

PTZカメラを用いた両眼立体視監視システム

谷 宇章 佐藤 誠 張 曉林

東京工業大学

Abstract

本研究では、複数台のカメラを用いての人間の眼球運動神経経路に基づいた眼球運動特性を持つ監視システムを提案する。本システムは2台のパン・チルト・ズーム機能を有するカメラ（以下、PTZカメラと呼ぶ）を制御し、監視対象の方向を向けることで、高精度の認識と追跡を実現できる。また、両眼監視システムの複数監視対象に対する監視ストラテジーを提案し、両眼カメラの監視対象の距離を高精度と高速度測定できる特徴を活かし、監視の効率を向上することを期待できる。

1. はじめに

近年、社会において防犯意識が高まっている。それに伴い、その一端を担う監視カメラも急速に普及してきた。室内や敷地など比較的広い範囲を監視する場合の監視システムは主に2種類あるといえる。1つ目は広角カメラを用いて監視範囲を撮影し続けて侵入者を録画・検知するというシステムである。このシステムには侵入者の映像を鮮明かつ詳細に得ることはできないという問題がある。もう一方の方法は、PTZカメラを用いて広範囲での撮影を行い、侵入者を検知した場合はPTZカメラを侵入者に向けてズームインすることでより鮮明かつ詳細に撮影することができるというものである。しかし、後者は人間（警備員など）による手動制御がほとんどであり、高コストなことや見落としなどの人為的ミスが起こるといった問題がある。また、この方法の自動化に不可欠な画像からのフィードバック制御によるPTZカメラの視標追跡システムの技術は未完成で実用化には至っていない。

本研究では、眼球運動特性である衝動性眼球運動（視点の高速切替え）・滑動追跡運動（滑らかな動点に対する追従）・両眼の協調運動（2つのカメラでの協調制御）の実装とPTZカメラ固有の焦点距離の自動高速調整機能・ズーム機能を組み合わせることで、侵入者の位置の測定

および3次元形状認識を行うことを目的としている。このシステムには3次元情報の精密な測定が可能であるという利点があり、対象の顔認識の成功確率・識別速度の向上が期待できる。

システムは高価な計測用カメラを使わず、市販PTZカメラを使用するので、計測精度を高めるために、パン・チルト・ズーム動作に対応できるキャリブレーションを行った。

2. システムの構成

提案するシステムは、2台のPTZカメラ、1台の超広角カメラ、1台のパソコンから構成される。パソコンは画像処理及びカメラ制御を行う。図1に実験装置の外観を示す。PTZカメラは1/4型のCCDを搭載し、焦点距離は3.5~91[mm]である。パン回転範囲は左右100[deg]、回転速度は1~90[deg/sec]である。チルト回転範囲は上90[deg]下30[deg]、回転速度は1~70[deg/sec]である。パソコンは30[fps]で両PTZカメラからの画像を取込み、解像度は320[pixel]×240[pixel]である。超広角カメラの画角は160[deg]である。

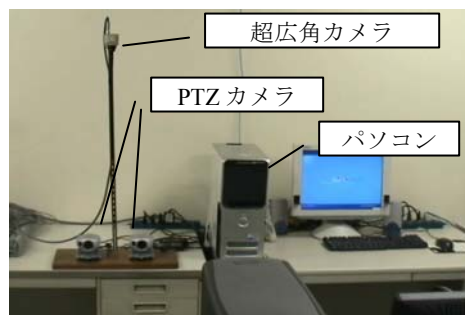


図1 実験装置の外観

3. システムのキャリブレーション

システムは高価な計測用カメラを使わず、市販PTZカメラを使用するので、計測精度を高めるために、パン・チルト・ズーム動作に対応でき、実行しやすいキャリブレーション手法が必要である。本研究では、Zhengyou Zhangが提案したフレキシブルキャリブレーション手法[1]を利用することにした。

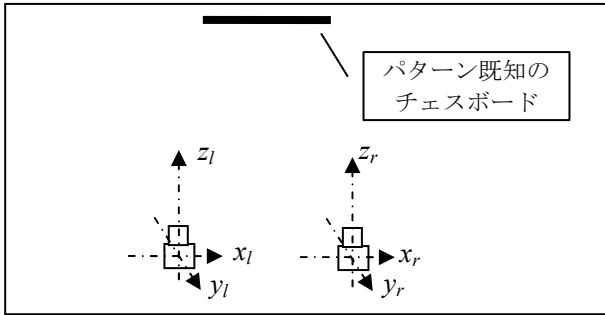


図2 キャリブレーション

まず、システムの正面にパターン既知のチェスボードを置く。そして、各カメラをパン、チルド回転させ、チェスボードを画像と撮像するときのパン・チルド角度を記録する。次に、フレキシブルキャリブレーション手法を用いて各カメラの内部パラメータとそれぞれの姿勢の外部パラメータを推定する。各外部パラメータの関係は唯一の世界座標系で結びつけるので、両カメラの相対変換関係が求められる。

カメラの任意姿勢に対しての外部パラメータを求めるには二つの方法が考えられる。一つは一次変換の数学モデルを構築して、キャリブレーションの結果からその数学モデルの係数を推定する方法である。もう一つはパン、チルド角度を変数とし、数値計算の方法を用いてキャリブレーションで推定した外部パラメータの近似曲線を求める方法である。推定したパラメータの正確度の関係で、数学モデルを精度よく解くことは困難であるため、本研究は二元変数の近似曲線を求める手法にした。

4. 視標の3次元座標測定

図3は提案システムの運動学モデルである。空間上の対象点 T の座標を (x_T, y_T, z_T) 、カメラ間距離を l 、 T の xoz 平面への射影を T' とする。システムの奥行き方向を z 軸、システムの鉛直上方向を y 軸、2つのカメラのなす直線方向を x 軸と定める。 θ は各カメラ中心と点 T とのなす直線と視平行線（カメラの中心を通過し、 z 軸に平行な直線）のなす角の水平成分であり、 φ は鉛直成分である。 θ はカメラのパン方向の角度と画像上での点 T と画像中心の水平方向の距離から計算でき、 φ はそれぞれのカメラのチルト方向の角度と画像上での点 T と画像中心の鉛直方向の距離から計算できる。

$$x_T = \frac{l \tan \theta_r - \tan \theta_l}{2 \tan \theta_r + \tan \theta_l} \quad (1)$$

$$z_T = \frac{l}{\tan \theta_r + \tan \theta_l} \quad (2)$$

$$y_T = \tan \phi \sqrt{\left(x_T + \frac{l}{2}\right)^2 + z_T^2} \quad (3)$$

この式より、PTZカメラの回転角度の誤差と画像からの角度計算における誤差が被測点 T の座標の計測誤差に比例するので、その誤差を十分に抑えることで点 T の座標を高い精度で測定することができる。画像からの角度計算における誤差はカメラの画像の空間分解能に比例するので、ズーム機能を利用することで画像の空間分解能を上げ、誤差を減らすことができる。

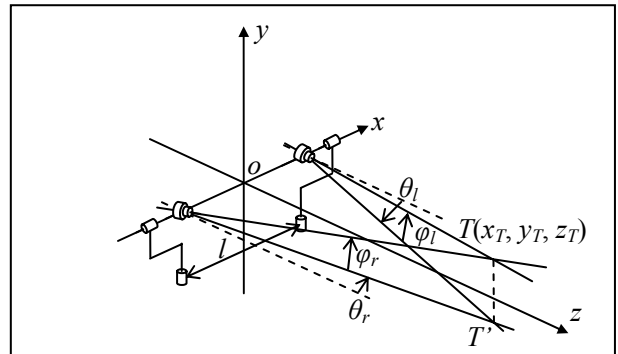


図3 システムの運動学モデル

5. 複数監視対象に対する監視戦略

複数の監視対象が存在する場合、目的によって最適な監視戦略が異なる。本システムはアクティブステレオビジョンシステムを用いて、広範囲での高精度監視を目的とする。理論上、超広角カメラは各監視対象をトラッキングでき、トラッキングの結果に基づき PTZ カメラの動かし方を決める。実際、超広角カメラの分解能が限られるため、各監視対象を正確にトラッキングすることはできない。本研究は、二段監視戦略を提案する。即ち、まず超広角カメラは区別可能なグループ単位毎に、PTZ カメラにカバーできるパン・チルド・ズームパラメータを提供する。そして PTZ カメラは個人を区別可能な状態で、高速で各対象の鮮明な画像を撮ることができる。

6. おわりに

提案法が高精度な3次元情報を測定可能であることが示せた。今後は顔認識なども行い、提案システムを発展させていきたい。

【参考文献】

- [1] Zhengyou Zhang : "A Flexible New Technique for Camera Calibration", Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on, Vol.22, Issue 11, pp1330-1334, Nov. 2000