

視線計測装置の製作

著者 青池 啓太

指導教員 小松 貴大

1. はじめに

人を外界から観察することによって人の高次認知処理を解明する試みは、認知科学におけるもっとも重要な研究課題の一つである。しかし、ただ外界から人の行動を観察するだけでは、認知処理を理解することは難しい。視線計測もその一つである。人は視野が制限されているため、頭部や眼球を動かして周囲の状況把握や物体の認知を行う。このことから、古くから視線計測により運動と視覚の協調が調べられてきた。視線計測は眼科学の研究ではもちろんのこと、視覚や神経系の機能の発達の側面や、神経系の疾病または脳のダメージなどの調査、乳幼児の眼球運動を追跡することで発達心理学・言語心理学などの研究分野においても使われており、近年では医療福祉機器にも視線計測技術が応用され始めている。

2. 研究概要

本研究では、高齢者や肢体不自由者を含めた全てのユーザを対象とした、視線制御によるヒューマンインターフェースを製作する。具体的には「EyeWriter2.0」という学術研究用のプロジェクトに基づいて、視線計測装置の製作を行う。昨年度は、市販のwebカメラを用いた頭部装着型の視線計測装置の製作を行ったが、今年度はPlayStationEyeとArduinoを用いて、非接触型の視線計測装置の製作を行う。非接触型にする理由は、被験者の負担が少ないことと、近年のカメラの性能が向上しているためである。

3. 製作

3.1. EyeWriter とは

EyeWriter とは、筋萎縮性側索硬化症 (ALS) になったグラフィティアーティスト TEMPT1 が目の動きだけで絵が描けるようにと始まったプロジェクトである。EyeWriter の特徴は、低価格、一般的な手動工具で行える、部品が近場で入手可能である、カメラは近赤外線を感知できる、照明は赤外線 LED で行うなど、安価に自作可能なことである。「EyeWriter2.0」に基づいて製作した装置を図 1 に示す。

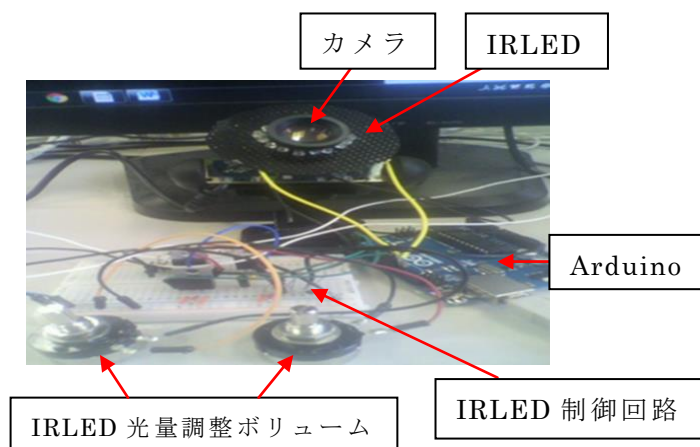


図 1 製作した視線計測装置

3.2. 視線計測の方法

視線計測の方法には、大きく分けて接触型と非接触型に分けられる。接触型には、サーチコイル法、EOG 法があり、非接触型には、強膜反射法、角膜反射法などの画像解析法によるものがある。各計測方法に利点と欠点があり、目的に応じて適切な方法を選択する必要があるが、近年のカメラの性能向上によって非接触型の画像解析法が主流になりつつある。

3.3. ハードウェアの構成

本装置のハードウェアは、Arduino を用いた制御回路と PlayStation Eye を改造したカメラを用いる。カメラの動画ピクセルは 640×480 で、フレームレートは 30fps である。眼球を IRLED によって照明し、眼球の画像をカメラで撮影する (画像取得用)。Arduino は、IRLED 照明の制御とカメラの垂直同期信号をとる制御を行うために用いる。固定台座はジャッキをベースとして作成した。

3.4. ソフトウェアの構成

EyeWriter はオープンソースが公開されている。本研究では、Windows 環境で開発環境を構築して、C++ で書かれたソフトウェアを使用する。ソフトウェアは, temptTracker_020_cb を使用する。これらのソフトを CodeBlocks という統合開発環境 (IDE) で動作させる。また、ライブラリとして、openframeworks を使用する。OS は Windows7 を用いる。

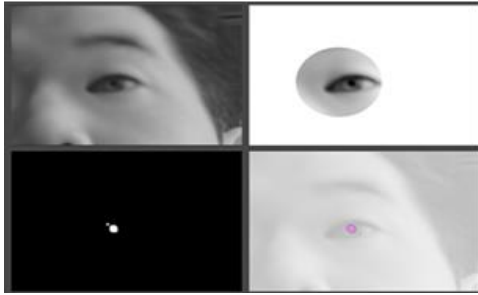


図 2 瞳孔検出の様子

3.5. 計測原理

本研究で製作する装置の計測原理を説明する。

① 像の取得(ハードウェア側の処理)

赤外線 LED で眼球を照明し、赤外線パスフィルタを取り付けたカメラで、画像を取得する(図 2 左上)。

②画像処理(ソフトウェア側の処理)

取得した画像から輪郭点を検出し、ロバスト推定法の RANSAC により瞳孔の輪郭に楕円をフィッティングする(図 2 右下)。この楕円の中心座標を検出することによって、視線の方向を検出する。

③キャリブレーション(注視点補正)

特定の位置が判明している点を数か所注視させ、物理的な形状の異差や生理的な個体異差を補正する。

④ディスプレイ表示

ディスプレイ上にマーカー(注視点)が表示され、眼球運動に合わせて追従する。
本研究で赤外線照明と赤外線パスフィルタを使用する。この理由は、自然光の環境で撮影すると瞳孔の輪郭ではなく、角膜の輪郭が検出されるためである。瞳孔の輪郭を鮮明に検出することによって計測精度の向上が見込める。

4. 結果

本研究において安価な視線計測装置を試作した結果、製作費が約 3 万円と市販のものに比べて、大幅にコストダウンすることができた。また、被験者とディスプレイ間の距離を 70cm、キャリブレーションポイント 16 点を 3 回、計 48 回を計測した。各領域での誤差(単位[°])を図 3 に示す。頭部(顎)を固定する台座がしっかりしたものではないため、視線のブレが生じている可能性があるが、全体として視野角の誤差は $0.37^\circ(\pm 0.167^\circ)$ であることが確認できた。

	37.5cm				
	← 左端			右端 →	
上	0.399 ± 0.122	0.491 ± 0.401	0.191 ± 0.063	0.464 ± 0.467	30cm
	0.273 ± 0.176	0.355 ± 0.134	0.3 ± 0.176	0.164 ± 0	
	0.409 ± 0	0.409 ± 0.230	0.382 ± 0.292	0.3 ± 0.266	
下	0.518 ± 0.371	0.409 ± 0	0.327 ± 0.114	0.464 ± 0.134	

図 3 画面上の各領域における視野角の誤差と標準偏差

5. まとめと今後の課題

本研究では Windows 環境で開発環境を構築していったが、IDE や openframeworks のライブラリのバージョンが、参考にしたものに比べて大幅に更新されているなどの理由で、ソフトウェアの改良がうまくいかず、視線のずれを調べるために必要な視線の座標を得ることが出来なかった。そのため、ものさしでずれを測定した。参考にしたサイト [1][2] では、Mac 環境で開発を行っているため、Mac 環境での設定方法が事細かに記載されている。しかし、Windows 及び Linux 環境向けの場合は、ほとんど詳細が記載されておらず、本研究の環境と同様に取り組んでいる人たちは、本研究と全く同じ問題を抱えており、解決策がないままになっている。よって、違う PC(OS) で実行環境を構築するのが非常に困難であると言える。

EyeWriter2.0 を製作するにあたり、ソフトウェアの開発環境依存性が非常に強いということがわかった。Mac 環境での成功事例はたくさん報告されているが、Windows 及び Linux 環境での成功事例がほとんどないため、今後の課題として Mac 環境以外での開発環境を事細かに示すことが必要である。

参考文献

[1] EyeWriter2.0 のつくりかた | YCAM InterLab
<http://interlab.ycam.jp/projects/labact/eye-tracking-study/how-to-make-eyewriter2>

[2] EyeWriter
<http://www.eyewriter.org/>

[3] 平成 24 年度 卒業研究 視線計測装置の制作
 福井高専 西尾 力 著