

ぱちぱちドロップ： 目薬が苦手な人のための自動点眼システム

森谷美羽^{†1} 栗原一貴^{†1}

点眼が苦手な人はある一定数存在している。しかし、それを支援するシステムは少ない。そこで本研究では、映像を見ながら点眼を行える「ぱちぱちドロップ」を提案する。このシステムは映像の持つ、鑑賞者を惹きつける特性を活かし、映像鑑賞時に目が開いているタイミングをカメラ画像から検出し点眼する。また、両目同時に点眼を行うことで、点眼されることへの恐怖心を抱いている時間を削減できる。ぱちぱちドロップは obniz Board、それによって制御される DC モータ駆動ポンプ、スマートフォン上で使用する Web アプリケーション等で構成される。

1. はじめに

目の疲れや、眼病予防、目のかすみ、目の痒みなどの症状があった際、目薬をさせば効果が出る[1]。しかし、目薬をさすことに苦手意識を持つ人は一定数存在しているが、それを支援するシステムは限られている。そこで、本研究では点眼が苦手な人向けに、楽しく点眼が行える「ぱちぱちドロップ」を提案する。映像鑑賞には、鑑賞者を惹きつける特性があるので、鑑賞中は意識を紛らわせることが可能である。加えて、鑑賞中は目が開いてやすい状態であることを活用する。点眼は目が開いている状態を、カメラ画像から検出したタイミングで行う。また、両目同時に点眼を行うことは、片目ずつ点眼を行うよりも、時間を短くすることができるので、恐怖心を抱いている時間を抑えることができる。「ぱちぱちドロップ」は、obniz Board[2]に繋がれたモータと、瞬き検出を行うための Teachable Machine[3]で構成されている。

本論文は以下の構成になっている。まず、次章にて関連研究について述べ、3章でぱちぱちドロップのシステム構成を説明する。4章で今後の課題と展望について議論する。

2. 関連研究

(1) 瞬き検出

瞬きを検出する方法は、いくつか研究されている。足立ら[4]は、赤外 LED の微弱なパルス光と動画処理を組み合わせた CCD システムにより、自動車運転中の眠気をまばたきと関連づけ、個人差を排除した安定したまばたきを用いて眠気の推定を研究した。この研究では、瞬きを撮影された顔画像から眼領域を検出し追跡を行い、その眼領域から上下のまぶたを検出し、上下まぶたの開閉動作から検出した。兜森ら[5]は、集中と関係が深い瞬きに着目し、ノート PC の低解像度カメラ画像から瞳孔座標の変化量を得て、瞬きの回数を計測するシステムを提案した。この研究では、clmtrackr[6]により取得された瞳孔付近の特徴点、及び顔中心にあたる鼻の特徴点の変化量を利用し、瞬きの検出を

行った。加藤ら[7]は黒目の面積を計測し、その面積が小さくなることで瞬きを認識した。新井ら[8]は、入力カーソルを目で操作することを提案した。この研究は、眼球を検出し黒目画素数を計測して、その画素数が少なくなった時に瞬きと認識した。本研究では瞬き検出を Teachable Machine で行い、その情報をもとに点眼を行う。

(2) 視線、意識誘導

視線を誘導する研究がある。塚田ら[9]は、多様で活気に満ちた表情を撮影できるカメラを提案した。この研究では、小型ディスプレイをカメラ前面に搭載し、ディスプレイ上には様々な写真や映像コンテンツを表示することで、被撮影者の意識を逸らした。畑ら[10]は、動的に解像度制御を行うことで気づかれることなく視線を特定の領域に誘導させることを目的とし、気づかれない視線誘導が実現可能であることを示した。本研究も、点眼者に意識させない必要があり、点眼者には好きな YouTube[11]動画を見ながら行えるという提案をしている。

(3) エンタテインメント化

日常生活の行動をエンタテインメント化している研究が多くある。森本ら[12]は、歯磨きをエンタテインメント化し、歯磨きのモチベーションを上げることを目標にした。中森ら[13]は、食べる行為に効果音をつけるフォーク型デバイスを製作した。小坂[14]は偏食克服のために、指定された飲食物を食べなければゲームを進めるができない食育シリアスゲームを開発した。本研究は、目薬を楽しく行うために点眼をエンタテインメント化した。

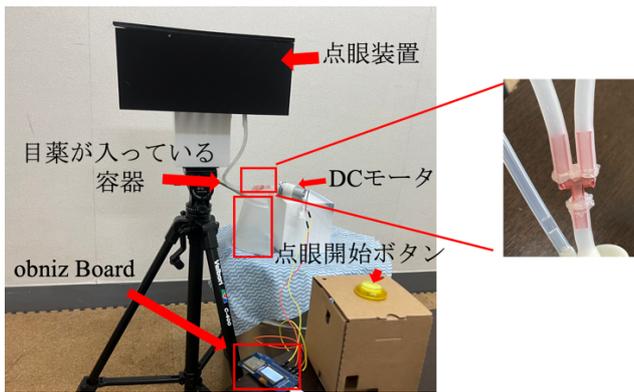
3. 自動点眼システム「ぱちぱちドロップ」

3.1 システム構成

提案システムの構成について説明する。提案システムの点眼装置は三脚に設置してある(図 1-a)。点眼者は図 1-a の点眼装置を覗き込むようにして、点眼を行う(図 2)。点眼

^{†1} 津田塾大学
Tsuda University

者の視点は図3のようになる。以下にこれらの構成要素について詳細に述べる。



全体図(図 1-a) Y字路(図 1-b)
図 1 ぱちぱちドロップのシステム構成図



図 2 点眼の様子



図 3 ぱちぱちドロップを覗き込んだ時の視界

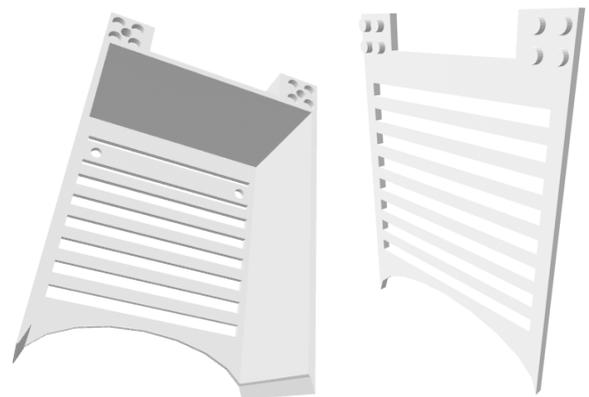
3.1.1 ハードウェア

実装したハードウェアは、点眼装置、DC モータ駆動ポンプ、obniz Board、スマートフォン、点眼開始ボタンからなる。点眼装置にはDC モータ駆動ポンプ、obniz Board、スマートフォンを設置した(図 1-a)(図 3)。obniz Board でポンプの制御を行い、スマートフォンでは Web ブラウザ上で動画を見られるようにし、内カメラで瞬きを検出する。点眼開始ボタンはモータと同様に obniz Board に繋いでおり、ユーザが点眼を開始する準備が整った際に押すと、動画再生とそれに続く一連の自動点眼プロセスが起動する仕

組みとなっている。ポンプ起動から目薬が点眼されるまでの平均時間は 1.8 秒であった。obniz Board の電源供給は、モバイルバッテリーを使用することによってシステム全体をポータブルにすることが可能であるが、AC 電源接続も可能である。

3.1.1.1. 点眼装置、点眼装置アタッチメント、Y字路

点眼装置(図 4)とそれと三脚を接着する点眼装置アタッチメント(図 5)を新たに作成した。本体(図 4-a)と蓋(図 4-b)は取り外すことが可能であるので、内部にアクセスしやすい。これによって、清掃や機器の設定、交換などが容易となっている。これらは、Autodesk 社が提供する 3D CAD ソフト「Thinkercad」[15]を利用して 3D モデルを設計・作成し、株式会社サンスターが開発した 3D プリンター「CR-30 FDM 3D プリンター」[16]で制作した。図 5 の点眼装置アタッチメントに 1/4 インチネジの溝を掘り、直接三脚に接着できるようにした。また、モータと射出口をゴムチューブで繋ぐために Y 字路(図 1-b)をグルーガンで接着した。これは水漏れを防ぐためである。



本体(図 4-a) 蓋(図 4-b)
図 4 点眼装置

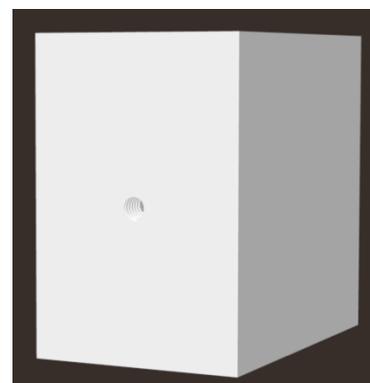


図 5 点眼装置アタッチメント

3.1.2 Web アプリケーション

点眼装置に設置したスマートフォンで使用する Web アプ

リケーションは、点眼開始ボタン（図 1）を押すと瞬き検出と動画再生が同時に開始し、点眼終了時に動画は停止する設計にした。一連の自動点眼プロセスはスマートフォン上のタッチ操作でも開始することは可能ではあるが、点眼装置の中にスマートフォンがあるためボタンを押しにくい。したがって、点眼者がスムーズに点眼を行えるように、点眼を開始できる物理的なボタンをユーザの手の届きやすい範囲に置いた。加えて、すぐに点眼しないようにするために映像再生から数秒待つ設計としている。これは、タイミングを予想できない必要があるためである。また、動画に意識が向く十分な時間を確保するためでもある。

瞬き検出は Teachable Machine で行った。開眼時の画像を 119 枚、閉眼時の画像を 122 枚用意し、それらの明度調整などを行い水増しした開眼時の画像 357 枚、閉眼時の画像 366 枚を含め、学習させて瞬き検出を行った。認識制度は 100%であった。

Teachable Machine 上で閉眼時を表す *Close* クラスと、開眼時を表す *Open* クラスの 2 クラスの分類を行った。Teachable Machine では 0.1 秒毎に、どちらかのクラスのラベルが出力される。本研究は「目が開いていないのに液が出てくること」を避けることが重要であるので、機械学習において、開眼状態の検出適合率を重視したアルゴリズムを導入した。すなわち、*Close* クラスの確信度が 0.6 以上かつ *Open* クラスの確信度が 0.5 以下であるならば閉眼、*Close* クラスの確信度が 0.00 かつ *Open* クラスの確信度が 0.95 以上であるならば開眼としている。加えて、過去の一定時間における開眼/閉眼の推移を記録し、以下の計算式により「開眼率」を求め、開眼率が 1 になったら点眼を開始する。

$$\text{開眼率} = \frac{\text{開眼の出力数}}{\text{開眼の出力数} + \text{閉眼の出力数}}$$

4. 今後の課題と展望

今後の展望として、ユーザスタディを実施したいと考えている。それらの結果をもとに、本研究が点眼を苦手とする人に有効かどうかを示していきたい。また、本研究は点眼中に映像を流すことを提案している。今後は、点眼中に映像を流すのではなくゲームを行うことを考えている。本研究では点眼者の顔をスマートフォンの内カメラで取得している。その内カメラを用い、点眼者の黒目の移動方向や目の動きを利用し、点眼を意識させないことができるゲームを制作することを検討している。加えて、点眼が成功したら口に飲料を供給するなどのご褒美を与えられるシステムを追加することも検討している。

謝辞 機械学習用の画像撮影にご協力頂いた皆様に、謹んで感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 西脇純子: 第 22 回 ロート目薬. ファルマシア, 52(1), 54-55(2016).
- 2) obniz Board,
<https://obniz.com/> (参照日: 2023/07/25)
- 3) Google, Teachable Machine,
<https://teachablemachine.withgoogle.com/> (参照日: 2023/07/25)
- 4) 足立和正, 濱田尊裕, 中野倫明, 山本新: ドライブの意識低下検知のための動画像処理によるまばたき計測, 124 巻, 3 号 (2004).
- 5) 兜森仁志, 安彦智史, 長谷川大, 佐久田博司: web カメラを用いた瞬き検出による集中度評価, 情報処理学会第 77 回全国大会, 4 号, pp. 931-932 (2015).
- 6) clmtracker,
<https://github.com/auduno/clmtrackr> (参照日: 2023/07/25)
- 7) 加藤秀太, 高野博史, 中村清実: 瞬き検出のための黒目面積を用いた自動閾値設定法の評価, 第 11 回情報科学技術フォーラム, 第 2 分冊, pp. 365-366 (2012).
- 8) 新井康平, 山浦真: 視線入力システムのキー決定における瞬き検出精度のモルフォロジックフィルタによる向上, 画像電子学会誌, 37 巻 5 号, pp. 601-608(2008).
- 9) 塚田浩二, 沖真帆: EyeCatcher: 多様な表情を撮るカメラ, コンピュータ ソフトウェア, 27 巻, 1 号, 1_89-1_100 (2010).
- 10) 畑元, 小池英樹, 佐藤洋一: 解像度制御を用いた視線誘導, 情報処理学会論文誌, vol56, No.4, 1152-1161 (2015).
- 11) Google, Youtube
<https://www.youtube.com/> (参照日: 2023/07/25)
- 12) 森本 浩尉, 宮下 芳明: HAMIGAKI-K. O. : 歯ブラシ付き iPhone によるオンライン対戦, エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2009 論文集, pp. 183-184(2009).
- 13) 中森玲奈, 塚田浩二, 椎尾一郎: 食べテルミン, インタラクション, pp.367-370 (2011).
- 14) 小坂崇之: 偏食克服を目的とした食育シリアスゲーム「Food Practice Shooter」, エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2013 論文集, pp. 47-50 (2013).
- 15) Autodesk : Thinkercad
<https://www.tinkercad.com/> (参照日: 2023/07/26)
- 16) 株式会社サンステラ : CR-30 FDM 3D プリンター
<https://www.creality-3d.jp/shopdetail/000000000009/fdm/page1/brandname/> (参照日: 2023/07/26)