

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)	Ryota 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)	要約
Type(English)	Outline

論文要約

THESIS ABSTRACT

専攻:	情報環境学	専攻	申請学位 (専攻分野):	博士	(工学)
Department of			Academic Degree Requested	Doctor of	
学生氏名:	中村 遼太		指導教員 (主):	中島 求 教授	
Student's Name			Academic Supervisor(main)		

論文題目 Thesis Title	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 Biomechanical evaluation of the soaking posture in the bathwater and development of algorithm to estimate biomechanical loads
----------------------	---

お湯に浸かる入浴は、日本人にとって古くから馴染みのある習慣である。その目的は、ただ体を温めるだけにとどまらず、リラックス効果も期待されている。先行研究では、温熱効果や生理学的效果から入浴の快適性についての議論がなされている。しかし、浴槽の形状は多岐にわたり、それに応じて入浴姿勢も異なり生体力学的な変化が生じると考えられる。申請者はこの点に着目し、入浴の快適性について生体力学の観点から議論した。本研究では、入浴の生体力学的な側面に焦点を当て、実測と計算による推定の両面から入浴の快適性についての研究を行った。

第2章では、水中かつ静的な動作である入浴に対し、浮力と関節受動抵抗を考慮して生体力学モデルを構築した。そして、被験者10名に対し、2種の浴槽形状CBとRBの2種類の浴槽形状条件の比較実験を行った。入浴時の関節トルクを軽減することにより、入浴の快適性が高められるという仮定のもと、実験計測で得られた入浴姿勢情報と浴槽反力情報から関節トルクを算出し、浴槽形状ごとの快適性について議論した。入浴姿勢と浴槽反力が浴槽条件間で変化し足関節、膝関節および腰部の関節トルクが有意に増減した。そして被験者による主観によるスコアと関節トルクとの変化の傾向が一致したことから、入浴時の関節トルクが浴槽形状に応じて増減すること、軽減されるとヒトの入浴の快適性に寄与することがわかった。さらに、入浴時の関節トルクの増減には、浴槽反力、浮力と重力そして関節受動抵抗の変化が寄与する結果が得られ、それぞれを考慮する必要があることが明らかとなった。

さらに、上記の生体力学の観点からの評価が、大きな労力と時間を要する水中での計測実験をすること無しに、効率的に行われることを目指し、関節トルクの推定手法を構築した。第3章では、関節トルクの推定に必要な浴槽反力の推定手法を提案した。浴槽反力の6成分が設計変数として設定され、力とトルクのつり合い式の制約のもと、目的関数を最小化するように設計変数を決定した。目的関数は、i) つり合いを保つ浴槽反力と ii) 姿勢を維持する関節トルクと iii) 背中に痛みを引き起こす背中の摩擦力を可能な限り最小化しているのではないかと仮定に基づき設定された。推定手法の妥当性を検証するために、被験者5名(身長 170.0 ± 5.6 cm, 体重 65.4 ± 8.8 kg)に対し、3つの浴槽条件における浴槽反力の推定値と実測値との比較実験を行い、被験者ごとの条件間平均誤差が最大4.1%と高い精度での推定結果が得られ、本反力推定手法の妥当性が示された。第4章では、関節トルクの推定に必要な入浴姿勢と圧力中心の推定手法を提案した。ヒトは生体力学的負担を最小化するように入浴姿勢を決定するという潜在意識を仮定し、目的関数を設定した。第3章と同様に、妥当性検証実験を行い、関節角度と関節トルクの推定値と実測値との比較において、全被験者を含めてそれぞれ最大誤差が6.0%、0.26%と高い精度での推定結果が得られ、推定手法の妥当性が示された。第5章では、反力推定、入浴姿勢推定とCOP推定それぞれを統合した総合的推定手法を構築し、同様に高い精度での推定値が得られ、総合的推定手法の妥当性を示した。

さらに、構築した推定手法を活用して、経験的に入浴感に大きく影響すると考えられる底面長さの影響を見るために、底面長さを1000 mm, 1100 mmそして1200 mmと調整した浴槽形状における関節トルクを推定した。その結果、底面長さが最大になる時に、主に股関節と腰部における関節トルクが小さくなった。しかしながら、底面長さが最大時にも腰部に16.4 Nmと他の関節と比較して大きな関節トルクが生じていた。この点に着目し、腰部の屈曲を軽減し関節トルクを減少させることを狙い、頭部を浴槽で支持する入浴様式を提案した。健康な成人男性7名(身長 171 ± 7 cm, 体重 64.3 ± 8.3 kg)を対象に、頭部の支持の有無を比較する実験を行い、評価を行った。その結果、狙い通り、腰部は頭部を支持することにより伸展方向に変化し、腰部の関節トルクも減少した(枕無し: 10.8 Nm, 枕あり: 4.6 Nm)。頭部を枕で支持した姿勢での生体力学的負担の軽減が定量的に示され、頭部を支持するような浴槽形状を肯定する結果が得られた。

上記の通り、本研究でこれまで明らかでなかった入浴の快適性を生体力学の観点から、定量的に議論をし、多くの知見を明らかにした。加えて、生体力学的負担の推定手法を構築し、水中での評価を簡易的に行い、浴槽形状の設計を効率的に行えるようにしただけでなく、ヒトが生体力学的負担を軽減するよう入浴姿勢を決定する制御機序を示した。また、入浴の快適性に影響するのは温熱効果や生理学効果だけではなく、生体力学的な側面も大いに影響していることを示し、入浴の可能性をさらに高めるような知見を得た。