

背景差分法による移動障害物の移動方向を考慮したロボットの回避手法

Method of Avoiding Moving Obstacle Considering the Direction of Movement by Robot using Substraction Method

蔭木俊昭† 土屋誠司‡ 渡部広一‡
Toshiaki Kageki Seiji Tsuchiya Hirokazu Watabe

1. はじめに

現在、ロボットは人間の労働をサポートするものとして存在し、社会的・経済的に必要不可欠となっている。また、その多くは産業用ロボットとして普及しており、これらは限られた環境で特定の仕事をを行うために使用されている。しかし近年、様々な場所で自律的に行動できる人間のパートナーとなるロボットが注目されており、今後は周囲の状況や環境に捉われず、ユーザの要求に従って自律的に行動することのできる知能ロボットの実現が必要と考えられる。

人間は自らの意志で周囲の状況や環境に対応している。ロボットが人間と共に生活するためには、ロボット自身も様々な障害物を回避する必要がある。そのため、ロボットが人間のパートナーになるためには、静止している物体や移動する物体を含めた障害物に対応させ、目的地まで自律的に移動することが必要であると考えられる。

本研究では、移動障害物の移動方向を考慮したロボットの回避行動システムの提案を目指す。ステレオカメラと距離センサを併用することで、障害物を正確に認識でき、ロボットが自律的に行動することができると考えられる。

2. 開発環境

2.1. 使用するロボット

本研究では、日常活動型ロボットである Robovie-R Ver.3^[1](以下、Robovie-R3)を使用する。

2.2. ステレオカメラ

Robovie-R3 には 2 つのカメラが搭載されていてステレオカメラとなっている。本研究では片方のカメラのみを使用し、目的地の抽出や障害物の特徴抽出に使用する。

2.3. 距離センサ

URG-04LX-UG01^[2]を使用する。Robovie-R3 の足元に搭載されており、レーザで周囲をスキャンしながら物体までの距離を測定することができる。本センサは障害物の検出やロボットの移動可能領域の抽出に使用する。

3. 提案手法

3.1. 概要

ステレオカメラと距離センサを用いて周囲の状況を判断し、ロボットが目的地まで進みつつ障害物検出を行いながら移動するシステムとなっている。ゴール物体がロボットの 1m 以内に検出されたら目的地到着とする。障害物を検出すると、固定障害物または移動障害物のどちらであるかを判定する障害物判定を行う。障害物判定において移動障害物と判定した場合、移動障害物が通り過ぎるまで待機、もしくは回避行動を行う。固定障害物と判定した場合、移動可能領域の抽出を行い、ロボットは回避移動を行う。その後再びゴール物体抽出と移動の処理に戻り、これらを繰り返すことで目的地まで向かう。本システムの全体フローを図 1 に示す。

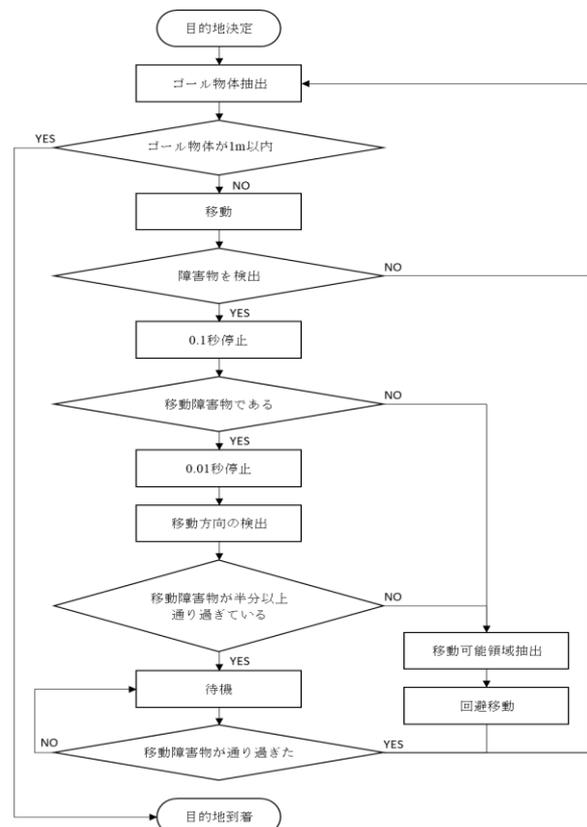


図1 提案システムの流れ

3.2. ゴール物体抽出・移動

カメラを利用して取得した画像から目的地となるゴール物体を抽出する。そして、抽出された部分の重心点を求め、その重心点が画像を縦方向に3等分した中央部に常に位置するように移動する。中央部にある場合はロボットを前進させ、中央部に存在しない場合は中央部に重心がくるように左右回転させ、中央部に存在してから前進させる。

3.3. 障害物検出

距離センサは、ロボットの周囲の物体までの距離を取得することができる。例えば、図2のようにロボット前方に物体を2つ配置すると、距離センサによって同図のように取得する。ロボット前方正方形 1m² (図3) に物体を検出した場合、障害物の候補とする。

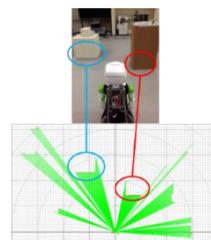


図2 距離センサ取得結果

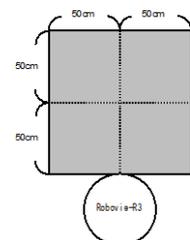


図3 障害物候補領域

† 同志社大学大学院理工学研究科

Graduate School of Science and Engineering, Doshisha University

‡ 同志社大学理工学部

Faculty of Science and Engineering, Doshisha University

3.4. 移動可能領域抽出

距離センサで取得した距離データの取得結果から移動可能領域を抽出する。図 4 に移動可能領域とする範囲を示す。

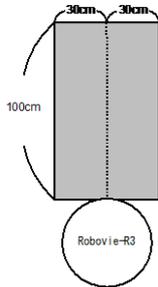


図 4 移動可能判定領域

3.5. 障害物判定

障害物候補領域内に距離センサにより障害物を検出した場合、ロボットは一度停止し、障害物判定を行う。障害物判定には、障害物を検出した際にカメラで取得される画像と、その 0.1 秒後にカメラにより取得される画像を利用する。本研究では、背景差分という方法を用いて移動障害物と固定障害物の判定を行う。まず、2 枚目の画像における各画素の RGB 値から 1 枚目の画像における各画素の RGB 値を引く。自然環境において RGB の輝度に誤差が生じるので、ある程度を許すために閾値を設定する。2 枚の画像の画素における RGB 値の差がすべて閾値より小さければその画素は変わっていないことを意味する。また、以前述べた閾値を設定してもすべての画素が自然環境では閾値以下になるとは限らないため、ある程度の数であれば許す、閾値を実験的に設定する。閾値より値が小さい場合は固定障害物、大きい場合は移動障害物として判定する。

3.6. 移動方向の検出

さらに 0.01 秒停止をし、画像を取得する。その画像と障害物判定のために取得した 0.1 秒停止後の画像を用いて背景差分画像を作成する。この背景差分画像と障害物判定のために作成した背景差分画像を用いて各画像の色付き部分の重心を求め、2 つの重心の値を比べる。移動方向の検出のために作成した背景差分画像の値の方が障害物判定のために取得した背景差分画像より大きければ右方向に移動と判定をし、小さければ左方向に移動と判定をする。

3.7. 障害物回避

移動障害物回避方法は、先行研究のように障害物が通り過ぎるまで待機、もしくは回避の 2 つの方法がある。もし障害物がロボットの真正面より通り過ぎた位置にあれば移動障害物が通り過ぎるまで待機をし、通り過ぎてない位置にあれば回避をする。回避方向は前節で求めた移動方向を利用して判別し、移動方向が右であれば左に、移動方向が左であれば右に回避をする。

移動可能領域内に障害物が存在するかを判定し、存在しない場合は前進をする。存在する場合は、回避しやすい方にする。回避をする際には、障害物が移動可能領域に現れなくなるまでロボットを回避する方向へ回転をする。その後障害物を通過するまで前進する。

3.8. 前提条件

本研究で用いる移動障害物の高さはステレオカメラに映るものとし、速度はシステムを実行する Robovie-R3 と同じ速度とする。また、移動障害物はロボットの前方から出現し、横方向に停止せず移動し続け、自律移動しているロボットに衝突しないように移動するものとする障害物の判定の際には、検知した障害物の周囲で移動している物はないとする。

4. 評価

4.1. 評価方法

固定障害物 1 個のみ場合、移動障害物 1 個のみ場合、固定障害物 1 個と移動障害物 1 個の場合の実験を各 20 回ずつ行い、計 60 回実験を行う。目的地に到着すれば成功、到着しなければ失敗とし、精度を求める。また、移動障害物を認識した際に移動方向の判定の精度も求める。移動障害物が固定障害物として判定された場合、移動方向判定ができないためそのデータは移動方向判定の評価には入れない。

4.2. 評価結果

目的地到着評価を表 1 に、本研究の移動方向判定評価を表 2 に示す。

表 1 目的地到着の評価結果

| 実験環境 | 成功 | 障害物判定は正しいが | 失敗 |
|---------------------|-----|------------|-----|
| | | 失敗 | |
| 固定障害物 1 個 | 85% | 5% | 10% |
| 移動障害物 1 個 | 85% | 10% | 5% |
| 固定障害物 1 個・移動障害物 1 個 | 70% | 25% | 5% |

表 2 移動方向判定の評価結果

| 実験環境 | 成功 | 失敗 |
|---------------------|-----|-----|
| 移動障害物 1 個 | 95% | 5% |
| 固定障害物 1 個・移動障害物 1 個 | 90% | 10% |

5. 考察

固定障害物 1 個のみ場合の失敗としては、目が微妙に動いたため移動障害物として認識したり、回避行動が終了しなかったりしたためである。移動障害物 1 個のみ場合の 3 つの失敗の内の 1 つは回避行動をするときに移動障害物の左右判定に誤りが出た際に衝突が起きるからである。また、距離センサにより移動障害物が検出されるがカメラに映る場所には存在しないため、背景が変わらず固定障害物として判定をし、目的地到着が失敗したこともある。もう 1 つの失敗は移動障害物が近すぎて回避がうまくいかないことである。移動障害物 1 個と固定障害物 1 個の場合、固定障害物回避後に移動障害物を回避する際にゴール物体を見失うための失敗が大半である。

6. おわりに

本研究では、移動障害物の移動方向を考慮した自律移動ロボットのシステム構築を行った。本研究では移動障害物において的前提条件が多く、現段階では実生活で活用するには難しいと考えられる。画像認識によりゴール物体を確実に抽出できるようになるとゴール物体以外の同系色の物体に反応しなくなるため、より良いシステムになると考えられる。また、ロボットが動きを止めずに障害物回避が可能なシステムが必要である。

謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費 16K00311 の助成を受けて行ったものです。

参考文献

- [1] “Robovie-R3 (ロボビー アールスリー) | ヴェイストーン株式会社”, http://www.vstone.co.jp/products/robovie_r3/, 2019/06/10.
- [2] “スキヤナ式レンジセンサ(測域センサ) URG-04LX-UG01 | センサ | 商品情報 | 北陽電機株式会社”, http://www.hokuy-o-aut.co.jp/02sensor/07scanner/urg_04lx_ug01.html, 2019/06/10.