

令和 2 年 8 月 24 日現在

機関番号：51401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K01604

研究課題名(和文) 運動負荷の微小変動を利用したサルコペニアを予防する運動補助機器の開発

研究課題名(英文) Development of training machine for sarcopenia

研究代表者

宮脇 和人 (Miyawaki, Kazuto)

秋田工業高等専門学校・その他部局等・教授

研究者番号：00390906

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：高齢者の健康寿命を延ばすためには運動が有効である。本研究開発は、サルコペニアを予防するために座りながら利用者が全身運動を行い、その時の運動負荷を細かく調整することが可能な運動補助機器を試作した。この機器は高齢者・障害者のように運動機能が低下しているユーザ群にも利用できるように低負荷で各ユーザに合わせてと微小な負荷調整が可能な機構とした。試作した運動補助機器を健常者が利用し、モーションキャプチャシステム(Vicon)と腕部・足部の力センサ情報を利用してその有効性を確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

超高齢化社会がもたらす課題としては高齢医療費の増大である。この高齢医療費を抑制する方法は、健康寿命(男性70.42歳、女性73.62歳)を延ばすことが考えられる。平均寿命と健康寿命との差は、日常生活に制限のある「不健康な期間」を意味するため、平均寿命と健康寿命との差を短くすることが必要である。高齢者はサルコペニアや骨粗鬆症など体力低下が著しく、身体機能を高めるためにはスポーツや運動が有用である。本研究開発は誰にでも簡単に利用ができ、スポーツ障害を引き起こさずにサルコペニアを予防する新しい運動補助機器を試作した。

研究成果の概要(英文)：Exercise is effective for extending the healthy life expectancy of elderly people. An exercise-assisting device developed for this study allows a user to prevent sarcopenia by performing full-body exercises while sitting.

This device has a mechanism that allows minute load adjustments for users with reduced motor function, such as elderly and disabled people. A motion capture system (Vicon Motion Systems Ltd.) and force sensor information of the arms and legs were used to verify its effectiveness.

研究分野：福祉工学

キーワード：バイオメカニクス リハビリテーション 機械力学・制御

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

2016年の人口推計によると日本の65歳以上の高齢者人口は3434万3千人で前年同月比に比べ2.5%の増加である。【平成28年度：総務省統計局】その他の年代は全て減少しているのに対して、高齢化率(総人口に占める割合)は27.0%と世界一の超高齢社会となっているのは誰もが認識している。医療制度の充実や高い社会参加意欲により、平均寿命は男性が80.50歳、女性が86.83歳と世界でトップの水準であることは日本国民として喜ばしいことである。ただ、この超高齢化社会がもたらす課題としては高齢医療費の増大である。2008年度11.4兆円から、2025年度には24.1兆円にまで増加する見通しである。【平成24年度：みずほ総合研究所】この高齢医療費を抑制する方法は、健康寿命(男性70.42歳、女性73.62歳)【平成22年度：厚生労働省】を延ばすことが考えられる。平均寿命と健康寿命との差は、日常生活に制限のある「不健康な期間」を意味するため、平均寿命と健康寿命との差を短くすることが必要である。高齢者はサルコペニアや骨粗鬆症など体力低下が著しい。身体機能を高めるためにはスポーツや運動が有用であるため、中・高齢者は健康のために手軽なランニングを行うが、少し頑張りすぎて「ランナー膝」などのスポーツ障害を患うことが多い。そこで、本研究開発は誰にでも簡単に利用ができ、スポーツ障害を引き起こさずにサルコペニアを予防する負荷変動を利用した新しい運動補助機器を開発する。

サルコペニアとは簡潔に言えば「加齢に伴う筋量減少」である。EWGSOP(欧州サルコペニアワーキンググループ)では「進行性かつ全身性の筋量および筋力の低下」と定義している。サルコペニアが及ぼす運動機能への影響として、筋力低下が挙げられる。筋力の代表として握力は40歳代から急速に低下し始めることが認められている。また、加齢による筋力の低下は上肢よりも下肢が顕著で、65歳以上では年間1~2%ずつ低下するとされている。加齢に伴い日常の活動量は低下する傾向にある。また、サルコペニアが引き起こす運動機能の低下が身体活動量を低下させることもある。この2つが作用しあい、さらなる不活動を招く悪循環に陥ってしまう。少子高齢化が進む日本ではその対策が急務である。一般的に高強度負荷運動が筋力の保持に必要と考えられてきた。一方で、近年ではウォーキングなどの軽強度負荷運動が、高齢者の筋力の低下の予防や改善に有効であることが示唆されている。加齢などの影響は本人ではどうしてもできない。したがって、運動や生活習慣に起因する問題について改善を図ることが、サルコペニアのリスクを低減する上で重要であると思われる。

### 2. 研究の目的

本研究開発は誰にでも簡単に利用ができ、スポーツ障害を引き起こさずにサルコペニアを予防する負荷変動を利用した新しい運動補助機器を開発する。本研究の実施により健康寿命が延長し高齢医療費の減少に寄与する。古くからのラジオ体操、ジョギングやウォーキングだけではなく中・高齢者にも多様な運動が行える機器の提供が必要である。

### 3. 研究の方法

試作した全身運動補助装置の3Dモデルを図1に、全身運動補助装置を評価するシステムを図2に示す。この全身運動補助装置は座りながら左右の手足の協調運動を行うことが出来き、ハンドルとペダルにより全身を使った運動ができる。座席を取り付けたことで、装置に座りながら運動を行うことができ、使用時者の膝や腰への負担を軽減できるようになっている。左右のハンドルはそれぞれ独立しており、左右どちらかだけの使用も可能となっている。

負荷機構は、小型の発電機とモーターに付属している減速機を一つの軸上に配置したものである。運動補助機器のハンドルを動かした際に負荷を与える役割を持っている。回生抵抗により容易に負荷の変動



図1 全身運動補助



図2 評価システム

が可能である。使用したのは株式会社ニッセイ製G3シリーズ両軸型減速機G3LG-18-40-T010WEである。本来の使用時の向きとは反対に取り付けることで、ハンドルの揺動を増幅させるようになっている。今回使用した減速機は減速比が1/40のものを使用した。減速比がより小さなものを使用することで使用時にかかる負荷を小さくすることができる。

運動補助機器を利用する場合に、負荷の大きさの変更と負荷をかけるタイミングをPCで制御できるアプリケーションソフトを使用した。図3にその画面を示す。負荷の大きさは0~100%の範囲で変更が可能であり、負荷を加えるタイミングは0.1秒間隔での変更が可能である。負荷や

タイミングの数値は EXCEL を用いて容易に変更することができる。図 4 に負荷を設定する EXCEL の画面を示す。

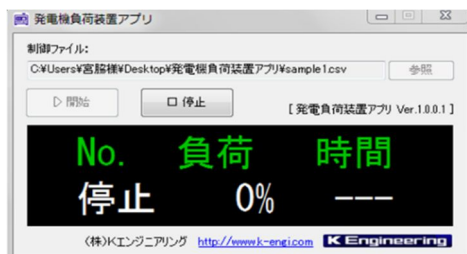


図 3 負荷変更画面

5				
6	#停止中	負荷(%)	時間(秒)	
7	停止	0	0	
8				
9	#動作開始	負荷(%)	時間(秒)	
10	1	20	0.5	
11	2	40	0.5	loop
12	3	60	0.5	
13	4	80	0.5	
14	5	100	0.5	
15				

図 4 負荷設定ファイル

全身運動補助装置の使用時に関節の動きを測定するために図 5 に示すモーションキャプチャシステム (株式会社 Vicon 製 Bonita10) を用いた。測定する際には体に反射マーカを取り付け、8 台のモーションキャプチャカメラを使用して動きを撮影し、専用のソフトで座標データを測定した。全身運動補助装置ハンドル部を握る力の計測にボタンセンサを利用した。使用したのはニッタ株式会社製 FlexiForce ボタンセンサシリーズ FF-SET-A2018-100-4 である。有効センシングエリアが先端にある直径 9.5mm の円のため、握った力がすべてこの円に加わるために作成した治具と 3D モデルを図 6 に示す。全身運動補助装置を使用した際に踏み込み方向に発生する力の測定には株式会社レプトリノ製リンク型六軸力覚センサ CFS080CS102U を利用した (図 7)。



図 5 モーションキャプチャカメラ



図 6 ボタンセンサ

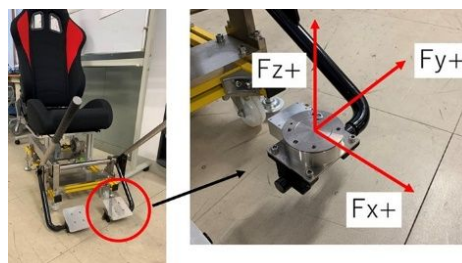


図 7 カセンサ

#### 4. 研究成果

全身運動補助装置を利用した動作測定の一例を示す。まずは左手を自分の方向に引き、同時に右足を踏み込む。次に右手を自分の方向に引き、左足を踏み込む。この動作を交互に行い、この動作を繰り返し測定した。動作測定の際の被験者は 7 名の健康男性である。運動時に負荷が小さい場合 (0%)、負荷を中位にかけた場合 (50%)、負荷を最大値付近までかけた場合 (100%) の 3 つの条件下で、40, 60, 80BPM と速度を変化させて 60 秒間動作を行い測定した結果を図 8 から 10 に示す。これらの結果から、テンポが早くなった場合に、また負荷が大きくなった場合に Fz の平均値の値が増加している傾向にあることがわかる。

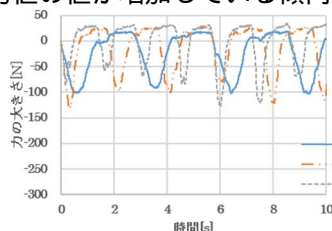


図 8 負荷小

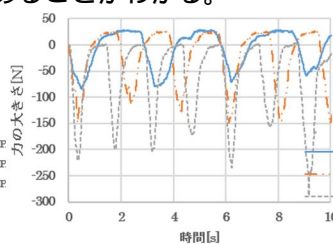


図 9 負荷中

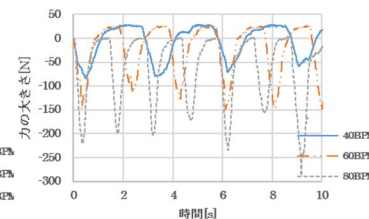


図 10 負荷大

本研究では、全身運動補助装置における負荷調整システムの開発と評価を行った。その結果、手部と足部を同時に効率よく運動できる全身運動補助装置を開発した。負荷変更のための負荷調整システムを作成できた。

#### 参考文献

(1)内閣府, 平成 30 年度版高齢社会白書

URL: [https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2018/html/gaiyou/s1\\_1.html](https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2018/html/gaiyou/s1_1.html)

(2)サルコペニアと運動, エビデンスと実践

編者: 島田裕之, 発行所: 医歯薬出版株式会社

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計16件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 5件）

1. 発表者名 Kazuto Miyawaki, Ayuko Saito, Yoshikazu Kobayashi, Satoru Kizawa, Toshiki Matsunaga and Yoichi Shimada.
2. 発表標題 Development of Exercise Support Apparatus for Prevention of Locomotive Syndrome.
3. 学会等名 IEEE 2019 International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science Symposium on “Science of Soft Robots” (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masahiro Isogai, Kaito Onaka and Kazuto Miyawaki
2. 発表標題 Evaluation of Pole Walking using 3D Motion Analysis Equipment
3. 学会等名 IEEE 2019 International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science Symposium on “Science of Soft Robots” (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小林義和, 宮脇和人, 木澤悟, 齊藤亜由子
2. 発表標題 筋骨格モデルを用いたナンバ歩行の評価
3. 学会等名 第40回バイオメカニズム学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小林 凌, 宮脇 和人, 齊藤 亜由子, 小林 義和, 木澤 悟
2. 発表標題 座面に着目した移動型の運動補助装置の評価
3. 学会等名 日本機械学会 2019年度 年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤島 佑太, 宮脇 和人, 齊藤 亜由子, 小林 義和, 木澤 悟
2. 発表標題 下肢に着目した工場用の台車を押す動作の評価
3. 学会等名 日本機械学会 2019年度 年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 菊地 大輔, 齊藤 亜由子, 小林 義和, 宮脇 和人, 木澤 悟
2. 発表標題 拡張現実を用いた上肢用リハビリロボット開発と動作解析の精度検証
3. 学会等名 令和元年度東北地区高等専門学校専攻科産学連携シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuto NARA, Ayuko SAITO and Kazuto MIYAWAKI
2. 発表標題 Center of gravity velocity estimation using lowerlimb joint power during walking
3. 学会等名 令和元年度東北地区高等専門学校専攻科産学連携シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鈴木雅史、宮脇和人、渡部雅大、木澤悟、小林義和、齊藤亜由子
2. 発表標題 トレーニング用全身運動補助装置における負荷調整システムの開発と評価
3. 学会等名 日本機械学会 東北学生会 第49回学生員卒業研究発表講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kazuto Miyawaki , Ryo Saito Ayuko Saito , Yoshikazu Kobayashi , Satoru Kizawa and Goro Obinata
2. 発表標題 Development and evaluation of an electric walking machine
3. 学会等名 IEEE 2018 International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science ( 国際学会 )
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Masahiro Isogai, Masashi Suzuki and Kazuto Miyawaki
2. 発表標題 Analysis of Nanba Walking
3. 学会等名 IEEE 2018 International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science ( 国際学会 )
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 宮脇和人, 鈴木雅史, 渡部雅大, 齊藤亜由子, 松永俊樹, 島田洋一
2. 発表標題 プログラミングによる負荷調整が可能な運動補助装置の検討
3. 学会等名 第45回日本臨床バイオメカニクス学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 齊藤亜由子, 柿崎稜介, 奈良雄斗, 矢本 雅史, 宮脇和人, 島田洋一
2. 発表標題 ウェアラブルモーションセンサを用いた長時間歩行計測に関する基礎的研究
3. 学会等名 第45回日本臨床バイオメカニクス学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kazuto MIYAWAKI, Akito Sato, Satoru Kizawa
2. 発表標題 Evaluating motion capture accuracy for gait analysis
3. 学会等名 IEEE International Symposium, MHS2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 宮脇和人, 鈴木雅史, 齊藤亜由子, 松永俊樹, 島田洋一
2. 発表標題 オーダーメイドの負荷調節が可能な両手足運動用補助機器の試作
3. 学会等名 第44回日本臨床バイオメカニズム学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 齊藤 亜由子, 宮脇 和人, 小林 義和, 小松 瞭, 八木 宏矢
2. 発表標題 歩行動作計測におけるウェアラブルモーションセンサの装着位置と精度に関する研究
3. 学会等名 計測自動制御学会 システムインテグレーション部門 講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 鈴木雅史, 宮脇和人
2. 発表標題 ナンバ歩行の解析
3. 学会等名 平成 29 年度東北地区高等専門学校専攻科産学連携シンポジウム
4. 発表年 2017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	島田 洋一  (Shimada Yoichi)  (90162685)	秋田大学・医学系研究科・教授    (11401)	