

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 8 日現在

機関番号：34310

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24560311

研究課題名(和文)形状形成問題に基づく分散協調型歩行支援ロボットの転倒防止制御

研究課題名(英文) Fall prevention control of distributed cooperative walking support robots based on a form formation problem

研究代表者

横川 隆一 (YOKOGAWA, Ryuichi)

同志社大学・生命医科学部・教授

研究者番号：70220548

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、日常の近距離の移動を通して、それぞれの高齢者に応じた、歩行能力の維持あるいは増進を行える機器を開発することである。歩行者が1台あるいは2台の歩行支援ロボットに作用する力、およびレーザ式測域センサによって計測された歩行者とロボットとの相対位置を幾何学的な指標で表し、その指標の値に基づいて、使用者の転倒を予測した。その予測に従って、使用者とロボットの相対位置を変化させ、使用者の転倒を防止した。模擬歩行者(等身大の介護用人形)を用いた歩行姿勢・転倒姿勢の計測実験より、本システムで提案した転倒防止アルゴリズムの有効性を客観的に検証することができた。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to develop the device by which elder people can keep or increase the walking task performance depending on their performances in everyday locomotion of short distances. The geometrical measure was described by the force which the pedestrian gave to the robot, and the relative position between the pedestrian and the robot measured with laser-range-sensors. It was determined whether the pedestrian would fall down by the value of the measure. The robots moved and varied the relative position to prevent the pedestrian from falling down. The walking posture and falling-down posture of a life-size doll simulating a pedestrian were measured with the 3-D motion capture system. The measurement results indicated objectively the validity of the algorithm for preventing the pedestrian from falling down.

研究分野：知能機械学・機械システム

キーワード：歩行支援 ロボティクス リハビリテーション 移動ロボット 分散協調

1. 研究開始当初の背景

(1) 本研究代表者はこれまで、病院・福祉介護施設内での歩行のリハビリテーションを目的として、分散協調型移動支援ロボットを開発してきた(引用文献①)。QOL(quality of life、生活の質)の向上が求められる中、本移動支援ロボットは、歩行者自身の運動を誘発させるリハビリテーション支援を視野に入れた分散協調型のロボットである。従来の移動ロボットと比較して、可能な限り人の機能を活用・回復・維持させようという試みは、QOL 向上にふさわしいものである。本移動支援ロボットは2台の歩行支援ロボットと1台の車椅子ロボットにより構成されている。歩行支援ロボットの腕置き部は上下方向に可動する。いずれのロボットも全方向に移動できるように、駆動部分は、オムニホイールを用いている。歩行支援ロボットには、Bluetoothによる通信機能および2次元レーザ式測域センサが搭載され、自己および他者の位置認識が行える。全方向へ移動できるので、交互歩行支援など、1~3台を組み合わせて、さまざまな支援形態が可能である。

(2) 本研究では、屋内でのリハビリテーション用に開発された分散協調型移動支援ロボットの内、2台の歩行支援ロボットを屋外での近距離移動支援(歩行支援)用に拡張しようとするものである。

(3) 同志社大学の位置するけいはんな地域では、起伏が多く、公共交通機関が不十分である。(財)関西文化学術研究都市推進機構では、けいはんな地域グリーンイノベーション成長産業振興・発展対策支援事業において、マイクロEV(小型電気自動車)の開発が進められるなど、高齢者のための近距離移動手段が求められている。同様の状況は、国内の他の地域でも考えられる。

2. 研究の目的

マイクロEVよりも近距離(散歩/買い物など)の高齢者の移動手段を対象とする。日常の移動を通して、それぞれの高齢者に応じた、歩行能力の維持あるいは増進を行える機器の開発を目指す。

(1) これまで本研究代表者が開発を進めてきた分散協調型歩行支援ロボットを屋外でも使用できるようにロボットの設計変更を行う。

(2) 歩行者が1台あるいは2台の歩行支援ロボットを保持する力あるいはロボットに加える力、および歩行者とロボットとの相対位置を幾何学的な指標で表す。その指標の値に基づいて、歩行者の転倒を予測し、歩行者を含めた複数ロボットのフォーメーションを柔軟に変化させ、歩行者の転倒防止を目指す。

3. 研究の方法

(1) 現有ロボットの機構を屋内用から屋外用へ変更した。車輪部であるオムニホイールを含めた駆動部の仕様、およびレーザ式測域センサの仕様を変更した。2台のレーザ式測域センサを用いて、被験者-ロボットおよびロボット-ロボットの相対位置を検出した。干渉を防ぐため、レーザ式測域センサの計測面を垂直方向でロボットごとに異なる位置に設置し、計測面を2面とした。

(2) 1台あるいは2台の歩行支援ロボット使用中の転倒動作を推定するために、模擬歩行者として等身大の介護用人形(現有)を用いた実験を行った。この実験では、転倒時の歩行者-ロボット、およびロボット-ロボットの相対的な運動を高精度3次元運動計測システム(OPTOTRAK Certus、Northen Digital 社製)を用いて計測した。

(3) 上記(2)の計測データから得られた歩行者およびロボットの位置・姿勢の幾何学的な関係から転倒防止の評価を行う指標を求めた。

(4) 上記(3)の指標に基づいて、歩行者と1台あるいは2台の歩行支援ロボットの相対位置および高さ(フォーメーション)を制御し転倒を未然に防ぐプログラムを開発し、ロボットの制御コンピュータへ実装した。さらに、歩行者とロボットとの間の相対運動、およびロボットとロボットとの間の相対運動を粘性と剛性、および質量でモデル化し、このモデルに従うようにロボットの運動を制御するインピーダンス制御プログラム(引用文献②、③)も実装した。

4. 研究成果

(1) 本研究代表者が開発を進めてきた分散協調型歩行支援ロボットの設計変更を行い、大きく機能向上を図ることができた。

(2) 分散協調型歩行支援ロボットを使用中の歩行者に対して、歩行から転倒への状態遷移がどのようにして起こるのかを模擬歩行者(等身大の介護用人形)を用いた計測実験によって確認することができた。

(3) レーザ式測域センサによって、歩行者の腰部・脚部とロボット間の相対距離の計測を行い、この相対距離情報を用いて姿勢を推定できるアルゴリズムを開発した。このアルゴリズムでは、歩行者の腰部・脚部の計測結果から、歩行者の身体の重心の位置を推定し、歩行支援ロボットの車輪と歩行者の足の接地点から構成された支持基底面内に歩行者の重心が位置するかどうかを幾何学計算によって判定することができた。



図1 従来の分散協調型移動支援ロボット

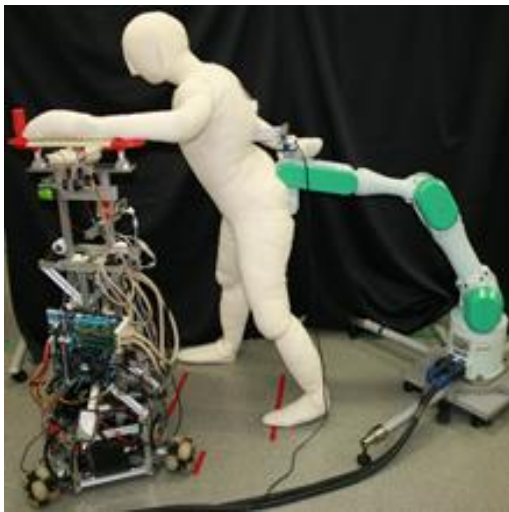


図2 模擬歩行者（等身大の介護用人形）を用いた計測実験



図3 開発された分散協調型歩行支援ロボット片側支援モード



図4 開発された分散協調型歩行支援ロボット両側支援モード



図5 開発された分散協調型歩行支援ロボット車椅子支援モード

(4) 模擬歩行者（等身大の介護用人形）を用いた歩行姿勢・転倒姿勢の計測実験より、本システムで提案した転倒防止アルゴリズムの有効性を、歩行者の主観的要素を含めず、客観的に検証することができた。

<引用文献>

- ①分散協調型移動支援ロボットシステム、横川隆一、積際 徹、日本ロボット学会誌、28巻9号、19-20 (2010)
- ②インピーダンス制御によって制御されるロボット、横川隆一、特許第 4578365 号、2010 (特許)
- ③ Grasp and Transport Control for a Chopsticks-type Robot Using Work Control, Y. Yamasaki, T. Tsumugiwa, R. Yokogawa, Int. J. Advanced Mechatronic

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)

①森多 隼也, 積際 徹, 横川 隆一、被歩行補助者の位置変位検出に基づく杖型歩行支援ロボットの運動制御法の開発、日本機械学会論文集C編、査読有り、79巻806号、2013、3584-3596

②Katsuhiko Nishizawa, Toru Tsumugiwa, Ryuichi Yokogawa, Development of the Walking-Support Robot Equipped with Force Detecting System, SICE Annual Conference 2013, 査読有り, Vol. 2013, 2013, 2696-2698

[学会発表] (計 4 件)

①川端 一帆, 横川 隆一、積際 徹、被歩行補助者の状態推定に基づく歩行支援ロボットの運動制御、日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2015、2015年05月19日、京都市勧業館「みやこめっせ」(京都府・京都市)

②西澤 克彦, 積際 徹, 横川 隆一、キッチンスケール用計測モジュールを用いた歩行支援ロボットのための力覚検出インターフェースの開発、第55回自動制御連合講演会、2012年11月17日、京都大学 吉田キャンパス 吉田南構内 (京都府・京都市)

③植村 樹, 積際 徹, 横川 隆一、歩容推定と操作力による杖型歩行支援ロボットの運動制御、第55回自動制御連合講演会、2012年11月17日、京都大学 吉田キャンパス 吉田南構内 (京都府・京都市)

④森多 隼也, 積際 徹, 横川 隆一、運動感覚に基づいた杖型歩行支援ロボットにおける操作部の位置決定、第55回自動制御連合講演会、2012年11月17日、京都大学 吉田キャンパス 吉田南構内 (京都府・京都市)

[その他]

ホームページ等

http://biomedical.doshisha.ac.jp/graduate/g_engineering_info/engineering.html

6. 研究組織

(1) 研究代表者

横川 隆一 (YOKOGAWA, Ryuichi)

同志社大学・生命医科学部・教授

研究者番号：70220548