

複数カメラの視野間を移動する人物の追跡手法

A Method of Tracking Humans Moving Across Fields of Camera-View

飯野 晋[†] 助野 順司[†] 吉川 勉[†]

Susumu Iino Junji Sukeno Tsutomu Yoshikawa

1. はじめに

監視カメラへのコンピュータビジョン技術適用により、社会セキュリティ分野、商業分野等での監視カメラシステムに対する付加価値向上が期待されている。一例として、複数のカメラを用い、各カメラの視野を超えて同一人物を追跡できれば、不審人物の追跡や来客移動軌跡の時系列分析といった応用が考えられるため、複数カメラ間の視野をまたいで同一人物を追跡する手法の実現が望まれている。

このような手法についてはすでにいくつかの提案がある。例えば[1]では、被写体となる人物の動線が制限される環境をモデル化し、確率過程を用いて別の視野に現れた人物と元の視野に現れた人物の同定(推定)を行っている。また[2]では、環境内の任意位置を少なくとも3台のカメラでカバーできるようにカメラを複数台配置し、視体積交差による3次元空間内の物体検出及び追跡を行うことで視野を越えた人物追跡を実現している。しかし[1]の手法は、撮影環境のモデル化自体に手間がかかる課題がある。また[2]では、環境内の任意位置を少なくとも3台のカメラでカバーできるようにカメラを配置する必要があり、広い撮影空間を対象とする場合には多くのカメラを必要とする課題がある。

本論文では、環境のモデル化の手間を少なくし、かつ任意位置を少なくとも1台のカメラでカバーするカメラ配置での人物追跡を行うことによる上記2つの課題の解決を検討し、また検討内容に関する実験を行った結果を報告する。

2. 検討方式の概要

本論文で検討する手法は、天井に設置した複数の天井カメラと、撮影空間の入口を撮影するように設置した1台以上の入口カメラを組み合わせることにより3次元空間内で人物を追跡することを考える。また、人物の3次元位置を各人物毎に記憶するための記憶領域を用意する。

追跡の大まかな流れは次のとおりである。まず撮影空間への入口として扱う特定の(空間における位置が既知の)矩形領域を撮影する入口カメラの映像から人物の顔検出を行うことで人物頭部の初期位置を求める。次に天井カメラの映像から検出できる人物頭部の位置から、前の時刻の人物の位置との整合をとることで人物位置を逐次更新していくことを考える。

なお、追跡対象は人物の頭部位置座標とし、この位置座標の高さの値 h (z 座標) は追跡中に変化しないものとする。また、以下で登場するカメラはすべて撮影空間においてキャリブレーション済み、すなわち内部パラメータ及び撮影空間の適当な場所を原点とする外部パラメータが既知であるものとする。

2.1 入口カメラにおける人物検出及び人物初期位置推定

まず撮影する3次元空間において、入口として扱う矩形領域(入口矩形)をあらかじめ決めておく。次に入口カメラで人物の顔検出を行い、検出された人物顔の画像座標と投影中心を結ぶ直線と、入口矩形とが交差する点の三次元座標を求め(図1)、これを人物頭部の初期位置として記憶領域に記憶する。顔検出には、簡単のため Haar-Like 特徴を用いた検出手法を用いる[3]。

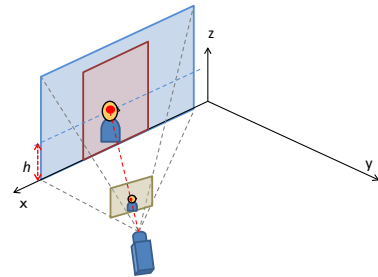


図1. 入口カメラによる人物初期位置検出. x - z 平面における内側の小さな矩形が入口矩形を示す

2.2 天井カメラにおける人物検出

天井に設置したカメラから、人物頭部の検出を行う。人物頭部の検出には、人物頭部がおおむね円または楕円形状であると考え、ハフ変換を用いる。さらに計算量削減のため、背景差分抽出によってハフ変換を行う画像領域を限定する。これを次の図2にまとめる。

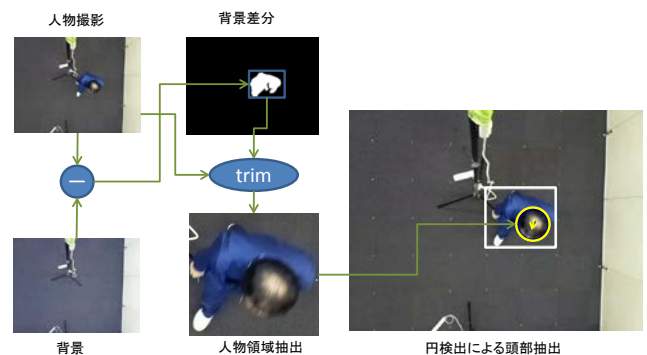


図2. 天井カメラによる人物頭部の検出手順

2.3 入口カメラと天井カメラ間の人物対応付け

入口カメラで検出された人物と、天井カメラで検出され

[†] 三菱電機株式会社 先端技術総合研究所

た人物を対応づけるため、記憶領域に記憶されている前時刻の人物の初期位置における高さの値と、天井カメラから得られた人物頭部の画像座標を用いて3次元位置を計算する。これには、既に得られている人物頭部の高さと同じ高さ h の平面 $z=h$ を考え、天井カメラで検出された人物頭部の画像座標と投影中心を結ぶ直線と、平面 $z=h$ との交点を計算することで得られる。これを図3に示す。

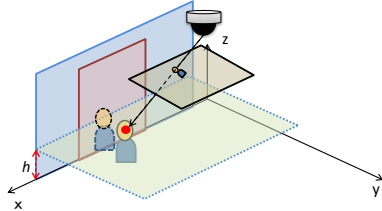


図3. 初期検出位置と天井カメラ検出結果の対応付け。

2.4 天井カメラ間の人物対応付け

人物頭部の高さが変化しない前提で、2.3節同様の手法で行う。すなわち、ある天井カメラで検出された人物の画像座標と、前時刻で記憶された人物位置座標の高さの値 h を用いて現時刻の3次元位置を求め、前時刻で検出された人物位置の位置座標との対応付けを行い、位置座標を更新する。この手順において、前時刻で記憶された位置座標として他の天井カメラで検出された人物の位置座標も用いることができるため、カメラ間での人物追跡が可能となる。これを図4に示す。

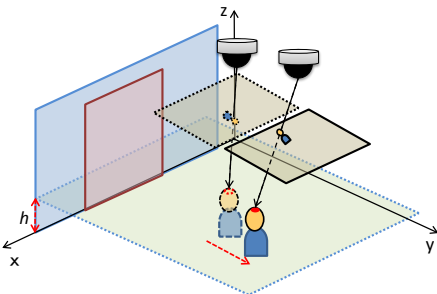


図4. 天井カメラ間の対応付け。点線の人物は前時刻で検出された人物を示し、点線矢印は人物の移動方向を示す

ただし、ハフ変換による頭部位置の検出結果は視点の違いやエッジ検出の結果により、フレーム毎のブレが大きいため、実運用上は移動平均等により人物位置情報を平滑化することが望ましい。

3. 実験

3.1 実験構成

単純化のため、図5のように4台の天井カメラを配置した構成をとり、1人の被験者に入口から x 軸正方向に向かってジグザグに歩行してもらい、天井カメラの視野をまたいだ人物追跡が実現できるかどうかの検証を行った。位置検出結果に対しては、過去4点の検出結果を平均する平滑化処理を行った。

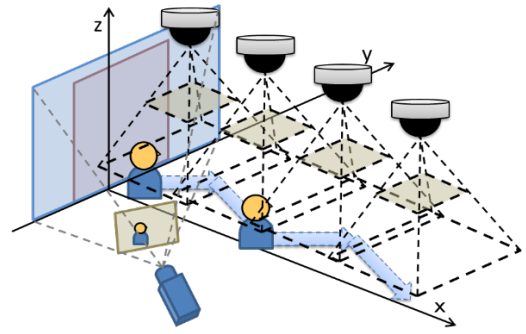


図5. 実験構成. 天井カメラを、人物頭部の高さ付近で意図的に視野が重複するように配置する

3.2 結果

以下の図6に2つの天井カメラで得られた人物追跡の結果を示す。なお、図6では各カメラの視界範囲を点線で示した。

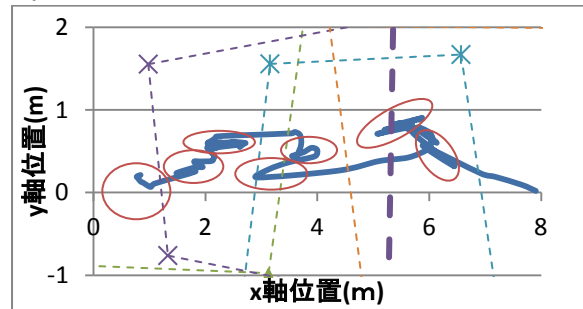


図6. 被験者の移動軌跡

4. まとめ

本論文では、撮影対象をカメラの視野をまたいで追跡できる手法を検討し、そのアルゴリズムを提示した。また予備実験の結果について報告した。本論文で提示したアルゴリズムでは、最低限必要な環境モデルは入口矩形の位置とカメラパラメータのみであり、また環境内の任意位置を少なくとも1台のカメラでカバーする構成で実現可能である。

今後、示した構成によるアルゴリズムの精度や計算量を実験によって示し、実用に耐えるかどうかの検証を行っていく。また、天井カメラをより安価なセンサに置き換えて実現が可能かどうかの検討を併せて行っていく。

参考文献

- [1] 小林貴訓, 佐藤洋一, 杉本晃宏. "視野を共有しないカメラ群を用いた人物行動軌跡の推定." *情報処理学会研究報告* (2005): 1-8.
- [2] 窪田進, et al. "複数の全方位カメラによる人物動線計測システム." *東芝レビュー* 63.10 (2008): 44-47.
- [3] Viola, Paul, and Michael Jones. "Rapid object detection using a boosted cascade of simple features." *Computer Vision and Pattern Recognition, 2001. CVPR 2001. Proceedings of the 2001 IEEE Computer Society Conference on*. Vol. 1. IEEE, 2001.