

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 17 日現在

機関番号：32657

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2013～2014

課題番号：25882031

研究課題名(和文)対象者の残存能力に応じた支援機器選定システムの開発

研究課題名(英文)Development of the assistive technology machine selection system according to the subject's remaining capability

研究代表者

井上 淳(Inoue, Jun)

東京電機大学・未来科学部・助教

研究者番号：20609284

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、ベイズ推定を用いた筋活動推定を応用した「対象者の残存能力に応じた支援機器選定システム」の構築である。初年度は本研究手法の有効性を示すことを目的とし、支援機器から直接人体に影響を与える部位が少ない下肢装具を対象とした、望ましい筋活動と関節可動域から必要な下肢装具を決定可能な「患者の残存能力に応じた下肢装具選定システム」の構築を目指した。また、生活動作の良い悪いの判別システムの構築及び、片麻痺患者に対して、実際に使用可能な杖練習用歩行器の開発を行った。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this research is construction of "the Assistive technology machine selection system according to the subject's remaining capability." First, we aimed at examine the validity of this research technique. The part which affects a human body directly aimed at the construction of "the lower-foot-orthosis selection system according to the patient's remaining capability" which can determine a required lower foot orthosis from the desirable muscle activity for lower foot orthoses, and a range of joint motion from the assistive technology machine. Moreover, we built the bad good thing discriminating system of operation. And we developed the walker for cane practice which can actually be used to the hemiplegia patient.

研究分野：福祉工学

キーワード：ベイズ推定 下肢装具 福祉工学 筋活動推定

1. 研究開始当初の背景

(1) 近年、世界の先進国で高齢化が進行する中、様々な高齢者・障害者の支援機器が開発されている。下肢の支援機器だけとりあげても、山海らの開発している HAL や、トヨタの歩行支援アシストロボット等が実用化に近付いているほか、古くから使われている車いす・下肢装具・杖・歩行器などは症状に合わせて多くの種類が開発されており、患者の選択肢は広がりつつある。

しかし、これら支援機器が患者に処方される時、個々の患者にとって何がベストなのかを現場で判断することは非常に難しいといわれる。たとえば下肢装具一つをとっても、「現状では下肢装具の明確な処方基準がなく、下肢筋活動に依拠した処方がなされていない」ということが日本リハビリテーション医学会で問題提起されている。これは、個々の支援機器が対象患者の設定を誤っているということの意味するものではなく、臨床現場では患者の残存能力の計測が困難であることが原因となって生まれる問題である。歩行を例に挙げて考えると、歩行中の筋の活動量を計測するには、表面筋電計を貼り付けて計測するのが一般的であるが、筋電計測器はデータの処理が煩雑であることと、高額にも関わらず保険適用されないことから医療機関への導入は進んでいない。

(2) この問題に対して、人間の筋活動を解明する目的で、筋活動量の可視化を行う研究や、人間の全身筋のモデリングを行う研究も多くなされている。これらはリアルタイムでどの筋が活動しているかを見ることを可能としたり、筋電計を用いなくとも筋活動の推定を可能とすることを目的とした研究である。しかし、これらの研究で用いられている手法では三次元運動解析器・床反力計等の大規模な装置が必要となり、臨床現場で使用することは困難であった。

この問題に対し、これまで、研究代表者は歩行を対象に、計測が容易なパラメータのみを用いた下肢筋活動の推定、及び下肢筋活動量変化原因の推定手法の開発を行ってきた(図1)。本手法では下肢関節角度と足底圧という、計測・データ処理が容易で臨床の場でも利用が可能なパラメータのみを使用する。

2. 研究の目的

本研究では研究代表者が今まで研究してきた、計測が容易なパラメータのみを用いた筋活動の推定、及び筋活動量変化原因の推定手法を関節可動域増減の変化原因推定にも応用し、下肢活動モデルを構築し患者に対して真に必要な補助器具を提案するシステムの構築を目指す。

3. 研究の方法

モデル構築の際は物理モデルを構築するのではなく、ベイジアンネットワークを用いて

数学的なモデルを構築することで、物理計算に必要なパラメータが全て揃っていなくとも、筋活動量の推定を行うことを可能とした。さらに、歩行条件が変化し、筋活動量が変化した際はその原因となるパラメータを推定することが可能となった。

本提案ではこの手法を関節運動の変化原因にも応用することで、歩行時下肢活動のモデルを構築する。その後、モデルの入出力を入れ替え「望ましい筋肉・関節の活動」を入力とすることにより、「対象者の残存能力に応じた支援機器選定システム」の構築が可能になるとの仮説を立てた。

4. 研究成果

本研究の目的は、「対象者の残存能力に応じた支援機器選定システム」の構築である。まず、本研究手法の有効性を示すことを目的とし、支援機器から直接人体に影響を与える部位が少ない下肢装具を対象とした、望ましい筋活動と関節可動域から必要な下肢装具を決定可能な「患者の残存能力に応じた下肢装具選定システム」の構築を目指した。また、動作の良い悪いの判別及び、片麻痺患者に対して、実際に使用可能な杖練習用歩行器の開発を行った。

(1) シミュレーションモデルの生体力学的妥当性の検討

下肢筋活動量の推定を、通常歩行時の歩行データからベイジアンネットワークを用いた数学的モデルを構築することで行った。その結果、下肢筋活動の高い推定精度が得られただけでなく、筋活動量の変化する原因についても原因推定が可能となった。その原因推定について、歩行時の生体力学的見地からの検討を行い、推定モデルの妥当性を示した。また、下肢装具を装着した際の関節角度などの歩行条件を実験用下肢装具を用いて再現し、関節が固定された状態と固定されていない状態を比較して両モデル間の筋活動変化の原因を検討した。その結果、装具装着歩行時の筋活動変化原因も表すことができ、歩行条件が変わった際、本モデルだけで筋活動変化原因をピックアップできることが示された。

このことから、本モデルの下肢装具の選定システムへの応用が有効であることが示唆された。

(2) 動作の評価および、その自動判別アルゴリズムの構築

動作の良し悪しを自動判別してその原因を推定するアルゴリズムについて検討を行った。具体的には、教師データをもとに身体運動量をマハラノビス距離を用いて判別分析をかけ、新しくくわえられたデータが良い

動作なのか悪い動作なのかを判別する。その後、周期的動作を一定の基準で分割したそれぞれについて、その原因となる身体部位を、ベイジアンネットワークを用いて推定するものである。動作の成功失敗が目に見える形で現れるフラフープを題材として上記のアルゴリズムを検討した結果、膝の動きが大きくなるのが熟練のコツだという推定結果が出た。実際にフラフープを時計回りに回す際は左足を、反時計回りに回す際は右足を軸として膝を大きく動かす必要があり、現実の動作のコツとシミュレーションから導かれたコツの間に一致が見られていることから、上記アルゴリズムは妥当だという結論を得た[4]。今後は歩行の際、動作の成功失敗に代わる基準パラメータを定めることにより、このアルゴリズムを下肢装具装着時の解析に活かすことを検討している。

(3) 片麻痺患者に対する杖歩行訓練用歩行器の開発

片麻痺患者が病棟において病棟看護師の見守りを必要とせず、安全な杖歩行練習を可能にするためには、現在存在する歩行器ではない、以下の要件を満たすような歩行器が必要である。

a) 杖歩行訓練時、健側の腕及び杖や患足に干渉しない。

b) 転倒時には自動的にブレーキがかかる。

c) 患者の手を使わずに、歩行補助器が歩行に追従する。

そこで、以上の仕様を満たすような歩行補助器を開発し、それを使用した際の歩行計測を行った。杖歩行訓練時に人間の体と歩行補助器の干渉を避ける必要があるため、図1のように健側が大きく開いた機構とする。ブレーキの機構は、タイヤと本体をガイド付きバネで接続しており、転倒などによって体重心が下がるとバネが圧縮し、タイヤカバーとタイヤが接触して止まるように設計した。手を使わずに歩行補助器を歩行に追従させるため、腰部につけたハーネスと歩行補助器をワイヤで接続する。重心を下げるため、上部はアルミ製、下部は鉄製とし、総重量は 15.6kg である。

実験の結果、歩行器の重量が大きくなると腰への外力も大きくなることがわかったが、重量が 26.5 kg になっても外力は 10N に満たないため、影響は限定的であると考えられる。また、骨盤中心の動揺量は歩行補助器の重さによらず、歩行補助器をつけると通常歩行時よりも抑制され、安定な歩行になることがわかった。以上より、歩行補助器は歩行の安定性を損なわないものだと結論付けられる。

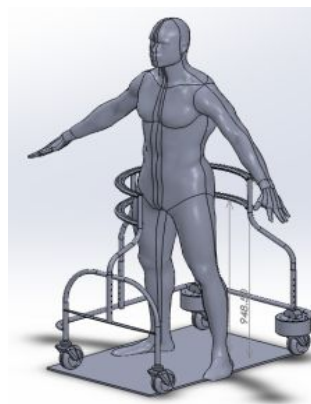


図1 歩行器概要

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)

[雑誌論文](計 2 件)

Jun Inoue, Kazuya Kawamura, and Masakatsu G. Fujie, BIODYNAMIC VERIFICATION OF AN ESTIMATED MUSCULAR ACTIVITY MODEL FOR ORTHOSIS PRESCRIPTION SUPPORT SYSTEMS, Biomedical Engineering VOLUME11, 2014, 260-266
DOI:10.2316/P.2014.818-028

中島康貴, 渡邊峰生, 井上 淳, 川村和也, 藤江正克, 理学療法士の介助動作を規範とする歩行訓練ロボットのためのハンドリング動作の力学的モデルの構築, バイオメカニズム学会誌, 22 巻, 2014, 237-248

[学会発表](計 14 件)

宮野拓真, 花崎泉, 井上淳, 動作指導のための熟達度合判別に関するアルゴリズムの構築, 第 57 回自動制御連合講演会, 2014/11/10-12, ホテル天坊, 群馬県

Jun Inoue, Takuma Miyano, Izumi Hanazaki, Analysis of the knack of periodic motion using a Bayesian network, The 46th ISCIE International Symposium on Stochastic Systems Theory and Its Application, 2014/11/1-2, Kyoto Institute of Technology, Kyoto

吉澤翔太, 井上淳, 花崎泉, 主成分分析を用いた身体動作における重要時間帯の推定, 生活生命支援医療福祉工学系学会連合大会 2014(LIFE2014), 2014/9/24-26, ルスツリゾート, 北海道

井上淳, 山口浩志, 花崎泉, 川村和也, 貴嶋芳文, 東祐二, 湯地忠彦, 藤元登四郎, 片麻痺患者に対する杖歩行練習用歩行補助器の開発, 生活生命支援医療福祉工学系学会連合大会 2014(LIFE2014), 2014/9/24-26, ルスツリゾート, 北海道

Jun Inoue, Kazuya Kawamura, Masakatsu G. Fujie, Biodynamic Verification of an Estimated Muscular Activity Model for Orthosis Prescription Support Systems, International

Conference Biomedical Engineering (BioMed 2014), 2014/7/23-25, Zurich, Switzerland

Jun INOUE, Kazuya KAWAMURA, Masakatsu G. FUJIE, 下肢装具装着歩行時における筋活動推定ベイズモデルの生体力学的検討, ロボティクス・メカトロニクス講演会 2014, 2014/5/25-29, 富山国際会議場, 富山県

Yurika YAZAKI, Jun INOUE, Izumi HANAZAKI, 健常者と腰部痛患者のしゃがみ動作の比較, ロボティクス・メカトロニクス講演会 2014, 2014/5/25-29, 富山国際会議場, 富山県

Shinya YAMAZAKI, Jun INOUE, Izumi HANAZAKI, 関節角度を用いた重回帰モデルによる階段昇段時の重心推定, ロボティクス・メカトロニクス講演会 2014, 2014/5/25-29, 富山国際会議場, 富山県

豊永 勇樹, 貴嶋 芳文, 湯地 忠彦, 東 祐二, 藤元 登四郎, 渡邊 峰生, 中島 康貴, 東野 達也, 井上 淳, 川村 和也, 藤江 正克, 片麻痺歩行者に対する歩行練習時のハンドリングの定量的評価, 第 35 回九州理学療法士・作業療法士合同学会, 2013/11/23-24, 崇城大学, 熊本県

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, つまずき発生判別アルゴリズムの構築, 日本機械学会 2013 年度年次大会, 2013/9/9-11, 岡山大学, 岡山県

井上 淳, 川村 和也, 藤江 正克, 装具処方支援を目的とするページアンネットワークを用いた歩行時筋活動推定, 日本機械学会 2013 年度年次大会, 2013/9/9-11, 岡山大学, 岡山県

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 1 件)

名称: 杖歩行練習器

発明者: 井上淳, 川村和也, 花崎泉, 藤元登四郎, 貴嶋芳文

権利者: 同上

種類: 特許

番号: 特願 2015-31641

出願年月日: 平成 27 年 2 月 20 日

国内外の別: 国内

取得状況(計 0 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年月日:

取得年月日:

国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

井上 淳 (Inoue, Jun)

東京電機大学・未来科学部・助教

研究者番号: 20609284