

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 30 年 6 月 18 日現在

機関番号：82626

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2017

課題番号：16K18057

研究課題名(和文) 立ち乗り型パーソナルモビリティの操縦評価手法の開発

研究課題名(英文) Method of Riding Skill Evaluation for Standing Type of Personal Mobility

研究代表者

橋本 尚久 (Hashimoto, Naohisa)

国立研究開発法人産業技術総合研究所・ロボティノベーション研究センター・主任研究員

研究者番号：20415730

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：研究の目的は、立ち乗り型パーソナルモビリティ(立ち乗り型PM)と呼ばれる乗り物における操縦者の評価手法の開発を目的とし、実験のための車両改造、予備実験のデータの分析及び多人数の被験者実験を行い、評価手法の提案を行った。予備実験データ解析では、初心者と熟練者の違いについて、スラロームのコース及び段差乗り降り、特に顕著な差を確認できた。多人数の実験では、28人の被験者にスラローム、段差乗り降り、スロープを2種類の立ち乗り型PM(小型と大型)を用いて実験を行った。小型タイプにおいては、統計的な優位となる差が見られなかったが、大型タイプは、スラロームと段差において5%優位な統計的な差を発見した。

研究成果の概要(英文)：The objective of this study was to propose riding skill evaluation method by referring the differences between skilled and unskilled subjects riding standing type vehicles. We set up the experimental vehicles, performed preliminary experiments with a few subjects and experiments with 28 subjects. We employed two standing type vehicles for the experiments. One is small, and the other is large. In the experiments, two types of subjects traveled the same course, and yaw, pitch, and roll data, and x-, y-, and z-acceleration data of each subject was gathered as riding data. In addition, time duration to finish the goal was evaluated. In particular, by using the t-value, it was found that there was a significant difference in the time duration between skilled subjects and unskilled subjects when using a large type standing type vehicle. Thus, if we analyze the skill level for using standing type vehicles, we should consider the time duration to complete a slalom course.

研究分野：ロボット

キーワード：Personal Mobility Mobility Robot Mobile Robot Standing Type Vehicles

### 1. 研究開始当初の背景

都市部などの慢性的な渋滞解消を行うための、近距離移動支援手段として、電動で低炭素型の移動支援システムとして、ロボット技術を搭載したパーソナルモビリティである、搭乗型ロボットへの期待が高まっている。本研究では、様々なパーソナルモビリティの中でも立ち乗り型のパーソナルモビリティ (以後 立ち乗り型PM) に焦点を当て研究を行った。

立ち乗り型PMは、セグウェイやトヨタ自動車のウィングレットなどであるが、日本では道交法の課題もあり公道での安全性検証や各種実験データの蓄積がいまだなされていない。筆者らは、内閣府によって認められたつくばロボット特区実験特区制度を活用して、日本で先駆けて公道における実証実験を遂行してきた。図1にこれまで走行実験を行ってきた及び本実験で利用した2種類の立ち乗り型PMを示す。

実証実験では、安全性、利便性、社会受容性評価などの目的があるが、これには多くの被験者による様々な環境下における走行実験が必須である。多くの被験者にとって、立ち乗り型PMは初めての操縦経験であり、現状では公道走行を行う前に、予め指導者として訓練を受けたスタッフが講習を行い操縦方法を指導している。しかし、被験者によって操縦能力の習得に大きなばらつきがあることに加えて、公道走行を許可するレベルに至ったという客観的な指標が存在しないため、講習の更なる必要性や公道走行許可の判断はスタッフに一任されている。そのため、スタッフが一度に見る被験者が限られるため、多くの公道走行可能な被験者を養成することが困難であるのに加えて、今後増えていくであろうスタッフの評価においても、評価方法や評価結果において、多くのばらつきが生じてくる懸念される。



図1 本研究で使用した立ち乗り型パーソナルモビリティ 2種類(左:セグウェイ, 右:AIST-PM)

### 2. 研究の目的

立ち乗り型PMは、多少の制約は残るものの全国展開が決定し、今後の利用拡大が期待されている。小型特殊や原付にカテゴライズされているものの、免許制度がある2輪車・自動車等と比較すると客観的な操縦評価を持たない立ち乗り型PMにおいては、誰もが安全に利用を開始するべきかどうかの判断基準が明確ではない。

そこで本研究では、免許制度に似た操縦許可の判定を可能とするための立ち乗り型PMの操縦評価ツールの開発を目的とする。

### 3. 研究の方法

本研究では、すでに市販されているセグウェイ (図1左参照) と産業技術総合研究所 (以後 産総研) で開発された AIST-PM (図1右参照) の2種類を用いた。2種類の差は、モーターの大きさや車体の大きさ、操作方法である。AIST-PMのスペックを表1に示す。セグウェイについては、URL等で参照できるので割愛する。

セグウェイから直接データを取ることは困難であるため、外付けでデータの取得ができるシステムの構築を行った。これにより、将来的に立ち乗り型PMのハードウェア自体が変わっても共通して利用できることから、利便性は高いと考えられる。外付けシステムは、ノートPC、ジャイロセンサ、角速度センサ、GPSセンサ、通信機器、センサ用リチウムイオンバッテリーで構成される (図2参照)。図3にセンサの座標系を示す。本システムにより、下記の値を取得すること可能となる。

1. 速度
2. 軌跡
3. Roll, Yaw, Pitch の角度と角速度
4. X, Y, Z 軸における加速度
5. 経過時間

すべてのセンサデータは 10Hz で取得を行った。

初年度において、熟練者2名と初心者2名の実験を行い、次に述べる実験コースを設定した。加えて、抽出するデータについてもおよその検討をつけることで、分析を容易にした。

本研究では、走行するためのコースとして、それぞれの特徴を考慮し、セグウェイが図4、AIST-PMが図5のコースを設定した。共通として、コースは、スラローム、スロープ、段差の3種類となっている。異なる点は、パワーの違いに起因するスロープの高さと速度に起因するスラロームの幅である。本コースは、産総研北サイト内に設置し、被験者及びスタッフ以外が入らない環境下で行い、安全には十分配慮した。

本研究では、初心者と熟練者の違いを明確化するため、熟練者は50回以上立ち乗り型PMを利用したことがある人と定義した。また、初心者においては、安全に実験を行うため、本実験前に両立ち乗りPMと講習を行い

基本操作の習得を行ってから被験者実験を行った。被験者は 28 名の被験者に協力してもらい（男性 15 名、女性 13 名）、平均年齢は 41.3 歳であった。なお、本研究では、熟練者 3 名、初心者 25 名で行った。実験時は、ヘルメットを着用し、雨天時以外において実験を行った。また、安全のため周囲に 2 名のスタッフを配置して実験を行った。

表 1 AIST-PM のスペック

Length, Width	0.43[m], 0.55[m]
Tire diameter	0.13 [m]
Weight	12.6 [kg]
Payload (including a passenger)	80 [kg]
Distance (mile per charge)	About 10 [km]
Height of rider's platform	0.19 [m]
Length of sticks	1.25 [m]
Battery	Lithium-polymer

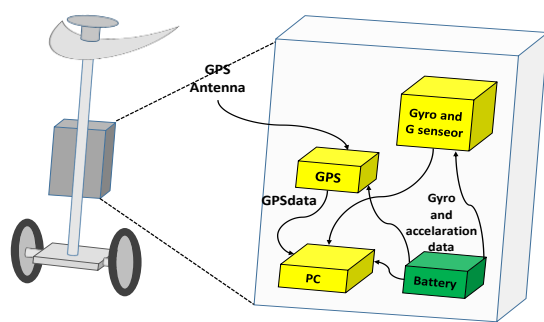


図 2 計測システム構成

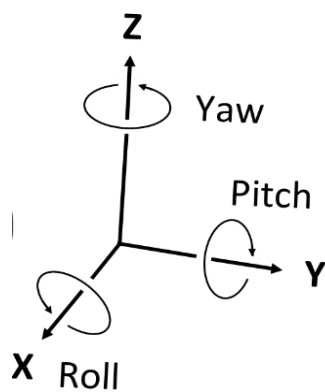


図 3 センサの向き

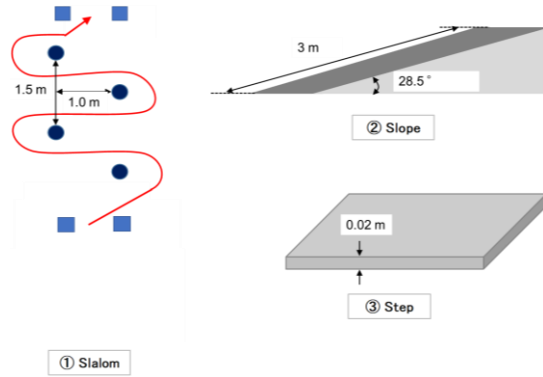


図 4 実験コース（セグウェイ用）

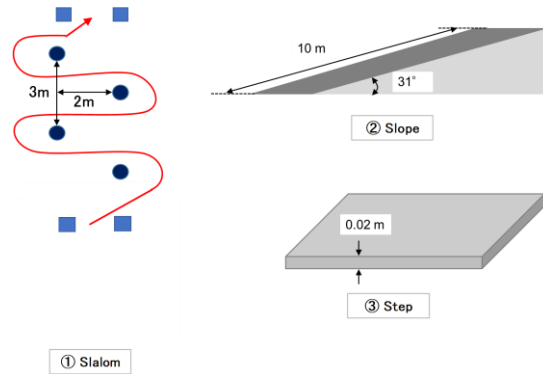


図 5 実験コース（AIST-PM 用）

#### 4. 研究成果

3 で述べた手法において、2つの被験者の比較を行うための被験者実験を行った。図6がセグウェイを用いた実験風景で、図7がAIST-PMを用いた実験風景を示す。熟練者と初心者のデータの違いを抽出する際には、Welch の t 検定を用いた。t 検定を用いることで、それぞれのパーセンテージにおける優位性を抽出することが可能となる。本研究では 5%の優位性の有無について評価を行った。

実験結果の様々な角度から分析を試みた結果から、有意差の見られた代表的なものについて説明する。表 2 にセグウェイ及び AIST-PM におけるスラロームの開始から終了までの時間を示す。また、表 2 の結果を用いた t 検定の結果を表 3 に示す。表 3 から、セグウェイにおいては、熟練者と初心者のスラロームの課題終了までの時間において、5%優位が見られた。これは、熟練者が初心者と比較して、スムーズに操縦を行った結果、時間が短くなったと推測される。加えて、GPS による軌跡を確認すると、熟練者は自身の意図通りに操縦士、最適なルートを行っているのに対し、初心者は、数回大回りや小回りをしすぎて、結果的に迂回のルートを取る傾向があり、その差が時間の差に結び付いたと考えられる。表 4 は、セグウェイ及び AIST-PM におけるスロープの開始から終了までの時間を示す。表 5 は、t 検定の結果であるが、スラロームにおいても、セグウェイは統計的に 5%の優位差が見られた。表 5 より、AIST-PM におけるスロープの走行につい

て、5%における有意差は、見られなかった。AIST-PM は、両タスクにおいて、初心者と熟練者における一定の差は見られたが、5%の有意差を得られるほどではなかった。これは、セグウェイと比較して、小型、軽量で使いやすく、最高速度（歩行程度の速度）、最高加速度も小さいため、初心者が実験前の講習において十分なれてしまったと考えられる。もう少し議論や実験が必要ではあるが、本実験結果からわかることは、使いやすく低速な乗り物であれば、初心者であっても短い時間において安全な走行が可能であることがわかる。一方、ある程度の速度（10km/h）を超える立ち乗り型 PM においては、慣れるまでに十分な時間必要であると考え、1つの手法として、コースの設定とその達成時間を計測することにより、一定の評価が可能であることがわかった。



図6 実験風景(セグウェイを利用 上からスラローム, スロープ, 段差における実験風景)



図7 実験風景(AIST-PM を利用 上からスラローム, スロープ, 段差における実験風景)

表2 実験結果1 (熟練者と初心者における, セグウェイ及びAIST-PMの平均スラローム所要時間)

	熟練者	初心者
Segway	13.0 [s]	29.9 [s]
AIST-PM	24.0 [s]	35.5 [s]

表3 実験結果2 (実験結果1におけるt値と自由度)

	t 値	自由度
AIST-PMを利用した際の熟練者と初心者の差	1.6	25
Segwayを利用した際の熟練者と初心者の差	4.6	26

表4 実験結果3 (熟練者と初心者における、セグウェイ及びAIST-PMの平均スロープ所要時間)

	熟練者	初心者
Segway	35.2 [s]	49.6 [s]
AIST-PM	21.2 [s]	33.5 [s]

表5 実験結果4 (実験結果3におけるt値と自由度)

	t 値	自由度
AIST-PMを利用した際の熟練者と初心者の差	1.39	24
Segwayを利用した際の熟練者と初心者の差	2.067	25

<引用文献>

- ① The Australian Capital Territory Government, "Segway review report: A review of segway use in the australian capital territory", Justice and Community Safety, 2012.
- ② B. L. Welch, "The generalization of "Student's" problem when several different population variances are involved". Biometrika 34 (1-2): 28-35. doi:10.1093/biomet/34.1-2.28. MR 19277, (1947).

5. 主な発表論文等

[学会発表] (計 2 件)

- 1) Naohisa Hashimoto, Jeyeon Kim, Kohji Tomita, Simon Thompson, Yusuke Takinami Osamu Matsumoto, "Experimental Study on Riding Skill for Using Standing Type Vehicles -Differences between Unskilled and Skilled Subjects to Complete Task-", Smart Accessibility 2018, Roma (Italy), 2018. 3.

2) Naohisa Hashimoto, Jeyeon Kim, Kohji Tomita, Yusuke Takinami, Osamu Matsumoto, "Preliminary experiments for evaluation of standing-type personal vehicles", ITS World Congress 2017, Montreal (Canada), 2017. 10.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

橋本 尚久 (HASHIMOTO, Naohisa)

(国) 産業技術総合研究所・ロボットイノベーション研究センター・主任研究員

研究者番号：20415730