

## 自動走行車いすのための複数目的地を 巡回するコスト付き経路の自動生成

森 優介<sup>†</sup> 坂田 悠馬<sup>‡</sup> 長尾 確<sup>†</sup>

名古屋大学 大学院情報学研究科<sup>†</sup> 名古屋大学 工学部電気電子・情報工学科<sup>‡</sup>

### 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。また、日本では急速に高齢化が進行しており、今後も介護サービス受益者の増加が予測される。そのため、移動支援を行える自動走行車いすの重要性が高まると予想される。

自動走行には経路計画が必要になる。目的地までの経路計算では、最短経路を求めることが多く、一般に距離をコストとして計算することが多い。しかし、車いすの場合は周囲の安全性や走行時の安定性を考慮してコストを決定すべきである。また、状況によっては複数の目的地が存在することも考えられる。

そこで本研究では、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、自動走行車いすのための複数目的地を巡回するコスト付き経路の自動生成の手法を提案する。

### 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 を搭載している。車体下の収納スペースには組み込み PC である NVIDIA 社の Jetson Xavier を搭載している。Jetson で行う処理には Autoware [1] 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 Linux と ROS (Robot Operating System) をベースとした自動走行システム用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

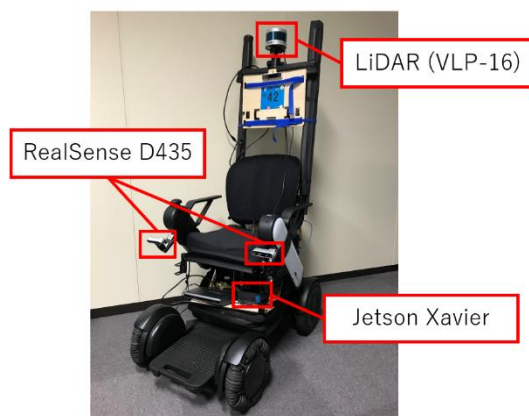


図1 自動走行車いすの構成

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。

また、電動車いすには前方の障害物を検出するために RGB-D カメラ RealSense D435 を 2 台搭載している。2 台の RGB-D カメラにより、LiDAR の死角となる車いすの近距離部分を補い、前方の障害物を検知した場合はそれとの距離に応じて減速あるいは停止する。これによって、自動走行時の安全性を考慮している。

### 3. 複数目的地を巡回するコスト付き経路の自動生成

事前に走行して取得したデータである路面の画像と自己位置推定の結果からその経路のコストを自動的に計算し、複数目的地を巡回するためのコスト最小経路を生成する。以下では、複数目的地を巡回する経路の探索アルゴリズムと経路に対するコストの計算手法について述べた後に、実験結果を述べる。

#### 3.1. 複数目的地の巡回経路探索アルゴリズム

複数目的地を巡回する経路の探索は、出発地から複数目的地を全て経由して最終目的地に到達することを想定している。

複数目的地の巡回経路探索にはグラフ理論を用いる。分岐路や目的地候補になる場所をノード、通行可能な道をエッジとした重み付きグラフとして考える。それぞれのエッジには自動生成されたコストが付与されているものとして、コストが最小になるような経路を探索する。

提案手法では、ダイクストラ法と巡回セール

Automatic Generation of Costed Routes to Travel Multiple Destinations for Autonomous Wheelchairs

<sup>†</sup>MORI, Yusuke (ymori@nagao.nuie.nagoya-u.ac.jp)

<sup>‡</sup>SAKATA, Yuma (sakata@nagao.nuie.nagoya-u.ac.jp)

<sup>†</sup>NAGAO, Katashi (nagao@nuie.nagoya-u.ac.jp)

<sup>†</sup>Graduate School of Informatics, Nagoya University

<sup>‡</sup>Department of Information Engineering, Nagoya University

スマン問題解法の組み合わせでコスト最小巡回経路を生成する。次の3ステップの順に計算を行っていく。ここで、出発地、複数目的地及び最終目的地を巡回地点と呼称する。

1. 巡回地点から他の巡回地点ごとへのコスト最小経路及びそのコストをダイクストラ法により計算する。
2. 巡回地点のみをノードとして、それぞれを先程計算したコストを持つエッジで接続したグラフを新たに生成する。それぞれのエッジは、コスト最小経路の情報も保有している。
3. 新しく生成したグラフに対して巡回セールスマン問題として解く。具体的には出発地から複数目的地を全て経由して最終目的地に辿り着く経路を総当たりで計算し、最小コストになるものを選択する。

また、図2に計算過程の例を示す。グラフのエッジ付近の数値はコストを示す。

### 3.2. 経路に対するコストの自動生成

路面の画像を解析した結果と自己位置推定の結果からその経路のコストを自動生成する。

路面の画像に対して Xue らの Deep Texture Manifold for Ground Terrain Recognition [2]を用いてテクスチャの分類を行う。まず、路面の画像を縦3×横5に15分割する。分割した画像それぞれにテクスチャ分類を行い、その結果から経路のコストを計算する。それぞれのテクスチャのラベルは、一対比較の被験者実験により、走行しやすいかどうかを間隔尺度化した値が与えられており、この値を元に経路のコストを計算する。

また、該当する経路を実際に走行した際の自己位置推定の結果から、走行時に振動が激しかったかどうかを判定し、経路のコストを計算する。自己位置推定の結果である座標と方向それぞれのパラメータの時間差分を求めて、それらの値の分散や最大値を元に経路のコストを計算する。

路面の画像を解析した結果から算出されたコストと自己位置推定の結果から算出されたコスト、さらに、経路の距離から算出されたコストを総合したものが、その経路の最終的なコストとなる。

### 3.3. 実験結果

つくば市で開催されている公開実験であるつくばチャレンジ 2019 において、自動走行車いすの実環境における走行実験を行った。その際に、複数目的地を巡回するコスト付き経路の自動生成に関する実験も行った。その結果、可能な限り走行困難な道を避けて、指定された複数目的地を全て巡回することができた。

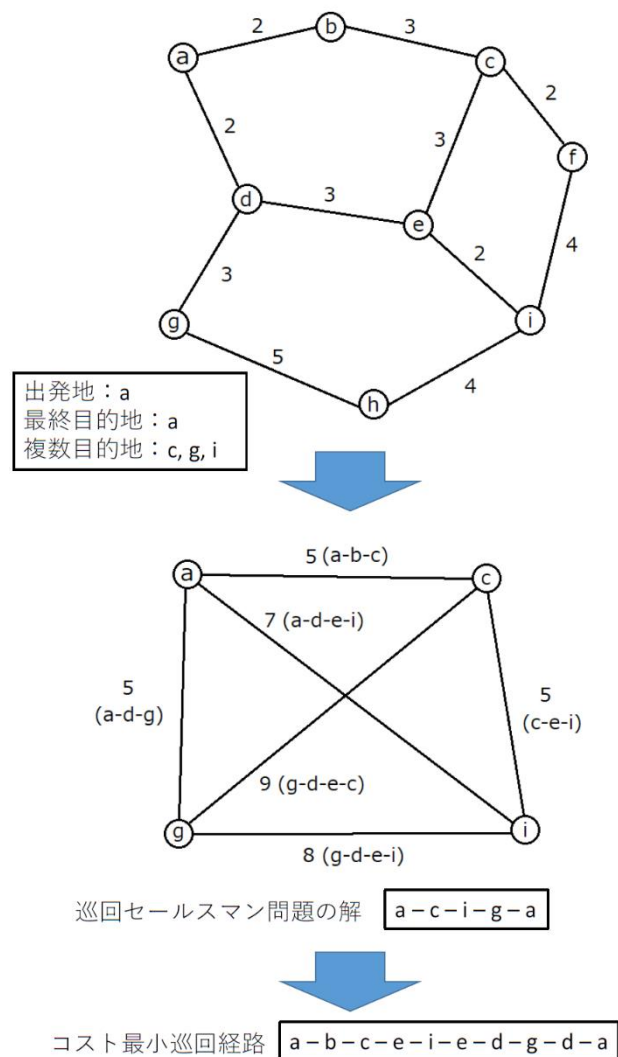


図2 複数目的地を巡回する経路探索の計算例

### 4. おわりに

本研究では、自動走行車いすのための複数目的地を巡回するコスト付き経路の自動生成の手法を提案した。また、つくば市で開催されている公開実験であるつくばチャレンジ 2019 において、実環境における走行実験を行い、提案手法が運用可能であることを確認した。

今後の課題として、複数目的地に優先度を設定できるようにすることや、コスト計算時に利用できるテクスチャの種類を増やすことや、テクスチャ分類の精度を上げることが挙げられる。

### 参考文献

[1] 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.  
[2] Jia Xue, Hang Zhang, and Kristin Dana, "Deep Texture Manifold for Ground Terrain Recognition," IEEE CVPR, pp. 558-567, 2018.