

車両型ロボットによるボールの自動回収の実現

2015SC043 河合大樹

指導教員：大石泰章

1 はじめに

近年、自動運転システムの研究や技術開発が進められている。自動運転を行うためには、人間が行っている認知、判断、運転操作といった行動を人間の代わりに機械が行う必要がある。したがって、カメラを使い周囲の環境を読み取り、その情報をもとにコンピュータが行動決定することは自動運転を行うために本質的に重要である。

本研究では、マイクロコンピュータ Arduino を用いた車両型ロボットにカメラを搭載したものを使用し、自動でボールを回収させることにより、自動運転の基本である認知、判断、移動を実現する。具体的には、車両型ロボットに搭載したカメラでボールを認識し、その位置まで移動した後、ボールを回収してスタート位置に戻ることを行わせる。

2 使用した実験機

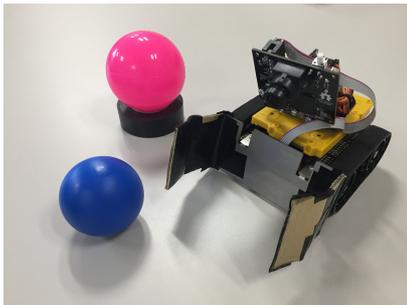


図1 使用した実験機

本研究で使用した実験機を図1に示す。これは車両型ロボット Zumo である。Zumo は左右に取り付けられたモータによりキャタピラを回転させ走行することができる。これにカメラ PixyCMUcam5 とマイクロコンピュータ Arduino を搭載したものを使用する。PixyCMUcam5 は色を認識し記憶させることのできるカメラである。カメラには最大7色の色を記憶させることができ、記憶させた色の物体の位置やサイズを測ることができる [1]。Arduino は LED やモータを制御することができるマイコンボードであり、開発環境である Arduino IDE によりプログラムを書き込むことができる [2, 3]。これらに加えて、ボールを運びやすくするために実験機の前方には段ボールの囲いを取り付けてある。

3 実行する動作

この章では、実行する動作とそれを行うための手順を述べる。図2は動作前後の車両型ロボットとボールの位置関係を表したものである。車両型ロボットによって回収する

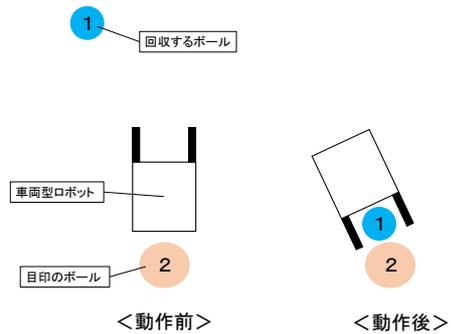


図2 動作前後の車両型ロボットとボールの位置

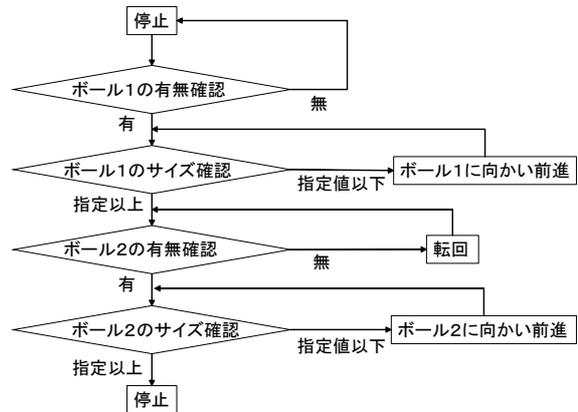


図3 動作のフローチャート

ボールをボール1、スタート位置に目印として置くボールをボール2とする。動作前はカメラで見える範囲にボール1を置き、車両型ロボットの真後ろにボール2を置く。その後ロボットをボール1に向かって前進させる。ボールに向かって前進させる方法については後述する。ボール1に十分近づいてボール1が囲いの中に収まったら、ボール2がカメラで見えるようになるまで車体を転回させる。その後、ボール2に向かって前進させる。そして、ボール2の目前まで移動したらロボットを停止させ動作を終了する。

図3はこの動作を行うためのフローチャートである。まずボール1の有無を確認する。ボール1を認知できなければ停止したままであり、認知できたら次の動作に移る。このときボール1がカメラ画像上のどの位置にあるかを記憶させておく。次はボール1のカメラ画像上のサイズを確認する。画像上のサイズはPixyカメラによって測ることができるので、あらかじめボール1が車両型ロボットの目前にある時の画像上のサイズを測り指定しておく。画像上のボール1のサイズが指定サイズ以下ならボール1に向かって前進を行い、指定サイズ以上ならボールに十分近づいたと判断して転回を行う。このとき転回を行う方向は最初に

記憶させておいたボール1の位置によって決定する。記憶させたボール1の位置がカメラ画像の中心より左であれば左転回させる方が早くボールを見つけられるはずなので左転回をさせ、右であれば同様の理由により右転回を行わせる。その後ボール2の有無を確認する。ボール2を認知できなければ転回を続け、認知できたらボール2に向かって前進をさせる。ボール1と同様に指定サイズを決めておき、ボール2の目前まで移動したら停止させ動作を終了する。以上の動作を行うことにより、ボールを回収してスタート位置に戻ってくる動作を実現する。

4 モータ制御

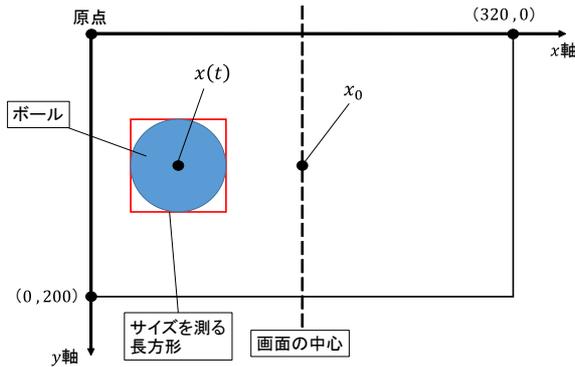


図4 Pixyカメラの画像

ボールのある方向へロボットを走らせるためのモータ制御の方法を説明する。Pixyカメラでは画像上に図4のように設定された座標像に関してボールの中心の座標を測ることができる。画面の左上を原点として、 x 軸は右向きに、 y 軸は下向きにとられている。ボールの中心の x 座標により、車両型ロボットの左右のモータの回転速度を変化させ、ボールが画面の中心に見えるように制御する。具体的には、左右のモータに与える回転速度の差 $b(t)$ を次の式で定める：

$$b(t) = K(x(t) - x_0). \quad (1)$$

K は比例定数、 x_0 は画面の中心の x 座標、 $x(t)$ はボールの x 座標を表している。 $b(t)$ の値を用いて、右のモータに与える値 $u_r(t)$ と左のモータに与える値 $u_l(t)$ を次のように定める：

$$u_r(t) = a - b(t), \quad (2)$$

$$u_l(t) = a + b(t). \quad (3)$$

a はあらかじめ定めておいた正の定数である。モータに大きい値を加えるほどこれに取り付けられた車輪は早く回転するので、 $b(t) = 0$ のとき車両型ロボットは前進し、 $b(t) > 0$ のときは右折、 $b(t) < 0$ のときは左折をする。

また、Pixyカメラは図4のように画像上でボールを長方形でとらえることができる。そのサイズを求めることによりボールとの距離が分かるため、ボールの目前まで近づいたら、モータの入力を0にし、停止することができる。

5 実験結果

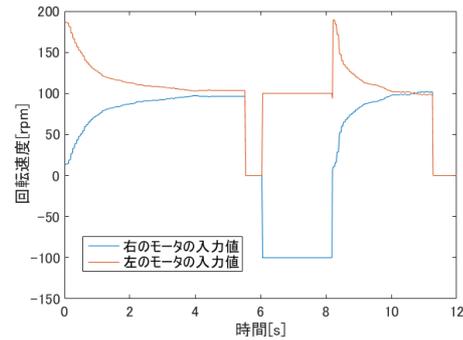


図5 実験結果

3章で示した動作を初期時刻におけるボールの位置が車両型ロボットの正面から右に30度、距離が50cm離れた状態で行った。図5は実験の結果を示しており、カメラがボールを発見してからの左右のモータの入力値の変化を表したものである。モータの初期回転速度の入力値は左が大きく、右が小さくなっている。そして、時間が経つにつれ左右の入力値の差は縮まり100[rpm]に近い値で落ち着いている。これにより、右方向に進行方向を変えながら、回収するボールに向かい前進していることが分かる。その後5.6[s]から6.0[s]にかけて左右のモータの入力値が0[rpm]になり、6.0[s]から8.2[s]にかけて左のモータの入力値が100[rpm]、右のモータの入力値が-100[rpm]になっている。これはボールの目前まで移動し停止した後、右転回をしている状態である。8.2[s]を過ぎると左のモータの入力値が上がった後、左右のモータの入力値は100[rpm]に近い値で落ち着いている。そして、11.3[s]地点からは左右のモータの入力値が0[rpm]になっている。これは目標のボールまで移動し停止している状態である。この実験結果により、ボールを回収する動作に成功したことが分かる。

6 おわりに

本研究では車両型ロボットにカメラで認知できる範囲内にあるボールを回収させる動作に成功した。しかし、カメラの根元にボールがあるとき確認することができないため、ボールの取りこぼしに反応できない。取りこぼしたボールを取りに行くことが今後の課題として挙げられる。

参考文献

- [1] Zumo with PixyCam ジャンプスタートガイド：
<https://physical-computing-lab.net/learn/zumo-with-pixycam-ジャンプスタートガイド.html>
- [2] 鈴木美郎志：『Arduinoでロボット工作をたのしもう！』、第2版。秀和システム、東京、2017。
- [3] 平原真：『実践Arduino！—電子工作でアイデアを形にしよう—』、第1版。オーム社、東京、2017。