

自動走行車両における物体識別とそれに基づく制御 —追従走行と停止, 障害物回避の自動切換—

2013SE182 佐藤大泰

指導教員: 大石泰章

1 はじめに

近年, 自動車の自動運転技術はめざましい進歩を遂げており, 自動運転車両の実現に期待が高まっている. 自動運転の実現によって事故を防止し, 安全性を高めることが求められている. 安全性においてもっとも重要なことは, 物あるいは人にぶつからないということである. 例えば, 先頭の自動車を運転手が運転し, 後続の自動運転車が追従を行う隊列走行では, 後続の自動運転車が直前の車両に衝突することがあってはならない.

本研究では, マイクロコンピュータ Arduino とカメラ PixyCMUcam-5 を自動走行車両である ZumoRobot に搭載した PixyPetRobot を用いて安全性に関する3つの課題の解決を行う. 1つ目は自動走行車両である ZumoRobot に赤のカラーボールを載せて自動車と見立て, それを前方に走らせて追従を行う. 2つ目は緑のカラーボールを歩行者に見立て, それを認識したら止まるということを行う. 3つ目は ZumoRobot にオレンジのカラーボールを載せたものを路上駐車している自動車と見立て, それを認識したら回避する動作を行う.

2 使用した実験機

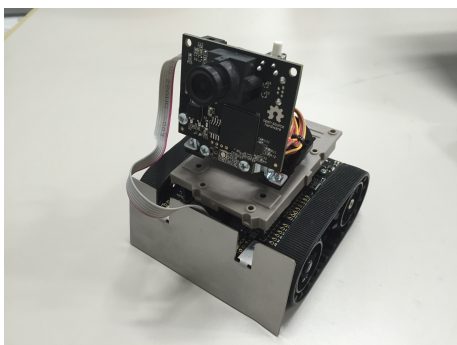


図1 PixyPetRobot

本研究で使用する自動走行車両を図1に示す. これは文献[1]のPololu社製造のZumoRobotに, 文献[2]のAdafruit社製造のPixyCMUcam-5とArduinoを搭載したものである. ZumoRobotとは, 左右にモータを搭載し, キャタピラを回転させることで走行する車両模型である. PixyCMUcam-5とは, 赤や緑, オレンジなどの色を認識することのできるデジタルカメラである. PixyCMUcam-5は左右180度に動くことができ, 物体を追いかけてカメラの中心にとらえ続けることができる. マイクロコンピュータ Arduino とは, プログラミングを行うことができる基盤

である[3].

3 実現する動作

本研究では, 自動走行車両において, 前方を走行している赤のカラーボールを載せた車両を認識したら追従して, 緑のカラーボールを認識したら止まり, オレンジのカラーボールを認識したら回避し, 何も認識していないときは, そのまままっすぐ進むという動作を実現する. また, 複数のカラーボールを認識しているときは, 認識している大きさが大きい方が距離が近いと解釈して, 大きく見えている色の動作を優先して行う. この動作を実現することによって, ぶつからずに安全に走行することができる. 認識したカラーボールの状態とそれぞれに対する動作を表1に示す. オレンジのボールを認識したときの回避動作をいかに実現するかについては4章で述べる. 赤のボールを認識したときの追従動作をいかに実現するかについては5章で述べる.

表1 認識した状態とそれぞれに対する動作

認識した状態	動作
赤のカラーボールのみ認識	追従
赤を含む2つまたは3つのカラーボールを認識しているが赤のカラーボールを最も大きく認識している	追従
緑のカラーボールのみ認識	止まる
緑を含む2つまたは3つのカラーボールを認識しているが緑のカラーボールを最も大きく認識している	止まる
オレンジのカラーボールのみ認識	回避
オレンジを含む2つまたは3つのカラーボールを認識しているがオレンジのカラーボールを最も大きく認識されている	回避
何も認識していない	直進

4 障害物回避

オレンジのカラーボールを載せた前方車両の回避は次のように行う. この前方車両は路上駐車している自動車と見立てているため, 回避してその右側を走行する. オレンジのカラーボールに一定程度近づいたら, まず左のモータを回転させて右向きに45度旋回し, 少し前進させて, 次に右のモータを回転させてもとの進行方向に向きを戻して前進し, 前方車両を追い越してからもとの軌道に戻る.

5 追従制御

赤のカラーボールを載せた先行車を追従するために2つの制御を行う。1つ目は車間距離制御、2つ目はステアリング制御である。

5.1 車間距離制御

比例制御を用いて赤のカラーボールとの距離を一定に保つ制御を行う。カメラにおいて、赤のカラーボールが見えている面積の目標値を r_1 、現在見えている面積を $s_1(t)$ 、ゲインを K_1 、車両の速度を $v(t)$ として次式で表現する：

$$v(t) = K_1(r_1 - s_1(t)). \quad (1)$$

本研究では、目標値 r_1 の値を 15000、ゲイン K_1 の値を 0.03 とする。目標値 $r_1=15000$ に対応する赤のカラーボールと PixyPetRobot の距離は 7cm である。

5.2 ステアリング制御

比例制御を用いて進行方向を調整するステアリング制御を行う。カメラは赤のボールの方向を向くようになっているので、カメラの角度 $s_2(t)$ はボールの方向を表す。ただし角度は車両の正面方向を基準として測る。カメラの角度として望ましい値を r_2 とし、ゲインを K_2 、ステアリングに用いる左右のモータの速度差を $c(t)$ として次式で表現する：

$$c(t) = K_2(r_2 - s_2(t)). \quad (2)$$

本研究では、目標値 r_2 の値を 0、ゲイン K_2 の値を 0.5 とする。

車間制御の入力とステアリング制御の入力を加えたものを左右のモータに入力する。左のモータに与える角速度 ω_1 は、次のように定める：

$$\omega_1(t) = v(t) + c(t). \quad (3)$$

右のモータに与える角速度 ω_2 は、次のように定める：

$$\omega_2(t) = v(t) - c(t). \quad (4)$$

本研究では、左右のモータに与える角速度の最大値を 200rad/s、最小値を 0rad/s とする。(3)、(4) 式の左辺がこの範囲に入らないときは打ち切って 200rad/s または 0rad/s とする。

6 実験結果

以上を自動走行車両に実装し、実験を行う。以下に実験結果のグラフ図 2、図 3 を示す。

図 2 のグラフにおいて 0 秒から 6 秒過ぎまでの間は、赤のカラーボールを認識していない。しかし、図 3 のグラフの左右のモータの値は 2 秒過ぎまで 100rad/s を表している。これはカラーボールを何も認識していないということである。そこから 6 秒過ぎまでは、右のモータはほとんど 200rad/s で左のモータは 200rad/s と 0rad/s を繰り返す

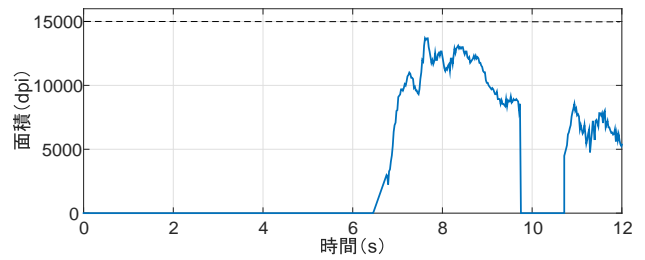


図 2 認識している赤のカラーボールの面積

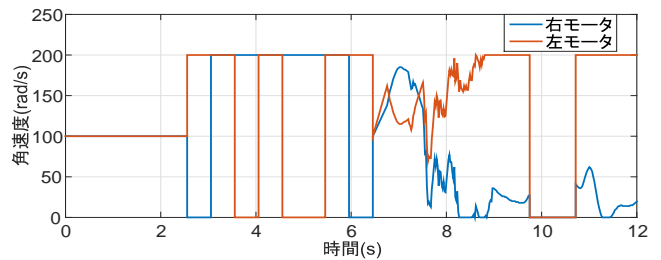


図 3 左右のモータの角速度

ている。これはオレンジのカラーボールを認識して回避していることを表している。そして 6 秒過ぎから 10 秒手前までは、目標値 r_1 の 15000 を観測面積が下回っているため、車間距離を一定に保つために追従していることがわかる。そして 10 秒の手前から 11 秒の手前までは、赤のカラーボールを認識しておらず、左右のモータの角速度も 0rad/s となっている。これは、緑のカラーボールを認識しているため車両が停止していることがわかる。そしてその後、再び赤のカラーボールを認識したため目標値 r_1 に近づくためにモータの角速度が速くなっていることがわかる。

7 おわりに

本研究では、自動走行車両 PixyPetRobot を使って、カラーボールの色を識別してその色によって異なる動作をするプログラムを作成した。赤を認識したら追従、緑を認識したら止まる、オレンジを認識したら回避ということを行った。特に追従のために、比例制御を用いて車間距離制御、ステアリング制御を行った。

参考文献

- [1] Zumo Robot for Arduino (Assembled with 75:1 HP Motors)
<https://www.pololu.com/product/2506>
- [2] Overview and Materials
<https://learn.adafruit.com/pixy-pet-robot-color-vision-follower-using-pixycam/overview>
- [3] Massimo Banzi, Michael Shiloh(船田巧 訳) : 『Arduino をはじめよう 第 3 版』。オライリー・ジャパン、東京、2015