

顔の向き推定を用いた集中度の推定システム

山本 武志[†] 姜 東植[‡]琉球大学大学院 理工学研究科[†] 琉球大学 工学部情報工学科[‡]

1. はじめに

コンピュータの性能向上, アルゴリズムの改良により, 顔認識は一般的な技術となりつつある。デジタルカメラのオートフォーカスや表情認識などは比較的古くからある応用だが, 近年はスマートフォンのユーザー認証, マーケティングなどに応用され始めている。マーケティングへの応用は, 広告にカメラを設置し, 広告に注目した人物の年齢, 性別と注目した時間を記録し, 広告の効率を測定する, 自動販売機にカメラを設置し, 前にたった人物の年齢, 性別と注目した商品の情報を得て, 同時に人物の属性から商品を推薦する事などが行われている。

近年, 少子高齢化により子供一人にかかる教育費が増加し, それに伴い教育の質の向上が求められる。本研究では, 顔認識を教育に利用するため, 授業の様子を撮影した動画から生徒の顔を検出し, 顔の向き推定により生徒が授業に集中しているかを計測する事により授業を評価するシステムを開発する事を目的とする。

顔の検出は古くから研究がされており, 様々な手法が提案されている。現在顔検出において一般的な手法は *viola* ら⁽¹⁾が提案した物で, 顔の検出を高い精度で高速に行う事が出来るが, 高い精度を保つために非常に多くの教師データを必要とする, 教師データの画像と向きが大きく異なる顔を検出する事は出来ないという問題がある。顔の向き推定には, 顔の3次元形状を用いる手法や顔部品の位置関係を用いる手法が提案されている。3次元形状を用いる手法は, 推定の精度が高いが, 精度を高くするために膨大な教師データを必要とする。顔部品の位置を用いる手法は, 必要とする計算量と教師データが少ないが, 推定の精度が低くなる。授業の様子を撮影した動画では複数の人物をフレームに含むため, 少ないデータから顔の向き推定を行う必要がある。

そこで, 本研究ではフレーム間差分を用いた顔領域の追跡と, 色情報を用いた顔部品検出により, 顔の位置と向きを推定する手法を提案する。動画の始めのフレームにおいて顔検出を行い, フレーム間差分の結果から顔領域の動きの向きと大きさを得る事により顔を追跡し, 顔部品の位置と顔領域の動きから向き推定を行う。

2. 顔追跡

前処理として, 動画の最初のフレームから *violation* 法を使用して正面顔を検出し, 顔領域の座標, 幅, 高さを得る。また, 検出した顔領域の色情報から肌色基準値を求める。顔領域の色空間を RGB 表色系から *L*a*b* 表色系へと変換し, *a* と *b* の値のヒストグラムを作成し, 最大値をとる値を肌色基準値とする。この値は顔領域の位置調整に用いる。顔が動いていないと判断されたフレームにおける, 顔領域の境界線上の画素値と肌色基準値を比較する。画素値と肌色基準値との差が閾値以上である画素が 1/10 以上を占める境界線を, 逆方向の境界線へ向けて差が閾値以上の画素が 1/10 以下になるか, 移動距離が顔領域の幅, 高さの 1/2 以上になるまで移動する。まず時系列上連続な3枚のフレーム I_1, I_2, I_3 から差分を求める。 I_1 と I_2, I_2 と I_3 からそれぞれ差分を求め, 閾値処理により 2 値画像とする。

(以後, フレーム I_1 と I_2 の差分の 2 値画像を Dp , の差分の 2 値画像を Dn と表す。)

$$Dp(x,y) = \begin{cases} 1 & |I_1(x,y) - I_2(x,y)| > thr \\ 0 & otherwise \end{cases} \dots\dots(1)$$

$$Dn(x,y) = \begin{cases} 1 & |I_2(x,y) - I_3(x,y)| > thr \\ 0 & otherwise \end{cases} \dots\dots(2)$$

ここで, thr は 2 値の閾値である
次に, 差分 Dp と Dn から運動の方向と顔領域の移動量を得る。顔領域の各画素に対して以下の処理を行う。

- (1) 座標 (x, y) において条件 $(Dp \cap Dn) = 1$ を満たすか確認する。
- (2) (1) の条件を満たすなら, 上下左右に隣接する画素で条件 $(Dp = 1) \cap (Dn = 0)$ を確認す

Estimation system of concentration degree using face direction
[†]Graduate School of Engineering and Science, University of the Ryukyu
[‡]Faculty of Engineering, University of the Ryukyus

- る。
- (3) (2)の条件を満たした座標と逆方向に隣接する座標で $(Dp \cap Dn) = 1$ を満たすか確認する
 - (4) $Dp = 0$ を満たすまで、(3)と同じ方向に隣接する座標への移動と条件の確認を繰り返す。
 - (5) (4)の条件を満たした座標が条件 $Dn = 1$ を満たす場合、線の本数をカウントする。
 - (6) $(Dp = 0) \cap (Dn = 0)$ となる座標まで移動する。
 - (7) 移動先の座標が顔領域の外に位置する場合、条件(5)から条件(6)までの移動量を記録する。記録した値がある場合、より大きい値に更新する。

通常フレーム間差分は動領域を得るために使用されるが、本研究では、時系列上前の差分 Dp の領域を始点とし、動領域を通過し差分 Dn の領域を終点とする垂直、水平方向の線を引き、線分の本数から顔領域の移動方向を判断する。少なかった場合、動きは発生していないと判断する。処理(6)による移動の終点が顔領域の外に位置する時の移動量を上下左右の方向毎に記録しておく、最大の値を移動量とする。

3. 顔部品検出

4方向面特徴量⁽²⁾と輝度を用いたテンプレートマッチングにより左右の目を検出する。4方向面特徴量は、各画素における垂直、水平、右斜め、左斜めの4方向の濃淡値の勾配を求め、ガウシアンフィルタをかけた物で、形状の変化に強いという特徴を持つ。輝度のテンプレートは L^*a^*b 表色系の L の値を用いる。肌色基準値と画素値との差を特徴量とする色差特徴と4方向面特徴量を組み合わせて精度を向上させる手法が本郷ら⁽³⁾により提案されているが、属性値 a, b と比較して、輝度値 L は顔部品と肌領域との値の差が大きいことが予備実験によりわかったため、輝度値を特徴量として用いる事を決定した。4方向面特徴量の4種類のテンプレートによるテンプレートマッチングの結果得られた類似度と輝度値の類似度の総和から、目の位置を判断する。類似度が閾値-2.0以下で、フレーム全体で最小となる座標を目の存在する座標 (x_e, y_e) と判断する。座標 (x_e, y_e) における類似度が-2.7以下なら、この座標を中心にテンプレートの大きさと同じ範囲を除外し、類似度が最小の座標を再び判断する事により両目を検出する。

顔部品検出による顔の向き推定は、最初のフレームと顔領域が動いていないと判断されたフレームでのみ行う。最初のフレームでは両目の座標の差分から両目の距離 d_e を得、顔の状態は正

面顔であるとする。次以降に部品の検出を行う時は、前回の顔の状態と顔領域の座標から顔の状態を推定する。顔の向きは、横方向の角度を式(3)、カメラと垂直な軸の回転角度を式(4)より判断する。式(3)の符号は、推定した顔の状態より決定する。

$$\text{Cos}^{-1}(|x_r - x_l|) \dots \dots \dots (3)$$

$$\frac{1}{2}\pi - \text{Sin}^{-1}(y_r - y_l) \dots \dots \dots (4)$$

4. 実験

被験者一人が首を左右に振るフレームレート30fpsの動画200フレームに顔追跡と向き推定を行った。動画の大きさは640×480、使用したテンプレートは26枚の顔画像から目の部分を切り取って作成した。顔の向き推定が発生したフレームの検出結果を図1に示す

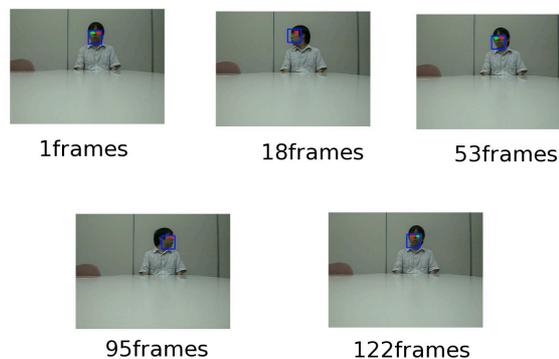


図 1 検出結果

文 献

- (1) Paul Viola and Michael J. Jones “Rapid object detection using a boosted cascade of simple features”, JEEE CVPR, 2001
- (2) Hongo Hitoshi, Yasumoto Mamoru, Niwa Yoshinori, Yamamoto Kazuhiko, “Face Recognition Using an Adaptive Discriminant Space, IEICV Technical Report HIP, 101(423), 55-62, 2001-11-08
本郷仁志, 安本護, 丹羽義典, 山本和彦, “適応的判別空間生成による顔認識手法の提案”, 電子情報通信学会技術研究報告. HIP, 101(423), 55-62, 2001-11-08
- (3) Hitoshi Hongo and Kazuhiko Yamamoto, “Face and Feature Detection Using Skin Color and Motion”, The journal of the Institute of Image Information and Television Engineers, 52(12), 1840-1847, 1998-12-20
本郷仁志, 山本和彦, “動領域内の肌色推定による顔領域および顔部品抽出”, 映像情報メディア学会誌: 映像情報メディア, 52(12), 1840-1847, 1998-12-20