

監視カメラ映像からの実時間顔検出手法の一検討

Real-time Face Detection from Surveillance video

飯村 葉子†
Yoko Iimura

金子賢一‡
Kenichi Kaneko

甲藤 二郎†
Jiro Katto

小林哲則†
Tetsunori Kobayashi

1. まえがき

顔検出は人物の特徴を抽出する手段として有効とされ、研究が盛んに行われている。検出された顔は様々な識別処理へ渡される事が想定されるが、現在行われているそれらの多くは、人がカメラの存在を意識して静止し、かつ比較的高解像度である画像から、人物の特徴を抽出し、識別するものである。

本研究では、人にカメラを意識させることを必要としない画像入力システムの実現を目指しており、また比較的安価である監視カメラ相当の動画像を入力に想定する。一般に監視カメラからの映像は低解像度であり、また、多様な環境下に置かれている。そこで本研究では、比較的低解像度な動画像から、高い検出率かつ、高い抽出位置精度を実現する、顔検出システムの一手法を提案する。

2. 提案手法

2.1 提案手法

筆者等による従来システム[2]では、ロバストで、比較的高い顔検出率をあげているが、画像に応じて位置精度にはらつきがあった。さらに、低解像度カメラを入力に想定した場合、顔の抽出位置精度を上げるための顔部品位置等の情報が必ずしも取得できるとは限らない。そこで本研究では、まず[2]の手法による顔抽出を行った後、後述する手法に従って顔部品等の位置情報の取得を試みる事で、顔抽出位置を補正し、最終的には元の位置との尤度比較により、検出位置を決める。これにより、システム全体として、高検出率かつ高精度な顔検出を実現する。

2.2 全体処理フロー

図1に本研究における顔検出の全体処理を示す。処理は主に、顔抽出部(筆者等の提案した従来システム[2]に相当)と顔位置補正部(提案手法)からなる。まず、背景差分と肌色抽出によって、顔探索範囲を絞り込む。顔抽出部では、テンプレートマッチングで顔候補を抽出した後、PCAにより次元圧縮した顔画像の輝度値を用いて、GMMで顔/非顔の判定を行い、この時の尤度で顔らしさの確率の算出を行う。

次に顔位置補正部では、顔と判定された領域内で目の抽出を行う。両目が検出できた場合は、その位置を基に、顔抽出位置(サイズ、回転)を補正する。

しかし、補正部では、必ずしも正確な目検出ができるとは限らない為、最終的には、補正した顔画像から再度PCAとGMMを用いて顔らしさの確率を算出し、先に求めた確率と比較して高い方を最終的な顔位置として検出結果とする。

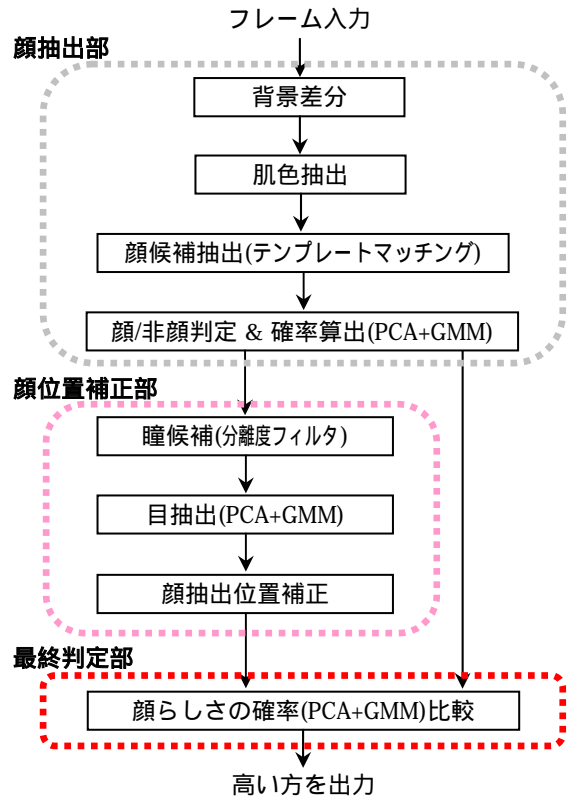


図1. 全体処理フロー

2.3 顔抽出部 [2]

2.3.1 背景差分

本研究ではカメラが固定である事を前提としているため、顔探索領域を絞るために、背景差分を利用する。背景として初期設定した画像と、現フレーム画像の、各RGB値の差分領域を顔探索範囲とする。また、一定時間内のRGB値の分散が閾値以下となった場合には、随時背景画像の更新を行う事で、時間経過による背景の変化にも対応させる。

2.3.2 肌色抽出

さらに顔探索範囲を絞るため、一般に人の顔特有とされる肌色情報を利用する。表色系HSを使用し、閾値によって肌色を抽出し、顔候補領域とする。

2.3.3 顔候補抽出部

まず、入力画像(640×480)を3段階に縮小し、それぞれについて、16×16~30×30の大きさの顔画像テンプレートを用いてマッチングを行う。マッチ度の高いものを顔候補として抽出する。次に、この画像を24×24に変換し、ヒストグラム平滑化を施したグレイスケールの輝度値をPCAによって次元圧縮後、GMMによって顔/非顔判定を行う。また、この時GMMより出た尤度を用いて、顔らしさの確率を算出する。

† 早稲田大学, Waseda University

‡ NECソフト株式会社, NEC Soft, Ltd.

2.4 顔位置補正部

2.4.1 瞳候補抽出

瞳候補の抽出には、分離度フィルタ[1]を利用する。顔抽出部で顔と判定された画像に平滑化を施し、 60×60 にサイズ変換した後、顔画像上半分を探索範囲として、分離度フィルタをかける。出力値から局所最大位置を瞳位置の候補(図2)とする。



図2 分離度フィルタによる瞳候補の例

2.4.2 目検出

瞳候補として抽出された2点の組合せについて、両目の位置を基に矩形領域を切り抜き、サイズ 15×20 に正規化して、目画像を作成する。分離度フィルタによる候補点(図2)には、眉毛も多く含まれており、また、本研究では、低解像度の画像を用いるため、眉毛と目の区別が難しくなっている。そこで、参照画像には、目部分だけでなく、図3の様な眉、頬を含む範囲のものを使用する。

また、両目の距離と角度が閾値を越えている瞳候補の組合せは、ここで排除する。

右目、左目画像にヒストグラム平滑化を施したグレースケール輝度値をそれぞれ、PCAで次元圧縮する。これに、右目、左目、非目の学習画像を入れて算出したPCAのスコアをGMMによって学習し、右目/左目/非右目/非左目のモデルを作成する。目検出処理では、参照画像をこれらのモデルに入れて、目/非目の判定を行い、また、その中でも、GMMより出た尤度を用いて、最も高い尤度の瞳候補の組合せを両目とし、検出する。



図3 学習目画像

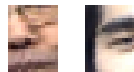


図4 非目画像例

2.4.3 顔位置補正

両目の位置、距離を基に、サイズ、角度の変換によって、位置の補正をする。

3. 実験

3.1 顔抽出部

表1の実験条件を用いて、顔画像(24×24)を学習、識別した。顔抽出予備実験として、人物静止画顔画像545枚(640×480)に対して2.3の顔抽出実験を行った所、95.2%(519枚)の抽出率であった。そのうち、顔ではないものを顔といったもの:3枚、顔と判定されなかったもの:23枚であった。

3.2 目抽出

表1の実験条件を用いて、目画像(15×20)を学習、識別した。目抽出の予備実験として、上記3.1で行った実験で、抽出できた顔画像(640×480)519枚に、実験を行った所、99.0%(514枚)の抽出率であった。

表1 . PCA、GMM 実験パラメータ

	顔	非顔	右目	非右目	左目	非左目
GMM混合数	5	12	7	11	7	11
GMM学習数	3500	3500	2306	1309	2306	1309
PCA寄与率	80		82		82	
PCA次元数	46		20		19	

3.3 顔検出全体システム実験

Canon VC-C4Rによって一般小売店舗入口で撮影した映像(640×480)を用いて、システムの実験を行った。

3.3.1 顔抽出

顔抽出結果を表2に示す。ただし、水平方向(横向き)の回転については、正面から $\pm 30^\circ$ 以内のものを対象とする。

表2. 顔抽出結果

顔検出率	86.2% (94/116人)
検出顔画像総数	1324枚(1人当たり平均14枚)

3.3.2 位置補正

3.3.1で抽出できた1324枚の顔画像に対して、補正処理を施し、尤度による最終判定処理により353枚(26.7%)の顔画像について補正した位置が採用された。

この補正が採用された353枚について補正の効果を確認するため、以下に示す“高精度検出位置”を満たすか実験を行った。その判定結果を表3に示す。

< “高精度検出位置”の定義 >

- ・ 顔の回転 $\pm 5^\circ$ 以内である事
- ・ 顔の検出サイズを両目間の距離の2倍であると定義した時、(検出された顔のサイズ) / (両目の距離 $\times 2$)が0.8~1.2である事

表3. 顔位置精度評価結果

顔抽出部のみ(従来手法)	21.5%	76/353枚
補正後(提案手法)	92.6%	327/353枚

4. まとめ

本稿では、監視カメラ相当の低解像度映像からの、抽出位置精度を考慮した実時間顔検出システムを提案した。ロバストに抽出を行う「顔抽出部」に加えて、位置補正のために有効な両目位置が得られた時のみ、それを臨機応変に利用し、顔位置補正をする事によって、従来手法と同程度に高い検出率に加え、従来より、位置精度の高い顔検出を実現した。

課題として、「顔抽出部」、または顔位置補正のための、顔部品検出の個々の精度の向上、高速化が挙げられる。また、今後は、水平方向(横向き)の回転も考慮した、実用的な顔検出システムの実現を目指す。

参考文献

- [1] 福井和広, 山口修: “形状抽出とパターン照合の組合せによる顔特徴点抽出”, 信学論(D-II), Vol.J80-D-II, No.8, pp.2170-2177, 1997年8月.
- [2] 金子賢一他: “監視カメラ映像からの人物特徴抽出システム”, FIT2003, K-066.