

令和元年6月10日現在

機関番号：14701

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K01550

研究課題名(和文) 移動支援機器の搭乗部位置の移動を活用した数段の階段移動に関する研究

研究課題名(英文) Study for powered wheelchair to climb a few steps with sliding mechanism of driver seat

研究代表者

中嶋 秀朗 (NAKAJIMA, Shuro)

和歌山大学・システム工学部・教授

研究者番号：30424071

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：日常生活における徒歩移動範囲での使用を想定し、舗装路面を中心としながらも段差や傾斜路面などの不整地が散在する環境で気軽に使用可能なパーソナルモビリティビークルRT-Mover PType WAを開発した。その性能の高さを、スイスで開催された国際競技会Cybathlonという障害者アスリートの大会でも客観的に示した(世界4位)。大会でP-WAに乗ったのは足の不自由な車いすユーザである。

開発した機器は、「高速性能」「省エネルギー性能」そして「必要十分な不整地移動能力」を、「少ない駆動軸数」と「独自の移動方式」で実現した、日常生活での移動路面において誰でも乗れるパーソナルモビリティである。

研究成果の学術的意義や社会的意義

不整地移動となると通常はクローラなどの機構が選択されるにも関わらず、日常生活での使用を念頭においたため、舗装路面での移動効率と高速性能が高い車輪を中心にした独自機構を用いて3段程度の階段の上り下りも可能な移動支援機器を、搭乗可能な形で実現したことが学術的意義である。また、サイバロンという国際競技会で4位という実績も残し、人間支援技術のあり方に関して社会への問いかけを行ったことは社会的に意義深い。

研究成果の概要(英文)： We have developed a personal mobility vehicle, named as RT-Mover PType WA (P-WA), with four driven wheels that is capable of negotiating obstacles. Because the terrain corresponding to our daily activities is mainly paved roads and partial steps, slopes, and stairs, i.e., barriers, the main mechanism is a wheel due to its high energy efficiency and high-speed capability. We have also proposed the algorithm for P-WA to climb up a few steps with slider mechanism of the driver's seat. For the evaluation of its performance, we participated to Cybathlon competition in which people with physical disabilities compete against each other to complete everyday tasks using state-of-the-art technical assistance systems.

P-WA won fourth place in the powered wheelchair category, which means that it can technologically overcome barriers in the daily life of wheelchair users. In fact, our pilot at the Cybathlon was a real wheelchair user, that is, our result of this research is useful for many people.

研究分野：ロボティクス, メカトロニクス, 移動機器

キーワード：パーソナルモビリティビークル 移動支援機器 人間支援技術 不整地移動 電動車いす

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

### 1. 研究開始当初の背景

社会構造の高齢化が急速に進む日本において、高齢者を含めた移動弱者や移動困難者がはつらつとした生活を送るためには家の外へ自律的に出かけられる環境が必要である。歩行による移動は健康生活の上で最重要であることは当然であるが、それに加えて、活動範囲を広げるための移動支援機器の存在も重要である。自動車や自転車の存在意義の大きさからもその重要性は明らかである。今後は、高齢者を含めた移動弱者や移動困難者の活動範囲を広げるために、電動車いすに代表される一人乗り用の移動支援機器の存在意義が大きくなる。ただし一般的には、市販されている電動車いすの段差や斜面などの不整地に対する移動能力は低く、使用範囲が限られていることが問題である。

もちろん不整地移動能力向上に関する研究開発は長く行われてきた。大型の駆動車輪を中央左右に配置し、前後に2輪ずつ小さな車輪を配置する6輪タイプのもの（図1）や、大型の4輪タイプのもの（図2）、あるいは、左右に車輪がついた車軸を2本備え、車輪のついた車軸が公転することで交互に2車輪ずつ接地し階段の地形を移動するタイプのもの、クローラ方式のものなどさまざまな形式が開発されてきた。

これらの車いすは、左右の車輪が対になり高さ方向が固定されているため、段差に斜めに入る場合や片側ずつ段差が発生する場合には、左右方向の傾きが大きくなり移動性能が著しく減少してしまうのが問題点である。その一方で、本研究の移動支援機器の下部分は従来研究で実績のあるプラットフォームを使用する。それは図3のRT-Moverシリーズであり、4つの車輪が独立して段差に対応可能なため、段差に対して正面から移動しなくとも、あるいは、左右ばらばらに段差地形が存在しても移動可能であるという特徴を持つ。なお、一般的にクローラ方式の移動体は不整地移動能力は高いが、車輪方式よりも原理的に路面との接触面積が大きく、また、クローラ自体の回転により、エネルギー効率や高速性能の面で車輪方式に劣る。本研究で想定している移動環境は、特殊な環境ではなく一般的に身の回りである。移動支援機器を使用する環境の大部分を占めるのは舗装路面であり、主な移動環境での速度、エネルギー面での移動効率を最大化することが重要であるため、車輪方式を採用している。



図1. 6輪タイプ



図2. 大型4輪タイプ

これらの車いすは、左右の車輪が対になり高さ方向が固定されているため、段差に斜めに入る場合や片側ずつ段差が発生する場合には、左右方向の傾きが大きくなり移動性能が著しく減少してしまうのが問題点である。その一方で、本研究の移動支援機器の下部分は従来研究で実績のあるプラットフォームを使用する。それは図3のRT-Moverシリーズであり、4つの車輪が独立して段差に対応可能なため、段差に対して正面から移動しなくとも、あるいは、左右ばらばらに段差地形が存在しても移動可能であるという特徴を持つ。なお、一般的にクローラ方式の移動体は不整地移動能力は高いが、車輪方式よりも原理的に路面との接触面積が大きく、また、クローラ自体の回転により、エネルギー効率や高速性能の面で車輪方式に劣る。本研究で想定している移動環境は、特殊な環境ではなく一般的に身の回りである。移動支援機器を使用する環境の大部分を占めるのは舗装路面であり、主な移動環境での速度、エネルギー面での移動効率を最大化することが重要であるため、車輪方式を採用している。

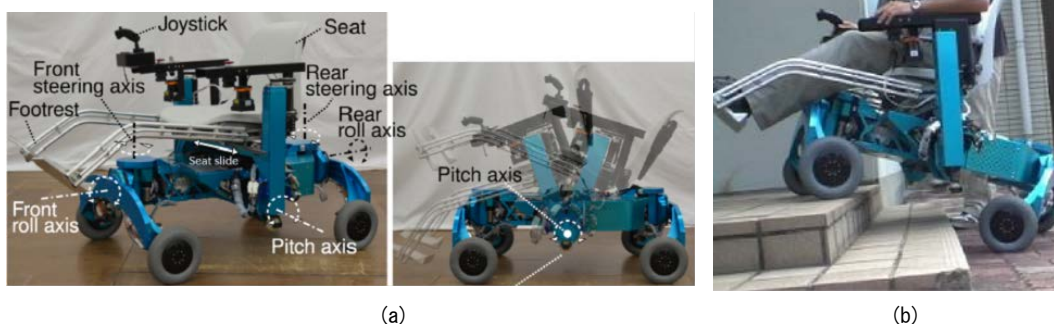


図3. RT-Mover シリーズ：(a) 搭乗可能な PType3, (b) 2段の段差を上る PType3

### 2. 研究の目的

従来研究[1]では図3のPType3を用いて、搭乗した状態での横斜面や単純段差の移動制御アルゴリズムを提案し、検証した。その際には、ある車輪を脚のように持ち上げるために、残り3つの支持車輪で作る支持多角形に重心が入るように3つの支持車輪の位置を調整していた。PType3ではシート部分を左右にスライドする機構を付加して、3つの支持車輪で作る支持多角形内に重心が余裕を持って入るようにしているため、図3(b)のように2段の連続段差の移動も可能となり、機構と移動アルゴリズムの有効性を検証できた。ただし課題点は、3つの支持車輪の位置をずらすためのスペースが必要であることと、3つの支持車輪の位置の調整で対応できる不整地の範囲が小さいことであった。

本研究では、対象とする不整地範囲を従来研究からさらに拡大する。つまり、従来研究における段差移動は「単純段差」が前提であり、好条件下（機体の傾きが小さく、かつ、支持車輪の位置を調整できるスペースが存在する場合）では図3(b)のように2段までの連続段差の移動が可能であったが、上記のような好条件下でなくとも数段の「階段」まで移動対象範囲を拡大

することが目的である。例えば3段の階段を上る場合、機体が40度程度傾き、また階段踏面にある支持車輪の位置を調整するスペースがないため従来研究の成果では移動が不可能であった。

[1] Shuro Nakajima, "Improved Gait Algorithm and Mobility Performance of RT-Mover Type Personal Mobility Vehicle," IEEE Access, Vol.2, No. 1, pp.26-39, 2014.

### 3. 研究の方法

具体的な解決手段であるが、PType3の研究で効果が得られたシート（搭乗）部のスライドによる重心移動を積極的に活用する。つまり、搭乗部位置を前後で0.6m、左右で0.4m移動できる機構を持った移動支援機器を新たに改良開発し、搭乗部位置の移動による重心移動により不整地移動時の安定性を確保する。従来の移動支援機器においては、搭乗部位置の移動を積極的に用いて不整地移動をするものがなかったため、本研究では、搭乗部位置の移動がはたして現実的かどうかの見極めも行う。そのために、移動支援機器のハードウェア（図4）とソフトウェアの開発を行う。その上で、十分な検証実験を行いつつ改良を加える。

### 4. 研究成果

本研究では、(独)鉄道・運輸機構の平成23～24年度運輸分野の基礎的研究推進制度の採択研究の最終段階でシャシー部分のみ開発したものをベースにして、重心移動範囲の拡大と車高とホイールベースの変更を行った。その上で、電気回路、コンピュータシステムを新規に実装して、パーソナルモビリティとして搭乗可能な状態に開発し、RT-Mover PType WAと命名した（図4）。平面はもとより3段の段差も移動できる移動制御アルゴリズムを提案し、実現した（図5）。なお、人と機械が融合して競い合うサイバスロンという国際競技会のPowered wheelchair部門に出場し、3段の階段の上り下りを含めてその移動能力を客観的に示した（2016年10月）。世界で4位の結果（図6）も残すことができ、提案機器の有効性を実証できた。



図4. PType WA



図5. 3段の階段を上るPType WA



図6. Cybathlonで世界4位となったPType WA (photo by ETH Zurich/Alessandro Della Bella)

### 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 4件)

①中嶋秀朗, “車いすユーザによるPType WA使用レポート”, 地域ケアリング, 査読有, vol. 20,

no. 11, p. 52 - 57, 2018.

②Shuro Nakajima, "A New Personal Mobility Vehicle for Daily Life: Improvements on a New RT-Mover that Enable Greater Mobility are Showcased at the Cybathlon," IEEE Robotics and Automation Magazine, 査読有, vol.24, issue 4, pp.37-48, 2017.

( DOI: 10.1109/MRA.2017.2711603 )

③中嶋秀朗, "国際競技会サイバスロンを通じた移動プラットフォームの移動性能確認と4位入賞からの知見", 日本ロボット学会誌, 査読有, vol.35, no.10, pp.739-749, 2017.

( DOI: <https://doi.org/10.7210/jrsj.35.739> )

④Shuro Nakajima, "Evaluation of the Mobility Performance of a Personal Mobility Vehicle for Steps," IEEE Access, 査読有, Vol.5, No. 1, pp.9748-9756, 2017.

( DOI: 10.1109/ACCESS.2017.2700323 )

[学会発表] (計 12件)

①Shuro Nakajima, "User Test Report of Personal Mobility Vehicle, RT-Mover PType WA", Proceedings of IEEE 37th International Conference on Consumer Electronics, January 2019.

②中嶋秀朗, "日常生活レベルの凹凸傾斜地形を移動可能にするパーソナルモビリティビークルの研究開発", 関西支部第93期定時総会講演会, 日本機械学会, 2018年3月12日.

③Shuro Nakajima, "Step Up/Down Motion for a Four-Wheel-Type Vehicle", Proceedings of IEEE 20th International Conference on Intelligent Transportation Systems, October 2017.

④Shuro Nakajima, "Concept of a personal mobility vehicle for daily life", Proceedings of the 2016 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics, pp.1492-1497, December 2016.

⑤Shuro Nakajima, "Powered Wheelchair for Cybathlon, RT-Mover Personal Mobility Type WA", T08 (selected as a short talk presenter), Cybathlon Symposium Booklet, ETH zurich, pp.25, October 2016.

[図書] (計 1件)

①中嶋秀朗, "ロボット - それは人類の敵か、味方か", ダイヤモンド社, 216 ページ, 2018年.

[産業財産権]

○出願状況 (計 1件)

名称: 移動体の段差移動制御方法

発明者: 中嶋秀朗

権利者: 和歌山大学

種類: 特許

番号: 特願 2018-092958

出願年: 2018年

国内外の別: 国内

○取得状況 (計 0件)

[その他]

○受賞 (計 4件)

①中嶋秀朗, システム工学部論文賞, 和歌山大学システム工学部, 2018年.

②中嶋秀朗, 2017年度関西支部賞(研究賞), 日本機械学会, 2017年.

③Shuro Nakajima, German Innovation Award - Gottfried Wagener Prize 2017, the German Chamber of Commerce and Industry in Japan, 2017.

④中嶋秀朗, 第73回電気学術振興賞 進歩賞, 電気学会, 2017年.

○報道関連情報 (計 44件)

①週刊東洋経済, 第6797号, p.53, 東洋経済新聞社, 2018.

②クロワッサン, p.74, vo.42, no.10, マガジンハウス, 2018.

③河北新報, マイストーリー, 11面, 2018年9月22日.

④"いのちとの伴走", 3面, 京都新聞, 2017年12月22日.

⑤"ゴットフリード・ワグネル賞", 日刊工業新聞 科学技術・大学面, 2017年6月21日.

⑥"誰もが乗りたい魅力迫及", 次世代の先導者, 日経産業新聞, 2016年11月17日.

⑦"和チーム 好成績4位", 地域面, 毎日新聞, 2016年11月9日.

⑧"パワード車いす部門で4位", 社会面, 読売新聞, 2016年10月12日.

⑨"初のロボット工学と障害者の国際大会に和歌山大チーム出場", 地域面, 産経新聞, 2016年10月7日.

⑩"サイバスロン 進化競う/技術が支える障害者の国際大会/社会生活への応用に期待", 朝

日新聞大阪本社，2016年4月4日．

○アウトリーチ活動情報（計 17 件）

- ①中嶋秀朗，“パーソナルモビリティビークルの不整地移動と自動運転”，さくらサイエンス，科学技術振興機構，2018年11月28日．
- ②中嶋秀朗，“移動プラットフォームの姿勢制御，及び，段差移動制御技術”，新技術説明会，科学技術振興機構，和歌山大学，高知工科大学，2018年7月31日．
- ③中嶋秀朗，“パーソナルモビリティ RT-Mover Ptype WA 試乗体験見学会”，ソーシャルイノベーションフォーラム2017，日本財団，2017年11月18日．
- ④中嶋秀朗，“サイバスロンに出場して”，テクノロジーとソーシャル・インクルージョン，在日スイス大使館科学技術部，2017年4月17日．
- ⑤中嶋秀朗，“サイバスロンレポート&和歌山大学 RT-Movers の取組み”，特集1 ヒトの身体能力を拡張するロボット技術，ロボコンマガジン2017年1月号，no.109，pp.6-10．

○ホームページ

<https://web.wakayama-u.ac.jp/~nakajima/>

## 6. 研究組織

### (1) 研究分担者

なし

### (2) 研究協力者

なし

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。