

2 台のアクティブカメラを用いた 3 次元位置計測の検討

5 R-1

津田貴生, 島山祐里, 井上誠喜
NHK 放送技術研究所

1. はじめに

放送局は、視聴者に分かりやすく、スポーツの面白さを伝えるため、映像だけでなく、選手の動きや一流選手の高等テクニックなどを CG などの映像表現で伝えることが求められる^[1]。そのために、選手やボールなどの動きや位置情報が必要となる。我々は、競技場のような広い範囲を動く被写体の 3 次元位置を計測するシステム（自動追尾型センサーカメラシステム）を提案し、試合中のサッカーボールを対象としたシステムを構築した場合の誤差の分析などを行ってきた^{[2][3]}。

今回、被写体の画面内のサイズを一定に保つズーム制御部と画像処理部をシステムに加えて、2 台のアクティブカメラが被写体を自動追尾しながら、3 次元計測するシステムを構築した。本報告では、付加した画像処理部の構成とズームを駆動して被写体の 3 次元位置を計測した結果を述べる。

2. システム構成

システム構成（図 1）は、カメラ雲台部、雲台制御部、画像処理部、座標変換及び 3 次元座標を算出する演算部の 4 つの部分からなる。本システムは、画像処理を安定に行うために、被写体がカメラから遠ざかると、ズーム量を望遠側にし、近づくとき広角側に駆動し、映像内の被写

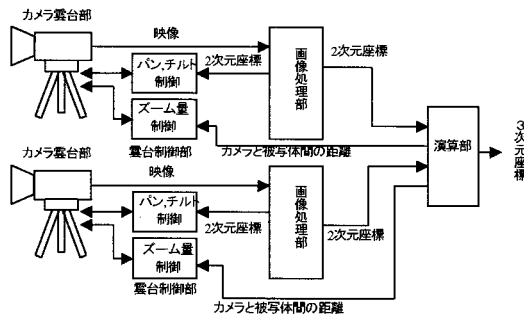


図 1: システム構成図

Measurement of an object position with two active cameras
Takao Tsuda, Yuri Hatakeyama, Seiki Inoue
NHK Science and Technical Research Laboratories

体の大きさを一定に保つ機能を持つ。

3. 画像処理部

3.1 画像処理手法

カメラ雲台を用いて被写体を実時間で追尾するためには、画像処理の高速性が要求される。今回、サッカーボールを対象として、図 2 に示す簡易な画像処理アルゴリズムを構築した。入力画像を輝度により 2 値化を行い、ノイズ除去後、2 値画像に対してラベリングを行う。ラベリングされた各領域毎に面積と円形度（ $4\pi \cdot \text{面積} / (\text{円周長})^2$ ）を算出し、各領域の特徴量とする。2 つの特徴量にしきい値処理（処理 a）を施し、ボールかどうかを判定する。ボールと判定されなかった場合は、前フレームと 2 フレーム前との差から求めた動きベクトルを用いて、現在の位置を推定し、そこから 1 番近いラベリングされた領域をボールとする（処理 b）。形状判定をしているため、ノイズや円以外の物体が入っても、ロバストに検出することができる利点を持つ。

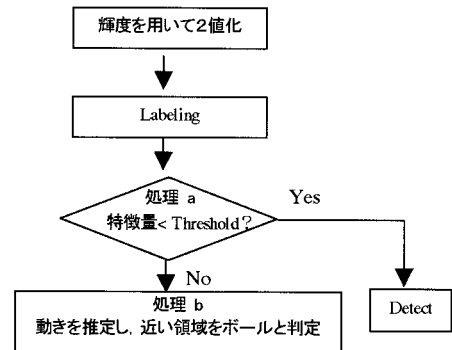


図 2: 画像処理アルゴリズム

3.2 画像処理部内の流れ

実時間で 3 次元位置の測定をするためには、画像処理とカメラ雲台の制御は共に実時間で行う必要がある。画像処理の負担を軽減させるために、縮小した入力画像を処理するのでは、精度を犠牲にすることになる。そこで、図 3 に示す処理の流れをシステムに組み込んだ。縮小された画像に上記の画像処理を施し、その結果をカメラ雲台に送信する。画像処理部は、縮小画像の結果からマスク画像を作成し、入力画と論理積を取

り、上記の画像処理を行う。これにより、カメラ雲台の応答性と検出精度を維持することができる。

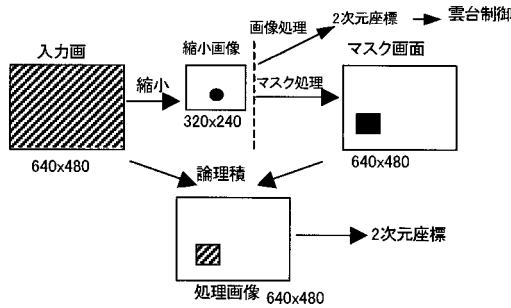


図3: 画像処理部内の流れ

4. システムの性能評価実験

4.1 実験システム

実際のサッカー場（国立競技場）を想定して、屋内にサッカー場の1/20縮小モデル（図4）を設けた。サッカーボールに見立てた小球を手前のラインから奥側にゴールラインと平行に移動させ、2台のアクティブカメラを用いて、位置計測実験を行った。画像処理部の処理時間は30~50msecであるため、システムより被写体の3次元座標は30~20フレーム/secで出力される。

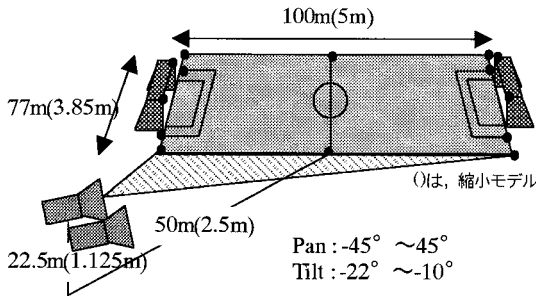


図4: サッカー場の縮小モデル

4.2 ズーム駆動の有効性の検証

前フレームで計測された被写体の位置をカメラ雲台側にフィードバックすることにより、ズーム量を調整する。画像処理をできるだけ安定に行うため、被写体の位置により、常時ズーム量を調整するのではなく、5段階のズーム量をあらかじめ設定して行った。今回、ズーム量の調整を行わない場合と比較して、ズーム駆動の有効性を調べた。それぞれの画面内のサイズの時間変化を図5に示す。初期画面に映っている小球の画面内をサイズを安定して検出できる200画素とした。

結果、ズームを駆動しなかった場合、手前のラインから実際の距離で51.4mで、画面内のサイズが半分以下となり、サッカーボールの検出が不可能になった。実際の使用では、被写体のサイズが小さくなると、形状抽出もあいまいとなり、選手のユニフォームやノイズの影響で、この値より性能が悪くなると考えられる。一方、ズームを駆動した場合は、逆サイドのラインまで検出することができた。

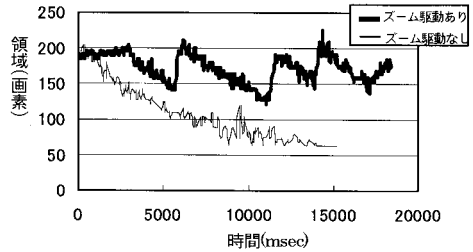


図5: ズーム駆動の有無による比較実験

4.3 計測された3次元位置の精度の検証

測定の結果、想定されるサッカー場での奥行き方向の誤差はカメラから120m先で2m以下で、他軸は60cm以下であった。画像処理の際、照明変動により被写体を完全に抽出できないため、数画素の2次元座標の誤差が生じる。これらを用いて3次元座標を算出するため、マッチングがうまく取れず、誤差が発生したと考えられる。

現状では、ボールの軌跡の細かな分析はできないが、ゲーム中の大局的な流れを把握することは可能である。

5. まとめ

今回、自動追尾型センサーカメラシステムにおいて、被写体の画面内のサイズを一定に保つズーム制御機能付加による追尾性能の向上と、高速でロバストな画像処理アルゴリズムにより、リアルタイム3次元位置計測の可能性を示すことができた。今後、3次元計測の安定性と最適なズーム駆動法の構築が重要な課題となる。被写体の検出精度の向上とズーム駆動のための制御アルゴリズムの検討を行っていく予定である。

参考文献

- (1) Kato, "Detecting method of subjects' 3D positions and experimental advanced camera control system", Proc. SPIE, vol.3018, pp.65-75, 1997
- (2) 津田ほか, 「自動追尾センサーカメラシステムによる3次元計測の誤差分析」, 映像情報メディア学会年次大会, p.312-313, 2000
- (3) Tsuda, "Automatic tracking sensor camera system", Proc. SPIE, pp.144-153, vol.4301, 2001