

視線方向推定と仮想文字盤への応用 Gaze Direction Estimation Method using Application

磯部 佑太[†]
Yuuta Isobe

山地 秀美[†]
Hidemi Yamachi

1. はじめに

筋萎縮性側索硬化症(ALS)や発達性筋ジストロフィー等の身体障害者は、症状が進むにつれて声によるコミュニケーションを図ることが困難になる。そのため、意思を伝えるには残った運動機能を使用した会話支援ツールを用いる。従来の方法では透明文字盤やデジタル文字盤などが挙げられる。透明文字盤とは、ひらがな表が印刷されている透明な板を障害者に提示し、介護者が板越しに注視している文字を読み取り意思を伝える方法である。持ち運びが容易である反面、使用するには介護者の助けが必要で、注視している文字を読み取るには訓練が必要なため誰にでもすぐに扱えるわけではない。デジタル文字盤は、ひらがな表をディスプレイに表示して注視している文字を視線計測デバイスにより検出し、入力した文字を音声として出力することで意思を伝える方法である。他者の助けなしに使用することが可能でコミュニケーションだけでなく PC の操作を行うことができる。しかし、ディスプレイやノート PC を設置するためのモニターアームが必要であり装置の設置に手間がかかるため外出時や移動中の使用に向かないという特徴がある。

また症状の進行状況によっては目の稼働域が狭まることもある。そのような場合、ディスプレイの端に表示される文字を注視することができず入力できないという問題がある。オリヒメ研究所が開発した会話支援ツールの OriHime eye^[1]ではディスプレイに表示した文字盤を使用者の目の注視点方向に動かすことで少ない目の動きによりすべての文字の入力を可能にしている。このようにインターフェースの観点からも改善が必要とされている。

2. 目的

そこで本稿では、瞬きが可能で目が各方向に動かせる状態の使用者を想定し、外出時等にも使用できる会話支援ツールを提案する。入力操作を従来のものより簡便にし、目の稼働域が狭まった場合でも扱えるものを目指す。

3. システム構成

3.1 装置概要

提案する会話支援ツールの外観が図 1 である。3D プリンタで出力した眼鏡のフレームに赤外線カメラを取り付け、装着者の左目を撮影する。撮影した画像から瞳孔を抽出し移動量を方向に変換する。方向は正面と目を閉じた状態、また上下左右斜めの各方向、計 10 パターンに分類する。特定の方向を一定時間見つめることで対応した文字が入力される。目を閉じて数秒経過すると入力されている文字列を読み上げ意思を伝える。

簡便な操作で入力が可能でありモニターアームの設置を必要とせずコミュニケーションを図ることができる。

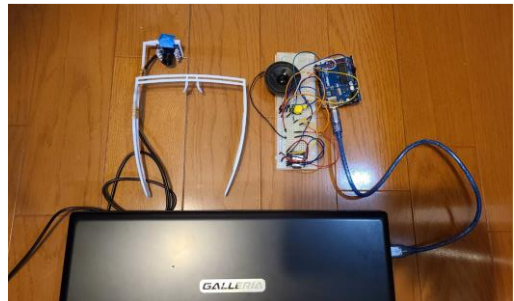


図 1 提案する支援ツールの外観

3.2 識別方法

本稿ではカメラからの画像をもとに眼球運動を計測してインターフェースを操作する。画像をもとに計測する手法は赤外光を用いるものと可視光を用いるものの 2 つがある。

今回は赤外線カメラの画像を扱うため前者の手法で計測を行う。赤外光を用いる手法には角膜反射法と強膜反射法等がある。角膜反射法は赤外線 LED から使用者の角膜に赤外光を投射し、その角膜上の反射点から視線推定を行う^[2]。欠点は頭の動きと眼球運動が区別しにくいことであるが頭の動きを考慮した方法も提案されている[3]。強膜反射法は眼前に固定したフォトダイオードなどの受光素子で目の黒目と白目の反射比の違いを検出することにより眼球運動を計測する手法である^[4]。セットアップは容易であるが環境光の変化によって測定精度が左右されるという課題がある。今回の場合では装置の設置や装着に関して介護者の負担にならない画像計測法を選択する。その中でも検出精度が高く、環境光の影響を受けづらい角膜反射法を用いて検出を行う。

まず初めに、赤外光を投射し撮影した画像から瞳孔を抽出する。撮影した画像を HSV に変換した後、マスク処理を行う。瞳孔部分が抽出された状態で円検出を行い、中心座標を決定する。最後に、正面を向いた状態を中心として各方向を向いている際の角度から方向を識別する。識別に使用する画像は、装置を装着した際の左目の動きを撮影した 640×480 ピクセルの画像を用いる。

[†] 日本工業大学 電子情報メディア工学専攻
Nippon Institute of Technology

3.3 インターフェース

筆者が提案したインターフェース^[5]を活用し入力を行う。9つのブロックに分かれた設計となっており、識別方向を取得しその方向に応じた処理を実行する。入力したい文字の「あ」から「ら」行を選択し、2回目の操作で入力したい文字の「あ」から「お」行を選択する。同じ方向の識別が2秒以上続くと入力として保持され、使用者に音声で伝える。目を閉じた状態が2秒以上続くと保持されている文章を読み上げ、意思を伝えることができる。

従来の文字盤と大きく違う点は注視点による操作ではなく、視線の方向のみで入力を行うため操作が簡便になり、視線の可動域に捕らわれることなく扱えることにある。

インターフェースには Siv3D^[6]を使用し、文章の読み上げには音声合成システムの OpenJTalk^[7]を用いる。

4. 実験方法

4.1 実験の目的

提案する支援ツールでは入力操作を簡便なものにした。それによる有益性を示すために既存のデジタル文字盤・提案するインターフェース・提案するデバイスとインターフェースのそれぞれでの文字の入力を行い、比較を行った(図2)。しかしデバイスをを用いた入力精度の影響から正確性を欠く結果となり比較を正しく行ことが叶わなかった。原因として赤外光を投射したことによる瞳孔収縮によるものだと判明した。収縮した瞳孔の半径が円検出の閾値を超えていたため識別精度が安定しなかった。

そこで瞳孔の収縮は赤外光の波長を変えることで抑えられと仮定して、3種類の波長を用意し比較を行った。

4.2 実験の手順

波長 850nm、LED 直径 3mm のものと波長 940nm、LED 直径 3mm と 5mm の 3 種類の赤外線 LED を用いる。赤外光を投射しない状態とそれぞれを投射した状態の計 4 パターンの撮影を行い、瞳孔を検出した際の半径を比較する。

5. 結果

不可視光でも瞳孔の収縮が確認され、さらに収縮した際の瞳孔の半径が円検出の閾値を超えていたため精度に影響していることが判明した。赤外光の波長を変えることによる影響を調査したところ表1のような結果となった。可視光カメラの数値と比較すると多少の変化はあるものの波長ごとに大きな差が見られなかった。検出中の動画を確認すると光源を直視した場合に大きな差があることが分かった。

6. まとめ

提案するデバイスは従来の移動中に使用するのが困難という課題を改善した装着型とした。それにより装置自体の設置が簡便になり、介護者にとっても扱いやすいものとなった。デバイス自体の評価を行うために実験を行ったところ、識別の精度が安定しない場合があることが確認された。赤外線 LED を照射したことによる瞳孔の収縮が識別の閾値を超え精度へ影響していることがわかった。そこで赤外光の波長により瞳孔への影響があるのか実験を行ったところ大きな変化は見られず、光の当たり方による影響が原因と考えられる結果となった。



図2 デジタル文字盤の入力風景

表1 瞳孔検出した円の半径

	可視光	850nm (3mm)	940nm (3mm)	940nm (5mm)
被験者 1	44	40	33	41
被験者 2	48	48	49	47
被験者 3	43	48	33	34

また、入力には最低2回の操作を用いるため誤入力があった際の操作数が多くなる。少ない工数で操作できるように予測変換の機能の追加や、1文字当たりの入力時間を調節できる機能を追加することでストレス軽減につながるのではないかと考え今後の課題とする。

参考文献

- [1] 株式会社オリイ研究所 OriHime eye デジタル透明文字盤 <https://orihime.orylab/eye> (閲覧日 2019年12月)
- [2] 海老澤嘉伸, 中島彩, “角膜反射を利用した瞳孔位置検出の高精度化”, 映像情報メディア学会誌 2008, Vol.62, No. 7
- [3] 海老澤嘉伸, 安保寿樹, 西田康太郎, 孫麗虹, 近藤祐輝, “頭部移動を許容するステレオカメラによる較正用意な注視点検出装置”, FIT2010, 情報科学技術フォーラム
- [4] 阿部清彦, 大内幹夫, 大井尚一, 大山実, “画像解析による強膜反射法を用いた視線入力システム”, 映像情報メディア学会誌 2003, Vol.57, No.10
- [5] 磯部佑太, 山地秀美 “機械学習を用いた視線方向推定と仮想文字盤への応用”, FIT2020
- [6] Siv3D <https://siv3d.github.io/ja-jp/> (閲覧日 2022年6月)
- [7] OpenJTalk <http://open-jtalk.sp.nitech.ac.jp/> (閲覧日 2022年6月)