

シーケンス画像を用いたカメラおよび回転テーブルのキャリブレーション法

Calibration of Video Camera and Rotary Table Using Sequence Images

張 曉華[†] 中西 良成[†]
Xiaohua ZHANG Yoshinari NAKANISHI
三ッ峰 秀樹[‡] 小林 希一[†]
Hideki MITSUMINE Kiichi KOBAYASHI
[†]NHK エンジニアリングサービス [‡]NHK 放送技術研究所
[†]NHK Eng. Ser. Inc. [‡]NHK Sci. & Tech. Res. Labs.

1. はじめに

高精細な立体映像部品の作成を目的として、立体物のモデリングについて検討・実験を行ってきた[1]。高精細な立体物のモデリングには、カメラキャリブレーションと共に回転テーブルの回転軸キャリブレーションも必要である。そこでチェックボードパターンを撮像したシーケンス画像を用いて、カメラキャリブレーションと回転テーブルのキャリブレーションを行う方法を考案した。実験の結果、有効性が確認されたので報告する。

2. シーケンス画像とワールド座標系

チェックボードパターンを回転テーブルに載せて回転し、それをカメラで撮影したシーケンス画像(N 枚)を利用する。チェックボードパターンの各矩形の角を特徴点(M 個)とし、それらの3次元位置と画像上の位置(2次元)の対応を利用してキャリブレーションを行う。各画像に対応するワールド座標系を、チェックボードパターンが xy 平面と一致し、各特徴点がどのワールド座標系においても同じ座標値をとるように定義する。

3. カメラキャリブレーション

カメラの内部パラメータ、外部パラメータおよび歪み係数を求める。カメラの内部パラメータマトリクスを A 、外部パラメータから作成される回転マトリクスと平行移動ベクトルをそれぞれ R_i, T_i 、歪み係数を k_1, k_2, k_3, p_1, p_2 とする。また各特徴点の3次元位置と画像上の位置をそれぞれ $M_{ij} = (x, y, z)$, $m_{ij} = (u, v)$; $1 \leq i \leq N, 1 \leq j \leq M$ とする。 M_{ij} と m_{ij} の対応を利用して、

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \|m_{ij} - \hat{m}(A, k_1, k_2, k_3, p_1, p_2, R_i, T_i, M_{ij})\|$$

を最小にする $A, k_1, k_2, k_3, p_1, p_2, R_i, T_i$ を Levenberg-Marquardt 法により求める。各パラメータの初期値は次のように決める。 A について画像中心は各画像の中心、skewness は0とし、焦点距離は M_{ij} と m_{ij} の対応から求められる Homography より求める。この内部パラメータを用いて R_i, T_i および k_1, k_2, k_3, p_1, p_2 を

初期化する。

4. 回転軸キャリブレーション

N 枚のシーケンス画像からできる $(N-1)N/2$ 組のペアについて、各ペアのワールド座標系をそれぞれ P 座標系、 Q 座標系とする。 P/Q 座標系からカメラ座標系への変換はカメラキャリブレーションにより求められた回転マトリクス R_P, R_Q および平行移動ベクトル T_P, T_Q で表現できる。したがってカメラ座標系(点 X_P および X_Q) から P/Q 座標系への変換は

$$M_P = R_P^{-1}(X_P - T_P)$$

$$M_Q = R_Q^{-1}(X_Q - T_Q)$$

となる。対応する特徴点のカメラ座標系における座標値の P/Q それぞれの系への変換について、ワールド座標系の定義より $M_P = M_Q$ となり、回転テーブルの回転による各特徴点の運動は

$$X_Q = R_{PQ} X_P + T_{PQ}$$

$$R_{PQ} = R_Q R_P^{-1}$$

$$T_{PQ} = -R_{PQ} T_P + T_Q$$

となる。この R_{PQ} と回転軸の不変性により回転軸のベクトルを求め、またある点を通る軸の周りの回転の式との比較により回転軸が通る点を求めることにより回転軸の位置を得ることができる。

5. 実験結果

本方法により、回転テーブルを水平に設置した場合と約 2.5 度傾けて設置した場合についてキャリブレーションを行った。前者の回転軸はほぼ垂直となり、後者の回転軸は回転テーブルの傾きとほぼ同等な結果が得られた。したがって本方法は有効であると考えられる。

6. 謝辞

本研究は通信・放送機構の委託研究「高精細・立体・臨場感コンテンツ技術の研究開発」の一環であり、厚く感謝します。

[1] 小林他, “高精細立体映像部品作成のための多視点画像マッチング法”, 2000 年電子情報通信学会総合大会予稿 D-11-132