

カメラ情報を用いた RCcar の追従制御

2014sc066 沢田龍

指導教員：坂本登

1 はじめに

近年、自動車の自動運転の技術の進歩はめざましい。自動運転技術の発展、実現により最適な走行が行われることで渋滞の緩和や交通事故の削減への期待が高まっており、安全性の高い自動車の実現は運転手の負担や不安の軽減にも役立つであろう。ビジュアルフィードバックとは、カメラなどの視覚センサーをフィードバック内部に閉ループで組み込んだものであり、視覚情報を利用して制御できる点から安全性を高める自動運転の技術の一つとして注目を集めている。本研究では、カメラとして PixyCMUcam5 イメージセンサー、車両として zumorobot、マイクロコンピュータは Arduino を使いサーボモータ、車両の制御器設計を行い、それらの実験、考察を行うことで多彩なビジュアルサーボを実現し自動運転技術の向上への貢献を目指し、その基礎研究として目標物体をカメラで認識して、視覚情報を用いて目標物体に追従していく車両の設計を目標とする。

2 使用した実機

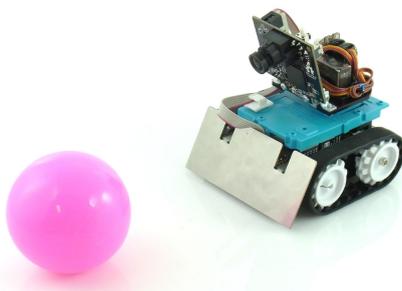


図1 PixyPetRobot

本研究では、図1に示した自動走行車両を用いて実験を行う。これは Pololu 社製造の ZumoRobot に、Adafruit 社製造の PixyCMUcam-5 と Arduino を搭載したものである。ZumoRobot とは、左右にモーターを搭載し、キャタピラを回転させることによって走行する車両模型である。PixyCMUcam-5 とは、赤、オレンジなど7色を認識することのできるデジタルカメラである。また、カメラに取り付けるサーボモータは左右180度、上下150度に動くことができ、物体を追いかけて常にカメラ座標平面上の中心にとらえ続けることができる。

3 画像追従車のシステム構成

サーボモータの画像追従制御、車両の左右の車輪の速度制御を用いて画像追従車を作成した。

作成した画像追従車のシステム構成図を図2に示す。

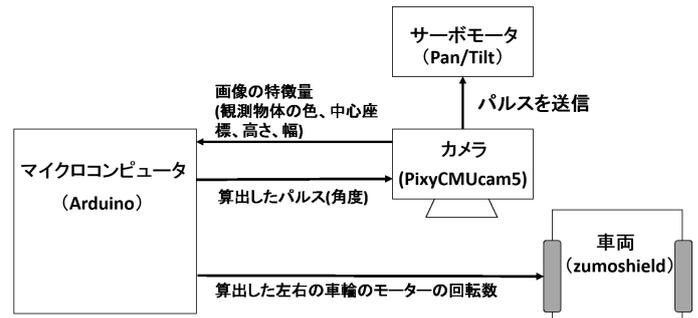


図2 システム構成図

4 サーボモータでの画像追従制御

PixyCMUcam-5 では目標となる対象物を認識後、目標物の画像座標平面上の中心と画像座標平面との中心との偏差を基に目標対象物が画像中心に来るように pan/tilt のサーボモータの角度を計算し制御を行う。この動作制御を PID 制御を用いて行った。

5 車両の速度制御

5.1 制御対象のモデル

完成した画像追従車をモデル化すると図3のようになる。また、各パラメータは表1のようになる。

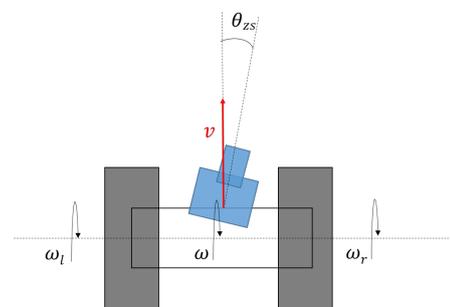


図3 画像追従車モデル

表1 パラメータ

速度	V
角速度	ω
目標速度	V_D
車輪間の間隔	T_{SR}
車輪の半径	R_W
左の車輪の角速度	ω_L
右の車輪の角速度	ω_R
車両中心とサーボモータの角度の差	θ_{zs}
画像座標面上の観測物体の面積	S
観測物体の目標面積	S_D

5.2 画像追従車の左右の車輪の角速度の算出

速度のゲインを K_{PV} , 角速度のゲインを $K_{P\omega}$ としたとき, 速度 V と角速度 ω は,

$$V = V_D + K_{PV} * (S_D - S)$$

$$\omega = K_{P\omega} * \theta_{zs}$$

と表すことができる。($K_{PV} = 1, K_{P\omega} = 1$ とする。)
また, V, ω は,

$$\begin{pmatrix} V \\ \omega \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{1}{2}R_W(\omega_L + \omega_R) \\ \frac{1}{T_{SR}}R_W(\omega_L - \omega_R) \end{pmatrix}$$

となる。上式より, ω_L, ω_R を計算すると

$$\begin{pmatrix} \omega_L \\ \omega_R \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{1}{R_W} & \frac{T_{SR}}{2R_W} \\ \frac{1}{R_W} & -\frac{T_{SR}}{2R_W} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V \\ \omega \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{1}{R_W}V + \frac{T_{SR}}{2R_W}\omega \\ \frac{1}{R_W}V - \frac{T_{SR}}{2R_W}\omega \end{pmatrix}$$

5.3 認識した色によって速度制御

認識した色によって速度を変える制御を行う。プログラム上で車輪の回転数に制限を与える関数 *constrain* を用いて, 車両の最大速度最小速度の制御を行った。本研究では, 緑を認識したときモーターを上限 $300(rpm)$, 下限 $200(rpm)$ で回し, 赤を認識したときモーターを上限 $100(rpm)$, 下限 $100(rpm)$ で回しており, その他の色を認識もしくは何も色を認識していないときは旋回して対象色を探すプログラムを実装している。

6 ボール追従実験

上記のサーボモータ制御, 車両制御を実装したプログラムを用いて zumoshield に前進, 後退を速度を変えながら行うプログラムを実装し, 目標の色をもつボールを上に乗せた車両を 10 秒間追従する実験を行った。また, 比較の対象としてサーボモータの画像追従制御を P 制御で行うプログラムでも同様の実験を行った。実験評価方法として, PID 制御, P 制御のそれぞれで実験を 5 回行い, サーボモータの水平 (*pan*) 方向における観測物体の画像座標平面上的座標 x と目標位置 (水平方向における画像中心 $X_c=159$) について過渡応答がなくなった後の偏差の 2 乗の累積値の比較を行う。それぞれ 5 回行った実験のうちの 1 回の図を図 4, 図 5 に示す。また, PID 制御と P 制御それぞれの偏差の 2 乗の累積値を表にまとめたものを表 2 に示す。

表 2 観測物体の位置と目標位置との偏差の二乗の累積値

	5 回の実験の平均	比率 (%)
PID 制御	37.856	31.51
P 制御	82.278	68.49

表 2 の偏差の二乗の累積値の平均は PID 制御で 37.856, P 制御で 82.278 となる。この値を割合にすると PID 制御

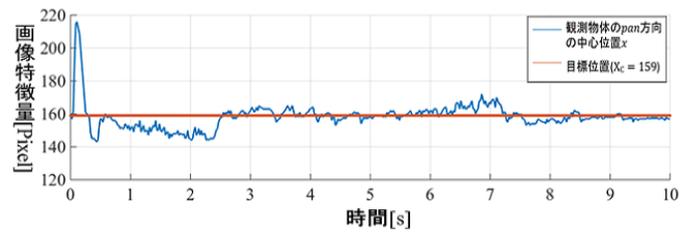


図 4 PID 制御を用いた車両追従技術

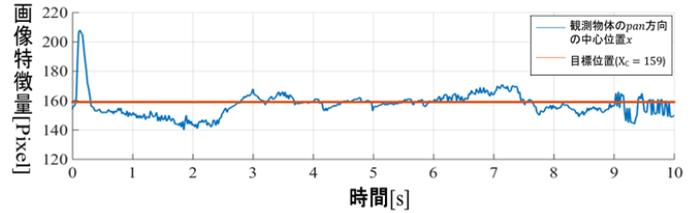


図 5 P 制御を用いた車両追従グラフ

は P 制御よりも 34.0 %減少しており, これは過渡応答がおわった後, PID 制御の方が安定して追従を行うことができていたことを示す。

7 おわりに

本研究では, PID 制御を用いた pan/tilt のサーボモータの制御を通して, 定常偏差がなくなり振動の少ない制御性能の高い画像追従を実現した。また, 車両については P 制御を用いて zumoshield を制御することで物体を追従し, 物体が画像座標平面上において目標の大きさになったとき一時停止を行う制御を行った。また, 認識した色によって速度を制御するプログラムを実装することによって, 色によって速度を変えながら追従を行うことを可能とした。また, 問題点と車両の速度制御におけるゲインチューニングができていないため, ゲインチューニングを行うことでより誤差の少ない追従の実現が期待できる。

参考文献

- [1] 出口 光一郎:『ロボットビジョンの基礎』コロナ社, 東京, 2000.
- [2] 佐藤 大泰 (指導教員: 大石 泰章):『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-』, 南山大学理工学部 2016 年度卒業論文
- [3] 渡邊 亮二 (指導教員: 高見 勲):『LEGO MIND-STORMS を用いた PID 制御によるビジュアルフィードバック制御』南山大学理工学部 2015 年度卒業論文