

固定カメラ画像における人物領域の重心からの足元位置同定に関する研究

○森下 壮一郎, 浅間 一

東京大学 人工物工学研究センター

Study on Identification of Position of Foot from Barycentre of Figure in The Footage

○Soichiro MORISHITA, and Hajime ASAMA

RACE, The University of Tokyo.

Abstract: In behavior analysis of the person in footage, it is necessary to specify the position of foot. Though there are some methods to estimate it, most of them need high computational cost. In this paper, we propose the method which can easily specify the position of foot from its relation with barycentre of figure with low computational cost.

1 はじめに

固定カメラ画像に映っている人物の行動解析において、その人物の位置を同定するためには、まず足元の位置を同定することが必要である [1]。一般に、画像中の物体の実環境における位置の同定は画像の座標系の世界座標系への変換により行われるが、カメラ画像は奥行きなどの情報が失われている。カメラ画像からの三次元モデルの推定手法も種々提案されているが、ステレオカメラを必要としたり計算コストが高いなどの難点がある。

本稿では、画像中の人物領域の重心と足元位置とを対応づけることで簡便に足元位置を同定する手法を提案する。そして提案手法を上方から建物の出入り口付近を撮影した動画画像に適用し、その有効性を示す。

2 理論

2.1 背景差分画像

固定カメラで撮影された画像に映っている人物の足元位置の同定を行うに先立って、背景差分画像が得られているものとする。これは、あらかじめ用意した背景と入力画像との差分を取り絶対値をある閾値で二値化して画素値を $\{0, 1\}$ で表したものである。一例を Fig.2 に示す。左が背景画像、中央が入力画像、右が背景差分画像である。背景差分画像においては、画素値が 0 の領域を黒で、1 の領域を白で示した。入力画像に映っている人物の領域が移動物体として背景差分画像に現れているのがわかる。

なお CCD のノイズの影響により移動物体以外の領域で背景との差が大きくなってしまふことがあるが、閾値を適切に設定することでそのような場合を取り除くものとする。また照明条件によっては移動物体による影が生じる。

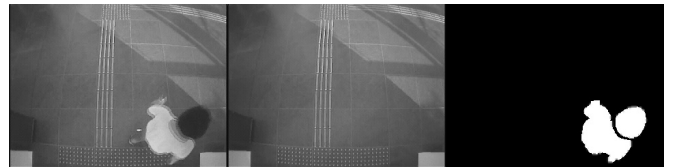


Fig. 1 A set of example of input image(left), background image(center), and differential image(right).

この領域も背景との差が大きくなるので移動物体と見なされてしまう。これに対処するために、影になっている領域は背景と高い相関があることを利用する。具体的には、背景画像と入力画像との相関値を計算し、ある閾値を超えた場合はその領域を影と見なして取り除く。

2.2 足元位置の決定

前節で得られた背景差分画像を $P = (p_1, p_2, \dots, p_N)$ で表す。ここに、 N は背景差分画像のうち 1 の値を持つ画素の総数で、0 ではないとする。 $p_i = {}^t(x_i, y_i)$ はそれらのうち i 番目の画素の座標 (x_i, y_i) を並べた列ベクトルとする。このとき、画像 P の重心 m は次の式で計算できる。

$$m = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N p_i$$

次に、 X の分散共分散行列 V を次のように計算する。

$$V = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (p_i - m)^2$$

床面に垂直な直線の消失点を v とし、 \hat{e}_1 を次のように定義する。

$$\hat{e}_1 = \begin{cases} e_1 & (v \cdot e_1 \geq 0) \\ -e_1 & (v \cdot e_1 < 0) \end{cases}$$

ここに、 e_1 は V の第 1 固有ベクトルである。さらに重心 m と \hat{e}_1 を用いて

$$f = m + 1.96s_1\hat{e}_1$$

を計算し、この点 f を足元位置とする。ここに、 s_1 は V の第 1 固有値の平方根である。

2.3 移動平均による平滑化

重心は微細なノイズに頑健な量である一方、分散共分散行列は特に重心から離れた位置に現れるノイズの影響を受けやすい。その結果、重心の軌跡に比して足元位置の軌跡は不安定になる。これを解消するために、前節で求めた \hat{e}_1 および s_1 を移動平均により平滑化する。

3 実験

提案手法の有用性を検証するため、実画像に適用して足元位置を同定する実験を行った。実験には、東京大学柏キャンパスの柏図書館において入口上部に固定カメラを設置して出入りする人物を撮影した動画から、同時に 1 人しか映っていない部分を切り出した延べ 25 人分、2351 枚の画像を用いた。

3.1 前処理

背景画像は M-estimation による適応的背景推定手法 [2] を用いて作成した。なお、柏図書館入口付近は壁面が前面ガラス張りの準屋外環境であるため、日照条件による影が生じる。実験では、8 ピクセル四方の局所領域における背景画像と入力画像との相関値を計算し、0.99 以上の相関値が得られた領域を影と見なした。さらに膨張収縮処理を施してノイズを取り除いた。

3.2 足元位置の決定

Fig.2 に提案手法により足元位置を決定した結果を示す。右は 8 フレーム毎に重ね合わせた画像、左は分散共分散行列を対角化して得られる式によって表される楕円を描画したものである。ただし、この楕円は長軸短軸共に 1.96 倍してある。楕円の長軸は人物の正中線にほぼ沿っていることがわかる。この向きは \hat{e}_1 に相当する。また f は楕円の長軸の端、すなわち人物を覆う楕円の先端に対応していることがわかる。

3.3 平滑化後の結果

Fig.3 に、重心および足元位置の軌跡を示す。重心を点線で、足元位置は実線で表した。左は平滑化前、右は平滑化後のものである。平滑化前は、重心が比較的安定しながら推移している一方で、足元位置は重心に比べるとやや安定しない傾向がある。平滑化により、足元位置の推移が若



Fig. 2 The overlaid image par 8 frames(left), and the image with overlapping oval(right).

干改善されている。

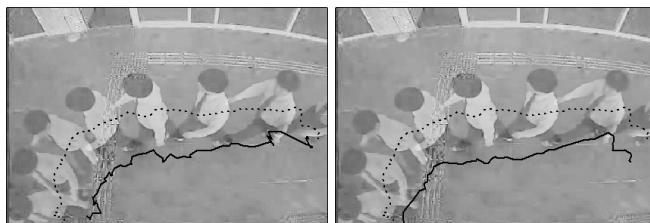


Fig. 3 The estimated track of a person(left), and smoothed one(right).

4 おわりに

背景差分画像の重心位置とその周りの分散を用いた足元位置推定手法を提案した。これは、分散共分散行列の固有値および固有ベクトルから求められる移動物体領域を覆う楕円の長軸方向の端が、その人物の足元に対応することを利用するものである。

重心は微細なノイズについて頑健である一方、分散は重心から離れた位置に現れるノイズの影響が大きく現れる量であるため、それから求められる足元位置は重心に比べ安定しなかった。これには移動平均による平滑化を施すことで対応した。

今後の課題としては、同一フレームに同時に 2 人以上の人物が映っている場合や、オクルージョンが起きている場合などへの対処などが挙げられる。

参考文献

- [1] 鳴海 拓志, 他: “映像提示を用いた動線誘導実験の分析”, 第 6 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会 (SI2005) 講演論文集, pp.473-474, 熊本, 2005.
- [2] 島井 博行, 他: “ロバスト統計に基づいた適応的な背景推定法”, 電子情報通信学会論文誌 D-II, Vol. J86-D-II, No.6, pp.796-806, 2003.