法による触感の定量評価を試みた。まず触感の異なる複数のモデル物質を用いた触感の官能評価結果について因子分析を行った。さらに、それぞれの因子に対応すると考えられる対象物の物理的特性と因子得点との相関について検討した。その結果を元に、触感の官能値の推定を行い、実際の官能値と照合してその手法の妥当性を評価した。

ここではモデル系として、「しっとり」、「さっぱり」などの触感設計が経験的に行われている化粧水塗布時の触感について、物理パラメータによる評価を試みた。まず触感の主因子を明らかにするため、市販の3社の化粧水サンプルを用いた触感の官能評価を行い、その結果について因子分析を行うことにより、触感の主因子を抽出した。次に、主因子のそれぞれに対応する物理量を明らかにするため、各サンプルについて熱分析、せん断流動試験、摩擦係数の測定などを行った。これらの結果から、物理量を用いた触感の算出を行い、実際の「しっとり感」「さっぱり感」の官能値との整合性を検討した結果を報告する。

2. 実験方法

2-1 官能評価

市販3社のしっとりタイプ (以降 Type F (Fresh)), さっぱりタイプ (以降 Type M (Moist)) (計6種) の化粧水サンプルの塗布時および塗布後の触感について、SD (Semantic Differential 法) を用いて5段階で官能評価を行った。官能評価項目は、「伸びのよさ」、「なめらかさ」、「あぶらっぽさ」、「みずみずしさ」、「膜厚感」、「しっとり感」、「乾き」、「ばさつき」、「伸びの重さ」、「なじみのよさ」、「さっぱり感」、「こってり感」、「うるおい」、「清涼感」、「まるやかさ」、「べたつき」、「ぬるつき」の計17項目である。官能評価は20代から30代の女性被験者3名により行った。被験者に対しては、実験前に本実験の目的、内容、倫理的配慮について十分な説明を行い、刺激などを感じた場合にはいつでも実験を停止できる旨を伝え、書面による承諾を得た。官能評価は触感以外の影響を排除するため、商品名やタイプを伏せたブラインドテストとし、0.1 ml の各サンプルを前腕内側に塗布することによって評価を行った。その結果を因子分析することによって、主因子を抽出した。

2-2 物性評価

上記の因子分析によって抽出された因子に対応すると考えられる物理量として、熱重量分析、せん断流動試験、接触角測定を行った。熱重量分析は、DTA8020 (株式会社リガク) を用い、室温から 200℃まで 10℃/min で昇温した。せん断流動試験は、レオメータ AR-1000 (TA Instruments) を用い、直径 40mm, コーン角 1° のコンプレートを、測定温度 37℃, ギャップ厚 10 μm で測定した。基板としてテフロン板を用いた実験も行った。接触角測定は、皮膚、ガラス、テフロン板に対して各サンプルを 100 μl 滴下し、そのときの接触角を $\theta/2$ 法を用いて測定した。

2-3 皮膚特性評価

塗布時、塗布後の皮膚とサンプルの相互作用を調べるため、皮膚特性 (皮膚表面温度、角層水分量、経皮水分蒸散量、摩擦係数) の測定を行った。角層水分量、経皮水分蒸散量 (TEWL) の測定は、それぞれ Corneometer CM825 と Tewameter TM300 (いずれも C+K electronics) を用いて測定した。皮膚表面温度は熱電対 (株式会社タカラサーミスター) を用いて測定した。摩擦係数は KES-SE (カトーテック株式会社) を用い、荷重 50g, プローブ速度 1 mm/sec で測定した。対象部位はいずれも前腕内側とし、皮膚を洗浄して 30 分以上経過した後、温度 22±1℃, 湿度 50±5% の室内にて測定を行った。

3. 解析方法

触感の官能評価の評価項目を物理量とそのまま 1 対 1 の形を直接的に関係づけることは多くの場合難しい。そこで、本研究では以下の方法を用いて、官能評価と物理量の関係づけを行った。研究の全体像を Fig. 1 に示す⁽¹⁾。

まず、化粧水塗布時、および塗布後の触感を示す官能評価項目を精選し、17 項目とした。これらの官能評価項目は、いくつかの因子によって構成されていることが考えられる。例えば金属やプラスチック等の触感には、粗さ、硬さ、湿り、冷たさの 4 因子で構成されていると考えられている⁽²⁾。化粧水塗布を被験者が各自の前腕内側に塗布する場合は、対象物が薄く引き延ばされ、また塗る側、塗られる側の双方の皮膚に浸透する性質を持っていることから、上記とは違う因子が抽出される可能性も考えられる。

官能評価結果の因子分析の結果、主に 3 つの因子が抽出され、第一因子は「粘性感」、第二因子は「成分蒸散感」、第三因子は「摩擦感」と判断した。それぞれの因子に最も

関連する物理量としては、「粘性感」については粘性率、「成分蒸散感」については加熱による重量減少、「摩擦感」については摩擦係数が考えられる。そこで、これらの物理量について計測を行った。

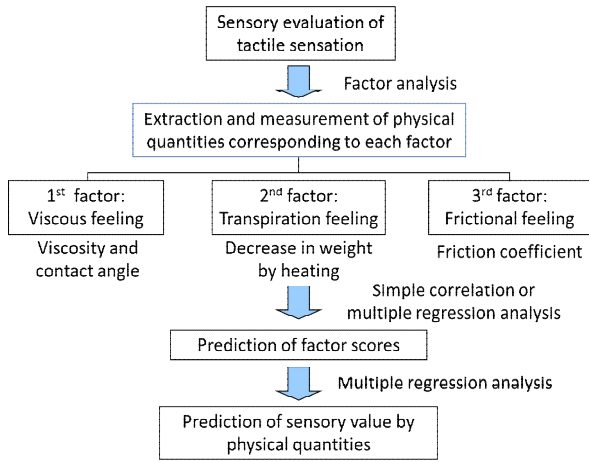


Fig.1 Flow chart of quantification of tactile sensation by physical indexes.

第一因子については、せん断流動試験に用いる基板として皮膚に近い疎水性を持つテフロン板を用いることによって、説明できる可能性が示された。また本実験結果から、皮膚に対する化粧水の接触角も触感に密接に関係することが分かった。また第二因子には加熱による重量減少、第三因子には摩擦係数(MIU)とその変動(MMD)が関与していることが確認された。

当初はこれらの因子と物理量がほぼ1対1で対応すると考えていたが、実際には触感の物理的的内部構造はそれほど単純なものではなく、皮膚と化粧品の相互作用を考慮した計測法の工夫が必要であった。これらの因子と物理量は単相関では説明できなかったが、重回帰分析を用いて複数の物理量で一つの因子を示すことができた。このことにより、それぞれの因子の因子得点を物理量によって推定することができるようになったと言える。さらに次の段階として、再度重回帰分析を用いて、各官能評価項目を抽出された各因子と関係づけることによって、前述の物理量から算出した因子得点から、各官能評価の値を推定することができる。このような手法で触感の定式化を行うことで、実際に官能評価をすることなく、未知のサンプルの特定の評価項目の官能値を推定できると考えられる。以上のような流れで、化粧水の触感の官能値の推定を試みた。

4. 結果と考察

以上のように、抽出された各因子と対応すると考えられる物理量の測定を行ったが、これらの物理量が単一でそれぞれの因子と高い相関を持つ場合、単回帰により物理量を用いて因子得点を算出できる。しかし、各因子がそれぞれ1つの物理量で説明できるとは限らない。そこで、まず、各物理量と抽出された因子の相関を調べ、単一の物理量で説明できない因子については重回帰分析を行った。まず各物理パラメータと各因子の相関を調べたところ、どの因子も物理量との相関係数は、高いものでも0.7~0.8程度であり、無相関の検定において、p値が0.05を下回るものはなかった。したがって、各因子は単一のパラメータでは説明できないと考え、各因子を目的変数とし、物理量を説明変数とした重回帰分析を行った。その結果、粘性感、摩擦感

には、基板としてテフロン板を用いた粘性率(1000 (1/s)のときの粘性率とした)や接触角が寄与していることが分かった。摩擦感にはそれに加え摩擦係数 MIU やその変動 MMD が関与していた。また成分蒸散感には熱重量分析 (TG) の計測値 (元のサンプル重量の 98% が蒸散した温度とした) が関与していることが特徴として示され、これらの結果はおよそ妥当であると考えられる。

抽出された触感の因子について、複数の物理量の線形結合で表されると仮定した場合、上記の結果から、3つの因子のそれぞれを、1-4個の物理量を用いて表すことができた。この結果を用いて、未知のサンプルの「さっぱり感」「しっとり感」の官能値を推定することを試みた。実際のそれぞれの項目の官能値を目的変数とし、説明変数として因子1-4の因子得点を用いて重回帰分析を行ったところ、第4成分の寄与は小さかったため、第1-3成分を用いた回帰式を求めた。この手法によって得られた、化粧水の「さっぱり感」と「しっとり感」の内部構造の塗布時の例を Fig. 2 に示す。このようにして、重回帰分析によって得られた式を用いて物理量から算出した「さっぱり感」「しっとり感」の実測値と理論値を比較したところ、理論値は実測値に近い値を示した。

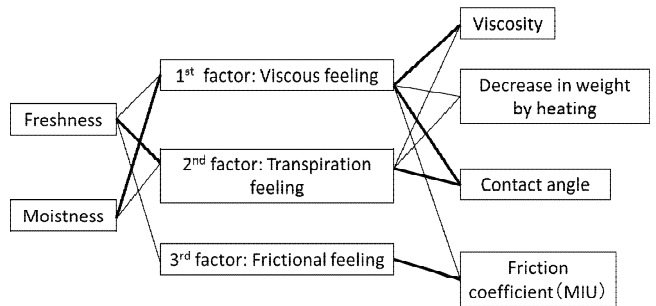


Fig.2 Internal architecture of “freshness” and “moistness” (during application).

5. まとめ

官能評価のデータをもとに触感の因子を抽出し、個々の因子に対応すると考えられる物理量を測定することで、物理量から触感の官能値を推定することができた。その過程で、触感の各因子は単純に一つの物理量に対応することは少なく、いくつかの物理量を用いた式で表されること、また単なるサンプル単独での物理量よりも、接触角や基板を疎水性材料にしたときの粘性率など、皮膚との相互作用を考慮した計測法を工夫することで、さらに高精度な推定が可能であることが示された。本研究で得られた官能値の計算式は、化粧水に特化したものであるが、今後は他の材料についても同様の手法が適用可能かどうか、またあらゆる材料に共通した因子はあるのかを調べ、汎用的に触感設計に利用できる手法を検討する予定である。

謝辞 本研究の一部は、文部科学省 科学研究費補助金若手研究 (B) 課題番号 21700239「皮膚—材料間相互作用の評価による触感の定量化と触感設計」により行われた。

参考文献

- (1) 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, 電気学会研究会資料, MBE-10-124, 2010.
- (2) 前野隆司, ヒト指腹部と触覚受容器の構造と機能, 日本ロボット学会誌, 18(6), pp.772-775, 2000.