

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 23 日現在

機関番号：34412

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26350679

研究課題名(和文) 運動弱者のためのメガネ型ハンズフリーインタフェースの開発

研究課題名(英文) Development of eye-gaze interface using an ultra-small camera mounted on the glasses

研究代表者

疋田 真一 (Shinichi, Hikita)

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) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、手足が不自由な運動弱者の生活の質を改善するため、視線の動きで情報機器のハンズフリー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、市販のメガネフレームに眼球撮影用超小型カメラを装着した視線追跡メガネを試作した。次に、高速な眼球特徴点の検出方法及び2種類の眼球運動(サックードと前庭動眼反射)を識別する方法を検討し、眼と頭の動きを利用したコマンド選択型の視線入力方法を開発した。視線追跡メガネを用いてPCの視線操作実験を行ったところ、眼の動きとまばたきに加えて頭の回転動作を利用することで、円滑なコマンド選択が可能であることがわかった。

研究成果の概要(英文)：In this study, an eye-gaze interface which enables hands-free input to a computer using an ultra-small eye camera mounted on the frame of the glasses has been developed. A feature point of the eye was detected to identify voluntary rapid eye movement and reflex slow eye movement that rotates the eye in the opposite direction to the head. In the usability test, a subject could smoothly choose one of the commands to operate PC by rotating the head in addition to voluntary eye movement and blink.

研究分野：画像計測

キーワード：ヒューマンインタフェース 眼球運動 カメラ

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。例えば、運動機能が徐々に失われる ALS (筋萎縮性側索硬化症) の場合、症状が進行すると患者は声を発することもできなくなり、意思伝達の手段として目の動きしか使えなくなる。また、脳卒中や交通事故などが原因で身体に麻痺が残り手足が不自由となることや、骨折により一時的に運動弱者となる場合もある。このような運動弱者(以下「ユーザ」という)の生活の質(Quality of Life)を改善し、能動的な活動を支援する1つの方法として、眼球やまぶたの動きによりハンズフリーで情報機器を操作する視線入力システムの研究開発が行われている。どこでもすぐに使える視線入力システムが実用化されれば、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、介助者及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システムを利用するためには、どこでも簡単に使えること(装置装着の負担が小さいこと、簡単なキャリブレーション、直観的な操作性)及び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、電極や専用装置の装着がユーザの大きな負担となることや、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、ユーザへの負担減少が見込める点については他の方法に比べて優位性はあるが、利用時にキャリブレーションが必要ですぐに使えないこと、カメラで眼球を撮影する際に近赤外光を眼球に照射するため長時間の使用に不向きであること、視線計測のための専用装置が高価であることなどの課題がある。ユーザの立場からは、低コストかつ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、眼球撮影用超小型カメラと市販のメガネフレームからなる軽量の視線追跡メガネを試作し、このメガネに自然光下における眼球特徴点検出機能と快適な操作性を備える視線操作アプリケーションを付加することにより、このメガネをかけるだけで「どこでもすぐに使えるハンズフリーインタフェース」を開発する。

3. 研究の方法

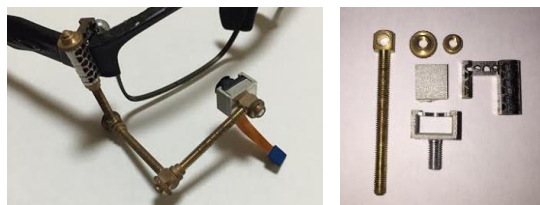
(1) 視線追跡メガネの試作にあたり、市販のメガネフレームまたはユーザ所有のメガネに超小型カメラを装着するための機構(ジョイント)を 3DCAD と 3D プリンタを用いて設計・製作する。

(2) 視線追跡メガネを用いて取得した眼球画像からリアルタイム(30 フレーム/秒)で眼球特徴点を検出する画像処理アルゴリズムを開発する。

(3) 眼球特徴点を利用して「見る」ための視線の動きと情報機器を「操作する」ための視線の動きを識別する手法を検討し、PC の視線操作実験を行う。

4. 研究成果

(1) 市販の軽量メガネフレームに眼球撮影用超小型カラーカメラ(アイカメラ)を装着した視線追跡メガネを図 1a に示す。アイカメラとフレームを接続する機構(図 1b)は 3DCAD と 3D プリンタを用いて設計・製作された。このジョイントは、強度と軽量化を両立させるためにハニカム構造を持ち、最大で幅 7[mm]のフレームにアイカメラを接続できるようになっている。アイカメラの解像度は 640×480[pixel]で、USB 接続により 30 フレーム/秒で画像を取得することができる。



(a) 視線追跡メガネ (b) ジョイント

図 1 視線追跡メガネ

(2) メガネフレームに装着した超小型カメラを用いて取得した眼球画像を図 2a に示す。自然光下では、近赤外照明下と異なり、眼球特徴点として瞳孔を利用することは困難である。そこで、瞳孔を含めた虹彩(黒目)領域を決定し、その重心を特徴点として利用する。最初に、カメラ画像に対して二値化処理を行う(図 2b)。次に、まつ毛や眉毛などのノイズを除去するため、二値画像に対して膨張収縮処理を行う(図 2c)。次に、黒目領域内の映りこみによる欠損部分を埋めるため、画像を縦(y)方向に走査し、黒画素に挟まれた白画素を黒画素に置き換える処理を行う。最後に、黒目領域を決定するため、画像の横(x)方向と縦方向それぞれについて黒画素数のヒストグラムを作成する。ヒストグラムの最大値から最大値の 70%までの範囲を黒目領域とし、その重心位置(図 2d)をもって眼球特徴点とする。

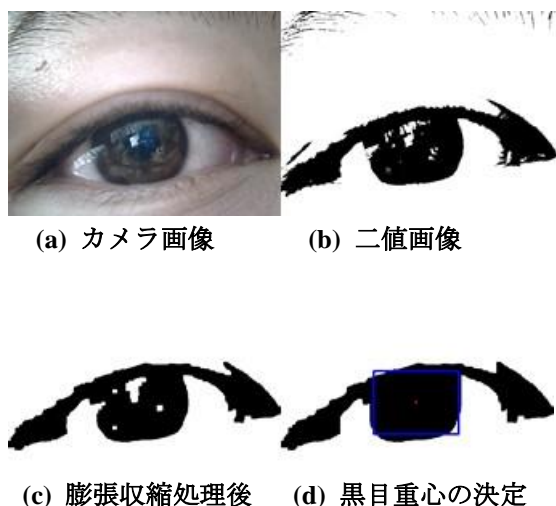


図 2 眼球特徴点の検出

(3) サッカード (saccade) はキョロキョロと視線の向きを切り替えるときに生じる極めて高速な眼球運動で、前庭動眼反射 (VOR, Vestibulo-Ocular Reflex) は、頭部が回転したとき頭の回転方向と逆向きに眼を回転させるスムーズな反射運動である。サッカードと VOR を識別できれば、視線操作のための意図的な眼の動きに加えて頭の回転動作も視線入力に利用でき、インタフェースの使いやすさが大幅に向上する可能性がある。そこで、視線追跡メガネを利用して取得した眼球特徴点の時系列データからこれら 2 種類の眼球運動を検出するアルゴリズムを開発した。

(4) キャリブレーション不要で快適な視線操作を実現するため、眼と頭の動きを用いたコマンド選択型の視線入力方法を開発し、PC の視線操作実験を行った。図 3a は、実際にディスプレイを見ながら視線によるコマンド入力を行っているときの眼球特徴点の x 座標の時間変化を表したものである。開発した方法では、ディスプレイを「見る」ための視線の動きと PC を「操作する」ための視線の動きの混同を避けるため、短時間のうちに視線を左から右、右から左に大きく往復運動させたときのみ (図 3a の矢印)、視線入力モードに切り替わるようになっている。視線入力モードでは、ディスプレイにコマンド選択画面が表示される。ユーザがこの選択画面を注視したまま頭を左右に回転させると、VOR の速度から推定した頭の回転量 (図 3b) に応じてコマンド番号が表示される。この例では、頭の回転量が 15[pixel] 変化するごとにコマンド番号が変化 (± 1) するようになっており、所望のコマンド番号 (図 3b ではコマンド番号 5) が表示された状態で頭の回転を止めてまぶたを閉じると (図 3c)、そのコマンドが実行される。このようにして、特定の眼球運動パターン (saccade) による視線入力モードのオン/オフ、及び VOR の速度から頭部回

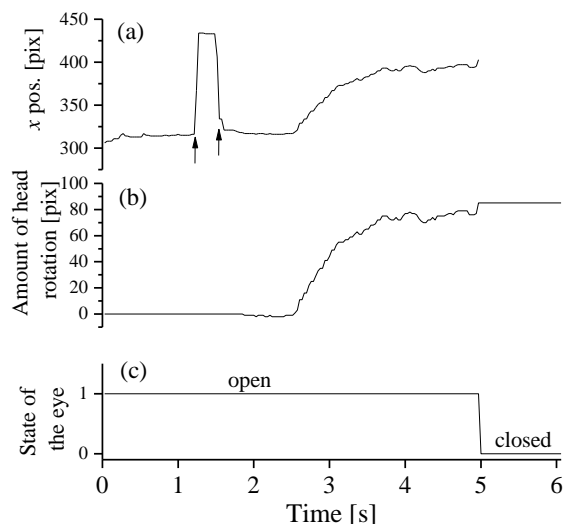


図 3 眼球特徴点 (黒目重心) の位置 (a)、推定した頭の回転量 (b) 及びまぶたの開閉状態 (c)

転量を推定することにより頭部回転角に応じたスムーズなコマンド選択が可能であることを確認した。今回開発した方法をユーザ所有の PC 環境に適用する場合、コマンド番号とキーボードのショートカットを対応させるだけで容易にハンズフリー操作を実現できる。

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)

[学会発表] (計 4 件)

- ① 阪口勝彦, 森田康裕, 大久保一字, 正田真一, 超小型カメラを用いたウェアラブル視線インタフェースの開発, 第 32 回センシングフォーラム予稿集 2P1-8, pp. 232, 2015 年 9 月 11 日, 大阪電気通信大学 (大阪府寝屋川市).
- ② 大久保一字, 阪口勝彦, 森田康裕, 正田真一, 自然光下における頭部に装着した超小型カメラを用いた眼球特徴点の検出, 第 32 回センシングフォーラム予稿集 1C1-2, pp. 177-180, 2015 年 9 月 10 日, 大阪電気通信大学 (大阪府寝屋川市).
- ③ 正田真一, 超小型カメラを用いた視線追跡メガネの開発, 平成 26 年度 JAXA 宇宙環境利用科学委員会第 10 回「宇宙環境へ適応するための感覚-運動ゲインコントロール」についての研究チーム会合, 2015 年 3 月 7 日, 倉敷中央病院 (岡山県倉敷市).
- ④ 早田良, 正田真一, 小野貴彦, 小林康秀, 齊藤充行, タブレット型情報端末の組み

込みカメラを用いた視線モーションによるハンズフリー入力システムの開発, 平成 26 年度 (第 65 回) 電気・情報関連学会中国支部連合大会論文集, pp. 311-312, 2014 年 10 月 25 日, 福山大学 (広島県福山市).

[その他]

なし

6. 研究組織

(1)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

(2)研究分担者

小野 貴彦 (ONO Takahiko)
広島市立大学・情報科学研究科・准教授
研究者番号：20312613