

# カメラによる OpenCV を用いた 3 次元復元

年, 自動車などを中心に自動運転技術が発展してきている. それに伴い画像処理によって自身の位置を認識する技術の需要が高まっている. そこで, 今回は OpenCV (正式名称: Open Source Computer Vision Library) という画像や動画を処理することに適しているオープンソースのコンピューター・ビジョン・ライブラリを用いて自身の位置を特定する仕組みを作成することを目的とする.

## 目次

1	はじめに	1
2	3 次元復元	1
2.1	カメラの校正 . . . . .	2
2.2	Essential Matrix を求める . . . . .	3
2.3	回転行列・並進行列を求める . . . . .	3
2.4	三角測量 . . . . .	4
3	つくばチャレンジについて	5
4	終わりに	5
5	参考文献	5

## 1. はじめに

今回, つくばチャレンジに参加するためにロボットが自律走行を行う必要がある. そのため, 自身の位置を認識する手段としてカメラを用いることにした. まず, カメラである利点として, 安価である点, GPS が必要ない点, 周りの状況がわかる点などが挙げられる. 特に, 周りの状況がわかることで障害物を回避し, その場でマッピングするなど幅広く活用できる.

## 2. 3 次元復元

3 次元復元とは, 画像上の 2 次元座標から 3 次元座標を得ることである. これは, カメラの焦点距離と画像のセンター座標を含む内部パラメータ行列を使用して行う. また,  $M$  をカメラの内部パラメータ行列,  $[R \mid t]$  を並進・回転の同次変換行列としその関係式を下記に示す.

$$\begin{pmatrix} u \\ v \\ 1 \end{pmatrix} = M[R|t] \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \\ W \end{pmatrix} \quad (1)$$

実際の 3 次元座標は XYZ をそれぞれ W で割ることにより求まる.

3 次元復元の流れを下記に示す.

## 2.1. カメラの校正

### 2.1.1 カメラの校正

カメラの校正とはレンズによって生じる歪みやレンズの焦点距離などのパラメータを推定するものであり、OpenCV の校正アルゴリズムではピンホールカメラモデルを想定している。

### 2.1.2 ピンホールカメラモデル

ピンホールカメラとはピンホール（光学中心）を開けた箱の内側に外界の風景を上下左右反転して映えることを利用した初期のカメラである。そして、ピンホールを通る光線だけで投影面への結像をモデル化したのがピンホールカメラモデルであり、そのモデルを図 1 に示す。

図 1 よりピンホールを通過した光線は画像面の 1 点と交わり、そこで像を結ぶ。この像は元の画像を逆転させたものになるため画像面を光学中心より前に移すと良い。また画像面を移すことを透視投影と呼ぶ。

### 2.1.3 透視変換

カメラの結像に関する座標系を図 2、カメラと画像の座標系を図 3 に示す。

光学中心  $O_c$  から画像面までの距離（焦点距離）を  $f$  とすると、この座標系で  $(x, y, z)$  にある空間の点に対応する像は相似の関係  $(fx/z, fy/z, f)$  となる。画像面上の点  $(fx/z, fy/z)$  の透視変換は

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \frac{f}{z} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} \quad (2)$$

となる。つまり、カメラに対する相対的な位置によって、結像される位置が決まる。

## 2.2. Essential Matrix を求める

Essential Matrix とは 2 つのカメラを実空間で関連付ける、平行移動と回転に関する情報を含む行列である。また、Essential Matrix を下記に示す。

$$EssentialMatrix = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & t_1 \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & t_2 \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & t_3 \end{pmatrix} \quad (3)$$

OpenCV で Essential Matrix を求める際に利用されている手法は 8 点法 <sup>[1]</sup> もしくはその改良版の 5 点法である。カメラのパラメータが既知の場合, 5 点法を用いることで Essential Matrix を求めることができる。

### 2.3. 回転行列・並進行列を求める

回転行列  $R$  は  $3 \times 3$ , 並進行列  $t$  は  $3 \times 1$  の行列で表される. 式 3 より Essential Matrix は回転行列  $R$  と並進行列  $t$  を 1 つにまとめた  $4 \times 4$  の行列  $[R \mid t]$  で構成されていることが分かる. よって Essential Matrix を分解することにより, 回転行列  $R$  と並進行列  $t$  を求めることができる.

### 2.4. 三角測量

対応付けされた 2 点間の座標と並進, 回転を求めることで図 4 のように二次元座標を三次元復元することができる.

左画像の中心  $Q_L$ , 右画像の中心  $Q_R$ , 特徴点  $P$  をつなげることで三角形を作ると, 特徴点  $P$  の座標は式 4, 式 5, 式 6 のような関係が成り立つ.

$$x = \frac{d \cdot x_L}{X_L - X_R} \quad (4)$$

$$y = \frac{d \cdot y_L}{X_L - X_R} \quad (5)$$

$$z = \frac{d \cdot f}{X_L - X_R} \quad (6)$$

式 4, 式 5, 式 6 より, 特徴点  $P$  の三次元座標を得ることができる.

## 3. つくばチャレンジについて

つくばチャレンジでは, 自律走行を行うことを目標にしている. また, 自律走行を行うためにはロボットが自分の位置を認識する必要がある. そこで, 3 次元復元で得られた座標情報から周囲の地図を作成すると同時に現在の位置を過去の地図データと照らし合わせて認識することにした.

## 4. 終わりに

3次元復元を行い得られた座標情報は、対応付けられた点情報とカメラの内部パラメータが正確であれば正しいといえる。さらに、座標情報が正確であれば地図データや現在の位置も正確に求まる。また、カメラの内部パラメータは校正により求まる。よって、対応付けられた点情報の正確性を高めることが最も重要であると言える。

## 5. 参考文献

[1]Bradski,Kaehler:詳解 OpenCV,433, 株式会社オライリー・ジャパン (2012)

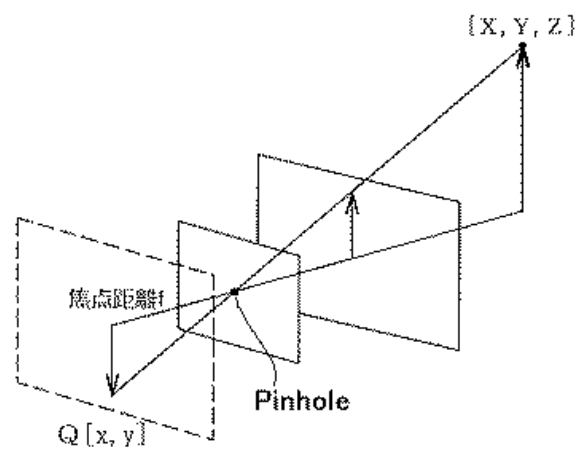


Fig. 1 ピンホールカメラモデル

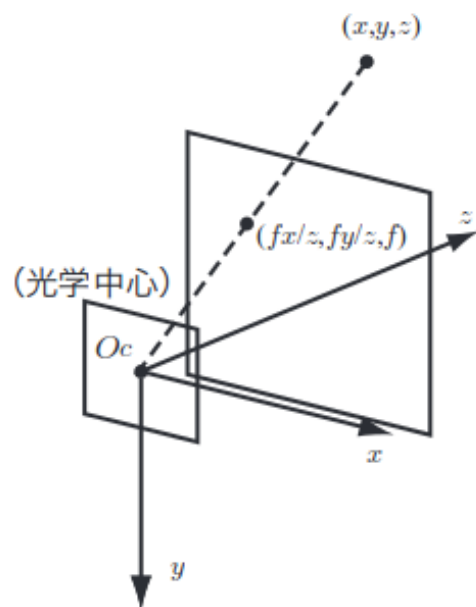


Fig. 2 カメラの結像に関する座標系

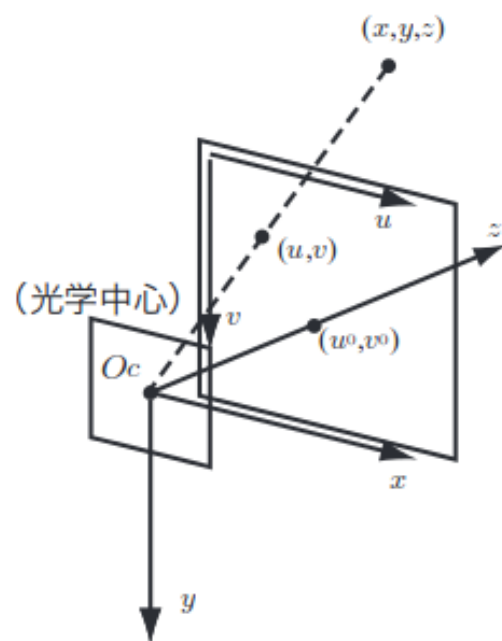


Fig. 3 カメラと画像の座標系

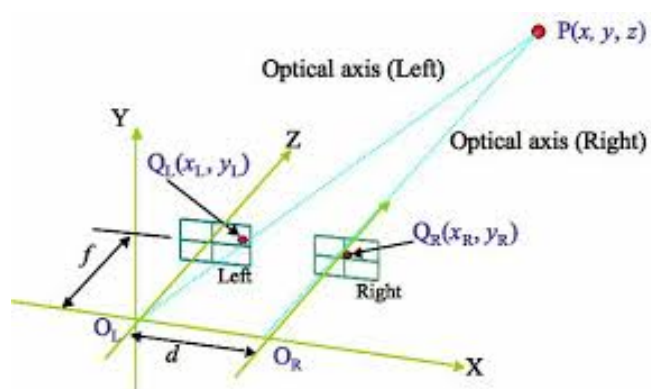


Fig. 4 三角測量