

令和 5 年 6 月 22 日現在

機関番号：34412

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K12746

研究課題名（和文）3次元視線ジェスチャを用いた意思伝達支援

研究課題名（英文）Support for communication using eye-gaze gestures

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） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、左右両眼の眼球側面画像を用いて視線ジェスチャを識別し、介護ロボットやPCのような情報機器に対して目による意思伝達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、メガネフレームの左右のテンプル部にカメラを固定した眼球撮影用メガネを試作した。次に、眼球側面画像から黒目（虹彩）の位置を検出する方法を開発した。次に、できるだけシンプルな視線ジェスチャで多数の入力を実現するという利便性の観点から、3種類の基本ジェスチャと2種類の補助ジェスチャを組み合わせた視線入力方法を提案した。最後に、視線ジェスチャの識別実験をおこない、提案法の有効性を確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、2台の眼球撮影用カメラと市販のメガネフレームを用いて目による合図で意思伝達を可能にするメガネ型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になった運動弱者（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を利用したり、介護ロボットに自分の意思を伝達できるようになれば、介助者およびユーザ両者の大幅な生活の質（Quality of Life）の向上、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 developed an eyeglass-type interface that enables communication by eye to information devices such as nursing-care robots and PCs by identifying eye gestures using lateral images of the left and right eyes. First, we developed a prototype pair of eyeglasses with cameras fixed to the left and right temples of the eyeglass frames. Next, we developed a method to detect the position of the black eye (iris) from the lateral image of the eye. Next, from the viewpoint of convenience, we proposed a method of eye gaze input that combines three basic gestures and two auxiliary gestures to realize multiple inputs with the simplest possible eye gaze gestures. Finally, we conducted experiments to identify eye gaze gestures and confirmed the effectiveness of the proposed method.

研究分野：計測制御

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、意思伝達的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が、人間による介助を要することなく、介護ロボットに自分の要求を伝えたり、PC やスマートフォンのような情報機器を操作することができれば、介助者の大幅な負担軽減、運動弱者の生活の質 (Quality of Life) 向上、さらには運動弱者の社会復帰促進につながると期待される。

(2) 日常生活における運動弱者の意思伝達手段として、メガネに装着した眼球撮影用カメラ (アイカメラ) を用いて特定の眼球運動パターンからなる視線ジェスチャを検出し、情報機器や介護ロボットへの指示内容と対応付ける方法がある。しかしながら、既存の視線計測装置には、近赤外光を常時眼球に照射するため目の乾きや疲れを感じやすく日常使用に不向きであること、使用前にキャリブレーションが必要ですぐに使えないこと、専用装置が高価であること、などの課題があり、視線を利用した意思伝達インタフェースの普及はほとんど進んでいない。そこで、本研究では、市販のメガネフレームとアイカメラを用いて低コストかつ煩雑なキャリブレーションを不要とする意思伝達支援システムを開発する。

2. 研究の目的

(1) 屋内照明下において左右の眼球を側面 (耳側) から撮影した画像を取得するために、市販のメガネとアイカメラを用いて眼球撮影用メガネを試作する。

(2) 情報機器やロボットに目で合図を送るために、できるだけ簡単な動きで多くの合図を実現するという観点から、視線ジェスチャを検討・決定する。次に、左右両眼の側面画像から視線ジェスチャをリアルタイムで認識する。

3. 研究の方法

(1) 眼球撮影用メガネを試作するため、アイカメラ (CMOS カメラモジュール) を市販のメガネフレームに装着す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 を利用し、造形には 3D プリンタを使用する。

(2) 目の動きを検出するために、黒目 (瞳孔と虹彩を含んだ領域) の位置を検出する方法を開発する。

(3) カメラで撮影された眼球側面画像から虹彩 (黒目) 領域の位置に基づき眼球回転量を検出する。アイカメラの反対側 (鼻側) へ眼球が大きく回転すると、黒目領域が消失し、白目領域のみしか得られない場合が起こりうる。左右方向の共役性眼球運動の場合には、少なくとも片眼の黒目領域が得られるのでこれを利用して視線ジェスチャを認識する。

4. 研究成果

(1) 図 1(a) は、眼球撮影用メガネを装着したときの外観である。市販のメガネフレームのテンプル部に CMOS カメラモジュール (アサヒ電子研究所, PPV404F) と USB インタフェース (アサヒ電子研究所, AEL-USB-B) を固定するため、カメラジョイントと ABS 樹脂製の保護ケース (図 1(b)) を設計・製作した。このジョイントは 2 自由度の位置決めが可能で、カメラ位置を顔の上下方向及びメガネフレームのテンプル部に沿って調節できるようになっている。

(2) 眼球運動を検出するために、目尻側の白目と黒目 (瞳孔と虹彩を含んだ領域) の境界から黒目の水平位置を決定する。眼球領域内の各 x 座標 (画像の左上を原点とする横方向の座標) において閾値以下の輝度値をもつ画素数をカウントし、低輝度画素数に関するヒストグラムを作成する (図 2(a))。白目と黒目の境界付近で低輝度の画素数が急激に減少することから、

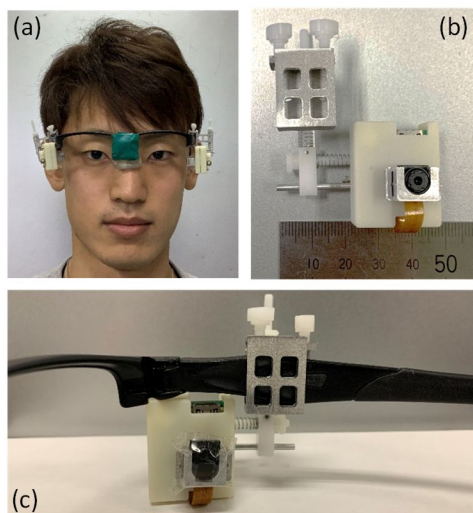


図 1 眼球撮影用メガネ。(a)メガネ装着時の外観、(b)カメラとジョイント、(c)カメラとメガネフレーム

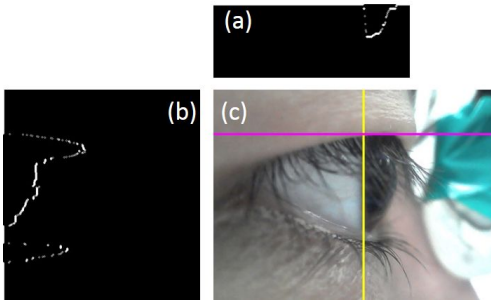


図2 黒目（虹彩）の水平・垂直位置の検出

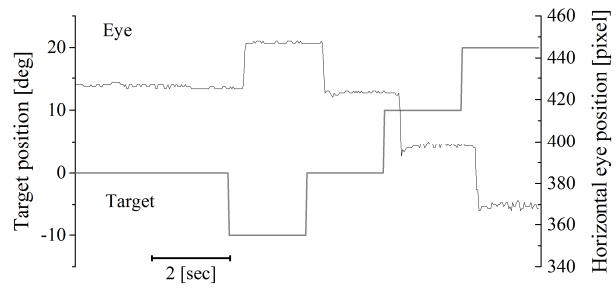


図3 視線切り替え時の黒目位置の時間変化

黒目の水平位置（図2(c)の黄色の縦線）が決定される．垂直方向の眼球運動についても同様に低輝度画素のヒストグラム（図2(b)）を用いて黒目の垂直位置（図2(c)のピンクの横線）が決定される．これらの黒目の2次元位置を用いて視線ジェスチャを認識する．

(3) 今回試作した眼球撮影用メガネで取得した眼球側面画像から急速な水平眼球運動の識別が可能かどうかを調べるために、視線切り替え時に生じる急速な眼球運動（サッカード）を計測した．図3は、眼前60[cm]のディスプレイ上に視標（Target）が提示されたときの右眼の黒目（Eye）の水平位置の時間変化である．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．-10～20[deg]の範囲内において10[deg]間隔で跳躍する視標に対して黒目の水平位置もステップ状に変化していることがわかる．今回用いたカメラのフレームレートは30フレーム/秒であったが、このような低い時間分解能であっても速度の閾値を用いてサッカードの検出が可能であることがわかった．

(4) 情報機器やロボットに目で合図を送るために、できるだけシンプルな視線ジェスチャで多くの合図を実現するという利便性の観点から、3種類の基本ジェスチャと2種類の補助ジェスチャを組み合わせた視線ジェスチャを開発し、それらの認識実験を行った．

基本ジェスチャは、正面方向を見ながら頭を上に向ける（U）及び頭を下に向ける（D）、視線を正面右正面または正面左正面の順に移動させる（S）の3種類である．補助ジェスチャは、正面方向を見ながら頭を右方向に3段階の大きさで回転（R1～R3、数字が大きいほど回転角度が大きい）及び頭を左方向に回転（L1～L3）させたときの視線の動きである．被験者は、これら3種類の基本ジェスチャに続いて2種類の3段階補助ジェスチャを実行することにより、合計18通りの合図を送ることができる．

図4は、被験者1（sub.1）と被験者2（sub.2）について、3種類の基本ジェスチャ（U、D、S）と6種類の補助ジェスチャ（R1～R3、L1～L3）の入力成功数を表している．基本ジェスチャの入力成功率について、被験者1はU、D、Sいずれも100%、被験者2もD、Sは100%でUのみ88.9%であった．一方、補助ジェスチャは、被験者1はR1～R3、L1～L3のいずれも入力成功率100%であったのに対して、被験者2は40～70%の成功率であった．被験者2については、睫毛の影響で黒目の水平位置を目尻方向に誤認識する傾向が見られ、そのことが入力成功率の低下の一因になった可能性がある．今後、睫毛の量と長さ及び眼球領域の縦横比が異なる数多くの眼球側面画像を取得し、眼球形状にロバストな画像処理アルゴリズムについて検討を進めていきたい．

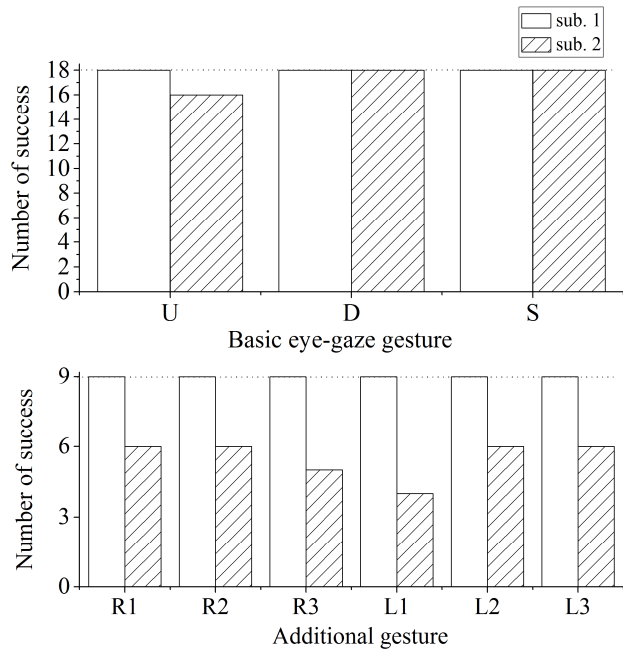


図4 基本ジェスチャ（上段）と補助ジェスチャ（下段）の入力成功数

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 鷲頭佳樹, 今林潤, 疋田真一
2. 発表標題 眼球側面画像を用いた機械学習に基づく虹彩検出
3. 学会等名 第18回空間認知と運動制御研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 疋田真一, 駒木根直人, 高柳優貴
2. 発表標題 眼球側面画像における目領域に基づく虹彩移動量の検出
3. 学会等名 第188回ヒューマンインタフェース学会研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 疋田真一, 木下久徳, 槻瀬彩名
2. 発表標題 左右両眼の側面画像を用いた視線ジェスチャの識別
3. 学会等名 第181回ヒューマンインタフェース学会研究会
4. 発表年 2021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
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------