

# 瞳孔径に精神疲労が及ぼす影響に関する研究

出山 果歩 (15816061)

ロペズ研究室

## 1. はじめに

近年、多くのビジネスパーソンが VDT 機器 (Visual Display Terminals) を使用した作業を行っており、精神疲労の蓄積による心身への影響が問題視されている。20~50 代のフルタイム勤務の男女 800 人を対象に仕事上の休憩時間に関する意識と実態調査を行ったところ、仕事の合間に休憩を取ると答えたのは全体の 58.6% であり、回答者の平均休憩時間は 11.51 分であった[1]。本研究では、休憩時間が限定されている場合であっても効果的な休憩を取得可能にするために、個人ごとに精神疲労を感じるタイミングを検出し、適切なタイミングで強制感を与えないよう自発的に休憩を取得可能とするシステムの導入を目指した。実現のため、瞳孔径を用いた精神疲労度合い推定手法の確立を目指し、瞳孔径に精神疲労が及ぼす影響を調査した。

## 2. 関連研究

疲労を検出し休憩を促す先行研究として、瞬目数をもとに疲労を検出し、コーヒーの香りによって自発的に休憩を取るよう誘導するシステムの提案がある。[2]しかし、瞬目数の計測が手動であること、疲労の確かな検出までは至っていないこと、香りによる休憩促進システムが未実装であることが課題として挙げられる。

瞳孔反応の指標としては、瞳孔径と瞳孔振動の解析といった 2 つの代表的な方法があるが、このうち、瞳孔に関しては、数字の記憶などの認知課題のなかで、認知的負荷が増えるとそれに相関して瞳孔径が増大したり[3]、中性的な雑音（事務室内）に比べて、快、不快情動刺激音（赤ちゃんの泣き声、笑い声）により瞳孔径が大きくなったりする[4]という報告がなされており、瞳孔径の変化が単なる反射ではなく、複雑な脳活動を反映していることが示唆されている。そ



図 1 提案システムの概要

のため、瞳孔径の大きさの変化をみることで、ストレス評価が可能であると考えられており研究が進んでいるが、精神疲労と瞳孔径に関する研究はあまりみられない。

## 3. 瞳孔径を用いた精神疲労度合い推定手法による休憩タイミング提示システム

図 1 に提示システムの概要図を示す。装着した視線計測装置（Pupil Labs）から瞳孔径データを取得し、瞳孔径による精神疲労度合い推定手法によって精神疲労を検出する。精神疲労が検出されるとアロマディフューザーが起動し、副交感神経の活動を高める効果があるラベンダーの香りが散布される。この香りにより、ビジネスパーソンの集中を切らせることで、自発的な休憩を促すシステムである。

## 4. 視線計測装置 Pupil Labs

瞳孔径データの取得には、Pupil Labs 社製の小型アイトラッカーである Pupil Labs（現 Pupil Core）を用いる。Pupil Labs をデスクトップへ接続すると、リアルタイムの瞳孔と視線のデータを表示および記録することができる。瞳孔検出については、ユーザーは最小瞳孔サイズと最大瞳孔サイズ、瞳孔検出のために考慮されるピクセルの明るさによる調整を行うことができ

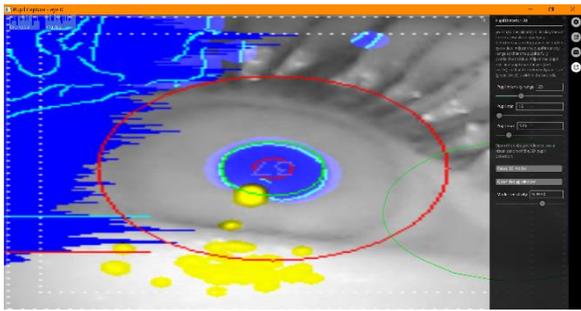


図 2 瞳孔検出アルゴリズムの視覚化

る。図 2 は、瞳孔検出アルゴリズムを視覚的に見たものである。2 つの赤い円が、最小瞳孔サイズと最大瞳孔サイズとして設定している値を表わしており、緑の円が現在の見かけの瞳孔サイズを表わしている。そして、青色の部分が瞳孔検出のために考慮されるピクセルである。

#### 5. 実験、分析

実験では、被験者に精神疲労が発生する作業として音声ラベリング作業を行ってもらい、視線計測装置を用いてその際の瞳孔径データを、日本疲労学会の疲労感 VAS 検査方法をもとにして作業中 5 分毎に精神疲労度合い（疲労感 VAS 値）を取得した。被験者は、健康な成人男性及び成人女性 15 名（21～24 歳）を対象とした。その結果を用いて、瞳孔径のどの値が精神疲労度合いに影響を与えているのかを、相関係数を調べることにより分析した。さらに、精神疲労度合い毎に各指標を分け、ウェルチの t 検定を行った。

#### 6. 実験結果、考察

実験の結果、視線計測装置の瞳孔検出の信頼度が 95%以上で、かつ瞳孔径値が 2~8 mm である 21 指標×64 組のデータ群（データ群 A）および、瞳孔検出の信頼度が 70%以上で、かつ瞳孔径値が 2~8 mm である 21 指標×92 組のデータ群（データ B 群）のどちらにおいても、瞳孔径の最小値が最も疲労感 VAS 値との相関係数が高かった。このことより、瞳孔径の最小値が、精神疲労度合いの推定に有効な指標であると考えられる。さらに、疲労感 VAS 値の増加に伴って、瞳孔径値が指数関数的に減少することも確認できた。また、データ群 A およびデータ群 B のどちらにおいても、精神疲労度合いと相関があった各指標に対して、疲労感

VAS 値が 0 以上 50 未満、50 以上 100 以下の 2 群間でウェルチの t 検定を行った。結果、全ての指標で有意差 ( $p < 0.05$ ) があった。しかし、3 群以降においては有意差が見られなかった。このことから、精神疲労度合いが比較的低い、比較的高いの判別を行うことは可能であると考えられる。つまり、スイッチの ON/OFF の切り替えに瞳孔径の最小値を規準に用いることで、精神疲労度合いに対応した休憩タイミングの提示が可能であることが示唆される。

#### 7. おわりに

本研究は、瞳孔径による精神疲労度合い推定手法の確立を目指し、瞳孔径に精神疲労が及ぼす影響を調査した。その結果、瞳孔径の最小値が、精神疲労度合いの推定に有効な指標であることがわかった。

今後の展望として、本研究において、精神疲労度合いの推定に有効な指標であると考えられた瞳孔径の最小値のさらなる分析が必要であると考えられる。具体的には、最小値がどのような値の時に精神疲労度合いが高いと推定できるのかを知る必要がある。そして、それを用いた精神疲労度合い推定手法の確立、さらに、その推定手法を用いた休憩タイミング提示システムの実装が挙げられる。

#### 参考文献

- [1] 20 代はやっている！ビジネスパーソンの“戦略的休憩”ってなんだ？—マイナビニュース。  
<https://news.mynavi.jp/kikaku/20180330-606640/>.
- [2] 東川知生, 山本景子, 倉本到, 辻野嘉宏. デスクワーク時における瞬目に基づく疲労蓄積の検出と適切な休憩タイミングの提示. 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI), Vol. 2012, No. 1, pp. 1-6, 2012.
- [3] Eric Granholm, Robert F Asarnow, Andrew J Sarkin, and Karen L Dykes. Pupillary responses index cognitive resource limitations. *Psychophysiology*, Vol. 33, No. 4, pp. 457-461, 1996.
- [4] Timo Partala and Vsikko Surakka. Pupil size variation as an indication of affective processing. *International journal of human-computer studies*, Vol. 59, No. 1-22, pp. 185-198, 2003.