

ズームレンズカメラ校正のためのカメラモデルの提案

岡田 晃[†] 玉木 徹[‡] 山本 正信[‡]

[†]新潟大学大学院自然科学研究科

[‡]新潟大学工学部

1 はじめに

カメラ校正とは、カメラモデルを仮定しそのカメラモデルのカメラパラメータを決定することである。実際のカメラは非常に複雑な光学機器であるため、カメラの画像を3次元的に解析する場合はピンホールカメラのような簡単なカメラモデルに置き換えて考える。

コンピュータビジョンの分野では、ズームレンズカメラが必要とされる場面は多い。しかし現状ではズームを調節する度にカメラパラメータが複雑に変化するため、ズームレンズカメラの校正は非常に困難であり、効率的な校正手法は提案されていない。本研究では、ズームの調節とカメラパラメータ間の関連を調査するために適したカメラモデルを提案する。

2 ピンホールカメラモデル

ピンホールカメラモデルは、図1のように表される [1]。

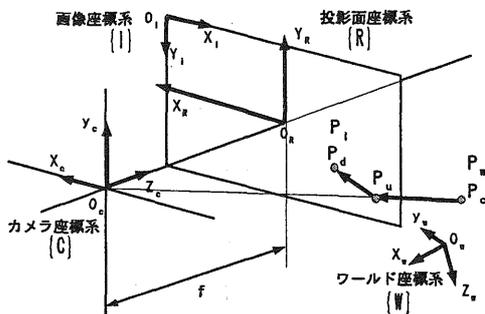


図1: ピンホールカメラモデル

このモデルにおいて世界座標系の点 $P_w(X_w, Y_w, Z_w)$ と、カメラに投影された点 $P_I(X_I, Y_I)$ との対応は、以下の式で表される。

$$\begin{bmatrix} X_c & Y_c & Z_c \end{bmatrix}^T = R \begin{bmatrix} X_w & Y_w & Z_w \end{bmatrix}^T + T \quad (1)$$

$$X_u = f \cdot X_c / Z_c \quad Y_u = f \cdot Y_c / Z_c \quad (2)$$

$$X_d = X_u + \delta_{rx} \quad Y_d = Y_u + \delta_{ry} \quad (3)$$

$$X_I = d_x^{-1} X_d s_x + c_x \quad Y_I = d_y^{-1} Y_d + c_y \quad (4)$$

ここで、 R と T は世界座標系からカメラ座標系へ変換するための回転・平行移動成分、 f は焦点距離、 δ_{rx}, δ_{ry} は歪曲収差の x, y 成分、 d_x, d_y は1画素当りの投影面上における距離、 c_x, c_y は画像における中心の位置である。歪曲収差とは光軸を中心として離れるほど像が半径方向に移動するという収差であり、収差量は、 ρ を画像上における光軸からの距離として次式で表される。

$$\delta_r(\rho) = \rho^3 \kappa_1 + \rho^5 \kappa_2 = \sqrt{\delta_{rx}^2 + \delta_{ry}^2} \quad (5)$$

このカメラモデルは、ズーム変化とカメラパラメータの間の関連を表すために多くのズームカメラ校正の研究で使用されている [2]。しかし、このモデルを収差係数の解析に利用することには問題がある。

歪曲収差を光線の屈折として捉えた場合、収差係数 κ_1, κ_2 だけでなく焦点距離 f によっても収差が決定されると考えられる。ズームを調節するという事は焦点距離を意図的に変更することであるため、このモデルではズームレンズの収差係数の解析には適しているとはいえない。

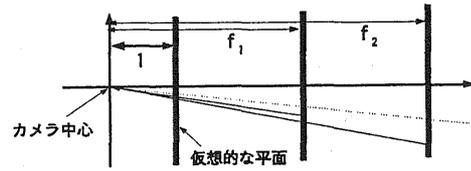


図2: 歪曲収差の正規化

3 提案するカメラモデル

前述のモデルの問題は、投影面上で収差を考えていることが原因である。そこで、図2のようにカメラ中心から一定の距離に仮想的な平面を設定して、その平面上で収差を表すようにする。このように考えたカメラモデルが、図3のモデルである。

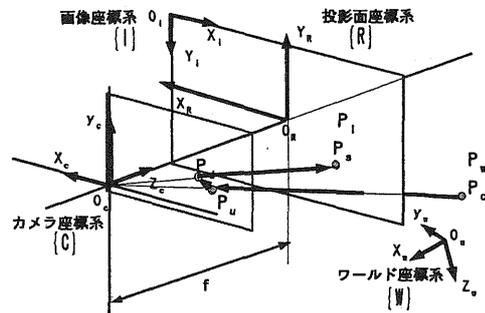


図3: 提案するカメラモデル

このモデルにおいて世界座標系における点 P_w が、カメラに投影されるまでの手順は次の通りである。

$$\begin{bmatrix} X_c & Y_c & Z_c \end{bmatrix}^T = R \begin{bmatrix} X_w & Y_w & Z_w \end{bmatrix}^T + T \quad (6)$$

$$X_u = X_c / Z_c \quad Y_u = Y_c / Z_c \quad (7)$$

$$X_d = X_u + \delta_{rx} \quad Y_d = Y_u + \delta_{ry} \quad (8)$$

$$X_s = f X_d \quad Y_s = f Y_d \quad (9)$$

$$X_I = d_x^{-1} X_s s_x + c_x \quad Y_I = d_y^{-1} Y_s + c_y \quad (10)$$

歪曲収差を光線の屈折として捉えた場合、このモデルでは、収差係数 κ_1, κ_2 のみによって歪曲収差が定まる。収差係数がズームの調節による焦点距離の変化の影響を受けないため、ズームレンズとカメラパラメータの関連の解析に適しているといえる。

4 まとめ

本稿ではズームレンズカメラのパラメータ変化解析に適したカメラモデルを提案した。今後、このモデルを使用してズーム変化とカメラパラメータとの関連を解析し、最終的に効率的なズームレンズカメラ校正手法を提案する。

参考文献

- [1] J.Salvi, X.Armangle, J.Batille: "A comparative review of camera calibrating methods with accuracy evaluation", Pattern Recognition, Vol.35, pp.1617-1635, 2002.
- [2] R.G.Willson: "Modeling and calibration of automated zoom lenses", Proc.SPIE #2350:Videometrics, pp.170-186, 1994.