

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 26 日現在

機関番号：31304

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2013

課題番号：23660020

研究課題名(和文)拮抗筋の同時収縮作用を考慮した動的要素機能を加味した疑似体験用具の確立

研究課題名(英文)Development and evaluation of newly designed elderly simulated experience tool with active structure as simultaneous contraction of antagonistic muscle

研究代表者

関川 伸哉 (SEKIKAWA, SHINYA)

東北福祉大学・総合福祉学部・准教授

研究者番号：60326717

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円、(間接経費) 870,000円

研究成果の概要(和文)：疑似体験用具の使用は、高齢者の移動動作上の不自由さを理解する上で有効な手段であるといえる。しかし、現状の疑似体験用具は補装具などを用い、関節可動域の運動制限を与えることを主体とした静的な構造になっており、高齢者の動作が正しく疑似できているとは言い難い。そこで、従来の受動的な運動制限主体の静的構造を超えた、新たな能動的要素を付加した疑似体験用具の開発を行うことを目的とする。本研究では、高齢に伴う身体アライメントの変化に着目し、疑似体験用具装着者が高齢者の運動を実態に即した形で体験でき、かつ装着の再現性・容易性を実現した用具の開発を目指すものとする。

研究成果の概要(英文)：Using of the elderly simulated experience tools are an effective means in understanding the inconvenience of activities by the elderly. However, most of the current tools are difficult to experience properly the elderly behavior because they are in the static structure consisting mainly of motion limited range of motion by a method using an orthotic device. The purposes of this study were to develop newly designed elderly simulated experience tool with active structure and execute kinetic and kinematic analyses of level walking which wearing the renewed tool. The aims of this study were to clarify the relationship between the body alignment of the elderlies and the developed tool, and to realize the wearing reproducibility and ease of the renewed tool.

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：看護学・基礎看護・看護教育学

キーワード：疑似体験用具 高齢者 動作分析

1. 研究開始当初の背景

2012年9月の総務省調査結果によれば、わが国の高齢化率は25.0%（3,146万人）と既に超高齢社会へと突入している。また、平均寿命は男性79.94歳、女性86.41歳（2012年現在 厚生労働省）となり193カ国中第一の世界的に類をみない長寿国となった。人生80年時代が現実となり、量的な延命のみならず、いかに質の高い生活をおくるかが重要になってきている。しかし、現在のわが国の身体障害者の半数以上が65歳以上の高齢者と推定され、高齢に伴う身体上の障害を有する可能性が高いことは否定できない。高齢に伴う身体障害の大半が、肢体不自由に関する障害であり多くは、歩行をはじめとした移動動作上の障害を有する。くしくも、「国際障害分類」が2001年の改正により「国際生活機能分類（ICF）」と改められ、身体機能・構造・活動・参加などの要因と環境要因が同等に扱われるようになった。すなわち高齢者や身体障害者の移動動作の自立を促進するためには、個々の身体機能のみならず環境の改善（バリア除去からユニバーサルデザインへ）も重要な要因であることを示唆している。しかし、現状のわが国の社会環境は、健常者主体の構造様式が多く、高齢者や障害者への配慮が充分であるとはいえない。我々ひとり一人が高齢者および障害者が「何に苦しみ、何を障害と感じているのか」を理解し、新たな支援策や周囲への心配りのポイントを発見する必要がある。そうした中、疑似体験用具の使用は、高齢者や身体障害者の抱える移動動作上の不自由を理解する上で有効な手段であるといえる。そのため、疑似体験用具は、各種専修学校や大学などの教育機関における利用者理解をはじめ、社会福祉関係機関による高齢者や身体障害者の市民啓蒙活動、ハウスメーカー総合研究所内の体験コーナーにおける社員教育や住宅建築希望者の疑似体験など国内外において幅広く使用されて

いる。しかし、我々の調査結果によれば現状の疑似体験用具は、高齢者や身体障害者に関する適切な体験を習得することが不可能であり、誤った利用者理解へつながる可能性がある。

2. 研究の目的

現状の疑似体験用具の問題点を客観的に把握した上で、新たな要素を付加した疑似体験用具の開発を行う必要があるとの考えに至った。現状の疑似体験用具は、補装具などを用い、関節可動域の運動制限を与えることを主体とした静的な構造になっており、高齢に伴う運動機能の低下を正しく疑似できているとは言い難い。また、我々の過去の調査から、一般には余り馴染みの無い補装具等を身体に複数装着することから「装着の容易性と再現性が極めて低い」点が課題としてあげられる。本研究では、高齢に伴う身体アライメントの変化に着目し、疑似体験用具装着者が、高齢者の運動機能の変化を実態に即した形で体験でき、かつ装着の容易性・再現性を実現した疑似体験用具の開発を目的とする。

3. 研究の方法

本研究では、はじめに高齢に伴う身体アライメントの変化に着目し、高齢者歩行の特徴を明らかにした。その後、上記で明らかとなった情報をもとに疑似体験用具の機能仕様を検討し、試作・評価・改良を行った。改良を行う際には、動作計測とフィールドテストの評価結果を参考とした。開発過程のフローチャートを図1に示す。

(1) 高齢者に伴う身体アライメントの調査・計測

高齢者のアライメントの特徴を明らかにする中で、アライメント変化に伴う歩行を始めとした移動動作に及ぼす影響について文献調査を行った。文献調査は、主に筋肉、関節、骨（主に脊柱）について行った。また、高齢者及び健常男性を対象とした歩行計測

を行った。計測は、健常若年男性 1 名と地域在住の健常高齢男性 1 名（74 歳）を対象に計測を行った。歩行計測には、赤外線カメラ 12 台により構成される三次元動作解析装置 VICON612 と AMTI 社製床反力計 4 枚および Kistler 社製床反力計 2 枚を用いた。被験者には、身体各部約 40 箇所赤外線反射マーカーを貼付した。

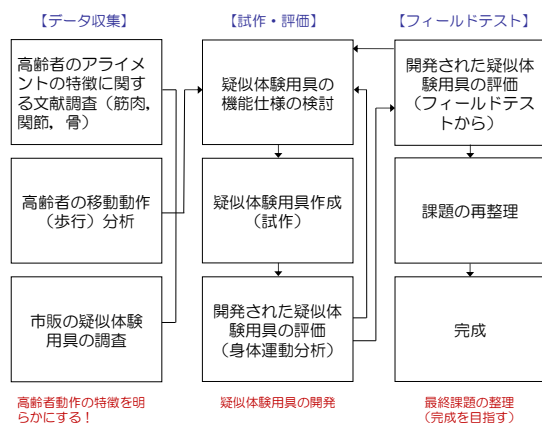


図 1 開発過程のフローチャート

(2) 疑似体験用具の開発

従来の受動（意思が反映されない）的な運動制限を主体とした静的（制約型）機構を超える、新たな能動（意志が反映される）的な要素を付加した動的（参加型）な機構の疑似体験用具の開発を目指した。「装着者の意思が反映される参加型」の仕様を実現する為に、疑似体験用具装着者に装着時の姿勢を聴覚または視覚情報としてリアルタイムでフィードバックすることとした。本研究では、初号機（1 号機）から 3 号機の試作を行い、随時、評価を実施した。初号機及び 2 号機では、主に機能仕様の実現を目指し、3 号機（最終号機）で市販に向けてのデザイン性の向上を目指した。

(3) 開発した疑似体験用具の評価

歩行計測は、高齢に伴う身体アライメントの調査・計測と同様のセットアップを用いた。初号機及び 2 号機では、1 名の健常男性を対象とし、3 号機では 2 名の健常男性を対象に計測を行った。計測条件は、疑似体験用具装着時（2 条件）と非装着時の 3 条件とし、静

止立位及び歩行時の計測を行った。歩行計測は、自由歩行とした。フィールドテストは、複数名の健常男性・女性を対象に、実際に開発した疑似体験用具を装着し、椅子からの立ち上がり・座り、平地歩行、階段昇降、スロープ昇降を実施した。

4. 研究成果

(1) 高齢者に伴う身体アライメント

文献調査の結果から高齢に伴い主に以下の特徴が明らかとなった。高齢に伴う筋肉の変化は、速筋繊維が遅筋繊維に比べて委縮しやすく選択的委縮が起こる。部位別では、上肢・体幹と比べて下肢の筋量が低下し中でも大腿四頭筋の委縮が著明であった。関節可動域の変化は、胸腰部後屈、頸部後屈、膝関節伸展、股関節伸展方向の可動域の低下（制限）が著明であった。骨変化は、骨密度の低下に伴い 80 歳以上の女性高齢者の半数以上が骨粗しょう症と診断されている。骨粗しょう症は、身体の様々な部位の変形や骨折の原因となる。中でも脊椎は最も骨折しやすい（椎体が潰れる：圧迫骨折）場所であり、脊柱の椎体変形を原因とする脊柱変形（アライメントの変化）や体幹の伸展可動性の低下をもたらしている。歩行計測の結果からは、高齢に伴う特徴として骨盤前後傾角度の違いが明らかとなった。本研究で得られた若年者の骨盤前後傾角度は、STEPHEN らの研究結果同様に正常な骨盤前傾角度（ -13 ± 5 度）の範囲内で推移していた（図 2）。一方、高齢者の骨盤前後傾角度は、 -13 ± 5 度の値から大幅に外れた $-3 \sim 1$ 度の間で推移しており、骨盤前傾角度の減少が確認された。バランス能力の低い高齢者は、健常高齢者と比較して骨盤の前傾角度が有意に減少するとされており、骨盤の後傾が体幹の動きやアライメント変化に大きく影響しているものと考えられる。上記をもとの高齢者に伴うアライメントの変化をまとめると、骨盤の後傾、腰椎前弯の減少、胸

椎後彎（体験前屈），股・膝・足関節屈曲位となる．すなわち，体幹のアライメントが変形し，下肢が屈曲位となる（図3）．

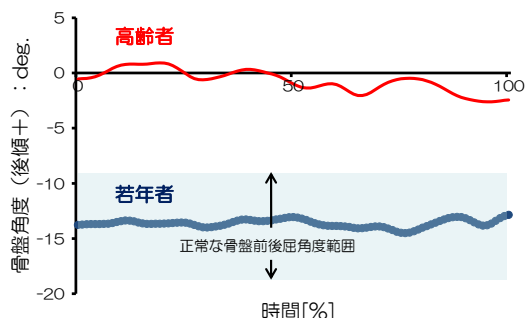


図2 高齢者と若年者の一歩行周期骨盤角度

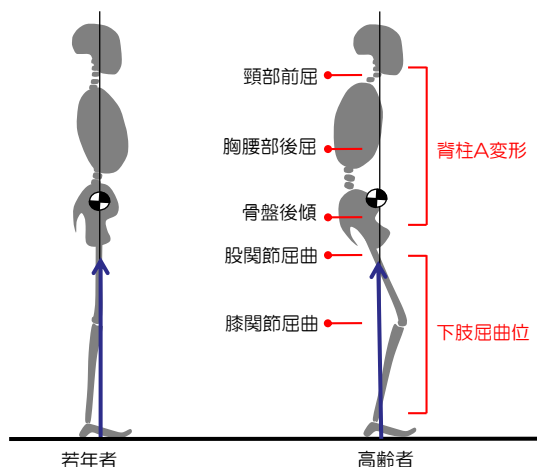


図3 高齢に伴う立位時のアライメントの変化

(2) 初号機の開発と評価

開発する疑似体験用具は，立位時及び歩行時に図3のアライメントの再現を目指し，装着者が能動的に動作を疑似できるように装着時の姿勢を，ビープ音で警告（設定された角度を下回るとビープ音が鳴る）し，自らが姿勢の制御を行う（高齢者の姿勢を疑似する）方式とした．ビープ音は，腰部に取付けられたゴニオメータの角度（股関節と体幹の相対角度）を検出し，設定された値を超えて後屈した際に鳴るようにした．また，体幹・骨盤・大腿部を一体型にすることにより，装着の容易性と再現性を向上させた（図4）．

図5は，健常者が開発初号機装着の有無による静止立位時の各関節角度差（装着時角度－非装着時角度）である．横軸は各関節部位，縦軸は開発初号機非装着時と装着時の差（プラスは，下肢屈曲・骨盤後傾・体幹前屈）で

ある．全ての関節が屈曲，後傾，前屈しており，図3の高齢者立位時アライメントに類似していた．また，初号機装着の有無による一歩行周期の骨盤前後傾角度の比較は，一歩行周期を通して健常歩行時の骨盤前傾角度（ -13 ± 5 度）の範囲外（約 -5 度の値）を推移していた．初号機装着の有無による一歩行周期の股関節角度の比較では，一歩行周期を通して屈曲位を維持していた．また，同じく足関節についても用具装着時には，底屈動作はみられず一歩行周期を通して背屈位であった．股関節伸展及び足関節底屈が制限されたことにより，ストライド長が開発初号機非装着時 1.330[m]から装着時には，0.654[m]と大幅に低下した．また，ストライド長が短くなったことにより，歩行速度が開発初号機非装着時 1.226[m/s]から装着時には，0.532[m/s]と低下した．

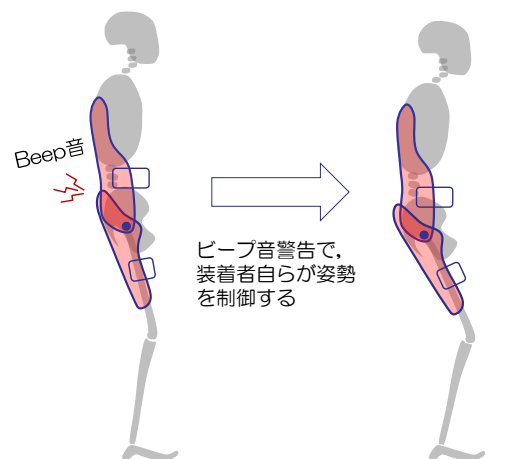


図4 疑似体験用具装着及び制御方法

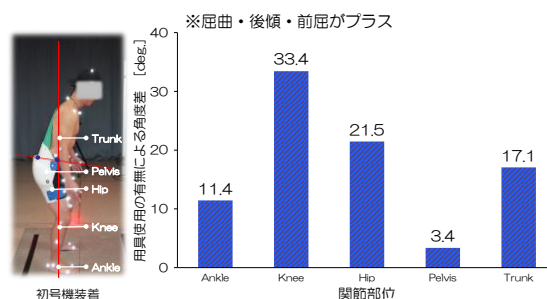


図5 初号機装着の有無による角度差

(3) 2号機の開発と評価

初号機の課題は，身体接触部位が広く重量があり（約 10 kg）装着者の負担も大きく，

適合性も悪かった。また、ビープ音での警告は、用具に取付けられた回路の単発の音情報によるものであり、装着者の習熟度（疑似達成度）を断続的に確認（記録）することができなかった。そこで、2号機では接触部位を少なくし、かつ適合性の向上を試みた。また、ゴニオメータの角度情報をリアルタイムで携帯型PCに（時系列情報を）送ることにより、装着者が装着時の姿勢（角度）を視覚情報で確認しながら習熟度を記録できるようにした。図6は、2条件（股関節と体幹の相対角度が25度と50度：異なる難易度）での2号機装着の有無による静止立位時の各関節角度差である。全ての関節が、非装着時と比較し屈曲、後傾、前屈しており、図3の高齢者静止立位時のアライメントに類似していた。また、歩行時のストライド長は、非装着時1.39[m]から装着時25度で0.53[m]、50度で0.61[m]といずれも大幅に低下した。また、ストライド長の低下に伴い、歩行速度が非装着時1.356[m/s]から装着時25度で0.553[m/s]、50度で0.580[m/s]と低下した。

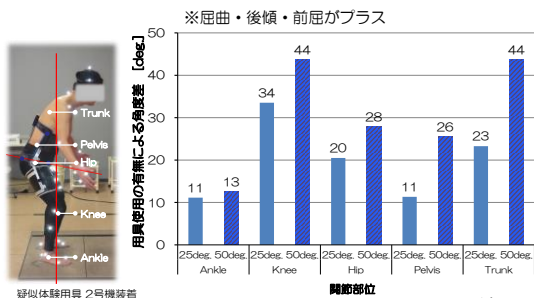


図6 静止

図6 2号機装着の有無による角度差

(4) 3号機の開発と評価

2号機では、初号機の課題は概ね解決されたものの金属を使用したことにより、フィールド評価の結果からも重量とデザイン性の課題が残された。そこで3号機開発の前段階で、2号機の基本仕様は変えずに素材を全てプラスチックに変更した2号機改の作成を試みた。その結果、接触部位が大幅に少なくなり軽量になり、デザイン性も幾分の改良がなされた。そこで、3号機では2号機改をベ

ースにデザイナーの協力のもとデザイン性の向上を試みた（図7）。しかし、腹部と大腿部の2か所で固定を行った関係上、用具の適合性が低く（自重で下にズレ下がる）歩行時にも上下の移動が確認された。そこで、身体に装着する用具本体部分と装着者の姿勢をセンシングする計測バーとを分離させることにより、適合性（固定方法）の見直しを行った。複数回の試行を繰り返し、用具本体部分は大腿・腹部・背面を3点で固定する方法を採用した。また、計測バーは金属支柱を採用し強度とデザイン性の双方の解決を試みた。歩行計測の結果、歩行時のストライド長は、非装着時1.50[m]から装着時25度で0.77[m]、45度で0.53[m]といずれも大幅に低下した。また、ストライド長の低下に伴い、歩行速度が非装着時1.39[m/s]から装着時25度で0.605[m/s]、45度で0.457[m/s]と低下した。



2号機改

2号機改+デザイン

図7 2号機から3号機的设计変更

(5) 総括

高齢に伴う身体アライメントの変化に着目し、疑似体験用具装着者が、高齢者の運動機能の変化を実態に即した形で体験でき、かつ装着の容易性・再現性を実現した新たな疑似体験用具の開発を試みた。複数回の試行を繰り返し、装着の容易性・再現性については概ねの成果を得ることができた。また、従来とは全く異なる装着者自らが高齢者の姿勢を制御する新たな機構を導入することがで

きた。また、タブレット端末の導入により子ども達がゲームを楽しむ感覚で、高齢者疑似体験を実践する可能性が示唆された。一方、3号機ではデザイン性の大幅な改良が得られたものの、動作分析の結果から骨盤後傾位を再現できないことが明らかとなった。今後は、残された課題を解決すると共に、実用化に向けていきたい。



図8 3号機の外観と各種パーツ

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4件)

- ① 関川 伸哉，高齢者疑似体験用具の開発研究－2号機評価と3号機開発に向けて－，第21回日本義肢装具士協会学術大会，2014年07月05日～2014年07月06日，金沢歌劇座
- ② 関川 伸哉，高齢者疑似体験用具の開発研究第二報，第29回日本義肢装具学会学術大会，2013年10月26日～2013年10月27日，佐賀市文化会館
- ③ 関川 伸哉，高齢者疑似体験用具の開発研究－初号機評価と2号機開発に向けて－，第20回日本義肢装具士協会学術大会，2013年07月13日～2013年07月14日，沖縄コンベンションセンター
- ④ 関川 伸哉，動的要素を加味した疑似体験用具の開発研究，第28回日本義肢装具学会学術大会，2012年11月06日～2012年11月07日，名古屋国際会議場

6. 研究組織

(1) 研究代表者

関川 伸哉 (SEKIKAWA, SHINYA)
 東北福祉大学・総合福祉学部・准教授
 研究者番号：60326717

(2) 研究分担者

勝平 純司 (KATSUHIRA, JUNJI)
 国際医療福祉大学・保健医療学部・講師
 研究者番号：00383117