L-36

二次元計測情報を用いた自律型移動ロボットの障害物回避アルゴリズムの検討

A Study of Obstacle Avoidance Algorithm of Autonomous Mobile Robot with Two-Dimensional Measurement Information

○安盛　貴之 [1]，浜松　芳夫 [2]，星野　貴弘 [2]
*Takayuki Yasumori[1], Yoshio Hamamatsu[2], Takahiro Hoshino[2]

Abstract : Currently, AGVs (Automated Guided Vehicles) have been introduced to transport the components and luggage in the factory for improving the productivity. However, sometime AGVs stop by detected obstacles. As a result, the productivity will be decreased. We have considered how to avoid obstacles in order to solve these. The previous avoidance method has decided to avoidance direction by comparing the left and right of the space. For the reason, the previous avoidance method is not always the optimal avoidance direction when focused on the avoidance efficiency. We have to consider the optimum avoidance method focused on the avoidance efficiency. We consider the optimum avoidance direction estimation algorithm with two-dimensional measurement information.

1. はじめに

現在，工場や倉庫内では生産効率の向上を目的に荷物を自動で目的地に搬送するための無人搬送車が導入されている．しかし，無人搬送車には搬送中，障害物に遭遇すると衝突防止機能により停止し，運搬効率が低下してしまう問題があった [1]．

これらの問題を解決するため，筆者らは無人搬送車を模した自律型移動ロボットを開発し，障害物回避アルゴリズムを検討してきた [2]．これまで検討してきた回避アルゴリズムでは障害物回避時における回避方向の決定はロボット前面に設置された 5 つの PSD センサの距離情報から左右の面積を算出し，面積が広い方を回避方向としていた．しかし，障害物の発生パターンは様々であり，面積が広い方が必ずしも最適な回避方向とは限らない．

そこで，本稿では障害物回避時にロボットの周囲を二次元計測し，その情報を用いて最適な回避方向を推定するアルゴリズムを検討したので報告する．

2. 自律型移動ロボット

本研究で開発した自律型移動ロボットの外観を Figure 1 に示す．マイコンにはソフトウェア開発が容易でポータビリティの高い「Arduino mega 2560」を用いた．物体との距離を測定するための PSD センサには SHARP 製の「GP2Y0AYK」を用いており，測定可能距離は最大 250cm である．その他に，モータの速度制御をするためのモータドライバ，人体を検知するための PIR センサ，ライントレースをするための光センサなどで構成されている．

また，二次元計測の機構としてサーボモータに PSD センサを取り付け，ロボットの前面上部に設置した．サーボモータには GWS 製の「S125-1T」を用いており，回転角度は 0 ˚～ 360 ˚である．

1:日大理工・院 (前)・電気　2:日大理工・教員・電気

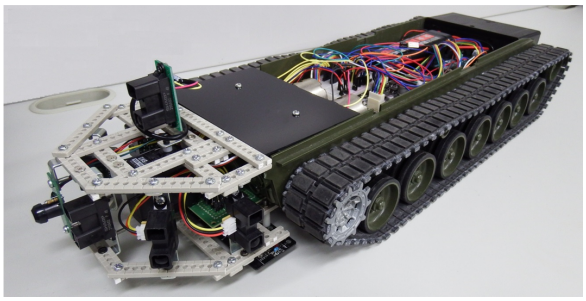

Figure 1. Developed autonomous mobile robot.

3. 最適回避方向

筆者らがこれまで検討してきた回避アルゴリズム [2] では，障害物回避時，Figure 2 のように回避スペースが広い方である「左」を回避方向としていた．しかし，回避効率に着目した際,「左」を回避方向とすると走行距離が長く，障害物回避に多くの時間を要してしまう．また，回避方向を「右」とした場合は「左」と比較して，走行距離が短く最短回避経路であることがわかる．

つまり，Figure 2 のような場合において，回避効率に着目すると最適回避方向は「右」となる．本報告での最適回避方向とは，障害物を最短経路で回避する方向を指す．

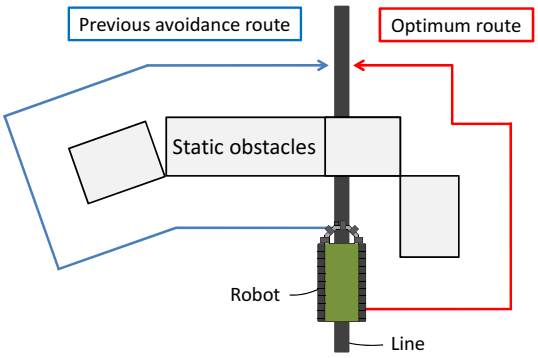

Figure 2. Comparison of avoidance direction.

4. 二次元計測

PSD センサは物体に光を照射し，反射光を受信した角度から三角測量の原理により距離を測定する．これを一定の角度サンプル間隔で角度毎に距離を測定することで，ロボットから距離 250cm，角度 360°の範囲内における測定地点の距離と角度の情報を得る．本研究ではサーボモータを 70ms 間隔で回転させ，0°～ 360°の範囲を分解能 2°として 180 点の距離と角度の情報を取得する．取得した情報は極座標となっており，グラフの生成やグラフの解析をするため，デカルト座標に変換した．

Figure 2 の障害物の配置に対して二次元計測した測定結果を Figure 3 に示す．なお，角度 0°における測定点を始点とする．

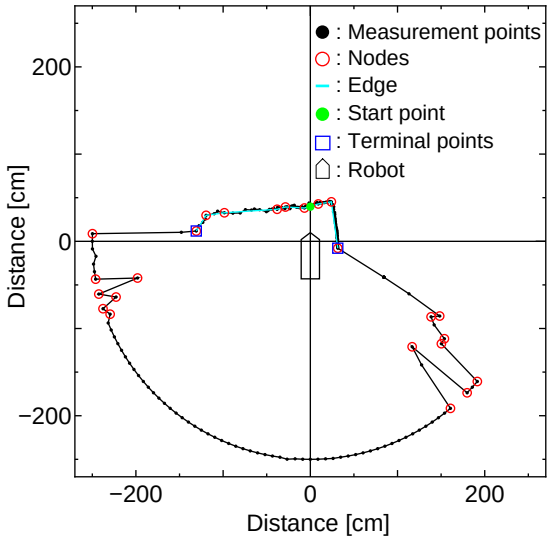

Figure 3. Two-dimensional measurement result.

5. 最適回避方向推定アルゴリズム

最適回避方向を推定するためには，測定したグラフから障害物の形状を把握する必要がある．本研究では特徴点 (障害物の境界を定義するために最低限必要な点) を抽出することで障害物の形状を把握する．なお，本研究では障害物の特徴点をノード，ノード間を結んだ線をエッジと定義する．

⟨5・1⟩　ノードの抽出　測定グラフの測定点より障害物のノードを抽出する．ノードの抽出は Figure 4 より，抽出対象点の前後の点座標からベクトルを算出し，そのベクトルの交角から判定する．ベクトルの交角の導出には (1) 式を用いた．

$$\theta = \cos^{-1}\frac{\langle a, b\rangle}{\|a\|\|b\|} \tag{1}$$

本研究では $\theta = 130^\circ$ 以下の場合，ノードであると判断するようにした．ノードの抽出結果を Figure 3 の赤○に示す．抽出結果より障害物の形状を把握するために必要なノードは全て抽出できたことが確認できる．

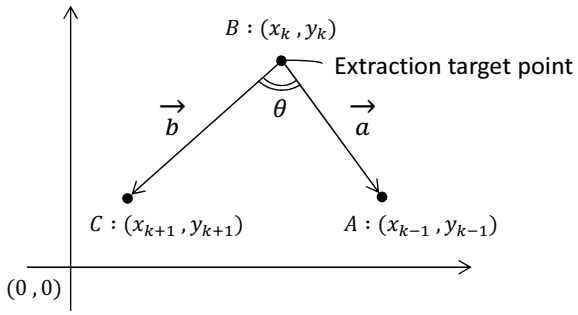

Figure 4. Extraction of the node.

⟨5・2⟩　障害物の生成　抽出したノードから回避対象の障害物を生成する．始点から左右にノード間隔を参照し，以下のどちらかの条件に当てはまる場合，ノード間を直線で結び，エッジを生成する．

(1) ノード間の距離が 60cm 以下である．

(2) ノード間の測定点の数が 10 個以上である．

なお，(1) の条件に示したノード間の距離が 60cm 以下とはロボットが障害物を回避するために最低限必要な距離である．そのため，ノード間に障害物が無い場合でも 60cm 以下は回避不可として架空の障害物を生成する．また，始点から最初に上記の条件から外れたノードを障害物の終端ノード (以降，終端と呼ぶ) とする．

以上の操作により得られた，左右の終端から終端までのエッジを回避対象の障害物とする．回避対象の障害物のエッジと終端をそれぞれ Figure 3 に示す．Figure 3 の水色線より Figure 2 の障害物の配置において，十分な精度で障害物を再現できたことが確認できる．

⟨5・3⟩　最適回避方向の判定　始点を基準として左右の終端までのエッジの合計距離を算出し，距離を比較する．距離が短い方を最適回避方向と判定する．

Figure 3 では，始点から右側の終端までの距離が約 78.13cm，始点から左側の終端までの距離が約 140.63cm であったため，最適な回避方向は「右」と判定する．

以上が最適回避方向推定アルゴリズムの手順である．本アルゴリズムを実際にロボットのシステムに組み込み，最適な回避方向を判定できたことを確認した．

6. おわりに

本報告では単純な障害物の配置パターンに対して検討をしたが，今後は複雑な障害物の配置パターンに対して最適な回避方向を判定するアルゴリズムを検討する．

参考文献

[1] 村井，酒井，上松，中島，三谷，北野:自律型移動ロボット群による搬送システムの実用化，日本ロボット学会誌，Vol.28 No.3，pp.311-318，(2010)

[2] 安盛，浜松，星野:複数センサ情報による自律型移動ロボットの障害物回避アルゴリズムの検討，電気学会産業応用部門大会，pp103-pp106，2-10，(2016.8)