

令和 2 年 5 月 20 日現在

機関番号：14101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K01561

研究課題名(和文) 転倒予防のための下肢の簡易筋骨格モデルを用いた動的運動下での評価・支援手法の開発

研究課題名(英文) Development of Evaluation and Assist Methods under Dynamic Motion using Simplified Musculoskeletal Model of Lower Limbs for Fall Prevention

研究代表者

平井 淳之(Hirai, Junji)

三重大学・工学研究科・招へい教授

研究者番号：30345996

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)：3対6筋モデルに基づく筋力測定システムに対して、体幹の固定がしっかりできる3点式シートベルトに交換した。本装置による測定結果はCybexによる測定結果に近くなったことを確認した。

大台町の住民検診で上記改良を加えた筋力測定システムを用いて高齢者の筋力測定を行った。下肢3関節の歩行アシスト装置実現に向けて、腱駆動機構を用いて股関節と足関節をアシスト可能な装置を開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

関節毎の筋力測定では一関節筋と二関節筋を分離できないため、3対6筋モデルで表現される機能毎の肢の能力を正確に評価できない。同様に関節毎にアシストを行うと、肢の3対6筋モデルの筋毎のアシストは実現できない。

3対6筋モデルに基づいた筋力評価システムの測定精度の改善ができたことで、本装置を用いた住民検診の解析により、筋力と各種運動機能との関連が見つかる可能性が高まった。

研究成果の概要(英文)： For the muscle strength measurement system based on the 3 pairs 6 muscle model, the seat belt is replaced with a three-point seat belt that can firmly fix the trunk. It was confirmed that the measurement results by this device was close to the measurement results by Cybex.

Muscular strength of elderly people was measured using the muscular strength measurement system with the above-mentioned improvements at the residents' medical examination in Odai Town.

We have developed a device that can assist the hip and ankle joints by using a tendon drive mechanism in order to realize a walking assist device for three joints of lower limbs.

研究分野：メカトロニクス

キーワード：筋力評価 筋骨格モデル 下肢 アシスト

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

超高齢社会においては高齢者ができるだけ長く自立して生活できることが、高齢者自身だけでなく社会にとっても望ましい。運動器の障害のために移動能力の低下をきたして、要介護になる危険の高い状態を「ロコモティブシンドローム(略称:ロコモ)」という。その状態を診断するための問診が開発され、予防トレーニングが推奨されている。一方、人間の下肢をアシストする装置の開発が盛んに行われている。

人の歩行においては足の前後方向の運動が主に行われ、それに適した3対6筋モデルがある。本モデルは、多数の筋をその機能毎に分類した簡易モデルである。従来の関節毎の筋力評価においては、一関節筋と二関節筋を分離した筋力評価を行うことが出来なかった。それに対して、3対6筋モデルを基にした機能別実効筋理論により、一関節筋と二関節筋を分離した詳細な筋力評価が可能となった。その理論を基に計測精度を向上させ、さらに高齢者が理解しやすいユーザーインターフェイスを備えた下肢筋力測定システムを本研究グループが開発した。さらに、3対6筋モデルの目的の筋群に対して所望の負荷を与える手法を提案し、目的の筋群に対する効果的なトレーニング手法を開発した。以上のように本申請の研究グループでは3対6筋モデルに基づいた筋力評価とトレーニングの組み合わせにより、目的の筋群の筋力を所望の値にまで向上させることが可能となった。

以上のように、筋力が低下した高齢者の下肢を対象に、残存機能を最大限生かしつつ、転倒しない必要最低限の筋力を付加可能な手法を開発することを目的に、ロコモ予防の高度化を実現するシステムの構築を目指して研究を行ってきた。

### 2. 研究の目的

これまでに開発した手法は膝と股関節の2関節を対象とした簡易化された3対6筋モデルを使用しており、歩行に関係する足関節は含まれていなかった。本研究課題では3対6筋モデルの3関節への拡張により上記システムの実現に近づける。ここでは、筋力評価装置の開発と評価、アシスト装置の開発と評価を行う。

### 3. 研究の方法

ここでは、次のように研究統括と手法の開発、装置開発、住民検診の3つに役割を分割し、医工連携で研究を推進する。

- (1). 平井(研究代表者): 全体の統括と筋力評価装置の開発と評価
- (2). 駒田(研究分担者): アシスト装置の開発
- (3). 西村(研究分担者): 多数の高齢者での筋力測定とデータ解析

その上で、下記に示す流れで各研究の支援を行う大学院生と共に連携を取りながら研究を進める。

#### (1). 3対6筋モデルに基づく信頼性の高い筋力測定システムの開発(平井)

これまでに開発した筋力測定システムは肢先端力測定のための力センサを搭載した装置と、力センサの値を取り込んでデータ処理を行い、処理結果のリアルタイム表示を行うコンピュータからなる。しかし、その信頼性の評価が十分行われていない。そこで、関節周りの筋力測定装置のCybexでの測定結果との比較で本システムの評価を行う。

歩行には股関節と膝関節だけでなく足関節も関連している。そこで、上記を足関節も含めた筋力評価手法に拡張し、計測装置を開発する。まずは、3対6筋モデルを足関節を含むモデルに拡張する。上記では画面を見て6角形の辺を外側に押し広げるようにして力を発揮する辺計測法を使用しているが、それを参考に足関節も含めた方法とする。ここでは、開発する装置の信頼性を上記と同様に評価する。

#### (2). 下肢3関節の歩行アシスト装置の開発(駒田)

ここでは、高齢者が気軽に使用できるようにするために、少数のアクチュエータで簡易にアシストが可能な装置を開発する。これまでに非線形バネを用いた腱駆動機構のアシスト装置を開発したが、これを膝や足関節のアシストに拡張する。ここでは、歩行時の支持脚の膝関節、足関節のアシストが可能な装置の設計・製作を行い、歩行時のアシストの効果を検証する。

#### (3). 3対6筋モデルに基づく筋力測定システムを用いた多数の高齢者での筋力測定による転倒しない必要最低限の筋力の割り出し(西村)

ここでは、上記(1)で開発した筋力測定システムを用いて多数の高齢者の筋力測定を行うことで、ロコモを回避できる筋力を3対6筋モデルとして明らかにする。研究分担者の西村は三重県の旧宮川村において隔年で転倒と各種運動機能の関係を調査してきた。ここでは、開発した測定システムを本調査に追加し、転倒と筋力との関連を明らかにする。なお、調査では数種類の運動機能の測定も行っており、それらとの関係性も含めて検討を行う。

### 4. 研究成果

[平成29年度]

まず、これまでに開発した筋力測定システムを用いて多数の高齢者の筋力測定を行った。研究

分担者の西村は三重県の旧宮川村において隔年で転倒と各種運動機能の関係を調査してきた。なお、調査では数種類の運動機能の測定も行っており、それらと筋力値の相関を見た。相関が見られる結果もあればそうでないものもあり、本結果を踏まえて、測定装置の信頼性の確認や、データの解析方法を変更し、引き続き検討を行う。

足関節も含めたサジタル平面内での下肢筋力測定システムの開発を目指して、アルゴリズムの検討を行った。ここでは足関節と膝関節の2関節の筋力評価のアルゴリズムの開発を行った。本手法は仮定を設定せずに2関節に関係した筋力を算出できる。

[平成 30 年度]

筋力評価手法の開発に関しては、すでに開発済みの膝と股関節の2関節に対する3対6筋モデルに基づく筋力測定システムの評価を行った。評価の仕方は、測定条件を変化させて測定条件と測定結果との関係を検討した。次に、Cybexを用いて測定条件を変化させて膝関節と股関節の発揮トルクを計測した。さらに、両者の結果を比較し、3対6筋モデルに基づく筋力測定システムの問題点を明らかにし、測定システムの改善を行った。これによって従来よりも信頼性を向上させることができた。さらに、歩行に関係する筋力評価に不可欠な、足関節を含めた下肢筋力評価手法の開発を行った。

歩行用アシスト装置に関係した研究として、下肢3関節の歩行アシスト装置実現に向けた開発を行った。本装置は腱駆動機構を用いており、今回は股関節と足関節をアシスト可能な装置を開発した。その際、歩行時に必要な関節トルクのデータを基に、アシストするタイミングとアシスト量を決定し、開発した装置を用いた実験により評価を行った。

それと同時に、アシスト装置装着時の歩行シミュレーションを作成し、それによってアシストの効果を検討できるようにした。その開発においては歩行ロボットの研究を参考にした。

一方、足関節の他動運動装置を開発し、背屈時の関節のモデリングに関する研究を行った

[平成 31 年度]

本年度に実施する大台町の住民検診に向けて、筋力測定装置の改良を行った。体幹の固定をしっかりできる3点式シートベルトに交換し、Cybexによる測定結果と比較を行い、本改良により両者の測定結果が近づいたことを確認した。また、股関節の伸展方向の測定値には対側肢の影響が加わっていることが判明した。これに関しては、今後対処方法を検討する必要がある。

大台町の住民検診で上記改良を加えた筋力測定システムを用いて高齢者の筋力測定を行った。本検診では別の筋力測定が行われてたため、その値と開発した装置との相関を取る。その上で、転倒歴の有無や運動機能測定結果と筋力との関係を調査する。

歩行用アシスト装置の研究では、下肢3関節の歩行アシスト装置実現に向けた開発を行った。本装置は腱駆動機構を用いており、今回はこれまで開発してきた股関節と足関節をアシスト可能な装置の改善を行うと共に、歩行シミュレーションにより、必要なアシスト量とタイミングを決定し、それを開発した実験装置に適用した。

一方、足関節運動機能評価装置を開発し、足関節角度と足関節弾性トルクの関係モデル化した。底背屈他動運動の実験データから、足関節弾性トルクがヒステリシス特性を持つことと弾性係数が時間関数であることが示された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計9件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 5件）

1. 発表者名 川口大貴, 駒田諭
2. 発表標題 対側肢および上体による下肢筋力測定に対する影響の検討
3. 学会等名 健康福祉システム開発研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Daiki Kawaguchi, Satoshi Komada, Daisuke Yashiro, Kazuhiro, Yubai
2. 発表標題 Investigation of the influence of contralateral limb and upper body on lower limb muscle strength measurement
3. 学会等名 The 6th IEEJ International Workshop on Sensing, Actuation, Motion, Control and Optimization (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 北俣康介, 矢代大祐, 駒田諭
2. 発表標題 底背屈時の足関節弾性トルクのモデリング
3. 学会等名 健康福祉システム開発研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 川口大貴, 間所修平, 駒田諭, 弓場井一裕, 矢代大祐
2. 発表標題 下肢筋力評価装置の測定精度の検証
3. 学会等名 日本人間工学会東海支部2018年研究大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小栗淳生, 矢代大祐, 弓場井一裕, 駒田諭, 武田湖太郎
2. 発表標題 他動背屈時の足関節角度-負荷トルク特性のモデリング
3. 学会等名 第57回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Haruki Ban, Daisuke Yashiro, Kazuhiro Yubai and Satoshi Komada
2. 発表標題 Modeling of Relation between Ankle Plantar Flexion Torque and iEMG
3. 学会等名 12th France-Japan Congress, 10th Europe-Asia Congress on Mechatronics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Atsuki Oguri, Daisuke Yashiro, Kazuhiro Yubai, Satoshi Komada
2. 発表標題 Modeling of ankle angle-torque characteristic during passive dorsiflexion
3. 学会等名 The 5th IEEJ International Workshop on Sensing, Actuation, Motion, Control and Optimization, 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shuheii Madokoro, Daiki Kawaguchi, Satoshi Komada, Kazuhiro Yubai, Daisuke Yashiro
2. 発表標題 Investigation on measurement conditions of the lower limb muscle strength evaluation device capable of muscle strength evaluation for each muscle group
3. 学会等名 The 5th IEEJ International Workshop on Sensing, Actuation, Motion, Control and Optimization, 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takashi Fuyuki, Satoshi Komada, Daisuke Yashiro, Kazuhiro Yubai
2. 発表標題 Study on walking assist device that use a tendon driven mechanism focused on gait cycle
3. 学会等名 The 5th IEEJ International Workshop on Sensing, Actuation, Motion, Control and Optimization, 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	駒田 諭  (Komada Satoshi)  (10215387)	三重大学・工学研究科・教授    (14101)	
研究分担者	西村 明展  (Nishimura Akinobu)  (10508526)	三重大学・医学系研究科・講師    (14101)	