

可変観測窓を用いた歩行者の頭部検出

Head Detection of a Pedestrian Using a Variable Observation Window

川瀬 慎司[†] 金 義鎮[‡] 藤井 敏史[‡] 長谷山 美紀[†] 北島 秀夫[†]
 Shinji Kawase Euijin Kim Toshifumi Fujii Miki Haseyama Hideo Kitajima

1. はじめに

動画中の移動物体の検出に関する研究は、コンピュータの急速な進歩と共に盛んに行われている。特に、人物検出の分野では、セキュリティや人流計測などに広く応用されている。人物検出は、移動物体に対して人物の特徴を用いることにより人物を判断、検出する。その判断条件として、エッジや色情報などが利用されている。しかし、体型、姿勢の変化、影の影響や肌の色への対応が問題であり、高精度な検出は困難である。そこで本稿では、移動人物は頭部形状の変化が少ないことを利用し、その頭部を円として検出する頭部検出手法を提案する。

2. 従来手法の問題点

中上らが提案した手法 [1] は、移動領域の横幅の変化量を用いて人物検出を行った。人物の横幅の変化量はほぼ頭部幅以内に収まることを利用し人物領域を精度良く、かつ高速に検出した。しかし、簡易な処理であるために移動領域の抽出の低精度による誤検出がみられる。また、馬場らによる手法 (HeadFinder)[2] は、歩行者の腕や足の変化により胴体形状は変化するが、頭部形状はほぼ変化しないことに着目し、人物頭部はほぼ円であることを利用した。その頭部を検出するために、いくつかの顔サイズのテンプレート円を用いエッジに対して Hough 変換を行うことで精度良く人物頭部を検出した。しかし、エッジが多い場合、Hough 変換による円候補が多数発生するので誤検出が生じやすい。

一方、玉木ら [3] は各エッジ線に k -曲率を利用することにより曲線の抽出を行い、その抽出された曲線に円を当てはめることにより頭部検出を行った。しかし、エッジ線の途切れにより、曲線を直線として誤検出することが問題点としてあげられる。

そこで、提案手法では頭部に関与するエッジの抽出、可変観測窓を用いる円の探索範囲の限定による円候補の削減をし、頭部の検出精度の向上を図る。

3. 提案手法

提案手法では、横方向に移動する歩行者に対する頭部検出を行う。また、処理範囲、エッジの削減による頭部円の誤検出の低下を目的とする。3.1 節で移動物体の初期判定、3.2 節で移動物体の最上部の安定した検出、3.3 節で人物の上半身を覆う可変観測窓の設定、3.4 節でエッジの削減、1次元パラメータの Hough 変換による頭部検出の詳細を述べる。

3.1 画像内の移動物体の初期判定

図 1 に示すように、画像両端に検知領域、算出領域を設置する。算出領域の横幅はカメラの設置条件に依存し、

画像内に現れる最も大きな頭部サイズを含む横幅とする。また、検知領域の横幅は 5 画素とする。

各検知領域内における背景差分画像を作成し、差分領域の割合により侵入物の初期検出を行う。侵入物とは画像外より画像内に入った移動物体を意味する。侵入物が検知された場合、検知された側の算出領域内の背景差分により移動領域を抽出する。

全画像ではなく検知領域と算出領域で移動物体の初期判定を行うことにより、処理範囲の削減を可能とする。

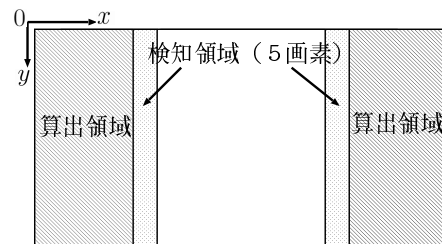


図 1: 検知領域と算出領域

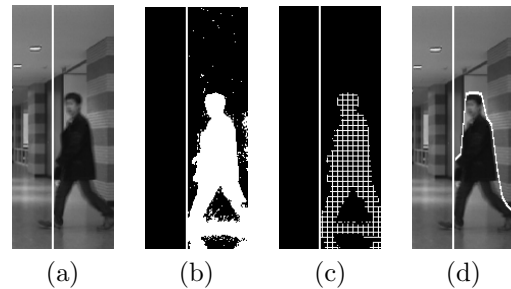


図 2: 右端より侵入する一例 (a) 入力画像, (b) 差分画像, (c) 高頻度領域ライン, (d) (c) の各ラインの最上部を結んだ様子 (各画像内の縦ラインは算出領域の左端を示す)

3.2 縦分割による移動領域の最上部の検出

図 2(a) と (b) に示すように、背景差分を用いて移動物体を抽出する場合、照明の変化や影の影響などによるノイズが生じやすい。ノイズの削減を目的とし、中上ら [1] は差分画像の横分割によるヒストグラムを用いた高頻度領域ラインの抽出を行った。

本手法では縦と横分割での高頻度領域ラインの抽出を行う。図 2(c) に示すように、両分割で抽出された領域を高頻度領域ラインとして抽出する。抽出された縦方向の各高頻度領域ラインの上部 y 座標より最上部の y 座標 y_{top} (移動領域の最上部) を決定する。図 2(d) に示すように、縦方向にも適用することでノイズを削減し安定した移動領域の最上部 y 座標の決定を行う。

[†]北海道大学大学院 情報科学研究科
[‡]北海道情報大学

3.3 可変観測窓の設定

本節では、頭部円の誤検出の抑制を目的とし、人物の上半身を覆う可変観測窓の設定を行う。また、可変観測窓の設定により、頭部検出の範囲を限定し処理範囲の削減を行う。

3.3.1 縦分割幅 α と許容幅 β の設定

人物を縦に 10 に分割する際の縦分割幅を α とする。横方向からの撮影条件においてカメラからの距離により人物のサイズが変化し、それに伴い縦分割幅 α は変化する。また、観測窓が確実に上半身を覆うために観測窓に許容幅 β をもたせる。 α と β は人物領域最上部 y 座標と依存関係があり、式 (1) と (2) によりそれぞれ近似する。3.2 節で決定した移動領域最上部 y 座標 y_{top} より α と β を決定する。

ここでのカメラ設置条件による人物領域最上部 y 座標と α と β の各関係を図 3 に示す。

$$\alpha = ay^2 + by + c \quad (1)$$

$$\beta = dy + e \quad (2)$$

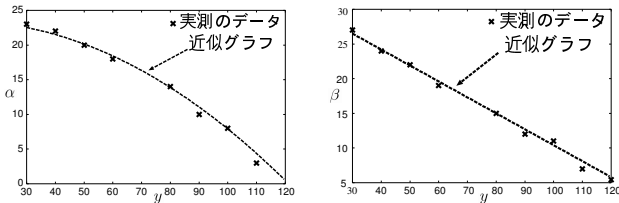


図 3: 各最上部 y 座標に対する実測によるデータと近似グラフ

3.3.2 観測窓の算出

抽出された n 個の横方向の各高周波領域ラインの左端と右端の x 座標をそれぞれ x_i^L と x_i^R ($i = 1, \dots, n$) とする。図 1 に示したように、画像における (x, y) 座標と原点を設定する。

観測窓の上部と下部の y 座標をそれぞれ y_T と y_B とする。左部と右部の x 座標をそれぞれ x_L と x_R とする。人物の上半身を覆う観測窓の各座標の値は以下の式 (3) ~ (6) により得る。

$$y_T = y_{top} - \beta \quad (3)$$

$$y_B = y_{top} + \gamma \times \alpha \quad (4)$$

$$x_L = \min x_i^L - \beta \quad (i = 1, \dots, n) \quad (5)$$

$$x_R = \max x_i^R + \beta \quad (i = 1, \dots, n) \quad (6)$$

式 (4) における γ は閾値であり、人物を 10 に分割した際の頭部頂点から上半身を覆う分割数である。我々の計測により、 γ は 4 とする。

移動物体の重なりが生じる場合、文献 [1] の横幅変化量を用いた移動領域の分割を行い、各領域に対して観測窓を設定する。

3.4 頭部円の検出

本節は、Sobel フィルタを用いたエッジの削減、円の探索範囲の削減を目的とする。また、Hough 変換のパラメータを 1 次元に削減し、安定及び高速な頭部円の検出を行う。

3.4.1 頭部上部、頭部頂点候補エッジの抽出

観測窓内の入力画像に対して Canny オペレータによるエッジ画像を作成する。抽出した各エッジ点に対して、Sobel オペレータによる輝度勾配の方向 (以下、エッジ方向と呼ぶ) を利用し、エッジの削減を行う。エッジ方向の角度の設定は、画像の鉛直上向き方向を 0° とする。

図 4 より、グラフの形、変化の様子から頭部は円に近いといえる。特に、 $-80^\circ \leq \theta \leq 80^\circ$ (頭部上部) での相関が強い。頭部上部での相関性を用いて、エッジ画像にてエッジ方向が $-80^\circ \leq \theta \leq 80^\circ$ であるエッジ点 (頭部上部候補のエッジ点) のみを残し、エッジの削減を行う。エッジの削減の結果を図 5 に示す。

また、頭部頂点のエッジ方向は 0° 付近である。この特徴を利用し頭部頂点候補 (円の最上部) の座標を決定する。頭部上部候補のエッジ点より、エッジ方向が $-5^\circ \leq \theta \leq 5^\circ$ であるエッジ点を頭部頂点候補とする。

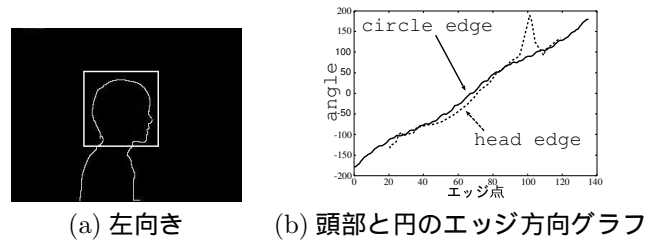


図 4: 四角内の頭部輪郭線と頭部サイズの円のエッジ方向の様子 (頭部、円の最下部より時計周りに輪郭線上のエッジ点を横軸にとる)

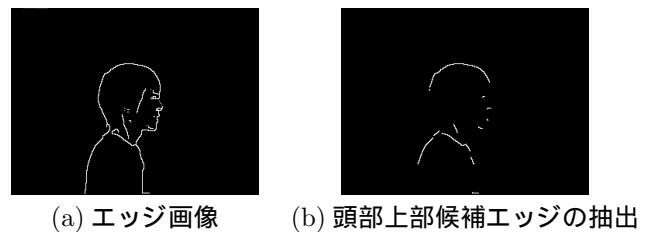


図 5: エッジの削減の一例

文献 [3] では、頭部に関連する曲線を抽出するためにエッジ線に対して k -曲率を適用する。このエッジ線に対する処理はエッジの抽出精度が低く曲線のエッジの一部が途切れた場合、直線であるとみなされる問題点がある。しかし、エッジ方向は各エッジ点に対する処理であ

るのでエッジの抽出精度の影響を受けないことよりエッジの抽出に効果的である。

3.4.2 Hough 変換による円検出

頭部頂点候補を円の最上部点として頭部上部候補のエッジ画像に対して Hough 変換による円の検出を行う。

円の一般方程式は中心座標 (x_c, y_c) , 半径 R とし式 (7) により表される。

$$(x - x_c)^2 + (y - y_c)^2 = R^2 \quad (7)$$

3.4.1 節で頭部頂点候補を決定することにより, Hough 変換の際のパラメータを 1 次元に削減することができる。 (x_c, y_c) , R を以下のように設定する。

- R : パラメータ。カメラの設置条件より画像内の頭部としての大きさを考慮しパラメータ範囲を設定。
- x_c : 頭部頂点候補エッジ点の x 座標とする。
- y_c : 頭部頂点候補エッジ点の y 座標 + 半径 R とする。

頭部上部候補エッジ点を抽出した画像に対して, 各頭部頂点候補より算出される中心座標による 1 次元パラメータの Hough 変換を行う。最大投票値を得た円を頭部として検出する。

4. 実験および考察

一人の人物が画像右端より左へ向かう画像に対して, 提案手法による頭部検出を行った。実験画像は 320×240 画素, 256 階調の濃淡画像である。実験マシンは, Celeron1.4GHz を用いた。今回の撮影条件における式 (1) と (2) の係数は $a = -0.0018$, $b = 0.025$, $c = 23.4$, $d = -0.23$, $e = 33.4$ である。実験結果を図 6 に示す。また各図中の縦ラインは算出領域のラインである。

図 6 に示したように, 画像内の各歩行者サイズに対して上半身を覆う可変観測窓が設定されている。縦方向の高頻度領域によるノイズの削減により移動領域の最上部を精度良く検出し, 観測窓を安定して設定することが可能であることが確認できた。また, 頭部を精度良く検出できていることから, エッジの削減, 円の探索範囲の削減が誤検出の低下に効果的であることが確認できた。

しかし, 図 7(a) に示したように, 大きな荷物を持つ歩行者のような横幅の変化量に頭部幅以上の変化が見られる場合, 移動領域を分割し観測窓と円の誤検出が生じた。また, 図 7(b) に示したように, 大きく手をふる歩行者では観測窓が大きくとられ余分な部分を含むことにより観測窓の設定の精度が下がる場合があった。前者の問題に対しては, 観測窓内で検出される円内の色情報を用い頭部としての評価を行う対策が考えられる。また, 後者の問題に対しては, 移動領域の上部の横幅を可変観測窓の横幅に利用する対策が考えられる。

可変観測窓の安定した設置の実現は, 処理範囲の大幅な削減を可能とする。複数の歩行者の処理における処理範囲の削減による処理時間の短縮, また, 現在 320×240 画素の画像が実験の対象であるが, 640×480 画素からなる高精度画像での高速処理も期待できる。

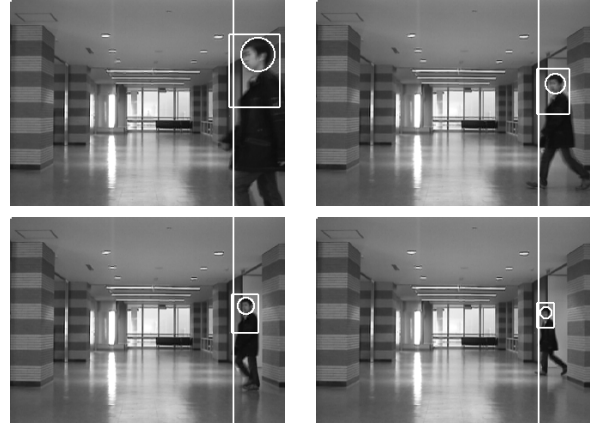
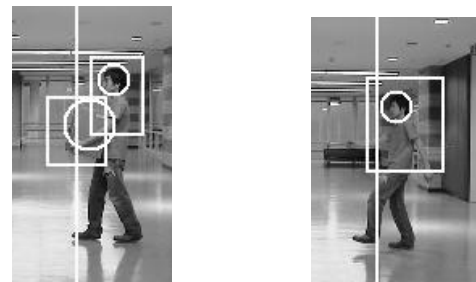


図 6: 各サイズにおける可変観測窓と頭部円



(a) 分割ミスによる誤検出 (b) 観測窓の過剰検出

図 7: 誤検出, 過剰検出の例

5. まとめ

本稿では, 可変観測窓の設定による頭部検出を提案した。観測窓の設定, エッジ方向によるエッジの削減により安定した人物頭部検出を行うことができることを確認した。今後の課題としては, 過剰分割, 過剰検出に対する対応方法, 複数の歩行者に対する安定した各頭部の検出, 重なりが生じる場合の処理方法等があげられる。

参考文献

- [1] 中上 友宏, 松尾 啓志, "人物モデルと体軸方向フィルタリングを用いた実時間人物検出・計数システム," T.IEE Japan, pp.2011-2019, Vol.122-C, No.12, 2002.
- [2] 馬場 功淳, 大橋 健, 乃万 司, 松尾 英明, 江島俊朗, "HeadFinder: フレーム間差分をベースにした人物追跡," 画像センシングシンポジウム 2000, pp329-334, 2000.
- [3] 玉木 徹, 山村 毅, 大西 昇, "画像系列からの人物領域の抽出," T.IEE Japan, pp.37-43, Vol.119-C, No.1, 1999.