

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 22 日現在

機関番号：33903

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25330246

研究課題名(和文) 肢体不自由児のための瞬き検出によるコミュニケーション支援ツールの研究と開発

研究課題名(英文) Development of Communication Assistant Application with Blinking for Physically Handicapped Children.

研究代表者

鳥居 一平 (Torii, Ippei)

愛知工業大学・情報科学部・教授

研究者番号：50454327

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、まばたきによって意思疎通ができる肢体不自由児のためのアプリケーションの開発を目指した。肢体不自由児は身体能力が限られ、また知的障がい等の合併症が見られることが多く、家族や介護者との意思疎通が困難である。我々は肢体不自由児がまばたきによってスマートフォンやタブレットに搭載されたアプリケーションを使用することができれば、介助者に気持ちや考え、要求を伝えることができるのではないかと考えた。まばたきを判定するために、まずOpenCVを用いて顔の眼部を検出し、次に閉眼および開眼判定の方法を開発した。彩度と複雑さを組み合わせることで、より正確なまばたき判定が可能になった。

研究成果の概要(英文)：Most of physically handicapped children do not have ability of verbal communication, so they need some support tools to express their thoughts or needs. Some communication support tools using movements of eyes for these physically handicapped people have been released already, but most of them are quite expensive. Based on the above points, we try to develop an application for physically handicapped children to tell their needs or wants with blinks. Process of detecting blinks is performed in the following steps; To detect an eye area(By using Opencv Haar-like eye-detection) To distinguish opening and closing of eyes(By using the complexity of binarized image) To add the method using saturation to detect blink(Aiming more accurate detection) To decide by a conscious blink(To define what is a "conscious blink") To improve the accuracy of detection of a blink.

研究分野：画像処理

キーワード：画像処理 瞬き検出 障害者支援 残像 予測変換

1. 研究開始当初の背景

重度の知的障害を持ち、コミュニケーションの障害のある児童に有効な支援機器として VOCA (Voice Output Communication Aid) がある。VOCA に関する様々な研究が行われ、学校教育の現場に導入されている。しかし、高価で操作が複雑なため一般には広く普及していない。

そのような中、携帯情報端末、とりわけスマートフォンやタブレットへの関心が高まっている。アプリケーションをインストールすることで様々な使い方ができ、カスタマイズも可能であることが大きな魅力となり、スマートフォンやタブレットは、私たちの暮らしの中にまたたく間に普及した。このような携帯情報端末が、自閉症や言語障害などのコミュニケーションに障害のある人の支援ツールとして、教育現場や家庭でも使われ始めている。アプリは、既にいくつか発売されているが、高価な上、複雑すぎて使いづらく現場では十分に生かされておらずというものが現状であった。

そこで我々は、価格を抑えた VOCA アプリ『ねえ、きいて。』を研究開発した。一般的に、トーキングエイド・アプリ (talking aid app) と呼ばれるものは、【目的語】と【述語】を選択してから、最後に【話すボタン】を押すという3つの動作によって音声が発せられる。『ねえ、きいて。』の場合は、1つのシンボルを押すだけで二語文の音声が発せられ、簡単に意思通を行うことができる。安価で使いやすい利便性が利用者が高く評価された。

『ねえ、きいて。』を導入した特別支援学校は、肢体不自由児のための支援ツールの開発も切望していた。『ねえ、きいて。』で培ったシステムを基盤にし、肢体不自由児向けのコミュニケーション支援ツールの研究開発を行うこととなった。

2. 研究の目的

肢体不自由児とは、脳性まひや筋ジストロフィー、二分脊椎などにより、四肢体幹に永続的な障害のあるものをいう。身体障害者福祉法に定められている障害の分類のうち最も対象者が多い。いわゆる寝たきりのベッド上での生活で、体のごくわずかな部分のみが動かせる状態である。また、知的障害等の合併症が見られることが多く、家族や介助者とのコミュニケーションや意思の疎通が難しいため、本人の気持ちや考え、要求が何であるのかを知るために、さまざまな努力や工夫がなされてきた。

例えば、特別支援学校で呼吸器をつけた重度の肢体不自由児が何かを訴えようとしている場合、教師は (はい。) と × (いいえ。) の描かれた2枚の透明な下敷きを見せながら質問し、2択の答えを用意する。「暑い? はい? いいえ?」交互に と × を見せながら問いかけると、児童がその答えの下敷きを見

る事で返答をする。目の動きや見つめる時間で、 なのか × なのかを判断し、そうしたやりとりから本人の訴えを理解していく。

しかし、この方法では、教師や保護者が、経験やその時の雰囲気や状況で “ 予想される事柄を想定 ” した質問に対してそれが正しいかどうかを尋ねているため、本来の彼らの要求と合致していない場合も多い。また、選択肢も少なく、眼の動きがはっきりしない場合もあり、やはり経験や状況で判断せざるを得ないという。そうした肢体不自由者のための、眼の動きを利用したコミュニケーション支援ツールが販売されているが、数十万から数百万と高額な上、誤作動もあり、特別支援学校などに容易に導入する事が難しい。

そこで我々は、肢体不自由児が自分の伝えたいことを瞬きで選択し、音声で伝えることのできるアプリを開発する。既に発表したコミュニケーション支援ツール「ねえ、きいて。」で、児童らは、実際に自分で操作を行い、ひとりで選択できたという成就感、つまり自分の力で伝えられたという達成感により、もっと多くの思いを伝えたいというコミュニケーションマインドが養われた。肢体不自由児にも、この達成感が得られるよう、携帯情報端末を利用し、瞬きによって作動させる非接触型支援アプリの研究と開発を行う。アプリ開発を業者に委託すると、高額なコストシミュレーションがかかる。大大学の研究室が学生とともに取り組み、理想のアプリを無償で世界に配布し活用されることを目的とする。

3. 研究の方法

瞬き検出の高精度化のためのプロセス

顔の眼部検出 (OpenCV 付属の眼部 HAAR-like 分類器を用いる)

閉眼判定 (螺旋ラベリングによる判定)

閉眼判定 (明度による判定)

閉眼判定 (彩度による判定)

無意識瞬き・眼球の動きの排除 (複雑さによる閉眼判定)

オブジェクトを検出する方法は複数存在するが、今回の画像処理にはコンピュータビジョン向けライブラリである、OpenCV を使用した。OpenCV に実装されている検出器は、Paul Viola らによって提案され、Rainer Lienhart らが改良したものが実装されている。

図1は、Haar-like 分類器のイメージである。人体の顔は、眼部周辺にぼかしを加えると、直下の頬周辺より暗くなる (図1)。そのため、画像の中から、眼部周辺の上下に隣接する横長の長方形領域を切り出し、上下それぞれの明度の平均を取得した場合、上の領域が暗く、下の領域が明るくなる (図1)。加えて、鼻筋の頂点は、両脇の明度の平均よりも大きくなる (図1)。この と を顔

の判断基準とする。20 数回の顔でない領域の排除を行い、最終的に残った候補を顔と判断する。

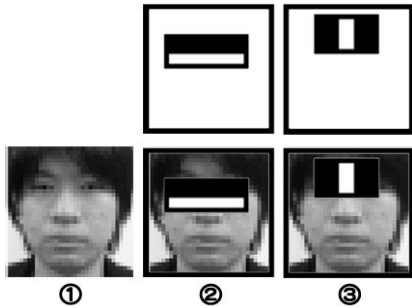


図1 Haar-like 分類器を用いた眼部検出

次に、螺旋ラベリングと明度による閉眼判定を行った。まず最初に、一般的である螺旋ラベリングを用いて閉眼判定を行う。螺旋ラベリングは、黒目の面積を測定し、黒目の面積が閾値以下になった時を瞬きと判定する方法である。起点ピクセル(図太枠の1)から螺旋状にピクセルを調べ、差分のメディアン値を算出し、閾値以上か否かをマーキングする。



図2 螺旋ラベリングを用いたまばたき検出

肢体不自由児の場合、瞼が下がり、黒目が小さいため黒目の中心である起点ピクセルが見つからず、測定が困難であった。そこで、HSV (Hue, Saturation, Value) の Value を用いて閉眼判定を行った。まず、眼部周辺の明度の平均を取る。閉眼時は、この明度の平均値が上がる。その場合を閉眼として判断する。図3は、眼の開眼・閉眼時のイメージである。

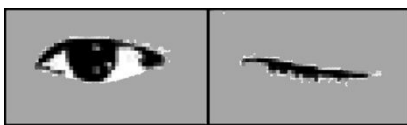


図3 明度を用いたまばたき検出

特別支学校の教室には児童に負担にならないよう外光を遮蔽しベッド上は暗く、十分な光量が得られない。そのため、眼部の明暗の変化がなく、白と黒の明度の平均が肌の明度に近づいてしまうため、閉眼判定が不可能である。

そこで、新たに考えた彩度の差による閉眼判定を手法を行った。この閉眼判定は、眼部 C (黒目の中心) W 白目(図8W)それぞれの彩度(HSVのSaturation 0~255)の値の平均値を求め、それを下回った時を閉眼と判定させる。開眼時の彩度の平均値は、複数人の眼部をサンプリングした。

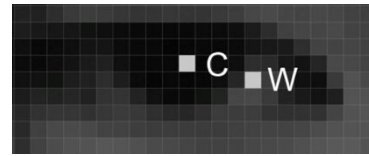


図4 彩度を用いたまばたき検出

彩度の平均値 19.50 を 0 から 255 の平均値に変換し、S(Saturation)=49 を基準に、最も誤作動の無い値を探す。彩度による閉眼判定は、極めて感度が良い代わりに、無意識瞬きや黒目の動き、顔の動きなど、わずかな変化でも判定してしまう。

そこで、高感度を維持したまま、無意識瞬きによる誤判定を排除するために、新たに現在を含めた3フレームで彩度に加え、画像の複雑さによる判定を行う。

画像の複雑さとは、開眼時と閉眼時での目の輪郭の違いを元に、画像のエッジの全体量の割合の差で、ピクセルが平坦になった時を閉眼とする(図5)。取得画像に一次積分を施し、強調された箇所をエッジと定義した。



図5 画像の複雑さを用いたまばたき検出

この閾値は、彩度と同様に現在のフレームの5フレーム前から14フレーム前までの10フレーム間のエッジ量の平均値を基準とし、現在のフレームとの差で判定させる。無意識瞬きや黒目の動きまで検出する彩度のみの判定を、複雑さの閾値で抑える。3フレームの間眼を閉じ続けていると判定した場合を意識的瞬きと定義した(Fig. 10)。撮影に要するフレーム数はデバイスの能力に依存し、開発において使用した機種では1秒あたり約4フレームであった。まばたきを0.75秒以上続けると意識的と判定される。

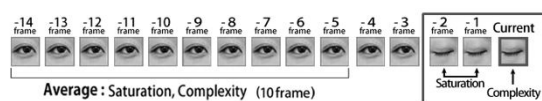


図6 15フレーム間のプロセス

この複雑さの判定を加えることで、眼が細目になったときや、顔の動きなどの誤作動を防ぐことを目的とする。

彩度と画像の複雑さを合わせた閉眼判定の最も良い値を探す。まず、彩度(BP)を S=49 の89%以上では誤作動が起こり、85%以下では、意識的瞬きを感知しない。

複雑さ(LP)は、閾値の値を5フレームから14フレーム前の平均の73%以下では感知せず、78%以上では無意識瞬きを誤判定する。誤判定が少ない設定は、(複雑さ=75%、彩度=86%)で、この値を閾値として設定した。

図7は、アプリケーション起動時のイメージ

である。図内 ABC は複雑さの関連値、DEF は彩度の関連値になる。A は、現在のフレームの複雑さの値である。B は、現在のフレームの 5 フレーム前から 14 フレーム前までの平均値であり、C は、現在の複雑さの閾値である。D は、現在のフレームの彩度の値である。E は、現在のフレームの 5 フレーム前から 14 フレーム前までの平均値であり、F は、現在の彩度の閾値である。A と C、D と F を比較して、C が A より大きい場合と、F が D より大きい場合に閉眼していると判定する。

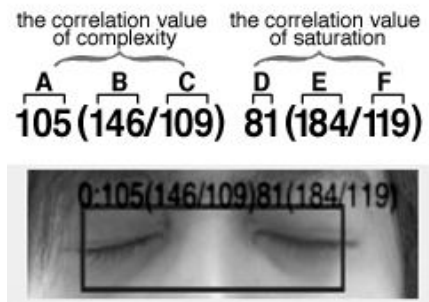


図7 15フレーム間のプロセス

我々は特別支援学校において上記の複雑さを用いた閉眼判定による臨床実験を行い、一定の成果を得ることができた。

しかし、「脊髄性筋萎縮症」英名「spinal muscular atrophy (SMA)」という被験者は筋力が弱く、長く瞬きができないため改良する必要性が出てきた。

強い瞬きのできる人には、彩度と複雑さによる判定が相応しいが、この被験者のように、脊髄性の疾患により強くしっかりした瞬きができない人には、別の検出方法が必要である。彩度と複雑さによる瞬き判定で、我々が除外した瞬き、つまり高速な瞬きを意識瞬き判定として検知しなければならない。筋力が弱く、強い瞬きができない使用者でも、無意識瞬きと意識瞬きの速度にはわずかな違いが生じる。その違いの取得のためには、まず処理能力を上げる必要がある。タブレットはベッドにアームによって固定されている。そこで、多くの負荷がかかっていた OpenCV を使った目の位置検出を毎回行わず、起動時のみに行うようにした。これにより、処理の負担が軽減され、毎秒4フレームから25フレームを判定処理に割り当てられるようになった。

弱く速い瞬きには彩度と複雑さによる判定を用いず、新たに「残像による判定」を開発した。眼部の位置検出後、フレームを用いて眼部の黒い部分を捉え残像を撮影する。それを元になる画像と設定し、現在の眼部の黒い部分と重なる部分が急激に減少した時を閉眼状態と判定した。残像による方法で比較できる過去のフレーム数が多くなったことで、高い精度で変化を捉えられるようになり「開眼から、閉眼、そして開眼」までの一連の動きの変化を数値化できるようになった。

それらが取得できることで、瞬きの長さも取得できるようになった。これにより、「短い瞬き、長い瞬き、目を閉じ続けている状態」を判別できるようになった。意識的瞬きの速度は、使用者によって異なるため、瞬き感度の敏感さを自ら調整できるように改良した。瞬き感度は(0~100)の中から選択ができ、通常は80に設定されている。図8は、「残像による判定」を視覚的に表現したものである。Aは現在のフレームの眼部の黒い部分。Bは、元になる残像の部分である。Cは、現在のフレームと残像が重なり合った部分である。

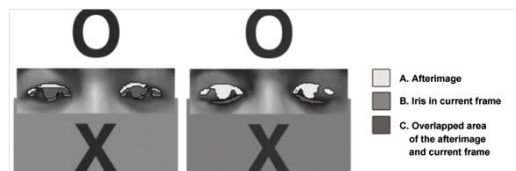


図8 残像を用いたまばたき検出

4. 研究成果

開発した正確で高精度なまばたき判定の手法を用い、検索した文字を音声として発話させるアプリケーション「あいとーく」を開発した。



図9 開発した「あいとーく」のイメージ

使用者は画面上の50音表でまず列で子音を選び、行で母音を選ぶ。50音表を見ながら、より迅速に文字を選択できるよう、使用者は50音表を移動する frame Cursor の語群に必要な文字の含まれるブロックを瞬きによって選ぶ。選択すると上部の「命令」(Fig. 14)の、左から濁点・半濁音、消去(一文字)決定、発音、全消去の順にフレームカーソルが移動する。決定()で文字を文章にしていく。その後「発音」で発話させる。

これらの「命令」項目の順番や速度なども、見やすさ・使いやすさが使用者へ配慮されている。決定された文字は上にテキストで現れ、文字数も無限で入力できる。また、予測変換機能により、ユーザの入力に応じて候補を読み出し、入力補助を行えるようにした。予測変換により、ユーザが文字入力にかかる時間や負担を格段に減らすことができた。一度入力した文字列をデータベースに登録し、頻度が高い文字列を予測変換候補として表示する。回数でなく使用頻度にするすることで、各

ーザに合った予測変換候補表示が可能になり、より円滑なコミュニケーションが行える。さらに、文字選択の時間短縮として、従来2分割であった選択ブロックを3分割にすることで、まばたき回数を減らすことができた。特に、意思表示は「～したい、～いきたい」など、頻度の高い「た行」を早く選択できるように改良した。

開発した高品位な瞬き判定手法は特許を取得し、無償で全国に配布され活用されている。障害者のための支援アプリは利用者にとっては生活必需品である。使いやすく、実用的であってこそ支援機器といえる。このアプリによって、肢体不自由者から、私たちに気づかないことを知り、双方向のコミュニケーションによって理解しあい、コミュニケーションマインドが養われ、より多くのコミュニケーションを欲求することを期待する。

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)

[雑誌論文](計 1 件)

Ippei Torii, Kaoruko Ohtani, Shunki Takami, Naohiro Ishii
Application of Detecting Blinks for Communication Support Tool, Software Engineering Research, Management and Applications Studies in Computational Intelligence 578, pp.219-232, 2015.

[学会発表](計 8 件)

Ippei Torii, Kaoruko Ohtani, Takahito Niwa, Naohiro Ishii
Detecting Eye-direction Using Afterimage and Ocular Movement, ACIS CSI2015, July 12, 2015, pp.149-154, Okayama(Japan).

Ippei Torii, Kaoruko Ohtani, Takahito Niwa, Naohiro Ishii
System and Method for Detecting Gaze Direction, IISA2015, July 6, 2015, Corfu(Greece).

Ippei Torii, Kaoruko Ohtani, Takahito Niwa, Naohiro Ishii
Verbal Communication Aid Application with Eye-blink, WCCAIS2015, January 17, 2015, pp.296-302, Hammamet(Tunisia).

Ippei Torii, Kaoruko Ohtani, Naohiro Ishii
Study and Application of Detecting Blinks for Communication Assistant Tool, KES2014, September 15, 2014, pp.1672-1681, Gdynia(Poland).

Ippei Torii, Kaoruko Ohtani
Development of Communication Assistant Application with Blinking for Physically Handicapped Children and Elderly People, ACM SIGGRAPH 2014, August 10, 2014, Studio Article No. 19, Vancouver(Canada).

Ippei Torii, Kaoruko Ohtani, Shunki Takami, Naohiro Ishii
Development of Communication Support Application with Blinks, IISA2014, July 7, 2014, pp.307-402, Chania(Greece).

Ippei Torii, Kaoruko Ohtani, Shunki Takami, Naohiro Ishii
Study and Development of Support Tool with Blinks for Physically Handicapped Children, IEEE International Conference ICTAI2013, November 4, 2013, pp.116-122, WashingtonDC(USA).

Ippei Torii, Kaoruko Ohtani
Development of AAC App for Autistic Children, ANNUAL International Technology & Persons with Disabilities Conference, March 17, 2013, San Diego(USA).

[産業財産権]

取得状況(計 1 件)

名称: コミュニケーションシステムおよび瞬き判定方法
発明者: 鳥居一平
権利者: 学校法人 名古屋電気学園
種類: 特許
番号: 第 5871290 号
取得年月日: 平成 28 年 1 月 22 日
国内外の別: 国内

6. 研究組織

(1) 研究代表者

鳥居 一平 (Torii Ippei)
愛知工業大学・情報科学部・教授
研究者番号: 50454327

(2) 研究分担者

()

研究者番号: