

令和 2 年 7 月 6 日現在

機関番号：34412

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2019

課題番号：17K01594

研究課題名（和文）眼球側面画像を用いた視線ジェスチャの識別

研究課題名（英文）Eye-gaze gesture recognition using images of the lateral view of the eye

研究代表者

疋田 真一（HIKITA, Shinichi）

大阪電気通信大学・工学部・准教授

研究者番号：00347618

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,500,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、超小型カメラ（アイカメラ）で撮影した眼球側面画像から視線ジェスチャ（特定の眼球運動パターン）を識別し、目で合図を送るだけで情報機器の操作を可能にするメガネ型インタフェースの開発に取り組んだ。最初に、メガネフレームのテンプル部にアイカメラを装着した視線追跡メガネを試作した。次に、眼球側面画像から特徴点を検出するための画像処理アルゴリズム及び眼球特徴点から視線ジェスチャを識別する方法を開発した。最後に、視線ジェスチャによりPCを操作する実験を行ったところ、スムーズな入力操作が可能であることがわかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、1台のカメラと市販のメガネフレームを利用して目で合図を送るだけで情報機器の操作を可能にするインタフェースを提案し、その基盤となる技術を開発した。病気や怪我で手足が不自由となった運動弱者（ユーザ）にとって、介助なしで健常者のように自立した日常生活を営むことは困難である。提案インタフェースによってユーザが最小限の介助で携帯情報端末やPCを利用できるようになれば、介助者およびユーザ両者の大幅なQOL向上、さらにはユーザの社会復帰促進につながると期待される。

研究成果の概要（英文）：In this study, we have developed a wearable eye-gaze interface using an ultra-small camera mounted on a temple of glasses that captures images of the lateral view of the eye under natural light illumination. A user can select one of the commands to operate an information device such as PC by rotating the head after a sequence of saccadic eye movements. The amount of the head rotation is estimated from the vestibulo-ocular reflex response that rotates the eye smoothly in the opposite direction to the head. In the preliminary experiment, a user could easily select and input a command within a few seconds.

研究分野：画像計測

キーワード：眼球運動 カメラ インタフェース

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 病気や怪我などの影響で手足が不自由となった運動弱者にとって、介助なしで健常者のように自立した日常生活を営むことは極めて困難である。このような運動弱者(以下「ユーザ」と呼ぶ)の生活の質(Quality of Life)を改善し、能動的な活動を支援する有力な方法の一つとして、視線の動きを利用してハンズフリーで情報機器を操作する視線入力システムがある。もし、いつでもどこでもすぐに使える視線入力システムができれば、ユーザは最小限の介助で、携帯情報端末やPCを通じて自由に様々なアプリケーションを使えるようになり、介助者およびユーザ両者の大幅なQOL向上、さらにはユーザの社会復帰促進につながると期待される。

(2) ベッドや車椅子など日常生活の様々な場面で視線入力を可能にするためには、頭部装着型の視線計測装置が適している。しかしながら、眼球撮影用カメラ(アイカメラ)を用いた既存の装置には、近赤外光を眼球に照射するため目の乾きや疲れを感じやすく長時間の連続使用に不向きであること、眼球正面画像を撮影するためのアイカメラが視野の妨げとなること、使用前の調整作業(キャリブレーション)が面倒で時間がかかること、高価な専用装置が必要であること、などの問題があり、未だ普及はほとんど進んでいない。

2. 研究の目的

(1) 本研究では、メガネフレームのテンプル部分の空間にアイカメラを設置し、眼球を側面から撮影した画像を用いて視線ジェスチャ(右 左 右のような特定の眼球運動パターン)を識別することにより情報機器を操作するハンズフリーインタフェースを開発する。

(2) 提案インタフェースでは、自然光下における眼球の側面画像から特徴点を検出することによりユーザの負担軽減を図る。使用前のキャリブレーションについては、眼球特徴点の時系列データから識別した視線ジェスチャと情報機器の操作コマンドを対応付けることにより、視線方向や注視点の推定を不要とし、キャリブレーションフリーを実現する。また、導入コストの問題については、市販のメガネフレームにアイカメラを接続するためのジョイントを開発することで専用フレームを不要とし、低コスト化を図る。これにより、ユーザは自分のメガネにジョイントを介してアイカメラを取り付けるだけで、提案インタフェースの利用が可能となる。

3. 研究の方法

(1) ユーザの眼球側面画像を撮影する視線追跡メガネを開発するため、アイカメラを市販のメガネフレームに取り付けるための小型軽量ジョイントを設計・製作する。ジョイントの設計には3次元CADを使用し、造形には金属光造形加工機とワイヤ放電加工機を使用する。

(2) 眼球側面画像から眼球領域(黒目と白目の領域)を自動決定する方法を開発する。眼球領域はまばたきにより相対的に輝度値の変化が大きくなるので、開眼時と閉眼時の眼球画像を取得し、差分処理を用いて眼球領域を自動決定する。次に、眼球領域内において眼球運動に連動する特徴点を検出する画像処理アルゴリズムを開発する。

(3) 開発した視線追跡メガネを用いて性質の異なる2種類の眼球運動(サッカードとスムーズパシュート)を計測し、入力操作に用いる視線ジェスチャとその識別法を検討するための特徴点の時系列データを得る。

(4) 快適な視線入力操作のためには、視覚対象を「見る」ための視線の動きと、入力操作に用いる視線の動きとの混同を避ける必要がある。そのような観点から、視線ジェスチャとして特定の眼球運動パターンとその識別法を検討・開発し、PCの視線操作実験を行う。

4. 研究成果

(1) 製作した視線追跡メガネの外観を図1に示す。市販のメガネフレームの右眼側テンプル部にジョイントを介してカラーカメラとUSBインタフェースを接続した。これにより、既存のメガネにアイカメラを装着することができるようになっている。視線追跡メガネの重さ(USBケーブル除く)は、合計34.4[g](メガネフレーム23.5[g]、カメラとジョイント10.9[g])であった。

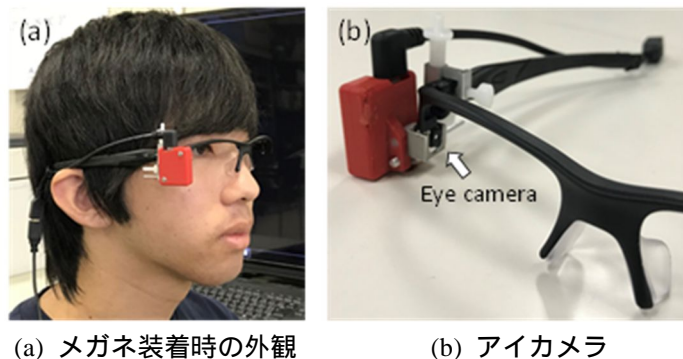


図1 視線追跡メガネ

(2) 眼球側面画像(図2(a))には、メガネのノーズパッドやメガネと顔の隙間のような黒目(瞳孔と虹彩)と白目(強膜)以外の領域が含まれる。そこで、最初に、ユーザが正面方向を見てい

るときの開眼時（図 2(a)）と閉眼時（図 2(b)）のグレースケール画像の絶対値差分を計算し、その差分画像から開眼画像を減算することで眼球領域を検出する。次に、この眼球領域に対して HSV 色空間における色相 H を利用して眼球小領域（図 2(c)の矩形）を決定する。この小領域内で閾値以下の輝度値をもつ画素数に関する水平 x 方向のヒストグラムを用いて黒目と白目の境界点を決定する。この境界点の x 座標（図 2(c)の縦線）を黒目の水平位置とし、視線ジェスチャの識別に利用する。画像の垂直 y 方向における黒目の垂直位置についても同様にして決定する。

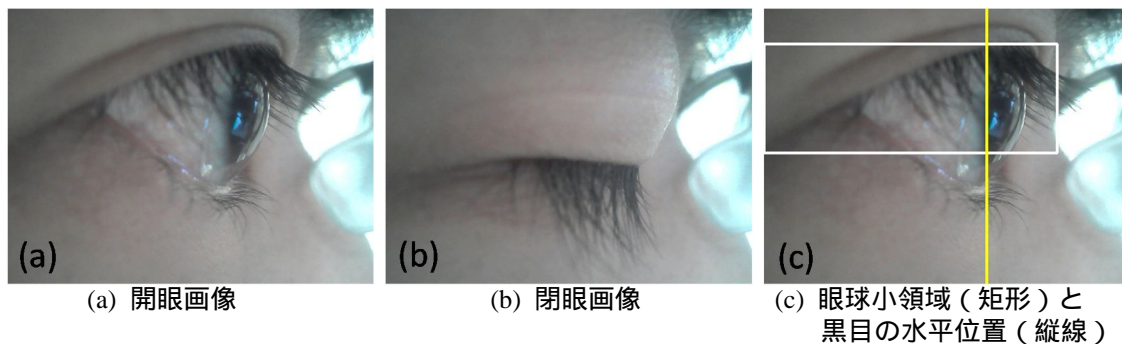


図 2 眼球側面画像を用いた黒目位置の検出

(3) 眼球側面画像における黒目位置を用いて視線ジェスチャの識別が可能かどうかを調べるために、2 種類の眼球運動(サッカーとスムーズパシュート)を計測する実験を行った。図 3 は、視標の水平位置 (Target) がステップ状に変化したときの黒目の水平位置 (Eye) の時間変化である。左の縦軸は被験者から見た視標の角度 (右向きを正)、右の縦軸は眼球側面画像における黒目の水平位置を表す。10[deg]間隔で跳躍運動する視標に対して黒目の水平位置が急速に変化しており、30 フレーム/秒で取得した黒目位置のデータから速度の閾値を用いて容易にサッカー (少なくとも振幅 10[deg]) の検出が可能であることが確認できた。

図 4 は、左右方向に一定速度 (10[deg/s]) で往復運動する視標を呈示したときの黒目の水平位置の時間変化である。等速運動視標を追跡するように黒目の水平位置が滑らかに変化しており、スムーズパシュートの計測が可能であることがわかる。図 4 のデータにおける視標の角度と黒目位置の関係を調べたところ、視標角度が $-5 \sim 20$ [deg] の範囲において、視標角度と黒目位置の間には直線的な関係が見られた (右方向: $y = -3.72x + 430$, $r^2 = 0.994$ 左方向: $y = -3.51x + 416$, $r^2 = 0.994$)。回帰直線の傾きの逆数から、およそ 0.3[deg/pixel]での眼球運動の検出が期待できる結果となった。

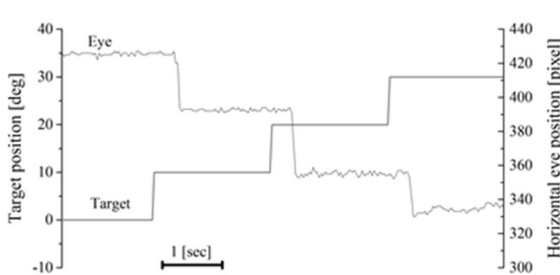


図 3 視標位置がステップ状に変化したときの黒目の水平位置の時間変化

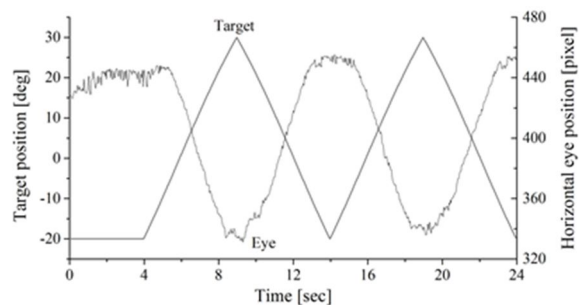


図 4 等速運動視標追跡時の黒目の水平位置の時間変化

(4) 特定の眼球運動パターンと情報機器の操作コマンドを対応づける従来の視線ジェスチャ方式には、ジェスチャ (操作コマンド) の数が少ないという課題がある。そこで、4 種類の簡単な視線ジェスチャと 5 段階の頭部回転動作を組み合わせた 20 通りのコマンド入力方法を開発した。ユーザは、視覚対象となる正面のディスプレイを見ながら、頭を上回転させる (U)、頭を下回転させる (D)、頭を右回転させる (R)、及び眼を正面 右 正面の順に素早く動かす (S)、という 4 種類の視線ジェスチャ (U, D, R, S) の中から 1 つのジェスチャを実行した後、正面方向を見ながら頭を左方向に 5 段階の角度で回転させることで情報機器をハンズフリーで操作する。PC を用いたコマンド入力実験により、20 通りの入力が可能であることがわかった。提案法では、選択可能なコマンド数は視線ジェスチャの種類 \times 頭部回転によるコマンド数で決まるので、視線ジェスチャの種類が少なくてもコマンド数を容易に増やすことができる。なお、視線ジェスチャ U, D, R の識別には頭部回転時に生じるスムーズな眼球運動 (前庭動眼反射) を利用し、視線ジェスチャ S の検出にはサッカーを利用する。これらの眼球運動は眼球速度が大きく異なるので、速度の閾値を用いて容易に 2 種類の眼球運動を識別できる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 疋田真一, 橋田慎吾
2. 発表標題 眼鏡のテンプル部に固定したカメラを用いた簡易眼球運動計測
3. 学会等名 電子情報通信学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 疋田真一, 廣庭大樹, 前 侑佑
2. 発表標題 メガネ型視線ジェスチャ入力インタフェースの開発
3. 学会等名 第14回空間認知と運動制御研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 阪口勝彦, 疋田真一
2. 発表標題 一台のアイカメラで実現するウェアラブル首ふり視線インタフェース
3. 学会等名 第152回ヒューマンインタフェース学会研究会ヒューマンインタフェース・ステップアップキャンプ
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 阪口勝彦, 疋田真一
2. 発表標題 眼球側面画像を用いた首ふり視線ジェスチャの検出とPC操作への応用
3. 学会等名 第13回空間認知と運動制御研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 阪口勝彦, 疋田真一
2. 発表標題 視線と頭部のジェスチャを用いたウェアラブルインタフェース
3. 学会等名 平成29年度計測自動制御学会関西支部・システム制御情報学会若手研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 阪口勝彦, 疋田真一
2. 発表標題 眼球側面画像を利用した視線インタフェースの開発
3. 学会等名 電子情報通信学会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考