

|         |  |
|---------|--|
| 氏名(本籍)  | 徐賢敏(中華人民共和國)   |
| 学位の種類   | 博士(被服環境学)  |
| 学位記番号   | 博甲第52号   |
| 学位授与年月日 | 平成29年9月20日   |
| 学位授与の要件 | 学位規則第4条第1項該当<br>文化学園大学学位規程第5条第1項該当                   |
| 論文題目    | ストレッチ性下衣における静的・動的衣服圧とその摩擦が皮膚表面微細三次元構造に及ぼす影響          |
| 論文審査委員  | (主査) 教授 佐藤 真理子<br>教授 米山 雄二<br>教授 永井 伸夫<br>名誉教授 田村 照子 |

## 論文内容の要旨

1959年に米国デュポン社により開発されたポリウレタン弾性繊維 LYCRA®は、その高伸縮性、耐熱性、優れた染色性などが高く評価され、現在、スポーツ領域から日常着、下着に至る広範な領域で利用されている。一方、厚生労働省によれば、アトピー性皮膚炎の患者数は、2002年頃から徐々に増加傾向にあり、2016年には456,000人に達したという。このような皮膚の脆弱化傾向を背景に、ポリウレタン繊維を混用したストレッチ性衣服が広く老若男女に受け入れられ、日常着のみならずスポーツのように激しく身体を動かす動作時に着用されている現状においては、密着型衣服の摩擦による皮膚のトラブル、障害の発生が懸念される。

本研究では、まず運動時の衣服と皮膚間の摩擦に着目し、日本と中国の若年女子を対象に、スポーツウェア着用の実態と皮膚摩擦、皮膚トラブルに関する実態調査を行った。次に、成人女性を対象として、ストレッチ性の異なる3種の下衣着用時の静的・動的的衣服圧分布・変動を測定し、ストレッチ衣服の負荷のレベルとこれを生起させる要因を、人体の形状、運動変形、試料布の引っ張り伸長特性の側面から検討し、皮膚と衣服間の摩擦について考察を加えた。最後に、健康肌の若年女子を対象に、中立と暑熱の2種の環境条件下、組成と組織の異なる4試料を用いて、大腿内側を摩擦したときの皮膚表面微細三次元構造への影響について検討し、今後のストレッチ性下衣の衣服設計に資することを目的とした。本論文は以下の6章により構成されている。

第1章「序論」では、本研究の社会的背景及び文献的背景、本論文の目的と構成について記述した。社会的背景としては、1) ポリウレタン繊維の開発と普及、2) スポーツアパレル市場への展開、3) 現代社会における敏感肌・アトピー性皮膚炎増加の現状と課題に、文献的背景は、1) 衣料障害の実態、2) 衣料障害の原因分析、3) 衣服圧、4) 動作に伴う皮膚伸縮、5) 被服材料の伸縮特性と衣服圧、6) 皮膚性状の評価方法、に分けて記述した。

第2章「運動時の衣服と皮膚の摩擦に関する実態調査」では、日本(102名)と中国(52名)の体育系大学に所属する健康な若年女性を対象に、2015年5月から11月にかけて、運動時の衣服とこれによる皮膚摩擦に関するアンケート調査を行った。スポーツ時に皮膚と衣服の摩擦による不快を感じている人は、日本で約40%、中国で約65%であった。摩擦の不快を感じる季節は、日本では夏が47.5%と明らかに多く、中国では冬・秋・夏がどれも約30%と同程度であった。不快を感じる部位としては、日本、中国共に、胸、大腿内側、腋窩が多く挙げられた。運動時の着用衣服としては、日本では下衣にポリウレタン素材が多く挙げられ、ぴったりしたものを着用すると答えた人は60%以上であった。それに対し、中国では、上衣、下衣共に綿が50%以上を占め、密着度は普通との回答が多いことが示された。

第3章「下衣の静的・動的衣服圧」では、成人女子10名を対象に、ストッキング(S)、伸縮パンツ(P)、ジーンズパンツ(J)の静立時衣服圧分布および歩行時動的的衣服圧変動を測定・解析し、これと、下半身3次元形状、下半身着衣の衣服圧について検討した。静立時衣服圧の平均値は、Sで2.98~9.64、Pで0.0~10.79、Jは1.69~11.61hPaに分布し、腹部前突、大腿最大囲後面、下腿最大囲前・後面など衣服と人体が接触伸長している部位では、J、P、Sの順に高く素材の伸長特性が反映された。一方、下腿最小囲では、非接触のJ、Pと接触伸長するSで大きく異なった。大腿内側では、被験者の体型により皮下脂肪の移動と内側相互の接触による高い衣服圧が観察されたが、いずれの試料も不快を感じない衣服圧の範囲にあった。また、歩行時、各部位の衣服圧は歩行のリズムと共に一定の変動パターンを示したが、着衣によってそのパターンは異なった。いずれの着衣条件でも12部位中膝蓋中点における衣服圧変動が最も大きく、そのほかの部位の衣服圧変動は2.0hPa以下に留まったことが観察された。

第4章「運動時衣服圧の生起要因と皮膚・衣服間ずれに関する検討」では、成人女子10名を対象に、座位基本姿勢・歩行時姿勢における皮膚伸長率を求め、素材の引張伸長特性との関係から、下半身着衣の衣服圧並びにずれの要因について検討した。座位姿勢並びに歩行姿勢における各部位皮膚の伸縮特性は、姿勢・部位によって異なり、長軸方向と直交方向の伸縮が拮抗する大腿後面・下腿最少囲前面などと、両方向で伸長する膝部などに分けられ、後者で歩行に伴う高い衣服圧変動が示された。動的的衣服圧変動が最大であった膝蓋部に焦点を絞り、歩行時皮膚伸び率と同様に着衣が変形すると仮定した際の衣服圧をKirkの式により推定するとともに、歩行時衣服圧の実測値と比較した結果、Sの実測圧は推定圧の約75%、Pでは約39%であったのに対し、Jでは0.01%と大きく乖離し、素材の伸長応力が大きいほど皮膚と衣服間のずれが大きいことが示唆された。

第5章「素材の摩擦が皮膚表面微細三次元構造に及ぼす影響」では、健康肌の若年女子10名を被験者として、異なる環境条件下、異なる組織と組成の4試料で摩擦を行い、皮膚表面微細三次元構造について検討した。皮膚摩擦実験では、皮溝・皮丘間距離の最大値を表す皮膚粗さパラメータSRzが、中立条件下に比し暑熱条件下で有意に低く、発汗に伴う角質層の湿潤・膨潤により軟化した皮膚の、摩擦による表面平滑化が示唆された。組織と組成の異なる4種の試料でSRzを比較した結果、暑熱下での編物の摩擦が値を有意に低下させた。織物より滑りにくい編物による摩擦が、発汗し軟化した皮膚のさらなる平滑化を招いたと示唆された。

第6章「総括」では各章を総括し、今後の課題について述べた。

以上の結果は、ポリウレタン混用の伸縮素材が多用される近年、市場に多くみられるストレッチ性下衣において、特に発汗を伴う運動時、衣服の摩擦が皮膚に及ぼす影響について注意を促すものである。しかし、実験の摩擦手法についてはさらなる検討を要し、また、衣素材の比較や、被験者層を増やすことも課題であり、今後さらにストレッチ性下衣の衣服設計に資するデータの整備に向けた研究が求められる。

## 論文審査結果の要旨

本論文は「ストレッチ性下衣における静的・動的的衣服圧とその摩擦が皮膚表面微細三次元構造に及ぼす影響」と題するもので、全6章により構成されている。

第1章「序論」では、本研究の目的及び研究の社会的背景と文献的背景が記述されている。社会的背景には、ポリウレタン繊維の開発と普及、及びスポーツアパレル市場への展開、現代社会における敏感肌・アトピー性皮膚炎増加の現状と課題等が詳述されている。また、文献的背景は、衣料障害の実態に関する研究、衣料障害の原因分析について、衣服圧に関する研究、動作に伴う皮膚伸縮に関する研究、被服材料の伸縮特性と衣服圧に関する研究、皮膚性状の評価方法に関する研究等がまとめられている。

第2章「運動時衣服と皮膚の摩擦に関する実態調査」では、日本（東京）と中国（武漢）の若年女子を対象に、運動時の衣服とこれによる皮膚摩擦に関する実態調査の方法・結果が記述されている。スポーツ時に皮膚と衣服の摩擦による不快を感じている人は、日本で約40%、中国で約65%で、摩擦の不快を感じる季節は、日本では夏が明らかに多く、中国では冬・秋・夏が同程度、不快を感じる部位は、日本、中国共に、胸、大腿内側、腋窩が多く挙げられることが示されている。また、運動時の着用衣服として、日本では下衣にポリウレタン素材が多く挙げられ、ぴったりしたものを着用すると答えた人は60%以上であり、中国では、上衣、下衣共に綿が50%以上を占め、密着度は普通との回答が多いことが示されている。

第3章「下衣の静的・動的的衣服圧」では、成人女子10名を対象に、ストッキング(S)、伸縮パンツ(P)、ジーンズパンツ(J)の静立時衣服圧分布および歩行時動的的衣服圧変動が測定され、これと、下半身3次元形状、下半身着衣の衣服圧について検討・考察されている。結果、静立時衣服圧の平均値は、Sで2.98~9.64、Pで0.0~10.79、Jは1.69~11.61hPaに分布し、腹部前突、大腿最大囲後面、下腿最大囲前・後面など衣服と人体が接触伸長している部位では、J、P、Sの順に高く素材の伸長特性が反映されることが確認されている。一方、下腿最小囲では、非接触のJ、Pと接触伸長するSで大きく異なり、大腿内側では、被験者の体形により皮下脂肪の移動と内側相互の接触による高い衣服圧が観察されているが、いずれの試料も不快を感じない衣服圧の範囲にあることが示されている。また、歩行時、各部位の衣服圧は歩行のリズムと共に一定の変動パターンを示すが、着衣によってそのパターンは異なり、いずれの着衣条件でも12部位中膝蓋中点における衣服圧変動が最も大きく、その他の部位の衣服圧変動は2.0hPa以下に留まることが明らかにされている。

第4章 「運動時衣服圧の生起要因と皮膚・衣服間ずれに関する検討」では、成人女子10名を対象に、座位基本姿勢・歩行時姿勢における皮膚伸長率を求め、素材の引張伸長特性との関係から、下半身着衣の衣服圧並びにずれの要因について検討・考察されている。結果、座位姿勢並びに歩行姿勢における各部位皮膚の伸縮特性は、姿勢・部位によって異なり、長軸方向と直交方向の伸縮が拮抗する大腿後面・下腿最少囲前面などと、両方向で伸長する膝部などに分けられ、後者で歩行に伴う高い衣服圧変動が示されることが確認されている。次に、動的衣服圧変動が最大であった膝蓋部に焦点を絞り、歩行時皮膚伸び率と同様に着衣が変形すると仮定した際の衣服圧を Kirk の式により推定するとともに、歩行時衣服圧の実測値との比較が行われている。結果、Sの実測圧は推定圧の約75%、Pでは約39%であったのに対しJでは0.01%と大きく乖離し、素材の伸長応力が大きいほど皮膚と衣服間のずれが大きいことが示唆されている。

第5章「素材の摩擦が皮膚表面微細三次元構造に及ぼす影響」では、健康肌の若年女子10名を被験者として、異なる環境2条件下、異なる組織と組成の4試料で摩擦を行った際の、皮膚表面微細三次元構造について検討されている。結果、皮膚摩擦実験では、皮溝・皮丘間距離の最大値を表す皮膚粗さパラメータSRzが、中立条件下に比し暑熱条件下で有意に低く、発汗に伴う角質層の湿潤・膨潤により軟化した皮膚の、摩擦による表面平滑化が示されている。また、組織と組成の異なる4種の試料でのSRzが解析され、暑熱下での編物の摩擦が値を有意に低下させることから、織物より滑りにくい編物による摩擦が、発汗し軟化した皮膚のさらなる平滑化を招いたと結論付けられている。

第6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、1950年代のポリウレタン弾性繊維の登場以来、スポーツウェアから日常着、下着に至る広範な領域で、現代の衣生活に幅広く用いられているストレッチ性衣服の現状と課題を、圧と摩擦の観点から、特に皮膚への影響に着目して取り上げたものである。日常的にスポーツを行っている若年女子対象の調査からは、ストレッチ性衣服の浸透度とその不快の実態を、下衣の静的・動的衣服圧計測では、ストレッチ性衣服を含む下衣の静立時と歩行時の衣服圧分布と変動パターンの現状を、運動時衣服圧の生起要因と皮膚・衣服間ずれに関する検討では、姿勢・部位により異なる皮膚伸びの状況、及び皮膚伸びから推定した衣服圧と実測値との比較による、皮膚-衣服間ずれの現状とその主たる因子としての衣素材の伸長特性の重要性が、そして異なる環境と素材の摩擦における皮膚表面微細三次元構造の分析では、湿潤時の編物の摩擦が皮膚の平滑化を招く現状が示された。本論文により、伸縮素材をはじめとする近年の高機能繊維の登場が、現代の衣生活を機能的に向上させる一方、身体、特に皮膚へのマイナスの影響があることへの注意が喚起され、今後の衣環境研究への道筋のひとつが示され、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。