	さかきばら　かずひろ
氏　　名	**榊　原　一　泰**
学位(専攻分野)	博　士（工学）
学位記番号	博甲第　４７９　号
学位授与の日付	平成 19 年 9 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 3 条第 3 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	**不均質性を考慮した人体着座の数値解析手法**
	(主査)
審査委員	教授　濱田泰以
	教授　木村照夫
	教授　藤井善通
	教授　鋤柄佐千子
	准教授　横山敦士

論文内容の要旨

本論文は、着座行動が与える人体への影響を考慮した事務用椅子の評価と設計を支援する手法として、有限要素法を用いた数値解析手法を提案している。織物をはじめとする座面を構成する材料と、着座時の人体の変形挙動を表現可能な各種数値モデルを開発し、各種着座実験との比較をもとにその有効性の検証を行っている。これらの数値モデルを統合することによる着座シミュレーション手法の確立に関しての研究についてまとめたものである。本論文は４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。事務用椅子の座面設計においては着座時の体圧分布を予測することが重要であるが、現在までにその予測手法が開発されていないこと、人体の着座時の体圧分布を表現する数値解析手法の確立には、座面および人体、それぞれの変形挙動を表現しうる数値モデルの構築が必要不可欠であることを述べた。

第２章では、本研究の対象とする椅子製品座面に使用される織物について言及し、その構成素材である単糸の伸張変形のみならず断面方向の変形挙動をも表現可能な数値モデルについて述べた。織物の変形挙動を数値解析で表現するためには、織物の織構造を考慮した数値モデルの構築が必要である。織物を構成する糸の特性と織構造を考慮可能な数値モデルを構築する必要があることを指摘し、その第１段階として、糸の数値モデルの構築を行った。糸の伸張変形時にフィラメント相互の相対的移動に伴う変形挙動を表現するため、糸の詳細な変形挙動観察を行った。この観察結果より得られた知見を元にして、糸の３次元変形挙動を表現可能な数値モデルを開発し、その有効性について述べた。

第３章では、織物構造の数値モデルの構築について述べた。織物の数値モデル構築における第２段階として、数値解析で１軸および２軸伸張変形への織構造の影響を表現するため、第２章で作製した糸の数値モデルを用いて、経糸と緯糸の交差させた単位織構造を表現する数値モデルを開発した。この織物の数値モデルを用いて織物の１軸および２軸伸張特性における数値シミュレーションを実施し、実際の実験結果と比較することにより、数値モデルの有効性について述べた。

第４章では、着座時の座面に接する人体下半身の変形挙動を表現しうる数値モデルを開発した。着座時の体圧分布を計算可能な人体数値モデルとするために、人体の臀部および大腿部における

骨・筋肉の内部構造を個別に表現した数値モデルを開発した。その際には着座時の体圧分布の計算を行うことを前提にして、人体の複雑な内部構造について簡易化を行った数値モデルを採用し、その有効性について述べた。

第５章では、はじめに座面構成材料であるウレタンフォームの数値モデルについて述べた。このウレタンフォームモデルと第２章から第４章にかけて述べた数値モデルおよび手法を組み合わせて、椅子製品座面の数値モデルと着座時の人体の数値モデルを作製し、椅子製品座面に対する人体着座を表現しうる数値シミュレーション手法の構築およびその有効性の検証について述べた。また、構築した着座の数値シミュレーションを用いた、設計支援における有効性について述べた。

第６章では、各章で得られた知見をまとめ、着座の数値シミュレーション手法の構築に至るまでの各プロセスについて述べ、各章で得られた知見をまとめた。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た。

論文審査の結果の要旨

今日の生活習慣や勤務体系の変化にともない、着座時間は増加の傾向にある。そのため、ユーザーの椅子に対するニーズも変わってきており、着座が与える人体への影響を考慮した椅子製品の設計が求められている。しかしながら、椅子の性能評価は難しく、設計と着座感の因果関係は明らかにされていないのが現状である。その原因として、着座感は被験者の嗜好性によるところが強く個人差が大きいことと、着座時の人体が受ける体圧分布計測においても生体を対象にしているために行える試験内容が限られ、試作と試験を繰り返しての評価手法により、多大なコストと労力を必要とする点にある。

本論文では、これらの問題点を解決する手法として、有限要素法を用いた数値シミュレーション手法を提案し、本手法による着座時の体圧分布評価の可能性とその座面設計に対しての有用性を示した。実際の椅子製品と人体の着座を数値シミュレーション上で表現するためには、それぞれの変形挙動を表現しうる数値モデルの構築が必要不可欠とし、座面を構成するクッション体の軟質ウレタンフォームおよび座面上の織物、着座時の人体の変形挙動を表現しうる数値モデルを構築し、それぞれの数値モデルにおける再現性を確認している。

軟質ウレタンフォームにおいては、その多孔質な不均質構造から非線形かつ独特な変形挙動を有す材料であり、ゴム材料に用いる手法を適応することにより、軟質ウレタンフォームの実値データを数値モデルに適応させ、軟質ウレタンフォームの変形挙動を追従させている。

織物においても、その織構造から非線形で異方性を有する材料であるが、織物の変形挙動に影響を与えている糸の特性と織構造の要素を数値モデルに組み込むことで、織物の独特な変形挙動を表現しうる織物の数値モデルを構築した。具体的な手法としては、織物の製織工程をもとに、糸の数値モデルにより織構造を表現することで、糸と織構造の要素を反映させた数値モデルを構築している。糸の数値モデルにおいては、長手方向と横断面の特性を導入することにより、織物の変形にともなう糸の微小な変形に対応させている。これにより、織物の織構造の影響を正確に表現し、織物の変形挙動のシミュレーション手法を確立させている。

人体も織物等と同様に、複雑な内部構造を有している。しかしながら、着座時の人体の変形挙動に

限定することにより、人体の複雑な内部構造を簡略化し、骨の硬組織と筋肉、脂肪など軟組織に限定した人体の数値モデルを作製している。硬組織においては、剛体設定を施し、軟組織においてはゴムと同様の超弾性体材料として定義することで、軟組織の変形挙動に対応させている。

それぞれの変形挙動を表現しうる材料の数値モデルおよび、人体の数値モデルを最終的に組み合わせることにより、実際の人体の着座を表現しうる数値シミュレーション手法を構築している。また、座面設計の異なる条件により、着座シミュレーションおよび同様の着座実験を行い、両者の結果を比較することで、シミュレーションで実際の椅子製品と人体の着座を表現可能であることを確認している。また、異なる座面設計の違いを数値シミュレーション上で表現することにより、本論文の提案する手法が、椅子製品の設計支援のツールとしての有効であることを確認している。

本論文で提案した人体着座の数値シミュレーション手法は、実際の人体の着座を表現し、着座が与える人体への影響を予測しうる椅子製品の評価手法として、また、着座が与える人体への影響を考慮した椅子製品の設計において、製品を構成する材料の視点からも有効な指針を与えうるものとし、高く評価された。

本研究をまとめるに当たり基礎となったレフェリー制のある４報の論文を下記に示す。

(1) 榊原一泰，横山敦士：椅子座面に用いられる織物の変形挙動解析，Journal of Textile Engineering, Vol. 52, Pages 29-35 (2006)

(2) 榊原一泰，横山敦士：織物構造体の二軸荷重下における変形挙動シミュレーション，Journal of Textile Engineering, Vol. 53, 79-86 (2007)

(3) 榊原一泰，横山敦士：材料を考慮した椅子製品における座面の評価シミュレーションの開発，日本シミュレーション学会　学会誌，投稿中

(4) Kazuhiro SAKAKIBARA, Atsushi YOKOYAMA：”Sitting simulation for Pressure distribution of Human body on Office chair in Consideration of Textile on Seat surface”, Precision Engineering, the Journal of the International Societies for Precision Engineering and Nanotechnology, American Society for Precision Engineering, Submitted

上記４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。