

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 4 月 21 日現在

機関番号：84510

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25350037

研究課題名(和文)屋外対応型ウェアラブル・モーションキャプチャーシステムのデザイン

研究課題名(英文)Design of wearable motion capturing system that can be used outdoors

研究代表者

後藤 泰徳(Goto, Yasunori)

兵庫県立工業技術センター・その他部局等・研究員

研究者番号：70470242

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：デザインの全体構想は、屋外でも使用可能なウェアラブル・モーションキャプチャーシステムを開発することである。これにより研究室外の日常空間などで人間工学的な動作や姿勢のモニタリングを可能にするとともに、工業製品の人間工学的価値の向上に資する。

本研究では、被験者が自身に装着した各関節の計測モジュールからの動作データを自身のスマートフォンに記録する方式を開発した。これにより、実験に要する人員や場の制約が減じ、気軽にデータ収集することが可能である。

研究成果の概要(英文)：We design a wearable motion capture system that can be used outdoors. It allows to monitor motion of the joints of the body and not in a laboratory but in life scenes. If we will get 3D data of motion of the joints in life scenes easily, we can have many products improved ergonomic value. We tried to persons themselves experiment alone without any help of staff and equipment. It's a plan of the integrated wearable motion capture system is consisted of electronic measurement modules for capture movement of the joints and the smart phone for data logging them.

研究分野：デザイン学

キーワード：モーションキャプチャー デジタルヒューマン エルゴノミクス

1. 研究開始当初の背景

(1)優れたプロダクトデザインのためには、被験者による人間工学的な計測や評価実験が必要である。特にモーションキャプチャーは映画やゲームなど映像制作での使用を前提としており、動作評価に優れた性能を有するが、限られた開発期間の中で開発コストを考えなければならない工業製品のデザインには敷居が高い。設計改善のための人体の姿勢や動作計測が場所を選ばず、簡便かつ安価にできることで、日常での人体動作データを得ることが容易になれば、工業製品の人間工学的価値の向上が図ることができる。また、学術的な観点からも日常生活シーンの中で屋外活動での姿勢や動作のデータロギングが簡易に行えるので、人体の姿勢・動作データの蓄積が進むと考えられる。

2. 研究の目的

(1)研究の全体構想は、屋外でも使用可能なウェアラブル・モーションキャプチャーシステムを開発することである。これによりスタジオ以外の日常空間などで人間工学的な動作や姿勢のモニタリングを可能にする。

モーションキャプチャーはカメラが発光する赤外線をマーカの反射光から位置計測するシステムや磁界発生源、磁力計測部によるシステムなどがあり、リアルな動きをデータとして取ることができるが、いずれも高額であり、赤外線方式は専用スタジオを必要とする。また、マーカやセンサを関節部位に個別に装着しなければならない。近年出てきたキネクトにしても、モニターとカメラの前での動体撮影が前提である。そこで、各関節に動作量を計測する関節計測モジュールと、その変移量を同時計測する通信モジュール、データロギングを担当するスマートフォンにより、低コストで人体の動きをキャプチャー可能なウェアラブル・モーションキャプチャーシステムをデザインした。このシステムは日常生活シーンや、屋外活動での姿勢・動作のデー

タロギングが簡易に行えるのが最大の利点である。

3. 研究の方法

(1)はじめに関節計測システムの基本設計と試作を行った。各関節部位の動きを計測するために、複数軸用の関節計測モジュールを各々の関節部位動作に合わせて CAD により設計し、RP (ラピットプロトタイプング) を用いて、図2のように試作した。設計上、ケーブルが絡まず、ポテンショメータ故障時にも交換が容易になるような形状や構成に配慮している。

さらに、この関節計測モジュールのプロトタイプをGainerに接続し、Flashにより、3軸の回転変移量を視覚化した。Gainer(ゲイナー)とはアーティストやデザイナーがユーザーインターフェースやメディアインスタレーションを製作するための開発環境である。

Gainerを利用することにより、センサからの情報をPCに取り込み、PCから制御を行うことができる。Gainerは誰でも簡単に使える開発ツールキットとして開発され、アドビ社製グラフィックソフト「Flash」を用いて動的なGUIのデザインが可能である。

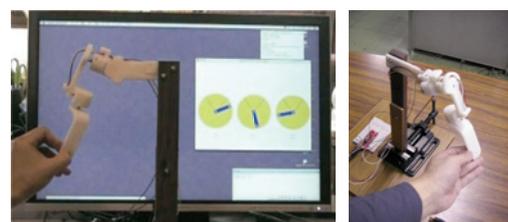
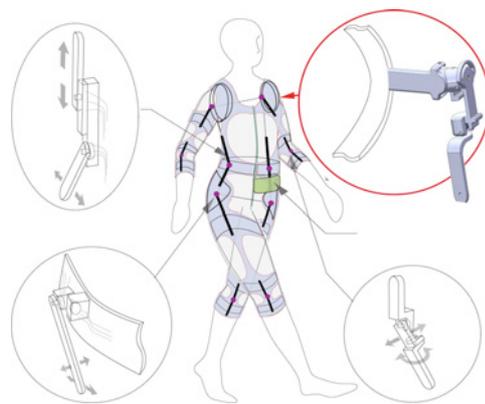


図1 肩関節計測モジュールの初期モデル

(2)次にこのプロトタイプをもとに、人体動作に沿うよう関節計測モジュールをリデザインした。図2は肩関節計測モジュールをコンパクトにリデザインしたものである。肩の関節をまたぐようにして肩甲骨と上腕骨に装着することを想定し、CADアプリケーションSolid Worksを使用して設計した。図2実写部分は3B社製肩関節模型である。肩関節の構造を確認しながら、肩関節計測モジュールの設計を進めた(図は、CADデータ画像と肩関節模型をアドビ社製フォトショップで合成したもの)。

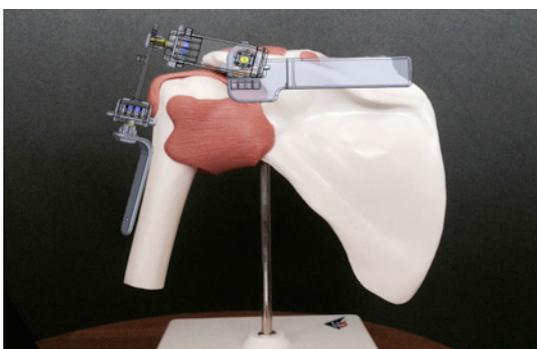


図2 肩関節計測モジュールの再設計

肩関節の動きは他の関節にくらべて複雑で、鎖骨の回旋を伴ってはじめて肩甲骨を60度程度挙げることが可能になる(①)。鎖骨の回旋がなければ、上肢は30度程度しか、頭上方向に上げることしかできない。したがって、肩関節計測モジュールの肩甲骨にあたる部分と肩甲骨を程度固定し、動きに追従するようになる必要がある。以上の点を考慮しながら、デザインを進めた。

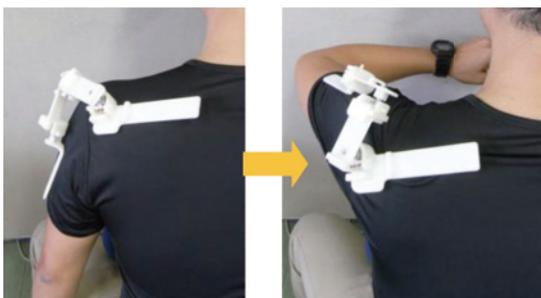


図3 肩関節計測モジュールのモデリング

この設計データを3Dプリンタで出力したのが図3である(アクリル系紫外線硬化樹脂製)。肩甲骨と上腕骨に装着し可動した結果、上腕の動きに良好に追従した。

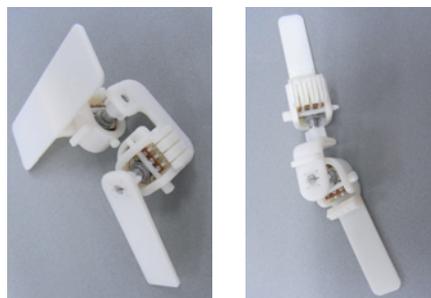
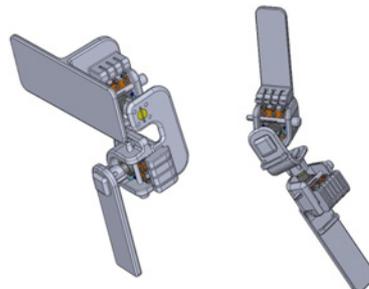


図4 股関節(左)と肘(右)の関節計測モジュールの設計とプロトタイプング

図4は股関節計測モジュールと肘関節計測モジュールである。人体の股関節は屈伸・屈曲、回内・回外、内・外旋の3軸からなる動きであるが、現状の股関節計測モジュールでは2軸までしか対応していない。この点が今後の改良課題である。人体の肘関節は屈伸・屈曲、内・外旋であるが、肘関節計測モジュールはこの動きに対応している。

また、その他の設計上の留意点として、ポテンシオメータを交換できるように、2本のピンを外せば取り出せるようにした。半田付

け部分についても、動作中、最も故障しやすいと想定されたので、引き抜けないように導線を挟める形状にした。

次に、これまでデザインした関節計測モジュールをより人体に沿うようにするため、モジュールの一部を柔らかい素材に設定し、ポテンシオメータ周辺は回転運動を妨げないよう硬い樹脂を設定して再設計（いわゆる傾斜設計）した後、3Dプリンタで出力した。現在使用している3Dプリンタの機種（㈱ストラタシス・ジャパン社製Connex500）は同一部品の中で、部位別に硬度を変更することが可能である。これにより、ゴムのような柔らかい造形が可能である。

この機種はラバーのような素材（ただし、ラバーそのものではないので、弾性変形はしない）なので、図5左のように変形可能である。人体への接触部分にこの素材を用いることで、身体部位の曲面に沿って変形しながらフィットすることが可能になった。この機能を活用した傾斜設計により、図5右写真のように身体に沿う計測モジュールを製作することができた。



図5 硬軟素材を用いた傾斜設計による3Dプロトタイプピン

(3)次に通信モジュールを開発した。Gainerでは、4CH までしか信号入力ができないので、本研究では独自の通信基板と通信ソフトウェアの開発を行った。

まず、人体の動きを左右上下半身4つのブロックにわけ、各々に最大6軸の関節回転運動時におけるポテンシオメータの電位差を捕捉するハブ基板を設置し、3Dプリンタで出力したウエストポーチ状の樹脂製ボックス（図6）内部に設置する基板（以後、「通信モジュール」と呼ぶ）にフラットLANケーブルで連結する。フラットLANケーブルを用いたのは身体に沿いやすくするためである。この通信モジュールは最大36軸のポテンシオメータの変移量をA/D変換=デジタル化し、Androidスマートフォン、またはタブレットにBluetooth無線で送ることが可能である。スマートフォンのSDを介してデータをPCに渡す方式により、動作解析はPCで行うことができる。

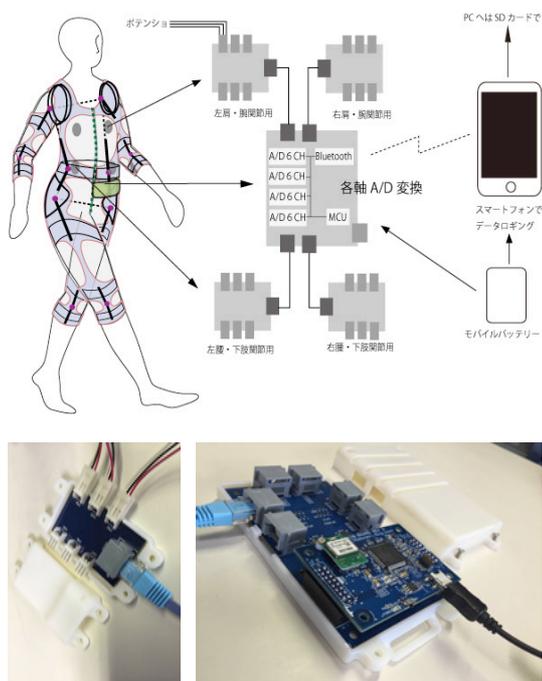


図6 各計測モジュールの動作データをスマートフォンに送る通信モジュール

(4)ウェアラブル・モーションキャプチャーシステムは、腰に付けたスマートフォンに自身の動きを記録することを前提としているが、実験環境によっては被験者と計測者に分かれた方がよい場合もある。この場合は、被験者が各関節計測モジュールと通信

モジュールを装着し、観察者が離れた場所からタブレット端末に動作データを Bluetoothで受信し、計測をモニタリングすることができる。スマートフォンの場合は、基本的にデータログの開始・停止ボタンのみであるが、タブレットの場合は、実験者が被験者の各関節の動きを視覚的に追跡可能にするため、複数関節の動きを視認できるような画面デザインにした（図7）。

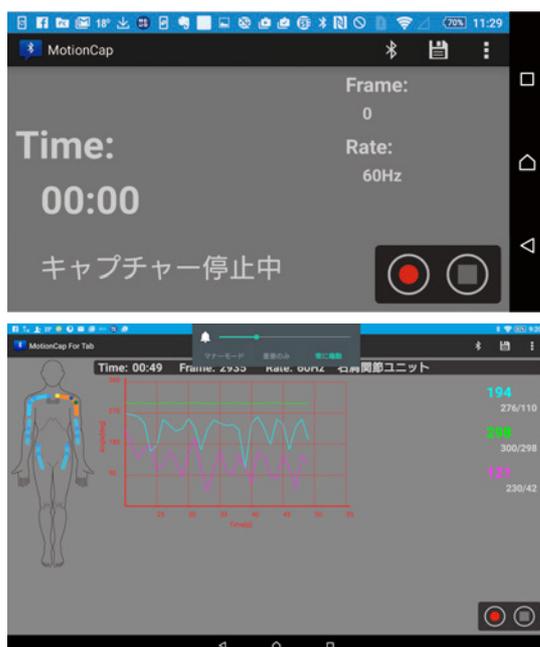


図7 データロギングGUI画面
上：スマートフォン、下：タブレット

4. 研究成果

(1)以上の開発経過を経て、場所を選ばず屋外でも動作計測可能なシステムが完成した。このシステムは全身の動作測定だけでなく、開発対象である製品によって、測定する身体部位に応じたカスタマイズが可能である。例えば、可搬工具の動作検証であれば、被験者の利き腕側上肢のみで良いので、装着ウェアも鷹匠が着けるような腕部のみのシンプルなデザインの方が、測定モジュールの装着も容易になり、被験者の負担軽減と実験効率が向上すると想定される。本システムでは、各関節計測モジュールと通信モジュール、デー

タ記録部（スマートフォン、またはタブレット）と、機能・部位別にモジュール化したことで、このような目的に応じたカスタマイゼーションが可能である。

また、このシステムによる計測データは筋骨格モデル機構解析システム等のデジタルヒューマンソフトウェア系アプリケーションを用いることで、動作・姿勢評価が可能である。図7はスマートフォンの関節計測モジュールの1計測データを筋骨格モデルシミュレーションアプリケーション AnyBody で解析した例である。上腕の前方への回転方向の関節ポイントに、SD を介してデータを PC に渡して計測モジュールのデータ（CSV 形式）読み込み、シミュレーションしたものである。

今回の研究目的はこの一連の計測システムをデザインすることであり、当初の目的は達成した。今後は、この図7のように実際の

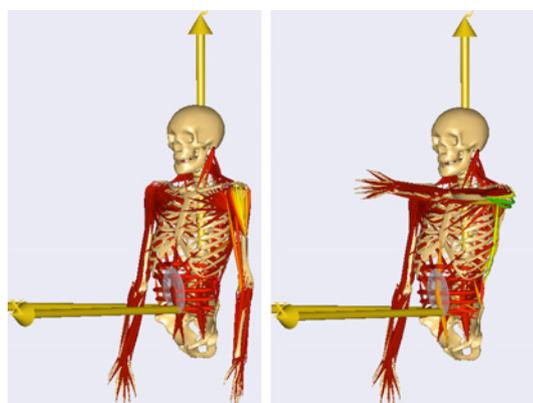


図7 動作データからの筋骨格モデルシミュレーション例

計測において活用し、各種工業デザイン開発のための人間工学的シミュレーションに活用する方針である。

また、各関節計測モジュールについても、その基本形は完成したが、今後はさらに用途に応じたカスタマイズ設計を進めるとともに、角度計測以外のセンサとの併用による統合的な動作測定環境形成へと展開して行きたい。

<参考文献>

①Rene Caillet 著, 荻島秀男訳, 運動器の機能解剖, 第4章, 肩の機能解剖, 医師薬出版 2000, pp. 108-09.

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0件)

[学会発表] (計5件)

①ウェアラブル・モーションキャプチャーの関節計測モジュール、後藤 泰徳 他、日本デザイン学会、第62回春期研究発表大会、D3-03、2015

②屋外対応型ウェアラブル・モーションキャプチャーシステムの開発経過報告、後藤 泰徳 他、2015年度第4回デジタルヒューマン技術協議会、産業技術総合研究所・人間情報研究部門デジタルヒューマン研究グループ、2015

③屋外対応型ウェアラブル・モーションキャプチャーシステムのデザイン、後藤 泰徳 他、日本設計工学会(幹事学会)、日本機械学会、精密工学会、日本建築学会、日本デザイン学会、Design シンポジウム講演集、1207、2014

④屋外対応型ウェアラブル・モーションキャプチャーシステムのデザイン、後藤 泰徳 他、日本人間工学会第55回大会講演集、pp.232-233、2014

⑤屋外対応型ウェアラブル・モーションキャプチャーシステム、後藤 泰徳 他、国際フロンティア産業メッセ、ポスター発表、神戸国際展示場、2014

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：

番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況 (計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

[その他]
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

後藤 泰徳 (GOTO) Yasunori
兵庫県立工業技術センター・生産技術部・
上席研究員

研究者番号：70470242

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：