

令和元年9月3日現在

機関番号：84510

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2016～2018

課題番号：16K00737

研究課題名（和文）シニア向け携行型歩行動作・動線追跡システムのデザイン

研究課題名（英文）Design for portable senior's walking movement trace

研究代表者

後藤 泰徳（Goto, Yasunori）

兵庫県立工業技術センター・技術企画部・技術支援室長

研究者番号：70470242

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,600,000円

研究成果の概要（和文）：後期高齢者のQOL向上のためのデザインを行う上で、高齢者の歩行特性を知ることがますます重要になっており、そのためには、歩行時の3次元動作や動線のデータを収集し、分析することが必要である。しかし、現状のモーションキャプチャーは実験環境の整ったラボで行うこと前提としている。そのため、ほとんどの3次元動作データは比較的若い健常者のものである。そこで後期高齢者の歩行データを居住地域に近い公的施設で収集可能にするため、シニア向け携行型歩行動作・動線追跡システム開発を目指した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

健康的な生活をおくる上で、歩行は欠かせない動作の一つであるが、近年、高齢化社会が進み、特に後期高齢者の筋肉減少症（サルコペニア）等に起因する歩行障害が日常生活動作能力（ADL: Activities of Daily Living）の低下につながることで指摘されるようになった。「歩行」は人間にとって重要な移動機能であり、その機能低下が生活機能の低下を招くので、その予防は重要であるとされる（2）。そのためにも、後期高齢者の歩行データの収集は有意義であると考えた。

研究成果の概要（英文）：As the later-stage elderly population will continue to grow more, “locomotive syndrome” is focused. Locomotive syndrome is a condition that reduces mobility due to musculoskeletal ambulation disorder, and it needs long-term care. As gait disorder is increasing, Activities of Daily Living (ADL) of the later-stage elderly is decreasing. In such situation, it is important that senior's walking movement are recorded and collected. But now, it is difficult to collect data of senior's walking movement because of motion capture is located on studio in Laboratory. Therefore, I try to design portable senior's walking movement trace system.

研究分野：工業デザイン

キーワード：高齢者 歩行 モーションキャプチャー

## 1. 研究開始当初の背景

健康的な生活をおくる上で、歩行は欠かせない動作の一つであるが、近年、高齢化社会が進み、特に後期高齢者の筋肉減少症（サルコペニア）等に起因する歩行障害が日常生活動作能力（ADL: Activities of Daily Living）の低下につながることで指摘されるようになった。日本整形科学会は、「ロコモティブシンドローム（運動器症候群）= 運動器の障害による要介護の状態や要介護のリスクの高い状態という概念」を提唱している。ロコモティブシンドロームでは、「歩行」は人間にとって重要な移動機能であり、その機能低下が生活機能の低下を招くので、その予防は重要であるとされる。そのためにも、後期高齢者の歩行データの収集は有意義であると考えた。

## 2. 研究の目的

これまで収集が困難であった後期高齢者の歩行データの蓄積が進むことで、歩行特性の分析が進み、後期高齢者の生活環境改善のためのガイドラインのような設計指針の構築が可能になるばかりでなく、高齢者自身も歩行特性をよく知ることで予防が可能になり、QOLの向上を図ることができる。そのためにも、後期高齢者の歩行データの収集は有意義であると考えた。

しかし、現状のモーションキャプチャーは実験環境の整ったラボで行うことを前提としている。そのため、ほとんどの三次元動作データは比較的若い健常者のものである。そこで後期高齢者の歩行データを収集可能にするため、シニア向け携行型歩行動作・動線追跡システム開発を計画した。

## 3. 研究の方法

### 3.1. 開発コンセプト

後期高齢者のQOL向上のためのデザインを行う上で、高齢者の歩行特性を知ることがますます重要になってきたが、現状のモーションキャプチャー（マーカの反射光から位置計測するシステム等）は、リアルな動きをデータとして取ることができるものの、基本的に実験環境の整ったラボで行うこと前提としている。そのため、ほとんどの三次元動作データは比較的若い健常者のものである。後期高齢者の歩行データを収集するためには、実験者が、比較的集まりやすい居住地域の福祉施設などに出向き、行えるようにすることが望ましい。その実現のためには、

実験機器を携行できるようにすること

着衣の上からでも測定機器を装着できること

限られた時間で、複数の被験者のデータ収集が可能なこと

計測データをラボに無線通信により集積すること

...が必要であると考えた。

そこで、複数の関節角度を同時計測できる関節計測モジュール（平成25～27年度科研費研究で開発）をベースに、新たに開発した動線追跡機能と組み合わせて実験者が携行し、着衣の上からでも装着でき、Android端末を活用して複数被験者のデータ収集を可能にするシステムデザインを試みた。このシステムでは、下肢各関節に装着した関節計測モジュールで計測した各関節の回転角度情報をAndroid端末にBluetooth通信で送信する仕組みになっている。

### 3.2. 関節角度計測ウェアのデザイン

歩行動作を捕捉する装着部は図1,2のようになっている。脚部各関節の回転角度を計測する関節計測モジュールを左右脚の股関節、膝、足首、MP関節に配置した着衣型の装置を下肢に装着する。被験者の背中には、関節計測モジュールとLANケーブルで接続したBluetooth通信機能を内蔵したボックスが配置されている。これにより、タブレットまたはスマートフォン端末等に、歩行時の下肢各関節の回転角度計測データをリアルタイムで送信可能である。関節計測モジュールは、関節の回転角度を計測するポテンショメータが3Dプリンタで造形したケースで被われている。その両端部はさらにEVA製（Ethylene-Vinyl Acetate /エチレン-酢酸ビニル共重合樹脂）部材に接合され、さらにこのEVA製部材は下肢装着のための伸縮性ベルトに連結されている。EVAは柔軟性と弾力性を持つ素材で、これにより大腿や下腿表面に沿う形状設計が可能になった。図3は実際に装着したときのもので、当初のコンセプトのとおり、着衣の上から装着することができる。関節計測モジュールの屈曲動作追従性能に関しても良好で、一番難しいであろうと想定していたMP関節の回転角度を計測するためにシューズに取り付けた計測モジュールも靴の屈曲動作に良好に追従した（図4）。この結果は、回転機構を受け持つポテンショメータ部分のケーシングを硬い素材で被うことで回転動作を確保し、逆に身体への接触部は三次元的な形状に沿うようにフレキシブルな素材を用いた傾斜設計によることで得られたと考えている。

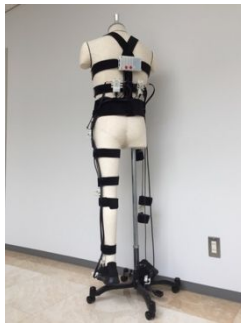


図1 装置外観



図2 側面から見た図



図3 着衣の上から装着可能

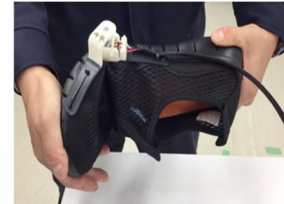


図4 靴の屈曲動作に追従

### 3.3. 動線追跡機能のデザイン

動線追跡に関しては、計画当初では複数のWi-Fiのアクセスポイント(AP)を設置し、出力電波強度RSSIを被験者に取り付けてあるスマートフォン内蔵のWi-Fiモジュールからアプリケーションで検出して位置を推定する方式を考えていたが、基本的に歩行計測の場合は、直線上を歩行する動作を計測するので、二次元的な動きを捕捉する必要がないため、光学式距離計測装置によることにした。

測距センサ(GARMIN社製LIDAR-LITEv3：公称測定範囲5cm～40m、解像度1cm)を用いた。被験者の胸部に装着、または計測者による計測の両方が可能である。このセンサを用い、図5のような計測器を開発した。



図5 製作した距離計測装置

3Dプリンタで造形したABS製外装（W220×H36×D93[mm]）の中に オフライン計測スタート・ストップボタン 電源スイッチ 情報表示OLEDディスプレイ(128×64dot) ステータス表示LEDを内蔵し、3.7v/900mAリチウムポリマーバッテリーを搭載。市販のUSB充電器を使用し充電を行うことが可能である。また、Bluetooth接続にて、スマートフォンやPCで操作やデータ取得が可能で、測定周期はウェアラブルモーションキャプチャと同様30Hz、60Hzで選択可能である。また、短距離、長距離測定優先モードをコマンドにて設定可能である。さらに、Bluetooth未接続時でも単体で距離計測可能である。センサマウントは90、0、-90°で角度調節できる。また、OLEDディスプレイからBluetooth接続状態や測定値を確認できる。

### 3.4. 計測方法

計測方法は以下のように設定した。関節角度計測ウェアを装着した被験者を床上に設置したライン上を左右脚3ステップずつ直進し（図6）、その時の下肢各関節角度の遷移と同時に移動距離を同時に計測する。下肢各関節角度は関節角度計測ウェアで計測し、移動距離は光学式距離計測装置が受け持つ。

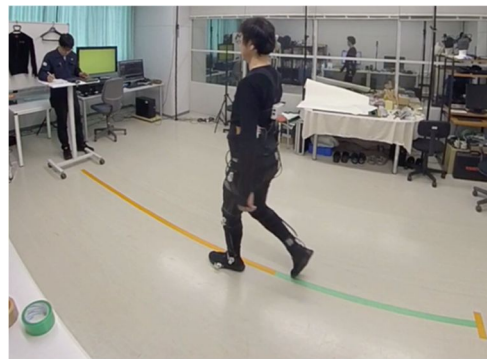


図6 計測風景

### 3.5. 計測のインターフェイスデザイン

関節角度計測ウェアで計測された関節角度と、光学式距離計測装置で計測された移動距離データはBluetooth通信によりAndroid端末に送信される。図7はその時のAndroid端末の画面で、図の上部が移動距離の変位（距離センサ変位）で、下部が左右脚各関節の角度（軸センサ変位）である。タブレット画面上で、計測時の下肢の挙動と移動距離をリアルタイムでモニタリング可能である。左右脚各関節角度表示は、L1 = 左股関節、L2 = 左膝、L3 = 左足首、L4 = 左足（MP関節での屈曲角度）、R1 = 右股関節、R2 = 右膝、R3 = 右足首、R4 = 右足（MP関節での屈曲角度）を示している。

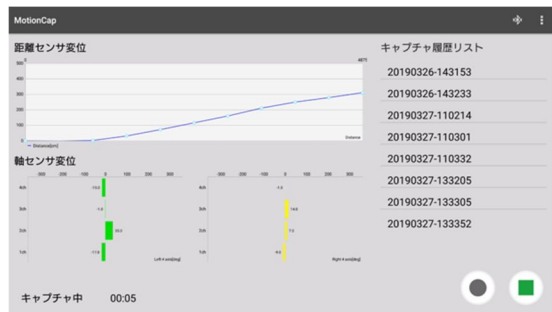


図7 端末画面 / データモニタリング表示

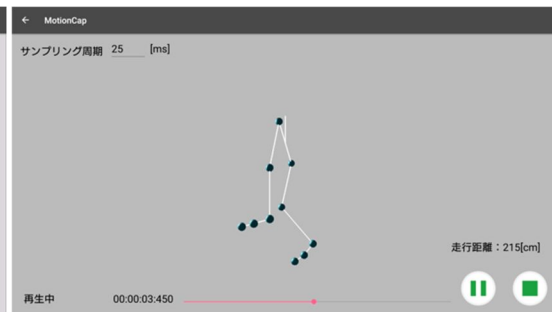


図8 歩行結果三次元再生

計測終了後の関節角度と移動距離の計測データは自動的にファイル保存される（キャプチャー履歴リスト）。キャプチャー履歴リストで任意のファイルを任意に選択した後、「下肢関節

角度の遷移 = 歩行の様子」に関しては、図8のように三次元的な歩行動作の様子をプレビューすることができる。また、この三次元ビューは、ドラッグすることにより視点移動しながら、歩行動作を確認することができる。

### 3.6. 計測データの外部出力

計測終了後の関節角度と移動距離の計測データは、キャプチャー履歴リストとして保存されるとともに、CSV形式で出力可能である。電子メールまたは、メディア（SDカード）を介し、PCやサーバで各種ソフトウェアデータ処理することができる。下肢の各関節角度であるL2 = 左膝、L3 = 左足首、L4 = 左足（MP関節での屈曲角度）、R1 = 右股関節、R2 = 右膝、R3 = 右足首、R4 = 右足（MP関節での屈曲角度）をCSV形式で出力し表計算ソフトウェアで表示することができる（図9）。

図9のうち、上図では下肢各関節角度の遷移結果をグラフ化して表示し、下図では移動距離の遷移結果を表示している（横軸の単位はミリ秒 = 1,000分の1秒）。また、CSV形式で出力した下肢各関節角度の遷移データは動作シミュレーションソフトウェアに読み込んだ結果、デジタルヒューマンで計測した関節角度データから、歩行動作を再現可能であったことが確認できた。図10は人体動作シミュレーションソフトウェア「ANYBODY」に関節角度の遷移データを読み込み、画像表示した結果である。

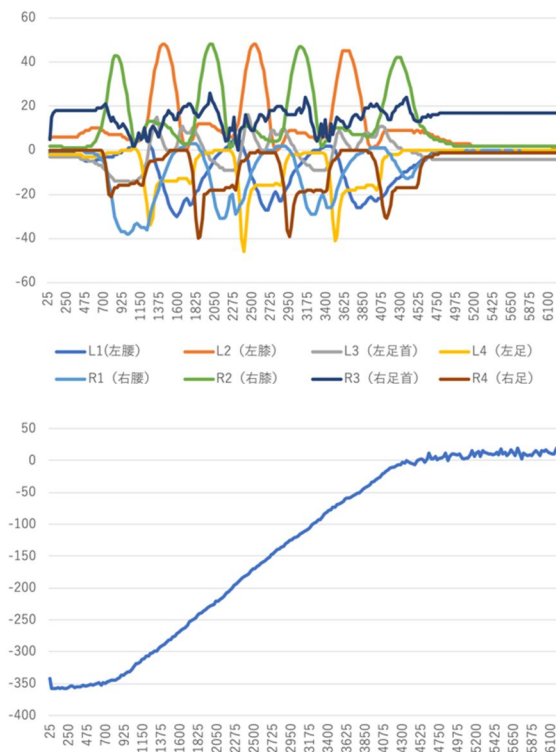


図9 端末画面 / データ遷移グラフ表示  
関節角度（上）、移動距離（下）

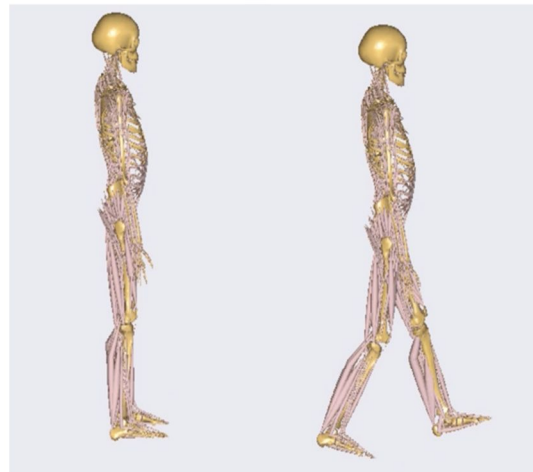


図10 人体動作シミュレーションソフトでの再現

## 4. 研究成果

以上のように、被験者への関節角度計測ウェアの装着および歩行動作を妨げずに歩行動作をデータが取得できたかどうかをAndroid端末でその場で確認できたとともに、取得したデータから人体動作シミュレーションソフトウェアで三次元歩行動作を再現することができた。今後は、さらにこの取得したデータから動作解析する方法について検討するとともに、さらに簡易にデータ取得できるように改善に務めたい。

## 5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 1 件)

シニア向け携行型歩行動作・動線追跡システムのデザイン、日本デザイン学会 第65回春季研究発表大会、2018

〔図書〕(計 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年：  
国内外の別：

取得状況(計 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年：  
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

## 6 . 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：

ローマ字氏名：

所属研究機関名：兵庫県立工業技術センター

部局名：技術企画部

職名：技術支援室長

研究者番号(8桁): 70470242

(2)研究協力者

研究協力者氏名：

ローマ字氏名：

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。