

氏名	千葉 豪
学位の種類	博士 (工学)
学位記番号	乙 第 2 5 0 号
学位授与の日付	令和元年 9 月 3 0 日
学位授与の要件	信州大学学位規程第 5 条第 2 項該当
学位論文題目	皮革触感の定量的モデリング手法に関する研究
論文審査委員	主査 教授 山口 昌樹 教授 高寺 政行 教授 上條 正義 准教授 秋山 佳丈 准教授 柳澤 憲史 (国立高専機構長野高専)

論 文 内 容 の 要 旨

皮革は、伸縮性、摩耗特性、耐水性など、様々な優れた機能を示し、人類の歴史を通して、重要な素材として用いられてきた。現在でも、衣類、靴、スポーツ用品など幅広い商材で使用されており、その機能特性に加えて、見た目の美しさや手触りの心地良さも求められている。

合成皮革が発明されて以降、天然皮革では困難であった、人為的に見た目や手触り感を表現することが可能となった。しかし、合成皮革の見た目の設計は実現しているが、手触り感の設計は難易度が高く、現状では狙った通りの設計ができていない。これは、合成皮革のような粘弾性体において、触感を物理量で表現する定量的なモデルが構築されていないことが理由である。

本研究では、皮革に関する複数の物理計測結果と、触感に関する官能検査の結果をむすびつけることで、皮革に対する触感を表現する触感-物理量モデルを構築し、皮革に対する触感の設計を可能とすることを目的とした。

この目的を達成するため、以下の事項を実施した。(1) 天然皮革および人造皮革の計 5 種類を対象に、物理量 7 種類と触感 5 因子との関係を解析し、皮革に対する触感に影響を与える物理量を抽出した。(2) 試作した合成皮革 13 種類を対象に、物理量 8 種類を計測することで、触感 5 因子を定量的にモデル化した。(3) 合成皮革の触感-物理量モデルの 5 式を比較することで、各触感に影響を与える物理的な要因を考察した。

研究事項(1)に対して、天然皮革および人造皮革の計 5 種類を用い、皮革に対する触感 5 因子と物理量 7 種類の関係を解析した。触感の形容語には、「ざらざらした」「やわらかい」「すべりやすい」「しっとりした」「触り心地がよい」の形容詞対 5 種類を用いた。触感の定量化の手法には、20 名の成人女性の被検者に対し、一対比較法(中屋の変法)を用いた。物理量としては、貯蔵弾性率、損失弾性率、損失正接、算術平均面粗さ、平均摩擦係数、接触角ヒステリシス、サンプル厚みを用いた。その結果、貯蔵弾性率がやわらかい ($R = -0.98, p = 0.004$) およびしっとりした ($R = -0.79, p = 0.11$) と強い相関を示した。また、接触角ヒステリシスがすべりやすい ($R = -0.96, p = 0.009$) と強い相関を示した。以上の結果から、従来の触感評価に用いられてきた物理量に加えて、動的粘弾性や接触角ヒステリシスといった指標が、皮革に対する触感に影響を与える可能性が示唆された。さらに、相関分析から、「触り心地のよさ」は、布地同様に皮革でも、「やわらかく」、「しっとりした」触感が反映されることが明らかとなった。共分散構造分析から、材料の弾性および粘性を小さくすることで、「やわらかく」、「しっとりした」触感にしたうえで、表面粗さを小さく、すなわち平坦にすることで、「しっとりした」触感が得られる可能性が示唆された。

研究事項(2)に対して、合成皮革 13 種類を試作し、物理量 8 種類を計測して、合成皮革に対する触感 5 因子を定量的にモデリングした。触感の形容語には、「粗い」「でこぼこな」「やわらかい」「すべりにくい」「しっとりした」の形容詞対 5 種類を用いた。触感の定量化手法には、30 名の成人女性の被検者に対し、Semantic Differential 法を用いた。物理量としては、貯蔵弾性率、損失弾性率、粗さ、うねり、平均摩擦係数、見かけの接触角、接触角ヒステリシス、ウレタン厚みを用いた。ロジスティック回帰分析によって解析した結果、触感 5 因子に対して、物理量 5 種類を用いた触感－物理量モデルが構築できた。作成したモデルの信頼性を検証するため、Receiver-operating-characteristic 解析した結果、いずれの触感－物理量モデルも物理量単独のモデルより判別能が高く、妥当なモデルであることが確認できた。

研究事項(3)に対して、作成した触感－物理量モデルを用いて、各触感に影響を与える物理的な要因を分析した。その結果、ポリウレタンを使った合成皮革に対する触感では、作成した全てのモデルの触感に動的粘弾性(貯蔵弾性率と損失弾性率)が寄与していた。このことから、動的粘弾性が粘弾性体である合成皮革に対する触感に影響を与える本質的な物理量である可能性が示唆された。また、各触感の差異は、表面粗さ、平均摩擦係数、ウレタン厚みによって生じたと考えられた。

以上の研究結果より、合成皮革に対する触感の設計が可能となり、合成皮革の手触り感の品質向上が見込まれる。特に、合成皮革用離型紙の微細凹凸構造による触感の表現向上には大きな効果が見込まれる。また、粘弾性体である皮革に対する触感構造において、学術的な新たな知見が得られ、他の粘弾性体を対象とした触感の研究の進歩も期待される。したがって、本研究の成果は、合成皮革に対する触感の品質や設計に貢献することが、産業的にも学術的にも期待される。