L-34

自律型移動ロボットの障害物検知及び回避に関する研究

A study on obstacle detection and avoidance of the autonomous mobile robot

○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, AGV (Automated Guided Vehicle) has been introduced to transport the components and luggage in the factory for improving the productivity. However, sometime AGV will be stopped when detected the obstacle. As a result, the productivity will be decreased. Therefore, we have to consider how to avoid the obstacle. Meanwhile, the Obstacle is classified as either static obstacle or dynamic obstacle. Avoidance of dynamic obstacles increases the risk of collision. We consider the system of the appropriate behavior respectively after AGV autonomously determine the static obstacle and dynamic obstacle.

1. はじめに

現在，工場内で荷物や部品を運搬するための AGV (Automated Guided Vehicle) と呼ばれる無人搬送車が導入されており運搬効率の向上や人員削減，人為的な作業ミスの軽減など生産性の向上が期待できる．しかし，AGV は何らかの原因により走行路上に障害物が発生した際，その障害物に遭遇すると停止し生産性が低下してしまう場合がある [1]．これらを改善した AGV の一つに日立製作所が開発したインテリジェントキャリーがある．インテリジェントキャリーは搬送中にセンサで障害物を検知すると停止し一定時間後，障害物を回避する機能が搭載されている [2]．しかし，センサで検知したもの全てを障害物として認識し回避するため，例えば人などの動いているものを AGV が回避しようとすると衝突のリスクが高まる．その為，AGV はセンサで検知した障害物が静的か動的かを自律的に判断し，それぞれの障害物に対して適切な回避行動をする必要がある．

本研究では，走行路上にある障害物の回避だけではなく，その障害物が動的なものか静的なものかを自律的に判断し，それぞれの障害物に対して適切な行動をすることで安全性と運搬効率を高める AGV のシステムを検討し，そのシステムを構築することを目的とする．

2. 自律型移動ロボット

ライントレースをするために白色と黒色を判定することができる光センサを用いた．光センサは 5 つのフォトセンサを内蔵しておりこのセンサの状態によって直進，緩旋回，急旋回の動作を行うことができ，滑らかなライントレースが可能となっている．また，障害物との距離を測定するために超音波センサ，動的な障害物の一つである人体を検出するために焦電型赤外線センサを搭載している．これによりロボットは周囲の状況を自律的に判断しその状況に応じた動作をすることができる．Fig.1 に本研究で用いたロボットを示す．

1:日大理工・院・電気　2:日大理工・教員・電気

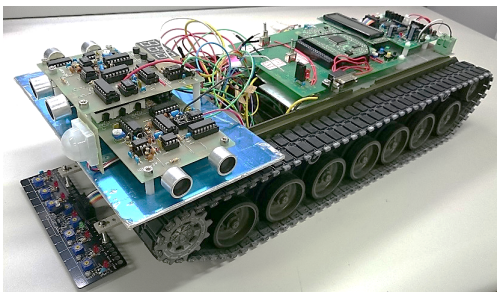

Fig 1: Fabricated autonomous mobile robot

2.1 超音波センサ

障害物との距離を測定するために超音波センサを用いた．超音波センサは送信部から対象物に音波を送信し反射して戻ってきた音波を受信するまでの時間を測ることで距離を測定することができる．

本研究では超音波センサを正面と左右で計三つ搭載している．また，超音波センサは全て送信する周波数が同じため同時に利用すると他の超音波センサの音波を誤検出してしまう場合がある．そのため，超音波センサをそれぞれ高速で交互に駆動している．駆動間隔は実験により 1ms～80ms の間に設定することで誤差が少なくほぼ正確に距離を測定することができる．以降，正面に設置してある超音波センサを正面センサ，左右に設置してあるものをそれぞれ左センサ，右センサと呼ぶ．

2.2 焦電型赤外線センサ

動的な障害物のひとつである人体の検知方法として焦電型赤外線センサを用いた．焦電型赤外線センサは強誘電体セラミックの焦電効果を利用して人体などから発せられる僅かな赤外線を検知することで人体を検出することができる．

本研究で用いた焦電型赤外線センサは距離 2m，角度 120°までの範囲内の人体を検知することができる．焦電型赤外線センサはロボットの正面に設置しており，100ms 間隔で駆動し，常に前面を監視している．

3. センサの検知に応じた動作

走行中にロボットの正面に障害物が発生した場合，ロボットは停止する．その後，ロボットに搭載された超音波センサと焦電型赤外線センサによりその障害物が静的なものか動的なものかを自律的に判断し，それぞれの障害物に対して適切な行動をすることで安全性と運搬効率を高める AGV のシステムを検討し構築した．

3.1 静的な障害物の場合

正面センサが物体との距離を 20cm 以内に検知すると，ロボットはその物体を障害物として認識する．この時，焦電型赤外線センサが人体を検知していない場合，ロボットはその障害物を静的であると判断する．走行路上に発生した物体を静的な障害物 (Static obstacle) として認識した場合，ロボットは運搬効率を高めるため障害物を回避する．本研究では正面とその左右どちらかに障害物がある場合を考え自律的に回避方向を判断し，回避をするシステムを構築した．回避動作を Fig.2 を例に説明する．

＜回避ステップ 1 ＞

Fig.2 の A の部分のようにライントレース中のロボットは，正面センサで障害物を検知したら停止する．停止後，右センサと左センサで左右の障害物との距離を測定し，測定距離が長い方を回避方向とする．なお，左右どちらにも障害物が無かった場合，回避方向は右とする．Fig.2 では障害物②が右側にあるため回避方向は左となる．回避方向が決定したら障害物①と平行になるように旋回する．障害物①がラインに対して斜めにあるが約 30 ˚の傾きまで検知可能である．

＜回避ステップ 2 ＞

Fig.2 の B の部分を走行中のロボットは右センサが障害物を検知している間は前進し検知しなくなると停止し，右に 90˚旋回する．旋回後，　C の部分を走行中のロボットは同様に右センサが検知しなくなるまで前進し，停止後右に 90 ˚旋回する．

＜回避ステップ 3 ＞

Fig.2 の D の部分を走行中のロボットは光センサでラインを検知するまで前進し，ライン検知後停止する．この時，光センサの中央のフォトセンサが黒の判定を一定回数繰り返した時のみラインを検知したと判断するため床のゴミや汚れなどの誤検出を防ぐことが出来る．その後ライン検知を補正しながらライントレースに復帰する．また，各回避ステップ全てにフロントチェックを入れているため障害物回避中，正面に障害物を検知した場合は停止し，また回避ステップ 1 から始めるようになっている．Fig.2 では障害物②が右側にある場合の回避動作について説明したが，障害物②が左側にある場合についても同様に回避が可能である．

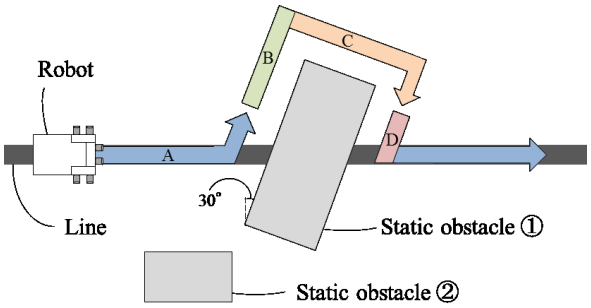

Fig 2: Case of static obstacle

3.2 動的な障害物の場合

Fig.3 に動的な障害物 (Dynamic obstacle) を検知した場合の動作を示す．正面センサが障害物を検知しており，焦電型赤外線センサが人体を検知している場合，ロボットはその障害物を動的であると判断する．人などの動いている障害物を回避しようとすると衝突のリスクが高まるため，安全性を考慮してロボットは動的な障害物を検知しなくなるまで停止する．この時，警告音を鳴らすことで AGV が停止していることを周囲に知らせる．動的な障害物を検知しなくなった時，ロボットは再び走行を開始する．なお，動的な障害物を検知して停止している時，正面センサのみが障害物を検知した場合，ロボットはその障害物を静的であると認識を変更して一定時間後にその障害物を回避する．

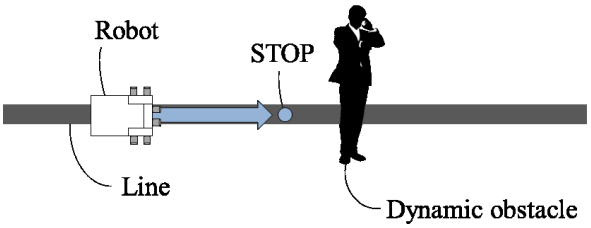

Fig 3: Case of dynamic obstacle

4. 今後の課題

本研究では動的な障害物として人体のみを対象にしたが，例えば倉庫内ではフォークリフトなど人体以外にも動的な障害物になり得るものは存在する．そのため，ロボットは動的な障害物の検知に人体以外の物体も考慮する必要性がある．今後の課題としては人体以外の動的な物体を検知する方法を検討し，さらに安全性を高めるシステムを構築する．

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] 青木，吉野，長岡，吉川:自律走行型無人搬送車「インテリジェントキャリー」，日立評論，Vol.94，No.12 pp.868-869