

VDT 症候群予防システムにおけるユーザ評価に基づく通知方法の検討 User Evaluation-Based Notification Methods in a VDT Syndrome Prevention System

土江田 織枝^{*1}
Oriie Doeda

山田 昌尚^{*1}
Masanao Yamada

林 裕樹^{*1}
Hiroki Hayashi

香山 瑞恵^{*2}
Mizue Kayama

1. はじめに

現代社会において、VDT (Visual Display Terminals) 機器の使用は、幅広い年齢層において日常的となっており、特に児童や生徒は、パソコンを用いた授業の増加により、その使用頻度が増えている。これに伴い、VDT 症候群と思われる症状の眼精疲労や肩こり、そしてドライアイなどの訴えが増加し、作業効率や健康に深刻な影響を及ぼしている。このように、学業や仕事で長時間パソコンを使用することが多い現代において、VDT 症候群の予防の重要性はますます高まっている。VDT 症候群の予防には、まばたきを意識的に行うことや、適切な姿勢を維持することが有効であるとされている。しかし、作業に集中していると、これらを意識的に実行するのは難しく、その結果、姿勢の悪化やまばたきの不足が継続し、辛い症状を引き起こす原因となる。このような背景から、パソコンで作業中の姿勢やまばたきが不適切な状態のときには、リアルタイムでフィードバックし、健康的な作業環境を維持する支援を行うシステムの必要性が高まっている。本研究では、ユーザの前方に設置したウェブカメラを用いて肩から上の映像を取得し、Google 社が提供するオープンソースライブラリ MediaPipe を活用することで、姿勢やまばたきの状態を検出し、その情報に基づいて通知を行う VDT 症候群予防システムの開発を行っている[1]。このシステムは、ユーザに適切なタイミングで注意を促し、健康的な作業環境の維持を支援することを目的としている。本論では、システムの評価実験を通じて、多様なユーザ層に対するフィードバックの効果を検証し、その結果について述べる。

2. システムの概要

本システムは、ユーザの作業環境における姿勢やまばたきの状態をリアルタイムでモニタリングし、VDT 症候群の予防を支援することを目的としている。ユーザの前方に設置したウェブカメラを利用し、肩から上の映像を取得する(図 1(a))ことで、MediaPipe を用いて、姿勢の傾きやまばたきの頻度を解析する。不適切な姿勢やまばたきが検出された場合には、通知音、または画面表示によってユーザへ即座にフィードバックを行い、その改善を促す。システムのインターフェースは、視認性と即時性を重視して設計しており、シンプルかつ直感的に操作できる構成となっている。本システムでは、ウェブカメラで取得された映像をディスプレイ上にリアルタイムで表示し、ユーザは自身の姿勢や顔の位置、まばたきの検出状況を視覚的に確認することができる(図 1(b))。この映像には、顔の位置、姿勢の傾き、まばたき回数など、各種判定に関連する情報も簡易に表示されており、セルフモニタリングを支援する役割を果

たしている。また、このカメラ画像のウィンドウは、表示の有無、サイズ、およびディスプレイ上の表示位置を、使用者の利便性や利用環境に応じて柔軟に調整することが可能である。

3. 姿勢およびまばたきの検出方法

本システムは、姿勢や目の情報の検出には、MediaPipe の Holistic ソリューションを用いており、カメラ画像からユーザの顔や肩の特徴点を 3 次元座標として抽出することができる。姿勢の判定にあたっては、システムの初回起動時に「基本姿勢」の設定を行う。これは、ユーザがディスプレイの前で正しい姿勢を取った状態で、特徴点の座標を一定時間取得し、その平均値を以後の判定基準とするものである。基本姿勢では①ディスプレイと目の距離を 40cm 以上確保すること、②身体を正面に保ち歪みのない状態とすること、③猫背を避け、背筋を伸ばすことの 3 点を重視している。これらの基準に基づき、作業中にユーザの状態が変化した際の姿勢の乱れを検出する。具体的には、ディスプレイとの距離に関しては、両目の目頭間の距離が基本姿勢時よりも大きくなった場合に「近づきすぎ」と判定する。姿勢の歪みについては、両目を結ぶ直線と両肩を結ぶ直線の傾きを比較することで、首の傾きや肩の高さの左右差を検出する。また、猫背の判定は、額の位置が基本姿勢時よりも Y 軸方向に一定以上下がった場合にその可能性が高いとみなす。

まばたきの検出には、目の周辺の特徴点から算出される EAR (Eye Aspect Ratio) という指標を用いる[2]。これは、まばたき時に目の縦幅が急激に変化することを利用したものであり、EAR の値があらかじめ設定された閾値(本システムでは 0.25)を下回ることで、まばたきが発生したと判定する。一定時間まばたきを検出されない場合には、目の乾燥や疲労のリスクが高まっているとみなし、ユーザに対して通知を行う。

4. 不適状態を知らせる通知方法の設計

本システムでは、ユーザの身体状態が基本姿勢と大きく乖離している、あるいは一定時間まばたきを検出されない

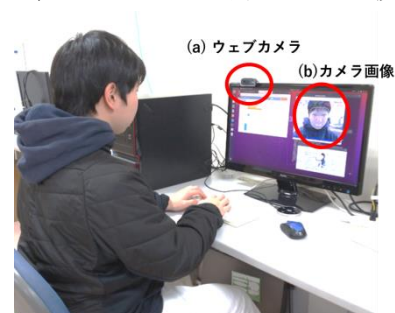


図 1 システムを使用中の様子

*1 釧路工業高等専門学校, National Institute of Technology, Kushiro College

*2 信州大学工学部, Faculty of Engineering, Shinshu University

場合に、それを不適切な状態と判断し、注意喚起の通知を行う。従来のシステム[1]では、音による通知のみを用いていたが、通知に気づかず不適状態が継続する可能性も想定される。そこで本研究では、通知の確実性を高めるために、画面上への視覚的フィードバックを新たに実装した。音による通知は、ユーザが視線をディスプレイから逸らすことなく即座に注意を促す点で有効である。一方、通知が通知音のみに依存している場合、環境や状況によっては見落とされる可能性もある。これに対し、視覚的な通知はディスプレイ上に直接表示されるため、ユーザが作業の合間に自然に視認することができ、不適状態への気づきを促進する点で有効であると考えられる。

5. 評価実験と考察

5.1 評価実験の目的と概要

本研究では、VDT 症候群予防を目的としたシステムの効果を評価するため、2つのグループに分けて実験を実施した。Aグループは公共施設で行い、被験者は小学生、中学生、および高齢者を含む成人から成り、Bグループは主に20歳前後の学生で構成された。各グループの参加者数は20名であり、実験結果は図2および図3に示す。実験は、通知方法として通知音のみを使用する従来のシステムと、画面上に視覚的通知を表示する新たなシステムとを比較した。まばたき不足や姿勢不良が検出された際に、被験者がそれぞれの通知手段をどのように受け取り、行動に反映させるかを観察した。

5.2 評価実験結果とフィードバック

実験の結果、まばたきに関しては、まばたきの不足を通知する通知音がまばたきを連想させる音として、好意的に評価された。「非常に分かりやすい」「直感的に理解でき

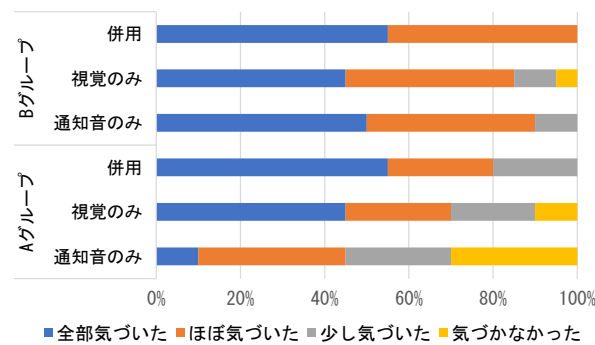


図2 評価実験の結果 まばたきについて

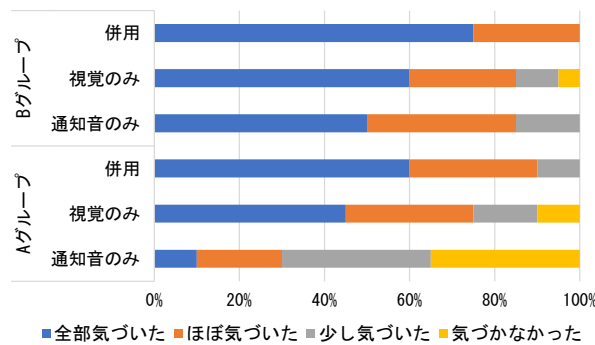


図3 評価実験の結果 姿勢について

る」といった意見が多く、まばたきと姿勢に応じた異なる音を使用したことで、通知内容を明確に識別できるとの意見も得られた。一方、Aグループの実験結果(図2)から、公共施設の騒音環境では通知音のみでは気づかないことが多く、視覚的通知や両方の通知を併用することで気づきの割合が大幅に増加したことが確認された。Bグループでは、静かな環境で行ったため、通知音のみで高い気づきの割合が得られた。また、両方の通知方法を併用することでほぼ全ての通知に気づく結果となった。しかし、視覚的通知に関しては、「過剰に感じる」「作業の妨げになる」との意見が多かった。特に、作業に集中している際に表示される通知が煩わしく感じられることが多かった。ただし、Aグループの小学生、中学生、高齢者からは、「不適な状態が改善されるまで通知が継続的に行われることを望む」との意見が多数を占めた。作業中に視覚的通知や音による通知を見逃すことがあるため、繰り返し通知が有益であると感じられたためである。Bグループの若年層参加者からは、「視覚的通知は場所を選ばず使用できるが、通知の大きさが変わるなど作業の妨げになる」との意見が多く、視覚的通知のデザインにおいてはユーザの快適さと状態改善の効果を両立させる調整が必要であることが示唆された。図3に示す姿勢に関する結果では、Aグループにおいて通知音のみでは気づきの割合が少なかったが、視覚的通知と両方を併用することで気づく割合が大きく向上した。Bグループでは、両方の通知を併用することでほとんどすべての通知に気づく結果となった。

6. まとめ

本システムは、ユーザの姿勢やまばたきの状態をリアルタイムに監視し、VDT 症候群の予防に資するフィードバックを提供することを目的として開発している。評価実験の結果、通知音および視覚的通知の双方に一定の有効性が認められたが、使用環境やユーザの特性に応じた通知手段の柔軟な選択が重要であることが明らかとなった。通知音は静穏な環境下で効果的であった一方、公共空間や騒音のある場所では視覚的通知が有効であることが示された。視覚的通知に関しては、一部のユーザから表示に対する煩わしさを指摘する意見も見られたが、表示頻度やデザインの最適化により、快適なユーザ体験が実現可能であることが示唆された。また、通知手段に対する反応には個人差が大きく、ユーザが自らに適した通知方法を選択できる設計が、システムの受容性向上に寄与することが示された。今後は、ユーザに「気づき」を与える形でのフィードバック設計を目指し、通知手段のパーソナライズ化を推進することで、システムの実効性と受容性のさらなる向上を図っていく。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 23K02699 の助成を受けたものです。

参考文献

- 土江田織枝, 吉田真佑見, 山田昌尚, 林裕樹, 香山瑞恵, 「姿勢に基づく VDT 機器使用時の不適状態監視・通知システム」, FIT2024 第23回情報科学技術フォーラム発表論文集第3分冊, pp511-512, 2024.
- Tereza Soukupova and Jan Cech, “Real-Time Eye Blink Detection using Facial Landmarks”, 21st Computer Vision Winter Workshop, 2016.