

赤外線センサ情報と地図情報を用いた知能ロボットの自律移動の手法

Autonomous Control for an Intelligent Robot with Map Data and Infrared Sensor Information

渡邊 友介[†]

Yusuke Watanabe

吉村 枝里子[‡]

Eriko Yoshimura

土屋 誠司[‡]

Seiji Tsuchiya

渡部 広一[‡]

Hirokazu Watabe

1. はじめに

産業革命以後、人間の労働力をサポートするロボットが開発されており、現在では必要不可欠となっている。最近では、非製造分野で活躍する土木用や清掃用のロボットが開発されており実用化もされてきている。しかし、これらのロボットは限られた環境や特定の仕事しか行えない。しかし今後求められているロボットは日常生活の中で人のパートナーとして共存するロボットである。人のパートナーとして共存するためには室内を移動する自律移動能力が必要不可欠になってくる。人のパートナーとして家庭内などの室内で移動する場合、GPS の使用は難しく、天井や床にセンサを設置したり、様々なセンサを搭載したりするためにはコストの面で課題がある。また地図情報を与える場合も室内の環境は日常生活において多様に変化するため、正確な地図情報を与えることは難しい。

そこで本稿では室内での自律移動を実現するために赤外線センサとあらかじめユーザから与えられる大まかな地図情報を用いた自律移動の制御手法を提案する。

2. 研究環境

本稿では、実験環境としてロボットのコミュニケーション研究のプラットフォームである Robovie-R ver.2 (以後、Robovie と呼ぶ) を用いて実験、検証を行う。

Robovie は、人の動作を実現するために全部で 17 自由度を備えている。本研究ではこのうち左右の車輪の 2 自由度を使用する。また Robovie には赤外線センサ (製品名は GP2Y0D02Yk0F, 測定範囲は 200mm から 1500mm, 胸部に 6 方向足元 24 方向) が搭載されている。

3. 提案手法

まずユーザが定義した地図情報を読み込む。そしてスタート地点から目的地を直線で結び、その直線上に障害物がなければ直線上を進み、直線上に障害物がある場合には障害物を迂回したときの移動経路を求めて、移動経路上を進むという流れになる。障害物回避を行う際には赤外線センサを用いて障害物からの距離を一定距離に保ちながら障害物回避を行う。移動経路の求め方は後述する。本研究では限定条件として障害物はスタート地点と目的地を結んだ直線上にあるとした。

3.1. 地図情報

地図情報はビットマップ形式の画像ファイルで作成し、大きさは幅 500pixel, 高さ 200 pixel である。スタート地点と目的地はユーザが任意に与える。図 1 に地図情報の例を示す。線で囲まれている部分が障害物である。実際の地図情報にはスタート地点と目的地は表示されていないが、図 1 ではわかりやすくするためスタート地点を S、

目的地を G として示す。ここで与えた地図情報は大きさや距離を厳密に測ったものではない。これは Robovie を日常生活で動かすことを考慮し、日常生活では生活環境が日々変化し、障害物の位置や大きさが事前に把握していた場所とは異なる可能性があるため、正確な地図ではなく大まかに記す。ただし、実際の障害物の大きさは日常生活で用いる机や椅子程度の大きさ、障害物と障害物との間隔は Robovie が余裕を持って行動することが出来るように、幅の 2 倍程度の広さとする。

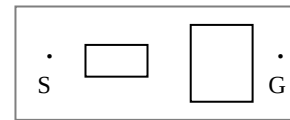


図 1 地図情報の例

3.2 移動経路

まずスタート地点を原点とし、原点から目的地を通過する直線を x 軸とする xy 座標系に変換する。次に回転移動を行う点を求める。本研究では回転移動を行う点を回転点と呼ぶ。ユーザが与えた地図情報からハフ変換により直線と曲線を抽出し、直線の交点の座標を求める。これらの交点とスタート地点が回転点となる。ただしハフ変換から抽出した障害物の形が円形などの曲線だけの場合には交点を求めることはできない。したがって、まず曲線の障害物から x 軸の負の方向に x 座標が一番近い回転点を求める。この点を P とする。 P が先ほど求めた直線の交点である場合、交点から曲線の障害物に対して接線を 2 本引くことが出来る。交点の y 座標が正の場合、2 本の接点のうち y 座標が大きい接点へ接線を結ぶ。交点の y 座標が負であれば 2 本の接点のうち y 座標が小さい接点へ引いた接線を選ぶ。 P が交点ではなく、スタート地点である場合は 2 本の接線を曲線の障害物に対して引く。次に曲線の障害物から x 軸の正の方向に対して一番近い回転点を求め、この点を Q とする。 Q から曲線の障害物に対して接線を引く。 P と Q から引いた 2 本の接線を結んだ直線を移動経路とする。この 2 本の接線の交点が曲線の障害物の回転点となる。この様子を図 2、図 3 に示す。黒丸で示した 2 本の点線の交点が曲線の障害物の回転点である。

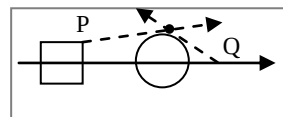


図 2 回転点の例①

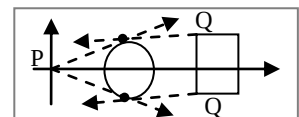


図 3 回転点の例②

そしてスタート地点から x 座標が小さい順に目的地まで順番に回転点を直線でつなぐ。このとき回転点の y 座標が正となる点は正となる点同士、負となる点は負となる点同士、目的地まで直線でつなぐ。結んだ直線の長さを比較し短い方を移動経路とする。

[†] 同志社大学理工学研究科

Graduate School of Science and Engineering, Doshisha University

[‡] 同志社大学理工学部

Faculty of Science and Engineering, Doshisha University

例として移動経路を求めたものを図 4 に示す。点線の矢印の始点がスタート地点、終点が目的地である。回転点を黒丸で示す。

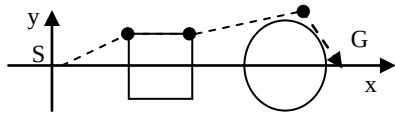


図 4 移動経路の例

3.3. 移動方法

初期状態では Robovie は目的地の方向に向いている。そして 3.2 節で求めた移動経路上を回転移動や障害物に平行して移動を行いながら進む。ただし Robovie の幅などにより 3.2 節で求めた移動経路上をそのまま進むことが出来ない。障害物に並行して移動する場合や目の前に障害物がある場合は赤外線センサにより取得した距離情報を 300mm から 500mm の間を保ちながら移動を行う。

3.2 節で求めた回転移動を行う回転点と移動経路から回転移動前と回転移動後の直線を求めることができる。その角度を求めることにより次の回転点への回転角度が求まる。ただしスタート地点は x 軸とのなす角度を求める。また Robovie の足元には 24 方向に 15 度間隔で赤外線センサが搭載されており、この赤外線センサを用いて回転移動を行う。15 度間隔で回転角度の制御を行うため、求めた回転角度に対して 15 度間隔の中で一番近い角度で回転移動を行う。

3.4. 誤差の修正

3.3 節で回転角度求めたが、Robovie には求めた回転角度だけ正確に回転する機能はない。したがって回転移動を行う際に求めた回転角度と実際の回転角度が異なり、移動経路上から大きく外れてしまう場合がある。誤差が発生した場合の例を図 5 に示す。太線が移動経路、点線が誤って進んだ道筋である。

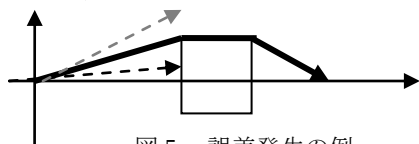


図 5 誤差発生例

まず本研究では赤外線センサ情報から物体との距離が 500mm 以内になれば、その方向に障害物があると判断する。図 5 の黒色の点線の経路には赤外線センサ情報から障害物が前方にある。このとき回転角度が足りず障害物が真正面に来たと判断し、進行方向に対して左に回転することで正しい移動経路上に戻ることができる。灰色の点線の経路は回転角度が大きすぎた場合に起こる誤差である。回転角度が大きすぎた場合、赤外線センサ情報から進行方向から右側 90 度の間に障害物があることが分かるため右に回転することで移動経路上に戻ることができる。回転角度について述べる。進行方向の赤外線センサは Robovie の真正面にあるため、物体との距離情報が 500mm 以内となる赤外線センサの中で真正面にある赤外線センサが一番近いセンサの角度が回転角度となる。例えば赤外線センサは 15 度間隔に搭載されているため、距離情報が 500mm 以内と取得した赤外線センサが真正面のセンサから 3 個隣のセンサの場合は 45 度回転する。この例では移動経路の y 座標が正の場合の誤差の修正方法だが、y

座標が負の場合には正の場合と逆方向に回転移動を行う。

4. 実験

4.1. 実験方法

地図を 2 種類用意し(図 6, 7)、地図情報と赤外線センサ情報を用いての走行実験をそれぞれの地図に対して 30 回ずつ行った。障害物は 3 つ定義した。なお図 7 は下の直線部分が壁である。

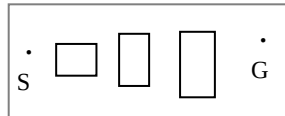


図 6 与えた地図情報①

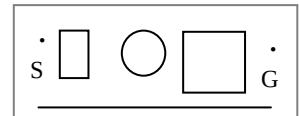


図 7 与えた地図情報②

4.2. 実験結果

評価方法として提案手法を用いてスタート地点から目的地に進んだとき途中でロボットが障害物に接触した場合や目的地へ到達しなかった場合を失敗とし、目的地まで到達ができた場合を成功とした。結果を表 2 に示す。

表 2 提案手法による走行結果

	成功	障害物に接触	目的地に到達しない
地図情報①	26回	4回	0回
地図情報②	23回	3回	4回

4.3. 考察

30 回中それぞれ成功が①が 26 回、②が 23 回となった。障害物には①が 4 回、②が 3 回接触した。これは赤外線センサ情報の取得の誤りや、Robovie には車輪の回転数から走行距離を制御するものがないため進みすぎてしまい真正面の障害物などに接触したことが原因である。

また②の時に目的地に到達しない失敗が 4 回となった。これは曲線を含む障害物に対して接線を求めたが、障害物に向かって回転移動を行う際に回転角度が大きくなりすぎてしまい、赤外線センサの測定範囲内から障害物が外れてしまったため目的地にたどり着くことができなかったことが原因である。また曲線を含む障害物の場合には赤外線センサ情報がうまく取得できず目的地にたどり着くことができなかった場合もあった。

5. おわりに

本稿では赤外線センサ情報と大まかな地図情報を用いることで、実際の環境の障害物の大きさや、距離が曖昧な場合でも障害物に衝突せず進行する手法を提案した。本稿では地図情報と赤外線センサを用いたが、これだけでは赤外線センサが反応しない障害物に対応することは難しい。また車輪を制御する機能がないことも問題である。今後、地図情報や赤外線センサだけではなくジャイロセンサなどを組み合わせることによって、より正確な自律移動を実現することができると考えられる。

謝辞

本研究の一部は、科学研究費補助金(若手研究(B) 24700215)の補助を受けて行った。

参考文献

- [1] 広岡力, 渡部広一, 河岡司 “知能ロボットにおける常識的自律走行方式” 情報処理学会第 63 回全国大会講演論文集(2), 5P-5, PP125-126(2001).