

大学生のオンライン授業によるドライアイを予防する

瞬き促進ツールの開発と評価

高木 優斗^{*1}, 真嶋 由貴恵^{*1*2}, 榎田 聖子^{*1*2}

^{*1} 大阪府立大学 現代システム科学域

^{*2} 大阪府立大学大学院 人間社会システム科学研究科

Development of Blink Promotion Tool to Prevent Dry eyes of University Student in the Online Class

Yuto Takagi ^{*1}, Yukie Majima ^{*1*2}, Seiko Masuda ^{*1*2}

^{*1} College of Sustainable System Sciences, Osaka Prefecture University

^{*2} Graduate School of Humanities and Sustainable System Sciences,
Osaka Prefecture University

Due to the spread of the new coronavirus infection, classes are becoming online at universities, and the time spent looking at information terminals is increasing compared to before. While watching the screen, the number of blinks decreases and the risk of dry eye increases. Therefore, we developed a tool that promotes blinking by sound that does not obstruct the view during the online lecture, and conducted an intervention experiment. As a result, the number of blinks increased and the tendency to suppress dry eye was observed during the intervention, suggesting the effectiveness of the tool.

キーワード: 新型コロナウイルス感染症, オンライン授業, 瞬き, ドライアイ,

1. はじめに

2019年度末から、COVID-19(新型コロナウイルス)感染症の蔓延によって日本全国の大学で講義のオンライン化が進んでいる。文部科学省が2020年10月~12月に行った調査では、調査対象となった高等専門学校・大学のうち約50%が、授業の半分以上をオンラインで行っており⁽¹⁾、大学生の週平均授業時間は16~20時間に及ぶ⁽²⁾。オンライン授業によって、大学生がパソコンやタブレット、スマートフォンなどのVisual Display Terminal(以下、VDT)機器を利用する時間も増加している。

VDT機器利用時間の増加が瞬き回数を減少させることが分かっている。瞬きの頻度は、VDT機器を使用していない普通の生活中は20回/分であるのに対して、VDT機器の利用中は5回/分以下になる⁽³⁾。また、瞬

きの減少によって引き起こされるドライアイ⁽⁴⁾は、目の表面を保護する涙の層が均等でなくなり、物がはっきり見えなくなる症状である。2008年に厚生労働省が行った事業所を対象に行った調査によると、調査対象者のうち63%がVDT作業による目の疲れ・痛みといったドライアイないしは眼精疲労の症状を訴えている⁽⁵⁾。眼精疲労とは、目を使う作業を続けることで慢性的な目の痛みや乾燥、頭痛、首や肩の凝りなども発生する症状である⁽⁶⁾。眼精疲労を予防するためにはドライアイの状況での対処が必要であるが、全国にドライアイの患者は2200万人いると考えられている⁽⁷⁾。ドライアイの予防方法には意識的な瞬きと点眼薬の利用、VDT機器作業1時間ごとの5~15分間の休憩が挙げられる⁽⁸⁾。しかし、大学生の授業は1コマが90分であり、授業中は資料などに集中していることから、大学生が授業中に意識してこれらの対策を続けることは難

しい。

そこで、本研究では大学生を対象にオンライン授業中のドライアイを予防・改善することを目的に、瞬き促進ツールを開発し、瞬きの促進効果並びにドライアイ改善効果を評価し、ツールの有効性について検証する。

2. 先行研究

ドライアイ予防を目的とした瞬き促進に関する先行研究は、2014年ごろから始まっている。これらは瞬きの頻度に着目して、低下時に警告を発するもの、画面上のマスコットに瞬きをさせることで無意識に使用者の瞬きを促進するものなどがある。

2.1 マウスカーソル帯同型

北条ら⁽⁹⁾は、瞬きの頻度が20回/分を下回った際に、マウスカーソルに帯同する警告ポップアップを表示させるシステムを開発し、効果の検証をした。その結果、瞬き回数は導入前と比較して1.8倍に増加した。

2.2 ディスプレイパラメータ調整型

大石ら⁽¹⁰⁾は、瞬きの頻度が20回/分を下回った際に、ディスプレイのパラメータを調整して画面を曇らせるシステムを開発し、効果の検証を行った結果、瞬き回数が2倍に増加した。

2.3 マスコットキャラクター型

糸山ら⁽¹¹⁾は、警告ではない瞬きの促進を目的として、1分間に60回瞬きする目の形をしたマスコットキャラクターを画面上に表示させるシステムを開発し、効果の検証を行った。また、Visual Analogue Scale を使用してマウスカーソル型やディスプレイパラメータ調整型とのシステムの煩わしさを比較した。結果は、瞬き回数は1.67倍に増加しており、煩わしさは、2.1や2.2のシステムと比較して軽減された。

これらの研究で提案された瞬き促進ツールの課題として、瞬きの促進支援において、利用者が警告を無視してしまうこと、作業画面上に警告やマスコットなどの無駄な情報が、高頻度・常時現れてしまう煩わしさなどが考えられる。

3. 瞬き促進ツールの開発

本研究では、ドライアイを予防・改善するためにVDT作業中に瞬きの促進を支援するツールを提案、開発する。また、先行研究で課題となっていた、画面に警告が表示される煩わしさを解消し、被験者の警告無視を防止するために、画面に警告を表示させる方法ではなく、アラート音で警告することで瞬きを促進させる方法を提案する。この方法を用いることによって、画面上に不必要な情報が表示されず、VDT機器への集中をあまり阻害しない可能性があると考えられる。

図1にツールのフローチャートを示す。本ツールは瞬き検知部と瞬き促進部の2部構成になっている。

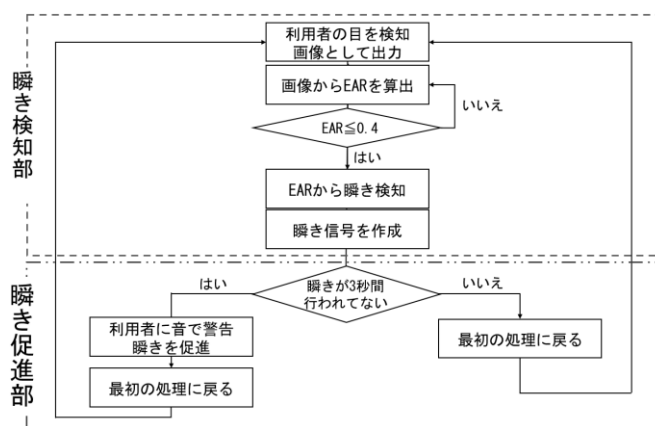


図1 ツールのフロー図

3.1 瞬き検出部

瞬き検出部では、VDT機器に接続したWebカメラを用いて使用者の顔を撮影し、瞬間ごとの目の画像のみをリアルタイムで解析することで瞬きを検出する。

まず、目の検出ではIntel社が開発したコンピュータビジョンライブラリであるOpenCVを用いて顔全体の検出とトラッキングを行い、さらにDavis E.Kingによって開発された画像処理ライブラリであるDlibを用いて目のパーツの検出・トラッキングをすることで行う。

また、瞬き検出ではTereza Soukupovaらが提案したEye Aspect Ratio(以下、EAR)値を用いた⁽¹²⁾。図2のように目の輪郭点を取り、座標を取得する。輪郭点とは、イメージ分析や画像処理の際に目安とされる被写体と背景の境界線上に配置される点のことである。次に、取得した座標を用いて以下の式で計算されるEAR値を求める。

$$EAR = \frac{\|p_2 - p_6\| + \|p_3 - p_5\|}{2 \|p_1 - p_4\|}$$

この式から求められる EAR 値は、小さくなるほど目が閉じていることを示す。本ツールでは、目をうつすら開けている状態のときに EAR 値が示す「0.4」を下回った際に「瞬きををした」と判定する。この EAR 値の羅列から瞬き信号を作成し、瞬き促進部に送る。

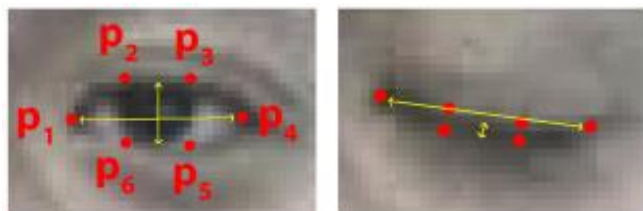


図 2 瞬き検出のための座標取得点

3.2 瞬き促進部

瞬き促進は、通常時の瞬きが 20 回/分であることから瞬きが 3 秒間行われないうちに実行される。警告は視界への警告表示による煩わしさ、使用者の警告無視を回避するために、警告音によって行う。また、警告に使われるアラート音はツール使用者が所定のファイルに特定の名称の音声データを保存することで自由に変更できる。

4. 研究方法

4.1 実験目的

本研究では、大学生のオンライン授業によるドライアイを音で予防するために開発した瞬き促進ツールの有効性を検証することを目的とする。なお、本研究は本学当該研究科の研究倫理委員会の承認を得て実施した。

4.1.1 対象者

対象者は、連絡ツール(Slack, LINE)でオンライン授業を受講している学生を募集、実験参加への同意を得た 21~25 歳の大学生 12 名(男性 10 名、女性 2 名)とした。

4.1.2 実験手順

実験は、介入と非介入を前後で逆にするクロスオーバーで実施し、ツール使用時と未使用時の比較を行った。クロスオーバー実験とは、複数の被験者を無作為に 2 群に分け、それぞれの群に介入実験と非介入実験を、順番を決めて行う実験である。この手法では介入実験と非介入実験の間に十分な休息期間を取って持ち

越し効果の解消を行うことで、効果のばらつきを抑えることができる。持ち越し効果とは、介入による効果が継続して被験者の意識や身体に影響を与えることである。

12 名の対象者を無作為に A 群(6 名)、B 群(6 名)の 2 つに分けて各群及び全体で介入効果を比較する。両群ともに男子学生 5 名、女子学生 1 名で行った。

手順を図 3 に示す。介入群は、①瞬き調査：瞬き回数・瞬き我慢時間(以下、我慢時間)の測定 ②介入：動画視聴(1 時間) ③瞬き調査の測定、を行う。A 群は 1 回目に、B 群は 2 回目にツールによる介入を行った。また、1 回目と 2 回目の間に 2 日間の休息期間を設けた。また、実験終了後、④アンケートに回答してもらった。

今回の実験では被験者間の条件をそろえるために警告音は固定した。

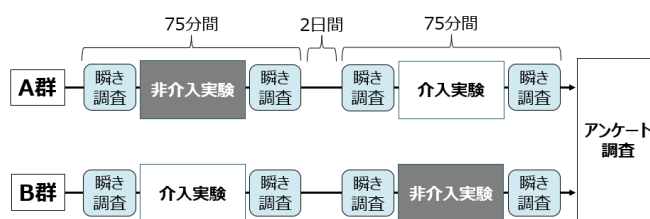


図 3：クロスオーバー実験の流れ

4.2 評価指標

本実験では、介入実験・非介入実験の前後における瞬き回数と我慢時間、ツールに関するアンケートを評価指標にすることとした。

瞬き回数と瞬き我慢時間は、図 4 に示す順天堂大学が公開・配信しているスマートフォンアプリケーション「ドライアイリズム」⁽¹³⁾を利用して測定した。実験前の測定は被験者間の目の渇き度合いをリセットするために、10 分間 VDT 機器を見ない休憩時間をとってから測定した。

ツールに関するアンケートでは、図 5 に示す Visual analogue scale(以下、VAS)を使用したツール使用し、感じる煩わしさの主観的評価を、自由記述でツール使用のメリット・デメリット、改善点を聞いた。VAS とは、本来回答者が感じる主観的な痛みを、視覚的に 0~10 の 11 段階で数値化するものである。本実験では、煩わしさを主観的に数値化して評価するために使用したため、値が 10 に近づくほど使用

者が煩わしさを強く感じているものとする。



図 4：ドライアイリズム

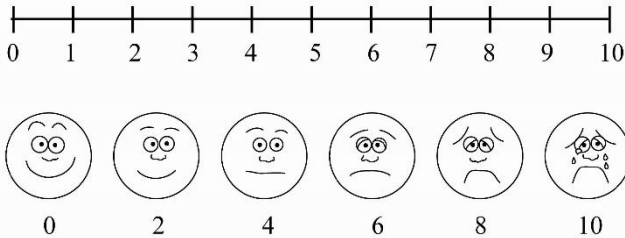


図 5：Visual analogue scale

4.3 分析方法

本実験では、開発したツールの介入によって、VDT 機器使用中の大学生の瞬き回数の増加及び、ドライアイ改善効果、ツールの使用感と改善点を考察した。

4.3.1 瞬き回数の増加

すべての介入・非介入時における瞬き回数の前後差を算出する。その後、A 群の介入時と B 群の介入時の間、A 群の非介入時と B 群非介入時の間のそれぞれで、F 検定及び t 検定にかけ、群間の持ち越し効果の差の有無を検証する。差が見られなかった場合、被験者全体で対応のある t 検定にかけ、ツールの介入による瞬き促進効果を検証する。差がみられた場合は、その理由を考察する。

4.3.2 ドライアイ改善効果

すべての介入・非介入時における瞬き我慢時間の前後差を算出する。その後、A 群の介入時と B 群の介入時の間、A 群の非介入時と B 群非介入時の間のそれぞれで、F 検定及び t 検定にかけ、群の間の持ち越し効果の差の有無を検証する。差がみられなかった場合、被験者全体で対応のある t 検定にかけ、ツールの介入によるドライアイ改善効果を検証する。差がみられた場合は、その理由を考察する。

4.3.3 ツールの使用感

事後アンケートにおいて、ツールの使用感を聞き、ツールや実験の改善点を考察した。

5. 結果・考察

5.1 瞬き回数

5.1.1 群の間の持ち越し効果の差の有無の検証

表 1：瞬き回数における持越効果の差の有無

検定対象	F 値・t 値	持ち越し効果の差
A 群非介入時	F= 0.065	無し
B 群非介入時	$t= 0.391$	
A 群介入時	F= 0.020	無し
B 群介入時	$t= 0.471$	

A 群の介入時と B 群の介入時の間、A 群の非介入時と B 群の非介入時の間のそれぞれで、群の間の持ち越し効果の差の有無を検証した結果を表 1 に示す。A 群非介入時と B 群非介入時で F 検定を行った結果、 $F=0.065$ となり 0.05 以下であったため、分散が等しくないことが分かった。次に、分散が等しくない場合の対応のない t 検定を行った結果、 $t=0.391$ となり 0.05 より大きいため、検定対象の間に差がないことが分かった。

同様に、A 群介入時と B 群介入時で F 検定を行った結果、 $F=0.020$ となり 0.05 以下であったため、分散が等しくないことが分かった。次に、分散が等しくない場合の対応のない t 検定を行った結果、 $t=0.471$ となり 0.05 より大きいため、検定対象の間に差がないことが分かった。

以上から、瞬き回数において、A 群 B 群どちらにおいても持ち越し効果による差がみられないと考えられる。

5.1.2 瞬き促進効果の検証

5.1.1 において A 群の介入時と B 群の介入時、A 群の非介入時と介入時の間には差が見られなかったため、被験者全体の非介入時と介入時の間で対応のある t 検定を行った。その結果、 $p=0.03$ となり、 0.05 よりも小さいため、非介入時と介入時の間には有意な差があることが分かった。

また、被験者全体の前後差を非介入実験時と介入実験時のそれぞれで平均した結果、非介入時で約 0.5 回だったが、介入時は約 7.4 回に増加した(図 6)。ここで、算出した平均値は大きくなるほど瞬きが促進された可能性が高いと考えられる。

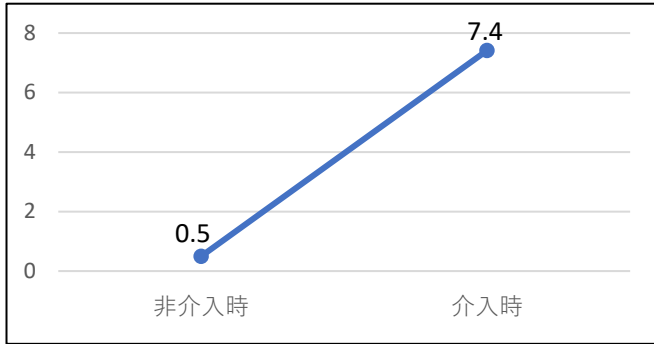


図 6：全体の瞬き回数の前後差の平均 (N=12)

5.1.3 瞬き促進効果に関する考察

瞬き回数において、A 群 B 群どちらにおいても持ち越し効果による差が見られなかったこと、被験者全体の非介入時と介入時の間に有意な差があること、被験者全体の瞬き回数の前後差の平均において、非介入時と比較して介入時の値が大きいことから、ツールの介入によって介入直後の VDT 機器使用中の瞬きが促進されたと考えられる。

よって、瞬き減少を音で知らせて瞬き促進するツールの有効性が示唆された。

5.2 瞬き我慢時間

5.2.1 群ごとの持ち越し効果の差の有無の検証

表 2：我慢時間における持越効果の差の有無

検定対象	F 値・t 値	持ち越し効果の差
A 群非介入時	F= 0.637	無し
B 群非介入時	t= 0.091	
A 群介入時	F= 0.144	無し
B 群介入時	t= 0.283	

A 群の介入時と B 群の介入時の間、A 群の非介入時と B 群の非介入時の間のそれぞれで、群の間の持ち越し効果の差の有無を検証した結果を表 2 に示す。A 群非介入時と B 群非介入時で F 検定を行った結果、 $F=0.63$ となり 0.05 以上であったため、分散が等しいことが分かった。次に、分散が等しい場合の対応のない t 検定を行った結果、 $t=0.09$ となり 0.05 より大きいため、検定対象の間に差がないことが分かった。

同様に、A 群介入時と B 群介入時で F 検定を行った結果、 $F=0.14$ となり 0.05 以上であったため、分散が等しいことが分かった。次に、分散が等しい場合の対応のない t 検定を行った結果、 $t=0.28$ となり 0.05 以上であったため、検定対象の間に差がないことが分かった。

以上から、我慢時間において、A 群 B 群どちらにおいても持ち越し効果による差がみられないと考えられる。

5.2.2 ドライアイ改善効果の検証

5.2.1 において、A 群の介入時と B 群の介入時、A 群の非介入時と介入時の間には差が見られなかったため、被験者全体の非介入時と介入時の間で対応のある t 検定を行った。その結果、 $p=0.3337$ となり、 0.05 以下であったため、非介入時と介入時の間には有意な差がないことが分かった。

更に、被験者全体での我慢時間の実験前後の差の平均値を算出した結果、非介入時で 2.0 秒減少したが、介入時は約 0.5 秒の減少に留まった(図 11)。ここで、算出した平均値は大きくなるほど瞬きを我慢できた時間が実験前と実験後の変化が少なく、ドライアイが改善された可能性が高いと考えられる。

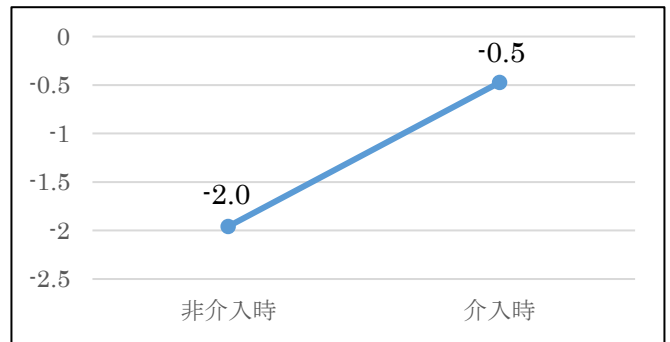


図 7：全体の我慢時間の差の平均 (N=12)

5.2.3 ドライアイ改善効果に関する考察

我慢時間において、A 群 B 群どちらにおいても持ち越し効果による差が見られなかったこと、6.1.1 において瞬き回数の増加が見られたこと、被験者全体の非介入時と介入時の間に有意な差が見られないこと、被験者全体の瞬き回数の前後差の平均において非介入時と比較して介入時の値が少し大きいことから、本実験の介入期間が短かったため、瞬き回数の増加によるドライアイ改善効果がみられなかった可能性が考えられる。そのため、ツールの導入を長期間にして検証する必要があると考えられる。

5.3 VAS による煩わしさの主観評価

5.3.1 VAS による煩わしさの主観評価の結果

図 8 に示す VAS による煩わしさの主観評価の結果から、A 群と比較して B 群のほうが音による警告に煩わしさを感じていた被験者が多いことが分かった。

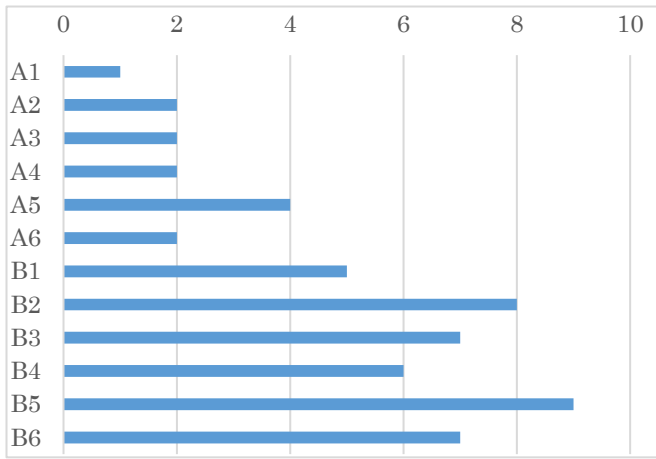


図 8: VAS を使用した煩わしさの主観評価

5.3.2 VAS による煩わしさの主観評価の考察

A 群と比較して B 群のほうが音による警告に煩わしさを感じていた被験者が多い原因として、B 群は介入実験の直後にアンケート調査を行ったことで煩わしさの主観評価値が高くなった可能性が考えられる。そのため、主観評価には介入直後に回答してもらう必要があると考えられる。

また別の原因として、普段から目が細く、EAR 値が元から「0.4」に近い値を示すため頻繁に警告音が再生されてしまった被験者が B 群に多かった可能性も考えられる。そのため、普段から目が細い被験者に対して瞬き減少の警告を行う条件を適宜変更するツールのシステム変更が必要だと考えられる。

5.4 自由記述の質問

5.4.1 自由記述の質問の結果

また、事後アンケートで実施した瞬き促進ツールの使用感に関する自由記述では、表 3 に示すツールに関する肯定的な意見や改善点が挙げられた。

表 3: 事後アンケート(自由記述)

質問項目	回答内容
ツールの使用によるメリットを教えてください	音が聞こえたら瞬きする習慣がつきそう
	瞬きが意識的にも無意識的にも増えた気がする
	音が鳴ることを防ごうとして意識的に瞬きが増えた
	普段の瞬き回数が少ないことに気が付いた
ツールの使用	警告音が長い

によるデメリットについて教えてください	警告音大きい
	集中が少し途切れてしまう
	最初の 5 分くらいは気が散る
ツールの改善点について教えてください	音量調節ができるようにしてほしい
	目を認識できていないときにも警告音で知らせてほしい
	警告音を短くしてほしい
	最後に瞬き回数が多かったか少なかったかを知りたい
	警告音がかなり煩わしいため、音以外の警告方法を試したい
	警告回数が一定回数を超えた際に警告音を変えることで、「慣れ」による警告無視を防ぐことができそう

5.4.2 自由記述の質問の考察

ツール使用のメリットに関する質問において、「音が聞こえたら瞬きする習慣がつきそう」「音が鳴ることを防ごうとして意識的に瞬きが増える」という意見が多く見られたことから、ツールを継続して使用することで、使用者が意識的に瞬きする状態から、無意識に瞬きする状態に遷移する可能性があると考えられる。

また、ツールのデメリットに関する質問において、警告音に関する意見が多く見られたこと、改善点に関する質問において「警告音がかなり煩わしいため、音以外の警告方法を試したい」という意見が見られたことから、先行研究において挙げられた画面に警告を表示する場合との煩わしさの比較をする必要があると考えられる。

6. おわりに

本研究では、介入によって介入直後の VDT 機器使用中の意識的な瞬きを増加させることが示唆された。また、それによって開発した瞬き促進ツールの有効性が示唆された。

今後は、介入期間の延長によるドライアイへの影響の検証やツール導入後の瞬き促進効果の存続期間の検証、画面に警告を出す瞬き促進ツール使用時と本ツール使用時の煩わしさの主観評価の比較を検討していく。

謝辞

本実験にご協力いただきました被験者の皆様に心より感謝申し上げます。

- (13) 順天堂大学: “ドライアイを5分でチェックできる研究アプリ「ドライアイリズム®」”, <https://www.juntendo.ac.jp/news/20200903-01.html> (参照 2021.5)

参 考 文 献

- (1) 文部科学省: “大学等における後期等の授業の実施状況に関する調査” https://www.mext.go.jp/content/20210212-mxt_kouhou02-000006590_1.pdf (参照 2021.5.30)
- (2) 国立教育政策研究所: “大学生の学習実態に関する調査研究について” https://www.nier.go.jp/05_kenkyu_seika/pdf06/160330_gaiyou.pdf/ (参照 2021.5.30)
- (3) NIDEK: “瞬きの役割”, https://www.nidek.co.jp/visitor_general/eyestory/entry-2737.html (参照 2021.5.30)
- (4) NIDEK: “涙の働きとドライアイ”, https://www.nidek.co.jp/visitorgeneral/eyestory/eye_16.html (参照 2021.5)
- (5) 厚生労働省: “技術革新と労働に関する実態調査結果の概況”, <https://www.mhlw.go.jp/toukei/itiran/roudou/saigai/anzen/08/index.html> (参照 2021.5.30)
- (6) 第一三共ヘルスケア: “眼精疲労の原因”, https://www.daiichisankyo-hc.co.jp/health/symptom/37_ganseihirou/ (参照 2021.5.30)
- (7) 国立長寿医療研究センター: “急増するドライアイ”, <https://www.ncgg.go.jp/hospital/iryokankei/documents/No.72.pdf> (参照 2021.5.30)
- (8) 参天: “ドライアイの Q&A”, <https://www.santen.co.jp/ja/healthcare/eye/library/dryeye/index5.jsp> (参照 2021.5)
- (9) 北條雄斗, 大石太郎, 戸田健, 塚本優希, 劉欣欣: “カーソルにポップアップを帯同させた PC 利用者瞬き促進システム”, 電気学会電子・情報・システム部門大会講演論文集, pp.656-657 (2014)
- (10) 大石太郎, 戸田健, 高橋謙介, 劉欣欣: “VDT 画面を曇らせることによる VDT 利用者瞬き促進システムの試作と評価”, 電気学会電子・情報・システム部門大会講演論文集, pp.641-642 (2014)
- (11) 大石太郎, 戸田健, 高橋謙介, 劉欣欣: “一定速度で瞬きするデスクトップマスコットの瞬き促進効果と負荷-従来方法との比較-”, 日本大学理工学部学術講演会予稿集, pp.945-946 (2016)
- (12) Tereza Soukupova and Jan' Cech: “Real-Time Eye Blink Detection using Facial Landmarks”, 21st Computer Vision Winter Workshop (2016)