

作業中の無駄な時間を可視化するシステムの提案

中島祥行^{†1} 小林稔^{†2}

概要: レポートや論文執筆などの作業を行う際、私たちは作業に集中できていない非集中状態と作業に集中している集中状態の間の遷移を繰り返している。このような遷移のうち、非集中状態から集中状態への遷移は円滑に行うことが難しく、時間を消費してしまうことがある。この原因の一つとして作業者の作業に取り組むべき状態にいるという認識が弱いことがあると考える。本研究は、作業中に作業以外のことに消費している時間を可視化することで、作業に取り組むべき状態にいることを作業者に強く認識させ、非集中状態から集中状態への円滑な遷移を支援するシステムを提案する。

キーワード: 無駄時間, 可視化, 非集中状態, 集中状態

Proposal of a system to visualize wasted time during work

YOSHIYUKI NAKAJIMA^{†1} MINORU KOBAYASHI^{†2}

Abstract: When doing work such as report and writing the paper, we repeat the transition between the Non-Concentration state in which we do not concentrate on the work and the Concentration state in which concentrate on the work. In such transitions, transition from a Non-Concentration state to a Concentration state is difficult for us to do quickly, and we may consume the time. we think that it is one of reasons for this that recognition that workers are in a state where they have to work is weak. In this research, we propose a system to enhance recognition that workers are in a state where they have to work and supports transition from a Non-Concentration state to a Concentration state quickly by visualizing the time consumed for things which is not related the work during work.

Keywords: Wasted time, Visualization, Concentration state, Non-Concentration state

1. はじめに

私たちは日々、レポートや論文執筆などのパーソナルコンピュータを活用した作業を行っている。このとき、私たちは図1のように、その作業に集中していない非集中状態と作業に集中している集中状態の間の遷移を繰り返している。作業を開始したのち、徐々に非集中状態から集中状態へ遷移していき、そして休憩を挟むまたは作業を完遂することで再度非集中状態へ遷移する。このような遷移のうち、非集中状態から集中状態への遷移は円滑に行うことが難しく、時間を消費してしまうことがある。例えば、作業に着手し始めてから円滑に集中状態へ遷移できないために、作業とは関係ない調べごとをしてしまい、気づけば作業を開始してから数時間経っているにも関わらず、作業はあまり進んでいないという状況に陥ってしまうことがあげられる。本研究では、非集中状態から集中状態への遷移が円滑に行えないこと、つまり作業に思うように集中することができないことの解決を目指している。

作業に思うように集中できない原因は「やる気がない」、「他にやりたいことがある」などいくつか考えられるが、その一つとして作業を開始していることに対する意識、つ

まり作業に取り組むべき状態にいる認識が弱いことがあると考える。その作業に取り組むべき状態にいる認識が弱いために、作業に対して思うように集中することができず、関係ない調べごとなどに意識が向いてしまうものと考えられる。

著者らの先行研究では、このことが作業に集中しづらい原因の一つである可能性を確認するために作業への集中に関するアンケートを行った[1]。その結果、作業を開始する意識、つまり作業に取り組むべき状態にいる認識が弱いことが作業に集中できない原因の一つである可能性が示唆された。

このことから著者らは、作業開始の意識付けを行った場合の作業課題への影響を調査するための実験を行った[1]。作業開始の意識付けとは作業者に作業を開始することを明示するものことである。作業開始の意識付けを行うことにより、実験参加者の作業を開始していることに対する意識が強くなり、その結果作業に集中しやすくなるものと考えた。実験では、カウントダウンと経過時間表示を作業開始の意識付けとして用いた。実験の結果、カウントダウンがある場合、実験参加者は作業に集中しやすくなる可能性が示唆されたものの、作業に集中しやすくなるとは言えない結果になった。これはカウントダウンが実験参加者の作

^{†1} 明治大学先端数理科学研究科
Graduate School of Advanced Mathematical Sciences, Meiji University.

^{†2} 明治大学総合数理学部
Undergraduate School of Interdisciplinary Mathematical Sciences, Meiji University.

業を開始している意識を強める効果が一時的なものであったためであると考えられる。また経過時間表示がある場合、実験参加者は作業に集中しやすくなるとは言えない結果になった。これは経過時間表示が実験参加者に緊張感や不快感などのストレスを与えたためであると考えられる。

これらの考察から、ストレスを与えることなく継続的に作業者の作業に取り組むべき状態にいる認識を強めることで、作業者は非集中状態から集中状態への遷移を円滑に行えるようになるものと考えられる。

そこで本研究では、作業中に作業以外のことに消費している時間を可視化するシステムを提案する。作業以外のことに消費している時間を可視化することで、作業に取り組むべき状態にいることを作業者に強く認識させ、それによって作業者の非集中状態から集中状態への遷移が円滑になると考える。本稿では試作した作業中に作業以外のことに消費している時間を可視化するシステムについて述べる。なお作業以外のことに消費している時間は必ずしも無駄とは限らないが、作業中は作業に取り組むべきであるため本研究では作業中に作業以外のことに消費している時間すべてを無駄な時間として考える。

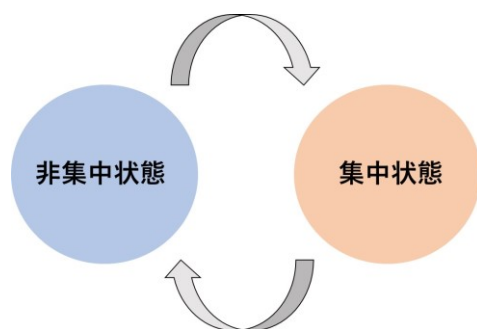


図 1 非集中状態と集中状態

Figure 1 Concentration state and Non-Concentration state.

2. 集中の定義

集中という表現にはさまざまな解釈が存在する。橋らは、集中状態を「1つの事物に継続的に注意を向けている」状態と定義し[2]、大林らは、集中状態を「認知資源を一定期間対象に割り当てている」状態と定義している[3]。本研究では大林らの研究[3]を参考に、集中状態を「一つの事柄が認知資源の大部分を占めている状態」と定義し、これ以外の状態を非集中状態と定義する。そのため、二つの事柄が認知資源の大部分を占めているような場合は、非集中状態とする。

3. 関連研究

3.1 集中支援

集中力に関してさまざまな研究が行われている。橋らは集中を1つの事物に継続的に注意を向けている状態と定義

し、PC作業を行う際に集中力を向上させる視覚刺激について調査を行った[2]。その結果、内側向きに動く縞模様の視覚刺激が集中力向上に有効であることを発見した。金らは人間の書く行為にともなう生じる筆記音を聴覚的に強調してフィードバックした際の、筆記作業に与える影響を調査した[4]。その結果、漢字のなぞり書きにおいて筆記音を聴覚的に強調してフィードバックすることで、作業効率が向上することが明らかになった。さらに金らはこの知見をもとに、より実践的なアニメーション制作現場において筆記音の強調フィードバックの有用性を検証している[5]。結果として実験参加者から作業に集中でき、作業が持続し易いという評価を得た。このように視覚刺激や音声などを用いて生理的に集中力を向上させる研究が多く行われている。また林らはVR空間での作業において、集中力が低下したタイミングで作業空間から会話空間に切り替えることでリフレッシュを促しヒューマンエラーを減少させられることを明らかにしている[6]。しかし、これらの研究では集中力を向上させることはできているが、非集中状態から集中状態への遷移が円滑に行えていたかについては議論されていない。坂上らは作業エリア周辺の照度と作業エリアの照度の比が異なる照明条件下での作業者の作業に対する集中度について、主観評価と客観評価を用いて調査を行った[7]。その結果、周辺の照度/作業エリアの照度の比の値で、0.1をピークとして、0.02~0.3の間であれば比較的作業に集中しやすいことを明らかにしている。また徐らは研究執務空間における作業に集中しやすい机の配置について調査を行っている[8]。このように環境要因から集中のしやすさについて調査した研究は存在するもののこの支援を行うことを目的とした研究は多くない。また林らの研究[6]のように精神的な側面から集中力を向上させる研究もあまり多くない。

3.2 無駄の可視化

電力や車の燃費などにおける無駄をユーザーに可視化することで、無駄を削減するよう促すことを目的とした研究が存在する。繁田らは大学の研究室棟における消費電力を可視化するシステムを構築し、その効果について実証実験を行った[9]。その結果、システムによってユーザーの省エネ意識が高まったこと、消費量の削減に効果があったこと等が確認された。作業時間についても同様に無駄にしている時間を可視化することでその時間を削減する意識、および行動を促せることが考えられる。また平岡らは動機づけに関する心理学の各種知見に基づいて、運転者に自発的なエコドライブを促すエコドライブ支援システムを提案し、その有用性を検証している[10]。この研究では、先行研究で燃費計の提示だけでエコドライブに対する燃費が向上する傾向が示されたものの、一部の実験参加者では向上しなかったことを背景に、燃費計を可視化するだけでなく、目標燃費など運転者の心理的特性に基づく提示を行うことで、

エコドライブに対する動機づけを高めることを目的としている。システムを利用した実験の結果、燃費計を提示するだけではエコドライブを行なわない運転者に対してもエコドライブを促すことが示唆された。そこで、本研究では直接的に無駄にした時間を可視化するのではなく、作業者に無駄な時間を削減させる意識、および行動を促せるように提示画面を設計した。

4. 提案手法

4.1 概要

本研究ではパーソナルコンピュータを活用した作業を対象として、作業に取り組んでいる状態を作業状態、作業以外のことに取り組んでいる状態を無駄作業状態と定義し、作業中に作業以外のことに消費している無駄作業状態の時間（以下、無駄時間）を可視化することで、作業に取り組むべき状態にいることを作業者に強く認識させ、非集中状態から集中状態への円滑な遷移を支援するシステムの試作を行った。この章では、試作したシステムにおける提示情報の内容、無駄時間の算出方法、および具体的なシステムの操作方法について述べる。

4.2 システム

4.2.1 提示情報

図2のように本システムではバーを用いて無駄時間を可視化する。表示内容としては過去5分間の作業状態の時間と無駄作業状態の時間を比率として提示する。またこれに加えて連続で作業状態を継続している時間（以下、連続作業時間）も提示する。図2中のaが過去5分間における作業時間と無駄時間の比率を表している。緑のバーが作業時間の比率を表し、赤いバーが無駄時間の比率を表している。図2中のbが上限を5分とする連続作業時間を表し、cが連続作業時間において5分を超えた回数（以下、ストック数）を表している。本システムを利用する際に、作業に使用するウィンドウを登録してもらう必要があり、図2中のdはそのウィンドウ数を表している。dについては4.2.3節にて詳細を述べる。図3はシステムを利用している際のディスプレイ全体に表示されている画面である。

著者らが先行研究で経過時間表示がある場合において実験参加者に計算課題に解答してもらう実験を行った際に、具体的な数値や数値の変動の速さが緊張感や不快感を与え、それによって実験参加者が作業に集中しづらくなる可能性が示唆された[1]。そのため本システムでは提示情報によって作業者に緊張感や不快感をできる限り与えないために、無駄時間を直接数字で提示するのではなく、バーを用いた比率として提示する。

提示する比率は作業全体での無駄時間の比率ではなく、過去5分間のデータにおける無駄時間の比率を提示する。作業全体での無駄時間の比率を提示する場合、無駄時間を作業開始からの時間で割ることで比率を算出することにな

るが、作業を開始してからの時間が長くなれば長くなるほど比率の変動量が小さくなる。仮に作業を開始してから対象となる作業以外のものごとに長時間を消費してしまい、その後無駄時間の比率を減らすために作業状態の時間を増やそうと作業に取り組み続けたとしても、比率の変動量が少ないために無駄時間の比率を減らすことを諦めてしまうことが考えられる。そのため本システムでは作業全体の無駄時間ではなく、一定期間のデータにおける無駄時間の比率を提示する。またこの期間が1分などの短い時間の場合には、かえって比率の変動量が大きくなってしまう。比率の変動が激しいと作業者に緊張感や不快感などのストレスと与え、集中の妨げになってしまうことが考えられる。そのため本システムではこの期間を長すぎず、短すぎないと考えられる5分に設定する。ただし作業開始からの時間が5分未満の場合は、過去5分間のデータではなく作業を開始してからの時間における無駄時間の比率を提示する。

連続作業時間は、作業者に連続して作業状態を続けていた時間をバーで提示する。これは作業者に作業状態の継続を促し、作業時間を増やして無駄時間の比率を減らす意識を持つことを期待して提示する。図2中のbの青いバーは上限5分間の作業状態の継続時間を表している。継続時間が5分を超えた場合にはbの連続作業時間のバーを0の状態にし、cのストック数が1増加するようになっている。仮に38分作業状態を継続させた場合にはストック数が7でバーの3/5が青くなる。作業状態から無駄作業状態へと移った場合には、バーおよびストック数は0に戻るようになっている。

また本システムが作業の妨げになってしまうことは好ましくないため、提示情報は作業の妨げにならないようにウィンドウを最大化した場合におけるタイトルバー部分の位置に表示する。

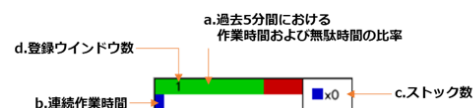


図2 本システムの画面
Figure 2 Screen of this system.

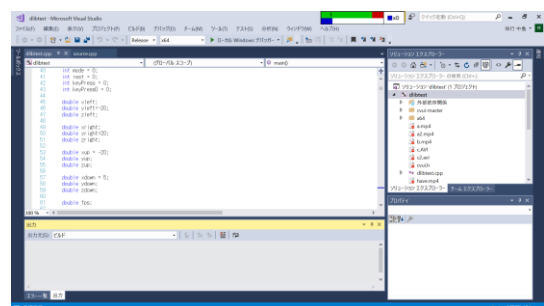


図3 本システム利用時の画面全体
Figure 3 The entire screen when using this system.

4.2.2 無駄時間の算出方法

本システムではパーソナルコンピュータを活用した作業を対象としており、作業状態、および無駄作業状態の判別には顔の向き、マウスの移動やクリック入力およびキーボードからの入力の有無、アクティブになっているウィンドウの情報を用いる。

PCを活用した作業を行っている際、作業者の顔はディスプレイ方向を向いていることが多い。そのためwebカメラを用いて顔を撮影し、その映像に対して顔認識を行って顔の向きを求める。この向きがディスプレイ方向を向いている場合、作業者は作業状態である可能性が高く、向いていない場合無駄作業状態である可能性が高い。しかし作業に取り組んでいてもディスプレイ以外の方向を向いている場合がある。顔の向きだけではこのような場合を無駄作業状態と判別してしまう。そこでディスプレイを見ていないが作業状態である場合を識別するためにマウスの移動やクリック入力およびキーボードからの入力情報を用いる。ディスプレイを見ないで作業に取り組んでいる場合には、顔の向きはディスプレイ方向を向いていないがこれらの入力機器から入力が行われていることが考えられる。よって顔の向きがディスプレイを向いている、もしくはマウスの移動やクリック入力またはキーボードからの入力がある場合は作業状態と判別する。さらに本システムではこれらに加えてアクティブになっているウィンドウの情報を用いる。顔の向きがディスプレイを向いている、もしくはマウスの移動やクリック入力またはキーボードからの入力がある場合を作業状態と判別する場合、本来取り組むべき作業とは関係のないブラウザでの動画視聴や、Twitterなどへの投稿を作業状態として判別してしまう。そのため顔の向きがディスプレイを向いている、またはマウスの移動やクリック入力またはキーボードからの入力が行われている際に、アクティブにしているウィンドウが取り組むべき作業に関係あるものであるかについても判別する必要がある。そこで本システムでは作業を開始する際、作業で使用するウィンドウをあらかじめ登録してもらい、作業中アクティブにしているウィンドウが登録しているウィンドウと一致するかどうかを調べることによってこの判別を行う。

これら3つの情報をもとに作業状態と無駄作業状態を判別する式を式1に示す。ここで、 R が作業状態の判別結果を表し、1ならば作業状態、0ならば無駄作業状態を表す。 F は顔の向きを判別結果を表し、1がディスプレイ方向を向いている状態、0がディスプレイ以外の方向を向いている状態を表す。 I はマウスの移動やクリック入力またはキーボードからの入力の有無を表し、1が入力あり、0が入力無しである。 W はアクティブなウィンドウがあらかじめ登録されているものかについての判別結果を表す。1が登録されたものと同じウィンドウであることを表し、0が異なるウィンドウであることを表す。また本研究では作業状

態以外を無駄作業状態とするため、無駄作業状態 R' は式2で表される。

$$R = (F \vee I) \wedge W \quad (1)$$

$$R' = \neg R = 1 - R \quad (2)$$

式1、式2で求めた作業状態、無駄作業状態の判別結果のデータを蓄積し、過去5分間における作業状態と無駄作業状態の比率および連続作業時間を算出する。webカメラの精度によっては一時的に顔が正しく認識されず、連続して作業に取り組んでいるにもかかわらず、無駄作業状態として判別されてしまう場合がある。これによって、長時間作業を続け連続作業時間が伸びていたにも関わらず、誤った判別によって連続作業時間のバーおよびストック数が0に戻ってしまい、作業者が作業に取り組む意欲を失ってしまうことが考えられる。そのため、連続作業時間については5秒連続して無駄作業状態と判別された場合にバーおよびストック数が0に戻るようになっている。



図4 起動画面

Figure 4 Startup screen.



図5 閾値の設定画面

Figure 5 Setting screen of threshold.

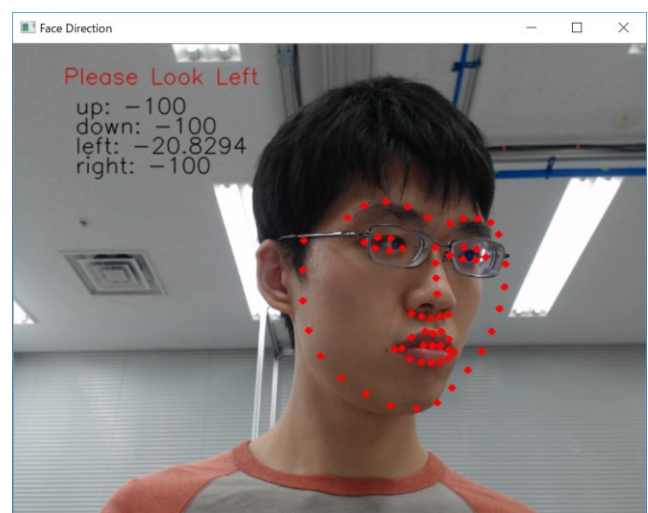


図6 閾値を設定するためのサブウィンドウ

Figure 6 Sub window for setting threshold.

4.2.3 操作方法

この節では、本システムの操作方法について述べる。図4にシステムの起動時の画面を示す。この画面を左クリックすることで、図5のような顔の向き of 閾値を設定する画面へと遷移する。このときこの画面とは別に図6に示すような作業者を撮影した映像が表示されているウインドウが表示される。ここで上下左右におけるディスプレイを向いているかを判別するための閾値を設定する。ディスプレイよりも左側を向いている状態、右側を向いている状態、上側を向いている状態、下側を向いている状態でそれぞれ図6の画面を左クリックすることで閾値が設定される。図6の画面は以前に閾値の設定を行ったことがある場合には表示されないようになっている。上下左右についての閾値の設定が完了すると図6のウインドウは自動で消滅し、図7のような作業に使用するウインドウを登録するための画面へと遷移する。以前に閾値の設定が行われていた場合は起動画面を左クリックした後図7の画面へと遷移するようになっている。図7の状態では作業で使用するウインドウをアクティブにしてからキーボードのRキーを押すことで登録が行われる。1つのウインドウが登録されるごとに図2のdの数字が1増加するようになっている。間違えて登録を行った場合は、間違えて登録したウインドウをアクティブな状態にし、Dキーを押すことで削除することができる。その際は図2のdの数字も1減少する。2つのウインドウを登録した場合図8のようになる。登録完了後、図7の画面を左クリックすることで図9のような計測画面へと遷移する。図9の画面が表示されている間、本システムは作業状態および無駄作業状態の時間の計測を行う。

本システムでは作業の途中で席を外さなければいけない場合なども考慮し、計測を一時的に停止させることも可能になっている。図9の計測中の画面上で左クリックをすると図10のような画面へと遷移する。この状態では作業状態および無駄作業状態の判別は行われず、無駄時間および連続作業時間は変動しない。再度画面を左クリックすることで本システムは作業状態および無駄作業状態の時間の計測を再開する。

また計測開始後に顔の向き of 閾値の再設定を行いたい場合や、作業中にあらかじめ登録しておいたウインドウ以外に作業に必要となるウインドウが増えてしまう場合が考えられる。そのため顔の向き of 閾値の再設定を行う場合は、図10の計測停止状態の画面を右クリックすることで、図5と同様の画面へと遷移し、同時に図6のウインドウを表示する。そして閾値の再設定が完了すると図10の計測停止状態の画面へと遷移する。また追加で作業に使用するウインドウを登録する場合は、図9の画面を右クリックすることで図7と同様の画面へと遷移する。この状態では計測停止状態と同様に無駄時間および連続作業時間は変動しない。登録完了後、再度画面を右クリックすることで本システム

は作業状態および無駄作業状態の時間の計測を再開する。以上の画面遷移をまとめたものを図11に示す。

また本システムによる無駄時間の可視化情報は作業者に常に提示されていることが好ましい。そのため、本システムでは図9の画面が常にディスプレイ上で最前面に表示されるようになっている。



図7 作業に使用するウインドウの登録画面
Figure 7 Window registration screen used for work.



図8 2つのウインドウを登録した場合の登録画面
Figure 8 Registration screen when two windows are registered.



図9 計測画面
Figure 9 Measurement screen.



図10 計測停止画面
Figure 10 Measurement stop screen.

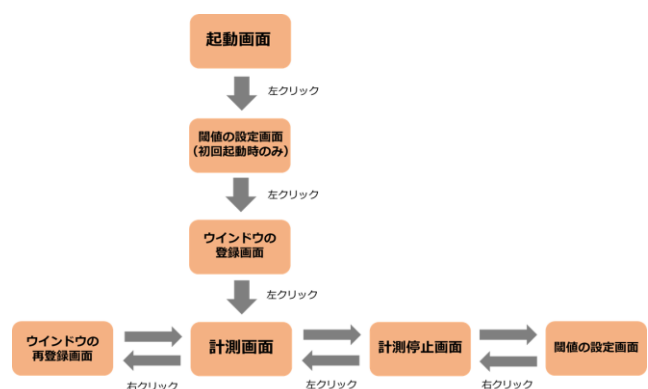


図11 画面遷移のまとめ
Figure 11 Summary of screen transitions.

5. まとめと今後の展望

本研究では非集中状態から集中状態への遷移が円滑に行えない原因の一つとして、作業者の作業に取り組むべき

状態にいるという認識が弱いことがあると考え、作業中に作業以外のことに消費している時間を可視化するシステムの提案を行った。作業以外のことに消費している時間を可視化することで、作業に取り組むべき状態にいることを作業者に強く認識させ、それによって作業者の非集中状態から集中状態への遷移が円滑になると考える。

今後は本システムによって作業者の作業に取り組むべき状態にいる認識を強めることができるか、非集中状態から集中状態への遷移を円滑にすることができるかを検証するための実験を行っていきたいと考える。実験は本システムを日常の中で 1~2 カ月ほど利用してもらい長期的な実験と統制した実験環境で生理指標を用いて非集中状態から集中状態への遷移を観察する実験を行いたいと考える。

また課題として、本システムの機能の拡張および作業状態と無駄作業状態の判別精度の向上が挙げられる。本システムは Windows OS を対象に試作を行ったが、Windows10 から実装されている仮想デスクトップ機能に対応できていない。仮想デスクトップとはデスクトップ画面を複数作成し、用途ごとにデスクトップの切り替えを可能にする機能のことである。本システムではこの機能に対応できていないため、本システムが稼働しているデスクトップ以外のデスクトップでは無駄時間を可視化することができない。そのため作業者に常時無駄時間を提示することはできていない。本システムによる無駄時間の提示は常に行われていることが好ましいと考えるため、今後は全てのデスクトップ上で無駄時間の提示が行えるように改善していきたいと考える。

作業状態と無駄作業状態の判別精度について、現在の算出方法では誤った判別が行われてしまう場合がある。例えば作業者が作業に取り組んではいるものの作業の内容について思考を巡らしながら天井を見上げている場合などが挙げられる。本来作業に取り組んでいる状態であるため作業時間の比率は増加するべきであるが、顔の向きがディスプレイ方向を向いていないために無駄作業状態と判別されてしまい、無駄時間の比率が増加してしまう。また作業については一切思考を巡らせていないにもかかわらずディスプレイ方向を向いている場合、作業に取り組んではいないので無駄作業状態であるにもかかわらず、ディスプレイ方向を向いているために作業状態として判別されてしまい、作業時間の比率が増加してしまう。

作業中にこういった状態が長時間続く場合、判別精度は著しく低下することが懸念され、それによって作業者の作業に取り組むべき状態にいる認識および非集中状態から集中状態への遷移に影響を与えてしまうことが考えられるため、改善していきたいと考える。

参考文献

[1] 中島祥行, 小林稔: 作業開始の意識付けによる影響の評価;

- 研究報告グループウェアとネットワークサービス, 2018, Vol.2018-GN-104, No.11, p.1-8.
- [2] 橋卓見, 岡部浩之, 佐藤未知, 福嶋政期, 梶本裕之: PC 作業時の集中力向上のための作業用壁紙; 情報処理学会インタラクション 2012, pp.843-848, 2012.
- [3] 大林史明, 石井裕剛, 下田宏: 知的作業における集中度評価指標と集中度向上照明; Panasonic technical journal, Vol.62, No.1, pp.50-55, 2016.
- [4] 金ジョンヒョン, 橋田朋子, 大谷智子, 苗村健: 筆記音のフィードバックが筆記作業に与える影響について; 情報処理学会インタラクション 2012, pp.445-450, 2012.
- [5] 金ジョンヒョン, 橋田朋子, 苗村健: アニメーション制作現場における筆記音の強調フィードバックの有用性に関する実践的研究; 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.18, No.3, pp.393-399, 2013.
- [6] 林雅樹, 宮田章裕, 山本翔太, 岡田謙一: 生体情報を利用した VR 空間における個人作業への没頭支援手法; グループウェアとネットワークサービスワークショップ 2007 論文集, pp.25-30, 2007.
- [7] 坂上美香, 明石行生, 梅野千絵, 八木昭宏: 作業者の集中度と照明環境との関係について; 照明学会誌, Vol.81, No.5, pp.385-390, 1997.
- [8] 徐華, 西出和彦: 処理的作業の効率性及び心理評価; 日本建築学会計画系論文集, Vol.78, No.688, pp.1275-1281, 2013.
- [9] 繁田浩功, 間下以大, 竹村治雄: 大学施設におけるウェブサイトを用いた消費電力の可視化の検討; 電子情報通信学会論文誌 D, Vol.95, No.5, pp.1123-1132, 2012.
- [10] 平岡敏洋, 西川聖明, 川上浩司, 塩瀬隆之: 自発的な省燃費運転行動を促すエコドライブ支援システム; 計測自動制御学会論文集, Vol.48, No.11, pp.754-763, 2012.