

# 疲労検出手法を用いた VDT 作業時の疲労抑制の提案

19sc029 楠辰徳

指導教員：河野 浩之

## 1 はじめに

最近では、多くのオフィスワーカーが VDT(Visual Display Terminals) 機器を使用して作業を行っている。そのため、オフィスワーカーは健康で快適に作業を行えるようにする必要がある。そこで、厚生労働省の情報機器作業における労働衛生管理のためのガイドラインについては、「一連続作業時間が1時間を超えないようにし、次の連続作業までの間に10分~15分の作業休止時間を設け、かつ、一連続作業時間内において1回~2回程度の小休止を設けるよう指導すること」と定められている [1]。しかし、個人差や作業内容に休憩時間をとるタイミングは異なるので、無理やり休憩をとらせるとかえってストレスが溜まって、良い気分での休憩をとることができない。本研究では、簡易的に実験を行うためにデスクワークにより疲労検出をし、疲労が蓄積したと判断した時に休憩を促すシステムを提案する。疲労を見える化するだけでなく、目、口や腕の動きの変化をランドマークの座標を使って、その時の座標の変化をグラフに示して、どのタイミングで疲労を検知しているかを調べ、疲労を抑制するタイミングを探す。

## 2 疲労検知に関する先行研究とその課題

### 2.1 疲労検知に関する先行研究

東川知生らは適切な休憩タイミングを提示するためにデスクワーク時の累計瞬目数の変化を調べ、コーヒーマーカーから発するコーヒーの香りを利用して、自発的に休憩を促す手法を提案した。オフィスワーカーの心身に疲労を残さず、かつ作業効率を損なわせないように休憩をとらせることができた [2]。延知奈美らは MeanShift と CAMShift を用いた追跡では、接触動作の認識が疲労度測定に有用である可能性を示した [3]。

### 2.2 先行研究から利用するアイデア

東川知生らの研究は、瞬目のみで疲労を検知しているのは、外部からの変化が分かりやすいものだからである。目以外にも口も変化が分かりやすいものであるが、口が開いている要因には、発話や呼吸など疲労以外の要因が存在するため、区別するのは困難であった。そのため、特徴量に口を入れなかった。

延知奈美らは、腕や手の追跡率からストレス動作にである自己接触動作や伸びに着目して疲労度を調べていた。追跡率から動作を判別できるのは素晴らしい考え方だと感じた。

## 3 疲労検知システムの提案

### 3.1 手法の提案

本実験では、累計瞬目数の変化に加え、口のアスペクト比の変化や腕の伸び率の変化にも着目してリアルタイムで疲労検知を行う。口のアスペクト比の式は Github に載っていたりかつ、Tereza の研究に記されていた目のアスペクト比の式と同じであるため信憑性はあると思われ特徴量に口を追加した [4]。本研究の概要を図 1 に示す。実験者は VDT 機器による作業を行ってもらい、VDT 作業者を観察して疲労度がたまったら、適切なタイミングで休憩を促すシステムをつくる。作業時間は本大学の授業時間の半分である 50 分を目安に行うものとする。1 回目の実験は休憩をしないでデスクワークを行う。2 回目の実験は 15 分作業したら 1 分休憩してデスクワークを行う。3 回目は自分の好きなタイミングで休憩をとりデスクワークを行う。4 回目は 1 回目より疲労度を強く感知したタイミングで 1 分間休憩をとりデスクワークを行う。実験中の疲労度はハンドトラッキングとアイトラッキングを用いて調べる。トラッキングによって変化した座標を CSV ファイルに保存してそれらから得られたデータをグラフにして、変化を調べ、どのタイミングで休憩をとれば疲労度を抑制できるのかを調べる。またそれぞれの実験でどれほど疲労抑制できていたのかも調べる。

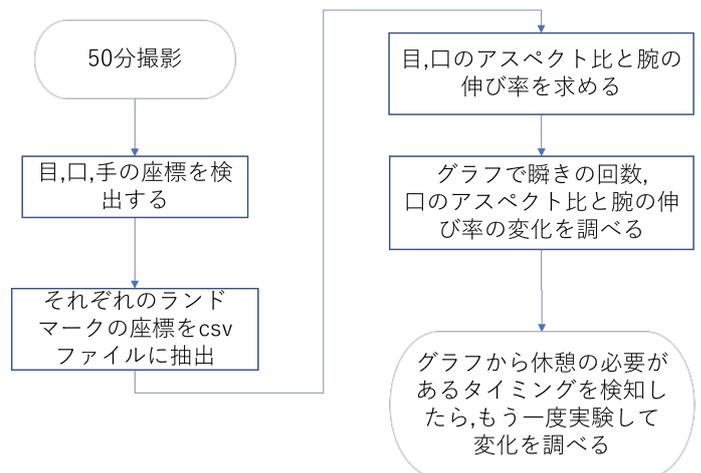


図 1 疲労検知の提案手法の概要

### 3.2 実験環境

スマートフォン XperiaE5 と PC に手持ちの Android スマホや iPhone を Web カメラとして利用できるようにするアプリである iVCam を用いることで撮影しやすいように位置を調整できる。フレームワーク Jupyter

Notebook3.6.0, Python 3.9.0, 骨格検出フレームワーク OpenCV と MediaPipe を使用する.

### 3.3 Anaconda の環境構築

本研究ではインタラクティブにプログラムを実行できる web ベースの Python の環境である Jupyter Notebook を使用する. この web ベースを利用する理由は 2 つある. 1 つ目がプログラム, コメント, 標準出力や作図などのプログラムの出力結果が 1 つにまとまっており, 情報が整理されやすい. 2 つ目がデータ分析のようなある処理の結果を考慮し, 次の行動が決まるような作業が直感的に行えるからである.

## 4 検知するものについて

### 4.1 腕の伸び度の検知

腕の伸び度の調べ方は手首と肩の距離を測って調べる. その値からもし通常の状態よりも低ければ, 肩や顔に接触しているし, 高ければ腕が伸びていることを表すことができる. ( $x$  座標,  $y$  座標,  $z$  座標) とした時の手首の座標を  $(p_1, p_2, p_3)$ , 肩の座標を  $(p_4, p_5, p_6)$  として, 腕の伸びをを求める式は以下のとおりである.

$$\sqrt{(p_1 - p_4)^2 + (p_2 - p_5)^2 + (p_3 - p_6)^2}$$

### 4.2 瞬きの検知

瞬きの主なパラメータは時間と周波数の 2 つである. 大人の瞬きは 15 から 20 回/分であるが, 読書など対象物に長時間目を向けていると, 瞬きの回数は 3 から 4 回/分程度に減少する. また, 瞬きの頻度は, 鬱な気分, ストレス, 緊張, 疲労, 退屈などのネガティブな感情を持つことによって増加する. 一方で, リラックスをしているとき, 楽しい気分になっているとき, 読書をしているときなどのポジティブな感情を持つことによって減少する. 開眼時と閉眼時を検知する方法は Tereza の研究で行ったものを参考にする. 彼らが用いた眼球運動率 (EAR) の数式を以下に示す.

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

この式であれば人物や頭部の動きに依存しない. 瞬きは両目で同期して行われるため, 両目の EAR は平均化される.

### 4.3 開口の検知

開口と閉口を検知する数式は以下に示す.

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

この式は眼球運動率と同じもので, 前のセクションで開眼と閉眼について説明したのと同じ要領で MAR の値は口を閉じているときは, ほぼ一定の値を保ち続けているが, 口を開けているときは MAR の値は大きくなる. その値からあくびをしているか発話をしているかを区別する.

## 5 休憩タイミング提示前と提示後の結果

表 1 実験結果のまとめ

実験回数	瞬きの合計	あくび数	腕の伸びの変化
1	809	8	少
2	634	4	多
3	459	5	多
4	485	0	多

4 回目の実験は 30 分に一回休憩して行う. 1 分ごとにを行った瞬きの回数を図 5.13, MAR の値の変化を図 5.14, フレームごとに変化した右腕の伸び度を図 5.15, フレームごとに変化した左腕の伸び度を図 5.16 に示す. さらに, 実験結果をまとめた表を表 5.1 に示す. 4 回目の実験では, 1 回目の実験の時と比べて 瞬きの合計は約 60% 減少し, あくびの回数は 0 回となったが, 腕の伸びの変化は多くなってしまった.

## 6 まとめ

本実験では, 音や香りが出るものを一切使わずに, 累計瞬目数の変化に加え, 姿勢推定にも着目して, リアルタイムで疲労検知を行う. 実験者は VDT 機器による作業を行ってもらい VDT 作業者を観察して疲労度がたまったら, 適切なタイミングで休憩を促すシステムをつくる. 作業時間は本大学の授業時間の半分である 50 分を目安に行った. 今回は 1 時間を超えない程度に実験を行った. その結果, 瞬きとあくびに相関性はあることが分かった. 自分が疲れたと思ったタイミングと疲労がたまっていると判断したタイミングで休憩をとれば, 疲労は抑制できる.

## 参考文献

- [1] 「厚生労働省労働基準局長 情報機器作業における労働衛生管理のためのガイドラインについて,」 <https://www.mhlw.go.jp/content/000539604.pdf>, 参照日 2022/8/1
- [2] 東川知生, et al. “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] 延知奈美; 泉正夫; 真嶋由貴恵. “VDT 機器を使用した学習環境における疲労検知のための自己接触動作認識,” 教育システム情報学会誌, vol.35, no.2, pp.145-150, 2018.
- [4] Cech, Jan, and Tereza Soukupova. “Real-time eye blink detection using facial landmarks.” Cent. Mach. Perception, Dep. Cybern. Fac. Electr. Eng. Czech Tech. Univ. Prague pp.1-8, 2016