

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 16 日現在

機関番号：32689

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2013

課題番号：24650357

研究課題名(和文) 柔軟で簡単に装着可能な服型ウェアラブルロボットの開発

研究課題名(英文) Development of a Soft Clothes-type Robot with Easiness to Wear

研究代表者

吉村 允孝 (Yoshimura, Masataka)

早稲田大学・理工学術院・教授

研究者番号：60026325

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)：近年少子高齢化といった社会的背景から、高齢者の仕事・生活を支援することを目的として、外骨格ロボットの開発が進められている。しかし、外骨格ロボットは、装着までの時間の長さ、装着感の硬さ、高価であることなど、一般の方には敷居が高いロボットであり、現在運用が進められているリハビリテーション分野における「特殊な人・用途のための特殊なロボット」であるといえる。そこで本研究では、形状記憶合金(SMA)アクチュエータを服に組み込むことで、「手軽に、装着するのみで」、日常動作の支援を実施できる支援機器を開発することを目的とする。麻痺患者の階段昇段時の支援を対象として、ハードウェアとソフトウェアの検討を行った。

研究成果の概要(英文)：Recently, in the super-aged society in Japan, exoskeletons are developed in many ways to support works and activities of elderly people. However, in present, exoskeletons are used in particular situation even though in rehabilitation field because process to put on exoskeletons takes long time, uncomfortableness to wear, and high cost. In this research, we tried to develop a clothes-type robot to ease the process to put on it and to comfort wearing. The clothes-type robot includes shape memory alloy (SMA) actuator to support lifting up the host's lower limb. We set a movement to climb stairs by paralyzed patients as a target, and tried to develop hardware and software.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学・リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：ウェアラブルロボット 生体工学 バイオミメティクス

1. 研究開始当初の背景

近年少子高齢化といった社会的背景から、高齢者の仕事・生活を支援することを目的として、CYBERDYNE 株式会社で開発されている ROBOT SUIT HAL® (Hybrid Assistive Limb) に代表されるような外骨格ロボットの開発が進められている。これらのロボットでは金属部材があたかも“力を発生することができる骨と関節”を体の外側に形成することで、人間が発生する力をアシストする役割を担っている。一方その特性から、装着までの時間の長さ、装着感の硬さ、高価であることなど、非常に一般の方には敷居が高いロボットであり、現在運用が進められているリハビリテーション分野における「特殊な人・用途のための特殊なロボット」であるといえる。

現在、グングンウォーク(キングカップス)、クロスウォーカー(ワコール)などのゴム製のテーピングを用いて、日常動作の支援に役立つ服の販売が拡大している。これらの製品のように「手軽に、装着するのみで」、日常動作の支援を実施できる機器のニーズは非常に高いと言える。これらの機器が人間の力を用いて受動的(パッシブ)にアシストしているため、行動を起こすための力をアシストすることができず、利用が制限されている。本研究の発想は、SMA アクチュエータを服に組み込むことで、ロボットが能動的(アクティブ)に人の動作をアシストすることである。能動的な力の発生により、受動的な機器では力が弱く使用不可能な人にも、適用範囲が広がる、より適切なアシストが可能である等のアドバンテージが得られると考えられる。

2. 研究の目的

本研究では、“生物の筋肉の機能や構造、情報伝達方法”を模倣したハード・ソフト開発を実施することで、コンパクトかつ出力の高い、安定した制御系の「外筋型ウェアラブルロボット」の実現を目指す。本研究では、多数のアクチュエータを服の中に埋め込み、それらの協調動作で人をアシストするのに十分な力を発生させる。具体的には、細径小型の直動型アクチュエータとして、形状記憶合金(以下、SMA: Shape Memory Alloy)を用いたアクチュエータを用いる。SMA アクチュエータは、非常に細い糸のような形状を持ち、伸縮方向に力を発生させることが可能である。

外筋型ウェアラブルロボットを開発するために、まず、ロボットによる支援を行う対象を検討した。自立歩行が可能な麻痺患者に於いて、段差を昇段する際に、足部の振り上げが不足し、躓くことで転倒が発生することがある。転倒は頭を打つ、骨折するなど、状況によっては非常に重篤なけがを招くことがあるため、転倒を防止するための研究が多く行われている。麻痺患者の昇段に関しては、麻痺の症状により、自身が意図していたほど、足を振り上げることができず、転倒すること

が考えられる。この問題に対して、外骨格ロボットにより、支援を行うことが考えられるが、段差を昇段可能な程度の麻痺患者は通常時は自立歩行が可能であるため、躓き発生時以外での支援は必要ない。外骨格ロボットでは、硬いフレームを装着するため、常に装着感に伴い、不快感を生じる可能性がある。そこで、本研究では、装着感を伴わない外筋型ウェアラブルロボットを用いることで、振り上げ量が不足する際に、不足した分だけ下肢を持ち上げることを、支援目的とした。

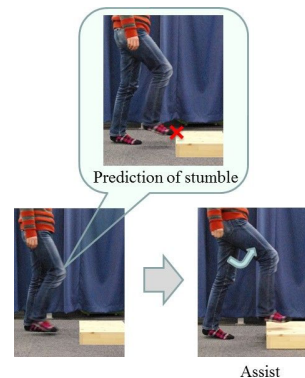


図1 段差昇段時の支援コンセプト

3. 研究の方法

麻痺患者の段差昇段時のつまずきを防止する外筋型ウェアラブルロボットの開発に向け、以下の手順で研究に取り組んだ。

- (1) 段差昇段成否判定アルゴリズムの構築
- (2) 外筋型ウェアラブルロボットの要求仕様の導出
- (3) 外筋型ウェアラブルロボットの開発

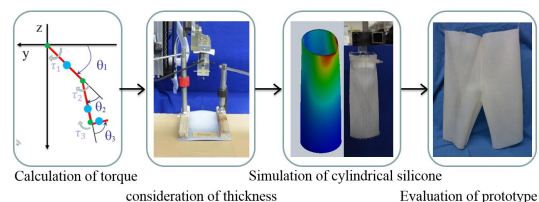


図2 外筋型ウェアラブルロボット 研究開発フロー図

4. 研究成果

- (1) 段差昇段成否判定アルゴリズムの構築要求仕様の導出

まず、段差昇段時に振り上げ量の不足を検知するアルゴリズムを構築した。このアルゴリズムは、段差昇段時の膝関節の高さと大腿の振り上げ角速度を指標として段差昇段時の足の振り上げ量の過不足を判断する。評価として、段差の昇段に成功した場合と失敗した場合の軌道を計測し、提案する段差昇段成否アルゴリズムによって、昇段の成否を識別した。ここで、昇段の失敗は躓きが発生することを意味するため、目標とする段差よりも低い段差の昇段に成功した場合の軌道を昇段に失敗した場合の軌道として採用した。ア

ルゴリズムを用いて識別を行った結果、段差手前で段差昇段の成否が識別可能であることが確認された。

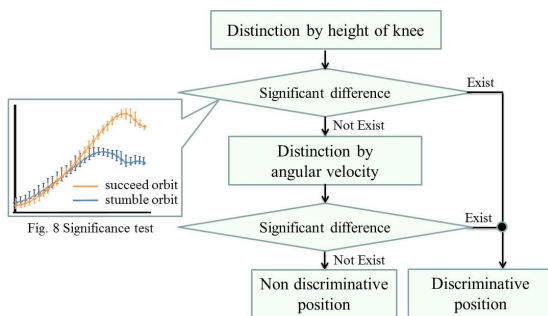


図3 つまづき判別アルゴリズムのフロー

(2) 外筋型ウェアラブルロボットの要求仕様の導出

次に、アルゴリズムにより段差昇段の成否が判断された時点から段差に到達するまでの時間、および、その時点での足の振り上げ量に応じて、外筋型ウェアラブルロボットにより、振り上げを支援する上で必要となる応答性と発揮トルクの要求仕様を導出した。

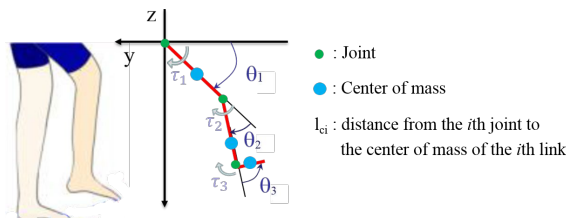


図4 発揮トルクの要求仕様導出に用いた下肢剛体リンクモデル

(3) 外筋型ウェアラブルロボットの開発

SMA アクチュエータは熱を加えることで収縮するため、外筋型ウェアラブルロボットに搭載するためには、断熱する必要がある。そこで、要求仕様を満たす外筋型ウェアラブルロボットを開発するために、外筋型ウェアラブルロボットの変形量・断熱などを考慮して、外筋型ウェアラブルロボットを構成するシリコンの硬さと厚みを検討した。そして、検討した硬さと厚みのシリコンにて構成した外筋型ウェアラブルロボットのプロトタイプを製作した。本プロトタイプは大腿部の前面に複数の SMA アクチュエータが並列に配列されており、段差昇段時に振り上げ量の不足を検知した場合は、SMA アクチュエータが収縮することで、足の振り上げを支援する。は重量が非常に大きいものとなってしまったため、事前に行ったミニチュアのモデルを用いた予備実験ではロボットの形状変化を確認できたが、実物大のロボットは自重により十分な変形が得られなかった。今後、外筋型ウェアラブルロボットの研究を進める上では、形状記憶合金部分のみを断熱目的でシリコンにより覆い、スパッツ上接着す

る形でハードウェアを構成することが有効であると考えられる。

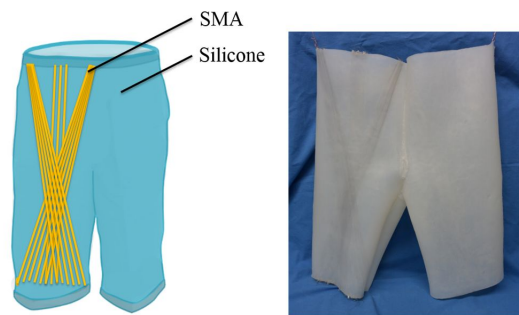


図5 外筋型ウェアラブルロボットのプロトタイプ

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 1 件)

中山正之,井上淳,金石大佑,雨宮元之,中島康貴,小林洋,藤江正克,“膝関節軌道と股関節屈曲角速度に基づく、つまづき発生判別アルゴリズムの構築～つまづき防止用下肢装具の要求仕様導出～”,日本機械学会2013年度年次大会, J241031, 岡山大学津島キャンパス, 岡山, 9月9-11日, 2013年

〔その他〕
ホームページ等

早稲田大学 理工学術院 総合機械工学科/総合機械工学専攻 システムデザイン研究室 (宮下朋之研究室)

<http://www.miyashita.mmech.waseda.ac.jp/>

早稲田大学 理工学術院 医療福祉工学研究室 (藤江正克研究室、研究分担者 小林洋 所属)

<http://www.fujie.mech.waseda.ac.jp/> (日本語ページ)

<http://www.fujie.mech.waseda.ac.jp/?AboUtUs> (English Page)

6. 研究組織

(1)研究代表者

吉村允孝 (YOSHIMURA, Masataka)
早稲田大学・理工学術院・教授
研究者番号：60026325

(2)研究分担者

宮下朋之 (MIYASHITA, Tomoyuki)
早稲田大学・理工学術院・教授
研究者番号：20329080

小林洋 (KOBAYASHI, Yo)
早稲田大学・理工学術院・准教授
研究者番号： 50424817