

# 熟練を要しないカメラ内部パラメータ推定法について

松下 拓郎† 高橋 章†† 石井 郁夫† 今井 博英†

†新潟大学大学院自然科学研究科 ††長岡工業高等専門学校

## 1 はじめに

コンピュータビジョンにおいて、2次元画像から3次元情報を精度良く抽出することは重要な問題である。実写画像からの3次元計測を行うためにはカメラキャリブレーションが必要である。キャリブレーションによりカメラパラメータが得られると、画像上の点や直線などを射影幾何学的に扱うことが可能となる[2]。

パラメータを推定する方法として、格子点からなる平行四辺形を入力とし勾配法を用いた方法[1]などがある。この方法は、光軸中心、焦点距離を初期値として、光軸中心を囲む平行四辺形の姿勢を用いている。しかしこの方法は、誤った方向の解に収束することがあるため、実用的なパラメータを得るには多くの試行が必要で熟練を要する。

本稿では、光軸中心、焦点距離を用いた光学的歪みを実用的な精度で推定する方法を提案すると共に、光学的歪みを手軽に推定するために遺伝的アルゴリズム(GA)を用いて推定手続きを自動化する。

## 2 カメラモデル

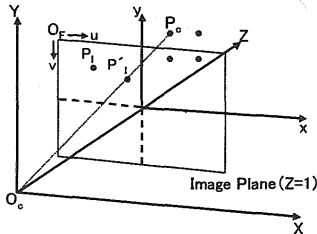


図1: カメラ座標系

内部パラメータは3次元空間から2次元空間への投影と、実際の画像上の座標値(フレーム座標系)との整合をとるためのパラメータである。

図1において、3次元座標  $P_c = (X, Y, Z)$  から投影像  $P'_I = (x', y')$  は、式1より求まる。

$$(u', v') = \left( \frac{X}{Z}, \frac{Y}{Z} \right) \quad (1)$$

次に、Weng[3]の式2により像の歪みモデルに従う実際の投影像  $P_I = (x, y)$  が求まる。

$$\begin{cases} x = x' + (g'_1 + g'_3)x'^2 \\ \quad + g'_4x'y' + g'_1y'^2 + k'_1x'(x'^2 + y'^2) \\ y = y' + g'_2x'^2 + g'_3x'y' \\ \quad + (g'_2 + g'_4)y'^2 + k'_1y'(x'^2 + y'^2) \end{cases} \quad (2)$$

ここで、 $D1 = (g'_1, g'_2, g'_3, g'_4, k'_1)$  を非線形パラメータという。投影像  $P_I$  のフレーム座標  $F = (u, v)$  は式3より求まる。

$$(u, v) = (f_u x + u_0, f_v y + v_0) \quad (3)$$

ここで、 $(u_0, v_0)$  をZ軸と画像面の交点を表す光軸中心、 $(f_u, f_v)$  を水平、垂直方向の焦点距離といい、合わせて線形パラメータという。

## 3 カメラ内部パラメータの推定法

### 3.1 非線形パラメータ推定法

パラメータ推定には、格子点間の距離が既知である  $10 \times 10$  の格子平面の画像を用いる。非線形パラメータを推定するために、歪みを含む格子点座標(計測値)から歪みを含まない

格子点座標(補正值)を推定する。そのために、光軸中心を囲む平行四辺形を抽出する。この平行四辺形には歪みが無いと仮定することにより、平行四辺形の4頂点から姿勢が得られる。その結果、同じ平面上にある他の点の補正值をすべて推定することができる。計測値と補正值のずれを最小化するように非線形パラメータを最小2乗法により推定する。

### 3.2 GAの適用

GAの適用においては、線形パラメータを1つの染色体とし、適応度を計算して非線形パラメータを推定する。適応度には計測値と求めたパラメータから得られる座標値(推定値)との誤差距離の自乗平均  $\delta^2$  を使い、 $\delta^2$  の最小値をGAによって求める。

## 4 実験・評価

パラメータ推定の有効性を確かめるために、コンピュータで歪みを付加した格子点座標値を作成し、シミュレーションを行った。画像サイズは  $640 \times 480$ 、画角は  $61.0 \times 47.7$  deg を想定し、付加した歪みは実際のカメラから得たパラメータを用いている。20枚の格子点画像から1組の内部パラメータを推定する。結果を表1に示す。表1には、10回推定を行って得た線形パラメータの平均、標準偏差、 $\delta$  の平均、 $\delta$  が最小のときの線形パラメータの値を示す。

表1: シミュレーション結果

	truth	ave	s.d.	best
$\delta$ [pixel]	-	0.26	-	0.24
$u_0$ [pixel]	320	321.58	2.65	319.47
$v_0$ [pixel]	200	198.62	15.51	198.97
$f_u$ [pixel]	564	572.57	134.71	751.99
$f_v$ [pixel]	-528	-540.61	132.43	-711.93

$\delta$  が1画素未満の精度もなるような非線形パラメータを推定できることがわかった。また、焦点距離の平均は真値に近いが標準偏差が大きく信頼性が低いことがわかった。原因としてGAの探索能力が不足していることが考えられる。

## 5 まとめ

GAを用いることで、熟練を要しないカメラ内部パラメータ推定法を提案した。その結果、線形パラメータの1つを染色体とし、適応度を計算することによって非線形パラメータを推定できることがわかった。

今後の課題として、焦点距離の推定精度を向上させる必要がある。

## 参考文献

- [1] 高橋章, 石井郁夫, 牧野秀夫, 中静真, "A Camera Calibration Method Using Parallelogramatic Grid Points", IEICE TRANS., Inf.&SYST., NOL.E79-D, NO.11 NOVEMBER 1996
- [2] 小野寺康浩, 金谷健一, "計算射影幾何学", 情処研報, 89-CV-61, 1989
- [3] J.Weng, P.Choen and M.Herniou, "Camera Calibration with Distortion Models and Accuracy Evaluation", IEEE Trans. Patt. Anal. & Mach. Intell., Vol.14, No.10, pp.965-980, Oct. 1992
- [4] 出口光一郎, "画像と空間 - コンピュータビジョンの幾何学-", センシング/認識シリーズ 第5巻, 昭晃堂, 1991