

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

2015SC033 伊藤誠也

指導教員：中島明

1 はじめに

物流業界での課題として、少子化等による深刻な人手不足や重量物搬送による労働災害のリスクが高いことなどが挙げられる。こうした課題を解決するために自動搬送ロボットが研究開発されている。本研究では、視覚情報として Web カメラ、車体として TETRIX、コンピューターとして myRIO を用いて、物体に接近し目的地までその物体を搬送することを目的としている。

2 使用した実機

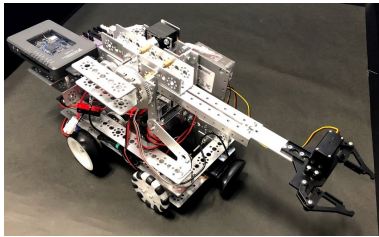


図1 車体 (TETRIX と myRIO と Web カメラ)

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を備えた組込開発デバイスである。

3 カメラの数式モデル

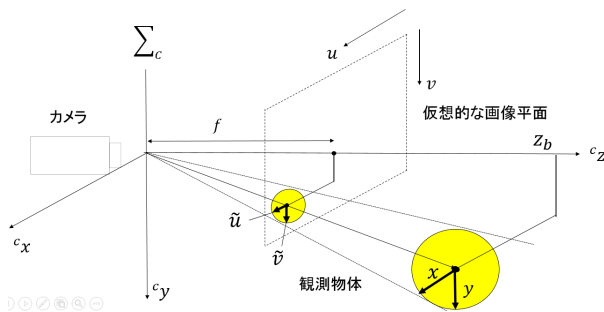


図2 カメラモデル

図2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2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。仮想的な画面上の半径 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。

4 画像処理

4.1 色の検出

本研究では、物体の色と形を検出し、物体の認識と区別を行う。色の検出方法として、HSV値の範囲を指定し、Webカメラから取得した画像内でHSV値を満たす領域と満たさない領域を二値化する方法をとっている。HSVとは、色を「色相 (Hue)」、「彩度 (Saturation)」、「明度 (Value, Brightness)」の三要素で表現する方式である。RGB(赤、緑、青による色の三原色を組み合わせる方式)ではなく、HSVを採用している理由は、実験時に、光によって物体に陰影ができるため、色の陰影を指定しやすい方式をとる必要があるからである。

4.2 パラメータ同定

式(2)の係数 f/α を最小二乗推定法を用いて導出する。測定方法として、Webカメラの前方にものさしを設置し、0.05[m] から 0.01[m] 間隔の位置に物体を置き、0.55[m] まで物体の半径を測定した。測定した画面平面上の物体の半径は誤差があり高速で変化するので、5[s] のデータから、5つの値を無作為に抽出し、その5つの値の平均をその距離の物体の半径とした。物体は半径 0.025[m] のゴルフボールを用いた。

4.2.1 最小二乗推定法

式(2)より

$$u = \frac{f/\alpha}{z_b} x \quad (3)$$

と表すことができる。今回推定するパラメータは f/α であり、実験より得られるデータは仮想的な画面平面上の半径 u [pixel]、ボールまでの距離 z_b [m]、物体の半径は x [m] である。パラメータ同定用のモデル式(4)に示す。

$$\frac{x}{z_b} \cdot \frac{f}{\alpha} = u \quad (4)$$

x/z_b を A , f/α を ψ , u を Z とすると, 上式は $A\psi = Z$ と表すことができ, $A\psi - Z$ が誤差である. 誤差には正負があるため二乗をとると, 評価関数 $V(\psi)$ は

$$V(\psi) = \frac{1}{2}(A\psi - Z)^T(A\psi - Z) \quad (5)$$

と表すことができる.

$V(\psi)$ はパラメータ ψ に依存する. $V(\psi)$ が最小となるパラメータ ψ を求めると

$$\psi = (A^T A)^{-1} A^T Z \quad (6)$$

となり, これを解くことにより最小の $V(\psi)$ が得られる. $(A^T A)^{-1} A^T$ は A の疑似逆行列である. この時, 誤差の二乗和が最小なので, 最適なパラメータ f/α が得られる.

4.3 推定結果

以下に, 係数 f/α の推定結果を図に示す.

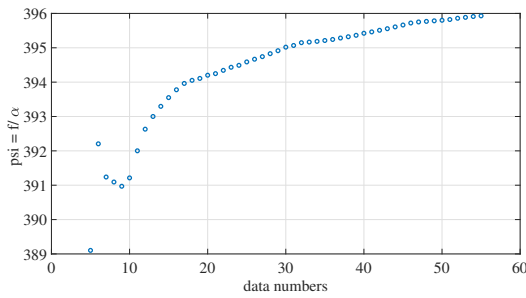


図3 f/α の収束

図3より, f/α は約 396[pixel] に収束していると言える.

4.4 物体へのアプローチ

Web カメラは固定されているので, 画像平面上の観測物体の中心座標 (x_c, y_c) とおく) の値のうち, 高さの y_c 座標は考慮せずに, x_c 座標のみ考慮し, 物体と一定距離に近づくまで, 物体が常に画像平面上の中心 (u_c とおく) になるようにモータに値を入力する.

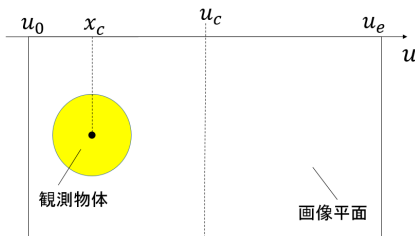


図4 画面上の物体

図4より, 画像平面の左端を u_0 , 右端を u_e とし, u_c に近い左側の値を u_1 , 右側の値を u_2 とする. また, 物体まで

の距離を z_b, z_b の比例ゲイン K_m , 物体中心 x_c と画像平面の中心 u_c からの偏差の比例ゲイン K_n とすると, 左モータに与える入力 L , 右モータに与える入力 R との関係式は以下のように表される.

(i) $u_0 \leq x_c < u_c$ の時,

$$R = K_m z_b + \frac{1}{K_n} \cdot |u_c - x_c| \quad (7)$$

$$L = K_m z_b \quad (8)$$

(ii) $u_c \leq x_c \leq u_e$ の時,

$$R = K_m z_b \quad (9)$$

$$L = K_m z_b + \frac{1}{K_n} \cdot |u_c - x_c| \quad (10)$$

5 実験

車体の Web カメラの上部にマーカーを載せ, そのマーカーを原点とし, x 軸方向に 0.95[m], y 軸方向に 1[m] の地点に目標物体を置いた. 車体と目標物体までの距離 0.11[m] まで近づいた時, 車体停止させ物体を掴むように走らせた. 以下に車体が動いた時の軌跡を示す.

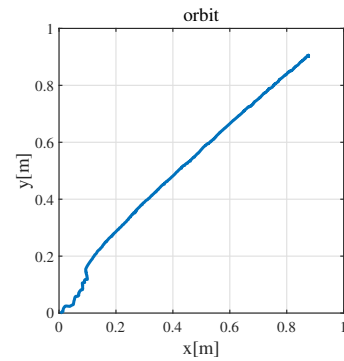


図5 車体の軌道

図5より, 目標値までの差が x 軸方向に 0.07[m], y 軸方向に 0.10[m] あり, 三平方の定理から Web カメラと目標物体との距離が約 0.122[m] となった. また, 設定した値と実験結果の目標物体までの距離の誤差は約 0.012[m] となった.

6 今後の課題

本研究では目標物体に指定した距離まで近づき, 物体を把持することまで行うことができた. 今後は, 把持した物体を目標地点まで運ぶ車体の作成を行いたい.

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.