

令和 5 年 6 月 8 日現在

機関番号：51401

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K12737

研究課題名（和文）高齢者のフレイル予防を目的とした雪国歩行用の転倒予知機能付きソリ型歩行器の開発

研究課題名（英文）Developing a Sled-type Electric Walker for elderly people to prevent frailty

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） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：加齢に伴い骨や関節、筋肉などの運動器の衰えが原因で「立つ」「歩く」「座る」といった機能が低下し、フレイルに該当する高齢者が増加している。適度な歩行はフレイル予防のひとつであるが、東北地区などの降雪地帯の冬期間においては、現在広く使用されている車輪型歩行器では、積雪のため歩行の補助が困難である。

これを解決するため、本研究では積雪時でも歩行の補助ができるソリ型電動歩行器を開発する。雪面との接触部にソリを取り付けている。また、クローラロボットを搭載し、電子制御により一人一人の歩行に適した補助をすることで、雪上での転倒を防ぐことが可能である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

高齢者の健康寿命を延ばすためにはフレイルの予防が有効である。このフレイルは運動することで予防可能となる。しかし、北国の冬は長く雪に閉ざされているため、屋外で運動することをためらう高齢者が多く、運動不足が雪国特有の課題である。本研究は歩行補助装置に関して、北国の雪深い冬でも利用できるように通常は車輪部である移動補助部をソリ型とした。駆動部はクローラを用い、センサーフィージョンにより歩行者の転倒を予測する機能を付加したソリ型の電動歩行器を開発した。この機器の開発場所は雪が降り積もる秋田県が最適であった。

研究成果の概要（英文）：At present, the elderly population of Japan is 36,200,000, which accounts for more than a super-aging society, which would be 28.8% of the total population. With aging, functions such as standing, walking, and sitting deteriorate because of deterioration of locomotory organs such as bones, joints, and muscles. The number of elderly people considered as frail is increasing. Moderate walking is one measure to prevent frailty. In snowy regions such as Hokkaido and Tohoku district, however, it is difficult to support walking with wheel type walkers, which are used widely at present because of snowfall in winter. To resolve this difficulty, we have developed a sled-type electric walker that can assist walking even in snow-covered conditions. The sled is attached to the part of the device contacting the snow surface. A crawler robot is mounted on the walker to provide assistance that is suitable for each person's walking by electronic control, so that falling on the snow can be prevented.

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

日本の高齢者人口は2021年9月15日現在で3640万人、総人口に占める割合は29.1%とこちらも過去最多になっている<sup>1)</sup>。加齢に伴い骨や関節、筋肉などの運動器の衰えが原因で「立つ」「歩く」「座る」といった機能が低下している高齢者が多くなってきており、フレイルに該当する患者が増加している。適度な歩行はフレイル予防のひとつであるが<sup>2)</sup>、東北地方や北海道などの積雪地域では、歩行機を使う高齢者の歩行が困難である。

フレイルは様々な症状を通じて身体や日常生活に影響を及ぼすようになる。「フレイルサイクル」とは、フレイルの要因が重なり、悪循環に陥った状態を表したものである。加齢に伴って低下する食欲によって体重が減少し低栄養を起こす。栄養不足は筋力や筋肉量の低下を表すサルコペニアを起こし、次に運動機能や身体機能の低下をもたらすことで、歩行速度が落ちたり、活動量の減少に繋がったりする。外出などが減ることで消費エネルギーも減るため、食欲が減り、さらに低栄養を起こしてしまう。この悪循環が高齢者の健康状態をさらに悪化させる。フレイルサイクルを防ぐためには、それぞれの症状同士に影響が及ばないようにする必要がある。例えば、運動機能や身体機能の低下には適度な運動が必要となる。このように、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フレイルのリスクを低減する上で重要でありフレイルを予防できる機器開発が必要である。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、東北地方特有の冬季の外出を妨げる積雪時に利用でき、フレイルを予防し高齢者の健康寿命を延ばすソリ型歩行機を開発することである。これまで降雪時の歩行器は開発されていないためオリジナリティを有する研究課題である。本研究は雪国の課題を解決するテーマであるため積雪寒冷地の秋田で解決する必要がある。

### 3. 研究の方法

ソリ型電動歩行機(図1)は雪上での利用に対応するため、地面に接する部分にソリを搭載している。さらにクローラロボット(図2)を搭載し、電子制御によってひとりひとりの身体や歩行にあった歩行機とした。クローラロボットはDCモータを用いて動かす。歩行機の持ち手部分には距離センサがついており、被験者の腰との距離を計測している。クローラロボットの速度はArduino 互換ボードを利用して調節する。距離センサは腰の右端と左端を常に計測しており(図3)、被験者が進行方向を変える際は、クローラロボットも同じ方向へと動く。歩行機全体の寸法は横幅630mm、高さ930mm、奥行き630mmであり、クローラロボットの寸法は横幅280mm、高さ100mm、奥行き300mmとなっている。

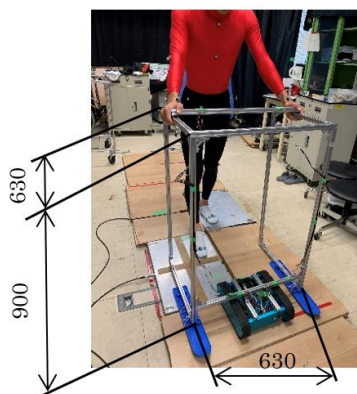


図1 ソリ型電動歩行

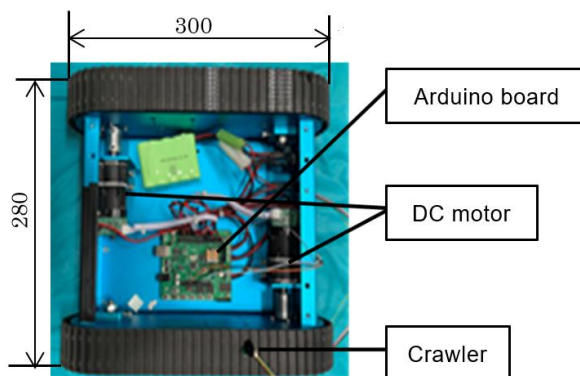


図2 クローラロボット

ソリ型電動歩行機を評価するために三次元動作解析装置を用いた。三次元動作解析装置は、反射マーカ、モーションキャプチャー(赤外線カメラ)、測定ソフト、床反力測定装置から構成されている。人体の主要関節にマーカを取り付け(図4)、カメラがマーカを追跡する。カメラで追跡したマーカを測定したソフトを用いてデータの計測を行う。反射マーカは両面テープを用いて各測定箇所へ貼り付ける。この反射マーカは表面が微小なビーズで覆われており、カメラから入射した光は反射、屈折により再びカメラへと戻りマーカを認識する。赤外線カメラ Vicon Bonita 10 を用いて8台のカメラでマーカを認識した。利用したモーションキャプチャーの測定誤差は0.1mmで、サンプリング周波数は100Hz(1/100秒)とした。測定ソフトはVICON社製のVICON NEXUS2.1.1を用いた。このソフトでは人間のさまざまな動きを三次元の座標データとして計測、解析することが可能である。床反力を測定するために日本スキーヤー社製のフォースプレート9286を使用した。大きさは縦400mm、横600mm、厚さ35mmである。歩行実験は屋内の実験室で行った。室内における実験の妥当性の検証として雪上(圧雪・積雪5cm)とタイルカーペット上で、手動のソリ型歩行器を利用して静止摩擦力と動摩擦力を測定した結果を図5に示す。

ソリ型電動歩行機を利用した歩行実験の被験者は健常男性3名である。被験者には上肢19点、下肢16点、計35点に両面テープで反射マーカを取り付けて測定を行う。本実験については秋田工業高等専門学校ヒト倫理審査委員会認証を得るとともにあらかじめ被験者に十分な説明を与え、同意を得た。

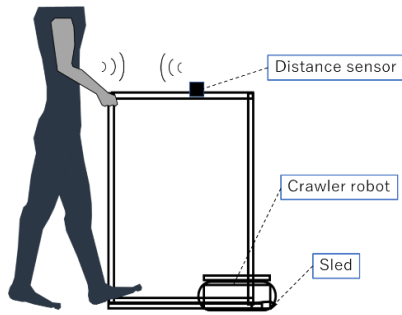


図3 ソリ型電動歩行機の歩行

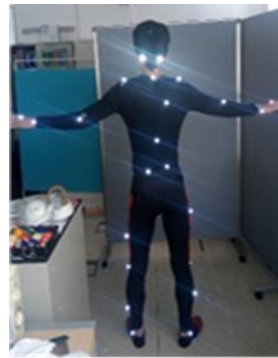


図4 反射マーカ添付

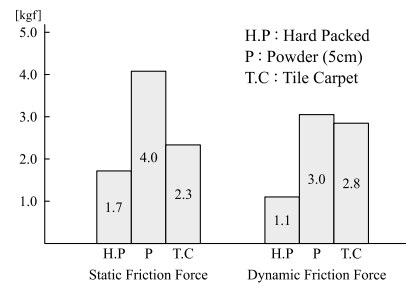


図5 摩擦力の測定結果

#### 4. 研究成果

図6~8にソリ型歩行機を利用した歩行実験の一例を示す。通常歩行に比べてソリ型歩行機を利用することで床反力や下肢の関節モーメントが低減した。

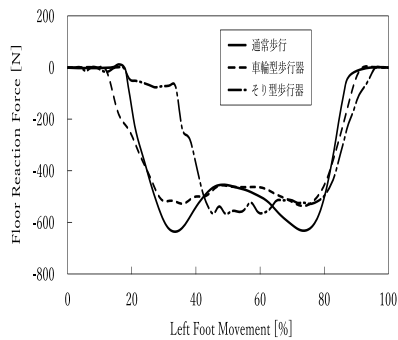


図6 床反力の鉛直方向成分

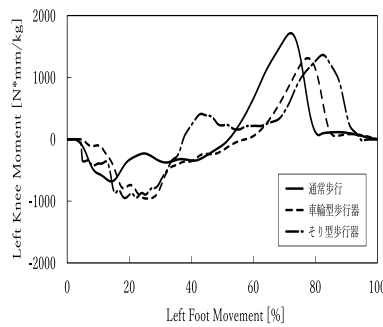


図7 膝関節モーメント

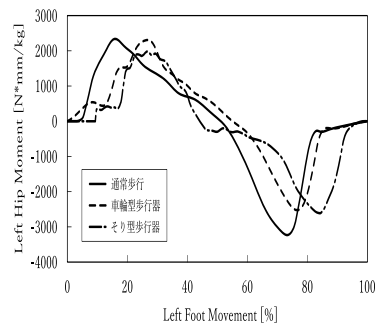


図8 股関節モーメント

図9, 10にデザイン性を考慮したソリ型歩行機と雪道での歩行の様子を示す。積雪5cmの歩道において新しく開発したソリ型歩行機は歩行をサポートすることを確認した。



図9 デザイン性を考慮したソリ型歩行機



図10 雪道での歩行の様子

本研究では、雪道で利用できるソリ型電動歩行機を試作し評価を行った。その結果、雪道でも転倒の危険性が低いソリ型電動歩行機が提案できた。

#### 参考文献

- 1) 総務省統計局 <https://seniorguide.jp/article/1207592.html>.
- 2) (株)先端医学社 鯨岡哲 「フレイルとロコモの基本戦略」.
- 3) 野藤悠, 清野論, フレイルとは: 概念や評価方法について”, 月刊地域医学, Vol. 32, No. 4 (2018).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 SAITO Ayuko, KIZAWA Satoru, KOBAYASHI Yoshikazu, MIYAWAKI Kazuto	4. 巻 15
2. 論文標題 Evaluation of visual-motor coordination as a ball is caught	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Biomechanical Science and Engineering	6. 最初と最後の頁 1-12
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1299/jbse.20-00302	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 井畑匠越、高橋 夢之介、宮脇和人
2. 発表標題 雪国の秋田県の冬期に利用する歩行機の開発と評価
3. 学会等名 令和3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 2021年

1. 発表者名 井畑匠越、高橋 夢之介、宮脇和人
2. 発表標題 フレイルを予防するための高齢者用ソリ型電動歩行機の開発
3. 学会等名 日本設計工学会東北支部 令和3年度 東北支部設立45周年記念研究発表講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 井畑匠越、齊藤亜由子、小林義和、木澤悟、宮脇和人
2. 発表標題 雪国の冬期に利用可能なソリ型歩行器の開発
3. 学会等名 令和2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 2020年

1. 発表者名 井畑匠越, 宮脇和人, 齋藤亜由子
2. 発表標題 フレイルを予防するためのそり型歩行機の開発と評価
3. 学会等名 日本機械学会 シンポジウム：スポーツ工学・ヒューマンダイナミクス2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高橋夢之介, 宮脇和人
2. 発表標題 雪国で利用するそり型電動歩行器の評価
3. 学会等名 令和4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 2022年

1. 発表者名 三國 優斗, 小林 義和, 宮脇 和人, 齋藤 亜由子, 木澤 悟
2. 発表標題 台車を押す動作における筋張力解析
3. 学会等名 日本機械学会シンポジウム：スポーツ工学・ヒューマンダイナミクス2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 鈴木 捷己, 小林 義和, 宮脇 和人, 齋藤 亜由子, 木澤 悟
2. 発表標題 起立動作における筋張力解析
3. 学会等名 日本機械学会シンポジウム：スポーツ工学・ヒューマンダイナミクス2022
4. 発表年 2022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)	
研究 分担者	齋藤 亜由子  (Saito Ayuko)  (90710715)	工学院大学・先進工学部・助教   (32613)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------