

深層学習に基づく画像認識による電動車椅子自動運転システム

高橋 宗資† 佐藤 文明‡

東邦大学†

1. はじめに

電動車椅子の自律走行システムにおいては、車椅子の自己位置推定と走行可能領域の特定及び走行経路の決定が必要となる。本研究では、自律走行ができる程度の測位精度を持ち、コストが小さい方式として、スマートフォン画像を使った深層学習¹⁾による位置推定を提案する。深層学習による走行可能領域の検出では、計算時間がかかるため、認識の時遅れが発生する。本研究では、画像認識の時遅れを考慮した走行制御と、人物を検出したときの経路算出を行った。評価実験ではスマートフォン画像による認識結果の時遅れを考慮した制御の作成と人物を検出した時の空間内の位置決め、人物を回避するルートを作成を行った。

2. 背景、関連研究

社会問題の一つに高齢者や障害者の移動支援が挙げられる。超高齢化社会に伴い、車椅子利用の増加が予測される。しかし、高齢者や障害者が思い通りに車椅子を操作するのは容易ではない。車椅子を押してもらふことは、周囲の負担に繋がるということが懸念されている。

WHILL社は、東京国際ターミナルにおいて電動車椅子による人搬送自動運転パーソナルモビリティサービスを開始している²⁾。自律走行機能はあらかじめ記憶した走行環境の地図情報とLiDAR(光距離センサ)で検出した情報をマッチングすることで自己位置を認識している。

本研究では、LiDAR等の高価なセンサを使用しないで低コストのシステム開発を目指していく。

3. 提案方式

3.1 画像認識の時遅れを考慮した走行制御

最初に基本的な走行制御について説明する。制御の流れは「カメラ画像による走行可能領域の抽出」、それから「理想走行経路の計算」、最後に「走行経路の決定」のようになっている。

カメラ画像に映る廊下を深層学習により走行領域を抽出する。つぎに画像の水平方向の1ライン

Auto Drive System for Electric Wheelchair Based on Image Recog Using Deep Learning

†Muneyori Takahashi ‡Fumiaki Sato

†Graduate School of Science, Toho University

‡Faculty of Science, Toho University

ごとに走行可能領域の中心点を抽出し最小二乗法によって直線を当てはめ、それを理想経路とする。走行経路の決定ではカメラの中心から見て理想経路がどちらの方向にあるかによって経路を決定する。この手法のみでは、推定の時遅れにより精度高く走行する事ができなかった。解決策として曲がる回数に制限をかけることによって精度を上げた。

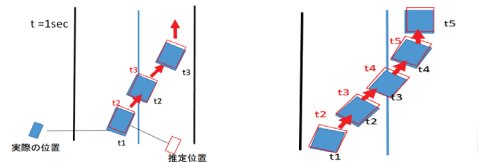


図1: 理想経路と自己位置の距離短い 図2: 距離が長い

実際は青く塗られた t_2 の位置にいるのに、認識では1秒前の t_1 の位置にいると認識してしまっている。さらにその1秒後には t_3 の位置に行っていてこの位置では理想経路上にいる t_2 のまっすぐ進めという命令がでてしまい、がたつきが起きてしまっている。そこで理想経路と自己位置の差が小さいとき(図1)は、1回右に曲がったら連続してこれ以上曲がらないように抑止する。理想経路と自己位置の差が大きいとき(図2)は2回連続で曲がったらこれ以上連続で曲がらないように抑止した。

3.2 人を検知した際の位置推定

まず、認識結果内の人領域の足元の座標を抽出する。次に人物の車椅子からの距離を推定する。最後に人物の正面からの横方向の位置の推定をし、人物の空間内における位置決めをしていく。人物の車椅子からの距離は図3のように画面内の高さを利用し推定していく。

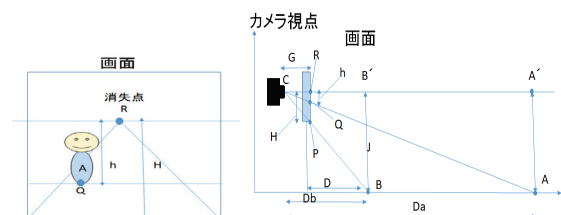


図3: 画面内の高さを利用した距離推定方法

$\triangle CAA'$ と CQR との相似から、 $J:Da=h:G$ 従って、

$Da = J \cdot G / h$ となる。距離 G はカメラと画面の距離で $\triangle CBB'$ と $\triangle CPR$ との相似から、 $J : Db = H : G$
 $Db = D + G$ であるから、 $G = D \times H / (J - H)$ となる。この式を利用して位置推定を行う。

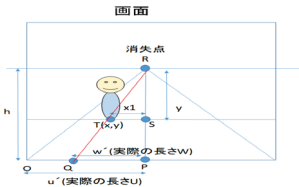


図 4: 人物の中心からのずれの距離測定

人物が正面からどれくらい離れているのかを求める方法として図 4 の $\triangle RTS$ と $\triangle RQP$ は相似なので、比率の計算により QP 間 w' の画素の長さを求めていく。 $h : y = w' : x1$ となるので、 $w' = x1 \cdot h / y$ となる。人物が中心からの実際の距離 W 比率計算により求められる。 OP 間の実際の距離を U とする。それに対応した画面内の画素の長さを u' とする $U : u' = W : w'$ となるので、 $W = w' \cdot U / u'$ この計算により人物が中心からどれくらい離れているのか求めていく。

3.3 人物を回避するルートの決定方法

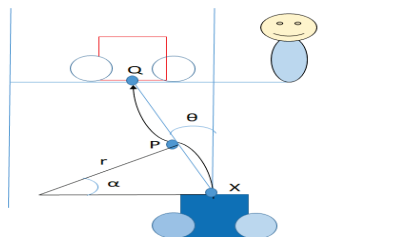


図 5: 人物回避ルート作成手順

図 5 における現在地 X から目標地点 Q に向かって人物を避け、中点 P を通るルートを作成する。点 Q に到達したときに、車椅子の角度は正面を向いているようにする。 θ 、 α の角度を計算し半径 r の円弧を走るようにモータに命令を送る。点 P に到着したら、曲がる方向だけを逆にして同じ半径の円弧を走行する。

4. 実験

4.1 実験方法

① 画像認識の時遅れを考慮した走行制御の実験

最小二乗法で求めた走行経路で自律走行可能なかどうかを実験し評価した。また時遅れを曲がる回数に制限をかけるプログラムを追加したことで精度が上がるのか実験した。走行距離は 3m。速度は毎秒 0.5m で測定した。

② 画像認識による人物の位置推定評価実験

人物までの距離推定の実験では、車椅子から 1.5m の地点から 50cm ずつ離れて推定距離を測定した。また、中心から左右への人物の距離を推定

する実験では、車椅子から 1.5m の地点から 6m まで 50cm ずつ離れた位置での中心から左右に 30cm ずつずれた時の横方向の位置を推定した。

③ 人物を回避するルートの走行精度実験

人物が廊下中心から左右に 30cm ずつずれた時に車椅子が人物を検知し、回避ルートを通り人物の真横を通過した時の人物と車椅子の距離を 5 回測定した。人物の真横を通過する時の目標地点と実際の通過地点の平均値を比較する。

4.2 実験結果

以下に実験結果を示す。

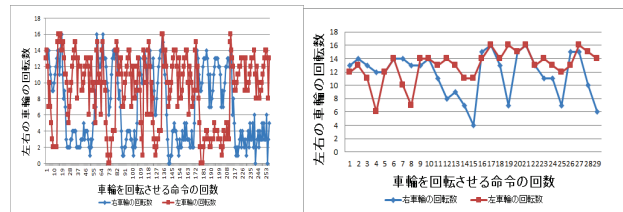


図 6: 走行制御実験結果 (左: 改良前、右: 改良後)

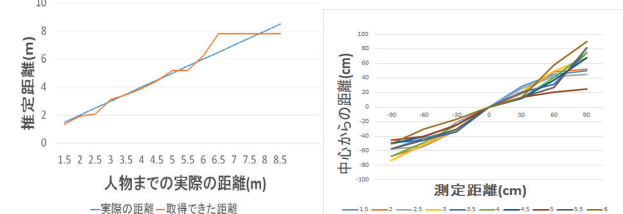


図 7: 推定距離と左右位置推定 (左: 距離、右: 左右の位置)

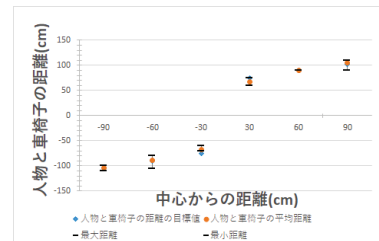


図 8: 回避ルート走行時の停止位置の精度

5. まとめ、今後の課題

画像認識の時遅れで車椅子の制御が遅れる問題に対して、連続して曲がる回数に制限をかけることによって走行制御の安定性を向上することができた。また、画像認識による人物の位置推定と回避ルートについては、人に衝突することなく走行可能であることを確認した。

今後の課題は人物を近くで検知した時の制御として、停止して警告音を発出すること等を実装していく。

参考文献

- 1) Olaf Ronneberger, Philipp Fischer, Thomas Brox: "U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation," Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention (MICCAI), Springer, LNCS, Vol.9351: 234–241, 2015.
- 2) WHILL: <https://whill.inc/jp/news/27556>