

瞬き入力インタフェースの間接的利用による 読書中の瞬き誘発

内田純平^{1,a)} 寺田 努^{1,b)} 塚本昌彦^{1,c)}

概要：瞬きは目の健康を維持するために重要な役割を果たしており、瞬きの減少はドライアイなどの慢性疾患を引き起こす原因となる。特に、読書時は瞬きが減少しやすいため対策が必要である。しかし、瞬きの減少をユーザに知らせるなどの直接的な手法では、瞬きを強制的に行わせるため、ユーザに不快感を与える可能性がある。また、瞬き促進システム未使用時には瞬きを促進できない。そこで本研究では、操作に瞬きを利用する瞬きインタフェースを電子書籍システムに導入し、瞬きインタフェースの定期的な利用により、ページをめくるなどの読書時に行う動作と瞬きを関連づけることで、システム未使用時でも読書時に瞬きが誘発されることを狙う。本稿では、約3週間瞬きインタフェースを利用した電子書籍での読書を行ってもらい、その間定期的に紙媒体での読書時の瞬き回数を測定しその変化を調査した。実験の結果、一時的に瞬きが増加したが、その後は減少傾向がみられた。したがって、継続的に瞬きを増加させるためには週に1回程度の定期的な瞬きインタフェースの利用が適切であると考えられる。

1. はじめに

近年、ドライアイ患者が増加しておりドライアイは身近な疾患として問題視されている。ドライアイによる目の疲れや不快感、視機能異常はQOL(Quality Of Life)や生産性を低下させる要因となる[1,2]。ドライアイは多因子疾患であるが、その一つの要因は瞬きの減少である[3]。瞬きには、眼の表面を保護する涙液を角膜表面に行き渡らせる役割がある。瞬きが減少すると涙液が不足するため、角膜や結膜の損傷を引き起こしドライアイを発症する可能性が高くなる。

長時間画面を見る、読書をするといった視覚的な集中を必要とする作業中は瞬きが減少することが知られており[4]、特に読書中は瞬き回数が少なくなるとされている[5]。集中を伴う作業時に瞬き回数を増やすことは、ドライアイを予防する上で重要であり、瞬きを誘発する研究は数多く行われている。例えば、一定時間ごとのLEDの点滅により瞬きを引き起こすシステムや[6]、メガネ型のデバイスによって目元に空気を吹き付けて瞬きを引き起こすシステムがある[7]。しかし、これらの手法ではユーザの目に直接刺激を与え瞬きを強いているため、ユーザに不快感を与え

たり作業時の集中を妨げる可能性がある。また、瞬きを誘発するトリガがシステムによる外的な刺激であるため、システム未使用時に瞬きを誘発することは困難である。

ここで、心理学の分野では、レスポナント条件づけという現象がある。レスポナント条件づけは、入力となる刺激と出力となる反応との間に連合が形成された場合に、入力刺激によって出力反応が引き起こされるというものである。この現象を踏まえると、瞬きをした時に繰り返し知覚した刺激は瞬きを誘発させる可能性がある。例えば、瞬きをした時に読書中のページめくり動作を同時に繰り返し行うことで、読書中のページめくり動作が瞬きを誘発させる可能性がある。

そこで、本研究ではレスポナント条件づけの枠組みを読書時の瞬き誘発システムに適用する。読書中のページめくり動作と瞬きを条件づけるために瞬きを利用したインタフェースを電子書籍の操作に導入し、瞬きによる電子書籍のページめくり操作を用いて読書時の瞬き誘発を行うシステムを提案する。特に本稿では、電子書籍のページめくり操作を瞬きで行うシステムの利用によるシステム未使用の紙書籍での読書における瞬き回数を調査する。瞬き回数の変化から提案システムが瞬きの誘発に有効であるかを評価する。

¹ 神戸大学大学院工学研究科
Grad. School of Engineering, Kobe University

a) junpei-uchida@stu.kobe-u.ac.jp

b) tsutomu@eedept.kobe-u.ac.jp

c) tuka@kobe-u.ac.jp

2. 関連研究

2.1 瞬きの促進

瞬きの促進に関する研究は、特に PC 使用時の瞬きの促進を検証した研究が行われている。Miura らは、一定時間ごとに LED が点滅するデバイスを PC に取り付けることにより瞬きを促進するシステムを提案した。[6]。Tarik らは、PC 作業中に瞬きが減少した際に、PC の画面を点滅させる、ぼやけさせる、ウィンドウの枠を点滅させる、ポップアップ通知を表示するの 4 つの手法を用いて瞬きを促進するシステムを提案した [8]。Artem らは、メガネ型のデバイスを用いて、LED の点滅、プラスチック製のチップによる目元へのタッチ、空気の吐出の 3 つの手法により瞬きを引き起こすシステムを提案した [7]。これらの研究では、ユーザに強制的に瞬きをさせることで、瞬きを促進する取り組みがなされていたが、強制的に瞬きをさせることはユーザに不快感を与えやすく、作業への集中を妨げる要因になる。また、瞬きを引き起こすトリガがシステムによる外的な刺激であるため、システム未使用時には瞬きを増やすことが困難である。以上の知見を踏まえて、ユーザに自発的に瞬きをさせるシステムの使用が定常的な瞬きの促進に有効であると考えた。本研究では、自発的に瞬きをさせるシステムの使用により、システム未使用時に瞬きを引き起こす手法を検討する。

2.2 レスポンデント条件付け

レスポンデント条件付けは、エサと一緒に提示された刺激によって犬の唾液が誘発された現象に代表される学習理論である [9]。条件づけられる刺激としては、代表的なものとして聴覚刺激 [10] や視覚刺激 [11] があり、これらの刺激による様々な心身の状態や機能の誘発が確認されている。レスポンデント条件付けを行う刺激に瞬きを使用した研究として、M. D. Mauk らは、音が鳴るのと一緒にエアパフによる瞬きの誘発を行うことで、音と瞬きの条件付けを行っている [12]。レスポンデント条件付けを応用した研究も行われており、双見ら、ダーツゲームにおいて、練習ゲームで聴覚刺激を成功体験と条件づけることで、本番ゲームで聴覚刺激を提示することによるスコアの向上を確認している [13]。以上のことから、本研究は、瞬きが読書中のページめくり動作と条件づくことにより、読書中においてページめくり動作時に瞬きが誘発されることを期待している。

3. 提案システム

3.1 設計

本研究では、レスポンデント条件付けによる瞬きの誘発を行う。図 1 に示すように、システム利用の流れは学習段

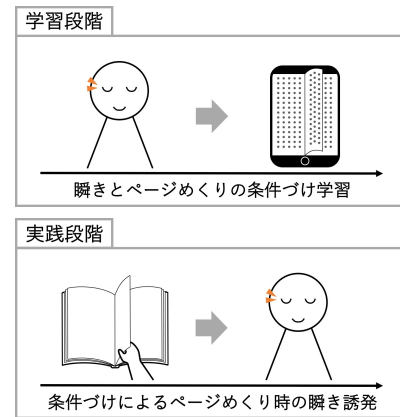


図 1: レスポンデント条件づけの過程

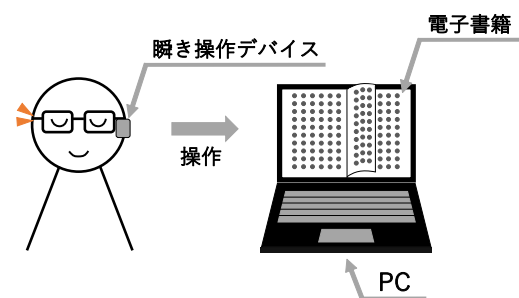


図 2: システムの概要

階と実践段階からなる。学習段階では、読書中のページめくり動作時に瞬きを行うことにより、ページめくり動作と瞬きの条件づけを行う。提案システムでは、電子書籍のページめくり動作を瞬きで行うことにより、ページめくり動作時に瞬きを行う。実践段階では、提案システム未使用時の紙書籍での読書において、学習段階で瞬きと条件づけた刺激であるページめくり動作時に瞬きを誘発する。紙書籍での読書では、情報機器を使用することがユーザの不快感や集中度の低下を招く恐れがあるため、情報機器を使用しないことが望ましいと考えられる。したがって、提案システムによる瞬き誘発は、紙書籍での読書時における瞬き誘発手法として適しているといえる。

学習段階での瞬きによる電子書籍の操作には、メガネ装着型の瞬き操作システムを使用する。システムの概要を図 2 に示す。瞬き操作システムでは、メガネ型のデバイスに赤外線センサを取り付け、瞬きを検出する。そして、検出した瞬きに対して、普段から行っている 1 回の瞬きには電子書籍の操作を割り当てず、短時間に 2 回連続で瞬きを行った場合には電子書籍のページ送り操作を割り当て、一定時間瞼を閉じた場合には電子書籍のページ戻り操作を割り当てた。ここで、一定時間瞼を閉じた場合の瞬きをロング瞬きと定義する。瞬き操作の信号は、Bluetooth によって PC へ送信し、電子書籍を操作する。

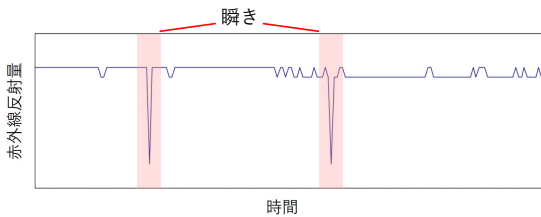


図 3: 瞬き時の赤外線反射量の変化例

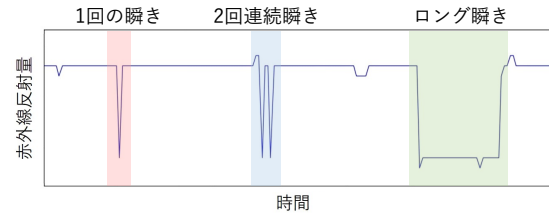


図 4: 瞬き操作時の赤外線反射量の変化例

3.2 ハードウェア

瞬き操作システムは、メガネ装着型のデバイスと PC から構成される。これらを構成するハードウェアは、瞬きを検出するための赤外線反射量を測定するフォトリフレクタと、測定した赤外線反射量から瞬きを検出し、電子書籍へ操作信号を送信するための M5StickC、それらを取り付けるメガネ、マイコンから送られてきた操作信号を受け取り、電子書籍を操作する PC である。

3.3 ソフトウェア

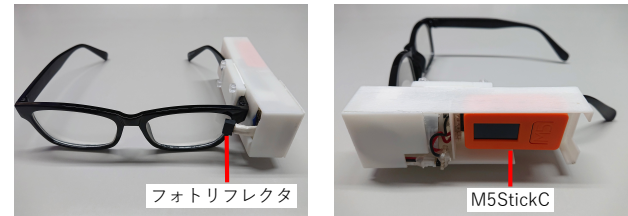
フォトリフレクタによって測定された赤外線反射量のデータはマイコンに送られ、マイコンから 100ms ごとに赤外線反射量のデータを PC に送信する。また、瞬き操作をした場合は、電子書籍の操作信号をマイコンから PC へ送信する。この操作信号は、PC のキーボードを直接操作するものであるため、PC が操作信号を受信するとキーボードが操作され、電子書籍の操作が行われる。

3.4 瞬き判定

瞬きの判定は、赤外線反射量の変化をもとに行った。瞬きを行った時の赤外線反射量の変化例を図 3 に示す。瞬きを行うと、赤外線反射量が急激に低下し、その直後もとの値に戻る。このことから、瞬きの判定は赤外線反射量の連続したデータにおいて、前後のデータとの差分が閾値を超えたかどうかで行う。瞬きを行ったことにより赤外線反射量が低下したタイミングにおいて 1 つ前のデータとの差分をとると、瞼を閉じたことによる赤外線反射量の変化量が算出される。同様に、もとの値に戻ったタイミングにおいても 1 つ前のデータとの差分をとると、瞼を開いたことによる赤外線反射量の変化量が算出される。この変化量がどちらも設定した閾値を超えていれば瞬きを行ったと判定した。ただし、閾値はユーザごとに変化するため、ユーザに合わせて定義した。

3.5 瞬きの種類の検出

1 回の瞬き、2 回連続の瞬き、ロング瞬き時の赤外線反射量の変化例を図 4 に示す。2 回連続の瞬きとロング瞬きの判定は、瞬きを開始した時刻と瞬きを終了した時刻の差分が、それぞれ設定した時間の範囲内であるかで判定した。2 回連続の瞬きは、1 回目の瞬きにおいて瞼を閉じた時刻



(a) 正面

(b) 右側

図 5: 瞬き操作デバイスの外観

と 2 回目の瞬きにおいて瞼を開いた時刻の差分が 1s 以内とし、この範囲内であれば 2 回連続瞬きと判定した。また、ロング瞬きは、瞬きにおいて瞼を閉じた時刻と瞼を開いた時刻の差分が 1s 以上 5s 未満とし、この範囲内であればロング瞬きと判定した。

3.6 システム実装

実装したデバイスを図 5 に示す。瞬き操作システムは、赤外線反射量を測定するフォトリフレクタ、測定した赤外線反射量から瞬きを検出し、PC へ電子書籍の操作信号を送信するマイコン、電子書籍の操作信号を受信し、電子書籍の操作を行う PC から構成される。フォトリフレクタは、Letex Technology Corp 社の LBR-127HLD を用い、マイコンは M5STACK 社の M5StickC を用いた。また、PC は Lenovo 社の ThinkPad X1 Carbon を用いた。フォトリフレクタとマイコンは 3D プリンターで作製したケースに収納し、アタッチメントによってメガネに着脱できるようにした。マイコンと PC の通信は、マイコンに搭載されている ESP32 のライブラリを用いた。赤外線反射量のデータの通信は BluetoothSerial で行い、電子書籍の操作の通信は BLEKeyboard で行った。また、電子書籍は Amazon 社の Kindle を用いた [14]。

4. 評価実験

瞬き操作システムを使用した電子書籍での読書を行うことによる、瞬き操作システム未使用での読書時の瞬き回数の変化について評価実験を行った。

4.1 実験の設計

本稿では、瞬き操作システムを使用した電子書籍での読書が、瞬き操作システム未使用での読書時の瞬きを誘発さ

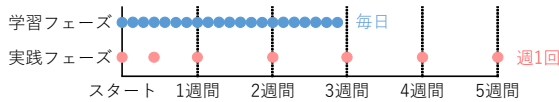


図 6: 実験の流れ

せうかを明らかにするために、瞬き操作システムを用いた評価実験を行った。瞬き操作システムの使用による瞬き回数の変化を調査するために以下の2つのフェーズからなる実験を行った。

- 学習フェーズ：瞬き操作システム使用・装着での電子書籍の読書
- 実践フェーズ：瞬き操作システム未使用・装着での紙書籍の読書

実験の流れを図6に示す。学習フェーズでは、瞬き操作システムを使用した電子書籍での読書を約3週間毎日行い、ページめくり動作と瞬きの条件づけのための学習を行った。実践フェーズでは、学習フェーズでの条件づけ学習による紙書籍での読書時の瞬き回数の変化を調査するために、学習フェーズの開始日と同日から週1回の頻度で瞬き操作システム未使用の紙書籍での読書を行った。

瞬き回数の評価指標として、OPI(Ocular Protection Index)を用いる[15]。OPIは、ドライアイの発症や症状の悪化の指標であり、眼の表面の涙液層破壊時間(TFBUT: Tear Film Break Up Time)と平均瞬き間隔(IBE: Inter Blink Interval)を用いて算出される。OPIはTFBUTとIBEを用いた以下のように求められる。

$$OPI = \frac{TFBUT}{IBE} \quad (1)$$

本研究では、TFBUTの値として健常者の一般的な値である10sを用いた。また、IBEは、1分間の平均瞬き回数を用いて、以下のように求められる。

$$IBE = \frac{60}{1 \text{ 分間の平均瞬き回数}} \quad (2)$$

OPIが1未満の場合は、涙液が減少し眼の表面が露出すると考えられるため、ドライアイの発症や症状の悪化を招く恐れがある。一方、OPIが1以上の場合は、常に眼の表面が涙液で保護されていると考えられるため、好ましい状態であると言える。TFBUTを10sとすると、OPIが1以上になるためにはIBEが10s以下である必要がある。したがって、1分間の平均瞬き回数が6回以上であれば危険度が低く、6回以下であれば危険度が高いと考えられる。よって、以降では、1分間の平均瞬き回数の評価において6回を基準値として用いる。

また、普段の紙書籍での読書時の瞬き回数を調査するために、瞬き操作システムを使用せず、装着もしない状態で紙書籍での読書を15分間行ってもらい、その間の瞬き回数を目視で測定した。被験者は、眼に疾患の無い20代男性3名で、そのうち2名は普段から読書時にメガネをかけ

表 1: システム未使用・未装着の紙書籍での読書時の瞬き回数とページめくり時の瞬き回数

	平均瞬き回数 [回/分]	ページめくり時の 瞬き回数 [回/分]
被験者 A	5.3	0.2
被験者 B	6.7	0.9
被験者 C	2.9	0.0



図 7: システム使用・装着時の電子書籍での読書の様子

ていた。

被験者3名の紙書籍での読書時の1分間の平均瞬き回数と読書中のページめくり動作時の瞬き回数を表1に示す。ページめくり動作時の瞬き回数は、読書中の合計瞬き回数のうちページめくり動作前後5s以内に行った瞬き回数を読書時間で割った数値である。各被験者の平均瞬き回数は、一般的なリラックス時(17回/分)や会話中(26回/分)の瞬き回数[5]より明らかに少ない。以降では、この瞬き回数をベースラインとして評価に用いる。

4.2 実験方法

4.2.1 学習フェーズ：システム使用・装着時の電子書籍での読書

学習フェーズでは、電子書籍での読書時のページめくり動作と瞬きの条件づけのために、瞬き操作デバイスを装着し、瞬きによる電子書籍の操作を行いながら電子書籍での読書を一定期間行い、その間の瞬き回数の変化を調査した。

システム使用・装着時の電子書籍での読書の様子を図7に示す。被験者は、瞬き操作デバイスを装着し、瞬きによる電子書籍での読書を毎日15分間行った。その間、赤外線反射量のデータと電子書籍の画面を記録した。記録した赤外線反射量のデータと電子書籍の画面から、読書中の瞬き回数を手動で測定した。実験に使用するPCは被験者自身のものとし、実験場所は指定しなかった。これは、瞬き操作システムを使用した電子書籍での読書は、ページめくり動作と瞬きの条件づけを行うことが目的であり、被験者が読書を多く行ってもらうことが重要であると考えたためである。被験者が読む書籍には、全員同じものを使用した。

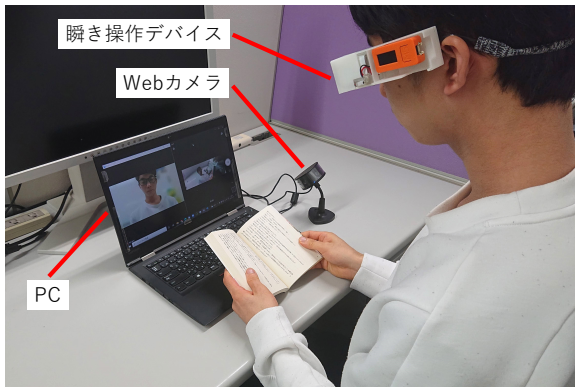


図 8: 被験者の顔と手元を撮影している様子

被験者は眼に疾患の無い 20 代男性 3 名で、実験期間は約 3 週間とした。

4.2.2 実践フェーズ: システム未使用・装着時の紙書籍での読書

実践フェーズでは、瞬き操作システムを使用した電子書籍での読書を行うことによる、紙書籍での読書時の瞬き回数の変化を調査するために、デバイスを装着し、瞬き操作システムを使用しない状態で紙書籍での読書を一定期間行い、その間の瞬き回数の変化を調査した。

被験者は、瞬き操作デバイスを装着し、瞬きでの操作は行わずに紙書籍での読書を 15 分間、1 週間に 1 回の頻度で約 5 週間、合計 7 回行った。最初の 1 週間は、短期的な瞬き回数の変化があるかを調査するために、実験開始日とその 3 日後の 2 回実験を行った。ここで、紙書籍での読書時に瞬き操作デバイスを装着したのは、瞬きによる電子書籍での読書と近い環境にすることで、紙書籍での読書時に瞬きを誘発しやすくなると考えたためである。紙書籍での読書中、赤外線反射量のデータを記録した。また、2 台のカメラを用いて被験者の顔と手元を撮影した。撮影時の様子を図 8 に示す。記録した赤外線反射量のデータと被験者の顔と手元の動画から、読書中の瞬き回数とページめくり動作時の瞬き回数を手動で測定した。実験場所は指定し、使用する PC は Lenovo 社の ThinkPad X1 Carbon とした。被験者が読む書籍には、全員同じものを使用した。被験者は眼に疾患の無い 20 代男性 3 名である。

4.3 結果と考察

4.3.1 学習フェーズ: システム使用・装着時の電子書籍での読書時の瞬き回数

瞬き操作システムを使用した約 3 週間の電子書籍での読書時の 1 分間の平均瞬き回数の推移を図 9 に示す。この瞬き回数は、電子書籍の操作をするための瞬きも含まれている。被験者ごとに電子書籍での読書回数が異なり、被験者 A は 20 回、被験者 B は 5 回、被験者 C は 21 回行った。被験者 B は電子書籍での読書回数が極端に少なく、瞬き回数の変化も被験者 A と被験者 C とは異なる結果となった。

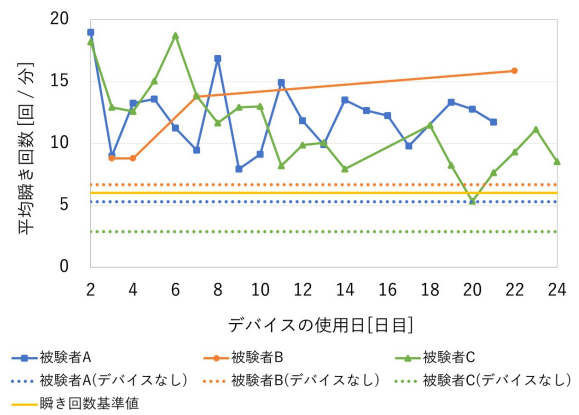


図 9: システム使用・装着時の電子書籍での読書時の瞬き回数

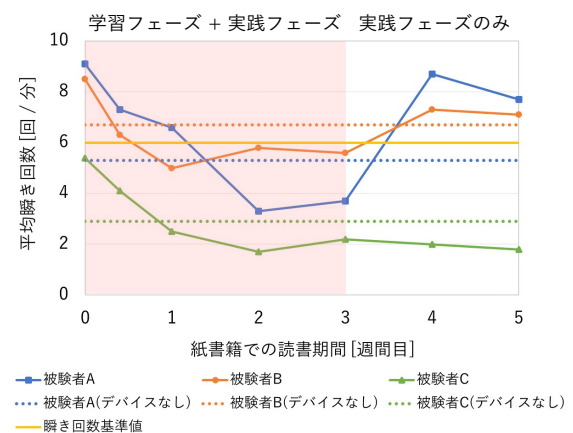


図 10: システム未使用・装着時の紙書籍での読書時の瞬き回数

これは、被験者 B が使用していた瞬き操作デバイスにトラブルがあり、瞬きによる電子書籍の操作がうまく行えなかったためである。また、各被験者とも、1 日目の読書時は瞬きによる電子書籍の操作に誤操作が発生し、瞬き回数の測定ができなかったため結果から除外した。

図 9 中の点線は、表 1 に示したベースラインの瞬き回数である。被験者 3 名の瞬き回数は、ほとんどの場合ベースラインを超えている。ここで、OPI を用いて瞬き回数の危険度を評価する。瞬き回数の基準値を図 9 中に黄色線で示す。ほぼ全ての期間において、電子書籍での読書時の瞬き回数は基準値よりも多いため危険度が低い。これは、瞬きによる電子書籍の操作をページめくり動作時に行う必要があり、定期的に瞬きをしたからだと考えられる。したがって、提案システムを使用した電子書籍での読書時は、普段の紙書籍での読書時と比較し、ページめくり動作時に多くの瞬きを行ったと考えられる。

4.3.2 実践フェーズ: システム未使用・装着時の紙書籍での読書時の瞬き回数

デバイスを装着し、瞬き操作システムを使用しない状態で約 5 週間の紙書籍での読書時の 1 分間の平均瞬き回数

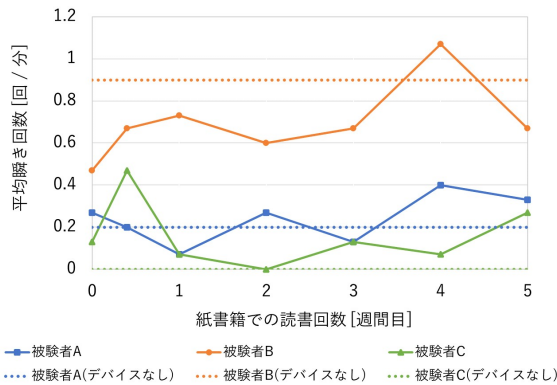


図 11: 紙書籍での読書中のページめくり動作時の瞬き回数

の推移を図 10 に示す。図 10 中の点線は、表 1 に示したベースラインの瞬き回数である。短期的な瞬き回数の変化をみると、各被験者ともに、実験開始日に行った 1 回目の紙書籍での読書時は瞬き回数がベースラインを超えているが、3 日後に瞬き回数が急激に減少した。また、長期的な瞬き回数の変化をみると、1 回目以降瞬き回数が減少していきベースラインを下回り、2~3 週間目で減少傾向が止まった。しかし、4~5 週間目は瞬き回数が増加傾向になり、被験者 A と被験者 B の瞬き回数はベースラインを超えた。

この結果に対し、OPI を用いて瞬き回数の危険度を評価する。瞬き回数の基準値を図 10 中に黄色線で示す。被験者 A と被験者 B はともに、最初の約 1 週間は瞬き回数が基準値よりも多いため危険度が低いが、それ以降は基準値よりも少ないため危険度が高い。そして、4~5 週間目で再度基準値よりも多くなり、危険度が低くなっている。しかし、被験者 C は、ほぼ全ての期間において、読書中の瞬き回数は基準値よりも少ないため危険度が高い。

この瞬き回数の変化は、ページめくり動作と瞬きの条件づけが行われた場合に想定される結果と異なる。1 回目の紙書籍での読書時は瞬き回数がベースラインを超えているが、1 回目の紙書籍での読書は電子書籍での読書を開始する前に行ったため、この瞬き回数の増加は条件づけによるものではない。また、ページめくり動作と瞬きの条件づけが行われた場合、瞬き回数は 1 回目の数値から増加する、もしくは 1 回目の数値を維持し続けると予測できるが、今回の結果では、瞬き回数は減少した。ここで、紙書籍での読書中のページめくり動作時の瞬き回数を図 11 に示す。図 11 中に、表 1 に示したページめくり動作時の瞬き回数のベースラインを点線で示している。ページめくり動作時の瞬き回数は、デバイス未装着時の瞬き回数と類似している。これらの結果から、何らかの要因によって、瞬き操作システムを使用した電子書籍での読書をするることによる、読書中のページめくり動作と瞬きの条件づけができなかったと考えられる。

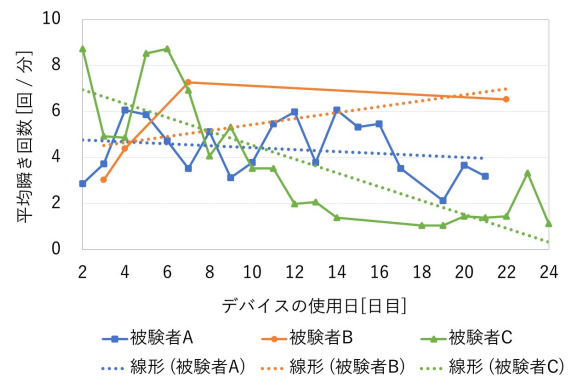


図 12: 電子書籍での読書時の瞬き回数（瞬き操作以外）

5. 考察

5.1 条件づけが行えなかった要因

4.2.2 節の瞬き操作システム未使用・装着時の紙書籍での読書は、4.2.1 節の瞬き操作システム使用・装着時の電子書籍での読書と同時に開始した。よって、最初の 3 週間は、週 1 回の紙書籍での読書と並行して毎日電子書籍での読書を行っていた。これを踏まえて、図 10 の瞬き回数の推移を考える。1 回目の紙書籍での読書時については、瞬き回数がベースラインを超えていたが、これは電子書籍での読書を開始する前に行ったため、瞬き操作システムによるものではない。また、紙書籍での読書を開始してから 3 週間目までの期間は瞬き回数が減少した。この期間は、瞬き操作システムを使用した電子書籍での読書を並行して行っていた。4~5 週間目の期間は瞬き回数が増加したが、この期間は瞬き操作システムを使用した電子書籍での読書は終了しており、デバイスを装着した状態で紙書籍での読書だけを週 1 回行っていた。

ここで、4.3.1 節の図 9 に示した、瞬き操作システム使用・装着の電子書籍での読書時の瞬き回数から、電子書籍の操作のために行った瞬きを除いた瞬き回数の推移を図 12 に示す。図中に点線で示したのは、各被験者の瞬き回数の推移の近似直線である。電子書籍での読書を行っていた期間、被験者 A と被験者 C は、電子書籍での読書時の瞬き回数が減少傾向にある。これは、紙書籍での読書を開始してから 3 週間目までと同じ期間であり、どちらも同じ傾向を示している。

以上のことから、瞬き操作デバイスを装着すること、および装着の頻度が、瞬き回数に影響を与えたと推察できる。瞬き操作デバイスを装着することで、ユーザが違和感や抵抗感を感じ、それにより瞬きへの意識が生まれた可能性がある。以下では、この瞬きへの意識をバイアスと呼ぶ。まず、1 回目の紙書籍での読書時は、瞬き操作デバイスを初めて装着したことにより、被験者が違和感や抵抗感を感じ、バイアスが生じた。その結果、瞬き回数が瞬き操作シ

システム未使用・未装着時よりも多くなったと推察できる。次に、紙書籍および電子書籍での読書を開始してから3週間目までの期間は、電子書籍での読書を毎日行っていたため、被験者は瞬き操作デバイスを毎日装着していた。これにより、ユーザにデバイスを装着することへの慣れが生じ、違和感や抵抗感が無くなった結果、バイアスが薄れ瞬き回数が減少したと推察できる。そして、紙書籍での読書を開始してから4~5週間目の期間は、電子書籍での読書が終了し、瞬き操作デバイスを装着する頻度が週1回と減少したことによって、デバイスを装着することへの慣れが薄れていき、違和感や抵抗感が戻ってきたことにより、バイアスが復活し瞬き回数が増加したと推察できる。このバイアスが、ページめくり動作と瞬きの条件づけよりも顕著に現れ、条件づけがうまく行えなかったと考えられる。

5.2 提案システムによる瞬き促進の可能性

今回の実験では、瞬きとページめくり動作の条件づけによる、紙書籍での読書時の瞬き誘発が確認できなかった。しかし、このバイアスをうまく応用すれば、瞬きの促進が行える可能性がある。4.2.2節の実践フェーズにおいて、デバイスを初めて装着した1回目の紙書籍での読書時と、デバイスを装着する頻度が週1回と減少した4~5週間目の期間は、瞬き回数がOPIにおける危険度の低い数値まで増加した。これは、バイアスが現れた影響の可能性もある。デバイスを装着する頻度を週1回程度に抑えると、デバイス装着時にバイアスが現れ、瞬きが増加する可能性がある。

5.3 課題

4.3節における結果と考察を踏まえて、今後の課題点について検討を行う。本研究の目的は、瞬き操作システムを使用した電子書籍での読書を行うことによるページめくり動作と瞬きの条件づけと、それによるシステム未使用での読書時の瞬き誘発であるが、今回の実験ではどちらも確認できなかった。4.2.2節の実践フェーズにおいて、瞬き操作デバイスを装着することによるバイアスが現れたことによる瞬き回数の変化が起こったため、読書中のページめくり動作と瞬きの条件づけができなかった可能性がある。したがって、バイアスが現れないように実験手順や実験環境を再検討する必要がある。例えば、紙書籍での読書時の瞬き回数を測定する前に、一定時間瞬き操作デバイスを装着することで、デバイスを装着することへの抵抗感を抑えられる可能性がある。また、本研究では、電子書籍での読書時間を1日15分としたが、条件づけを行うためには十分でなかった可能性もある。条件づけを行うのに必要な読書時間や読書回数についても再検討する必要がある。さらに、電子書籍での読書は場所を指定しなかったため、紙書籍での読書と電子書籍での読書の実験環境の違いがあったことによって条件づけがされにくかった可能性もある。今後は、

ページめくり動作と瞬きの条件づけに影響を与えた可能性のある要素を改善し、再度瞬き操作システムを使用した電子書籍の読書による、紙書籍での読書時の瞬き誘発について実験を行う。

また、本研究で提案した瞬き操作デバイスの改善も必要である。瞬き操作デバイスでは、瞬きを検出して電子書籍の操作を行ったが、瞬きを検出するためのフォトリフレクタの赤外線LEDが眼に照射するように調整するのが難しく、瞬き検出がうまく行えなかった被験者がいた。赤外線LEDの照射位置のずれによる条件づけへの影響やデバイスを装着することへの抵抗感の発生の可能性がある。これを防ぐためには、フォトリフレクタを複数個用いて眼のまわりのより大きな範囲をカバーすることで、ある程度の位置のずれが生じて安定した瞬きの検出ができるデバイスおよびシステムを作製する必要がある。

6. まとめ

本研究では、読書中のページめくり動作と瞬きのレスポナント条件づけによる瞬き誘発について調査を行った。本稿では、ページめくり動作と瞬きの条件づけを行うために、電子書籍の操作を瞬きによって行う瞬き操作システムを作製し、一定期間電子書籍での読書時に使用してもらい、システムを使用した電子書籍での読書による、システム未使用の紙書籍での読書時の瞬き回数の変化を調査した。システム未使用の紙書籍での読書時の瞬き回数は、電子書籍での読書を並行して行っていた期間は減少傾向にあり、電子書籍での読書が終了した後は増加傾向にあった。よって、電子書籍での読書時の瞬き操作システムの使用による、ページめくり動作と瞬きの条件づけ、および紙書籍での読書時の瞬き誘発は確認できなかった。

今後は、ページめくり動作と瞬きの条件づけに影響を与えた可能性のある要素を改善し、再度条件づけによる紙書籍での読書時の瞬き誘発について調査を行う。また、瞬き操作システムの改善も行い、ユーザが使用しやすいシステムの構築を目指す。

謝辞 本研究の一部は、JST CREST(JPMJCR18A3)の支援によるものである。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- [1] 島崎 潤: ドライアイとQOL, 歯科学報, Vol. 113, No. 4, pp. 359-364 (Apr. 2013).
- [2] M. Yamada, Y. Mizuno, and C. Shigeyasu: Impact of Dry Eye on Work Productivity, ClinicoEconomics and Outcomes Research, Vol. 4, pp. 307-312 (Oct. 2012).
- [3] 井上佐智子, 川島素子, 坪田一男: ドライアイとは? 原因から対策まで, ファルマシア, Vol. 50, No. 3, pp. 201-206, (2014).
- [4] 坪田一男: Tear Dynamics and Dry Eye, Progress in Retinal and Eye Research, Vol. 17, No. 4, pp. 565-596, (1998).

- [5] A. R. Bentivoglio, S. B. Bressman, E. Cassetta, D. Carretta, P. Tonali, and A. Albanese: Analysis of Blink Rate Patterns in Normal Subjects, *Official Journal of the International Parkinson and Movement Disorder Society*, Vol. 12, No. 6, pp. 1028–1034 (Nov. 2004).
- [6] D. Miura, R. Hazarbassanov, C. Yamasato, F. Silva, C. Godinho, and J. Gomes: Effect Off a Light-Emitting Timer Device on Blink Rate of Non-Dry Eye Individuals and Dry Eye Patients, *The British journal of ophthalmology*, Vol. 97, pp. 965–967 (Mar. 2013).
- [7] A. Dementyev and C. Holz: DualBlink: A Wearable Device to Continuously Detect, and Actuate Blinking for Alleviating Dry Eyes and Computer Vision Syndrome, *Proc. of the ACM on interactive Mobile Wearable and Ubiquitous Technologies*, Vol. 1, No. 1 (Mar. 2017).
- [8] T. Crnovrsanin, Y. Wang, and K. Ma: Stimulating a Blink: Reduction of Eye Fatigue with Visual Stimulus, *Conference on Human Factors in Computing 2014*, pp. 2055–2064 (Apr. 2014).
- [9] F. Arcediano, N. Ortega, and H. Matute: A Behavioral Preparation for the Study of Human Pavlovian Conditioning, *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, Vol. 49B, No. 3, pp. 270–283 (1996).
- [10] M. Aizenberg and M. N. Geffen: Bidirectional Effects of Aversive Learning on Perceptual Acuity are Mediated by the Sesory Cotex, *Nature Neuroscience*, Vol. 16, No. 8, pp. 994–996 (June. 2013).
- [11] J. B. Watson and R. Rayner: Conditioned Emotional Reactions, *Journal of Experimental Psychology*, Vol. 3, No. 1, pp. 1–14 (Feb. 1920).
- [12] M. D. Mauk, J. E. Steinmetz, and R. F. Thompson: Classical Conditioning Using Stimulation of the Inferior Olive as the Unconditioned Stimulus, *Proc. of the National Academy of Sciences of the United States of America*, Vol. 83, No. 14, pp. 5349–5353 (July. 1986).
- [13] 双見京介, 寺田 努, 塚本昌彦: 条件づけ刺激を用いたメンタル機能制御支援システム, *情報処理学会論文誌*, Vol. 58, No. 5, pp. 1025–1036 (May. 2017).
- [14] Amazon: Kindle for PC(Windows), <https://www.amazon.co.jp/Kindle-for-PC-Windows-download/dp/B011UEHYWQ>.
- [15] G. Ousler, K. Hagberg, M. Schindelar, D. Welch, and M. Abelson: The Ocular Protection Index, *The Jornal of Cornea and External Disease*, Vol. 27, No. 5, pp. 509–513 (June. 2008).