

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	入浴姿勢の生体力学的評価とシミュレーションによる評価手法の構築
Title(English)	Biomechanical evaluation of the soaking posture in the bathwater and development of algorithm to estimate biomechanical loads
著者(和文)	中村遼太
Author(English)	Ryouta Nakamura
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11119号, 授与年月日:2019年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:中島 求,八木 透,宮崎 祐介,伊能 教夫,倉林 大輔
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11119号, Conferred date:2019/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第		号	学位申請者氏名		中村 遼太	
論文審査 審査員		氏 名		職 名		氏 名	職 名
	主査	中島 求		教授		倉林 大輔	教授
	審査員	八木 透		准教授	審査員		
		宮崎 祐介		准教授			
		伊能 教夫		教授			

論文審査の要旨（2000 字程度）

本論文は「入浴姿勢の生体力学的評価とシミュレーションによる評価手法の構築」と題し、ヒトが浴槽に浸る入浴状態の生体力学モデルを構築し、生体力学的負担を算出し評価することにより、入浴の快適性についての定量的な議論を可能とすること、および入浴姿勢や浴槽壁面からの反力（浴槽反力）を推定可能なシミュレーションによる評価手法を構築すること、の2点を目的としており、以下の全6章から構成されている。

第1章「緒論」では、本研究の背景として、入浴の歴史および我が国における入浴の現状について述べ、入浴に快適性が求められていることを指摘し、快適性を向上させるためには、不快性の原因となる生体力学的負担を可能な限り減少させることが不可欠であると述べている。また、現状では入浴の生体力学的負担の評価を定量的に行った研究は皆無であり、かつ浴槽設計の現場においては浴槽の試作と入浴実験が繰り返され多大なコストが必要となっている問題点を指摘している。そして以上を踏まえ、本研究の目的は入浴姿勢の生体力学的評価とシミュレーションによる評価手法の構築であると述べている。

第2章「入浴の生体力学的評価」では、まず本論文における生体力学的負担は関節トルクと定義し、入浴するヒトを剛体リンクでモデル化した生体力学モデルを示している。本モデルにおいては、人体に作用する外力としては浴槽反力、重力および浮力が考慮され、浴槽反力は実験による実測により、重力・浮力は既存の水泳用の力学シミュレータによりそれぞれ求められ、人体内部の関節受動抵抗の影響も考慮して最終的に関節トルクを算出する手法を構築している。そして本手法を用いて、2種類の浴槽形状の場合の生体力学的負担を算出し、実験による脱力感の主観評価との比較を行っている。その結果、生体力学的負担の傾向は主観評価と良く一致し、本論文における生体力学的負担の定義の妥当性が確認されたこと、また入浴状態においては関節受動抵抗を含むすべての力成分が無視できない大きさとなり、これらの成分をすべて考慮した本論文の生体力学モデルによって生体力学的負担が十分に表現可能であることを明らかにしている。

第3章「浴槽反力推定手法の構築」では、2章における生体力学的負担の算出において実験による実測が必要であった浴槽反力を、浴槽形状および入浴姿勢から推定する手法を構築している。まず、ヒトは何らかの制御機序に従って浴槽反力を決定しており、それはある目的関数の最小化問題として表されたとの仮定に基づき、浴槽反力、関節トルクおよび人体各部の浴槽との摩擦係数より構成される目的関数を提案している。そして実験により測定された入浴姿勢を入力として、3種類の浴槽形状のうち2種類について推定シミュレーションを行い、被験者それぞれについての目的関数内の係数を決定し、その係数を用いて残りの1種類の浴槽形状における浴槽反力の推定を行っている。その結果、本推定手法によって高い精度で浴槽反力が推定可能であることを示している。

第4章「入浴姿勢と浴槽反力圧力中心の推定手法の構築」では、入浴姿勢と浴槽反力圧力中心を推定する手法を構築している。まず、ヒトは入浴時になるべく関節トルクを最小化するように入浴姿勢を取っているとの仮定に基づき、関節トルクと関節受動抵抗トルクから構成される最適化の目的関数を提案している。次に腰部、大転子、踵部の水平方向座標を最適化の設計変数とし、その他の姿勢情報および浴槽反力の圧力中心座標を設計変数から算出する手法を構築している。そして実験により測定された浴槽反力を入力とし、3種類の浴槽形状のうち2種類について推定シミュレーションを行い、被験者それぞれについての目的関数内の係数を決定し、その係数を用いて残りの1種類の浴槽形状における浴槽反力の推定を行っている。その結果、本推定手法によって高い精度で入浴姿勢と浴槽反力圧力中心が推定可能であることを示している。

第5章「入浴姿勢の生体力学的負担の総合的推定手法の構築」では、3章と4章において提案した手法を統合し、浴槽姿勢、浴槽反力および浴槽反力圧力中心すべてを推定する手法を構築している。まず、これまでの手法の統合方法について述べ、4章の実験と同じ条件において推定シミュレーションを実施している。その結果、統合化を行っても推定値は実測値と良好に一致し、本手法の妥当性が確認されたと述べている。また本総合的推定手法の活用として、浴槽長さが十分長い場合でも発生する頸部の負担を軽減するための、頭部も支持する浴槽形状を提案し、その有効性を示している。

第6章「結論」では、本論文で得られた成果を総括し、今後の展望についても述べている。

以上を要するに本論文は、生体力学モデルを用いた力学的視点から、入浴における負担の評価およびそのシミュレーション手法の構築を初めて行ったもので、工学上・工業上貢献するところが大きい。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として十分な価値があるものと認められる。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。