



博士 (人間科学) 学位論文 概要書

肌状態検出と代用化に関する研究

1997年1月

早稲田大学大学院人間科学研究科

飯田一郎

触覚は、一連の人間の手指の能動的な動きと指先による検出によって構成される。ヒトの頬の肌のような柔軟体を検出対象とする場合、評価者は検出したい情報に応じて、触運動の方向、スピード、ストロークを自由に変えて、肌状態に関する分析をしている。以上の評価は肌状態の自己分析、化粧品の官能評価、被験者の肌質診断において実施され、評価項目はやわらかさ・弾力性・スベスベ感・なめらかさ・しっとり感等多岐にわたる。現状では評価における運動生成と情報分析は主観的な側面が大きく、肌状態やトリートメント効果を研究するうえでは、評価の客観化が望まれている。以上の背景より、本研究では触覚による肌評価のモデル化とその工学的実現を目的とした。

触運動の特性として評価項目ごとに手指の動作が使い分けられるであろうと考え、ビデオカメラによる観察と変位解析システム（PSDカメラシステム）による触運動解析より研究を着手した。頻繁に使用されるやわらかさ、弾力性、なめらかさ、しっとり感の4項目を選択し、項目毎に触運動をまとめた。次にどのような検出情報を触覚を通じて得ているかを知るために、高分子による肌類似サンプルを調製した。これらの一対比較データにシェッフエの方法と数量化Ⅲ類を適用し、やわらかさと弾力性の尺度化と個人差の解析を試みた。以上の結果と物理的測定より、かたさは単純な弾性項に関連し、弾力性は弾性項と粘性項によって表現できることがわかった。

次の段階では触運動の分析を基に、触知覚のモデル化を検討した。やわらかさ・弾力性知覚におけるモデル構成要素としては、肌に対して垂直方向の変位と反力が挙げられた。このモデルにおいては、手指によって対象物に数 mm の垂直変位が入力され、反力が応答として検出される。やわらかさは単に反力を検出していると考えられ、弾力性は変位の保持や解放時に反力の緩和を検出していると考えられる。しっとり感、なめらかさを知覚するためのモデル構成要素としては、水平運動時の抗力とせん断力が挙げられた。まず対象に垂直方向の変位が入力され、抗力が発生する。なめらかさやしっとり感知覚においては、水平運動時のせん断力が応答として検出されていると考えられる。

これらのモデルの代用化は、多関節型ロボットとリニアアクチュエーターを可動部、2軸力覚センサーを検出部としたシステムによって試みた。まず肌のやわらかさは触子による一定変位押し込み時の反力、弾力性は定変位時の反力の一定時間内の保持率をパラメータとして設定した。実際に16才から80才までの一般女性の肌測定を実施し、官能評価データとの対応によって、代用特性として適用可能であることが確認された。更にやわらかさ・弾力性の加齢変化が検討され、弾力性は加齢とともに減少し、やわらかさは50代に極小値がみられた。

肌状態検出への応用としてフェイシャルトリートメントの効能評価を実施した。まずマッサージの効能分析にやわらかさと弾力性の測定を応用した。まず使用直後効果を一般女性 86 名について測定し、90%以上のやわらかさの改善率が観測された。マッサージ効果においては施術強度が要因として関わっていることが示され、強度のコントロールによってやわらかさ改善率が高まることが示された。長期の継続使用後の効果については、のべ 20 名について週 1 回のマッサージの継続使用を実施した。その結果、肌のやわらかさ、弾力性ともに3週目以降に改善が認められた。

次に乳液の触感の分析にしっとり感の測定を応用した。まず乳液 134 品を選定し、専門パネル評価によって官能特性の分類を実施した。評価データに数量化Ⅲ類を適用した結果、乳液は主にしっとり～さっぱり総合指標によって分類された。しっとり感評価については、触知覚代用化システムによって肌状態の測定を実施し、肌上を触子が水平運動をしている時のせん断力を代用特性とした。総合指標に従って6品の乳液を選定し、測定した結果、しっとり感とずり反力の間には被験者個人毎に強い相関関係がみられた。乳液の使用後の肌状態は、乳液と被験者肌質の2つの要因で推定可能であることが示された。以上のように乳液やマッサージなどのフェイシャルトリートメントは化粧料の選択や使い方によって、皮膚生理を健全な状態に保つことに効能があることがわかった。

以上一連の実験検討によって以下のことが結論づけられた。まず、肌のやわらかさ、弾力性、なめらかさ、しっとり感の触覚評価は、触運動と反力の関係によりモデル化された。次に、これらの触知覚モデルは多関節型ロボット、リニアアクチュエーター、2軸力覚センサーからなるシステムによって工学的に実現された。最後に、以上の触知覚代用システムは、肌および柔軟体評価データとの対応、フェイシャルトリートメントの効能測定において用いられ、その有用性が示された。