

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)	論文要旨
Type(English)	Summary

論文要旨

THESIS SUMMARY

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

要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

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。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、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。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

(博士課程)
Doctoral Program

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻：	情報環境学	専攻
Department of		
学生氏名：	中村 遼太	
Student's Name		

申請学位 (専攻分野)：	博士	(工学)
Academic Degree Requested	Doctor of	
指導教員 (主)：	中島 求	
Academic Supervisor(main)		
指導教員 (副)：		
Academic Supervisor(sub)		

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

Several previous studies investigated comfort while soaking in hot bathwater from the perspective of thermal effects or physiology. However, few studies investigated bathing comfort from the perspective of biomechanics, although the biomechanical state in bathing, such as buoyancy on a human and the degree of muscle contraction is expected to be changed according to soaking postures. The first objective of this study was to evaluate soaking postures considering the effects of buoyancy, muscle contraction and passive elastic joint moment from the perspective of biomechanics. Experiment result showed that all the torque components due to buoyancy, gravity, reaction forces, and passive elastic joint moment contributed to the joint torques. In addition, joint torques changed among the two types of bathtub. Furthermore, the difference in joint torques between bathtub conditions suggested a potential benefit for designing bathtub shape with quantifying from biomechanical viewpoint.

However, it took a lot of effort to evaluate the joint torques during soaking in the water. Therefore, it was required to estimate the joint torque in order to conduct the biomechanical evaluation with minimal experiments. The second objective of this research was to develop an algorithm to estimate joint torque. It was assumed that a human took a soaking posture in the bathtub so as to minimize muscle exertion, that is, to minimize the joint torque as much as possible. Based on this assumption, an algorithm to estimate the joint torque was constructed as an optimization problem. In the experiment for validation, the estimated joint torques were in good agreement with the measured one. From the results, the possibility of estimation the joint torque is suggested. It also suggested that a human had an unconscious strategy to determine the soaking posture in order to minimize the biomechanical load on a whole body as much as possible.

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、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。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).