

令和 4 年 6 月 15 日現在

機関番号：11401

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2021

課題番号：18K02852

研究課題名（和文）PC作業者をアシストするための操作ログを用いた集中度推定

研究課題名（英文）Estimating the degree of concentration using operation logs to assist PC workers

研究代表者

石沢 千佳子（Ishizawa, Chikako）

秋田大学・理工学研究科・准教授

研究者番号：00282161

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,800,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、PCを用いて文章作成作業を行っている間のキーボード操作履歴、体動、心拍、脈拍、および視線をそれぞれ計測し、作業者の集中度を推定するために使用可能な特徴を調査した。その結果、集中時には、キーボードのキーを押下する回数がばらつくこと、体動の発生頻度と移動量が少なくなること、交感神経が亢進すると共に副交感神経が抑制されてストレスの掛かった状態になること、などの特徴が表れることが明らかになった。また、集中を妨げる難解文字を含む文章を読む場合には、難解文字上に視線が長く留まることなども明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で明らかにした集中度推定に使用可能な特徴を用いることにより、今後、集中度を推定するための手法の開発が可能になる。PC作業中の集中度推定が可能になると、講義受講者が作業に集中できないタイミングを発見して助言等を行えるようになるため、教育効果の向上が期待できる。本研究で得られた成果は、遠隔授業中の受講者の心理状態を把握するための要素技術になり得る。

研究成果の概要（英文）：This study investigated the features that can be used to estimate the concentration of users while working with a PC. The keyboard operation logs, body movement, heartbeat, pulse, and gaze were measured during the work of creating the text. As a result, it became clear that the following characteristics appear when concentrating; the number of times the keys on the keyboard are pressed varies; the frequency of body movements and the amount of movement decrease; the sympathetic nerves increase and the parasympathetic nerves are suppressed, resulting in a stressed state. In addition, it was clarified that when reading a sentence containing esoteric characters that hinder concentration, the gaze stays on the esoteric characters for a long time.

研究分野：知覚情報処理

キーワード：集中 文章入力 キーボード操作 体動 脈拍 心拍 視線 ブラインドタッチ

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

(申請時の背景・動機を簡潔に)

講義受講者が課題を解くときにとる行動は様々であり、行動の背景には、わかる・わからないといった理解度の違いがあるのではないかと考える。例えば、パーソナルコンピュータ(PC)を使用して解答文を作成する場合、解答すべき内容を理解していてキーボードを打つ人、解答に困りキーボードを打たない人、理解していないものの取り敢えずキーボードを打つ人など、様々なケースがある。そのため、PC作業中の行動から受講者の理解度を直接把握することは困難である。

一方、感情は表情や行動に表れるため、幾つかの感情が混ざり合う心理状態も行動に表れると考える。例えば、課題を解くことができた場合には、喜びの感情が起こってポジティブな心理状態になり、解答文を入力する操作に集中できるため、文章作成作業は順調に行われると推測する。反対に、課題を解くことができなかった場合には、悲しみや恐れなどの感情が起こってネガティブな心理状態になり、解答文を入力する操作に集中できないため、文章作成作業は順調に行われずと推測する。そこで、PC作業中のキーボード操作や姿勢などの行動から心理状態を推定可能になると、心理状態から受講者の理解度を把握して助言等を行えるようになるため、教育効果の向上が期待できる。しかしながら、現時点では、表情や行動から感情を推定する研究は多数行われているものの、心理状態までを推定する試みは殆ど見当たらない。

### 2. 研究の目的

(申請時の目的を簡潔に)

本研究では、PC作業者の心理状態に応じたアシストを行えるようにするため、PC作業中の行動から作業者の集中度を推定する手法の探求を目的とする。上記背景で述べたように、PC作業者の心理状態は、作業の順調・不調に表出する可能性がある。作業が順調であるか、それとも不調であるかという状態は、キーボードのキーを打つなどのPC操作の有無のみならず、作業に集中しているかどうかという作業者自身の気持ちにも関連する。そこで本研究では、PC操作の履歴(ログ)とPC作業中に計測可能な生体情報を用いて作業者の集中度を推定する方法を検討する。

### 3. 研究の方法

(具体的内容を簡潔に)

集中度を推定するためには、作業者がいつ作業に集中していたのかを明らかにする必要がある。本研究では、文章作成作業を行っている間のキーボード操作ログ、マウス操作ログ、アクティブウィンドウ遷移ログ、体動、心拍、脈拍、および視線をそれぞれ計測し、集中時の特徴を得るためのデータ解析を行う。

#### (1) 集中時および非集中時におけるPC操作ログの計測・解析

Step1: 次の項目を記録するプログラム(ログ取得プログラム)を作成する。

- ・ キーボードの操作: 何れかのキーが押下された日時、押下されたキーの種類
- ・ マウスの操作: 何れかのボタンが操作された日時、操作されたボタンの種類、ボタンの操作種別
- ・ アクティブウィンドウの遷移: アクティブウィンドウの有無をチェックした日時、アクティブウィンドウの種類、モニタ画面上のウィンドウの表示位置、ウィンドウの大きさ

Step2: ワープロソフトを用いて文章入力作業を行っている間のキーボード操作ログ、マウス操作ログ、およびアクティブウィンドウ遷移ログを、上記ログ取得プログラムを用いてそれぞれ取得する。同時に、作業中の様子をビデオカメラで撮影する。

Step3: 文章入力作業終了後、録画と完成した文章を作業者と共に確認し、作業者が集中していたと感じていた時間帯をヒアリング調査する。

Step4: 上記Step3で作業者が集中していたと回答した時間帯に取得されたログを抽出し、解析する。例えば、単位時間当たりのキー押下数や分散などを調査する。

#### (2) 集中時および非集中時における生体情報の計測・解析

Step1: (1)-Step2におけるPC操作ログの記録と同時に、計測器を用いて体動、心拍、脈拍、および視線を計測する。

- ・ 体動: 作業者の座る椅子の背もたれに加速度計を設置し、椅子の移動方向・移動量および計測日時を記録
- ・ 心拍: 小型リモート心拍計を作業者の身体に装着し、心拍信号および計測日時を記録
- ・ 脈拍: 腕時計型脈拍計を作業者の腕に装着し、脈拍数および計測日時を記録
- ・ 視線: アイトラッカー(視線計測器)をPCモニタの下部に設置し、モニタ画面とその周囲における視線の座標値および計測日時を記録

Step2: (1)-Step3 で作業者が集中していたと回答した時間帯に計測された加速度データ，心拍データ，脈拍データ，および視線データをそれぞれ解析する。例えば，体動（椅子の移動）の有無や移動方向，交感神経・副交感神経の活動指標値，モニタ画面上の視線移動などを調査する。

(3) PC 操作スキルと作業条件の違いに対する行動の調査

文章作成作業中のキーボード操作量や視線位置は，作業者の PC 操作スキルや作業条件によって異なると推測する。ブラインドタッチを行える作業者と行えない作業者のそれぞれが，モニタ画面の外に提示された資料に記載されている文章をそのまま入力（転記）する作業，資料を閲覧すること無く自らの考えを文章にして入力する作業，Web 検索を行って調査した結果をまとめた文章を入力する作業，を行っている間のキーボード操作ログと視線を計測して比較する。

(4) 非集中時における視線の調査

文章中に難解な表現や文字が存在する場合，それらを理解することに気持ちが集中するため，難解な箇所に視線が留まり，文章を読み進める作業は停滞すると推測する。難読文字を含む文章を読んでいる間の作業者の視線を計測し，難読文字およびその他の文字に対する視線の滞在時間を調査する。難読文字は，視線計測後にヒアリング調査によって作業者毎に決定する。

4. 研究成果

（主な成果，得られた成果の国内外における位置づけ・インパクト，今後の展望，想定外事象により得られた新たな知見など）

(1) 集中時のキーボード操作ログの特徴

日頃から PC を使用している 20 代の被験者 23 名が，資料に記述されている文章をそのまま入力（転記）する作業を 30 分間行ったときの PC 操作ログを取得した。図 1 は，被験者が集中していた時間帯を可視化した例である。マウス操作とアクティブウィンドウを変更する操作は主に入力作業の開始時と終了時に行われたため，実行回数が少なく，特徴を抽出することは困難であった。しかしながら，キーボード操作ログを経時的に整理し，作業時間全体におけるキー押下数，単位時間当たりのキー押下数（単位時間は，5 秒，10 秒，15 秒，20 秒，25 秒，30 秒，40 秒，50 秒の 8 種類），および押下数の分散を調査した結果，表 1 に示すように，集中時における分散が作業時間全体における分散よりも大きくなる傾向を示した。この結果は，集中時のキー押下は一定の時間間隔で均一的に実行されるのではなく，離散的に実行されることを意味しており，これまでに無い新たな知見である。このような傾向が示される理由は，単語やフレーズなどのまとまりで文章を入力しているためと考えられる（図 2 参照）。

(2) 集中時の体動，心拍，脈拍，視線の特徴

4-(1)と同じ作業を行ったときの椅子の動き（体動），心拍，脈拍，および視線を計測した。

体動：発生頻度を 3 次元方向別に集計した結果，椅子の移動は主に前後方向と左右方向に発生することが確認された。文章入力作業中はキー押下の反動で椅子が微小に動く。加えて，疲れを和らげるための動作なども発生する。体動（椅子の移動）の発生頻度と移動変化量を掛け合わせた値を特徴量と定義し，作業時間全体と集中時で比較した結果，表 2 に示すように，15 例中 10 例において，特徴量は集中時に低くなる結果が示された。この結果は，PC を用いた文章入力作業に集中している期間は，体動の変化が少ないことを意味している。

心拍および脈拍

脈拍データにおける R 波同士の間隔（以降，RRI）に着目し，ローレンツプロット解析を行った。プロット点は，図 3 に示すように，楕円状の分布を示した。交感神経の活動指標に用いられる楕円の長軸（L）と短軸（T）の比率（L/T）を算出した結果，図 4 に示すように，活動指標値は集中時に低い値となる傾向が示された。この結果は，集中時に交感神経活動が亢進していることを意味している。加えて，心拍データを使用して，副交感神経の活動指標に用いられる RRI 変動係数（以降，CV-RR）を算出した結果，図 5 に示すように，変動係数も集中時に低い値となる傾向が示された。この結果は，集中時に副交感神経が抑制されていることを意味している。すなわち，作業者が主観により「集中していた」と回答した期間は，作業者にストレスが掛かりリラックスした状態ではなかったことが数値的に確認された。

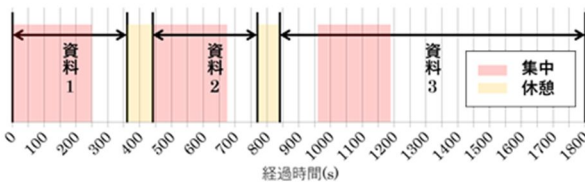


図1 文章入力作業中の集中していた時間帯の例

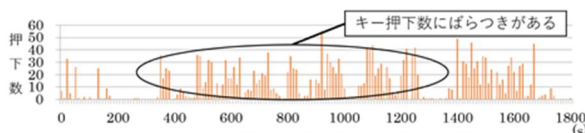


図2 キー押下数の例（5秒間毎，資料2）

表1 キー押下数の分散値

作業者	集中時	作業時間全体
A	35.540	33.403
B	80.716	66.416
C	24.818	18.014
D	21.299	19.943
E	29.135	28.794
F	140.140	127.732
G	41.149	32.236
H	23.923	22.364
I	338.010	116.238
J	12.527	11.980
K	16.132	14.611
L	15.842	24.290
M	21.758	37.235
N	44.153	47.819
O	9.270	23.341

■ 作業時間全体より大きい

表2 体動の特徴量

作業者	集中時	作業時間全体
A	0.272	0.890
B	0.000	0.000
C	0.055	4.967
D	17.548	19.456
E	39.688	46.243
F	0.000	0.000
G	54.765	45.233
H	59.990	41.916
I	0.840	1.874
J	0.262	8.751
K	23.487	20.441
L	0.068	0.355
M	3.046	3.054
N	0.541	0.686
O	31.862	35.196

■ 作業時間全体より小さい

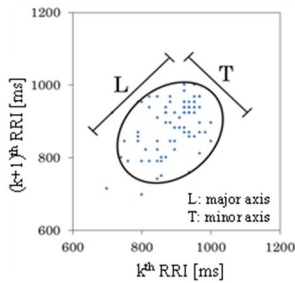


図3 ローレンツプロットの例

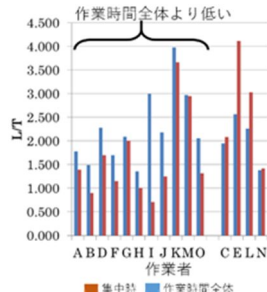


図4 楕円の比率

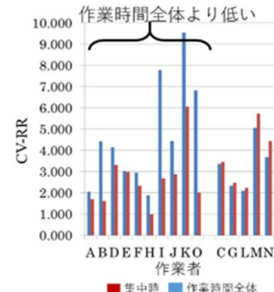


図5 変動係数

### 視線

サンプリングレート 90Hz で計測された視線データを用いて、モニタ画面 (0.255mm/pixel) 上の視線の位置を調査した。具体的には、モニタ画面を  $2 \times 2$  pixel サイズのセルに分割し、セル毎の視線滞在時間の累積値を算出した。なお、1 秒間あたり  $45^\circ$  以上移動する視線データおよび直前の座標値から 24pixel 以上移動する視線データをサッケードと定義し、除外した。作業者に提示した文章および転記入力した文字のサイズは 10.5 ポイント (PC 画面上 14pixel) である。累積値が 50ms 以上 250ms 未満になったセルと、250ms よりも長時間になったセルを異なる色で示したヒートマップの例を図 6 に示す。ヒートマップを目視評価した結果、集中時の視線はモニタ画面上に広く分布し、1 点に長時間 (250ms 以上) 停留する傾向は少ないことが明らかになった。また、作業時間を前半と後半に分けて比較した場合、視線の長時間停留や文章を読み返す際に発生する逆行が、後半に多く出現することも明らかになった。



図6 ヒートマップの例

### (3) PC 操作スキルと作業条件の違いに対する行動

モニタ画面の内外に提示された資料を転記入力する作業

提示資料がモニタ画面内にある場合とモニタ画面外にある場合の視線の位置は、ブラインドタッチを行う作業員ではモニタ画面内にある割合が大きく (平均 89.3%), ブラインドタッチを行わない作業員ではキーボードにある割合が大きく (平均 53.7%) ことが明らかになった。また、図 7 に示すように、ブラインドタッチを行う作業員のキー押下数は、入力用ウィンドウを見ているときではなく、資料を見ているときに増加する傾向が示された。これに対し、ブラインドタッチを行わない作業員のキー押下数は、資料を見ているときに減少する傾向が示された。さらに、表 3 に示すように、ブラインドタッチを行う作業員は、資料を見ているときにキー押下数の分散が大きくなる傾向が示された。これは、文章を読むことに意識を向けるために、キー押下速度が低下するためと考えられる。すなわち、ブラインドタッチを行う作業員の視線が資料上に在り、且つキーボードのキーが離散的に押下される場合は、ブラインドタッチで入力作業を行いながら資料の文章を読むことに集中していると推測できる。

自らの考えを入力する作業

ブラインドタッチを行う作業員は入力用ウィンドウを注視し、ブラインドタッチを行わない作業員は入力用ウィンドウとキーボードを注視する結果が示された。

調査結果を入力する作業

ブラインドタッチの有無に関わらず、「Web ブラウザと文章入力用ウィンドウを交互に見る」、「調査結果のメモを入力してあるウィンドウと文章入力用ウィンドウを見る」

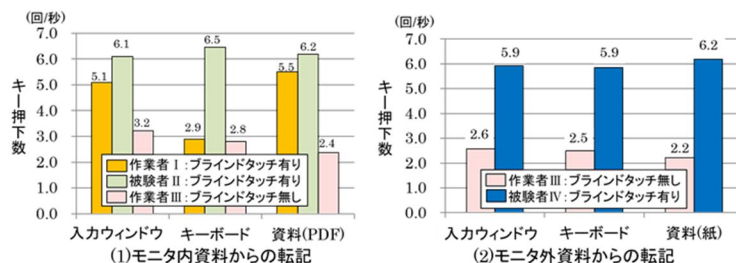


図7 視線領域別のキー押下数

表3 視線領域ごとのキー押下数の分散値

	注視点のある領域		
	入力画面	キーボード	資料
作業員 I	3.6	2.8	4.7
作業員 II	9.9	11.0	9.6
作業員 III	4.6	1.5	3.2

	注視点のある領域		
	入力画面	キーボード	資料
作業員 III	3.3	2.4	1.8
作業員 IV	3.7	5.6	4.5

■ ブラインドタッチ有り □ ブラインドタッチ無し

ウのみを見る」の3パターンの視線の動きが確認された。

(4) 非集中時における視線

モニタ画面上に提示された横書きの文章を音読したときの視線は、音読に失敗した文字上に長時間停留したり逆行したりすることが確認された。また、視線の停留や逆行は、難解な文字が存在する場合、音読しているか黙読しているかに関わらず発生することも確認された。

作業員20名がそれぞれモニタ画面上の文章を黙読したときの視線の滞在時間に閾値を設定して検出される文字と、各作業員が難解であると回答した文字の照合を行った。閾値を50msから10sの範囲において50ms刻みで設定したときの各検出率(照合結果)を調査した結果、検出率が最大となる閾値は被験者毎に異なり、黙読速度との相関が認められた(図8および図9参照)。上記の実験条件下では、黙読速度が最も遅い被験者の閾値は1,400ms(検出率77%)であり、最も速い被験者の閾値は2,450ms(検出率約73%)であった。さらに、黙読速度に合わせた閾値を用いたときの検出率は、一定の閾値を用いたときの検出率を上回る場合が多いことが確認された。

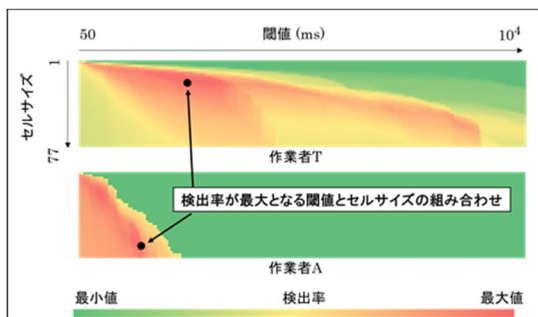


図8 閾値とセルサイズ毎の検出率の例

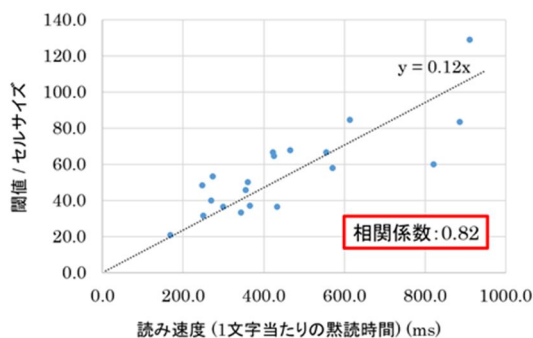


図9 最大検出率を得る閾値・セルサイズの組み合わせと読み速度の関連

以上のように、PCを用いた文章入力作業に集中している期間のキー押下数の分散、体動の発生頻度と移動量、脈拍のローレンツプロット楕円比率、心拍の変動係数、視線の動きが示す傾向が明らかになった。また、作業員がブラインドタッチで文章を転記入力するときの視線の位置とキー押下数の分散を用いると、ブラインドタッチを行う作業員が文章を読むことに集中しているか否かを推定できる可能性が明らかになった。さらに、視線の滞在時間に対して読み速度に合わせた閾値を設定すると、作業員が難解と感じた文字を検出できる可能性も明らかになった。すなわち、作業が順調に行われない状態も検出できる可能性が明らかになった。上記各特徴には個人差が含まれるため、今後、個人差を考慮した使用方法を検討することにより、集中度を推定する手法の開発が可能になる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計17件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 伊藤 悠大, 石沢 千佳子, 景山 陽一
2. 発表標題 文章の読み速度および視線の動き特徴を用いた難読領域検出に関する検討
3. 学会等名 情報処理学会第84回全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 伊藤 悠大, 石沢 千佳子, 景山 陽一
2. 発表標題 PC作業支援を目的とする視線の動き特徴を用いた注視検出
3. 学会等名 情報処理学会東北支部研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 伊藤 悠大, 石沢 千佳子, 景山 陽一
2. 発表標題 視線ヒートマップを用いた文章中の難読領域検出に関する検討
3. 学会等名 第37回ファジィシステムシンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 伊藤 悠大, 石沢 千佳子, 景山 陽一
2. 発表標題 固視微動の影響を低減可能な視線解析手法の検討
3. 学会等名 日本素材物性学会令和3年度年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 伊藤 悠大, 石沢 千佳子, 景山 陽一
2. 発表標題 PC作業時の注視領域強調手法
3. 学会等名 情報処理学会第83回全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 伊藤 悠大, 石沢 千佳子, 景山 陽一
2. 発表標題 PCモニタ上における視線情報のノイズを低減可能な解析法の検討
3. 学会等名 第63回自動制御連合講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 伊藤 悠大, 石沢 千佳子, 景山 陽一
2. 発表標題 PC画面注視時の固視微動計測
3. 学会等名 2020年度電気関係学会東北支部連合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 伊藤 悠大, 石沢 千佳子, 景山 陽一
2. 発表標題 文章転記作業時の視線情報取得を目的としたヒートマップ作成および視線解析
3. 学会等名 令和元年度日本知能情報ファジィ学会東北支部研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 伊藤 悠大, 石沢 千佳子, 景山 陽一
2. 発表標題 PC上での文章転記時における視線情報の取得と集中状態に関する検討
3. 学会等名 第15回日本感性工学会春季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 眞壁 寛倅, 石沢 千佳子, 景山 陽一
2. 発表標題 記載漏れ防止を目的としたログ情報および視線情報を用いた引用箇所を検出に関する検討
3. 学会等名 第15回日本感性工学会春季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 眞壁 寛倅, 石沢 千佳子, 景山 陽一
2. 発表標題 記載漏れ防止を目的としたログ情報を用いた引用箇所を検出に関する検討
3. 学会等名 2019年度情報処理学会東北支部研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 眞壁 寛倅, 石沢 千佳子, 景山 陽一
2. 発表標題 記載漏れ防止を目的としたログ情報と視線位置による引用箇所を検出に関する検討
3. 学会等名 2019年度電気関係学会東北支部連合大会
4. 発表年 2019年



1. 発表者名 Hiroyuki Makabe, Chikako Ishizawa, Yoichi Kageyama
2. 発表標題 Detection of Citations by Log Information to Prevent Reference Omissions
3. 学会等名 The 7th International Conference on Intelligent Systems and Image Processing 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Chikako Ishizawa, Yuki Usami, Yoichi Kageyama, Motonari Shirasu
2. 発表標題 Feature Analysis of PC Operation Logs and Biological Information for Estimating Users' Focus of Mind
3. 学会等名 The 7th International Conference on Intelligent Systems and Image Processing 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宇佐美 雄基, 石沢 千佳子, 景山 陽一, 白須 礎成
2. 発表標題 PC 上で行われた作業内容の推定に関する特徴解析
3. 学会等名 平成30 年度 情報処理学会東北支部研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 宇佐美 雄基, 石沢 千佳子, 景山 陽一, 白須 礎成
2. 発表標題 PC作業時の集中状態と生体情報の関連に関する検討
3. 学会等名 第61回自動制御連合講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 宇佐美 雄基, 石沢 千佳子, 景山 陽一, 清水 剛
2. 発表標題 PC作業時における集中の程度と操作ログとの関連に関する検討
3. 学会等名 平成30年度電気関係学会東北支部連合大会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 情報機器を用いて作業を行う作業者の作業内容及び集中状態の推定方法	発明者 石沢千佳子, 景山陽一, 宇佐美雄基, 白須礎成, 清水剛	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2018-215752	出願年 2018年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔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