

補助事業番号 2021M-147

補助事業名 2021年度 フレイル高齢者のための歩行支援シューズ 補助事業

補助事業者名 菊池 武士（大分大学）

1 研究の概要

本研究では、フレイル高齢者へのヒアリング調査を実施し、意匠性（機能性と審美性）の高い背屈サポートユニット（Dorsiflexion Support Unit; DSU）を開発し、これを市販の靴と組み合わせた背屈支援シューズを実現した。産業デザインのプロによるカフのデザインと、炭素繊維強化プラスチック（CFRP）を用いた三次元造形による審美性の高いメインフレームによって、審美性と機能性を兼ね備えた意匠性の高い器具とすることができた。歩行分析によって背屈補助機能を確認したほか、装着時のユーザビリティテストから装着容易性の確認も実施した。

2 研究の目的と背景

平均寿命の延伸により高齢化が進んできており、厚生労働省の報告から令和2年10月時点で高齢化率は28.8%に達している。この平均寿命と健康寿命の間の期間に注目すると、男性で約9年、女性では約12年と数年でほとんど変化していない。高齢化が進む中、健康寿命を延伸させることが重要となる。多くの高齢者は、疾病や外傷が関わらない限り、フレイルという状態を通して要介護状態に至るとされている。しかし、フレイルは適切な介入により健康状態に戻る可能性がある。我々はフレイル高齢者の歩行中の負担軽減を行い、健康状態の改善と維持を実現することを目標とした。我々はこれまで弾性体内蔵型柔軟関節（Elastomer Embedded Flexible Joint:EEFJ）を提案し、これを短下肢装具（Ankle-foot orthosis:AFO）に応用したEEFJ-AFOやフレイル高齢者と健常者を対象とした背屈支援シューズ（EEFJ-Shoes）の開発を行ってきた。そこで本研究では、フレイル高齢者へのヒアリング調査を実施し、意匠性（機能性と審美性）の高い背屈支援シューズの開発を行った。

3 研究内容

①ニーズに対する事前ヒアリング

合計3回のヒアリングによって、歩行支援シューズのニーズの明確化と、実用化に向けた検討を行った。新型コロナウイルスの感染状況を考慮してヒアリングはすべてオンラインで行われた。ニーズの確認のために義肢装具メーカーである有菌製作所の開発部へのヒアリングを行った結果、本開発のターゲットであるフレイル高齢者は同社のターゲットのドメインでもあり、開発コンセプトもニーズに合致しているという意見であった。意匠性検討のために大分芸術文化短期大学の松本准教授とのヒアリングでは、開発品の機能性だけでなく使用環境を含めたユーザビリティテストが必要とのコメントを得た。

②試作開発

カーボンファイバー強化プラスチックによる造形が可能な三次元プリンタを納入し、3次元CADで作成した形状モデルをそのまま印刷できるようになった。これまで開発してきた歩行補助具を基本形状としながら、当該装置で造形可能なように形状変更し、強度低下が起こりにくい造形方法の検討を行った。第一試作(図1)を造形し、そのアシスト力を引張試験によって確認した。



図1 第一試作

③歩行補助効果の確認実験

大分大学理工学部 倫理審査委員会に対し、歩行実験に対する倫理審査の申請を行い、実施期間 2021年4月～2022年3月にて実施の承認を得た。開発した器具を用いて歩行分析(図2)を行った。被験者は当初20名を計画したが、コロナ禍の影響で実験実施が困難であり、かろうじて10名までの実施にとどまった。しかしながら、足関節の分析によって歩行補助効果の確認を行うことができ、論文掲載まで決定した。



図2 歩行分析の様子

④ユーザビリティ評価実験

上記器具の装着容易性を確認するために、装着時間および装着時の足首のねじり運動の計測を行った装着時間に差はなかったが、装着時の足関節の不必要なねじり運動を50%減少させることを確認した。改良品が高齢者等、足部の柔軟性を失ったユーザでも使用しやすい形状であることを確認できた。

4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

開発された器具は、簡単な構造でありながら歩行時の背屈補助機能を、ユーザごとに簡単に調整することができる。さらに、フレイル高齢者への聞き取りと、工業デザインのプロによる意匠性を高めた形状によって歩行意欲の向上を高める靴となっている。本品の使用により、転倒の不安を解消して高齢者の運動機会を増加させ、フレイルの改善、介護予防による高齢者のQOL向上を目指す。コロナ禍の影響でフレイル高齢者を対象とした最終確認ができていない状況であり、今後の継続研究を実施していく必要がある。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

(研究歴)

① 柔軟関節を有する新規歩行負担軽減シューズの開発

2017年 九州地方成長産業戦略(九州Earth戦略)に基づくイノベーション創出事業

概要: 本研究において、弾性体内蔵型柔軟関節(Elastomer Embedded Flexible Joint:EEFJ)、およびこれをフレイル高齢者と健常者を対象とした背屈支援シューズ(EEFJ-Shoes)に応用する方法を提案した。

② 歩行負担軽減シューズに適した生体適合性の高い弾性要素の開発

2017年～2018年 科学技術振興機構JST 平成29年度地域産学バリュープログラム

概要: 本研究において、歩行負担軽減シューズに装着しやすいEEFJの形状および構造の改良を行った。また、健常者を対象とした歩行実験を実施し、その効果を検証した。

③ 生体の関節運動を模擬した支援機器は身体負担を軽減できるか?

2019年～2022年 科学研究費補助金 基盤研究(B)

概要: 本研究は装着型ロボットにおける負担調査とこれを軽減する機構開発に関する研究である。申請者が開発したBiomimetic Knee Jointは、人の膝関節運動を非線形ギアで再現し、空気圧人工筋やトーションばねによって膝への立ち上がりモーメントを提供する。身体負担を独自に開発したせん断力検出シート等で評価し、身体負担の少ないアシストスーツの開発手法の確立を目指す。

以上の研究歴においてEEFJをフレイル高齢者の歩行能力改善に適用することの提案と、その設計手法の確立は行っていたが、実際のユーザを対象としたユーザビリティ調査や、歩行意欲を改善しうる意匠性を考慮したデザインまで実施できていなかったため、本研究ではそれを実施した。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

(知財)

下肢装具, 大分大学, 菊池武士, 阿部功, 押本泰貴, 特許第7015055号 (2022.1.25)

(学術雑誌)

Takehito Kikuchi, Toma Ono, Maki Nakahara, Isao Abe, Kenichiro Tanaka, Yasushi Matsumoto, Naoki Chijiwa, Development and Evaluation of Dorsiflexion Support Unit using Elastomer Embedded Flexible Joint, Journal of Robotics and Mechatronics, Vol.34, No.4, in press, 2022

(学会発表)

小野翔正, 中原麻葵, 菊池武士, 阿部功, 松本康史, 田中健一郎, フレイル高齢者用の背屈サポートユニットの改良と効果検証実験, 日本機械学会2022年ロボティクス／メカトロニクス講演会講演論文集, in press (2022.6, 札幌)

7 補助事業に係る成果物

(1)補助事業により作成したもの

研究成果のビデオ

下記HP内の”フレイル高齢者のための歩行支援靴, EEFJ-Shoes”

(<http://www2.hwe.oita-u.ac.jp/kikuchilab/research.html>)

(2)(1)以外で当事業において作成したもの

該当なし

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名 : 大分大学(オオイタダイガク)

住 所 : 〒870-1192

大分県大分市旦野原700番地

担 当 者 : 教授 菊池 武士 (キクチ タケヒト)

担 当 部 署 : 理工学部(リコウガクブ)

E - m a i l : t-kikuchi@oita-u.ac.jp

U R L : <http://www2.hwe.oita-u.ac.jp/kikuchilab/index.html>