

未来技術社会実装事業に係るパーソナルモビリティ実証走行検証及び教育支援業務

報告書概要

提出日：2021年3月19日

報告者：鈴木宏典（日本工業大学）

1 はじめに

本業務は、内閣府による「未来技術等社会実装事業」の一環として、埼玉県川口市が行う複数の事業のうち、自動運転型パーソナルモビリティ（以下、PM とする）の実証走行とその検証及び、高校生に対する教育支援を目的として実施したものである。

2019年度の点字ブロックを画像処理で認識する方法に代え、2020年度は、RTK-GNSS（センチメートル級の位置計測装置）を用いて自動運転を実現する。実施項目は、(1) 自動運転を実現するためのPMの改良、(2) 2回の実証実験による自動運転型PMの評価と検証、(3) 運行管理システムの開発、(4) 川口市立高校に対する教育支援である。本稿では、これら実施項目の概要と課題等について報告する。

2 自動運転型パーソナルモビリティの改良

昨年度に引き続き、東京ロボット社製のLANDBOARD（重量53kg、最高速度6km/h、航続距離12km）を1台、Roma Medical社製のSolva Scooter Model R100（重量54kg、最高速度6km/h、航続距離12km）を3台使用した。

2.1 RTK-GNSSの導入

u-blox社のZED-F9Pを搭載した、ビズステーション株式会社製Droger RWPパッケージを利用する。アンテナ、グランドプレーン、RTK-GNSS受信機がパッケージ化され、防水性もあり、従来製品よりも小型軽量で安価である。測位衛星からの信号に加え、基地局からRTK補正信号を受け取り、数cm級での測位を実現する。様々な場所で精度を確認した結果、建物、樹木などが存在する一般的な環境においても高精度で安定した測位を確認し、PMの自動走行に十分使用できると判断した。

2.2 リスクアセスメントに基づくハードウェアの改良

PMが安全に自動走行するために、路面標示（白線等）の検出、障害物（段差、縁石、標識やミラーなどのポール、ガードレール、フェンス、壁、側溝、電柱、花壇や植栽）の検出、信号情報の取得、交通参加者（歩行者、自転車、バイク、路上駐車車両）の検出が最低限必要になる。今回は、これらのリスクを障害物として検出するためのLiDAR（距離センサー）の種類と数の増設、Depthカメラ（3次元情報を映像で取得するカメラ）の新設、緊急停止ボタンの新設、操舵角エンコーダ（ハンドル角計測装置）の改良、ウィンカーや進行方向を示すための情報表示インターフェー



図1. 複数のLiDARの実装

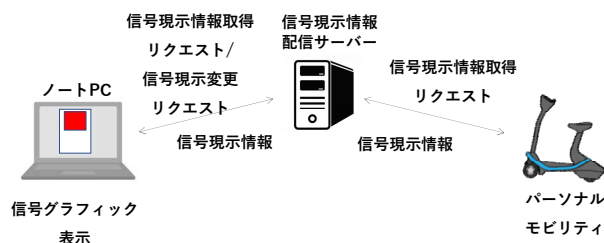


図2. 模擬信号装置



図3. 運行管理システム

ス（情報伝達装置）の新設を行った。一例として、LiDARの取り付け状況を図1に示す。様々な障害物を検出するため、前面に6個、背面に3個のLiDARを設置した。

2.3 制御系アルゴリズムの改良

制御システムは、自動走行制御ECU（電子制御ユニット）と駆動・操舵制御ECUで構成される。自動走行制御ECUは、すべてRaspberry Pi 4（マイコン）に換装した。ECUは設計を全て見直して小型化を実現し、耐候性を持たせた。

2.4 模擬信号装置の開発

信号情報の取得を模擬するための模擬信号装置を新規に開発した。信号現示情報配信サーバにおいて、青及び赤現示の情報を管理する（図2）。現示情報を、信号機に見立てたPCに送信し、グラフィックで表示する。赤現示では停止、青現示では進行の制御コマンドがPMに送信され、模擬信号での一時停止と発進制御が実現する。

2.5 運行管理システムの開発

PM の現在位置を確認し、かつ、遠隔操作で自動走行の開始と停止、バス停への呼出とデポへの返却を行うための運行管理システムを開発した。PM の位置情報が Web サーバに送信され、iOS 端末の地図アプリにその位置が表示される (図 3 左)。ユーザが地図アプリ上で呼出、返却等の操作を行うと (図 3 右)、その制御コマンドが Web サーバを経由して PM に送信され、遠隔での自動走行が実現する。

3 自動走行の実証実験

3.1 川口市立グリーンセンター

2020 年 10 月 30 日(金)から同年 11 月 7 日(土)にかけて、PM 自動走行の実証実験、ならびに一般利用者・行政関係者へのアンケート調査を実施した。自動走行では、レストランから花壇広場を経由して緑のアトリエまでの経路を目標軌道とした。アンケートでは、PM の呼出 (自動走行)、搭乗しての移動 (手動走行)、返却 (自動走行) を体験、見学してもらいつつ、質問項目に紙面で回答してもらった。

図 4 に、目標軌道と走行軌跡を比較する。両者はほぼ完全に一致しており、目標とした経路を高い精度で走行していることが確認された。高さ 20 m 程度の樹木に覆われた箇所でも大きく軌道を外れることなく自動走行できた。また、模擬信号による一時停止、運行管理システムによる自動呼出と返却、位置情報の提示も正しく動作した。

3.2 SKIP シティ

2021 年 1 月 28 日(木)から同年 2 月 28 日(日)にかけて、MaaS 体験を提供する大規模実証実験が埼玉高速鉄道鳩ヶ谷駅から SKIP シティまでのエリアを対象に実施された。利用者は鉄道で鳩ヶ谷駅に到着後、自動運転バスに乗りして SKIP シティ前バス停に到着、そこから川口市立科学館入口まで PM の自動走行と手動走行を体験するものである。図 4 と同様に目標軌道を正しく自動走行することを確認したが、明らかとなった課題点は第 5 章に整理する。

3.3 アンケート調査結果

グリーンセンターでのアンケート結果の一例を図 5 に示す。回答者 133 名の半数が 60 代以上であり、全体の 74% 以上が PM のシェアリングサービスを利用すると回答し、その内 80% が買い物での利用意思を示した。週 4 日以上の利用意思が約 50% であり、PM は極めて好意的に受け取られていた。1 回の支払い意思額は平均で 300 円であった。

4. 川口市立高校への教育支援

2020 年 11 月 27 日(金)に、川口市立高等学校の理数科生徒 1~2 年生合計 80 名を対象に、「パーソナルモビリティの自動運転に求められる技術」と題した講義と、PM 自動・手動走行体験による教育支援を行った。自己位置推定技術について解説し、高校数学の多くの素養が求められることを示した。自動運転する様子や仕組みを実際に機体が動く

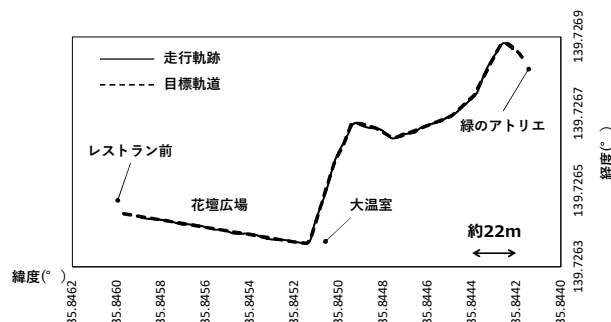


図 4. 自動走行の検証 (川口市立グリーンセンター)

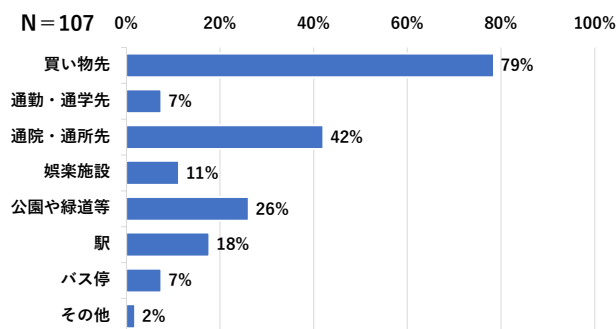


図 5. アンケート結果の一例 (PM の利用目的)



図 6. PM の自動・手動走行体験の様子

現場で説明し (図 6)、生徒からは積極的な質問も出され、多くの生徒が高い関心を持って取り組んでいた。

5. 明らかとなった課題と今後の取り組み

PM の自動走行では、特に科学館入口の軒下等において、目標軌道を逸脱する場面が散見された。これは、RTK-GNSS の受信状態の低下が大きな要因であり、捕捉する衛星の数や位置、時刻に影響を受ける。模擬信号手前で一時停止しない問題も、同様の PM の位置精度の低下が原因である。

公道など実環境での自動走行実現のためには、コストの制約を念頭に置きつつも、RTK-GNSS だけに依存しない複数の自己位置推定技術と、Depth カメラや LiDAR 等を組み合わせた技術開発が求められる。このためには、車両単体ではなく、マグネットや電磁誘導線の埋設など、インフラと協調したシステムが最も現実的であり、安定した自動走行が期待できる。PM に対する好意的なアンケート結果に基づき、今回の取り組みが社会実装のさらなる推進及び、積極的な水平展開に資すれば、望外の喜びである。