

車両型ロボットの色の識別に基づく自動走行

2019SC047 小田純矢

指導教員：大石泰章

1 はじめに

近年日本では、労働者不足が問題となっている。特に工場や配送センターでの人手不足は深刻である。その解決方法として用いられているものの一つが AGV (Automatic Guided Vehicle: 無人搬送車) である。現在普及している AGV の多くは磁気テープなどのガイドライン上を走行するものであり、決まった区間を走行することしかできない。すなわち運ぶべきものの種類が増えたりした際に簡単に目的地やルートを変更することができないため、一台で様々な変化に柔軟に対応することができない [1][2]。

そこで本研究では、カメラを持つ車両型ロボットを用意し、提示したカラーボールを識別することで、それに対応する目的地を選択することを実現するとともに、モーションキャプチャを用いることで、ガイドラインなしでの自動走行を実現する。

2 使用機材

2.1 システムの概要

まず今回用いるシステムの概要を図 1 に示す。

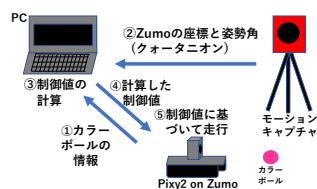


図 1: システム概要

今回の研究では、車両型ロボット Zumo、マイコンボード Arduino、カメラ Pixy2、モーションキャプチャ、PC、数値計算ソフト MATLAB を用いる。Zumo は本研究の制御対象として用いる。また PC、Arduino、モーションキャプチャはすべて有線で接続する。まず Pixy2 でカラーボールの色を読み取り、Arduino 上でその色に対応したカラーコードを得る。得たカラーコードを PC に送信し、それに対応した目的地の座標を MATLAB で得る。目的地の座標はあらかじめ登録しておくものとする。次にモーションキャプチャで Zumo の座標と姿勢角を測定する。その座標を PC に送信し、これと先に定めた目的地の座標を用いて MATLAB で制御値の計算を行う。そして計算された制御値を MATLAB から Arduino へ送信し、Arduino で Zumo の左右のモータへ制御値を入力することで目的地まで走行させる。ここからはそれぞれの機材について説明をする。

2.2 Zumo

制御の対象として Pololu 社の「Zumo」を用いる。これは各辺 10cm 以下の小型の車両型ロボットで、上部に装着したマイコンボードである Arduino Leonardo により左右のモータの速度を入力し、左右の車輪を回転させることで制御する。今回の実験では入力範囲を -80 から -50 、または 50 から 200 とした。負の入力では車輪は逆転し、正の入力では正転する。また、 -50 から 50 の範囲の入力は、Zumo の重さや床との摩擦で Zumo が動かないため使わない。

2.3 Pixy2

カラーボールの色を判別するために「Pixy2」というカメラを用いる。これは Zumo 上に搭載された Arduino に直接接続して使用する。様々な機能があるが、本研究では、事前に色を登録しておくことで、現在の画像の中にあるものの色を判別するという機能を使用する。登録できる色の種類は単色で最大 7 色である。

2.4 モーションキャプチャ

本研究では Zumo の位置と姿勢角を測定するためにアキュイティー社のモーションキャプチャシステム「OptiTrack」を用いる。今回用いた OptiTrack カメラは「Flex3」というものである。このモーションキャプチャシステムでは、3つのカメラを設置し、「Motive」という専用のソフトウェアを用いることで、そのカメラで囲まれた範囲内のマーカの位置を三次元座標として測定することができる。また、マーカが 3つ以上取り付けられた対象を一つの剛体として認識することができ、その重心の座標と姿勢角を測定することができる。今回制御対象とする Zumo は上下方向の移動はしないため、上下方向の座標は無視する。また姿勢角の中でもヨー角のみに着目する。

3 車両型ロボットの制御

3.1 問題設定

本研究ではスタート地点にある Zumo に 3種類のカラーボールのうちの 1つを任意に選んで示し、その色に応じて、3つある目的地のうちの対応するものまで走行させる。目的地に到達したら、5秒後に再出発し、スタート地点まで走行させることを考える。図 2 に用いるコース図を示す。スタート地点から 1m 離れた場所に、それぞれ 60° ずつ離れた 3か所を目的地として設定し、反時計回りにそれぞれオレンジ、ピンク、緑のカラーボールに対応するものとする。

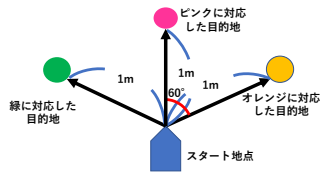


図 2: 用いるコース図

3.2 色識別の方法

色の識別は Pixy2 と Arduino によって行う。Pixy2 にあらかじめ内蔵されている「color_connected_components」というプログラムを用いることで、Pixy2 の画面内に存在するカラーボールの色を識別することができる。その際、識別した色に対応するカラーコードを得ることができる。これを MATLAB に送信すると、これに対応したコードを得ることができる。このコードをもとにあらかじめ登録された目的地の座標のうち正しいものを選択する。

3.3 目的地までの走行方法

目的地までの走行方法として、文献 [3] を参考にし、距離と角度の比例制御を組み合わせることを考えた。

目的地との距離と角度を求めるために、図 3 のような xz 平面を考える。

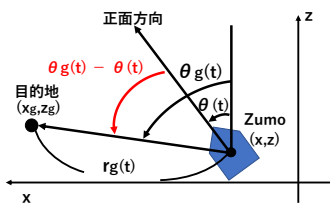


図 3: 設定した平面とパラメータ

目的地の座標を (x_g, z_g) とし、Zumo の時刻 t における座標を $(x(t), z(t))$ とする。目的地の座標はあらかじめモーションキャプチャを用いて計測しておく。またスタート地点の座標は Zumo が最初に置かれた位置の座標とする。Zumo の正面方向と z 軸正方向とのなす角 (ヨー角) を反時計回りを正として $\theta(t)$ とする。また Zumo から目的地までのベクトルを考え、そのベクトルの長さを $r_g(t)$ 、 z 軸正方向とのなす角を反時計回りを正として $\theta_g(t)$ とする。本研究では $\theta(t)$ を $-180^\circ < \theta(t) < 180^\circ$ の範囲で測定している。また今回の実験では、目的地との誤差は 0.05m まで許容している。

まず距離についての比例制御は測定した目標までの距離 $r_g(t)$ にゲイン k_r をかけることで行う。ここでゲイン k_r は試行錯誤に基づき 0.25 とした。これを左右のモータへの入力の基準として $v_r(t)$ と表し、以下の式のように定める：

$$v_r(t) = k_r r_g(t). \quad (1)$$

ただし右辺の値が 120 を上回る時は $v_r(t) = 120$ とする。

次に角度の比例制御について説明する。角度の比例制御

を行うことで Zumo の向きを目的地のほうへ向けることを考える。 $\theta_g(t)$ と $\theta(t)$ の差をとることで、現在 Zumo が向いている向きと目的地までの向きの角度の差を求めることができる。この差にゲイン k_θ をかけることでモータに入力する値 $v_\theta(t)$ を求める：

$$v_\theta(t) = k_\theta (\theta_g(t) - \theta(t)). \quad (2)$$

ただし右辺の値が 80 を上回るときは $v_\theta(t) = 80$ 、 -80 を下回るときは $v_\theta(t) = -80$ とする。また k_θ は試行錯誤に基づき 0.67 に設定した。

式 (1) と式 (2) を組み合わせて、左右のモータへの入力は以下のように設定した。ここで $v_R(t)$ は右のモータへの入力、 $v_L(t)$ は左のモータへの入力を表す：

$$\begin{aligned} v_R(t) &= v_r(t) + v_\theta(t), \\ v_L(t) &= v_r(t) - v_\theta(t). \end{aligned} \quad (3)$$

目的地からスタート地点まで戻るのは、ページ数の制限のため省略する。

3.4 実験結果

実験結果の例を以下の図 4 に示す。図 4 は緑色のカラーボールを識別したときに Zumo が走行した経路を上から見たものである。

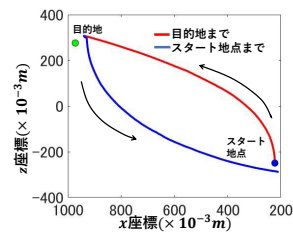


図 4: Zumo の走行経路

図 4 より、Zumo は目的地まで到達し、その後スタート地点まで戻っていることがわかる。

4 おわりに

今回の実験では色を識別し、これに対応した目的地に走行すること、また目的地に到達した後スタート地点まで戻ることができた。今後の課題として物を目的地に運ぶ機能の追加、制御方法の改善があげられる。

参考文献

- [1] AGV システム — 日本電産株式会社: <https://www.nidec.com/jp/technology/casestudy/agv/>
- [2] デンソーが工場の AGV の経路最適化 稼働率が 80% から 95% へ — 日経クロステック (xTECH): <https://xtech.nikkei.com/atcl/nxt/column/18/01755/00011/>
- [3] 加賀勇汰: 「モーションキャプチャを用いた小型車両の自動走行制御」。卒業論文, 南山大学理工学部, 名古屋, 2018.