

# 顔の単眼視全体画像からの視線検出とその応用に関する検討

籠谷 徳彦 加藤 誠巳  
(上智大学理工学部)

## 1. まえがき

近年、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。その中でも、視線は人間とコンピュータの自然なコミュニケーション手段になり、視線インタフェースやドライバ支援システムへの応用が期待されている。視線を利用するためには、頭部移動や照明変化にロバストで、リアルタイムで精度よく検出することが求められる。

本稿では、使用機器は誰でもどこでも扱えるシステムの実現のために、一台の赤外線 Web カメラだけの安価でかつ簡単なものになっている。本システムを使用して、顔の単眼視全体画像から瞳孔を検出したあとに視線を検出する手法と、その応用に関して検討を行った結果について述べる。

## 2. システムの概要

本システムは、一台の赤外線 Web カメラで撮影した 640 × 480(Pixels)の VGA の動画像を入力として、瞳孔の初期検出をした後に視線の初期検出を行う。視線検出の手順を図 1 に示す。

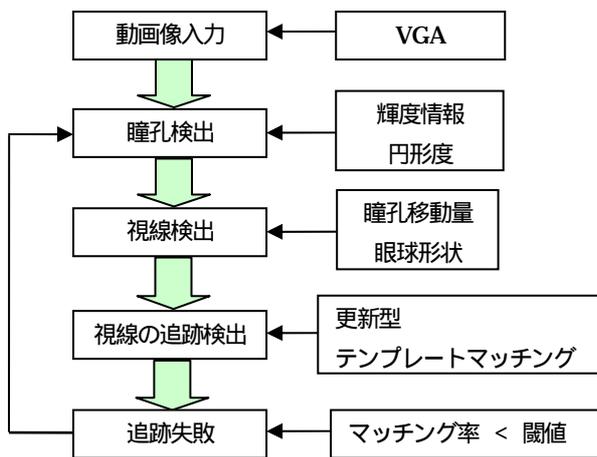


図 1 視線検出の流れ

## 3. システムの構成

### 3.1 使用したカメラ

本システムは、赤外線 Web カメラ(DC-NCIRC1)に IR フィルタ(FUJIFILM)を装着したもので撮影した動画像から視線を検出している。

使用したカメラは 6 個の赤外線 LED が照射される。IR フィルタを用いたのは、瞳孔と虹彩とでは近赤外線に対する吸光率が異なる性質があるので、近赤外線の波長領域を撮影することにより、瞳孔の検出を行うためである。

### 3.2 瞳孔の初期検出

動画像が入力されたら、初めに瞳孔の初期検出を行う。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になっている。

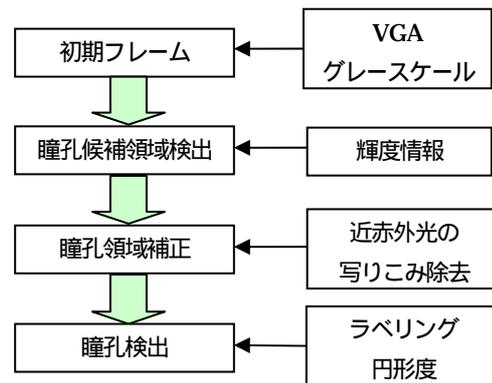


図 2 瞳孔の初期検出

撮影された画像に対して瞳孔候補領域を抽出するために、輝度情報を用いて閾値を設定することで求めている。その際に近赤外光の瞳孔への写りこみを除去することで、瞳孔候補領域の補正を行う。

次にその領域をそれぞれ区別するためにラベリングする。ラベリングには左右から一はずつ行う手法を用いる。この手法の採用により、従来の方法では数回行わなければいけなかった処理を軽減することができた。ラベリング付けされた領域の面積が大きいもの・ノイズのような小さいものは、候補領域から外す。

最後に円形度を用いることで瞳孔を検出している。その領域の縦・横の長さは、ラベリングする際に確保しておく。そして次式より円形度を計算することで、円形度が閾値内のものを瞳孔として検出する。

A Gaze Detection Method and Its Applications by Means of Monocular Facial Images  
Norihiko KOMORIYA, Masami KATO  
Sophia University

$$r1 = \frac{\text{候補領域の横の長さ}}{2}$$

$$r2 = \sqrt{\frac{\text{候補領域の面積}}{\pi}}$$

$$\text{円形度} = 100 * \frac{|r1 - r2|}{r1}$$

### 3.3 視線の初期検出

瞳孔が検出されたら、次に視線の検出を行う。初期フレームの視線を検出するための手順は以下のようになっている。

3.2 の処理で瞳孔の初期検出が出来たら、瞳孔周辺を走査することで輝度情報を用いて右目と左目それぞれの目頭と目尻を検出する。そして目頭と目尻の座標から目の重心の(x,y)座標を算出する。次に求めた目の中心と 3.2 で求めた瞳孔中心の(x,y)座標から瞳孔移動量を求める(図 3)。最後に瞳孔移動量と眼球半径(眼球中心から瞳孔までの距離)を用いて視線を算出する。眼球の大きさ(直径)は新生児が約 17mm 程度であるが、大人になると約 24mm 程度になる。眼球の大きさの個人差はそれほどないので、眼球直径 24mm として視線検出を行った。

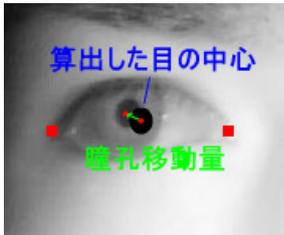


図 3 瞳孔移動量

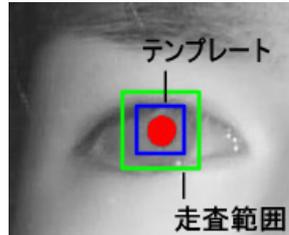


図 4 追跡検出

### 3.4 追跡検出

視線の初期検出が出来たら、フレーム相関を考慮に入れた追跡処理を行うのだが、それには面積相関法を用いた更新型テンプレートマッチングを用いる。

テンプレートは瞳孔領域だけをテンプレートとすると誤検出が起きる場合があるので、検出した瞳孔領域の上下左右に 5 Pixel だけ範囲を拡大した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、面積相関法を用いてマッチングを行うことで視線追跡を行う。n フレームでマッチングする範囲は、n-1 フレームで検出した瞳孔領域に、上下左右にそれぞれ 10 Pixel ずつ加えた範囲とする。この範囲の中で最もマッチングがとれたテンプレートの重心座標が、n フレームの瞳孔領域となる。これ以降の処理も同様に n-1 フレームのテンプレートを保存して、n フレームとマッチングすることで視線検出を行う(図 4)。しかし、更新型テンプレートマッチングにはテン

プレートの誤差の蓄積という問題点がある。すなわち、テンプレートの瞳孔と実際の瞳孔が少しずつずれることにより、誤差が累積することで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、再度初期検出に戻って瞳孔検出を行う。またテンプレートに少ししか変化がなかった場合は、テンプレートを更新しないでそれまでのテンプレートを次フレームで使用する<sup>[1]</sup>。

## 4. 応用用途

近年、日本の自動車事故の半数以上がドライバーの不注意によるものである。そのため、ドライバーの状態を自動的に把握して、危険状態を察知したら警告を発するシステムに対する必要性が増している。ドライバーの危険状態を検出するためには、脇見運転などの前方に対するドライバーの注意度を検出しなければならない。そこで、ドライバーの脇見運転を検出するために、視線を利用することでドライバ支援システムへの応用が期待できる。

## 5. 実行結果

瞳孔検出した結果を図 5、視線検出した結果を図 6 に示す。VGA の動画像の場合、約 15 fps(Pentium 3.4GHz)で処理可能である。



図 5 瞳孔検出結果



図 6 視線検出結果

## 6. むすび

本稿では、顔の単眼視全体画像から視線を検出する手法、およびその応用用途について述べた。本手法を用いることにより、顔の単眼視全体画像からリアルタイムに瞳孔・視線検出をすることが可能になった。また、視線の応用用途について述べた。

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] I. Matthews, T. Ishikawa, S. Baker, " The Template Update Problem, " IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.26, No.6, pp.510-515(2004).