

電動車いすの屋内外自動走行

森 優介[†] 長尾 確[†]

名古屋大学 大学院情報学研究科[‡]

1. はじめに

近年、より密接に人の生活に結びついた移動手段としてパーソナルモビリティの需要が増加している。パーソナルモビリティとは、先進技術を用いた立ち乗り電動二輪や町中での利用を想定した小型電動コンセプトカー等を包括する次世代自動車の概念である^[1]。歩行と自動車などの既存移動体との中間的な乗り物で、環境性能の高さや利便性の良さが注目されている。

また、日本では急速に高齢化が進行している。今後も介護サービス受益者の増加が予測されるため、介護従事者の負担低減の技術が必要である。中でも被介護者の移動の負担が大きいため、移動支援を行える電動車いすのようなパーソナルモビリティの重要性が高まると予想される。

本研究では、日常的な屋内・屋外の移動を支援するための電動車いすの自動走行技術を開発し、搭乗者が行きたい場所を指定すればその場所まで自動で安全に移動できることを目指す。

本論文では、車いすの屋内外自動走行のためのシステムと今後の課題について述べる。

2. 自動走行電動車いす

図 1 に自動走行に向けて構築した電動車いすの構成を示す。

基盤となる電動車いすには WHILL 社の研究開発モデル WHILL Model CR を用いた。これは、外部機器から入力信号を送信することで本体を制御することができ、また、速度や加減速値といった本体の情報を取得することができる。電動車いすの上部には、全方位レーザーLiDAR イメージングユニットである Velodyne 社の VLP-16 と、組み込み PC である NVIDIA 社の Jetson TX1 を搭載している。LiDAR から得られるデータを Jetson で処理することで自己位置を推定する。

Jetson で行う処理には Autoware^[2]と呼ばれる名古屋大学を中心に開発され、自動運転の研究開発用途に公開されている自動走行システム用

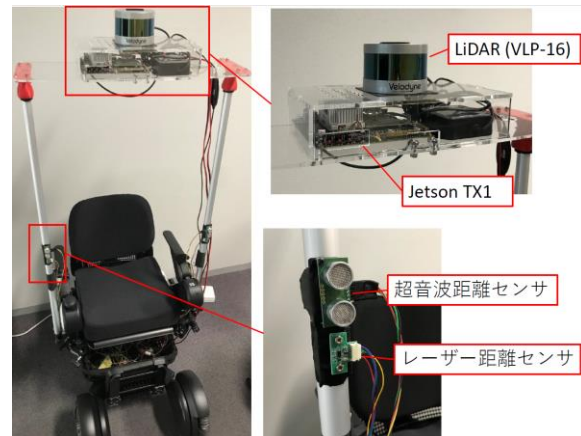


図 1 自動走行電動車いすの構成

オープンソースソフトウェアを利用している。また、Jetson から WHILL に対して制御信号を送信することで自動走行を実現する。自動走行に関する詳細は次節で説明する。

また、電動車いすには前方の障害物を検出するためにレーザー距離センサ、超音波距離センサを搭載している。それぞれのセンサは、レーザー光や超音波を対象物に向け発信し、その反射を受信することで、対象物の有無や対象物までの距離を検出する。両者には特徴があり、前者は直線方向のみの距離を後者より正確に測定できるが、ガラス面など光を透過するものを検出できない。後者は前方のある程度の範囲内で一番近い障害物との距離を測定でき、ガラス面でも検出可能である。

これらのセンサにより、前方の障害物を検知した場合は停止することで自動走行時の安全性を考慮している。

3. 自動走行システム

指定した目的地に対して自動で移動する仕組みは、移動ロボットの基本的な機能として数多く研究されており、次の 4 つのステップの実現を主な課題としている^[3]。

1. 環境地図生成
2. 自己位置推定
3. 経路生成
4. 経路を走行するための駆動系の制御

これらの 4 ステップについてそれぞれ詳細を説明する。

Automatic Driving of Electric Wheelchairs both for Indoors and Outdoors

[†]MORI, Yusuke (ymori@nagao.nuie.nagoya-u.ac.jp)

[†]NAGAO, Katashi (nagao@nuie.nagoya-u.ac.jp)

[‡]Graduate School of Informatics, Nagoya University

1 の環境地図生成に関しては、NDT (Normal Distributions Transform) スキャンマッチングにより自己位置推定を行い LiDAR の 3D スキャンデータを追加していくことで 3 次元地図を作成する。図 2 に生成された 3 次元地図の例を示す。3 次元地図は自動走行を行う前に、手動で走行したデータを用いて作成する。

2 の自己位置推定に関しては、1 で作成した 3 次元地図と LiDAR のスキャンデータから NDT スキャンマッチングにより自己位置推定を行う。日常的な移動には、屋内・屋外間の移動が考えられる。本研究では、屋内と屋外が全て一体になっている 3 次元地図ではなく、建物ごとと屋外がそれぞれ別々の 3 次元地図であることを想定している。これは、車いすの自動走行システムが処理できる地図のサイズを考慮すると妥当な設定である。屋内・屋外間の移動の際に参照する 3 次元地図を走行中に動的に切り替えながら自己位置推定を行う。

3 の経路生成に関しては、Autoware では waypoint と呼ばれる位置・方向・速度の情報を持った点の一定間隔の離散的な集合で経路を表現しており、waypoint を生成する機能が存在する。waypoint の生成手法は大きく分けて 3 つあるが、内 2 つは車線や信号といった情報を用いて自動生成する、自動車に特化した方法である。そのため、今回は 3 つ目の方法である実際に走行した経路から waypoint を生成する方法を用いる。

4 の経路を走行するための駆動系の制御に関しては、Autoware では経路に対して追従し、目標となる速度と角速度を出力する機能が存在する。これを用いて、目標速度と目標角速度から、WHILL の制御信号に変換することで経路に沿った自動走行を実現する。

屋内外で、実際に自動走行の実験を行い、生成した経路に追従して自動走行ができることを確認した。また、進路上に人が現れた場合は、超音波距離センサ及びレーザ距離センサにより障害物を検出して、衝突する前に自動で停止できることを確認した。

4. 今後の課題

今回構築した自動走行システムでは、いくつかの問題点がある。具体的には、地図生成後に走行したことがある経路でしか自動走行することができないという問題、車いすの進行方向に移動しない障害物が存在する場合、それ以上走行できないという問題などが挙げられる。

そのため、以前に走行した履歴がない場合に、指定した目的地までの経路を自動で生成する方法、障害物を検出した際に回避するような経路



図 2 生成された 3 次元地図の例

に変更する方法を考案する必要がある。経路を生成する際には、車いすが通れる場所、通れない場所を考慮する必要がある。例えば、人が簡単に移動できる段差であっても、車いすで走行するには危険な可能性がある。このため、高低差の移動にはスロープになっている場所を探す必要がある。

今後の課題としては、主に次の 2 つになる。

1. 走行履歴のない目的地への経路の自動生成
2. 障害物回避のための経路の自動更新

今後はこれらの課題を解決して、パーソナルモビリティの屋内外自動走行を実現するために研究を進めていく。

5. おわりに

本研究では、日常的な屋内・屋外の移動を支援するための電動車いすの自動走行システムを開発し、搭乗者が行きたい場所を指定すればその場所まで自動で移動できる仕組みの実現を目指している。本論文では、LiDAR や距離センサなどを用いて自動走行システムを構築し、実際に屋内外で経路に沿った自動走行が実現可能であることを確認した。ただし、この手法は地図生成後に一度も走行したことのない場所では適用できない。

早急に解決すべき今後の課題としては、走行履歴のない目的地までの経路の自動生成、障害物回避のための経路の自動更新が挙げられる。

参考文献

- [1] 経済産業省 九州経済産業局 平成 24 年度「九州次世代自動車産業研究会」報告書
http://www.kyushu.meti.go.jp/report/1304_jisedai_car/1304_jisedai_car.html
- [2] S. Kato, E. Takeuchi, Y. Ishiguro, Y. Ninomiya, K. Takeda, and T. Hamada. "An Open Approach to Autonomous Vehicles," IEEE Micro, Vol. 35, No. 6, pp. 60-69, 2015.
- [3] S. Thrun, W. Burgard, and D. Fox, "Probabilistic Robotics," The MIT Press, 2005.