視線入力に基づくページめくり機のシステム構築

System Constructions of Page Turning Machine by Gazing Actions

○学 村川 裕紀 (群馬大) 高橋 美香 (群馬大)
 飯塚 進哉 (群馬大院) 正 中沢 信明 (群馬大院)
 Hiroki Murakawa, Gunma University, t08303038@gunma-u.ac.jp
 Mika Takahashi, Gunma University
 Shinya Iizuka, Gunma University
 Nobuaki Nakazawa, Gunma University

This paper suggests an interface based on gazing input without user's body restrictions. The special feature points such as user's iris, inner and outer corner of the eye were detected by varying a threshold in the finalization procedure. Gazing horizontal directions were estimated by the relative position of a cornea with respect to the inner and outer corner of an eye. On the other hand, gazing vertical directions were derived by the locational relation among the three special feature points, namely, inner and outer corner of the eye, and iris. The suggested system was applied to the operations of the page turning machine. It was confirmed that the system could recognize the user's states of both reading a book and operating the equipment.

Key Words: Gaze, Image Processing, Page Turning Machine, Human Interface

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ーフェースは、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、視線入力を利用したページめくり機の開発を行った。本システムでは画像処理を用いてヒトの虹彩位置の検出を行い、ページめくり機の操作に反映させた。虹彩の位置は、二値化処理での閾値を可変とすることで検出した。本システムでは、本を読んでいる状態と操作をしている状態とを識別し、各視線方向によりページを左送り、右送りされる仕様とした。

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

本研究では、顔の変化の様子を USB カメラで捉え、視線方向が検出可能な認識システムの構築を行った。画像処理の流れを 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。Fig.2 は、実際に USB カメラから取得した際の画像である。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。閾値の変化による二値化画像の変化を Fig.3 に示す。虹彩を判別した画像から式(2)を利用して左右瞳孔位置座標 $Pl_{eat}(x_{pt}, y_{pt})$, $Upright(x_{pr}, y_{pr})$ を求める。

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

また、虹彩、瞼両方を検出した画像より、 $g(i,j)=1$ となる最も両端の座標求め、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は、次式で求めるように目尻と虹彩の x 軸方向の相対位置より求める。

Fig.1 Recognition system.

Fig.2 Facial image.

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

Fig.4 の各点を凝視したときの R の測定波形は、Fig.5 のようにステップ上に変化する、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、Fig.6 における Q に着目し次式で行う。

$$Q = \frac{a - bf - \frac{bd}{e} + bc}{1 - \frac{b}{e}} \quad (4)$$

$$\left. \begin{aligned} a &= \frac{y_{cl/cr} + y_{pl/pr}}{2}, \quad b = \frac{x_{cl/cr} - x_{pl/pr}}{y_{cl/cr} - y_{pl/pr}} \\ c &= \frac{x_{cl/cr} + x_{pl/pr}}{2}, \quad d = \frac{y_{pl/pr} - x_{hl/hr}}{2} \\ e &= \frac{x_{pl/pr} + x_{hl/hr}}{y_{pl/pr} - y_{hl/hr}} + 0.00001, \\ f &= \frac{x_{pl/pr} - x_{hl/hr}}{2} \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

3. ページめくり機への応用

3.1 ページめくり機の概略

本装置のシステム構成を Fig.7 に示す。ページの端にはクリップが取り付けられており、アームに設置された電磁石によりページが持ち上げられ、めくる仕組みになっている。なお、リミッタスイッチによりアームの旋回角度が制限されている。

3.2 実験方法

実験の様子を Fig.8 に示す。ページめくり機によって認識する視線状態は、「左」、「右」、「読み」、「カメラ目線」の4種類とした。左右視線方向の認識には R 値を利用し、上下方向の認識には Q 値を利用する。また、操作は「操作モード」、「ページ左送り」、「ページ右送り」の3種類とする。各送り操作については、凝視点をページめくり機上部両端に設け、以下の二つの方式とした。

(a)各凝視点の注視

(b)各凝視点間の視線移動

被験者には、あらかじめ操作方法を説明し、練習を行った後、実験者のランダムに出す「右送り」、「左送り」の指示に従い、操作する。指示を出された時以外は、本を読むように指示を出した。このときの R 値及び Q 値を計測し、各方式の認識率を求める。被験者は、健康な男女学生10名である。

3.2 実験結果と考察

(a)の実験における代表的な被験者の R 値および Q 値の時間波形を Fig.9 および Fig.10 に示す。なお、左右の凝視点およびカメラを見ている状態、本を読んでいる状態の判別を以下のように決定した。

Fig.3 Binarization of each threshold value

Fig.4 Gazing Panel

Fig.5 Time trajectory of R

Fig.6 Gazing model

Fig.7 System

Fig.8 Experimental Scene

Fig.9 Time trajectory of R in experiment

Fig.10 Time trajectory of Q in experiment

$$\begin{aligned}
 \text{Gazing camera:} & \quad Q - y_{pl/pr} > 0 \cap (0.75 < R < 1.15) \\
 \text{Gazing left:} & \quad Q - y_{pl/pr} > 0 \cap 0.75 > R \\
 \text{Gazing right:} & \quad Q - y_{pl/pr} > 0 \cap R > 1.15 \\
 \text{Reading a book:} & \quad Q - y_{pl/pr} < 0
 \end{aligned} \tag{6}$$

Table.1 Recognition rate.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
(a)	90	100	100	100	100	100	100	100	80	60
(b)	60	100	90	80	80	100	100	80	60	90

Fig.10 においては、負の値の場合に本を読んでいる状態と認識され、正の値の場合には、ページめくり機を操作している状態と認識されていることが確認できる。Fig.10 において、凝視位置を識別し、各視線方向によりページをめくることが可能である。ここで、方式(a), (b)の認識率を Table1 に示す。概ねの被験者において高い認識率が計測された。

4. 結言

本研究では視線入力を利用したページめくり機の開発をした。USB カメラで画像を取り込み、画像処理で虹彩、目尻、目頭を検出することで水平方向の視線認識システム、また虹彩、目尻、目頭を円弧として近似することで顔の上下方向の認識するシステムを構築した。そして、2つの認識システムを使用し、ページめくり機の操作方法として2つの方式を提案した。ハード面では、ページめくり機を製作した。本ページめくり機ではページをめくる方法に電磁石を用いて、ページの端にクリップを取り付けることでめくれるようにした。

今後の課題として、現在では虹彩の二値化処理の範囲が手動で合わせているため、全自動による虹彩の検出を行うことが挙げられる。また、操作を間違った場合のためにリセット機能を追加すること、一度に複数のページをめくることが出来るように電圧制御をすることが課題である。

文 献

- [1] http://www.nisic.co.jp/huku_Top.html
- [2] <http://www.j-d.co.jp/welfare/readable.html>
- [3] 松本・怡土・竹村・小笠原：リアルタイム顔・視線計測システムの開発と知的インタフェースへの応用，Vol.47, No. SIG15 (2006), pp.10-21.
- [4] 出水・佐野・西口：AAM とパーティクルフィルタを用いた視線追跡，信学技報，PRMU2008-108(2008)，pp.163 -168.
- [5] 板倉・太田・坂本：視線入力インタフェースのための交流増幅眼電図による視線移動量算出方法の検討，電子情報通信学会，D Vol. J90-D, No.10, pp.2903-2913, 2007
- [6] 西内・高田・栗原：カラーコンタクトレンズを利用した非接触視線検出法の研究，日本機械学会論文誌(C 編)，Vol.65, No.636, pp.3314-3320, 1999
- [7] 海老澤・中島：角膜反射を利用した瞳孔位置検出の高精度化，映像情報メディア学会誌，Vol.62, No.7, pp.1122-1126, 2008
- [8] 阿部・大内・大井・大山：画像解析による強膜反射法を用いた視線入力システム，映像情報メディア学会誌，Vol.57, No.10, pp.1354-1360, 2003
- [9] 竹上・後藤・大山：視線方向計測のための高精度瞳孔検出アルゴリズム，信学会 D-II, Vol. J86-D-II, No.2, pp.252-261, 2003
- [10] 西内・高田・栗原：虹彩輪郭の楕円近似を用いた非接触視線検出法の研究，日本機械学会論文集(C 編)，Vol.69, No.682, pp.1611-1617, 2003
- [11] 竹上・後藤：角膜反射像と虹彩輪郭情報を利用した視線検出法，電子情報通信学会論文誌，D-I Vol. J82-D-I, No.10, pp.1295-1303, 1999
- [12] 田中・疋田・笠井・竹田：二光源を用いた角膜曲率中心位置計測による視線検出法，電子情報通信学会技術研究報告，MBE, Vol.108, No.479, pp.177-180, 2009
- [13] 坂下・藤吉・平田：画像処理による3次元眼球運動計測，実験力学，Vol.6, No.3, pp.236-243, 200