

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 2 日現在

機関番号：13601

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24700786

研究課題名(和文) 関節トルクによる寝返り動作の解析とその応用に関する研究

研究課題名(英文) Studies on analysis and application of rolling over by joint torque

研究代表者

堀場 洋輔(Horiba, Yosuke)

信州大学・学術研究院繊維学系・助教

研究者番号：00345761

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、寝返りのしやすさの定量化手法を確立するために、寝返りのしやすさの感性評価と、骨盤回旋のための回転トルクおよび骨盤のねじれを計測した。回転トルクと寝返りのしやすさの関係について検証を行なった結果、骨盤回旋に要する回転トルクが小さいほど寝返りしやすい傾向が見られた。骨盤のねじれについては、仰臥位から側臥位への寝返り動作において、側臥位になる直前に最も骨盤のねじれが大きいことが明らかになった。ただし、寝返りのしやすさの違いによって、骨盤のねじれに有意な差は見られなかった。以上のことから、寝返り動作のしやすさは寝返りの際の骨盤の回旋トルクを観察することにより定量化できる可能性が示唆された。

研究成果の概要(英文)：In order to establish a certain method to quantify a rollover ease, we have assessed, in this study, the sense of ease to roll over and measured the rotation torque and the distortion level in the pelvis. The result of examination on the association of rotation torque with rollover ease, showed a tendency that the smaller is the torque required for pelvic rotation, the easier it is to roll over. As for the pelvic distortion, it showed the largest distortion level just before the lateral position during the motion from supine position to lateral position. However no significant difference was found in the pelvic distortion, according to the difference in rolling over ease. Therefore it is suggested that the rollover ease can be quantified by monitoring the pelvic rotation torque during the rolling over motion.

研究分野：感性工学、繊維工学

キーワード：寝心地 寝返り トルク 寝具 快適性 睡眠

1. 研究開始当初の背景

65歳以上の高齢者数が2980万人となり、総人口に占める割合が今年度23.3%と過去最高を更新した我が国では、高齢者数に比例して要介護者・寝たきり老人の数も増加している(図1)。長期の寝たきり状態は、筋萎縮、骨粗鬆症、抑うつ、褥瘡などの廃用症候群につながりやすく、心身への深刻な影響が懸念されることから、厚生労働省の「ゴールドプラン」、「新ゴールドプラン」、「ゴールドプラン21」など国を挙げた取り組みが現在まで行なわれている。

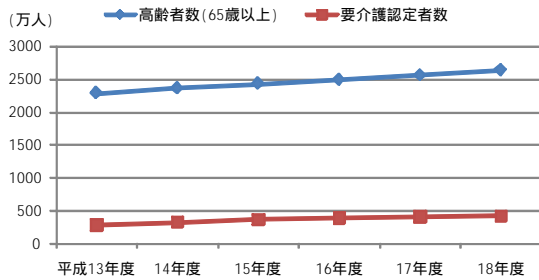


図1 高齢者数と要介護認定者数の推移

廃用症候群の代表的な症状の1つである褥瘡の予防には、長時間同じ体位を取らないこと、血圧を適度に分散することなどが効果的であるとされている。これらの予防策は、言い換えれば、寝返りを適度な間隔で行なうことが有効であることを示唆しており、このような観点から寝返りのメカニズムに関する研究がいくつか報告されている。例えば、野崎[1]は高齢者の睡眠行動をビデオ計測および筋電位計測することにより寝返りを4つのパターンに分類し、体幹および骨盤の回旋が寝返りを遂行する上で最大の課題であると結論している(表1)。また、寝返りと寝具の関係に関する研究もいくつか行なわれており、例えば、木暮ら[2]は寝返り動作とベッドの特性について心理計測と活動量計測から検証し、寝具の硬さが心理量と寝返り動作に影響することを報告している。しかしながら、上記[1,2]をはじめとする寝返りに関する先行研究は主に生理学的な研究手法が採用されており、寝返り動作に伴う生理現象の把握や特徴の抽出など定性的な議論が多く、寝返りの質など工学的に応用(例えば、寝具の設計最適化など)するために必要な知見を得るには必ずしも有効でない。

表1 寝返り動作の分類と特徴

上肢先行ひねり型	上肢回旋による上部体幹の捻りによる寝返り
下肢先行ひねり型	下肢回旋による骨盤の捻りによる寝返り
膝立回転型	膝立補助動作による寝返り
複合型	上記3パターンと空間移動

参考文献

- [1] 野崎真奈美：高齢者における寝返り動作の分類と身体特性による推奨パターンの予測，人間科学研究 18, 123-124 (2005)
- [2] 木暮貴政，西村泰昭，郭恰，白川修一郎：寝返り・寝心地を重視したマットレスによる睡眠改善効果，日本生理人類学会誌 13, 185-190 (2008)

2. 研究の目的

以上の背景から、本研究では寝返り動作における関節トルクの推定を行ない、寝返り動作における活動状態を定量的に明らかにすることを目的とする。関節トルクは関節周辺の筋群によって発揮された関節周りのモーメントを反映しており、動作における筋活動の種類や働きを推測できることが知られている。したがって、これを指標として寝返り動作を分析することにより、寝返り動作の際のメカニズム(どの筋群を、どのような収縮様式で、どのタイミングで活動させているのか)を解明することが可能になり、さらに関節トルクから関節トルクパワー、関節トルクによる仕事等を計算することにより寝返りのしやすさ(効率)についても明らかにできると考えられる。

関節トルクは歩行解析等の分野で主に分析されているが、寝返り動作に適用した例はこれまで報告されていないため、研究期間内には主に、(1)寝返り動作における骨盤の関節トルクの大小と寝返りのしやすさの関係、(2)寝返りの際の骨盤と体幹のねじれの大小と寝返りのしやすさの関係を検証した。

3. 研究の方法

(1) 関節トルクに関する実験

本実験では、寝返りにおける骨盤回旋に必要な回転トルクと寝返りのしやすさの関係性を明らかにすることを目的とし、特に「寝返りのしやすさ」における衣類と寝具の摩擦に注目し研究を行なった。

試料として用いた寝具は平織シーツを敷いた敷布団1種類とし、着衣はパジャマ、スウェット、ジャージ、デニムの4種類とした。なお、着衣の摩擦係数の大きさは、デニム>パジャマ>ジャージ>スウェットの順である。

被験者は20代の健常な男女20名とした。被験者には骨盤の回転トルクを計測するために、加速度・角速度センサを被験者の腸骨の窪みにベルトで装着した。被験者に行なわせた寝返り動作は、仰臥位の状態から右膝を立て、右足の裏で床を蹴るようにして身体を回転させ、側臥位になるまでの動作とした。また、寝返りのしやすさを計測するために、一対比較法により各試料の寝返りのしやすさについて7段階で評価させた。

(2) 骨盤と体幹のねじれに関する実験

本実験では、寝返りにおいて重要とされている骨盤と体幹のねじれを、骨格モデルを用

いて定量的に測定し、同時に官能検査も実施することにより、寝返りのしやすさと骨盤のねじれの関係を検証した。具体的には、寝返り動作のモーションデータを骨格モデルに適用し、動作中の骨格の変化を解析した。

実験試料として、硬さの異なる3種類マットレスを用意し、覚醒状態で膝立型寝返り動作（仰臥位 側臥位 仰臥位）を5回ずつ行わせた。寝返り動作は磁気式モーションキャプチャシステム（Xsens社 MVN）を用いて、各部位の軌跡と動画を記録した。また、寝返り終了後に寝返りのしやすさを一対比較法（中屋の変法）により評価させた。被験者は健常な20代男性28名を用いた。

骨盤と体幹のねじれを解析するために、3次元動作解析ソフト（C-Motion社 Visual3D）を用い、立位姿勢のマーカー座標データから、身体部位に対応したマーカーを選択して人体骨格モデルを作成した。次に、作成した骨格モデルに動作データを適用した。最後に、作成したモデルを用い、上半身のセグメントと骨盤のセグメントの脊柱周りの相対的な角度を算出し、それを骨盤と体幹のねじれとした。図2に解析の流れを示す。

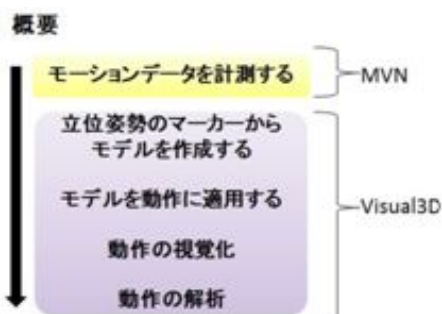


図2 骨盤と体幹のねじれの解析手順

#### 4. 研究成果

##### (1) 関節トルクに関する実験

計測により得られた角速度・角加速度から、図3のような寝返り動作におけるトルク時系列波形を算出し、波形の最大値・最小値を試料ごとに比較した。その結果、トルクの最大値においてのみ、試料間に有意差が見られた（図4）。一方、一対比較法により評価された各試料の寝返りのしやすさについては、デニムが他の3種類の試料に比べ有意に平均嗜好度が低い（寝返りしにくい）という結果が確認された。さらに、トルクと寝返りのしやすさの関係を確認するために、トルクの最大値と、寝返りのしやすさの平均嗜好度について相関を確認したところ、弱いながらも正の相関が確認された（ $r=0.599$ 、図5）。以上の結果から、寝返り際のトルクが小さいほど被験者は寝返りがしにくく、逆にトルクが大きいほど寝返りをしやすいと感じることが示唆された。この理由としては、寝返りのしにくい着衣においては寝返りに必要な回転トルクを十分に発生させることができないため、結果的に計測されるトルクが小さくなっ

たことが推測される。一方、寝返りのしやすい着衣においては、回転トルクの発生に対する着衣による拘束が少ないことから、計測される回転トルクは大きくなったものと考えられる。

以上の結果から、寝返り際の骨盤の回旋トルクの大小により、寝返りのしやすさを推定できる可能性が示唆された。

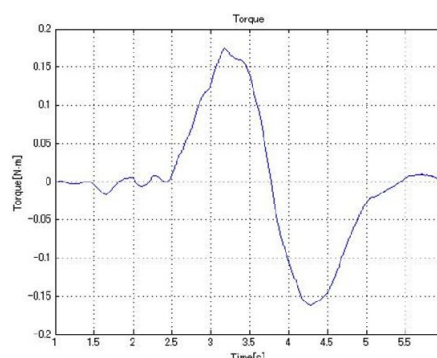


図3 寝返り動作における回転トルクの例

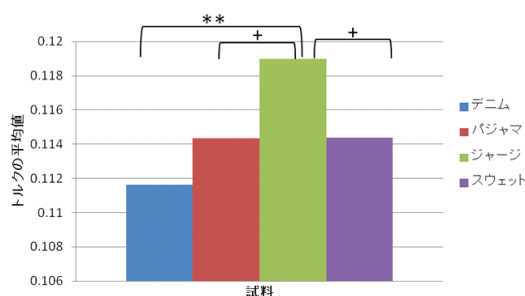


図4 各試料における回転トルクの最大値の比較

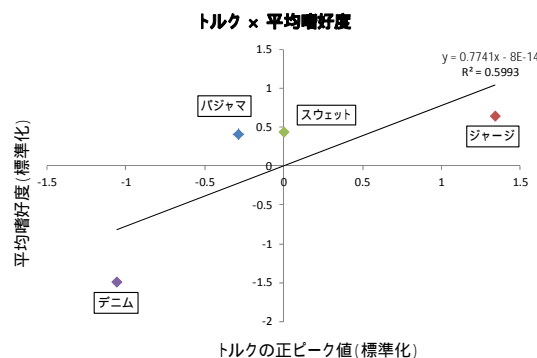


図5 寝返りのしやすさとトルクの関係

##### (2) 骨盤と体幹のねじれに関する実験

図6はモーションデータから推定した側臥位における骨格の例である。また、図7は膝立て型寝返り動作における骨盤と体幹のねじれの変化を表したものである。ねじれの値が負の場合、骨盤が肩甲帯よりも先行していることを表している。図より、寝返り開始直後は骨盤が寝返り方向と逆側にねじれていることが確認できる。また、側臥位になる直前の寝返り開始から2.5s付近において、骨

盤と体幹のねじれが最も大きいことが明らかになった。さらに、側臥位においては、骨盤と体幹のねじれは解消されておらず、およそ 7° 程度のねじれがあることが観察された。ただし、ねじれの大きさを寝具の硬さごとに比較したところ、有意な差は見られなかった。一方、寝返りのしやすさに関する官能評価においては、評価に矛盾のあるデータを除いた 19 名分の評価結果に対して検定を行なったところ、全体では有意差が見られなかったものの、硬さの嗜好別に分析したところ有意差が確認された。

今回の実験においては、寝返りのしやすさと骨盤と体幹のねじれの間に関係を確認できなかったが、本実験の計測・解析手法は寝返り動作中の骨格の変化を推定する上で有効であることから、他の部位や異なる寝返り動作を解析することなども今後行なう予定である。



図 6 側臥位における骨格モデル

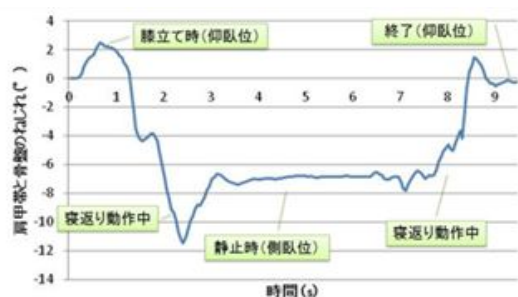


図 7 寝返り動作における骨盤と体幹のねじれ

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表](計3件)

塩崎貴大, 堀場洋輔, 乾滋, 骨格モデルを用いた寝返り動作の計測, 日本繊維製品消費科学会 2015 年度年次大会, 2015.6.28, 長野

堀場洋輔, 加速度センサによる寝返り動作の解析, 平成 26 年度第 1 回感性応用計測研究会, 2014.5.7, 長野

堀場洋輔, 福永向人, 乾滋, 渡邊沢美, 寝返りのしやすさと腰部回転トルクとの関係に関する研究, 平成 25 年繊維学会年次大会予稿集 2013, 2013.6.14, 東京

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

堀場 洋輔 (HORIBA, Yosuke)

信州大学・学術研究院繊維学系・助教

研究者番号: 00345761