氏　　名（本籍）	伊豆　南緒美（福島県）
学 位 の 種 類	博　士（被服環境学）
学 位 記 番 号	博甲第 59 号
学位授与年月日	2022 年 3 月 11 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 文化学園大学学位規程第 5 条第 1 項該当
論　文　題　目	着心地評価への活用を目指した 皮膚の振動および摩擦特性に関する研究
論 文 審 査 委 員	（主査）　教　授　　佐藤　真理子 教　授　　渡邉　秀俊 准教授　　柚本　玲 教　授　　村瀬　浩貴（共立女子大学）

論　文　内　容　の　要　旨

触覚・触感とは，皮膚を通じ，皮膚と対象物が接触した際の刺激を感じる感覚であり，皮膚と対象物の相互作用によりもたらされる振動・変形・圧力・温度などの物理的な刺激，すなわち皮膚機械刺激を機械受容器が検出することで知覚される．この触覚の知覚メカニズムより，触感に対する皮膚機械刺激の重要性は明らかであり，ロボティクス・メカトロニクス分野においては，皮膚機械刺激に着目した触感に関する検討が数多くなされている．一方，繊維・被服分野では，触感は風合いとも呼ばれ，触感評価の際，官能評価や生理量を用いたヒトの感覚量測定と，モノ（衣服素材）の物理量測定それぞれでの評価が主であり，皮膚と対象物の相互作用による皮膚機械刺激は，ほとんど検討がなされていない．衣服素材の触感である肌触りは，温熱的快適性・運動機能性に並ぶ，衣服の着心地を構成する要素であり，衣服の着心地評価に際し，衣服素材と皮膚の接触により皮膚に生じる皮膚機械刺激を考慮することで，より良い衣服設計につながると考えられる．

そこで本研究では，皮膚機械刺激として皮膚振動に焦点を当て，触覚の感度が最も高い指先を対象としたモデル実験により，衣服素材に触れた際の皮膚振動と素材の触感との関係性を明らかにすることで，皮膚振動データの衣服の着心地評価への活用を目指した．

本論文における，各章の内容は以下の通りである．

第 1 章「序論」では，本論文の目的および意義について述べ，本論文の概要を記述した．

第 2 章「異なる環境下における皮膚振動と衣服素材の触感に関する検討」では，衣服素材と皮膚の接触により生じる皮膚機械刺激である皮膚振動とその触感について，環境要因から試料の物理特性，皮膚特性との関わりを検討した．田中が開発した皮膚振動を検出するセンサを用い，健康な若年女性 8 名を対象に，高温および低温環境下の 2 環境下において，多様

な表面特性をもつ10種の衣服素材に触れた際の皮膚振動測定ならびに触感評価を行った．皮膚振動では，得られた振動波形をFFT解析し，振動強度と周波数中央値について検討し，触感評価では，粗さ感・硬軟感・べたつき感・乾湿感・温冷感・快適感・嗜好感の評価を行った．結果，素材により，皮膚振動には様々な周波数特性が示され，素材の表面特性と皮膚の振動強度に高い関係性が見出された．環境間の比較では，低温環境下で皮膚が硬い様子が示され，皮膚振動では振動強度のばらつきが大きくなり，また，周波数中央値が高く，高周波成分を多く含む振動になる傾向が示された．皮膚振動と官能評価との関係については，振動強度が小さく，低周波成分を多く含む振動であるほど，滑らかさ・やわらかさ・しっとり感を，振動強度が大きく，高周波成分を多く含む振動であるほど，粗さ・かたさ・さらっと感を，感じやすいことが明らかとなった．

第3章「若年層における皮膚振動と衣服素材の触感に関する検討」では，皮膚機械刺激である皮膚振動に，皮膚摩擦を加え，これら皮膚機械刺激と素材の物理特性の触感への影響と，その優位性を明らかにすることとした．被験者は皮膚に疾患を有していない健康な若年女性10名とし，代表的な組成繊維ならびに基本組織である12種の衣服素材に触れた際の，皮膚機械刺激の測定および触感評価を実施した．皮膚機械刺激では，振動強度および周波数中央値を皮膚振動，触動作による動摩擦係数を皮膚摩擦として検討し，触感評価では，粗さ感・硬軟感・べたつき感・乾湿感・温冷感・快適感・嗜好感の評価を行った．また，素材の物理特性として，力学特性・水分特性・熱特性・通気性を測定した．得られた結果から，触感に対する皮膚機械刺激および素材の物理特性の影響について，重回帰分析による検討を行った．結果，皮膚機械刺激が，粗さ感・硬軟感・乾湿感・温冷感・快適感・嗜好感に対して有意に影響すると示され，粗さ感・硬軟感・快適感・嗜好感では，素材の物理特性よりも皮膚機械刺激の寄与が大きいことが明らかとなった．さらに，快適感と嗜好感は，強い相関関係にありながらも，快適感がべたつき感，嗜好感が硬軟感に相似した説明変数をそれぞれ示し，異なる物理量の知覚が，触感に作用することが明らかとなった．

第4章「皮膚振動と衣服素材の触感の年齢差に関する検討」では，衣服素材と皮膚が接触した際の皮膚機械刺激および触感の加齢変化について検討した．被験者は，皮膚に疾患を有していない健康な高齢女性および若年女性各10名とし，被験者の皮膚特性について比較検討を行った．さらに，第3章同様の試料および手法にて，衣服素材に触れた際の皮膚機械刺激の測定および触感評価を実施し，加齢による皮膚特性の変化から，皮膚機械刺激および触感の検討を行った．結果，加齢により，皮膚は水分量が減少し硬くなり，皮膚機械刺激では，振動強度が小さく高周波成分を多く含んだ振動に変化し，皮膚摩擦が小さくなることが示された．さらに，触感評価では，振動強度および皮膚摩擦が小さくなることが示された高齢者において，摩擦が関与するとされる，べたつきや湿り気を感じにくい傾向にあり，皮膚機械刺激が，感覚の鈍麻に作用する可能性が示唆された．

第5章「総括」では，本論文の結論をまとめ，将来的展望について述べた．

以上，本論文では，ロボティクス・メカトロニクス分野における触覚技術の発展を背景に，

皮膚振動研究の被服分野への応用として，衣服素材に触れた際の皮膚機械刺激（振動および摩擦）と触感の関係性について検討した．その結果，木材や金属，プラスチック，紙といった広い範囲の素材に限らず，衣服という限られた素材下においても，皮膚機械刺激が触感に関与し，また，ヒトが暴露される温熱環境により皮膚が変質し，皮膚機械刺激も変化することが明らかとなった．重回帰分析を用いた，触感に作用する要因の検討では，皮膚機械刺激が粗さ感・硬軟感・快適感・嗜好感に大きく寄与すると示され，皮膚機械刺激の年齢比較では，加齢に伴い皮膚が硬く変質し，皮膚機械刺激が小さくなり，これらが触覚鈍麻に影響する可能性が示唆された．

これらの結果は，衣服素材と皮膚の接触により生じる皮膚機械刺激が，ヒトが暴露される環境や，年齢の違いにより変質し，それらが触感に作用することを示しており，衣服素材の触感評価に皮膚機械刺激の考慮が重要であることを示唆している．衣服素材の触感は，衣服の着心地を大きく左右するため，本研究で得られた結果は，衣服設計において，着心地を向上させるための重要な知見になり得ると考えられる．今後は，皮膚機械刺激の対象部位を指先から全身へと拡げ，皮膚機械刺激と衣服の着心地の関係性を明確化することで，快適衣服設計へ応用していくことが課題である．

論 文 審 査 結 果 の 要 旨

本論文は，全 5 章から成る．

第 1 章「序論」では，触覚のメカニズム，ロボティクス・メカトロニクス分野における触感研究，及び繊維・被服学分野における触覚・触感研究の歴史と風合い評価について記述されている．ロボティクス・メカトロニクス分野では，皮膚機械刺激に着目した触感の検討がなされてきたが，繊維・被服学分野では，モノ・ヒトそれぞれでの評価が主であり，モノ（対象物）とヒト（皮膚）の相互作用である皮膚機械刺激が考慮されていない現状が示され，本研究において，皮膚機械刺激として皮膚振動および皮膚摩擦に着目した経緯，皮膚振動と衣服素材の触感との関係性を明らかにすることで，皮膚振動データの衣服の着心地評価への活用を目指す研究の意義がまとめられている．

第 2 章「異なる環境下における皮膚振動と衣服素材の触感に関する検討」では，衣服素材と皮膚の接触により生じる皮膚機械刺激である皮膚振動と触感について，環境要因から検討した結果および考察が記述されている．衣素材の表面特性と皮膚の振動強度に高い関係性が見出され，環境間の比較では，低温環境下で皮膚が硬くなり，皮膚振動で振動強度のばらつきが大きくなり，高周波成分を多く含む振動になる傾向が示されている．皮膚振動と官能評価との関係については，振動強度が小さく，低周波成分を多く含む振動であるほど，滑らかさ・やわらかさ・しっとり感を，振動強度が大きく，高周波成分を多く含む振動であるほど，粗さ・かたさ・さらっと感を，感じやすいことが明らかにされている．

第 3 章「若年層における皮膚振動と衣服素材の触感に関する検討」では，皮膚機械刺激である皮膚振動，皮膚摩擦と衣素材の物理特性の触感への影響を検討した結果および考察が記述されている．健康な若年女性 10 名が，代表的な組成繊維・基本組織である 12 種の衣服素材に触れた際の，皮膚機械刺激，触感評価，および素材の物理特性について検討した結果，皮膚機械刺激が，粗さ感・硬軟感・乾湿感・温冷感・快適感・嗜好感に対して有意に影響すると示され，粗さ感・硬軟感・快適感・嗜好感で，素材の物理特性より皮膚機械刺激の寄与が大きいことが示されている．さらに，快適感と嗜好感は，強い相関関係にありながら，快適感がべたつき感, 嗜好感が硬軟感に相似した説明変数をそれぞれ示し, 異なる物理量の知覚が，触感に作用することが明らかにされている．

第 4 章「皮膚振動と衣服素材の触感の年齢差に関する検討」では，衣服素材と皮膚が接触した際の皮膚機械刺激および触感の加齢変化について検討した結果および考察が記述されている．高齢女性と若年女性各 10 名を対象に，加齢による皮膚特性の変化から，皮膚機械刺激および触感の検討を行った結果，加齢により，皮膚は水分量が減少し硬くなり，皮膚機械刺激では，振動強度が小さく高周波成分を多く含んだ振動に変化し，皮膚摩擦が小さくなることが示されている．さらに，触感評価では，摩擦が関与するとされる，べたつきや湿り気を高齢者が感じにくい傾向が示され，皮膚機械刺激が，感覚の鈍麻に作用する可能性が明らかにされている．

第 5 章「総括」では各章を総括し，今後の課題と展望について記述されている．

以上要するに，本論文は，ロボティクス・メカトロニクス分野において発展した触感研究から，皮膚振動研究を繊維・被服分野へ応用し，衣服素材に触れた際の皮膚機械刺激と触感の関係性を明らかにしようとしたものである．その結果，衣服素材と皮膚の接触により生じる皮膚機械刺激が，ヒトが暴露される環境や，年齢の違いにより変質し，それらが触感に作用することが示され, 衣服素材の触感評価における皮膚機械刺激の重要性が明らかとなった．これは，温熱的快適性・運動機能性と共に，衣服の着心地を構成する要素である，衣服素材の触感研究において，新しい知見であり，被服環境学上貢献するところ大である．よって本論文は博士（被服環境学）の学位論文として十分価値あるものと認められる．