

氏名	いしまる そのこ 石丸 園子
学位(専攻分野)	博士 (工学)
学位記番号	博甲第 604 号
学位授与の日付	平成 23 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研究科・専攻	工芸科学研究科 先端ファイブロ科学専攻
学位論文題目	衣服圧を考慮した快適衣服設計に関する研究
審査委員	(主査)教授 鋤柄佐千子 教授 木村照夫 教授 森本一成 准教授 横山敦士

### 論文内容の要旨

衣服の快適性の主要因には、熱・水分特性に関する衣服内温湿度、衣服が皮膚を押し付ける衣服圧、および肌触りなどがある。そのうち、衣服圧は、適切な圧力を身体に付与することで、運動機能性の向上、体型補正効果、静脈瘤の予防、自律神経系の制御など、さまざまな機能を発現させ、快適性を向上させることができる。これらの機能は、日常着用するアンダーウェアから、ファンデーション、スポーツウェア、メディカル用途など、幅広い用途で求められている。

しかし、衣服圧は、身体の部位により着衣者の感じ方や生理反応が異なることもあり、衣服圧と感覚との関係、衣服圧と生理特性との関係について解明されてない点が多い。また、衣服圧に着目した衣服設計をする場合、衣服圧を計測することが一般的であるが、縫製品がなければ計測できない、衣服圧分布を把握することができない、という問題点がある。

本論文では、身体の部位の違いに留意して、適切な衣服圧を付与し快適な衣服設計を行うために必要な要素について検討を行っている。着衣時の被服圧分布計測と着衣感覚の感性評価を行うことにより、その因果関係ならびに着衣感覚に与える要因を元にした被服設計指針の構築を行った。また、着衣時の衣服圧分布について数値解析技術を用いて予測する手法の構築を行い、その予測技術の精度検証を踏まえた被服設計手法の提案に取り組んだ。その結果を元にして、繊維素材で作成される被服着衣時の被服圧分布と着衣感覚を元にした快適被服設計手法の提案を行っている。本論文は以上の成果をまとめたもので 5 章および緒論と結論から構成され、以下に各章の概要を示す。

第 1 章では、本研究に至る背景および目的について述べている。衣服の快適性の主要因に衣服圧があり、衣服圧と圧感覚、快適感覚との関係、衣服圧と生理反応との関係、衣服圧とパフォーマンスとの関係の研究の現状を示している。また、衣服圧を求める手法である、理論式・経験式、計測、数値計算の研究の現状を示している。適切な衣服圧を付与した快適な衣服を設計するために、人体側からの課題と衣服側からの課題について説明し、総合的な設計手法の確立が不可欠であることを述べている。

第 2 章では、人体への加圧と圧感覚と快適感覚との関係について検討している。人体各部位の加圧幅、加圧部位と圧感覚、快適感覚との関係について被服圧ならびに着衣感覚について計測を行い、圧感覚と快適感覚との関係について検討を行った結果、快適に感じる被服設計を行うため

には、圧感覚の部位差だけでなく、快適感覚の部位差にも留意する必要があることを指摘している。以上得られた知見を元にして、適切な衣服圧を付与し快適性を向上する衣服を設計するための指針の提案を行っている。

第3章では、第2章で得られた知見を元にして人体への加圧が生理反応に及ぼす影響についての検討を行っている。加圧部位と心電図による自律神経系の生理反応との関係について解析している。さらに、心理状態との関係についても考察した結果、心理的にも快適に感じる製品を開発することが出来れば生理的にもリラックスする製品が得られることを明らかにしている。

第4章では、第3章までで得られた適切な衣服圧を付与する衣服設計をするために必要な技術として有限要素法による数値計算手法を採用し、衣服圧の予測・計算方法を構築するための要素技術を提案している。衣服を構成する基本素材である編物の伸長変形挙動の特徴である、非線形性、さらに異方性を実現する編物伸長変形モデル（編物モデル）を構築している。実験との比較検討により、本章で提案している数値モデルについてその有効性の検証を行い、織物特有の変形挙動を的確に表現可能な数値モデルとなっていることを確認し、衣服の着衣時の変形挙動を表現する有効な手法であることを示している。

第5章では、着衣時の衣服圧の予測を行うために必要な要素技術である、衣服を人体に密着させて着付ける着付けモデルの開発を行っている。着衣行動を表現する手法の提案を行い、その有効性を検証している。第4章の編物モデルも適用し、半袖アンダーウェア、スパッツの衣服圧を計算し、衣服圧実測値と比較して、衣服圧数値計算手法の妥当性を検証している。さらに、サポートを装着して膝を曲げた時の衣服圧を計算し、動作により皮膚伸びが生じる場合の衣服圧を求める基礎検討にも行っている。

第6章では第2章から第5章までに得られた成果の実用面での応用可能性について検証するため、第2章、第3章で得られた知見に基づいて、大腿部、腰部、腹部の適切な衣服圧を提案し、さらに第4章、第5章で構築した衣服圧の数値計算手法により、適切な衣服圧を示すと予測されるガードルの設計を試みている。実際にガードルを縫製して、着用試験により心理・生理反応を評価し、本方法により快適なガードルが設計できることを検証し、本論文で提案している設計手法の有効性を確認している。

第7章では、各章で得られた知見をまとめ、快適な被服設計手法についての各章で得られた知見をまとめている。最後に、本研究における今後の展望を述べ、本論文における結びとしている。

## 論文審査の結果の要旨

衣服の快適性の主要因は、衣服内気候、衣服圧、肌触りであると言われている。このうち、衣服圧は、締め付けすぎによる不快感が生じることもあれば、逆に適度な締め付けにより快適感が得られることもある。また、同じ衣服圧でも身体の部位により感じ方が異なることや、衣服圧が自律神経系活動にも影響を与えることも知られている。しかしながら、衣服圧－感覚－自律神経系反応の関係は十分解明されていない。

また、衣服圧を制御する衣服の設計は、縫製工程を経て衣服を着用し、衣服圧を計測して目的にあった衣服かどうかを判断した上で型紙または生地選定の工程まで遡る、というかなりの時間を要する方法が一般的である。

本論文では、衣服圧を制御することで健康で快適に過ごせる繊維製品を効果的・効率的に開発するために必要な、快適衣服の設計手法を提案することを目的としている。

研究の結果、人体各部位での加圧刺激が、圧感覚表、快適感覚に対して影響を及ぼす関係について、実験データならびにその評価した結果、具体的に検討して被服設計に対しての評価手法を確立している。また、生理反応についても詳細に実験ならびにその評価を行っており、心理反応との関係性について確認を得ており、生理反応にも考慮した被服設計法の提案に成功している。これらの成果は、快適な被服設計において有用な指針となり得ることが高く評価された。

また、織物で構成される衣服の衣服圧を予測する数値解析手法を構築するため、織物の大変形にも適応できる、異方性・非線形性を考慮した織物伸長モデルの開発に成功している。さらに着衣行動を表現するための数値解析手法も合わせて開発しており、着衣時の被服圧分布を予測するために必要な数値解析手法の構築に成功している。本研究で提案した数値解析手法は、衣服圧分布予測法のみならず多様な織物製品の特性予測手法として多方面で利用が可能であり、その有用性が高く評価された。

本手法を実際の衣服設計に適応すれば、これまで未着手であった最適衣服設計とて有用となるばかりでなく、今後の織物製品開発においても強力なツールとなる。このような手法は従来提案されておらず、本手法を構築した意義は大きいと考えられ、工業的にも意義深いところが高く評価された。

本研究をまとめると、当たる基礎となったレフェリー制のある5報の論文を下記に示す。

- (1) 石丸園子、磯貝悠美子、松井まり子、根岸聖司、野々村千里、横山敦士：“有限要素法を用いた衣服圧分布の予測計算－スパツの衣服圧計算－、Journal of Textile Engineering、Vol.55, No.6, 179-186 (2009)
- (2) 石丸園子、磯貝悠美子、松井まり子、根岸聖司、野々村千里、横山敦士：“有限要素法を用いた衣服圧分布の予測計算－アンダーウェアの衣服圧計算－、Journal of Textile Engineering、Vol.56, No.3, 77-85 (2010)
- (3) 石丸園子、中村美穂、野々村千里、横山敦士：“人体への加圧部位の違いが心理・生理特性に及ぼす影響、人間工学会誌第46巻第5号325頁～335頁(2010年)
- (4) 石丸園子、中村美穂、野々村千里、横山敦士：“人体への加圧が圧感覚と快適感に及ぼす影響について、日本繊維製品消費科学会に投稿中(2011年3月号に掲載予定)
- (5) Sonoko Ishiamru、Yumiko Isogai、Mariko Matsui、Kenji Furuichi、and Chisato Nonomura、Atsushi Yokoyama：“Prediction Method for Clothing Pressure Distribution by Numerical Approach : Attention to Deformation by the Extension of Knitted Fabric”、Textile Research Journal、Submitted

上記5編はすべて申請者が筆頭著者である。以上の結果より、本論文の内容には十分な新規制と独創性ならびに高い学術的な価値があることを全審査員が認めた。