

更新型テンプレートマッチングを用いた 眼鏡装着時における目の位置検出に関する検討

籠谷 徳彦 加藤 誠巳
(上智大学理工学部)

1. まえがき

近年、防犯のための個人認証システムに対する要求が増大してきている。そのため、顔認証システムで使われている顔認証や表情認識などの顔画像認識に関する研究がさかんに行われている。特に、顔画像認識の中で重要なのは目の位置検出である。

筆者らは従来から、静止画像を入力として眼鏡の有無に関わらず目の位置検出を行っていたが、動画画像を入力とした目の位置検出は行っていなかった。

本稿では、動画画像を入力として目の位置検出を行う。目の位置検出をするには大きく分けて二つの検出処理過程、すなわち初期検出と追跡検出がある。本稿では、これらの検出処理を組み合わせ、目の位置検出を行う手法に関して検討を行った結果について述べる^[1]。

2. 撮像デバイスについて

目の位置検出をする際の撮像デバイスとして赤外線カメラや Web カメラが使用されている。

赤外線カメラには遠赤外線カメラと近赤外線カメラがあり、赤外線カメラの利点は、暗闇でも瞳孔の高精度な検出が行えることである。一方で赤外線を照射しなければならないこと、ならびに色情報を取得できないという問題点がある。さらに赤外線の中でも、遠赤外線カメラでは眼鏡装着時はレンズの影響で目が検出できないという問題点もある。

Web カメラは、色情報を利用できるという利点と、安価に入手できるようになったことに加え、インターネット接続に対応した新しいビデオ通信アプリケーションが登場したことから、広範に普及しているという利点がある。しかし、暗闇では色情報を得ることが出来ないために、利用できないという欠点もある。

本稿では、多くの人々が利用できるデバイスを利用したアプリケーションを構築するため、Web カメラが広く普及している点に着目し、Web カメラを用いた目の位置検出を提案する。

A Detection Method of Eyes with Glasses Using Updated Template Matching
Norihiko KOMORIYA, Masami KATO
Sophia University

3. システムの概要

本システムは、一台の Web カメラ (Logitech QV-4000WH) で撮影した 320 × 240 (Pixels) の QVGA の動画画像を入力として、目の初期検出をした後に目の追跡処理を行う。目の位置検出の手順を図 1 に示す。

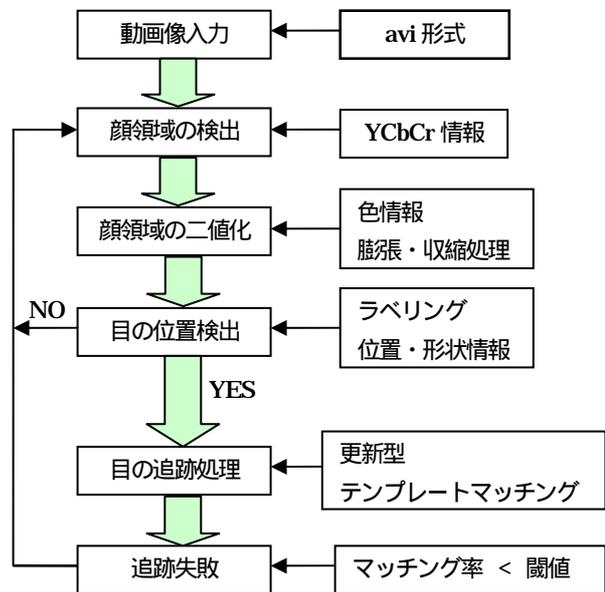


図 1 目の位置検出の流れ

4. システムの構成

4.1 目の初期検出

動画画像が入力されたら、まず初めに目の初期検出を行う。初期フレームの目の位置を検出するための手順は以下のようになっている。

撮影された画像に対して顔領域を検出するために、YCbCr 情報を用いて肌色領域を求め、その領域の総面積と重心を求める。その結果より顔領域と見做す正方形の大きさと位置を算出する。顔領域が検出できたら、その領域を二値化して、黒色の目の候補領域を求める。このとき、撮影された動画画像は、日本人に限定することにより、瞳の色が黒色であるという制限を設けた。目の誤検出の要因には、眼鏡のレンズの反射や眉毛などの原因があるが、色情報・顔の相対位置などを用いることで誤検出を少なくした。

さらに、精度向上の目的から分離度フィルタ^[2]を用いて

円の判定をすることで、目の候補領域の検出を行う。分離度フィルタとは、区切られた2つのそれぞれの領域において、(1)式を用いて画素の輝度値の統計的な差がどれだけあるかを測定するフィルタである。このフィルタを用いることにより、黒目と白目の輝度値の差から黒目を検出でき、また極めて不明瞭な円形領域を特徴点候補として安定して検出することができる。

$$S = \frac{n_1(\bar{P}_1 - \bar{P}_m)^2 + n_2(\bar{P}_2 - \bar{P}_m)^2}{\sum_{k=1}^N (P_k - \bar{P}_m)^2} \quad (1)$$

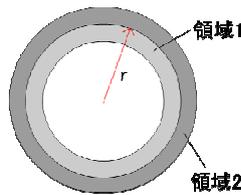
N:領域内の全画素数

n_1, n_2 :領域1,領域2の画素数

P_k :位置kにおける輝度値

\bar{P}_m :領域全体での輝度の平均値

\bar{P}_1, \bar{P}_2 :領域1,領域2での輝度の平均値



分離度フィルタを用いることで、眼鏡のレンズの反射や眉毛などの領域を目の候補領域から排除できる。それは、(1)式で計算した分離度Sの中で最も高いものを選択するからである。その際、目の候補領域の重心からx・y方向にそれぞれ5Pixelの範囲までずらした座標の分離度Sも計算する。これは、重心が実際の目の位置からずれていた場合の補正処理である。また、目の大きさが一定ではないことを考慮に入れて、図2の赤い円のように分離度フィルタの半径rを変化させて計算する。これらの補正処理により目の候補領域の中から正しく目の検出ができる。

最後に、目の位置が検出されたとき、それぞれの黒色領域の総面積から目の領域と見做す長方形の大きさと位置を算出する。



図2 フィルタ半径r

4.2 目の追跡

3.1の処理で目の初期検出が出来たら、フレーム相関を考慮に入れた目の追跡処理を行うのだが、それには更新型テンプレートマッチングを用いる。

まず、検出した目の領域を初期テンプレートとして保存する。そして、次フレームで保存したテンプレートを使用してマッチングを行うことで、目の追跡を行う(図3.1, 3.2)。これ以降の処理も同様に、n-1フレームの目の領域をテンプレートとして、nフレームとマッチングすることで目の位置検出を行う。

nフレームでテンプレートマッチングする範囲は、n-1

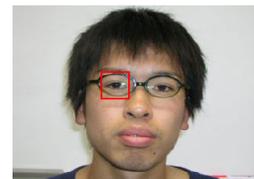
フレームで検出した目の領域に、x・y方向にそれぞれ10Pixelずつ加えた範囲とする。この範囲の中で最もマッチングしたテンプレートの重心座標が、nフレームの目の位置となる。

しかし、更新型テンプレートマッチングには検出位置の誤差の蓄積という問題点がある。すなわち、検出した目の位置と実際の目の位置が少しずつずれて、そのずれが累積した結果、誤検出を引き起こす。この問題点を改善するために、マッチング率が閾値以下になった場合は、再度初期検出をすることで目の位置の検出を行う。



青色の長方形の領域をテンプレートとして保存

図3.1 n-1フレーム



赤色の長方形の範囲をテンプレートマッチング

図3.2 nフレーム

5. 実行結果

目の位置検出した結果を図4に示す。本手法を用いることにより、眼鏡の有無に関わらずリアルタイムで目の位置検出が可能となった。QVGAの動画像を入力とすると、約12fps(Pentium 3.4GHz)で処理できた。



図4 実行結果

6. むすび

撮影された動画像に対してフレーム相関を考慮した処理をすることで、眼鏡の有無に関係なくリアルタイムで目の位置検出をする手法について述べた。

今後は、本稿で述べた目の位置検出法を利用して、Webカメラを用いた新しいアプリケーションを構築していく予定である。

最後に、有益な御討論を戴いた本学e-LAB/マルチメディアラボの諸氏に謝意を表す。

参考文献

- [1]籠谷, 蔭山, 加藤: "眼鏡装着時における画像処理による目の位置検出に関する検討," 情処第67回全大, 3W-7(2005.3).
- [2]川口, 日高: "ハフ変換と分離度フィルタによる人物顔からの両目の検出," 電子情報通信学会論文誌, Vol.J84-D- , No.10, pp.2190-2200(2001).