

2P-8

画像処理による視線検出のための特徴抽出法

-黒目中心位置の検出-

荒井美晴*, 中川幸洋*, 後藤敏行**

* (株)富士通研究所, ** 横浜国立大学

1. はじめに

「目は口ほどに物を言う」という諺があるように、視線の検出は、よりヒューマンフレンドリなマンマシンインタフェースを実現する上で有効な手段になると思われる。

しかし、従来から行われている視線検出は、眼鏡やセンサの装着、頭部の固定等の制約を加えることで実現されており、インタフェースとしての用途には不向きである。筆者らは、画像処理による非接触な視線検出技術の実現を目指している。今回、視線検出のための特徴点として、黒目(瞳孔+虹彩)中心位置の検出手法について検討し、黒目の一部が臉上に覆われていても、その中心位置を正確に高速で求めることができる手法を開発した。

2. 問題点と解決策

2.1 問題点

視線検出において、瞳孔(または黒目)中心は重要な特徴点である。しかし、人種によっては瞳孔と虹彩の色の差が余りないため、瞳孔を画像処理によって検出することは困難である。瞳孔に赤外参照光を照射することで瞳孔位置を抽出する手法⁽¹⁾も提案されているが、赤外光を眼に長時間照射することは生理的に望ましくない。一方、虹彩と強膜(白目)の間には少なからず色の差があるため、瞳孔と虹彩を含む黒目は比較的検出され易い。

しかし、黒目を画像処理によって抽出しようとする場合、黒目の一部が臉上で覆われたり、照明が映り込んだりするため、その中心位置は画像上の黒目領域の重心だけでは求められず、如何にして正確な黒目の中心位置を求めるかが問題となる。

また、インタフェースへの適用を考えると、視線の動きに追従できるだけの高速な処理を実現する必要がある。

2.2 解決策

高速化の問題に対しては、視線検出を連続画像に対して実行するものと仮定し、前フレームから切り出したテンプレートを用いて眼領域のマッチングを行い、顔画像から眼領域を切り出すことにより対処する。高精度化の問題に対しては、眼領域からエッジを検出し、それを円で近似することによって、黒目の一部分が臉上に覆われている場合にも正確に黒目の中心位置を検出できるようにする。

3. アルゴリズム

3.1 概要

本手法では、TVカメラ等から入力した顔画像から眼領域を切り出してエッジを検出し、それを円で近似することにより、黒目の中心位置を検出する。

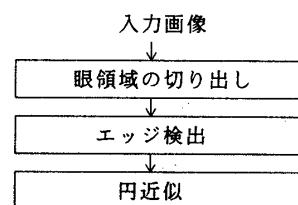


図1. 黒目中心位置の検出

3.2 眼領域の切り出し

眼領域を切り出して処理範囲を縮小することにより、次段のエッジ検出および円近似処理の高速化を図る。

眼領域の切り出しは、階層的テンプレートマッチングにより行う。テンプレートには、図2のように両目を含む粗テンプレートと、左右の眼をそれぞれ含む精テンプレートの2種類を用いる。最初に、粗テンプレートにより大まかな位置を決定し、その結果に基づいて、精テンプレートの探索範囲を限定する。次に、左右それぞれの眼の詳細なマッチングを行い、その結果に基づいて左右の眼領域を切り出すとともに、テンプレートを更新する。

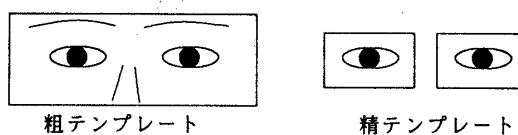


図2. テンプレート

3.3 エッジ検出

切り出された眼領域からエッジを検出する。エッジは、原画像をあるしきい値 s で2値化したときの図形境界と、微分画像をあるしきい値 t で2値化して得られるエッジが最も一致するようにしきい値 (s, t) を決定したときの、エッジかつ境界となる点とする。このようにしきい値を決定することにより、黒目輪郭が臉上の影等でぼけていても、より正確なエッジを求めることができる。これらのしきい値の決定は、最小値フィルタを利用した2値化のしきい値選択法⁽²⁾により、実際に2値化を行うことなく高速に実行する。

A Method of Feature Extraction for Eye Movements Detection by Image Processing.
Miharu ARAI*, Yukihiko NAKAGAWA* and Toshiyuki GOTO**
*FUJITSU LABORATORIES, **Yokohama National University

3.4 円近似

エッジ点を円で近似して、黒目の中心を求める。近似は、円形に対するハフ変換により実行する。これは、図3のように各エッジ点からそのエッジの方向に半径 r の円弧を描いたときに、最も多くの円弧が交差した点を円の中心すなわち黒目中心とするものである。このとき、円弧の半径 r は、前フレームで検出された黒目の半径 $R \pm \alpha$ とする。本手法によれば、エッジが完全な円形を成さずとも、円の一部を成す円弧から黒目を円で近似することができる。このため、黒目の一部分が瞼で覆われたり、外部照明が黒目に映り込んでいるような場合においても、黒目中心位置を正確に求めることができる。

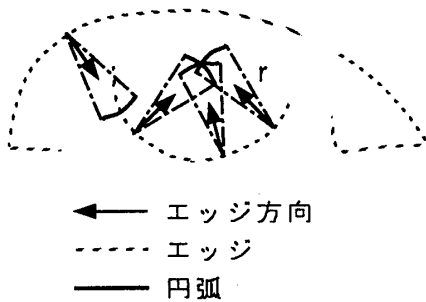


図3. 円近似

4. 実験結果

TVカメラから入力した時系列の24枚の顔画像に対して、上記のアルゴリズムを用いてシミュレーションを行った。その際、1枚目の画像に対して、テンプレートおよび黒目半径の初期値をマニュアルで入力した。

図4に、処理結果の一例を示す。このように、黒目の一部分が瞼で覆われている場合においても、黒目の中心位置がほぼ正確に求められた。

表1に、画像一枚当たりの処理時間を示す。これは、本手法をC言語で記述し、当社のパソコンFMRに搭載した860ボードで実行した結果である。

表1. 処理時間 (msec)

データ転送	700
粗テンプレートマッチング	125
精テンプレートマッチング	50
エッジ検出(両目)	215
円近似(両目)	50

原画像 640×400画素, 256階調
 眼領域 70×46画素

5. おわりに

本報告では、黒目のエッジを円で近似することによって黒目中心位置を検出する手法について述べた。実験の結果、黒目の一部分が瞼に覆われていても黒目の中心位置が求められることを確認できた。また、処理時間においても、データ転送に要する時間を除けば0.5秒以下であり、視線の動きに追従できる処理速度が実現できる見通しを得た。

参考文献

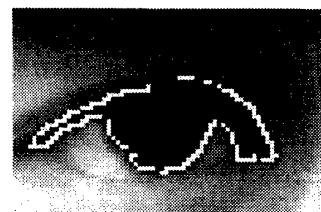
- 1) 伴野, 飯田, 小林: "非接触視線検出のための特徴点抽出法", 信学技報 PRU88-73, pp. 17-24(1988)
- 2) 鳥生, 岩瀬, 後藤: "最小値フィルタを利用した2値化のしきい値選択法", 信学論D-II, Vol. J72-D-II No. 11, pp. 1800-1806(1989)



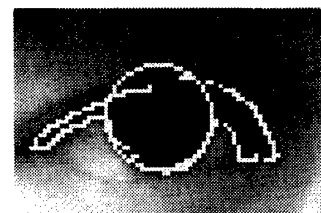
(a)原画像



(b)眼領域の切り出し



(c)エッジ検出(右目)



(d)円近似(右目)

図4. 処理結果