4K-04 対応点の逐次増加による複数カメラの位置推定法

岡田武士† 亀田能成‡ 美濃導彦‡

† 京都大学工学部情報学科

‡ 京都大学総合情報メディアセンター

1 はじめに

複数カメラの位置推定 (カメラ方向も含めた外部パラメータ推定) は、三次元物体の認識や三次元空間の再構成を行う際に必要となる。

複数カメラの位置推定を行うためのこれまでの手法では

・モデル物体の 3 次元空間上での座標値の測定

・各カメラの画像間の特徴点の対応付け

の 2 点は手動で行われることが多く、推定精度が低くなることが問題である。そこで、特徴点の対応付けを自動で行い、かつ各点の信頼度の値を導入して特徴点が増加するにつれてカメラ位置推定の精度が向上する手法を提案する。

具体的には、内部パラメータが既知である複数台のカメラが任意に配置されている状況において、画像内から自動で検出できるような形状の基準物体を全カメラの視野内で動かして撮影した画像を用いて各カメラの位置を推定する。この処理は、 2 つの部分に分られる。前半部では撮影画像から対応付けされた特徴点の投影座標の抽出を行い、後半部では特徴点をもとにカメラ間の位置関係 (と同時に特徴点の三次元位置) を推定する。さらに、後半部の結果から前半部で得た各特徴点の信頼度を計算し、特徴点を取捨選択して再び後半部を実行することで精度の向上を図る。

2 特徴点抽出とカメラ位置推定

2.1 対応付けされた特徴点の抽出

カメラの視点方向に関係なく三次元空間上のある一点の投影座標が得られるように、基準物体として大きさ (半径) が既知で、背景にあまり出てこない色のボールを用いる。ボールが投影された画像上の円の中心はほぼボールの中心の投影点になっているので、これを対応付けされた特徴点の投影座標として用いる。ボールの大きさはカメラ間の平行移動のスケールを決定するために必要となるのであらかじめ測定しておく。また、ボールが投影された画像からの円の中心と半径の獲得には、背景差分やハフ変換による円当てはめを行うことで獲得する。実際に円当てはめを行った結果を図 1に示す。

図 1: 画像処理結果

これにより、同時刻における各画像で特徴点の投影座標の組を得る。ボールを全カメラの視野内でランダムに動かしながらこの処理を一定時間おきに繰り返すことで、任意の個数の特徴点を逐次的に得る。

2.2 カメラ位置の推定

カメラ位置の推定には、植芝の手法 [1] を用いる。これは、観測された各特徴点の投影座標とそれらの射影的奥行で構成される計測行列のランク 4 らしさを表す評価関数を定義して共役勾配法による非線型最適化から射影的奥行を決定し、それによって因子分解を行い射影行列を求める手法であり、透視投影モデルのカメラに対して解を得ることができる。この射影行列と、あらかじめ与えられた各カメラの内部パラメータから各カメラの位置を推定する。ただし、平行移動のスケールの推定にはシーンの奥行が小さいことを仮定して、球体の半径の実測値と画像

"Method of improving the location estimation of multi cameras by successively increasing the feature points."

OKADA Takeshi, KAMEDA Yoshinari, MINOH Michihiko.

† Department of informatics and mathmatical science, Kyoto university

‡ Center for information and multimedia studies, Kyoto university

Email okada@kuis.kyoto-u.ac.jp

URL http://www.imel1.kuis.kyoto-u.ac.jp

上での半径から相似比を用いて求める。

3　精度向上のための反復手法

特徴点を自動抽出するといくつかの点は誤差を含んで抽出される可能性がある。そこでこれらの点を信頼度を用いて除去して計算に用いないようにする。各特徴点の信頼度を求めるために、エピポーラ誤差を計算する。これは、まずその直前の推定計算で得られた射影行列を用いて各カメラごとの基本行列を計算する。さらに、ある一つのカメラを基準とし、それに投影された各特徴点の座標値から残りの全てのカメラに対してエピポーラ線を引き、実際の観測された座標値との垂直距離を各点ごとにカメラ間で平均をとる。これを全てのカメラを基準にして、各点ごとに平均をとることで求める。エピポーラ誤差が大きい点は誤抽出の可能性が高い点であるとして、低い信頼度を与える。

十分信頼できる点だけを使用するために、パラメータの復元に使用する特徴点は、常に、それまでに抽出した点の中で信頼度の高い n 点だけとする。具体的な手順は、抽出した点が m 点増加するごとに、今までに得られた全特徴点の信頼度を計算し、その中で高い順に n 点を用いてカメラ位置の推定を行い、推定結果を更新する。そして、その n 点の平均エピポーラ誤差の変化が収束した時点で終了する。

4　実験

本手法の有効性を確認するために、約 6.5m ×10.5m の講義室の４隅にカメラを配置して、m=10、n=50 として実験を行った。また、基準物体には直径 20cm のピンク色のボールを用いた。大まかな実験の環境を図 2に示す。

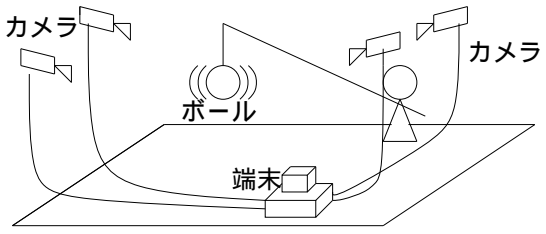

図 2: 実験環境

実験に使用した環境では、各カメラは完全に同期をとって撮影しておらず約 0.2 秒のタイムラグがある。よって、その間にボールが移動した分、全ての特徴点は初めから少しずつ誤差を含んでいる。また、画像処理における失敗等で特徴点全体の約 1 割は円当てはめに失敗しているデータである。評価の基準として各特徴点のエピポーラ誤差の平均値を縦軸に、その時までに抽出した特徴点数を横軸にとった実験結果を図 3に示す。

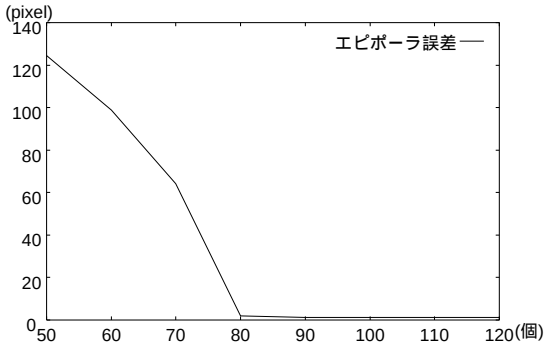

図 3: エピポーラ誤差の推移

実験結果より、大きく誤差を含む特徴点は、最初の数回の反復でほぼ全て排除されて解は安定し、その後少し特徴点の信頼度の変化はあったが、100 点以降はほとんど変化が無くなった。

5　おわりに

特徴点を自動抽出し、反復により誤差の少ない点を選択して正確なカメラ位置推定を行う手法を提案し、実験で有効性を確認をした。

この手法では、選択された特徴点の三次元位置は反復改良に全く用いないが、今後の課題としては、選択された点の空間上での分布も考慮にいれながら特徴点選択の基準を考えることがあげられる。

参考文献

[1] 植芝 俊夫、富田 文明 ：”奥行きパラメータの逐次推定による多視点透視投影画像のための因子分解法,” 信学論, (D-II), vol.J81-D-II, no.8, pp.1718-1726, Aug.1998.

[2] 金出 武雄、コンラッド ポールマン、森田 俊彦 ：”因子分解法による物体形状とカメラ運動の復元,” 信学論, (D-II), vol.J76-D-II, no.8, pp.1497-1505, Aug.1993.

[3] 徐 剛、辻 三朗 ：”３次元ビジョン”, 共立出版,1998