

視覚フィードバックを用いた移動ロボットの制御

2016sc033 蟹江 俊吾

指導教員：中島 明

1 はじめに

自動車業界では、自動運転の自動車の開発が行われている。自動運転をするために必要な技術の一つとして前方の障害物検知がある。また、現在少子化等による深刻な人手不足となっている。本研究では、視覚情報として web カメラを使用し、また資格情報を元に距離の計測を行い、車体として TETRIX, コンピュータとして myRIO, 物体に接近し目的地まで物体を搬送し、ぶつからない車体の作成と自動運転に使われている技術の理解を目的としている。

2 使用した実験機

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。これは文献 [1] の米国の Pitsco Education 社製の TETRIX に文献 [2] の National Instruments 社製の myRIO と Logicool 社製の web カメラを搭載したものである。TETRIX とは、アルミ製フレームやギアなどの多数のパーツ、モーターなどを組み立てロボットを制作するものである。myRIO とは 3 つの I/O コネクタや Wi-Fi 機能、デュアルコア ARM リアルタイムプロセッサ、カスタマイズ可能な Xilinx FPGA を備えた組織開発デバイスである。

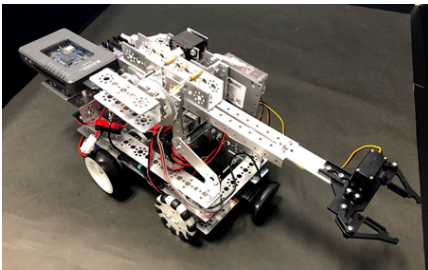


図 1 車体 (TETRIX と myRIO と web カメラ)

3 カメラの数式モデル

図 3 にカメラ、観測物、仮想的な画像平面の関係を示す。 Σ_c はカメラ座標を示し、焦点距離 f [m] である。 \tilde{u}, \tilde{v} [m] は仮想的な画像平面上での観測物体の半径であり、また、 x, y [m] はカメラ座標系の観測物体の半径、 z_b は物体までの距離である。図 3 より、これらの関係式は

$$\begin{bmatrix} \tilde{u} \\ \tilde{v} \end{bmatrix} = \frac{f}{z_b} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} \quad (1)$$

となる。仮想的な画像上の半径、 u, v [pixel] は、定数 α [m/pixel] を用いて、

$$\begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} = \frac{f/\alpha}{z_b} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} \quad (2)$$

と表すことができる。

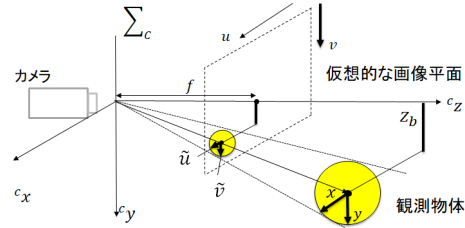


図 2 カメラの数式モデル

4 運動学, 力学モデル

ベース座標系から見た、車体の位置を $P = [p_x p_y]^T$ とする。車体の進行方向速度を v_c 、車体とベース座標の x 軸がなす角 ϕ とする。右車輪の回転角を θ_r 、左車輪の回転角を θ_l とする。

実際に計測し、 T_c は 17.5×10^{-3} [m], R_w は 3.5×10^{-3} [m]

表 1 パラメータ

車体の重量 [kg]	M
車輪の半径 [m]	R_w
車体の慣性モーメント [$kg \cdot m^2$]	J_c
車輪の慣性モーメント [$kg \cdot m^2$]	J_w
車輪間の間隔 [m]	T_c

を使用する。

4.1 関係式

車体の進行方向の速度 v 、車体の回転速度 ω_c 、 x 軸、 y 軸の速度ベクトル \dot{P}_c は以下のようになる。

$$v_c = \frac{1}{2}(R_w \dot{\theta}_r + R_w \dot{\theta}_l) \quad (3)$$

$$\omega_c = \frac{1}{T_c}(R_w \dot{\theta}_r - R_w \dot{\theta}_l) \quad (4)$$

$$\dot{P}_c = v_c \begin{bmatrix} \cos \theta \\ \sin \theta \end{bmatrix} \quad (5)$$

5 車輪の角速度の変換

車輪の半径を R_w [m]、車体間の距離を T_c [m]、ギア比を G 、モーターの最大角速度を $\theta_{m_{max}}$ として、パラメータを以下のように定義し、車体の速度、角速度から両車輪の角速度を求める式を考える。 $\theta_{m_{max}}$ は 150 [rad/s] を使用し、ギア比は使用しているギアの比率より 3 とする。

表 2 パラメータ

車体の速度 [m/s]	v
車体の角速度 [rad/s]	ω
右モータの角速度 [rad/s]	$\dot{\theta}_{m_r}$
左モータの角速度 [rad/s]	$\dot{\theta}_{m_l}$
右車輪の角速度 [rad/s]	$\dot{\theta}_r$
左車輪の角速度 [rad/s]	$\dot{\theta}_l$

A を以下のように定義する.

$$A = \begin{bmatrix} \frac{R_w}{T_c} & \frac{R_w}{T_c} \\ \frac{R_w}{T_c} & -\frac{R_w}{T_c} \end{bmatrix} \quad (6)$$

6 車輪の速度, 角速度と左右のモータの角速度の関係式

$$\begin{bmatrix} v \\ \omega \end{bmatrix} = A \begin{bmatrix} \dot{\theta}_r \\ \dot{\theta}_l \end{bmatrix} \quad (7)$$

より

$$\begin{bmatrix} \dot{\theta}_r \\ \dot{\theta}_l \end{bmatrix} = A^{-1} \begin{bmatrix} v \\ \omega \end{bmatrix} \quad (8)$$

7 左右の車輪の角速度と左右のモータの角速度の関係式

式 (8) より, ギア比を考慮し

$$\begin{bmatrix} \dot{\theta}_{m_r} \\ \dot{\theta}_{m_l} \end{bmatrix} = G \begin{bmatrix} \dot{\theta}_r \\ \dot{\theta}_l \end{bmatrix} \quad (9)$$

LabVIEW 側でモータに与える入力は使用上, 最小 - 100 で最大 100 を与えるので, モータの最大角速度 $\theta_{m_{max}}$ で割る.

よって

$$\begin{bmatrix} \dot{\theta}_{m_r} \\ \dot{\theta}_{m_l} \end{bmatrix} = \frac{G}{\theta_{m_{max}}} \times 100 \begin{bmatrix} \dot{\theta}_r \\ \dot{\theta}_l \end{bmatrix} \quad (10)$$

8 視覚フィードバック制御

8.1 実験内容

画像平面上の中心線から目標物の中心までの距離を $d_0[\text{pixel}]$, 画像平面上の原点から目標物の中心までの距離を $d[\text{pixel}]$ とする.

式 (7) ~ (10) を使い, モータに値を入れて TETRIS を動かしていたのを v, ω を指定することで, 左右輪のモータの出力を制御できるようにする.

$$\omega = -K(d - d_0) \quad (11)$$

K の値は実験を繰り返し行うことで値を決める. 実験の結果より, K は 0.01 とする.

8.2 実験結果, 考察

プログラムを実行すると旋回し, 目標物を発見すると, 画像平面上で中心に捉えることができ, 目標物に接近し, 把持することが出来た. しかし, 目標物に接近するにあたり目標物に陰影が目標物の形をかけさせてしまい, 上手く目標物の形を捉えることが出来ないこともあった.

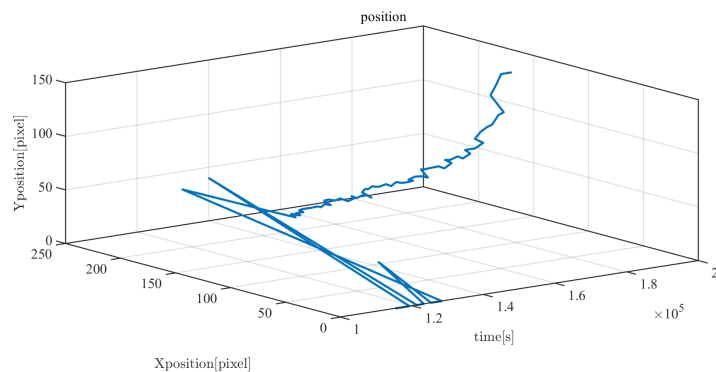


図 3 position

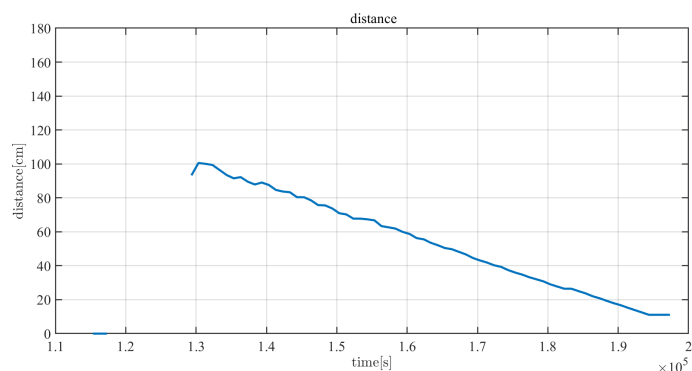


図 4 distance

実験場所の照明の具合であったり, 周辺の物の影等の影響を受けにくいように実験機の前頭に照明機器 (ライト等) などをつけて, 目標物に光を当て続けることで接近時の目標物の形が欠けてしまうことがなくなるのではないかと考える.

9 今後の課題

本研究で, 使用できなかった距離センサーを用いて, 今後は複数のセンサー等を使用して精度を上げたものを作成していきたい.

参考文献

- [1] 『PITSCO TETRIS MAX』. Pitsco Education 社, 米国.
- [2] 『LabVIEW で動かす myRIO × TETRIS ガイド ver.2』. 株式会社アフレル, 福井, 2018.
- [3] 『画像処理情報を用いた移動ロボットによる物体搬送に関する研究』. 2018 年度卒 伊藤 誠也 中島・坂本研究室