

A Unified Camera Model of Zoom, Focus and Iris Parameters

迫田 肇 浅田尚紀

Hajime SAKODA and Naoki ASADA

広島市立大学 情報科学部 知能情報システム工学科

Dept. of Intelligent Systems, Hiroshima City University

1 はじめに

高精度の画像解析を行うには、実カメラの忠実なモデル化とキャリブレーションが必要である。Depth from Focus/Zoomでは、ズーム変化[1]やフォーカス変化[2]を解析するカメラモデルが用いられてきたが、それらはいずれも単一のパラメータ変化を扱ったものであった。本研究では、ズーム、フォーカス、アイリスを統一的に記述する統合カメラモデルを構成し、そのキャリブレーション法を提案する。

2 統合カメラモデル

ズームレンズを厚凸レンズカメラモデルを用いてモデル化する。レンズの制御パラメータ(レンズリングの回転角度)をズーム値 Z 、フォーカス値 F 、アイリス値 I とする。一方、モデルパラメータは焦点距離 f 、レンズと画像面間の距離 w 、レンズ開口径 d とし、以下の性質を満たす統合カメラモデルを構成する。

- (性質1) 合焦時にはレンズの公式 $f^{-1} = u^{-1} + v^{-1}$ が成立する。ただし、 u はレンズ前主点から物体までの距離、 v はレンズ後主点から画像面までの距離を表す。
- (性質2) F に対して w が線形に変化する。すなわち α を比例定数として $w = f + \alpha F$ と表すことができる[2]。
- (性質3) Z に対して f が変化する。ただし、合焦時に f を変化させてもピントがずれないように、 f の変化に対してレンズの公式を満たすように w が連動する。
- (性質4) I に対して d が変化する。

合焦画像が得られている時、レンズの公式から $v = f + f^2/(u - f)$ が成立する。 $1/(u - f)$ を f の N 次多項式で近似すると、 $v = f + f^2 \sum_{n=0}^N \alpha_n f^n$ となり、(性質2)を考慮して

$$w = f + f^2 \left(\sum_{n=0}^N \alpha_n f^n \right) F \quad (1)$$

と表す。合焦時には $u = f + 1/(F \sum_{n=0}^N \alpha_n f^n)$ が成立するので、凸レンズの厚さ l を加えた $u + l$ 、すなわちレンズ後主点をモデルの基準位置とする。図1に統合カメラモデルを示す。

3 キャリブレーション

実験にはCCDカメラSONY XC-007およびズームレンズFUJINON A16×9BRM (zoom:9-144mm, focus:0.9m-∞, iris:1.8-close)を用いた。ズームおよびフォーカスのリング回転角度と焦点距離および合焦距離目盛の関係から $f = 6.0e^{2.0Z}$ および $u + l = 6.84 + 2.13 \times 10^3 / F$ を得た。次に、

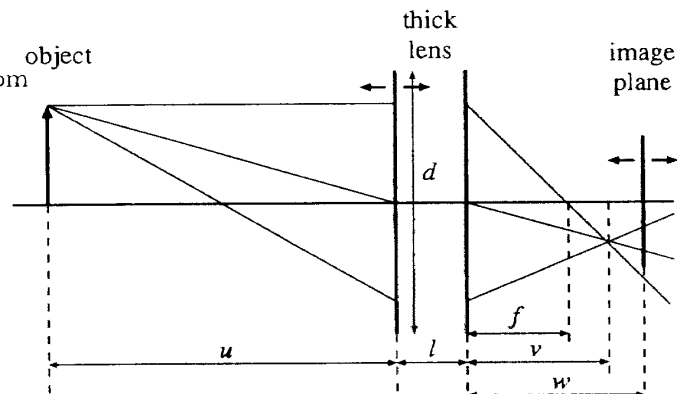


図1: 統合カメラモデル

一辺が153mmの正方形の頂点と辺の中点の合計8個所に直径13mmの黒点を配置した平面を撮影して(1)式の係数を決定した。

ズーム設定(焦点距離=9, 18, 27, 35, 50, 70, 86mm)のそれぞれに対し、フォーカス設定(合焦距離=∞, 10000, 5000, 3333, 3000, 2501, 2000mm)の画像(49枚)を撮影した。 F に対する倍率がほぼ線形に変化することから(性質2)を確認した。さらに、その変化率が f に対してほぼ線形に変化することから(1)式は f の3次式で近似できることが分り次式を得た。

$w = f + f^2(4.55 \times 10^{-3} - 0.27 \times 10^{-4} f)F$ (2)
このモデルはズームに対する倍率変化の実験結果とよく一致し、(2)式がズームとフォーカスの変化をほぼ正確に記述していることを確認した。 I と d の関係はほけ幅から求めた。

4 まとめ

ズーム、フォーカス、アイリスの変化を統一的に記述する統合カメラモデルを構成し、そのキャリブレーション法について述べた。統合カメラモデルを用いることによって3種類のレンズパラメータを協調的・適応的に変化させた画像の解析や生成が可能となる。

参考文献

- [1] 沼尾利夫, 奥富正敏: アクティブカメラのズームレンズのキャリブレーションにおけるターゲットと精度, 信学技法, PRMU97-46, pp.71-78, 1997.
- [2] 浅田尚紀, 松山隆司: 多重フォーカスカラー画像の解析, 画像の認識・理解のシンポジウム(MIRU'92), pp.II45-II52, 1992.