

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 11 日現在

機関番号：11601

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23500579

研究課題名(和文) 関節可動域の制限によって障害される日常生活動作を予測する技術の開発

研究課題名(英文) Development of prediction method for disabled activities of daily living caused by reduced ranges of joint motion

研究代表者

増田 正(Masuda, Tadashi)

福島大学・共生システム理工学類・教授

研究者番号：00358003

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円、(間接経費) 900,000円

研究成果の概要(和文)：リハビリにおける関節可動域訓練の目標値を設定する基準を得るために、整髪や、洗顔、食事、着座、入浴動作動作等、51通りの日常生活動作について、健康な若年成人延べ50名を対象に計測した。関節角度値を計算する計算機プログラムを作成して取得したデータを処理し、被験者間での平均と標準偏差を求めた。また、計測したモーションキャプチャデータ並びにその付属情報を公開するためのWEBサーバシステムを開発した。

研究成果の概要(英文)：Fifty-one kinds of motions in daily living, such as combing hair, washing the face, eating, sitting and getting into a bathtub, were measured from 50 healthy young adults to establish objective criteria in the treatment of rehabilitation trainings. The measured motion capture data were processed with custom-made software to obtain joint angles in the standard definitions, from which the averages and standard deviations were calculated over the subjects. Web server system was developed to publish the motion capture data and their related information.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学・リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：リハビリテーション 理学療法学 動作解析

1. 研究開始当初の背景

現在、リハビリテーション治療においては、理学療法士の経験に基づいて治療が行われており、定量的な基準や目安の元に治療・評価が行われているわけではないといわれている。これに対して、近年、根拠 (evidence) に基づいた医療が求められるようになり、リハビリテーションにおいても、客観的な治療の指標が求められるようになってきた。そのため、リハビリテーション治療の場面において利用できるように、通常の日常生活動作に必要な関節角度をデータベース化しておくことは、治療方針の決定や、明確な目標設定、治療の効率化に寄与すると期待され、医療分野において重要な意義を持っていると考えられる。

2. 研究の目的

そこで、本研究では、リハビリテーション治療を行う際に、明確な目標設定を可能にするために、通常の日常生活動作を実現するために必要な関節角度のデータを取得し、また、これらをデータベースとして Web 上で公開することを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 測定方法

動作の測定には赤外線光学式モーションキャプチャーシステム (OptiTrack, Natural Point 社, 米国) を用いた。全身運動を計測するために、OptiTrack 用計測制御ソフトウェア Arena の指定する身体上の標準位置に、34 個の赤外線反射マーカを貼り、14 台の専用カメラで動作を測定した (図 1)。



図 1 モーションキャプチャーの様子

測定の対象は健康な成人延べ 50 名で、耳を触る (図 2) 等の上肢に関連した運動 16 種類 (表 1) と、下肢に関連した動作として、しゃがんだ姿勢での床へのリーチ動作 (図 3) や浴槽への出入り (図 4) など、37 種類 (図 7) を測定した。

表 1 計測した上肢関係の 16 動作

動作
耳に触れる (同じ側)
耳に触れる (反対側)
わきの下に触れる (同じ側)
わきの下に触れる (反対側)
会陰部に触れる (後方から)
背中に触れる (下方から)
ボタンを締める (首の位置)
ボタンを締める (へその位置)
ネックレスをかける
髪をとかず
顔を洗う
口に触れる
額に触れる
グラスに水を注ぐ (座って)
グラスで飲む (座って)
スプーンで食べる (座って)

(2) 関節角度の定義

OptiTrack で得られた動作の関節角度データは bvh 形式のファイルで出力できるが、通常、医学分野で用いられている定義とは異なる。そこで、国際的に用いることが推奨されている、ISB (国際バイオメカニクス学会) の定義に基づいた角度に変換した。



図 2 利き手と同側の耳を触れる動作。人体グラフィックソフト Poser での出力例。

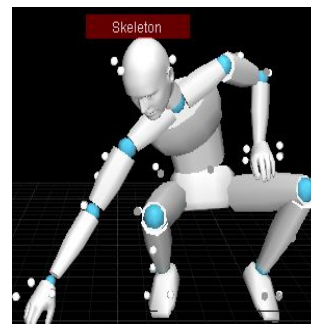


図 3 しゃがんだ姿勢での床へのリーチ動作。OptiTrack 用ソフト Arena での出力例。

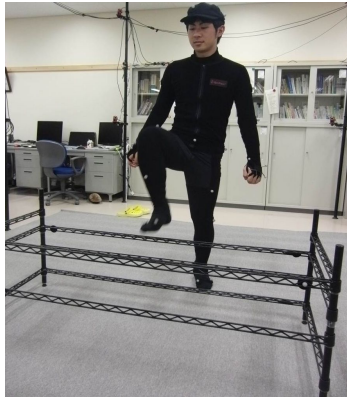


図4 模擬浴槽への出入り動作

### (3) ピーク時点の検出方法

データベース化の際には、それぞれの動作に対して最も稼働範囲の大きい関節を決め、その関節角度の最大値（ピーク時点）を検出し、その時点での姿勢を決定するものとした。また、検出には専用プログラムを自作した。プログラムの内容は OptiTrack から得た bvh ファイルデータを読み込み、動作ごとに予め決められたピーク検出角に基づいて、各動作のピークとなる姿勢の全ての関節角度データを ISB の定義に変換し抽出するというものである。

### (4) システム開発の方法

モーションキャプチャーデータを公開するシステムを開発するにあたり、データベース作成には Web アプリケーション用フレームワーク Ruby on Rails を用いた。また、動作データを動画で表示するために JavaScript を使用した。さらに、関節角度の推移グラフ作成には、JavaScript 用のグラフ描画ライブラリ Flotr を使用した(図5)。これらの開発を行うための開発環境として、Aptana Studio 3 を使用した。

## 4. 研究成果

(1) 図6に肩関節の挙上角についての結果を示す。横軸の動作は、先行研究(Aizawa et al., 2010)において、角度が小さかった順序に並べた。これを見ると、先行研究における角度の大小順がほぼ再現できていたことが分かる。一部で、先行研究と比べると差が出たところがあったが、それらは実験環境、計測装置の違い、動作指示の違い等に起因するものと考えられた。たとえば、口に触る(Touching the mouth)では、先行研究の平均値と  $20^\circ$  の差があった。これは、今回、キャプチャースーツにつけたマーカーに触れないように動作を行った結果、肩が少し上がってしまったためではないかと思われる。

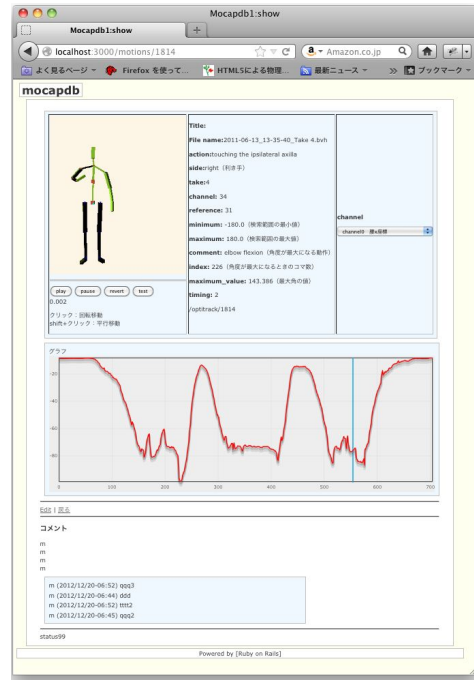


図5 データベースの詳細表示画面

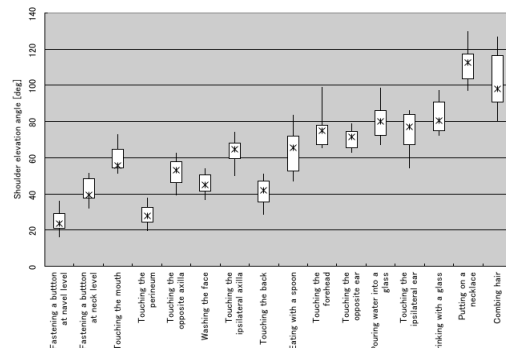


図6 肩関節挙上角の箱ひげ図

星印は中央値、箱は 25%-75%、ひげは 5%-95% の値を示す。

(2) 図7には下肢を中心にした37動作を実行中の股関節屈曲角度の平均値とSD(標準偏差)の結果を示す。しゃがんだ状態での床へのリーチ動作や、浴槽からの立ち上がり時などで股関節の屈曲角度が大きくなることが分かった。

股関節屈曲角度の平均値が一番大きかったのは、浴槽からの立ち上がりで、 $108.2 \pm 9.2$  度であった。浴槽に入っている状態では、脚を伸ばした長座位で、そこから股関節を屈曲させて利き足側に体重を乗せる際に最も屈曲角が大きくなった。

股関節屈曲角が2番目に大きくなったのは、蹲踞位での体幹回旋を伴う床へのリーチ動作の内、利き手側に腕を伸ばす動作で、 $105.0 \pm 12.0$  度であった。これに引き続き、前方へのリーチと利き手反対側へのリーチ

も、 $102.2 \pm 11.3$  と  $96.8 \pm 14.4$  度と、90 度以上の大きな値を示した。これは、蹲踞位自体で屈曲が大きかったことに加え、それを利き手側にリーチすることにより、さらに角度の積み増しがあったためである。

(3) 膝関節の前後屈曲角度で一番値が大きかったのは蹲踞位での利き手同側へのリーチ動作で、 $154.7 \pm 4.6$  度であった。

同じ、蹲踞位でのリーチ動作では、前方で  $153.0 \pm 4.6$  度、利き手反対側で、 $152.3 \pm 6.8$  度で、同程度の値であった。このことから、蹲踞位をとったことで、膝関節の最大屈曲に近い値を示したことが分かる。

同程度の膝関節屈曲は、浴槽からの立ち上がりでも見られた。利き足側で立つ場合には、 $153.4 \pm 9.7$  度と大きかったが、SD の値が大きくばらつきが目立った。

(4) 今回得られたデータが活用できるのは、リハビリテーション治療における目標設定や研究、治療効果の評価をする場合だと考えている。例えば、日常生活で、髪をとかすことを自力で行うまでの必要は無いが、食事は自力で行いたいときには、スプーンを使って食事をする動作に必要な関節角度を参照し、それを目標に関節可動域を拡大する理学療法を行うことなどが考えられる。

(5) また、各関節角度の X 軸、Y 軸、Z 軸方向ごとの角度を表示できるなど、詳細なデータも得られるため、リハビリテーションの研究者が活用することも期待できる。

本システムはデータのアップロードも短時間で済み、容易であるため、大量のデータにも対応できる。多くのデータが得られればさらに信頼性の高いデータベースとなることが期待できる。

(6) これからの課題として、データの追加が挙げられる。まず、被験者の年齢について、現在本システムにあるデータは健康な 20 歳代の成人が主であるため、特に高齢者を中心に広い年代のデータの収集し、アップロードすることが望まれる。高齢者については、健康な人であっても、関節可動域が小さくなっていて、日常生活動作を行う際の動作パターンにも変化が生じていると予想されるので、実際にどのような変化が生じているのかを明確にする必要がある。

さらに、体格による違いを考察するためにも、幅広い身長や体重の被験者データを収集する必要もある。

また、動作の種類も上肢、下肢だけでなく全身運動等、さらに幅広いデータも追加することが望まれる。

今後、既に実装済みのコメント機能を利用することにより、ユーザのフィードバックを受け付け、システムの改良や、動作の追加、被験者の追加に取り組むことを検討してい

る。

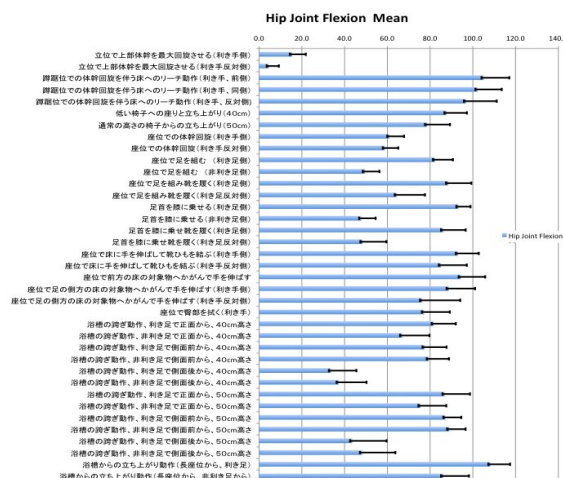


図7 下肢に関する 37 動作中の股関節最大屈曲角度の平均と標準偏差

## 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)

〔雑誌論文〕(計 1 件)

Aizawa J, Masuda T, Hyodo K, Jinno T, Yagishita K, Nakamaru K, Koyama T, Morita S, Ranges of active joint motion for the shoulder, elbow, and wrist in healthy adults, *Disability and Rehabilitation*, Vol. 35, No. 16, 2013, pp. 1342-1349

〔学会発表〕(計 1 件)

近野 浩嗣、益満 愛美、増田 正、モーションキャプチャー装置を用いた日常動作のデータベース化、日本電気生理運動学会、2013

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

増田 正 (MASUDA, Tadashi)  
福島大学・共生システム理工学類・教授  
研究者番号：00358003

### (2) 研究分担者

森田 定雄 (MORITA, Sadao)  
東京医科歯科大学・医学部附属病院・准教授  
研究者番号：20202426

相澤 純也 (AIZAWA, Junya)  
東京医科歯科大学・医学部附属病院・その他  
研究者番号：60376811