

自律型移動ロボットの障害物回避に関する研究

A study on obstacle avoidance of the autonomous mobile robot

○安盛 貴之¹, 溝井 和哉¹, 大村 創¹, 浜松 芳夫², 星野 貴弘²

*Takayuki Yasumori¹, Kazuya Mizoi¹, Hajime Omura¹, Yoshio Hamamatsu², Takahiro Hoshino²

Abstract: Recently, industrial robot is a necessity on industry of Japan. For example, autonomous mobile robot has been introduced in a factory for transport of freight. However when freight collapses, it will be an obstacle on a conveyance route. The robot needs to avoid obstacle without stopping, because the robot stopping by obstacle loses productivity. We examine an autonomous mobile robot which can be trace the line and detected obstacle.

1. はじめに

今日、日本の産業において産業ロボットは欠かすことのできない存在である。その一例として主に工場内で貨物輸送のための自律型搬送ロボットが導入されており生産性の向上や人為的な作業ミスの削減などが可能となっている。しかし、貨物の荷崩れ等により搬送経路上に障害物が出現してしまう場合がある。障害物によるロボットの停止は生産性が低下してしまうため、ロボットは停止せずに障害物を回避する必要がある。

本研究では実際にロボット制作し、そのロボットを用いて様々な状況に応じた動作に必要なアルゴリズムを検討しシステムの構築をするものである。

2. 自律型移動ロボット

自律型移動ロボットはライントレースをするための光センサと障害物との距離を測定するための超音波センサを備えており、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ロボットである。Fig.1 に本研究で用いたロボットを示す。

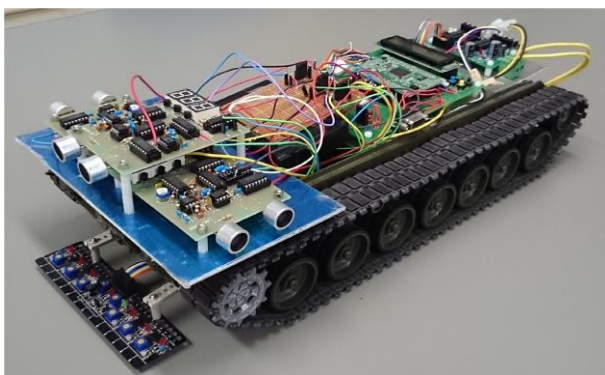


Fig.1 Autonomous mobile robot

2.1. 超音波センサ

超音波センサは障害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り障害物との距離を測定するものである^[1]。超音波を用いているため周囲の明暗に影響されずに測定することが出来る。

本研究では超音波センサを3つとも同じものを使用しており送信される音波の周波数はすべて40kHzである。その為、他の超音波センサの音波を誤検出してしまい正常に測定することが出来ない。そこで超音波センサの発信部を除去し直接マイコンに繋げることで状況に応じた必要な方向の音波だけを送受信することにより安定した測定が可能となっている^[2]。しかし超音波センサをマイコンに繋げるとマイコンからのパルスにより電圧が上昇し超音波センサの定格電圧を超えてしまい正常に動作しないことが分かった。そこで三端子レギュレータを用いて電源の安定化回路を作成することで目標の電圧を安定して出力し正常に動作することができた。以降、左右正面に設置してある超音波センサをそれぞれ左センサ、右センサ、正面センサと呼ぶ。

2.2. 光センサ

一般に光を照射した際、黒色は光の反射率が小さく白色は光の反射率が大きい。光センサはこの性質を利用して赤外発光ダイオード(LED)から照射された光の反射率を受光部の変調型フォトセンサで検出し黒と白を判断する。

3. ライントレース

光センサを用いて黒いラインを検出しラインに沿って走行することによりライントレースを行う。光センサは0から7の番号がふられており現在は1, 2, 3, 5, 6番の5つのセンサを用いている。なお、4番は正面センサであり本研究では使用していない。ライントレースではこのセンサの状態によってそれぞれ直進、緩旋回、急旋回の動作を行う。Fig.2より2, 3, 5のセンサが全て黒を検知している時、直進モードとなりロボットは直進する。1, 2, 3又は3, 5, 6のセンサが黒いラインを検出した時、緩旋回モードとなりロボットは直進モードになるまで緩やかな旋回を行う。1又は6のみのセンサが黒を検出した場合、急旋回モードとなりロボットは直進モードになるまで急旋回を行う。以上、このようにして直線的なラインだけではなくカー

1 : 日大理工・学部・電気 2 : 日大理工・教員・電気

ブしたラインでも滑らかなライントレースを行うことが出来る。また、上記で説明した以外のパターンで黒を検出した場合、異常とみなして停止するようになっている。

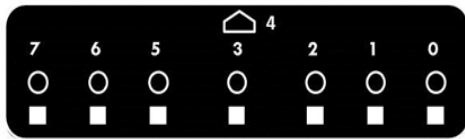


Fig.2 Optical sensor

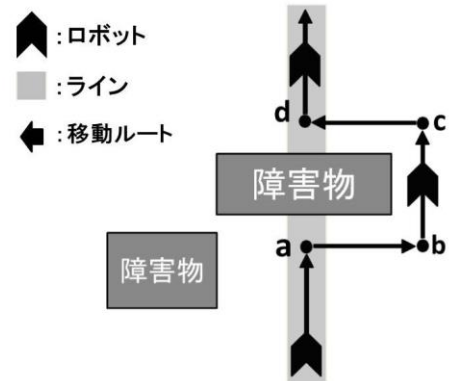
4. 障害物の回避動作

ロボットの回避動作を Fig.3 に示す。ライントレース中のロボットは正面センサで前方の障害物を検知したら停止する。次に左右のセンサで左右の障害物との距離を測定する。測定を終えたら左右の測定距離を比較して測定距離が長い方を旋回方向とする。なお、左右どちらにも障害物がない場合は右を旋回方向とする。

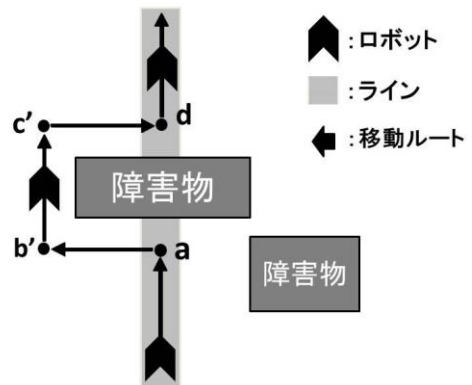
ここで例えば左側に障害物があった場合、右センサの距離が長いと判断し右旋回の回避プログラムに移行する。回避動作は Fig.3 (a) に示す。まず a 地点で右に 90° 旋回し正面センサで前方に障害物がないかを確認し無ければ左センサが障害物を検知しなくなるまで直進する。b 地点まで進むと左に 90° 旋回して前方の障害物確認を行う。障害物が無ければ直進し左センサが障害物を検知しなくなるまで直進する。c 地点で停止した後、左に 90° 旋回して光センサが黒いラインを検出するまで直進させる。この時 3 番の光センサが黒の判定を一定回数繰り返したときのみラインを検出したと判断し停止する。これにより床のゴミや汚れなどによる誤検出を防ぐことができる。ここで実際にラインを検出した後停止命令が出されて停止するまでにタイムラグがありこれが角度の誤差となってしまう正常なライン復帰が困難となる。その為、d 地点で右に 90° 旋回した後光センサの状態に応じて左右に旋回させ角度のズレを修正する。以上の動作が終わると再びライントレースに戻る。なお、今回は障害物が正面と左側にあった場合について説明したが障害物が正面と右側にあった場合は a 地点で Fig.3 (b) に示す左旋回のプログラムに移行し右旋回とは逆の回避動作を行う。以上より左右前方の障害物に応じた回避動作を行い走行ラインに復帰することができる。

本研究では左右の旋回時に正確に 90° 旋回ができていないことが確認できた。これは旋回時のモーター制御を時間で設定したため、その誤差が影響したと考えられる。またロボットの発進や停止などの動作が急であることが分かった。これは速度制御を設けることで

解決出来ると思われる。この他に旋回前の判断に要する時間が長いことや回避動作終了後の走行ラインの復帰の安定性が無いことも分かった。これらに関しては新たなシステムを検討することで改善できるのではないかと考えられる。



(a) 正面と左側に障害物がある場合(右旋回)



(b) 正面と右側に障害物がある場合(左旋回)

Fig.3 Avoidance behavior of the obstacles

5. まとめと今後の課題

本研究ではロボットの左側へ超音波センサを設置し、全体的なハードの安定化、調整を行った。また 3 つの超音波センサを用いた障害物の回避プログラムを作成し左右どちらにも障害物を回避できることを確認した。今後は複数の障害物や複雑な障害物回避の最適なアルゴリズムを検討し回避プログラムを作成する。同時に PWM 制御を用いたロボットの速度制御や障害物回避後の安定したライン復帰、基本動作及び回避動作に関するシステムを再度検討し構築を目指す。

参考文献

[1] 谷口慶治, 上田正紘, 石川和彦:「実践 センサ工学」, 共立出版株式会社, pp.68-72, (2008)
 [2] 今野金頭:「マイコン技術教科書 H8 編」, CQ 出版社 (2007)