

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 7 日現在

機関番号：17601

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2014～2015

課題番号：26882031

研究課題名(和文)高齢者ための日常的な下肢動作を支援する福祉ロボットの研究開発

研究課題名(英文)Distance-based measurement and motion model for lower-limb behaviors

研究代表者

LEE Geunho (LEE, Geunho)

宮崎大学・工学部・准教授

研究者番号：60595776

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)：我々は、健常な高齢者を対象とした、起立から歩行、歩行から着座までの一連の下肢動作を補助する下肢動作支援ロボットの開発を研究目標とする。本研究では、開発するインターフェースにより、起立、歩行、着座それぞれの動作に関して、使用者の下肢動作をモニタリングし、バランス補正することで下肢動作支援ロボットを用いる際の総合的な下肢動作補助モデルの構築を行うことを研究目的とする。提案モデルの有効性を確認するため、高齢者30名による検証実験を行い、このモデルを用いた歩行と起立着座の動作補助が可能であることを確かめた。

研究成果の概要(英文)：The distance-based measurement model for walking and standing/sitting behaviors by using only a pair of two proximity sensors was proposed. Specifically, the proposed measurement scheme allowed an interface to determine between standing behaviors and sitting ones, not requiring visual sensors such as cameras. Moreover, a motion-generation model is developed, enabling a lower-limb assist device to generate its motions so as to correspond to the measurement model. To demonstrate the effectiveness of the models, experiments were performed where 30 subjects including six persons over the age of 75 participated. From a practical standpoint, these results were quite encouraging. From these results, we are able to confirm that the proposed models could provide the potential users of the assist device with easy, reliable maneuverability without invading their own privacy.

研究分野：福祉ロボット

キーワード：福祉工学

1. 研究開始当初の背景

(1) 日本では少子高齢化が一層進み、被介護者の増加、そして介助者の減少によりロボット技術の福祉への応用が様々な場面で期待されている。また高齢者・障害者が自立した日常生活を送ることができることが重要視されている。彼らが自立した日常生活を営むに当たり重さが置かれる点は歩行であると考えられており、自立生活の促進や生活の質(以下、QOL)の向上を目的として、歩行困難な障害者や筋力の衰えた高齢者に対して歩行をアシストする役割を担えるロボットが必要である。

(2) 一般的に用いられている歩行アシスト機器として歩行器があげられる。歩行器は体を支えるフレームに移動用の車輪をつけて、使用者はフレームに自重を預けながら歩行を行う。また車輪に動力を持たせ、使用者が操縦装置を用いることで歩行器を操作し、より安定に歩行補助・リハビリテーションを行うロボット歩行器の研究が盛んである。しかしながら高齢者を対象とする場合、複雑な操作系による混乱や、咄嗟の行動での操作ミス、筋力の衰えによる操作への不安など、インターフェースに関して様々な報告があった。これらの問題に対して、音声認識や画像処理、圧力感知型シューズ等による間接的に動作補助を行うインターフェース、そしてブレインインターフェースなどが開発されているが、環境への対応、連続性の問題、装着に対する利便性問題、信頼性など様々な問題を抱えている。

(3) 日常生活で用いる福祉支援ロボットを開発するには手軽に使える利便性の高さが重要になる。高齢者を対象とする場合、高齢者は機械や電子デバイスに疎く、また操作がゆっくりとした振る舞いになることを前提にする必要がある。すなわち簡単かつ自然に操作できるインターフェースが必要である。このようなインターフェースの考察に基づき、2010年あるアクティブ型歩行支援機(以下、JARoW)を開発している。全方位移動可能な稼働部を持ち、コンパクトで丸みを帯びたフレームとアクティブセーフティ技術により衝突安全性が考慮され、日常生活での使用を前提として開発した。JARoWは近接測距センサにより使用者の足の動きを読み取ることで、操縦装置を操作することなく使用者が意図した移動方向・速度に対応した歩行アシストを実現した。これらの技術をさらに発展させ、日常生活で必要となる起立・着座の動作を、操縦装置を用いることなくアシストすることでより利便性の高い下肢動作支援ロボットの開発を行う。

2. 研究の目的

(1) 我々の研究グループでは、筋力の衰えた高齢者を対象とした、起立から歩行、歩行

から着座までの一連の下肢動作を補助する、今までにないインターフェースを持つ下肢動作支援ロボットの研究開発を目標としている。特に、下肢動作支援ロボットは、日常生活で使用できるよう小型で、かつ利便性を重視する。中でも、開発するインターフェースシステムにより、起立、歩行、着座それぞれの動作に関して、使用者の下肢動作をモニタリングし、バランス補正することで下肢動作支援ロボットを用いる際の総合的な下肢動作補助モデルの構築を行うことを研究目的とする。そして実験機を用いた稼働テストや臨床実験により、提案した補助モデルの有効性を評価する。将来的には日常生活空間で用いることができる「健康で自立した生活を提供するモビリティ」として、高齢者や下肢障害者のQOLを向上させることが期待できる。

(2) 以前JARoWの臨床実験に伴い、歩行に不安を感じている高齢者をはじめ、片麻痺障害者、歩行器使用者の被験者、計84名にアンケート調査を行った。その結果大多数の被験者が起立や着座行為に不安を感じている結果となった。特にトイレを1人でできることへの重要性を指摘していただいた。これは高齢者の自尊心という観点からも非常に重要であり、日常生活での行動において起立・着座という行動は、歩行に次いで重要な動作となると考えられる。これまで歩行補助とその操作性に焦点を置いてきたが、それらの技術を発展させて「起立 歩行 着座」これらの行動を連続的に、且つ操縦装置を用いず、下肢の動きを観測することで、起立・着座の動作を認識し、それらの動きを適応させる新しい動作モデルを構築する。

3. 研究の方法

日常生活で主に必要になる歩行及び起立・着座の各動作に関して、下肢の動きを観測する観測モデルを構築する。また、この観測モデルに基づき、下の動作を認識して下肢動作支援ロボットを使用した時の動作モデリングを行う。動作モデルはシミュレーションによる妥当性の検証を行う。また動作を観測するインターフェースシステムの開発と、観測されたデータから各動作を区別するためのアルゴリズムの構築を行う。同時に使用者の観測データから体幹のバランスを判断し、バランスを安定に促すシステムの構築を目指す。またそれらの動作や体幹のバランスを実際に補助するための下肢動作支援ロボットのフレームを開発する。これらとともに、最終的には臨床実験を行うことで提案する動作モデル理論の妥当性の検証を行う。必要があれば逐次改良を行うことで日常の動作支援機としての性能向上を目指す。

4. 研究成果

(1) 歩行・起立・着座の各動作を検出する

インターフェースの研究開発を目標とした。この目標に沿って、下肢動作の認識モデリング手法と観測装置を開発すると共に、インターフェースシステムの構築に関する研究を実施した。ここで、インターフェースの単純化及びプライバシーの配慮のために、測域センサによる動作間の距離情報のみを用いる条件を考え、インターフェースによる使用者の下肢動作を認識するモデルを提案した。まず、より効率的で自然な歩行支援を行うために、粒子フィルタを用いた歩行モデルを作成した。次は、起立着座動作時の相対距離を基に、起立着座のモデルを提案した。この観測モデルは人体における起立着座の距離差に着目し、膝上部の距離の変化を測域センサで計測することによって起立着座を観測する。そしてこの距離データを用いて観測モデルを構築した。このモデルでは体に触れないセンサを使用するため計測機器を装着せず、利便性が高まった(図1を参照)。また、カメラのような画像処理を行わないためプライバシーを保護することが可能であり、少ないデータで起立着座の観測が可能である。そして高齢者の動作速度にあわせた連続的な起立着座の計測が可能である。



図1 起立着座動作間計測実験の様子



図2 高齢者による観測モデルの実験様子

(2) 提案モデルの有効性を確認するため、高齢者 30 名による検証実験を行い、同モデルを用いた歩行の観測及び起立着座の動作判別が可能であることを確かめた(図2)。実

験の前に被験者に対してインフォームドコンセントを行い、掲載の許可を取った。また異なる身体条件の高齢者にも同様の手法により動作判別を行うことができ、汎用性の高さが検証された。そして、モデルから起立と着座の距離と時間には線形関係があると推測された。これにより、ロボットによる起立と着座に対して自然な制御を行うことが出来ると考えられる。特に、測域センサを使用し、カメラのような画像データを扱わないためプライバシーへの配慮が可能である。

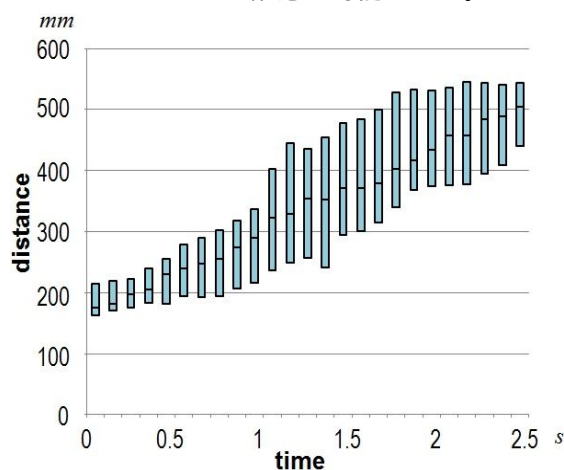


図3 個人差による着座動作の平均変位

(3) 動作モデルは、起立と着座の時間による変化部分である腰と膝の動きに注目した。特に、起立着座の運動は膝を中心とした膝から腰まで三次元の運動とみなすことが可能である。ここで起立着座矢状面の二次元円運動と近似化する。起立着座の円運動では動作の始まりにおいて徐々に加速し、動作の終わりにおいて徐々に減速していくと考えられる。このような概念を基に提案されたモデルは、起立着座動作のおよそ理想的な時間、速度を表すことが可能である。



図4 高齢者による動作モデルの実験様子

(4) 提案した起立着座モデルに基づいて下肢動作支援ロボットフレームの開発を行った。高齢者の残存機能を活かすために力補助ではなくバランス補助を行うロボットの開発を目標とした。さらに、起立着座時だけでなく車やベッドからの移動でも使用することができ、持ち運びができることからトイレなど狭い場所でも手軽に使用することができた。実験の前に被験者に対してインフォームドコンセントを行い、掲載の許可を取った。高齢者 30 名による検証実験を行い、手すり

部分の上下可動式にすることで起立と着座両方に対応することが可能であった。また、上下移動の速度を制御することで人によって異なる起立着座動作の速度に合わせた補助が可能であることを確かめた。

5. 主な発表論文等 (研究代表者には下線)

[学会発表](計 15件)

Geunho Lee, Hiroki Yonekura, et. al, "Proximity sensor based interface development for standing/ sitting behaviors toward a novel lower-limb assist robot", Proc. Int. Conf. Engineering and Applied Sciences, pp. 118-125, 2016年1月6日, Seoul (Korea)

井戸川 拓馬, 李 根浩, 勝野 真吾, 米倉 裕貴, 二見 康太, "歩行環境に適応した可変型歩行支援機の研究開発", 第1回 みやざきCOC+ みやざきA&S ヒルズ研究会, 2016年3月22日, ニューウェルシティ宮崎 (宮崎県宮崎市宮崎駅東)

二見 康太, 米倉 裕貴, 井戸川 拓馬, 李 根浩, 勝野 真吾, "起立着座・歩行の支援を目的とした非操作式起立着座歩行支援機器", 第1回 みやざきCOC+ みやざきA&S ヒルズ研究会, 2016年3月22日, ニューウェルシティ宮崎 (宮崎県宮崎市宮崎駅東)

米倉 裕貴, 李 根浩, 勝野 真吾, 井戸川 拓馬, 二見 康太, "高齢者の補助を目的とした自動歩行支援機の研究開発", 第1回 みやざきCOC+ みやざきA&S ヒルズ研究会, 2016年3月22日, ニューウェルシティ宮崎 (宮崎県宮崎市宮崎駅東)

井戸川 拓馬, 高橋 直記, 白石 聖稀, 米倉 裕貴, 李 根浩, "実用性を高めた折りたたみ歩行支援機の研究開発", 第22回技術・研究発表交流会, 2015年9月30日, 宮崎市民プラザ (宮崎県宮崎市橘通西)

高橋 直記, 井戸川 拓馬, 豊田 彬敏, 米倉 裕貴, 李 根浩, "バランス補助による起立着座支援機器の開発", 第22回技術・研究発表交流会, 2015年9月30日, 宮崎市民プラザ (宮崎県宮崎市橘通西)

井戸川 拓馬, 高橋 直記, 米倉 裕貴, 李 根浩, "実用性を高めた折りみ歩行支援機の研究開発", 第15回日本生活支援工学会大会福祉工学シンポジウム2015 第31回ライフサポート学会大会 (Life2015), 2015年9月9日, 九州産業大学 (福岡市東区松香台)

高橋 直記, 井戸川 拓馬, 米倉 裕貴, 李 根浩, "バランス 補助による起立着座支

援機器の研究開発", 第15回日本生活支援工学会大会福祉工学シンポジウム2015 第31回ライフサポート学会大会 (Life2015), 2015年9月9日, 九州産業大学(福岡市東区松香台)

Hiroki Yonekura, Geunho Lee, Satoshi Nagatomo, "Distance -based measurements of standing/sitting motions toward a novel lower-limb assist device", Proc. Int. Symp. Applied Mechanics and Robotics, 2015年08月07日, ホテルメリージュ宮崎 (宮崎県宮崎市橘通東)

米倉 裕貴, 李 根浩, 長友 敏, "測域センサを用いた起立着座補助ロボットの計測手法の研究開発", ロボティクス・メカトロニクス講演会, 2015年05月19日, 京都市勧業館 (京都市左京区岡崎成勝寺町)

米倉 裕貴, 長友 敏, 李 根浩, "高齢者向けの起立着座補助ロボットのインターフェースの研究開発", 日本機械学会九州支部 第46回卒業研究発表講演会, 2015年03月03日, 北九州工業高等専門学校(福岡県北九州市小倉南区志井)

T. Ohnuma, Geunho Lee, N.-Y. Chong, "Particle filter based lower limb prediction and motion control for JAIST active robotic walker", Proc. IEEE Int. Symp. Robot and Human Interactive Communication, 2014年09月25日, Edinburgh, Scotland (UK)

6. 研究組織

(1)研究代表者

LEE, Geunho
宮崎大学・工学部・准教授
研究者番号: 60595776

(2)研究協力者

米倉 裕貴 (YONEKURA Hiroki)
井戸川 拓馬 (IDOGAWA Takuma)
二見 康太 (FUTAMI Kota)