

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 12 日現在

機関番号：16301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26380988

研究課題名(和文) 心理学実験のための頭部装着型眼球運動測定装置の開発および性能評価

研究課題名(英文) Developing and evaluating head-mounted eye tracker for psychological experiments

研究代表者

十河 宏行 (Sogo, Hiroyuki)

愛媛大学・法文学部・准教授

研究者番号：90359795

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究ではオープンソースかつ装置の3Dデータを自由に入手可能な頭部装着型アイトラッカーの開発を目的とした。頭部装着ユニットの開発においては、多様な照明状況に対応するための照明ユニットの組み込みおよび照明ユニットに必要なパーツの選定が今後の課題として残った。ソフトウェア開発では、デジタルI/Oユニットのサポート、対応カメラユニットの追加などの機能強化を行ったほか、PsychToolboxとの連携を可能とするsgttoolboxの開発を行った。sgttoolboxの性能評価実験を学術論文として公開したほか、開発したソフトウェアをインターネット上に公開した。

研究成果の概要(英文)：This project was aimed to develop a video-based head-mounted eye tracker whose 3D model data and software is freely available. Tests on prototype mounting devices revealed that lighting to eye need to be implemented to record eye movement under various lighting conditions. Recording software was developed from the GazeParser/SimpleGazeTracker, an open-source eye tracker. Support for digital I/O units and new camera units was added to enable to use these devices for head-mounted eye tracker. A matlab/octave toolbox named sgttoolbox was developed to enable using the SimpleGazeTracker from PsychToolbox.

研究分野：認知心理学

キーワード：眼球運動測定 オープンソース

1. 研究開始当初の背景

人間が様々な課題を遂行中の認知過程を研究する手段のひとつとして眼球運動の測定および分析がある。眼球運動の測定に用いるアイトラッカーと呼ばれる装置にはさまざまな種類があり、価格帯も非常に高額なものから安価なものまでさまざまである。安価なアイトラッカーの出現は、心理学者たちにとって眼球運動を指標とした研究を身近なものとした。近年は ITU Gaze Tracker (San Agustin et al., 2010) や OpenGazer (Zielinski, 2007) のように、web カメラなどの一般的なビデオカメラと組み合わせることで利用できるアイトラッカーソフトウェアも出現している。筆者が開発、公開している GazeParser/SimpleGazeTracker (Sogo, 2013) もこのひとつに挙げることが出来る。

この種のビデオカメラ式のアイトラッカーには、机上やパソコンの画面の枠にカメラを取り付けて計測するタイプのものが多い。この方式はパソコンの画面を用いた課題を遂行中の眼球運動の計測には適しているが、立ち上がったたり歩き回ったりする課題には利用できない。このような課題で眼球運動の計測を行うには、頭部に測定装置を固定するタイプのもので不可欠である。

頭部固定型アイトラッカーを安価に作成する試みはこれまでにいくつか報告されている。例えば Schneider et al. (2011) は先述の ITU GazeTracker をベースにした眼球運動測定装置を製作している。しかし、こういった装置はいずれも製作方法が詳細に説明されていなかったり、装置を課題と連携させたり記録したデータの解析を支援するためのソフトウェアが提供されていなかったりするなどの問題があり、心理学実験に活用するのは難しい。

以上の現状より、装置の入手が容易で、なおかつ課題との連携や解析のためのソフトウェアが用意されている頭部固定型アイトラッカーがあれば、立ち上がったたり歩き回ったりする課題を遂行中の眼球運動の研究に大きく寄与すると考えられる。

2. 研究の目的

心理学実験での利用に配慮した頭部装着型アイトラッカーを開発する。眼球運動の測定にはビデオカメラ方式を採用し、小型カメラユニットを頭部に装着するための器具(以後「装着器具」と表記する)を 3D プリンターで出力可能な 3D データとして作成する。3D データとすることによって、従来は困難であった装置の「配布」が可能となる。また、ソフトウェアについては筆者が開発している GazeParser/SimpleGazeTracker をベースとし、頭部装着型装置での計測に必要な機能を追加する。GazeParser/SimpleGazeTracker は PsychoPy、VisionEgg とい

った心理学実験用ライブラリと連携して計測の開始、終了、測定データの送信およびイベントの記録などを行うことが可能である。GazeParser/SimpleGazeTracker をベースとすることによって、これらの機能についての開発コストを最小限に抑えることが出来る。ただし、ソコンの前での実施に制限されない、自由に移動できる環境での実験に対応するには、パソコン以外の様々な機器と連携する機能を追加する必要があり、装着器具の開発と並行してこれらの機能の実装方法を検討する。また、開発するアイトラッカーの活用環境を拡大するために、PsychToolbox から SimpleGazeTracker を利用する sgttoolbox の改善および性能評価を行うとともに、SimpleGazeTracker で利用できるカメラユニットを追加する。

3. 研究の方法

装着器具の制作

装着器具の 3D データ作成には Blender を使用し、MakerBot Replicator2 を用いて出力した。大学生 18 名の頭部の眉毛の上の位置から水平に両耳の上に向かっての形状を測定し、測定結果に基づいて U 字型のバンドを作成した。バンドにベルトを装着し、ベルト長を調節することによって実験参加者の頭部へ固定できるようにした。この U 字型バンドの側面に M4 のボルトを埋め込み、眼球運動撮影用のカメラユニット固定アームを装着する土台とした。

カメラユニット固定アームは、実験参加者の目の位置に対して適切な距離および角度に調整できるようにするためにアームを 2~6 個の部品に分解し、接合部をボルトおよびナットで固定できるようにした。アームの幅、厚さ、分割数が異なるものを複数作成した。

頭部装着器具の評価

装着器具の評価を行うため、アームに NaturalPoint 社製 OptiTrack V120 カメラユニットを固定し、焦点距離 3.5mm の M12 レンズおよび USB2.0 ケーブルを装着した。USB2.0 ケーブルを Windows7 搭載のパーソナルコンピュータ(PC)に接続し、SimpleGazeTracker 0.8.2 を用いて眼球運動の計測を行った。PC の画面の正面約 60cm の位置に椅子を設置し、実験参加者を椅子に座らせて、測定装置のカメラの位置を調整した。椅子は背もたれがあるもので、キャスターをロックすることにより動かないように固定した。実験参加者の頭部運動を制限する顎台等は使用せず、リラックスした姿勢で椅子に座るよう指示した。カメラ位置の調整終了後、PC の画面を用いて SimpleGazeTracker のキャリブレーションを実施し、続いて画面上に 2 秒に一度のペースでランダムに移動する視標を提示した。実験参加者には、椅子から腰を浮かさない範囲で自由に体を左右に傾けたり、画面方向へ身を

乗り出したりしながら視標の動きを視線で追うように指示した。環境光の影響を検討するため、組立暗室および午後 14 時から 16 時の南側の窓から日光が入る実験室で計測を行った。

sgttoolbox の評価

Matlab をインストールした Windows 7 PC と Octave をインストールした Ubuntu Linux 14.04LTS PC を各 1 台用意し、それぞれに SimpleGazeTracker 0.9.0 をインストールした。これらの PC を組み合わせて、Windows のシングル PC セットアップ、Ubuntu のシングル PC セットアップ、Ubuntu で眼球運動測定を行い Windows で刺激提示を行うデュアル PC セットアップ、Windows で眼球運動測定を行い Ubuntu で刺激提示を行うデュアル PC セットアップの 4 通りの動作環境を評価対象とした。Windows と Ubuntu の両環境に対応したカメラユニットとして PointGray Flea3 を使用し、Windows 環境専用のカメラとして OptiTrack V100R2、Ubuntu 環境専用のカメラとして imi tech IMB-11FT を使用した。

実験参加者を椅子に着席させ、頭部の運動を顎台によって制限した。参加者の正面 57cm の距離に PC の画面を設置し、SimpleGazeTracker のキャリブレーションを実施した。続いて画面上に直径 10.6deg の円周上を 6 秒で一周する刺激を提示し、参加者に刺激を追って視線を動かすよう指示した。この間の眼球運動を計測し、サンプリング周期およびデータ転送の安定性を分析した。

4. 研究成果

装着器具の比較の結果、Replicator2 の出力精度に起因する部品接合面の不安定性、部品点数の増加による固定ボルトの重量の増加等を考慮すると、部品点数を抑制して最小限の調節機構を持つ構造が良いという結論に達した。図 1 に製作した装着器具を示す。図の 1 から 3 はボルトによる固定位置を示しており、これらの部位の角度を調整することにより、カメラを計測可能な位置に設定することが可能とした。

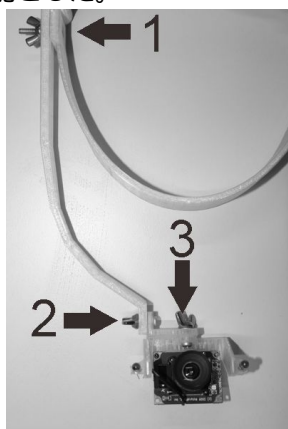


図 1 製作した固定器具
測定精度の面では、実験参加者が頭部を運動

させた際にカメラが振動し、1.0deg 以上の測定ノイズが生じた。カメラ画像より眼瞼部の特徴点を抽出することによってこのノイズの除去を試みたが、ノイズの抑制は困難であった。

環境光の影響については、日光が入る状況化において室内の光景が角膜に反射し、瞳孔の検出が著しく困難となる事態が生じた。このような状況下で安定的に瞳孔を検出するためには赤外線照明を眼球周辺に向けて赤外線通過フィルタを装着したカメラで撮影する必要がある。そこで 5mm 赤外線 LED を搭載可能な固定器具の制作に取り組んだが、Replicator2 で出力した部品の加工性の問題もあり、研究期間内に完成しなかった。この問題は今後の課題としたい。赤外線照明の他に瞳孔検出以外の画像処理で眼球の運動を検出する方法も可能だが、この方法は SimpleGazeTracker の測定原理を全く新たなものに作り替えることに相当するため、今回は検討しなかった。将来的には SimpleGazeTracker とは異なる新たなプロジェクトとして開発することも検討すべきであろう。

sgttoolbox の性能評価については、いずれの組み合わせにおいても標準偏差 1ms 未満の安定した計測を実現した。TCP/IP 通信を用いた最新の測定値の転送においては、描画負荷が高くない状況(毎フレーム 16 オブジェクト程度の描画)であれば 60Hz のリフレッシュレートに追従して転送が可能であることが示された。以上の結果より、sgttoolbox は大量のオブジェクトの描画を要する実験以外であれば対応可能な性能を有することが示された。フレーム毎に最新の測定値を取得する必要が無ければ、描画負荷が高い状況でも安定したサンプリング周期を発揮することが可能であることも示された。

SimpleGazeTracker の対応カメラ追加については、DirectShow 対応版を追加した。Imaging resource DMM22BUC03 および DMK 23U618 を用いて動作確認を行った。頭部装着型アイトラッカーには小型のカメラが不可欠だが、従来の SimpleGazeTracker では対応する小型カメラの機種が不足していた。今回の追加によりこの問題が解消された。

以上が本研究の成果である。残念ながら、当初の計画に対して十分な成果が挙げたとは言えない。本研究の期間中に先述の ITU Gaze Tracker から派生した商用アイトラッカーである The Eye Tribe がバーチャルリアリティ用ヘッドマウントディスプレイ (HMD) を販売している Oculus 買収されるなど、市販の頭部装着型アイトラッカーの市場は大きく変化しつつある。このような HMD と統合されたアイトラッカーの出現は、本研究の目標とするアイトラッカーの意義や用途に大きく影響すると予想される。市販の頭部装着型アイトラッカーの発表、価格

動向等を考慮しながら今後の展開を検討する必要がある。

参考文献

- San Agustin, J., Skovsgaard, H., Mollenbach, E., Barret, M., Tall, M., Hansen, D. W., & Hansen, J. P. (2010). Evaluation of a low-cost open-source gaze tracker. In Proceedings of the 2010 Symposium on Eye-Tracking Research & Applications, pp. 77-80.
- Schneider, N., Bex, P. Barth, E. & Dorr, M. (2011). Proceedings of the 1st Conference on Novel Gaze-Controlled Applications Article No. 8.
- Sogo, H. (2013) GazeParser: An open-source and multiplatform library for low-cost eye tracking and analysis. Behavioral Research Methods. 45:684-695.
- Zielinski, P. (2007). Opengazer: open source gaze tracker for ordinary webcams. <http://www.inference.phy.cam.ac.uk/opengazer/>

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)

Sogo, H. Sgtoolbox: Utility for controlling SimpleGazeTracker from Psychtoolbox. Behavior Research Methods 査読有 In press
DOI:10.3758/s13428-016-0791-4

〔学会発表〕(計 1件)

十河宏行 SimpleGazeTracker: PsychoPy, VisionEgg, Psychtoolbox 用オープンソース眼球運動計測ソフトウェア 電子情報通信学会ヒューマン情報処理(HIP)研究会 2015年9月29日 京都テルサ

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0件)

取得状況(計 0件)

〔その他〕

ホームページ等

GazeParser/SimpleGazeTracker 配布ページ
<http://gazeparser.sourceforge.net/>

SGTToolbox 配布ページ

<http://sgttoolbox.sourceforge.net/>

6 . 研究組織

(1)研究代表者

十河 宏行 (SOGO, Hiroyuki)

愛媛大学・法文学部・准教授

研究者番号：90359795

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

なし

(4)研究協力者

なし