

ズームレンズのキャリブレーションと複数任意倍率画像の統合処理

3P-3

宮嶋 進

沼尾 利夫 奥富 正敏

東京工業大学 工学部 制御システム工学科, 大学院情報理工学研究所 情報環境学専攻

1 はじめに

ズームレンズの稼働範囲において、レンズの移動と焦点距離の関係をキャリブレーションによって導出することで、稼働範囲内全域における任意の焦点距離(倍率)の画像の取得を実現する。それによって、ズームアップした画像と倍率が低く広角な画像の対応づけができ、それらの画像を統合して画像中の一部分のみが解像度の高い画像を容易に生成することが可能になる。

2 装置構成と撮像モデル

2.1 装置構成

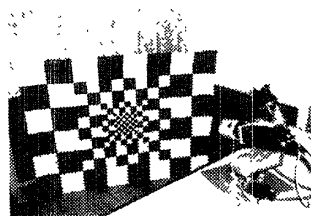


図1. 実験装置

実験装置は、ズーム、フォーカス、アイリスを制御可能なレンズ、256階調グレースケールの画像を撮影するCCDカメラ、パン・チルトの視線方向の制御をおこなう回転ステージからなり、計算機によって制御する(表1)。

表1. 装置構成

カメラ: Photocam120	
カラー/モノクロ	モノクロ(256階調)
水平/垂直解像度	640 x 480
セルサイズ	9.0μm(H) x 9.0μm(V)
走査方式	プログレッシブスキャン方式
ズームレンズ: PH10x8RII	
焦点距離	8mm ~ 80mm(規格値)
フォーカス	
アイリス	F1.2 ~ ∞
θステージ: RA10-02 2個	
運動精度	0.002° / STEP
運動速度	2° ~ 20° / 秒
稼働範囲	パン: ±90° チルト: ±45°

2.2 撮像モデル

キャリブレーションにおける撮像モデル(図2)は、透視投影モデルを用いており、そのカメラ座標(x, y, z)、空間座標(x_w, y_w, z_w)の関係は次式で表される。

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r_1 & r_2 & r_3 \\ r_4 & r_5 & r_6 \\ r_7 & r_8 & r_9 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_w \\ y_w \\ z_w \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} t_x \\ t_y \\ t_z \end{pmatrix} \quad (1)$$

Zoom Lens Calibration and Integration of Images with Arbitrary Magnifications.
 Susumu MIYAJIMA, Toshihiro NUMAO and Masatoshi OKUTOMI
 Tokyo Institute of Technology
 2-12-1 O-okayama, Meguro-ku, Tokyo 152, Japan

画像中心(光軸と撮像面の交点)の画像座標を(C_x, C_y)、センサ素子中心間の距離をdとしたときの画像座標(X_f, Y_f)は次式で表される。

$$X_f = d^{-1}f \frac{x}{z} + C_x \quad Y_f = d^{-1}f \frac{y}{z} + C_y \quad (2)$$

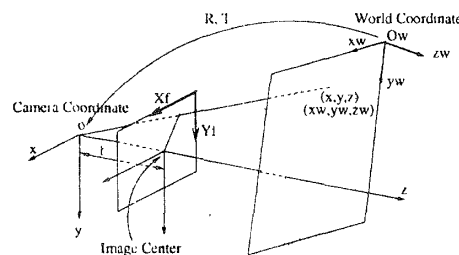


図2. 座標系

3 キャリブレーション

実験装置のズームレンズは直流電圧によって駆動しており、その電圧と印加時間がレンズの移動の入力パラメータとなる。ここでは、印加電圧を一定にして、電圧印加時間とそれによる画像の変化からキャリブレーションを行う。キャリブレーションは基本的にTsai[1]の手法を用いるが、この手法においては画像中心はキャリブレーションの対象ではなく、既知であることが必要である。なお、実験はフォーカス、アイリスを一定に行っている。

3.1 画像中心の導出

画像中心は、ズームを変化させたときの撮影対象の特定の点(ここでは平面上の正方形の頂点)の軌跡から求める手法[2]を用いた。

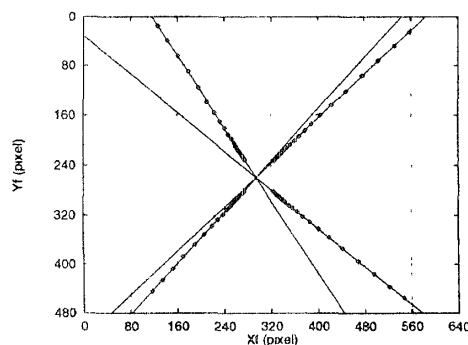


図3. 画像中心の導出

図3に示すように4つの頂点の軌跡は直線を描いており、ズームの変化において画像中心が一定であることを示している。この各頂点の軌跡の交点として画像中心を(C_x, C_y) = (294.14, 259.43)と求めた。

3.2 カメラパラメータの導出

前節における画像中心の値を用いて、カメラの外部パラメータ(r₁ ~ r₉, t_x, t_y, t_z)、内部パラメータ(焦点距離f)をズームレンズの稼働範囲全域に対応する電圧

印加時間とその画像に対して求めた。図4に、電圧印加時間と焦点距離のキャリブレーション結果を示す。

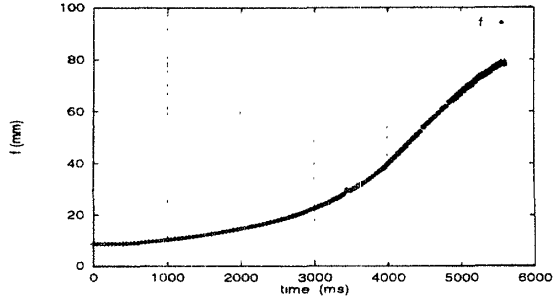


図4. 焦点距離のキャリブレーション結果

電圧印加時間 (t) と焦点距離 (f) の関係は滑らかであり、その関係を関数 ($t = g(f); g(f)$ は7次多項式) で近似することができた。

4 複数任意倍率画像の統合

キャリブレーションした結果を用いることで、異なる

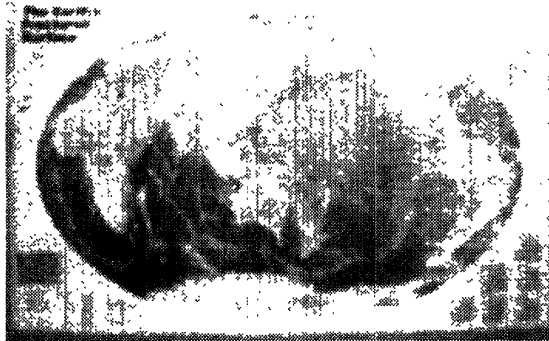


図5. 基準画像 (1倍)

る倍率の画像を容易に統合することができる。カメラから約1.5mの位置に光軸にほぼ垂直な平面を撮影対象として設置して実験を行った。図7は図5の画像にその2倍、4倍、8倍(図6)の画像を画像中心を中心にして統合したもので、結果として、中心に近づくに従い解像度の高い画像が得られている。

5 おわりに

今回は、画像中心における複数任意倍率画像の統合のみを行った。今後は、カメラのステージの運動を加えることによって、任意の位置における、任意の倍率の画像の統合を実現する予定である。

参考文献

- [1] R.Y. Tsai. *A versatile camera calibration technique for high-accuracy 3D machine vision metrology using off-the-shelf TV cameras and lenses.* J-RA 3,323-344,1987.
- [2] J.M. Lavest, G. Rives, M. Dhome. *Three-dimensional reconstruction by zooming* T-RA 9,196-207,1993.

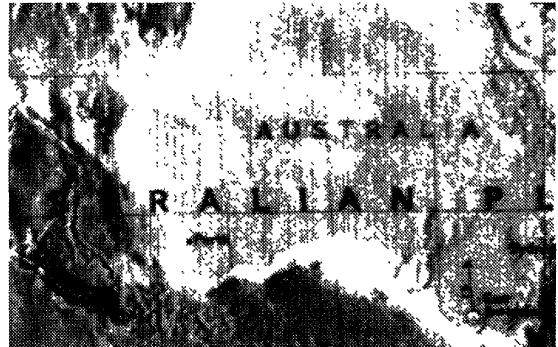


図6. 8倍の画像



図7. 統合画像