

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 6 月 28 日現在

機関番号：26402

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2016

課題番号：15K16401

研究課題名(和文) 下肢障害者歩行支援用インテリジェントロボットの方向意図同定法と運動制御法

研究課題名(英文) Directional intention identification and motion control of an intelligent robot for assisting the people with walking disabilities

研究代表者

王 義娜 (WANG, Yina)

高知工科大学・システム工学群・助教

研究者番号：70739367

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)：擬似下肢障害者を対象として、自学習法を導入した距離型ファアジイ推論法を用いて、個体差に対応できる方向意図同定法を開発した。また、姿勢センサとにより転動を防止させる、下肢障害者から影響力及び地面から摩擦力に対応して、目標軌道の速度と加速度情報を利用するにより運動制御法の開発した。さらに、研究室で模倣する老人ホームなど実環境において、4人の擬似下肢障害者を対象とする実証実験を行った。被験者が歩行支援ロボットによる、目標位置まで移動する時、提案した制御法に基づいて、同定した下肢障害者の方向意図へ移動、本研究の運動法と方向意図の同定法の有効性を検証した。

研究成果の概要(英文)：A distance-type fuzzy reasoning method introduced with a learning algorithm was developed to identify the directional intention of pseudo handicapped subjects considering their individual characteristics. Then, after avoiding the dangerous of fall of user by using posture sensors, a motion controller utilizing the speed and acceleration information of desired path was developed to address the issues of force effects from users and the friction effects from ground on tracking accuracy of robot. Furthermore, 4 pseudo handicapped subjects were introduced to do the walking assist experiments to valid the developed methods studied in this research was valid in a simulated daily life indoor environment by the laboratory by. Based on the developed motion controller and directional identification method, the subjects were successfully move to the target position, that the proposed motion controller and directional identification method were valid.

研究分野：複合領域

キーワード：歩行支援ロボット 下肢障害者 運動制御 歩行意図同定 知能化

## 1. 研究開始当初の背景

近年、要介護人口の急増と若年人口の減少による「老老介護」が大きな社会問題となっており、高齢者は関節疾患、骨折・転倒、筋力の衰弱等が原因で歩行障害を生じると、次第に生活範囲が狭まり、精神的・肉体的老化が加速度的に進行し、終には寝たきりになる。これは誰にでも起こりえることであり、国の介護負担を際限無く増大させる要因となる。「老老介護」の負担を大幅に軽減するため、立位姿勢保持筋力が衰えた下肢障害者の歩行機能を残存させ、寝たきりになることを防ぐための、歩行支援ロボットが非常に重要となっている。

したがって、本研究では下半身運動器の残存能力をなるべく生かす自立歩行支援ロボットを開発している。

## 2. 研究の目的

下肢障害者が歩行支援ロボットによって目標位置へ移動する時、ロボットが障害者の方向意図を正しく認識するとともに、周囲の人や物との衝突を避けるために、方向意図に高精度に追従する機能が必要である。

したがって、本研究では、歩行支援ロボットにより下肢障害者の自立した歩行を実現するため、①操作性を向上させるために、下肢障害者の移動方向意図を高精度に同定する手法の開発、②転倒を防止させるために、下肢障害者の歩行状態を考慮する運動制御法の開発、下肢障害者の直感に応じて、安全な目標位置へのサポートを実現する。

## 3. 研究の方法

具体的には、下肢障がい者が歩行支援ロボットに基づく、自立的に目標位置へ走行する（図1）。まず、姿勢センサーや力覚センサーを設置してにより、下肢障害者や高齢者の歩行方向意図をリアルタイムで同定する、歩行支援ロボットは開発した運動制

御に基づいて同定した方向意図に追従する、使用者に目標位置へ安全に優しく支援する。本研究の全体構想を図2に示す。

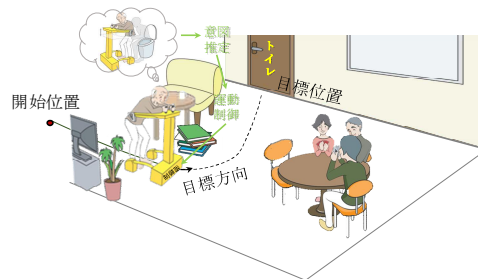


図1 高齢者を目標位置へ支援する

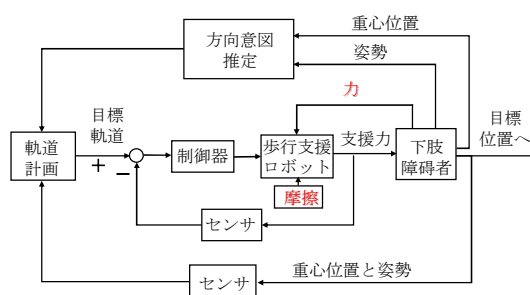


図2 全体構想

## 4. 研究成果

### 4.1 運動精度の確保

図3に示すように、使用者からの作用力及地面の摩擦に対応して運動制御法を成功に開発した。

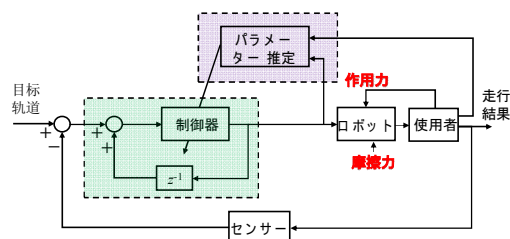


図3 運動制御法

実験により、経路追従精度を表1に示すように確保できることを確認した。

表1 経路追従誤差

実験条件	誤差 $E$ (m)
無荷重	3.573
15.0kg 荷重-左前に	4.236
15.0kg 荷重-右前に	5.308
30.8kg 荷重-後真ん中	4.061

## 4.2 方向意図の同定

下肢障害者が自分の重量をロボットのarmレストに掛けて自立した走行する。異なる方向に走行する際、作用の重心位置が異なる、また、走行姿勢も異なる。方向意図は重心位置及び走行姿勢に含まれるので、走行動作から方向意図を抽出することができる。本研究では、方向意図に含まれる走行動作をファジィ集合を定量し、距離型ファジィ推論法に基づいて方向意図の推定法を開発した。最後に、開発した方向意図の同定法の有効性を実験により検証した。例として、1人被験者が8方向の同定結果を図4と走行結果を図5にそれぞれに示す。

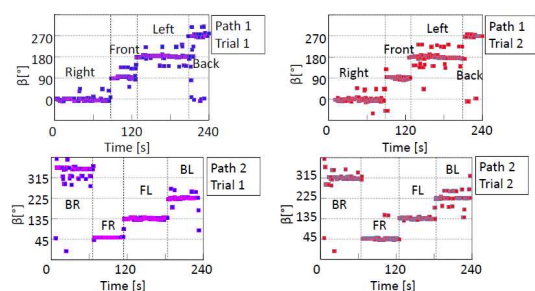


図4 同定結果

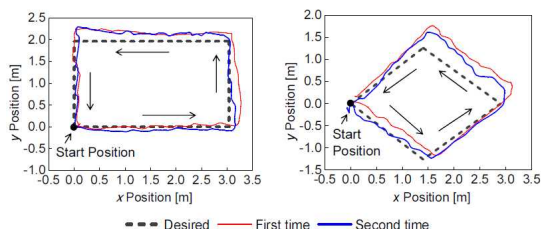


図5 走行結果

これらの成果は、国際雑誌 advanced robotics と、Journal of Intelligent and Robotic Systems と、ICIC Express Letters, Part B: Applications 合計4件を発表した。自立歩行支援ロボットを社会に応用すると、高齢者が安全かつ心地よく自立歩行ができるように、寝たきりになることを防ぐことができる、介護者の肉体的・精神的負担は大幅に軽減され、真に活気のある社会づくりができる。

## 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4件)

- ① Yina Wang, Shuoyu Wang, Kenji Ishida, Yo Kobayashi, Masakatsu G Fujie and Takeshi Ando, High path tracking control of an intelligent walking-support robot under time-varying frictions and unknown parameters, Advanced Robotics. 査読有, 2017, DOI: 10.1080 /01691864. 2017. 1339636
- ② Yina Wang and Shuoyu Wang, A new directional-intent recognition method for walking training using an omnidirectional robot, Journal of Intelligent and Robotic Systems. 査読有, 2017:1-16, DOI: 10.1007/s10846-017-0503-z
- ③ Yina Wang and Shuoyu Wang, Adaptive Feedback Linearization Together with a Computed Torque Controller for the Path Tracking of a Non-holonomic Mobile Robot, ICIC Express Letters, Part B: Applications, 査読有, 2016, 7(8): 1705 - 1711.
- ④ Yina Wang and Shuoyu Wang, Motion Controller Design for a Walking Support Robot Utilizing Acceleration and Speed Information of Desired Trajectory, ICIC Express Letters, Part B: Applications, 査読有, 2016, 7(2): 271-277.

[学会発表] (計7件)

- ① 黒木慎, 脳活動情報を用いた室温調整法の検討, 29回バイオメディカル・ファジィ・システム学会年次大会 講演論文集 (BMFSA2016), 2016年11月26日, 高知工科大学 (高知) .
- ② 宮尾怜佳, ペット動物を模倣するセラピーロボットの開発, 29回バイオメディカル・

ファジィ・システム学会年次大会 講演論文集(BMFSA2016), 2016年11月26日, 高知工科大学 (高知) .

- ③ 王 義娜, 歩行支援機の制御パラメータの最適化システムの開発 ～GAアルゴリズムを用いて制御パラメータの自動調整～, 第34回日本ロボット学会学術講演会, 2016年9月7日, 山形大学 (山形) .
- ④ 黒木慎, 臥位状態での室温変化による脳活動の特徴抽出, 第21回 知能メカトロニクスワークショップ 講演論文集, 2016年8月6日, 公立ほこだて未来大学 (北海道) .
- ⑤ 王義娜, 使用者の歩行状態と協働する歩行支援ロボットの運動制御法の開発, LIFE2015, 2015年9月7日, 九州産業大学 (福岡) .
- ⑥ 王義娜, インテリジェント歩行支援機の運動制御法の開発, 第33回日本ロボット学会学術講演会, 2015年9月4日, 東京電機大学 東京千住キャンパス (東京) .
- ⑦ Yina Wang, Development of an Excretion Care Support Robot with Human Cooperative Characteristics, 37th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, Aug. 25, 2015, Milan (Italy).

[その他]

ホームページ等

<http://www.lab.kpchi-tech.ac.jp/robotic>

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

王 義娜 (WANG, Yina)

高知工科大学・システム工学群・助教

研究者番号 : 70739367

### (2)研究協力者

王 碩玉 (WANG, Shuoyu)

永野 靖典 (NAGANO, Yasusuke)