

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 12 日現在

機関番号：34412

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23700670

研究課題名(和文)日常生活で使える視線インタフェース

研究課題名(英文)Development of eye-gaze interface for daily use

研究代表者

疋田 真一(Hikita, Shinichi)

大阪電気通信大学・工学部・講師

研究者番号：00347618

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円、(間接経費) 990,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、1台のカメラを用いて簡単な手順で視線方向を検出する方法を開発した。次にこの視線検出法に基づき、コンピュータのマウスカーソルを視線の動きで操作し、まばたき又は一定時間視線を静止させる(一点をじっと見続ける)ことによりクリック入力を行う視線マウスを開発した。視線マウスの操作性を評価するための実験を行ったところ、1回のポインティング(位置決め)とクリック入力に要する平均時間は、1.2sec(まばたき)、0.9sec(視線静止)であった。これらの結果は、通常の手によるマウス操作の平均時間(0.8sec)と比較しうる良好な結果であった。

研究成果の概要(英文)：In this study, a method for the estimation of point of gaze with neither user- nor environment-dependent parameters using a single camera was developed. Next, a point-and-click interface, in which a user can move a cursor by a gaze shift and click a computer mouse by a voluntary eye blink or short fixation, was developed. On average, it took 1.2, 0.9, and 0.8 sec to point and click for one target with eye blink, short fixation, and normal hand manipulation, respectively.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学 リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：ヒューマンインタフェース 視線 眼球運動 カメラ

1. 研究開始当初の背景

(1) キョロキョロと視線を切り替えるときに起こる眼球運動は、手足の運動と比べて非常に正確で素早い運動が可能である。また、加齢による運動機能の低下が緩やかであり、怪我や病気により四肢に運動障害が生じても眼球運動の機能は保存されやすいことが知られている。これら視線の特徴に着目し、眼球の動きを情報機器への入力信号として利用することにより、高齢者や四肢不自由な運動弱者の生活の質向上、および健常者の作業支援を目指す研究が行われている。

(2) 日常生活の様々な場面で視線入力システムを利用できるようにするためには、正確に視線を測れること(位置精度)だけでなく、どこでも簡単に使えること(計測装置の装着による負担が小さいこと、簡単なキャリブレーション、直観的な操作性)、導入にあたり低コストであることが求められる。しかしながら、視線計測に EOG 法(角膜-網膜間電位を利用)や強膜反射法(白目と黒目の光の反射率の違いを利用)を用いる従来法では計測装置の装着が被験者の負担となることやセットアップの煩わしさから実験室外での使用に難点がある。一方、ビデオカメラで瞳孔や近赤外光の角膜反射像を撮影する画像処理による従来法は、ユーザへの負担やコスト面で他の方法に比べて優位性はあるが、眼球形状に関するユーザパラメータや、眼球とカメラ、眼球と較正用視標間の相対的な位置に関する環境パラメータの設定を必要とする。このようなパラメータ同定を含む煩雑な準備・設定作業は、視線入力システムの利便性を低下させる一因となっている。ユーザの観点からは、専門的な知識を必要とせず簡単な手順ですぐに使える視線入力システムが望まれる。

2. 研究の目的

(1) 本研究では、「日常生活の中で使える視線インタフェース」の実現を目指し、1台のカメラで撮影した眼球画像から簡単な手順で視線を計測する方法を開発する。最初に、寝たきりのユーザを想定した固定カメラ方式(机に固定したカメラで眼球を遠方から撮影)による視線計測システムを試作し、計測精度を評価する。

(2) 視線の上下左右の動きとまばたきをリアルタイムで検出し、これらの視線情報を組み合わせることで直観的な操作性を備える視線インタフェースを開発する。

(3) 身体が自由に動き回る日常生活環境での使用を想定した頭部装着方式(小型カメラを取り付けたゴーグルをユーザが装着)について視線計測システムを試作し、計測精度を評価する。

3. 研究の方法

(1) 1台のカメラを用いて煩雑な設定作業を必要としない視線計測を実現するため、眼球回転に伴う見かけ上の虹彩径の変化と瞳孔中心位置から眼球回転中心を決定し、視線方向を計算する。この方法により、視線計測の際に眼球形状に関するユーザパラメータや眼球-ディスプレイ間距離のような環境パラメータの設定が不要となり、すぐに視線情報の利用が可能となる。提案法を実装した固定カメラによる視線計測システムを構築し、有効性を確認するためにヒトを対象とした視線計測実験を行う。

(2) 視線の上下左右の動き(位置情報)とまばたき又は短時間の注視(クリック情報)によりパソコンを操作する視線マウスを試作する。このシステムでは、ユーザは視覚対象となるディスプレイ上の注視点(視線とディスプレイ平面の交点)に表示されるカーソルの位置を視線の動きにより制御し、自発的なまばたき又は一定時間視線を静止させることによりクリック入力を行うことができる。視線マウスの操作性を評価するため、ディスプレイ上のランダムな位置に現れるターゲットに対してポインティングとクリック入力を行う実験を行う。

(3) 歩行中など身体が自由に動き回る環境下で視線インタフェースを利用するために、頭部装着型の視線計測デバイスが必要となる。そこで、スキー用ゴーグルに超小型カメラを設置した視線計測装置を試作し、ヒトを対象とした視線計測実験を行う。

4. 研究成果

(1) 近赤外光照明下で撮影した眼球画像を図 1a に示す。このような画像から瞳孔および虹彩輪郭を検出し、視線方向の計算に利用する眼球特徴量を算出するアルゴリズムを開発した。以下、その方法について述べる。最初に図 1a に示すような眼球画像データを二値化し、面積による閾値を用いて瞳孔領域を抽出する(図 1b)。次に、瞳孔輪郭に内接する平行四辺形の性質を利用してノイズを除去した後の瞳孔輪郭データに対して楕円近似を行い、その楕円の中心として瞳孔中心を得る。次に、瞳孔中心座標に基づき輝度値の微分値を用いて虹彩輪郭を抽出する。計算量を削減するため、瞳孔中心から画像の水平軸に沿って抽出した虹彩輪郭を虹彩検出開始点とし、この開始点周辺のデータのみを微分フィルタを適用することで新たな虹彩輪郭を検出する。この処理を繰り返すことにより抽出した虹彩輪郭を図 1c に示す。最後に瞳孔と同様に楕円近似により、眼球特徴量として虹彩中心及び楕円の長軸と短軸の長さを得る。以上の方法により得た瞳孔と虹彩の楕円近似の結果を図 1d に示す。

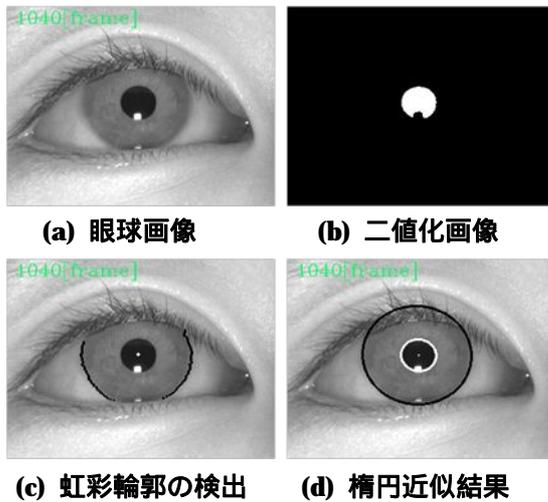


図1 眼球特徴点の抽出

(2) 瞳孔と虹彩を用いた提案法の有効性を確認するため、10名の被験者を対象として注視点推定実験を行った。図2は、眼前580[mm]に位置するディスプレイ上に現れた視標(合計21点)を順に注視したときの注視点位置(視線とディスプレイ平面の交点)を時間に対してプロットしたものである。視標提示位置は、右眼正面方向を基準として、左右100[mm]、上下150[mm]間隔となるよう決定した。図中の黒いプロットが水平位置、赤いプロットが垂直位置を表す。このようなデータから、被験者1~10について各視標注視時の水平位置と垂直位置の平均値を計算したものを図3に示す。プロットの形状は各被験者を表す。被験者10名の平均値について、水平方向の平均誤差±標準偏差は 11.9 ± 2.2 [mm] (角度換算値 1.2 ± 0.22 [deg])、垂直方向の平均誤差±標準偏差は 10.3 ± 1.8 [mm] (角度換算値 1.0 ± 0.18 [deg])であった。

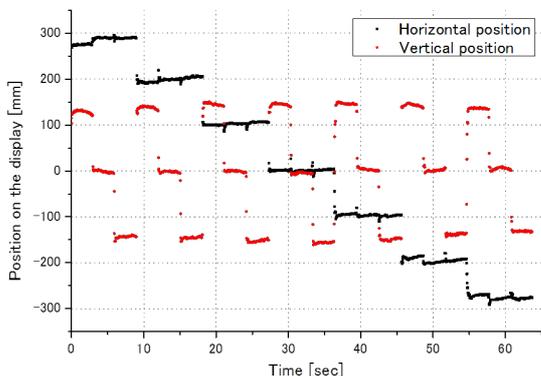


図2 推定した注視点位置の時間推移

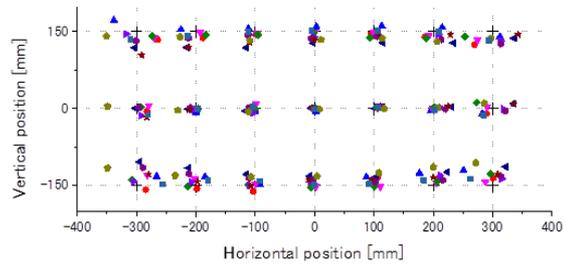


図3 注視点推定結果

(3) 瞳孔と虹彩を用いた視線計測法に基づき、コンピュータのマウスカーソルを視線の動きで操作し、自発的なまばたき(閉眼時間0.33sec以上)又は短時間(0.5sec以上)の注視によりクリック動作を行う視線マウスを開発した(図4)。ディスプレイ上のランダムな位置に現れるターゲット(50×50[mm]、図4の赤枠)に対して視線の動きにより位置決めとクリック動作を行ったところ、位置決めとクリック動作に要するターゲット1つあたりの平均時間は、1.2sec(まばたき)、0.9sec(短時間注視)であり、通常の手によるマウス操作の平均時間(0.8sec)と比較しうる良好な結果が得られた。

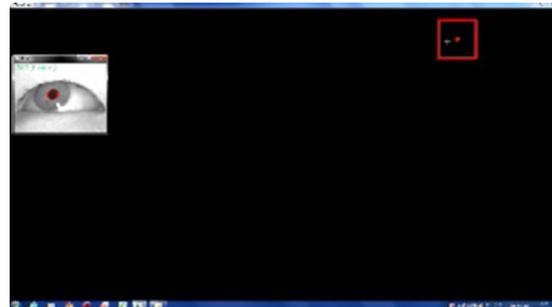


図4 視線マウス操作時の表示画面

(4) 日常生活空間での利用を想定したメガネ型視線追跡デバイスのファーストステップとして、超小型カメラを用いたヘッドマウント型の視線計測装置を試作した。計測精度について調べたところ、平均誤差は水平方向で 1.29 [deg]、垂直方向で 0.78 [deg]であった。また、2台の超小型カメラで取得した左右両眼の画像から両眼の視線方向を計算したところ、視線の上下左右の動きだけでなく注視点の前後(奥行き)方向の動きも検出できることがわかった。今後は、これらの3次元的な視線の動きを利用した視線入力方法も検討していきたい。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 2件)

Shinichi Hikita and Yasuhiro Seto, Point-and-click interface based on parameter-free eye tracking technique using a single camera, The HCI International 2013 Conference Proceedings, 査読有, CCIS 373, pp.608-612, 2013.
DOI: 10.1007/978-3-642-39473-7_121

正田 真一, 山田 泰生, 笠井 健, 竹田 仰, 小林 康秀, 齊藤 充行, 角膜反射像を用いた眼球回転中心位置推定に基づく視線計測法, 電子情報通信学会論文誌(D), 査読有, Vol. J96-D, No.1, pp.250-257, 2013.
http://search.ieice.org/bin/pdf.php?lang=J&year=2013&fname=j96-d_1_250

〔学会発表〕(計 4件)

瀬戸康博, 正田真一, 小林康秀, 小野貴彦, 齊藤充行, 単眼カメラを用いた瞳孔中心と虹彩輪郭に基づく眼球回転中心位置の推定, 信学技報, vol. 113, no. 216, HIP2013-49, pp. 1-5, 2013年9月12日, NICT けいはんな.

加藤拓真, 正田真一, 小林康秀, 小野貴彦, 齊藤充行, 頭部に固定した超小型カメラを用いた輻輳性眼球運動の計測, 信学技報, vol. 113, no. 216, HIP2013-50, pp. 7-10, 2013年9月12日, NICT けいはんな.

Yasuhiro Seto, Shinichi Hikita, Yasuhide Kobayashi, Takahiko Ono and Mitsuyuki Saito, Eye-Gaze Estimation Based on the Pupil and Iris without User-Dependent Parameters using a Camera, Proceedings of The 27th Symposium on Biological and Physiological Engineering, pp. 425-428, 2012年9月21日, 北海道大学.

木原孝, 正田真一, 小林康秀, 小野貴彦, 齊藤充行, 眼球表面上の特徴点を用いた3次元眼球運動推定法, 信学技報, MBE2011-144, pp. 193-196, 2012年3月16日, 玉川大学.

〔その他〕

なし

6. 研究組織

(1)研究代表者

正田 真一 (HIKITA Shinichi)
大阪電気通信大学・工学部・講師
研究者番号: 00347618