

令和 4 年 6 月 5 日現在

機関番号：24403

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2021

課題番号：18K18092

研究課題名(和文)自発性瞬目に基づく集中度推定と制御に関する研究

研究課題名(英文)A Study on Concentration Estimation and Control Based on Spontaneous Blinking

研究代表者

上間 裕二(Uema, Yuji)

大阪府立大学・研究推進機構・客員研究員

研究者番号：20713671

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、人の瞬目の中でも自発性瞬目に注目して人の集中度を定量的に評価する手法構築を目指した。本研究の成果として、算術タスク中およびコントロール(安静)の2状態に対して瞬目数の比較を行い、算術タスク中は瞬目数が大きく減少することが個人に依らず再現性が高いことを確かめた。これにより、瞬目の変化の振る舞いが集中度を評価することに有用であることが示唆された。また、当初の予定にはなかったが、本研究の過程で同時に計測していた自律神経活動の分析を通じて、瞬目と自律神経活動に基づく疲労度に関連がある示唆を得た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の学術的意義として、ヒューマンインタフェース分野における貢献がある。すなわち、通常の眼鏡の外観に近い簡易計測装置により得られた瞬目データと人の認知活動の一つである集中度との関係について示唆を得ることができた。また、本研究では当初より最終的なアウトプットとしてメガネ型ウェアラブルデバイスと携帯端末による集中度計測および集中度の維持や変容が可能なシステムの構築を目指しており、実社会アプリケーションとしての発展を意識した研究開発を行っている。そのため、今後の研究の発展に伴いスムーズな社会実装が期待できる。

研究成果の概要(英文)：In this study, we aimed to construct a method to quantitatively evaluate concentration levels by focusing on spontaneous blinking among blinks. As a result of this study, we compared the number of blinks during an arithmetic task and a control condition, and confirmed that the number of blinks decreased significantly during an arithmetic task, with high reproducibility regardless of the individual. This suggests that the behavior of blink changes is useful for evaluating the degree of concentration. In addition, although not originally planned, through the analysis of autonomic nervous activity, which was measured simultaneously in this study, we obtained a suggestion that there is a relationship between the blinking of the eyes and the degree of fatigue based on autonomic nervous activity.

研究分野：ヒューマンインタフェース

キーワード：瞬目 ヒューマンインタフェース

1. 研究開始当初の背景

申請者は生体信号を長時間継続的に取得することを目的として、眼球運動および頭部運動が計測可能なメガネ型ウェアブルデバイスの開発を行ってきた(図1に外観を示す)。当該デバイスの鼻パッド部分に搭載した3点式眼電位センサで計測可能な眼球運動の一つに自発性瞬目がある。自発性瞬目は特に外部要因がなく無意識的に生じるまばたきであり、自発性瞬目の7割強は認知処理との関連が深いことが大阪大学の中野珠美らにより指摘されている。申請者はこれまでの研究で、当該デバイスを用いて算術計算などの認知タスク中における自発性瞬目数を計測している。結果として、先行研究と同様にリラックスしている状態と比較して認知タスク実行中、つまり認知負荷の高い状態において自発性瞬目の発生回数が減少することを確かめた。更なる検証として、実験室や屋外など複数の異なる環境下において同様の認知タスク実験を行った。結果として、同様の認知タスクであっても、異なる環境下において自発性瞬目の単位時間あたりの発生数の下限値や、下限値に達するまでの所用時間が変化することを発見した。これは、目の前の認知タスクに向けられる集中(※)の深さに対して、周辺環境からの外発的な刺激が被検者に影響を与えたからだと考えられる。外発的な刺激が人の認知に対してどのように影響を与えるかは近年盛んに研究されている。Niedenthalらは人の口を強制的に笑っている状態にした場合と、しばませた場合において漫画の面白さを主観評価により比較したところ、笑っている状態の場合が有意に面白いと感じるということを報告している[1]。これは、外発的な身体への作用が、認知に影響を与えることを示唆する例だと言える。以上のことより、集中が認知的な働きであることを考えると、外発的な刺激が集中に対して影響を及ぼすことができ、それは自発性瞬目で捉えることができると考えられる。一方で、外発的な要素だけではなく呼吸の状態やメンタルイメージなどの内発的な要素も集中の深さに影響を与えると推測できる。高橋らは記憶に関するタスク試験中において、呼吸数が多くなる傾向にあると報告している[2]。このことより、呼吸を整えることが集中の深さに影響を与えうると推測できる。

以上のことより、「集中」は認知負荷レベルに対応した自発性瞬目の振る舞いを用いて定量的に評価することができ、さらに内外の「作用させる要素」と自発性瞬目の関係を明らかにすることで、集中の深さを制御できるのではないかという仮説を得た。本研究では自発性瞬目に着目し集中度の関連を調べ、集中度に作用する因子の分類を試みる。



図1. 申請者が開発に関わったメガネ型ウェアブルデバイス。鼻パッド部分が電極になっており、皮膚表面の眼電位の変化から眼球運動を捉える。

※本研究では認知負荷が高い状態を「集中」が高い状態と見なして議論を進める。ただし、本研究から得られる知見を用いて、自発性瞬目という観測可能な指標から集中の再定義を試みる。

[1] Niedenthal, P.M. (May 18, 2007). Embodying emotion. *Science*, 316, 1002-1005.

[2] 高橋 信, 北村 雅司, 吉川 栄和, ニューラルネットワークによるリアルタイム認知状態推定, 計測自動制御学会論文集, Vol. 30 (1994) No. 8 P892-901

2. 研究の目的

本研究は、自発性瞬目から認知負荷レベルを測定可能なメガネ型の「集中度計」を開発することで、集中度の制御に有効な外発刺激および内発刺激を分類することを目指す。人の瞬目には3種類あることが知られており、外部刺激に対する反射性瞬目、自らの意思により行う随意性瞬目、それ以外の自発性瞬目がある。我々が行う瞬目の大半は自発性瞬目であり、自発性瞬目は物理的に眼球表面の潤いを維持する機能だけではなく、視覚情報処理や認知機能と関連していることが報告されている。本研究では、自発性瞬目に基づいて人の集中度を定量的に評価する手法を構築し、構築した評価指標を用いて人の内外の入力に対する集中度の変化を調べることで、集中状態と瞬目の関係を明らかにし、外部刺激に対する集中度の変化について整理することを目的としている。

3. 研究の方法

本研究では、1) 自発性瞬目に基づいて集中度を定量評価する指標を構築し、2) 集中度に作用する因子を明らかにすることを目的とする。研究ステップとして大きく三段階で実施した。ただし、感染症の影響により当初研究方法の一部を変更して研究を遂行した。まず、STEP1 として、評価機器の精度検証を行う。本研究では研究成果の社会実装を意識し、研究対象である瞬目を日常生活で利用可能なウェアラブルデバイスにより取得する。そのため、申請者がこれまでに開発したウェアラブルデバイスで検出可能な自発性瞬目の精度を検証するための実験系を構築し、被験者実験によって検証を行う。次に、STEP2 として被験者の状態と瞬目の関係について被験者実験により明らかにする。被験者の状態として、算術課題を実施している状態と風景写真を眺めている状態をコントロールとして、各々の状態における瞬目数の変化について検証した。最後にSTEP3 として、外発的な刺激として聴覚刺激を与えた際の瞬目変化、課題のパフォーマンスの変化について調べた。

4. 研究成果

まず、STEP1 については、瞬目や視線移動などの眼球運動を精緻に評価するためのシステム構築と、集中度評価における課題選定のための基礎検討、および集中度の変容・持続を目的とした外部刺激制御のための基礎システムを構築した。ディスプレイ上での映像提示、可視光カメラによる眼球運動記録、赤外線カメラによる視線追跡、眼電位計測を行えるシステムの構築を行い、課題実験中の眼球運動を精緻に取得できるようにした。また、当該構築システムを用いた本実験を行うための予備検討として、これまでに開発した携帯端末とメガネ型ウェアラブルデバイスによる瞬目検出システムを用いて、数的処理や言語処理など性質の異なる課題に対する瞬目の振る舞いについて検証を行った。さらに、本研究では瞬目の基礎として集中度を定量的に評価することを試みるが、その集中度の振る舞いが外部刺激により制御可能か検討するための基礎システムを構築した。具体的には、瞬目の振る舞いによって、所望の聴覚刺激を提示するためのシステム構築を行った。

次にSTEP2 の成果として、被験者実験を実施し特定の状態における瞬目の振る舞いに関して検証を行った。具体的には装着者が算術課題を行っている区間と風景写真を眺めて安静にしているコントロール区間の区別が瞬目の振る舞いのち違いにより検出可能か検討した。実験では、被験者に1回15分のクレペリンテスト(単純計算課題)を4回実施してもらった。所定のタイミングで5分のコントロール時間を2回設け、風景写真のスライドショーを眺めてもらった。計測を通して被験者の脳血流、心拍、眼電位(瞬目)を計測し、聴覚情報遮断(刺激用)のヘッドホンを装着してもらった。図2に計測実施中の様子を示す。また、図3に実験の流れを示す。ただし、図3中の「Photo」の区間が風景写真のスライドショーを眺めている区間、「Relax」期間は予め設計した聴覚刺激を提示する区間(しない場合は無音)、「Kraepelin」の区間は単純計算課題を実施する区間である。



図2. 実験機器を装着した様子

実験結果時例を図4に示す。図4は単位時間(1分)あたりの瞬目数の推移を表しており、緑の枠で囲んだ部分が図3の「Photo」区間、つまり安静時間に対応し、赤枠で囲まれた区間が図3の「Kraepelin」区間に対応する。結果より、安静期間に比較して瞬目数は下がることが確認され、認知負荷が高い状態と考えられる区間においては瞬目数の変化が推定のために有益であることが示唆された。また、計測対象者41人中38人には同様の傾向がみられ、適用可能な範囲も広い可能性が示唆された。実験参加者全員に関して、コントロール区間とクレペリン実施区間における瞬目数の推移を図5に示す。

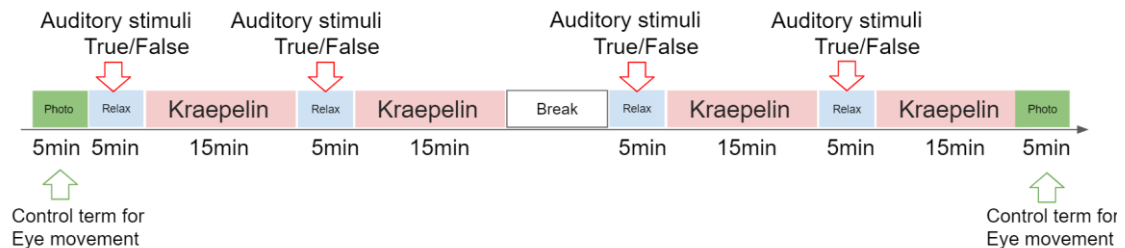


図3. 実験の流れ

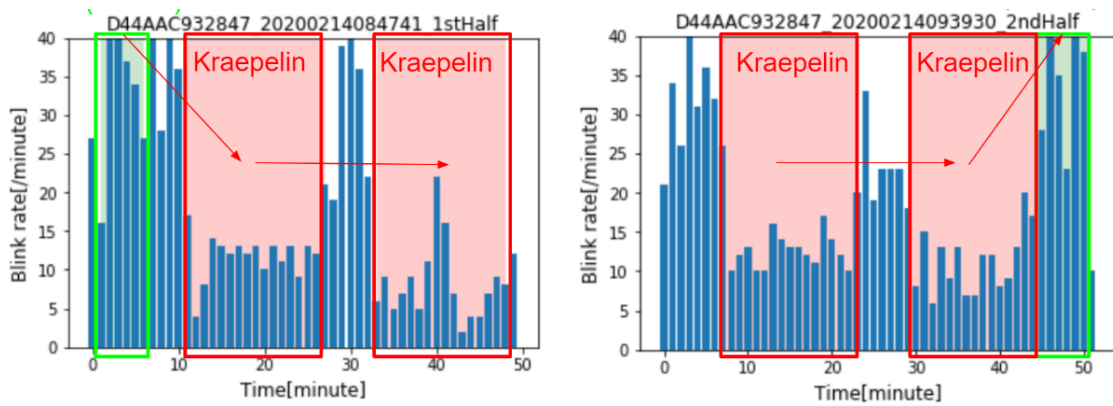


図 4. 結果事例. 単位時間あたりの瞬目数の推移

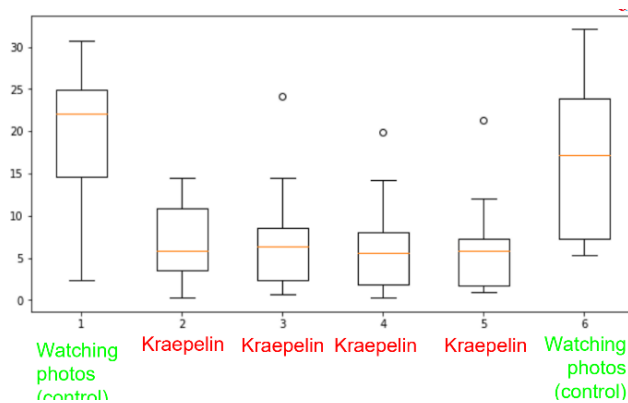


図 5. 区間毎の瞬目数推移

最後に STEP3 として、外発的な刺激として聴覚刺激を与えた際の瞬目変化と課題パフォーマンスの変化について、瞬目数の振る舞いと算術課題のパフォーマンスは特に関係性が認められなかった。一方で、脳血流の変化を検証した結果、算術課題遂行時に増加する左前頭葉の脳血流は、聴覚刺激がない場合と比較して聴覚刺激があった方が少ない傾向が確認された。つまり、聴覚刺激を受けたケースでは、より少ない左前頭葉の血流で課題を実行することができることが示唆された(図 6)。図 6 は聴覚刺激の有無による脳血流(脳活動)の比較を行っており、青線が聴覚刺激無し、橙線が聴覚刺激あり、各々 2 点存在している左の点(サキ)は前半 2 回のクレペリン実施直前に聴覚刺激による介入を行ったケース、右の点(アト)は後半 2 回のクレペリン実施直前に聴覚刺激による介入をおこなったケースである。以上の結果より、単純計算課題については音による介入の効果が示唆された。また、課題実施中とコントロール時間について眼球運動を用いて区別でき、集中している状態を検出することが可能であることが示唆された。

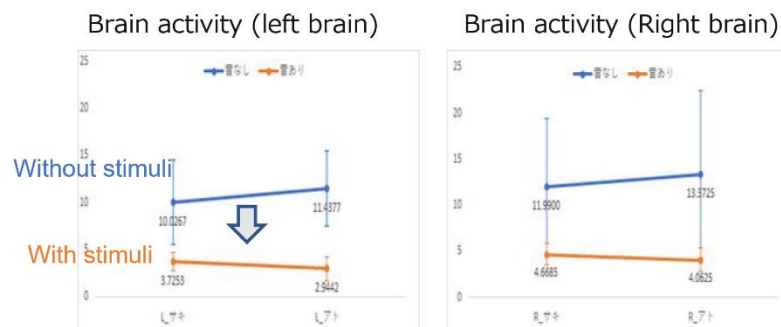


図 6. 区間毎の瞬目数推移

上記成果とは別に、本実験において同時に計測していた自律神経活動の分析を通じて、瞬目と自律神経活動に基づく疲労度に関連があることが示唆された。瞬目を用いて集中度を定義する範囲を明らかにするために、疲労度が瞬目に与える影響は重要な要素であるため、研究最終年

度では瞬目と自律神経活動についても検証を実施した。具体的には、瞬目に関するパラメータとして定義した瞬目の強度、時間および間隔と自律神経活動を比較した。実験条件として週に1回固定曜日・時間に実施される講義中を対象とし、講義に参加する被験者の瞬目と自律神経活動を計測し比較した。実験参加者は10人であり、同じ参加者について各々9回の講義において計測を実施した。結果として、瞬目パラメータの平均値に関する計測項目に対して、自律神経活動で定義する LF/HF の値は全て正の相関を示し、瞬目パラメータの標準偏差に関する項目に対しては全て負の相関であった。つまり、瞬目の頻度が多く、強度が強く、時間が長くなるほど LF/HF が高くなり、瞬目パラメータのばらつきが大きくなると自律神経活動が下がることが示唆された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 5件）

| |
|--------------------------------------|
| 1. 発表者名 上間裕二、倉恒弘彦 |
| 2. 発表標題 課題中における眼球運動と疲労度評価に関する基礎検討 |
| 3. 学会等名 第17回日本疲労学会総会・学術集会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Kirill Ragozin, Kai Kunze, Teresa Hirzle, Benjamin Tag, Yuji Uema, Enrico Rukzio, and Jamie A Ward |
| 2. 発表標題 Eyewear 2021 The Forth Workshop on Eyewear Computing - Augmenting Social Situations and Democratizing Tools |
| 3. 学会等名 International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Benjamin Tag, Jamie A Ward, Yuji Uema, and Kai Kunze |
| 2. 発表標題 Eyewear 2019: third workshop on eyewear computing - focus: social interactions |
| 3. 学会等名 In Proceedings of the 2019 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing and Proceedings of the 2019 ACM International Symposium on Wearable Computers (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 George Chernyshov, Kai Kunze, Benjamin Tag, Jamie A Ward, and Yuji Uema |
| 2. 発表標題 http://eyewear.pro : an open platform to record and analyze large scale data sets from smart eyewear |
| 3. 学会等名 In Proceedings of the 2019 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing and Proceedings of the 2019 ACM International Symposium on Wearable Computers (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|-------------------------------|
| 1. 発表者名 上間裕二, 倉常弘彦 |
| 2. 発表標題 眼球運動と疲労度評価に関する基礎検討 |
| 3. 学会等名 第15回日本疲労学会総会・学術集会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Yuji Uema |
| 2. 発表標題 Measuring Study Activity across High School Students Using Commercial EOG Glasses |
| 3. 学会等名 International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing (UbiComp'18) (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Yuji Uema |
| 2. 発表標題 Pilot Study: Estimation of Concentration during Learning Activity |
| 3. 学会等名 READ2018: International Interdisciplinary Symposium on Reading Experience & Analysis of Documents (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

| 氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号) | 所属研究機関・部局・職 (機関番号) | 備考 |
|---------------------------|-----------------------|----|
| | | |

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

| 共同研究相手国 | 相手方研究機関 |
|---------|---------|
|---------|---------|