

瞼の形状近似を利用した操作インタフェースの開発

Development of interface using approximation of eyelid shape

○ 瀬川 辰之佑 (群馬大院) 村川 裕紀 (群馬大院)
 中沢 信明 (群馬大院) 松井 利一 (群馬大院)

Shinnosuke SEGAWA, Gunma University
 Hiroki MURAKAWA, Gunma University
 Nobuaki NAKAZAWA, Gunma University
 Toshikazu MATSUI, Gunma University

Abstract: In this paper, a gazing interface based on the special feature points of an eye was developed. Gazing points forward to side directions were derived by the relative distance of an iris and the outer corner of left and right eyes. On the other hand, gazing with respect to the camera was recognized by the curvature of Bezier Curve that was used four points, namely, inner and outer corner of the eye, and two control points. The suggested recognition system was applied to the operations of the page turner machine. It was confirmed that the developed system could judge the user's states of both reading a book and operating the equipment by the special feature points on an eye.

Key Words: Gaze, Image processing, Human interface, Eyelid

1. 緒言

近年、文章の記述が紙媒体から電子媒体に移行しつつあり、電子媒体の書籍が増え続けている。その一方で、印刷された書籍を好む人々も多く、特に福祉分野では、上肢等に障害があるユーザのためのページめくり機⁽¹⁾⁽²⁾が開発されており、その需要は高い。従来の機器開発では、ページを精巧にめくることを中心に展開されてきたが、操作のためのインタフェースは、接点スイッチ、呼吸などであり、頭部を動かすことによる負担が問題となっている。

そこで本研究では、ページめくり機の操作を前提として、画像処理を用いた視線入力システムを構築した。本システムでは、ヒトの虹彩位置を自動検出し、瞼の形状をベジエ曲線で曲線近似することにより、視線方向の認識を行った。

2. 視線方向認識システムの概要

2.1 目尻・目頭・瞳孔の検出

本システムでは、顔の変化の様子を USB カメラで捉えることで視線方向の認識を行う。画像処理の様子を Fig.1 に示す。USB カメラからの映像は、Microsoft 社の DirectShow を利用することで、サンプリング間隔毎に Bitmap 画像に変換され、視線方向の認識を行う。眼球周辺の画像処理範囲を切り出し、式(1)により数値化する。

$$g[i,j] = \begin{cases} 1 & (R[i,j] < \varepsilon) \\ 0 & (\text{Otherwise}) \end{cases} \quad (1)$$

但し、 $R[i,j]$ は座標 (i,j) での R 信号の輝度、 ε は閾値を表している。閾値を調整することにより、虹彩を判別した画像と瞼(目尻、目頭)を判別した画像が得られる。虹彩を判別した画像から式(2)を利用して左右の虹彩の中心座標 $P_{gl/gr}=(x_{gl/gr}, y_{gl/gr})$ を求める。

$$x_{gl/gr} = \frac{\sum_i (i \times g(i,j))}{\sum_i \sum_j g(i,j)}, y_{gl/gr} = \frac{\sum_j (j \times g(i,j))}{\sum_i \sum_j g(i,j)} \quad (2)$$

また、虹彩、瞼両方を検出した画像より、 $g[i,j]=1$ となる両端の座標求め、左右の目尻位置、および目頭位置を求めた。

2.2 視線方向の認識

左右視線方向の認識については、両目の画像情報を利用する。次式と Fig.2 で示されるように、目尻と虹彩の x 方向の相対位置より算出する。

$$R = \frac{|x_{pr} - x_{cr}|}{|x_{pl} - x_{cl}|} \quad (3)$$

ここでは、適正な閾値を決定することで、凝視位置の認識を行う。一方、上下方向の認識は、ベジエ曲線の近似式を用いる。

n 次のベジエ曲線は、 $(n+1)$ 個の制御点 $P_i=(x_i, y_i)$ で定義され、軌跡 $P(u)$ は以下のように表される。

$$P(u) = \sum_{i=0}^n B_i^n(u) P_i \quad (4)$$

ここで $B_i^n(u)$ はバーンスタイン関数であり、

$$B_i^n(u) = \frac{n!}{i!(n-i)!} u^i (1-u)^{n-i} \quad (5)$$

で与えられる。なお、パラメータ u の定義域は $[0,1]$ となる。ベジエ曲線は、制御点の両端 $P_0=(x_0, y_0)$ および $P_n=(x_n, y_n)$ を必ず通る。ここでは、3 次のベジエ曲線を用いて瞼の形状近似を行う。

本システムでは、目の虹彩両端 $P_{pl/pr}=(x_{pl/pr}, y_{pl/pr})$ 、目尻

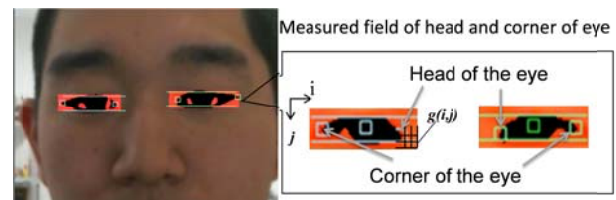


Fig.1 Facial image

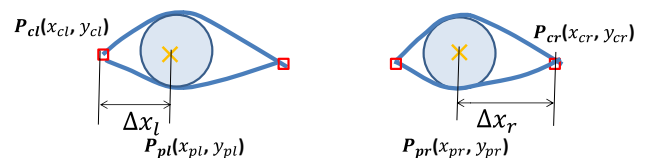


Fig.2 Evaluation value R

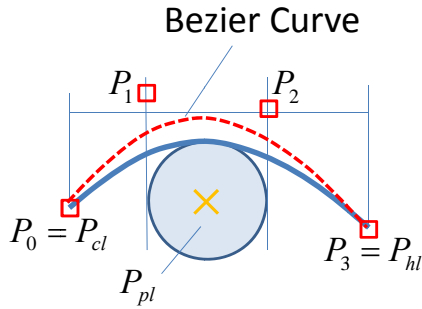


Fig.3 Approximation by Bezier curve

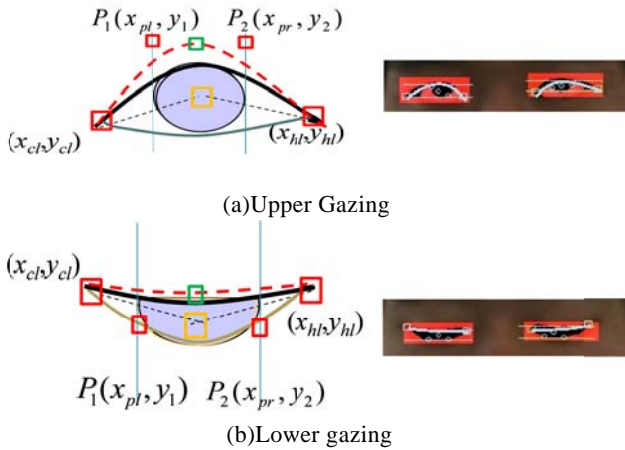


Fig.4 Changes in eyelid shape

$P_{cl/cr}=(x_{cl/cr}, y_{cl/cr})$, 目頭 $P_{hl/hr}=(x_{hl/hr}, y_{hl/hr})$ の座標を取得する. R 信号の輝度を用いて二値化を行った後, Fig.3 に示すように, 4 つの制御点を目尻, 目頭を端点とし, 虹彩両端の x 軸上に定めることで, ベジエ曲線として, 瞼の形状近似を行う.

Fig.4 は, カメラに対して上方向と下方向を凝視している状態を表している. 図(a)では瞼の形状が上に凸となっているのに対して, 図(b)では下に凸となっていることが確認できる. 式(6)より, 目尻-目頭間の midpoint における曲率 K を求めることで, 顔の上下判定を行った.

$$K = \frac{B'_x(u)B''_y(u) - B''_x(u)B'_y(u)}{\left[\{B'_x(u)\}^2 + \{B'_y(u)\}^2 \right]^{3/2}} \quad (6)$$

ただし,

$$B'_x(u) = (3x_{cl} - 9x_{pl} + 9x_{pr} - 3x_{hl})u^2 + (6x_{pl} - 12x_{pr} + 6x_{hl})u + 3x_{pr} - 3x_{hl} \quad (7)$$

$$B'_y(u) = (3y_{cl} - 9y_{pl} + 9y_{pr} - 3y_{hl})u^2 + (6y_{pl} - 12y_{pr} + 6y_{hl})u + 3y_{pr} - 3y_{hl} \quad (8)$$

$$B''_x(u) = (6x_{cl} - 18x_{pl} + 18x_{pr} - 6x_{hl})u + 6x_{pl} - 12x_{pr} + 6x_{hl} \quad (9)$$

$$B''_y(u) = (6y_{cl} - 18y_{pl} + 18y_{pr} - 6y_{hl})u + 6y_{pl} - 12y_{pr} + 6y_{hl} \quad (10)$$

3. 検証実験

3.1 実験方法

Fig.5 のように, カメラを中心とし, 上下に 75mm 間隔で 5 ポイントの印を設けた. カメラを被験者の目の高さに設

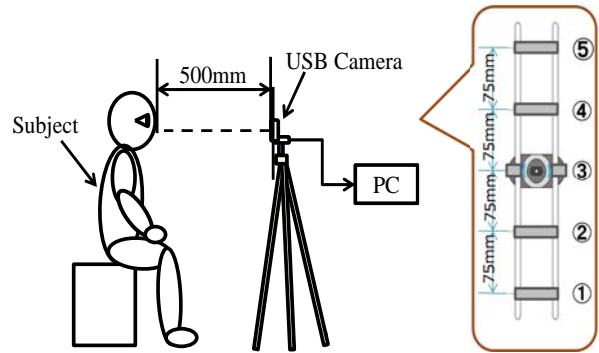


Fig.5 Experiment system

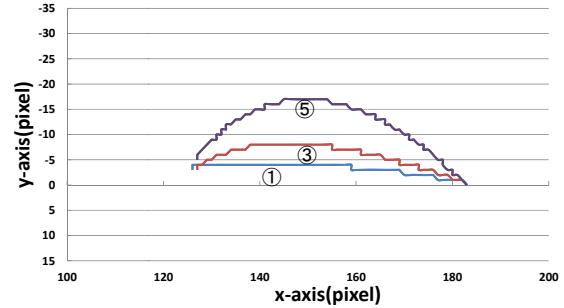


Fig.6 Approximation line in case of three states

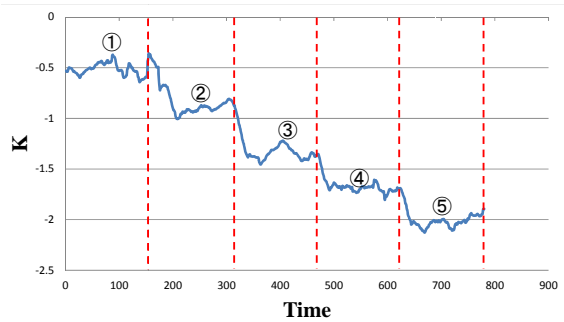


Fig.7 Time trajectory of value K

置し, それぞれのポイントを見る際の瞼の曲率の変化を調べた. 被験者には, 図に示したポイントを①~⑤の順に連続して一定時間ずつ見るように指示を出した.

3.2 実験結果

Fig.6 は, 各ポイントを見ているときの瞼に近似しているベジエ曲線の形状である. 図より形状が変化していることが確認できる. ここで, 時系列波形を Fig.7 に示す. 図中の波形は, ①~⑤のポイントを連続して見たときの曲率 K の変化を示したものである. 図より, 上下の視線位置により, 曲率が変化している様子が確認できる.

4. 結言

本研究では, 瞼の形状近似に着目した視線判別の手法について提案を行った. USB カメラで顔画像を取り込み, 虹彩両端, 目尻, 目頭を検出することで, それぞれの特徴点の座標を取得し, 瞼の形にベジエ曲線を近似させ, その曲率を算出した. なお, 現システムではパラメータの設定が手動入力となっているため, 今後は自動化を目指す予定である.

参考文献

- (1) http://www.nisic.co.jp/huku_Top.html
- (2) <http://www.j-d.co.jp/welfare/readable.html>