研 究

顔画像からの視線検出

高 橋 淳* 大 木 真* 橋 口 住 久*

Detection of the gazing direction from the human face images

Atsushi TAKAHASHI*, Makoto OHKI* and Sumihisa HASHIGUCHI*

*Department of Electrical Engineering and Computer Science Faculty of Engineering,
Yamanashi University.

The purpose of the present study is to detect the gazing direction from human face images. From the preliminary experiments, it was found that the image including both eyes was sufficient to detect the gazing direction.

We tried to determine the gazing direction from the relative position between the irises and the eye rims automatically using the image of both eyes stored in a frame memory. The deflection angle is determined from the distance between the center of both irises and the center of symmetry, which is obtained as the interior division of the distance between the inner edges of the eyes weighted by the product of the width and the height of the eyes.

The present algorithm has an inherent deflection toward one's dominant eye by about 2degrees. A 60% of the obtained deflection angles falls within 2degrees of the correct value when the deflection angle is $\theta=0$.

Key Words

eye-tracker, human face image

1. はじめに

従来、実用化されている視線検出装置¹⁾²⁾は、被験者の頭に装着する必要があるため自由な動きを制限する。オフボディの検出装置を実現して被験者の負担を軽減するために、顔の画像から視線方向を決定するアルゴリズムの改善を試みた。

人が画像の視線方向を判断する実験を行い、判断の特性を調べることで顔の画像中で視

線方向の存在する領域を推定した。

顔の対称性を利用して画像から視線方向を検出する方法が報告されている³⁾。この検出法は顔が左右対称であると仮定しているが、人の眼は左右で大きさが違うことから、この検出結果と人が判断する視線方向は一致しない。ここでは、眼の大きさを考慮して対称軸を決定することにより、人の判断に近い検出法を考案した。

2. 視線情報存在領域の推定

人が対面する相手の視線方向を知るときに、

*正会員 山梨大学工学部
〒400 山梨県甲府市武田4-3-11

相手の顔のどの部分が見えていることが必要かを決めるために、ディスプレイに顔の一部を表示し、この画像が自分に注目しているかどうかを判断する実験を行った。

図1(a)のように、被験者が視標板に視角2度の間隔で配置した視標(×印)を見たときの顔を撮影し、この画像を図1(b)のディスプレイに等倍表示する。顔の画像は図2のA~Eの5種類の領域を表示する。これらの画像を1.5秒間表示し、判定者に「注目されている」、「注目されていない」、「分からない」のいずれかを回答させた。

図3と図4は判断の特性である。これらは、1人の顔画像を6人の判定者が判断した結果である。横軸は被験者の視線方向、縦軸は判定者が「注目されている」と判定した割合を示している。すなわち、横軸0度のときは正答率を示し、それ以外は誤答率を表している。

図1 画像の撮影と判断の測定方法

図2 画像の表示範囲

図3 範囲A~Cの判断特性

図4 範囲C~Eの判断特性

図5 利き眼の影響 (範囲C)

表示範囲が範囲C（両目が見える範囲）より広いときには、判断特性は表示範囲によらないが、これより狭くすると判断の精度が低下している。したがって、視線方向の判断に両目を含む範囲Cを用いればよいといえる。

図5は被験者の利き眼の違いによる判断特性の差を示している。実線は利き眼が右の被験者の場合、破線は利き眼が左の場合である。利き眼が左のとき、視線を左にずらしても注目されていると誤って判断されやすいことが分かる。被験者の利き眼により判定者の判断特性に違いがあることから、眼の形の変化が利き眼により異なり、画像から視線を検出するには被験者の利き眼情報が必要であるといえる。

図6 顔の向きと視線

図7 $\theta=20^\circ$ のときの判断特性

また、被験者の顔が指標板に対し斜めを向いている場合について同様の測定を行った。図6のように顔を被験者から見て右 θ 度に向け、視標上の ± 8 度以内の指標を見たときの顔を撮影して表示する。

図7は $\theta=20^\circ$ のときの判断特性である。範囲E～Cへと表示範囲が狭くなると、判断特性のピークは右側へ移動している。被験者の顔が右斜めを向いていると、視標上の0度を見たときの眼の形は正面を向いて左を見たときと同じである。範囲Cでは被験者の顔の向きが分からないので、特性が右に移動すると考えられる。範囲Eでは両目と鼻と口が含まれるので、顔が斜めを向いていることが分かり、判断が補正されるのであろうと考えられる。これから、両目の情報と顔の向きとを総合的に勘案して視線方向を判断していると考えられる。したがって、画像から視線を検出するには、両目画像から視線を検出し顔の向きによる補正を加えればよい。

3. 顔の対称性を利用した視線検出

顔の対称性を利用する従来の方法³⁾では、以下のように視線方向を検出している。図8のように眼球が半径 r の球であると仮定すると、視線方向 θ は瞳の中心の移動量 d から

$$\theta = \arcsin\left(\frac{d}{r}\right) \quad (1)$$

のように表される。

図9は視線検出に用いるパラメータである。眼球の半径は、瞳の直径とほぼ等しいので、眼球の半径 r の代わりに瞳の直径 D_1 を用いる。両

図8 眼球モデル

目頭 E_r , E_l の中点 C_E を基準点として d を測定することができる。視線方向 θ は、

$$\theta = \arcsin\left(\frac{d}{D_1}\right) \quad (2)$$

から求められる。

本研究では、瞳の位置と直径を瞳が円であると仮定し図10のように検出した。瞳の位置の横方向座標は、瞳を通る水平な弦の中点から求めた。直径 D_1 は間隔 w の2つの弦の長さが L_1 , L_2 から、

$$D_1 = 2 \sqrt{L_1^2 + \left(\frac{L_1^2 - L_2^2 - w^2}{2w}\right)^2} \quad (3)$$

と求められる。

図11の×は顔の対称性を利用して利き眼が左の被験者の視線方向を検出した結果である。この検出結果では、実際の視線方向より4度程度左に偏っている。つまり、視線を右に4度程度ずらしたときに正面を見ている結果となっている。利き眼が左のとき、視線を左にずらしても注目されていると誤って判断されやすいことから、人間がこの検出法とは別のアルゴリズムで視線を判断していると考えられる。

図9 測定パラメータ

図10 瞳の位置測定

4. 対称軸の検討

人の眼は左右で大きさが違うので、両目頭の中点は見た目の対称軸の位置とは若干ずれているように見える。見た目の対称軸は、両目頭の中点より大きい眼の方へずれてみえる。したがって、顔の対称軸の位置 C_s は、左右の眼の大きさを考慮して、

$$C_s = \frac{S_r \cdot E_r + S_l \cdot E_l}{S_r + S_l} \quad (4)$$

とした。ここで、 E_r , E_l は両目頭の横方向座標、 S_r と S_l は左右の目の領域の面積である。図11○印は対称性を眼の領域の重心として、被験者の視線方向を検出した結果である。この検出結果は、実際の視線方向より2度程度右に偏っている。つまり、視線を左に2度程度ずらしたときに正面を見ている結果となっている。図4の範囲C（両目を含む範囲）の判断特性では、判定者が最も注目されていると感じたのは視線を左に2度ずらした画像である。したがって、ここで用いたアルゴリズムは人間の判断に近いものであると考えられる。

顔が斜めを向いているときには、近い方の眼が大きく、遠い方の眼が小さく見えるので、顔が斜めを向いているときの視線方向を検出する場合にも応用できる可能性がある。

図11 顔の対称性を利用した検出結果

5. 検出結果と判断特性の比較

図12は顔の対称性を利用して検出した結果が、 $-2.0^\circ < \theta < 2.0^\circ$ の範囲になったとき「注目された」とし、診断特性と比較した結果である。被験者3人で、いずれも右が利き眼である。実線は本アルゴリズムでの判定であり、破線は人間が判断したときの判定である。2つの違いは

図12 検出結果と判断特性 (範囲C)

少なく、ここで用いたアルゴリズムは人間の判定に近いものであると考えられる。

6. む す び

視線方向の情報が含まれるとは両目を含む領域に存在すると推定された。両目画像から視線方向を検出する場合、基準点の決定に眼の大きさの重みづけを行うことにより、従来より精度が向上し、人間の判定に近づくことが分かった。

参 考 文 献

- 1) 笠井 健ほか：“CCD イメージセンサを用いた眼球運動計測法とその測定分解能”. 信学論, Vol.J65-D, No.2, pp.274-281, 1982.2.
- 2) 山田光穂ほか：“画像における注視点の定義と画像分析への応用”. 信学論, Vol. J69-D, No.9, pp.1335-1341, 1986.9.
- 3) 青山 宏, 河越正弘：“顔画像からの視線感知法”. 情報処理学会第37回全国大会誌, pp.1463-1464, 1988.