

資材運搬における障害物回避ため通路幅選択及び運動計画

Path width adjustable obstacle avoidance motion planning method for construction material transportation

知能機械システム工学コース

知能ロボティクス研究室 1225054 森 優

1. 緒言

少子高齢化問題が進み続け、建設現場では労働力が深刻に不足している。そこで資材運搬ロボットの導入ができれば作業者の負担軽減が期待できる。本研究では、資材運搬するロボットの開発を目指す。

先行研究⁽¹⁾では、無方向性四輪車を対象にファジィアルゴリズムを用いた測域センサによる障害物回避アルゴリズムについてシミュレーション及び実機実験を行い、提案手法の有効性を示した。また先行研究⁽²⁾では、障害物の位置と大きさを認識できている場合の経路計画法を開発し、シミュレーション、実機実験で無方向性四輪車を動作させ、提案した手法の有用性が示された。

ここでは、無方向性四輪車を用いて、建築現場での柱などの走行を妨げる障害物が複数ある場合、通過可能幅が最適な選択方法の検討を行う。その後回避行動をし、目標位置まで辿り着くことのできるアルゴリズムの開発を目的とする。今回の発表では、提案する測域センサによる障害物回避アルゴリズムについてシミュレーションを行い、提案手法の有効性を示す。

2. 無方向性四輪車

本研究で使用する無方向性四輪車を図1に示す。無方向性四輪車は4つのメカナムホイールが取り付けられており、4つのモータの回転方向と速度制御を調整することで、車輪の回転と円周上のフリーローラによる動きとの組み合わせで全方向移動を実現する。そのため無方向性四輪車は姿勢を変化させず、全方向への移動を可能としている。



Fig.1 Non-directional four-wheeled robot

3. 障害物回避アルゴリズム

今回、提案する無方向性四輪車の障害物回避アルゴリズムについて説明する。本研究で提案する測域センサを用いた障害物回避アルゴリズムの流れについて図2に示す。

まず初めに、最終目的位置のX座標、Y座標の入力、および資材の大きさを入力する。その後、最終目的位置に到達するまで運搬作業を行う。そのとき無方向性四輪車の中央に取り付けられた測域センサの前方180°、半径1.5mの範囲に障害物の反応がない場合は、最終目的位置まで最短経路で進行する。障害物の反応がある場合は、進路の妨げになる障害物の回避行動の選択をとらなければならない。各障害物の両端の位置を確認、両端に回避できる空間があるか確認する。

回避できる空間がある中で最終目的位置までの経路が最短になるものを選択する。最短になる経路の選択は、最終目的位置と現在位置を結んだ線と現在位置から進行する線より求まる角度が一番小さいものによって決定する。そのとき障害物の回避で経路の先に中間位置を設け、その位置を目指し無方向性四輪車は進行をする。無方向性四輪車が中間位置までたどり着くと、次の中間位置を設け、その後進行を繰り返す。障害物が測域センサの範囲から検知されなくなった場合、中間位置をなくし、最終目的位置までの進行をする。無方向性四輪車が障害物の回避行動をする際、障害物が無方向性四輪車の横方向に位置している場合、障害物と無方向性四輪車の測域センサの距離を一定に保つように壁沿い走行を行う。動的な障害物があった場合や、万が一の障害物との接近があった場合に備え、危険範囲に障害物がある場合は、進行の停止を行う。

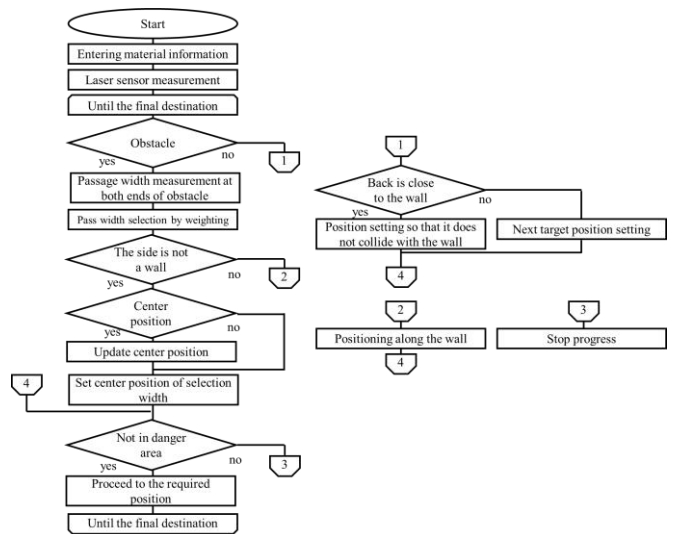


Fig.2 Flow chart of Obstacle avoidance algorithm

4. 実機実験

今回提案する障害物回避アルゴリズムの有効性検討のため実機実験を行った。今回の実機実験では、資材情報が同じで障害物の配置による、障害物回避行動の違いが見られるか確認する。

実機実験では、天井部に取り付けられたカメラで、測域センサ取り付け図に示すロボットに設置された赤色の楕円状のマーカ(264mm×65mm)の位置を計測しながら、自立制御を行った。無方向性四輪車の制御は無線装置を用いてパソコンとの無線通信により実機走行を行った。測域センサは赤い楕円の中心に設置した。測域センサはパソコンとEthernetでつなぎデータを取得した。

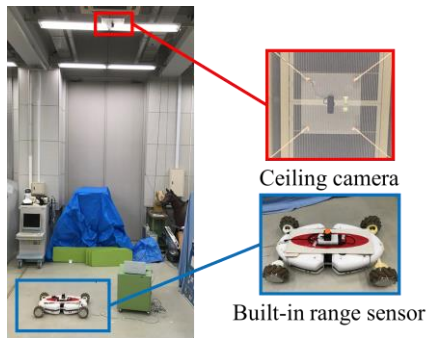


Fig. 3 Experimental equipment

実機実験では、運搬する資材の大きさを半径 0.5m の円に収まるものとし、無方向四輪車の中心に配置するように想定して行うものを 2 つの異なる障害物配置の条件で行った。また運搬作業には、資材の半径+0.25[m]の半径を持つ円である安全範囲を設ける。この安全範囲の直径より小さい障害物の間隔は回避行動の選択をしない。1 つ目は最短目標経路上の右側に障害物を 1 つ配置し、左側に壁がある条件、2 つ目は 1 つ目の条件の障害物と壁との間に 1 つ障害物を追加した条件で行った。時間概念を含まない実機実験環境を図 4 に示す。開始地点は $(x,y) = (0,0)[m]$ であり、最終目標地点を $(x,y) = (0,3)[m]$ と置いた。障害物 1 の大きさは幅 0.275[m]、奥行き 0.295[m]、高さ 0.37[m] である。追加する障害物 2 の大きさは幅 0.23[m]、奥行き 0.365[m]、高さ 0.53[m] である。障害物 1 の中心座標は $(x,y) = (0.148,1.538)[m]$ であり、障害物 2 は $(x,y) = (-1.183,1.515)[m]$ である。障害物と壁との間隔は 1.6[m] であり、障害物を追加した場合、障害物と障害物との間隔は 1.0[m] になるように配置した。無方向性四輪車の開始姿勢角は $\pi/2$ であり、回避行動では姿勢角の変更をしないで一定に保つ。目標位置を更新する時間刻み 0.1[s] にした。

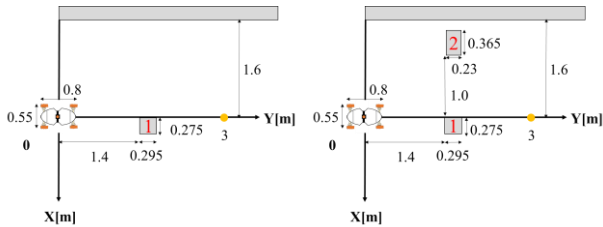


Fig. 4 Experiment (walls and obstacles) (left) (obstacle between wall and obstacle) (right)

まず初めに、障害物と壁である場合の実機実験を行った実機実験の結果を図 5 に示す。

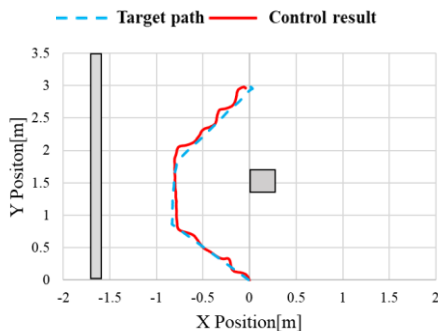


Fig. 5 Experimental result (walls and obstacles)

障害物 1 と壁との間隔が 1.6[m] であり、安全範囲の大きさが 1.5[m] であるため、通過が可能である。今回の障害物の配置では、障害物 1 と壁との間を通り抜けたほうが最短経路になる。最短経路は測域センサの最終目的位置への step 数と各中間位置の step 数の差から障害物の左端の中間位置が選択している。測域センサで障害物の端を検知し、通行可能幅を確認したため、図 5 のように障害物回避を行った。

次に、障害物と壁との間に障害物を追加した場合の実機実験を行った実機実験の結果を図 6 に示す。

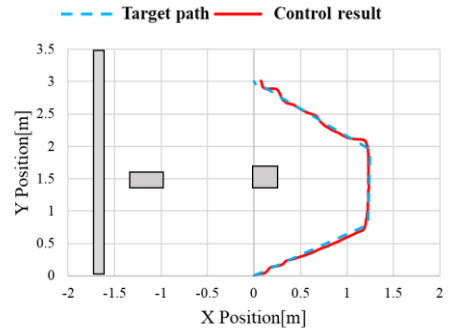


Fig. 6 Experimental result (obstacle between wall and obstacle)

障害物 1 と障害物 2 との間隔が 1.0[m] であり、安全範囲の大きさが 1.5[m] であるため、通過が不可能である。今回の障害物の配置では、障害物 1 と障害物 2 との間を通り抜けたほうが最短経路になるが、通過が不可能なため、図 6 のように障害物の右側へ進行し回避を行った。

図 5, 図 6 より資材が同じ大きさであり、異なる障害物の配置によって障害物回避の経路を変更しているのが分かった。また 2 つのパターンでの障害物回避を行ったが、障害物に衝突することなく最終目的位置までたどり着くことができた。障害物のエッジを見つけ最短経路の進行に対して回避スペースの有無を判断し、中間位置を設け進行して障害物の回避を行うことができ、提案した障害物回避アルゴリズムの有効性を示すことができたと考えられる。

5. 結言

今回は提案する資材運搬における障害物回避ため通路幅選択及び運動計画について実機実験を行い、提案手法の有効性を検証した。実機実験の結果から提案した障害物回避方法として有効性があることがわかった。

今後の展開では、実際に運搬物を載せた実験を行うため、資材をどのように載せるか検討を行う。また資材情報をあらかじめ手入力していたが、カメラを利用して資材の形状および大きさの情報を取得できるようにしたいと考える。今回提案した障害物回避アルゴリズムでは測域センサ 1 つの前方の 180 度の範囲で回避経路を生成したが、無方向性四輪車の後方にもう 1 つ測域センサを配置し、全体の確認を行い、回避性能を上げたいと考える。

文献

- (1) 森優, 王碩玉, 瀋博, 上田康浩, 安井利彰, 建築現場における自動運搬ロボットの障害物回避方法について, 第 20 回計測自動制御学会, 香川, 2019 年 12 月.
- (2) 原口 雅尚, 王 碩玉, 瀋 博, 超音波センサと測域センサによる無方向性四輪車の経路計画方法, 日本機械学会中国四国支部第 56 期総会・講演会論文集, K1302, 徳島, 2018 年 3 月.