

1. はじめに

近年、自動搬送ロボットやパーソナルモビリティなどの高知能な移動ロボットの開発や研究が盛んになされている [1][2]。パーソナルモビリティの一つである電動車いすについて、主な操縦者である高齢者の認知・運動能力を考えると事故の危険が高いと考えられている [3][4]。そのような事故を防ぐために、文献 [5] では、進行方向が明確な場合は自動運転を行い、交差点では搭乗者の指示を仰ぐ半自動走行制御を行うことが実用的であると考えられている。

しかし、文献 [2] などでも提案されているシステムでは、環境地図が必要であるため、初めてその場所を走行する場合には適用できない問題点がある。そこで本研究では、地図を必要としないで環境の局所的なセンシングのみで自立的移動を実現するシステムを提案する。

半自動運転が達成されることで、ロボットの操縦が大きく簡略化され、安全な走行を可能にする。この技術は電動車いすの操作だけではなく、人間が抱えるには重くて大きすぎる物資の搬送や、大規模な施設での人件費削減、施設内での警備など様々な用途に活用できる見込みがある。

2. システム概要

本研究で実装する半自動運転システムは、進行方向が明確な場合、壁追従走行を行い、センサが交差点を認識した場合は、移動する方向の指示をユーザから受け取り自動で目標経路へと進入する動作を行う。

ステップ1:壁追従走行

ステップ2:走行しながら交差点があるか判断する。

ステップ3:詳細な交差点認識のため停止

ステップ4:交差点への進入制御

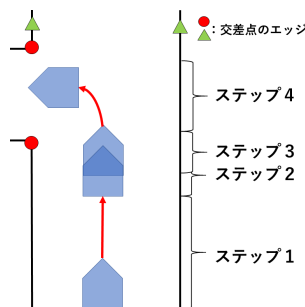


Fig. 1 システムの概略図

3. 壁追従走行

ステップ1の壁追従走行は、ロボットの進行方向が明確な場合に行う制御である。Fig. 2 に示す通り、推定した壁との距離が一定になるように走行させることで実装する。

壁追従中のロボットの速度は一定とし、角速度を変化させることで壁との距離を一定に保つ。角速度の計算方法は以下の通りである。

$$\omega = \alpha |L_{ref} - L| \quad (L < L_{ref})$$

$$\omega = -\alpha |L_{ref} - L| \quad (Other)$$

α : 角速度係数

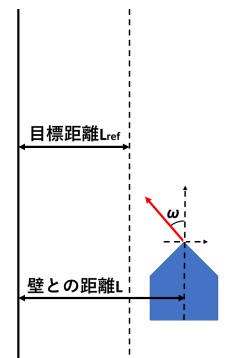


Fig. 2 壁追従

以上の式によって計算された角速度 ω によって、壁との距離 L が離れたり近い場合に自動的に設定した目標距離 L_{ref} へと補正される。

4. 交差点認識

ステップ2、3に示す交差点認識は、Fig. 3 に示すように、センサによって交差点のエッジを検出することによって行う。各エッジは対になっており、センサからの x-y 座標を保持しているため、交差点における進行可能な方向を取得することができる。

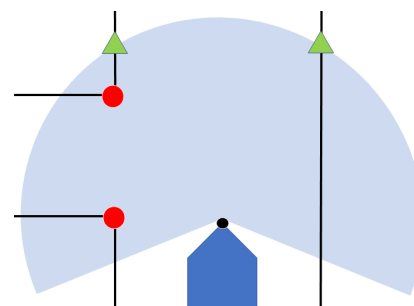


Fig. 3 交差点認識の方法

光測域センサを用いて、実際に交差点認識を行った。Fig. 4に示す通り、交差点のエッジを検出した。また、グラフにプロットしている通り検出したエッジの座標も取得できており、進行可能な方向の数も取得できている。このすべての情報をまとめたものを本研究では交差点情報と呼ぶ。

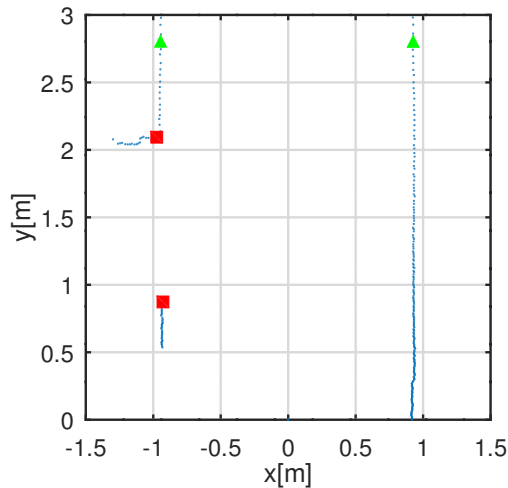


Fig. 4 実機実験：交差点認識の結果

5. 交差点への進入制御

取得した交差点情報より、大まかな進行方向の分類を行う (Fig. 5). 直進の場合は、ロボットを直進させるだけでよいが、右左折の場合、Fig. 6のように軌道を生成しロボットに追従させることによって進行方向の切り替えを行う。

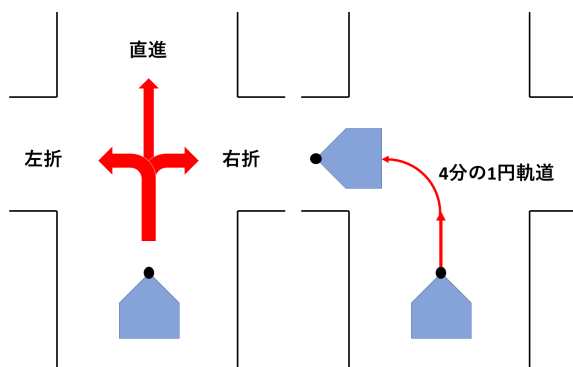


Fig. 5 進行方向の分類

Fig. 6 左折の場合の挙動

6. 実機実験

以上のシステムをロボットへ実装し、実機実験を行った。配置図は、Fig. 7に示し、結果を Fig. 8に示す。ロボットは、交差点を発見するまで壁追従走行し、交差点を発見すると停止した。搭乗者が左折を指示すると、図に示す通り目標の経路へ進入した。同様の実験環境において直進、右折の実験もいづれも成功した。

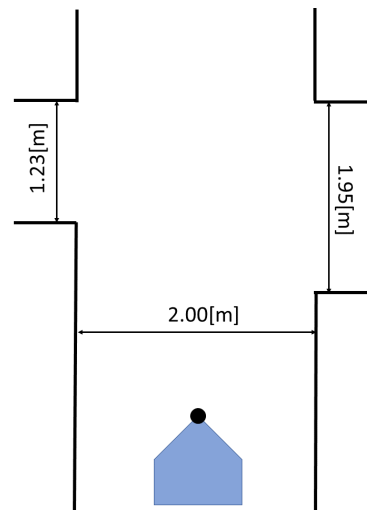


Fig. 7 実機実験：配置図

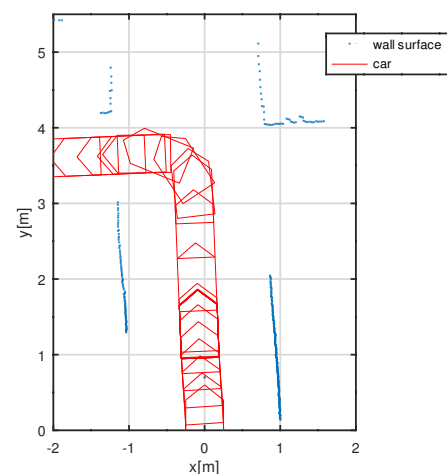


Fig. 8 実機実験：左折

7. おわりに

光測域センサを用いて、走行中にリアルタイムに交差点の認識を行い、半自動的にロボットを操作するシステムの開発を行った。Fig. 8の結果に示す通り、交差点認識を用いた半自動運転の実装に成功し、あらかじめ環境地図の存在しない地形においても半自動的に走行可能なロボットの作成を達成した。

参考文献

- [1] 戸田, 大山, 伊藤: SLAM を用いたパーソナルモビリティ自律走行に関する検討; 第 21 回 IEEE 広島支部学生シンポジウム論文集, 情報その他 (2019)
- [2] 森, 長尾: 電動車いすの屋内外自動走行; 情報処理学会第 81 回全国大会, 6U-07
- [3] 渋谷, 垣本, 斎藤, 鈴木, 松野, 関口: 電子式ハンドル形電動車いすの安全走行制御に関する研究-レーザーレンジファインダによる溝・段差回避-; 2012 年度精密工学会春季大会学術講演会公演論文集, pp.941-942(2012)
- [4] 上間, 堀越, 高塚, 田村: 電動カート用 LRF による衝突物体検知システム; 情報処理学会第 74 回全国大会, 5ZA-9
- [5] 飯島, 江上: 交差点マップを用いた電動車椅子の経路制御; システム制御情報学会論文集, Vol.28, No.1, pp.12-21(2015)