

画像処理による模型自動車の自動車庫入れ

2013SE036 平田大海

指導教員：大石泰章

1 はじめに

自動車の自動運転システムは、人間が運転するときに行う認知・判断・操作をすべて機械が行うシステムであり、日々研究が進められている。例として、自動駐車システムなどが挙げられる。周辺の車両や駐車スペースの障害物、施設との距離を測りながらの駐車は難しい作業であり、操作を誤れば衝突する危険もある。したがって、車両に搭載されているカメラやセンサを用いて駐車区間を検出し、目標駐車位置までの軌跡を演算して駐車を支援する技術が必要である。

本研究では、マイクロコンピュータ「Arduino」を用いた模型自動車を使用し、カメラを用いた画像処理による自動駐車システムの実現のために2つの課題を解決する。1つ目の課題は駐車位置の検出、2つ目の課題は速度制御である。駐車位置の検出に関してはカメラに取り付けられたサーボモータを駆動しカメラによる検知範囲を変化させることで駐車位置の対象物を発見する。速度制御に関しては、カメラからの出力に基づき2つのモータに与える出力を変化させることで模型自動車の速度を変化させ課題の解決を行う。

2 使用した模型自動車

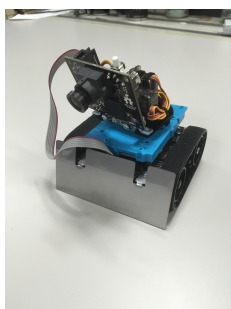


図1 使用した模型自動車

使用した模型自動車を図1に示す。この模型自動車はPololu社のZumo Robot for Arduinoとadafruit社のPixy CMUcam5 sensorを組み合わせたものである[1][2]。制御部にはマイクロコンピュータ「Arduino」を用い、その他の部品として、DCブラシモータ、フォトリフレクタアレイ、3軸加速度センサ、3軸デジタルジャイロセンサ、を使用している。Arduinoとは、スイッチやセンサの値を読み込んだり、LEDやモータを制御したり、ソフトウェアとハードウェアの全ての仕様が公開されている小型のコンピュータ基盤である。模型自動車は左右のモータを回転させることで車両を動かすことができる。また、カメラとPCを接続し、PixyMonというソフトウェアによって対象

を色により識別することができる。

3 車庫入れの考え方

本研究では、カメラのセンサが色を識別できることを利用して、黄色と赤色のものを対象物とし、2つの色を同時に認識した場合赤色のものを優先するように設定する。駐車枠に黄色のテープを張ることで模型自動車に駐車枠の位置を識別させる。これを対象物1と呼ぶ。また、駐車目標位置を検出するために赤いボールを駐車枠の進入経路先に置く。これを対象物2と呼ぶ。模型自動車と駐車枠の位置関係の例を図2に示す。模型自動車は、対象物を認識するまで停止し、カメラに取り付けられているサーボモータが対象物の方向を向くようにプログラムを実装する。図2のように模型自動車は初めに認識した対象物1に向かって走行し、模型自動車が駐車枠に近づくことでカメラの検知範囲内に対象物2を捉える。赤色の対象物を優先して認識するため、模型自動車は対象物2に向かって走行するので駐車枠に進入することができると考えられる。また、駐車枠に進入するにつれて対象物2との距離が近づくので対象物の見える大きさが大きくなり、一定の大きさに達したら停止することで駐車枠内で停車できるようなプログラムを実装する。

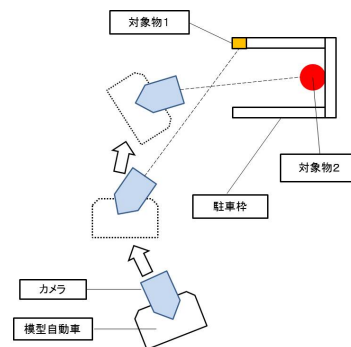


図2 模型自動車の駐車軌道とカメラの軌道

4 車庫入れの方法

4.1 対象物の取得

対象物1を発見できていないとき、模型自動車は停止させる。また、カメラに付随しているサーボモータに入力する値を徐々に変化させ、カメラによる検知範囲を変化させる。これによって、対象物1を発見したら次節の手続きに移る。

4.2 カメラによる対象物の追従

対象物1を発見できているとき、模型自動車は対象物1に向けてステアリング制御を用いて走行する。カメラのサーボモータは時々刻々と変化する対象物の相対位置にあ

わせて回転し、カメラの検知範囲の中心に対象物を捉え続ける。模型自動車が駐車枠に近づくことでカメラの検知範囲内に対象物 2 を捉える位置関係になったとき次節の手続きに移る。

4.3 模型自動車の駐車軌道

カメラが対象物 1 と対象物 2 をカメラの検知範囲内に同時に認識した場合、カメラは対象物 2 を優先して捉える。左右のモータに比例制御とステアリング制御を行うことで模型自動車は対象物 2 に向かって向きを変え、対象物 2 に充分近づいてから停止する。カメラは対象物を捉えているとき、カメラに映る対象物の面積を常に計算し、目標面積との差を求めて比例制御を行う：

$$\omega = K_0(S_0 - S). \quad (1)$$

ただし、 ω [rad/s] はモータの角速度、ゲイン K_0 の値を 0.03、目標面積を $S_0 = 17000$ 、現在の対象物の面積を S とする。比例制御を用いることで、対象物と模型自動車との距離が遠いほど左右のモータに与える角速度の値は高くなり、模型自動車と対象物が近いほど左右のモータに与える角速度の値は低くなる。また、ステアリング制御にも比例制御を使う。カメラが正面を向いているときのカメラの角度を P_0 、現在のカメラ角度を P 、ゲイン K_1 の値を 0.33 として次式を定めた：

$$e = K_1(P_0 - P). \quad (2)$$

カメラが正面の向きから離れたら模型自動車が旋回するように、左のモータに入力する角速度の値を ω_l 、右のモータに入力する角速度の値を ω_r として、次のように定める：

$$\omega_l = \omega + e, \quad (3)$$

$$\omega_r = \omega - e. \quad (4)$$

式 (2) より、カメラが右を向いている場合 e は正の値をとり、左を向いている場合 e は負の値をとることから、式 (3)、(4) よりカメラが右を向いている場合には ω_l の値が高くなり右に旋回する。同様にカメラが左を向いているときは、 ω_r の値が高くなり左に旋回する。

5 実験結果

模型自動車に実装したプログラムを実行した結果が図 3 の連続写真である。模型自動車は、初期位置から図 3(a)、(b) のように対象物 1 を認識することで駐車枠の位置を検知し、近づく。駐車枠に近づき対象物 2 を捉えたら、図 3(c)、(d) のように模型自動車は、対象物 2 に向かって進行方向と速度を制御し、対象物 2 の手前で停止し駐車完了となった。

実験を行ったところ、期待した通り様々な角度から始めても駐車することが可能であり、駐車枠に触れることもなかった。しかし、模型自動車の初期位置が対象物 1 を認識できないような位置である場合や、駐車枠付近において対

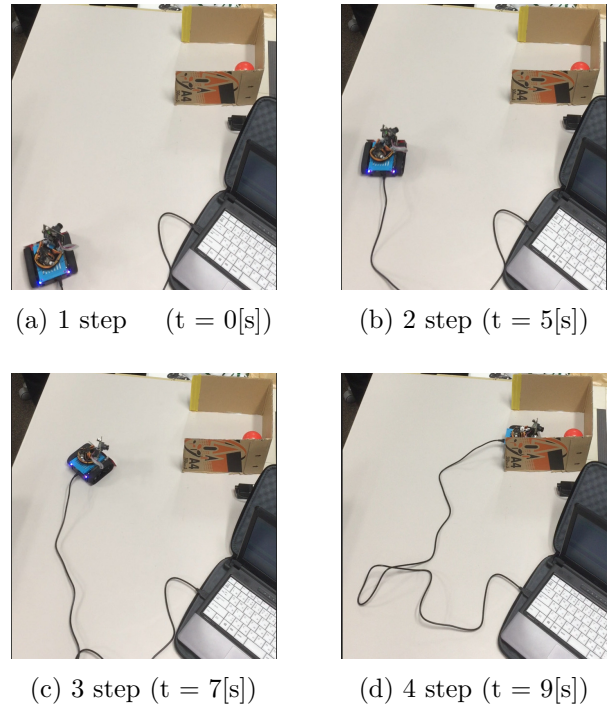


図 3 模型自動車の車庫入れの様子

象物 2 をカメラの検知範囲内に捉えられない場合には車庫入れができないこともある。

なお、本研究ではモータは乾電池から電源をとっているため乾電池の残量によりモータのトルクが変化し動作データとは異なる動きを行うことがあった。しかし、そのような状態においても最終的には駐車枠に到達することができた。

6 おわりに

本研究では、模型自動車による自動車庫入れを行った。駐車位置の判別では、対象物の未発見時と発見時でカメラの動作を変えた。車庫入れでは、2つの比例制御を用いてモータに入力する角速度を左右で変化させることによって、模型自動車が対象物に向かって進むよう制御した。今後の課題としては、駐車枠内における駐車位置の精度を上げる制御を実装することや、繰り返し運動を取り入れることなどが挙げられる。

参考文献

- [1] Zumo Robot for Arduino
<https://www.pololu.com/category/169/zumo-robot-for-arduino>
 2016年9月アクセス
- [2] Pixy Pet Robot - Color Vision follower :
<https://learn.adafruit.com/pixy-pet-robot-color-vision-follower-using-pixycam/overview>
 2016年9月アクセス