

令和3年度労災疾病臨床研究事業費補助金  
「過労死等の実態解明と防止対策に関する総合的な労働安全衛生研究」  
分担研究報告書(疫学研究)

## 疫学調査効率化を目的とした疲労 Checker のウェブアプリ化

研究分担者 西村悠貴 独立行政法人労働者健康安全機構労働安全衛生総合研究所  
過労死等防止調査研究センター・研究員

### <研究要旨>

**【目的】**これまでの疫学調査では質問紙や実験用デバイスを参加者に郵送し、実験終了後に返送してもらうことで調査を行っていた。一方、返却忘れやデバイスの故障、保有する機材数や予算による制約、紙データのデジタルデータ化が必要といった課題が存在していた。そこで、疫学的調査で多用される質問票に加え客観的な行動指標(心理課題)の計測が可能な新たなアプリ(以下、新アプリという。)を開発して研究参加者のスマートフォンからの研究参加を可能にし、上記のような課題を改善することを目的とした。

**【方法】**すでに開発されている Android のネイティブアプリ版「疲労 Checker」(以下、旧アプリという。)の課題を洗い出し改善策を抽出することで、新アプリの要件を定義した。新アプリは Google 社のクラウド基盤上に構築し、ウェブブラウザを使ってアクセスするウェブアプリとした。クラウドへの通信は全て暗号化することで、セキュリティにも配慮した。

**【結果】**旧アプリ版の骨子は保ちつつ、ウェブブラウザで動作する新しいアプリを開発できた。また、より多角的に調査が行えるように、旧アプリにも搭載されていた PVT (Psychomotor Vigilance Task) 課題に加え、ワーキングメモリーや実行機能に関わる心理課題が実施できるようにした。心理課題は先行研究での採用例も多い jsPsych という JavaScript ライブラリを使って実装することで、得られるデータの信頼性を担保した。ウェブアプリ化によって、研究活動における時間的・金銭的ボトルネックとなっていた郵送やデータ化作業を完全に無くすことができた。

**【考察】**今回の開発により、旧アプリの課題に対処しつつより効率的に研究が行えるようになった。すでに実際の研究でも利用実績があり、幅広い利用が予定されている。引き続き、研究者・研究参加者の双方が使いやすいアプリにすべく、ウェアラブルデバイスとの連携なども視野に置いて改良を進める。また、なるべく早い段階での新アプリの外部公開(外部研究者への利用許諾)も計画している。

**【この研究から分かったこと】**疫学的な調査研究で参加者が保有しているスマートフォンを使えるように、オンライン実験に対応したウェブアプリを開発した。従来の質問紙や実験用デバイスを郵送する方法と比較して大幅に参加者の数を増やすことができ、フルデジタル化によってデータ解析までの日数も大幅に短縮することができた。

**【キーワード】**疲労 Checker、オンライン実験、ウェブアプリ

### 研究分担者:

久保智英(労働安全衛生総合研究所過労死等防止調査研究センター・上席研究員)  
池田大樹(同センター・研究員)

トを克服すべく開発された「疲労 Checker<sup>1)</sup>」を、より一層使いやすく有益な研究ツールとすべく、従来はネイティブ Android アプリであった疲労 Checker のウェブアプリ化を行った。

### A. 目的

本課題では、紙媒体を使った調査のデメリット

労働者を対象とした疫学研究は、実験室研究と比べて厳密さで劣る一方、より実態に近い状態のデータが集められるとともに、より多くの

対象者からデータを集めることができるのが利点である。過労死等防止調査研究センターでは、疫学研究を過労死等の防止に資するデータを得る方法の一つとして重要視しており、これまでに多くの研究課題(例えば交替勤務看護師、トラックドライバー、IT労働者等を対象とした研究)において、疫学的手法を用いて研究を行ってきた。

疫学調査における質問票調査では、紙媒体を使った調査が一般的である。紙媒体は一覧性や可読性が高いだけでなく、実験参加者に必要なのはペン 1 本で特別な機材や知識は必要ない、といったメリットがある。一方でデメリットとしては、多くの場合において質問紙を郵送し、返送してもらう必要があること、紙で集まった質問紙を解析用にデータ化(打ち込み・OCR)する作業が必要であるといった側面がある。また、近年の疫学調査では紙媒体から一歩進んで、ビデオゲームのような心理課題を課す調査も増えてきている。個人の主観に結果が左右されやすい質問票調査と比較し、より客観的なデータが集められるメリットがあるが、専用の機材が必要となる場合が多い。

本研究所でも、Android OS 上で動作する「疲労 Checker」(以下、旧アプリという。)を開発し、研究に用いてきた<sup>2)</sup>。このアプリでは、質問票を画面上で実施できるだけでなく、覚醒度の客観的な指標の一つである、Psychomotor Vigilance Task (PVT) という心理課題が実施できるようになっている。これまで当研究所では、このアプリをインストールした同一モデルの Android タブレットを複数台準備し、研究に活用してきた。また研究成果のアウトリーチの一環として、一般ユーザ及び研究者向けにもそれぞれアプリを公開し、セルフチェックや研究活動への活用を促してきた。

このように、旧アプリの開発によって質問票を電子化できただけでなく、PVT 課題も実施できるようになったことで、データ収集の幅と効率は大きく向上したが、少なくとも以下の 4 つの課題が残っていた。1) 同時に調査可能な人数が保有しているタブレットの数に制限され、疫学的手法で重要となる参加者数が稼ぎにくいこと。2) PVT 課題は独自開発のソースコードで動作しており、妥当性の検証や他の研究との比較検討が難しいこと。3) 計測したデータはタブレット内に保存される仕組みとなっているため、実験途中で調査の進行状況を研究者が

確認することはできず、実験終了後にタブレットを回収して初めて調査の成否(データ欠損など)が分かる状況であること。4) 調査自体は電子化したにも関わらず、研究参加者へのタブレットの郵送及び調査終了後の返送という手順が残ったことから、タブレットの紛失や破損というデータ欠損に直結するリスクを抱えていること。

そこで本課題では調査の妥当性を確保した上で、上述したような課題を解消することを目的として、疲労 Checker のウェブアプリ版(以下、新アプリという。)の開発を行った。

## B. 方法

バージョンアップにあたり、旧アプリの課題を洗い出した上で、以下のような要件を定義して開発会社に開発を依頼した。

### 1. 調査参加者へのタブレット端末の郵送が必要である点→調査参加者が保有する端末(スマートフォン)で動作するものとする

これまでは同一機種での調査を優先して、旧アプリをインストールした端末を郵送などで配布し、調査終了後に回収する手順を踏んでいた。新アプリでは、昨今のスマートフォンの普及及び高性能化を鑑みて、調査参加者の端末で調査を実施する仕様とした。これによって、研究所で端末を購入・保有することに起因する制限が無くなり、ほとんどのスマートフォン保持者を同時に研究対象者とすることができるようになる。

### 2. 対応 OS が Android に限定されていた→ウェブアプリ化して OS に依存しない設計とする

スマートフォンにインストールして使うネイティブアプリだと Android OS と Apple の iOS の両方で開発を行う必要がある、開発コストのみならず将来的に必要なアップデート等の保守費用も倍増する。そこで、新アプリはウェブブラウザで動作するウェブアプリとすることで、幅広い端末に対応させ、かつ開発・保守にかかる費用を圧縮することとした。また、ネイティブアプリではアプリ配布のためにストア審査が必要であるが、これが不要となる点もウェブアプリのメリットである。

### 3. 調査中は実施状況が分からない→回答が行われる都度データをサーバに伝送する

これまでは調査データが端末に保存される仕様だったため、研究者がデータにアクセスできるのは調査終了後に端末が手元に届いて

からであった。新アプリでは、調査タイミング毎の調査項目毎にデータをサーバに送信する仕様とし、研究者がリアルタイムでデータの集まり具合及び不具合の発生状況を把握できるようにした。

#### 4. 実験参加者の端末を使用すると、心理課題データの信頼性確保が難しい→オンライン実験用に開発されたライブラリを使用するとともに、プログラミング経験のある研究者がプログラミングに参加する

心理課題においては、刺激提示タイミングの正確さ、またボタン押しなどの反応計測の正確さがデータの質を大きく左右する<sup>3)</sup>。そこで新アプリのうち心理課題を実施する部分は、すでに多くの先行研究で採用されているJavaScriptライブラリであるjsPsych<sup>4)</sup>を用いて構築し、データの信頼性を高めることとした。また、心理課題のプログラミング経験がある研究者がプログラミングに参加することで、正しく課題を実装できるようにした。

#### 5. 参加者への調査画面への誘導はできるだけ簡便である必要がある→事前登録式・本人登録式の両方の参加経路を用意する

新アプリはウェブアプリであるため、調査参加者に参加用URLを送付する必要がある。新アプリでは2つのパターンで調査参加に登録する方法を用意した。1つは事前に研究者が参加者をアプリに登録し個別の参加用URLを事前発行するパターンで、もう1つは参加登録用のURLを参加者全員に一齐送信して参加登録してもらうことで個別の参加URLを発行するパターンである。個別送信方式では、より厳密に参加者管理をできるメリットがあり、一齐送信方式では不特定多数の参加者を対象にできるメリットがある。参加URLは、QRコードにすることで参加カードのような印刷物として配布することも可能で、個別参加用のURL(QRコード)もWord等の差し込み印刷機能を使って簡便に配布できる。

#### 6. 複数回アンケートを実施する調査などで、リマインダの送付が煩雑→WEB PUSHを使ったリマインダ機能を実装する

調査デザインによっては、ある一定期間の間に複数回(朝晩など)、調査が必要になる場合がある。そこで、参加者の参加忘れを防ぐため、WEB PUSH(スマホへの通知)を使ったリマインダ機能を盛り込んだ。

## C. 結果

今年度の6月頃までに仕様を固めて入札にかけ、7月より委託先とのやり取りを通して新アプリの開発を行った。8月末までにテスト・デバッグ作業を終えて、新アプリが当研究所に納品された。その後利用中などに見つかったバグなどに関しては随時改修を行っている。図1に、個人のスマートフォンを使って新アプリを開いたイメージを示す。また、新アプリのユーザ(参加者)側画面の例を図2に、管理者(研究者)側画面の例を図3に示す。図4には、調査参加者に参加用URLを知らせるQRコードが記載された案内の例を示す(参加用URLを事前発行するパターン)。今回開発した新アプリの概要は以下の通りである。新アプリの主な調査機能の内、旧アプリにはなく新アプリで追加した機能は先頭に◎を付した。

### 1. 主な構築方法

Google社のmBaaSであるFirebaseを使って構築した。したがって、研究所側でサーバを購入し管理する必要が無い。参加者は自身が保有しているスマートフォンのウェブブラウザから、指定されたURLを使用して調査画面にアクセスする。スマートフォンとサーバの全通信は、https(SSL/TLS)通信により暗号化し、セキュリティに配慮した。心理課題の実装にはjsPsychを用いて妥当性確保にも配慮した。

### 2. 主な調査機能

実際の調査では以下の機能のうち、必要なものに絞り込んで調査が実施できる。

#### 1) 心理指標(質問票などの主観指標)

以下の4種類の方法で、心理的な疲労度や個人特性に関する回答を得ることができる。

##### ① 疲労感

25項目からなる「自覚症しらべ<sup>5)</sup>」の内容がプリセットされている。

##### ② VAS (Visual analogue scale)

複数の設問に対し、VAS法での回答を得ることができる(図2上段左)。

##### ③ 生活時間調査

円環上に配置されたスライダーで、睡眠や労働時間などの時間や長さの回答を得ることができる(図2上段中央)。

##### ④ ◎フリーフォーム

テキスト回答、チェックボックス、ラジオボタン、表(チェックボックス・ラジオボタン)、日付時刻、画像アップロードなどを使い、自由に質問票を作成し回答を得ることができる(図2上段右)。

## 2) 心理課題(PVT 課題などの行動指標)

### ① PVT (Psychomotor Vigilance Task)

覚醒度の客観的な測定方法の一つである(図2下段左)。画面中央の枠内にカウントアップタイマーが表示されたらなるべく早く PUSH ボタンをタップする、という反応時間測定を数分の間繰り返す。反応時間や遅延反応(e.g. 500 ミリ秒を超える反応)回数などが覚醒度と関連するとされている。課題の長さ、刺激の呈示間隔などが変更可能である。

### ② ◎フランカー課題

実行機能(行動制御)に関連する心理課題の一つである(図2下段中央)。5つの矢印が横一列に並んで表示される中から、中央に表示されている矢印の向きをなるべく早くボタンタップで回答する、という反応課題を数分間繰り返す。全ての矢印が同じ方向を指している一致条件と、中央の矢印のみ他の矢印とは別方向を指している不一致条件を織り交ぜて呈示する。一致条件では迷いなく正答できる可能性が高いが、不一致条件では周辺情報を無視して回答する必要がある。不一致条件のほうが難しく反応時間も長くなりやすいことから、フランカー課題は自動的な行動を抑制する能力を反映するとされている。実施時間、一致不一致条件の呈示割合などが変更可能である。

### ③ ◎N-back 課題

ワーキングメモリーに関連する心理課題の一つである(図2下段右)。1~9の数字がランダムに1つずつ呈示されるのを見ながら、今表示されている数字がn回前に表示されていた数字と同じであれば、ボタン押しで回答するという課題を数分間繰り返す。例えば2-back 条件では、2つ前に表示された数字と今表示されている数字が同一かどうかを判断する必要がある。n数が大きくなるほど記憶が必要な数字が増え、課題難易度は上がる。短期記憶やその更新、想起に関する能力(ワーキングメモリーの容量)を反映されるとされている。試行回数や、n数(n-back 条件)が変更可能である。

## 3. 主な管理機能

新アプリはウェブアプリとなったため、ウェブ上の管理画面から集中管理が可能である。管理画面では、各課題の作成・設定が可能であることに加え、以下のような機能を備えている。

### 1) ◎簡易集計

心理課題の結果などについて、簡易的な集計機能を備えている。

### 2) CSV 出力

すべてのデータについて、随時 CSV 形式でのダウンロードが可能である。

### 3) ◎リマインダ

WEB PUSH を使ったリマインダ機能を備えている。現状では iOS ブラウザが対応していないため、Android 端末のみ対応している。

### 4) ◎参加者管理

ウェブアプリ化で参加者の一元管理が可能となった。管理画面では、個人への ID 付与に加え、個人参加用 URL の発行などが行える。

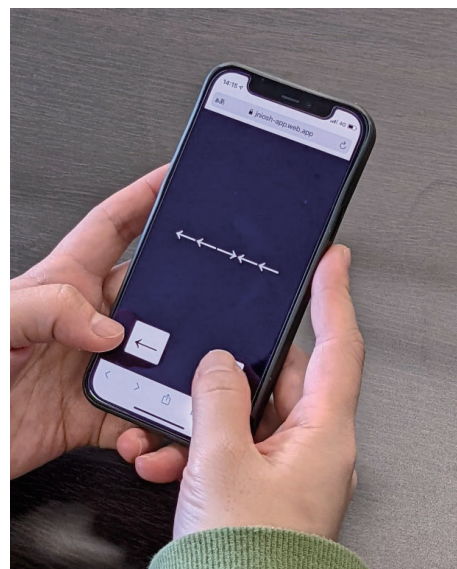
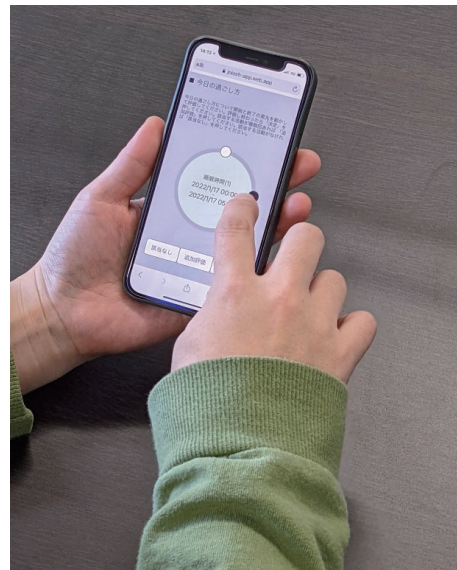


図1 個人のスマートフォンで新アプリを起動したところ

上:生活時間調査に回答しているところ

下:フランカー課題に取り組んでいるところ



図 2 新アプリの検査画面(実験参加者が見る画面)のスクリーンショット  
 上段:心理指標に関する検査画面の例  
 下段:心理課題(行動指標)に関する検査画面の例

課題設定 - 編集

ID

課題名前

日項目

測定タイミング項目

Fatigue検査タイミング項目

検査URL

	日	測定タイミング	実施	PVT	(F)自覚症	(F)VAS	(F)生活	(F)心理	Flanker	N-Back
<input type="checkbox"/>	勤務日	起床時	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	勤務日	就寝前	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	休日	起床時	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	休日	就寝前	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

検査結果集計

■ 検索

課題名

課題種別

Fatigue種別

Fatigueタイミング

日付 (from)

日付 (to)

年齢 (min)

年齢 (max)

性別  男  女  未設定

	参加者年齢	性別	日	測定開始時間	日項目	測定タイミング	有効反応	平均反応時間
i2dd126	0	未設定	2021/11/16	22:34:40	11月14日(日)の就寝前	就寝前調査が終わった後	42	891.07
i2dd126	0	未設定	2021/11/16	22:31:25	11月12日(金)の就寝前	就寝前調査が終わった後	45	622.29
i764a7	0	未設定	2021/11/16	10:13:01	11月14日(日)の就寝前	就寝前調査が終わった後	58	352.93
i764a7	0	未設定	2021/11/16	10:09:34	11月12日(金)の就寝前	就寝前調査が終わった後	57	330.75
i764a7	0	未設定	2021/11/16	08:23:17	11月8日(月)の就寝前	就寝前調査が終わった後	58	334.28
i764a7	0	未設定	2021/11/16	08:19:36	11月7日(日)の就寝前	就寝前調査が終わった後	54	443.83
5d7b04	0	未設定	2021/11/16	03:04:45	11月7日(日)の就寝前	就寝前調査が終わった後	56	340.80
5d7b04	0	未設定	2021/11/16	03:01:23	11月14日(日)の就寝前	就寝前調査が終わった後	57	369.91
5d7b04	0	未設定	2021/11/16	02:58:01	11月12日(金)の就寝前	就寝前調査が終わった後	57	366.88
5d7b04	0	未設定	2021/11/16	02:54:34	11月8日(月)の就寝前	就寝前調査が終わった後	56	328.84

図 3 新アプリの管理画面(研究者が見る画面)のスクリーンショット

上:測定タイミング(e.g. 勤務有無x就寝前後)毎に実施する課題を割り当てる例

下:得られたデータの検索・ダウンロード画面の例

### 調査実施用の QR コード

#### ○ 就床前・起床後調査

・ 11月7日(日)～11月15日(月) 毎日、就床前と起床後に実施



- 就床前（就床予定時刻の1時間前から寝る直前までの間）
  - ・勤務日・・・「平日：就床前調査」の「VAS」と「心理指標」を実施
  - ・休日・・・「休日：就床前調査」の「VAS」と「心理指標」を実施

- 起床後に実施すること（起きてから1時間以内）
  - ・勤務日・・・「平日：起床後調査」の「VAS」と「心理指標」を実施
  - ・休日・・・「休日：起床後調査」の「VAS」と「心理指標」を実施

※ アクセス後にブックマークしていただければ、毎回本紙で QR コードを読み取る必要はありません。

#### ○ 反応時間検査 (PVT)

・ 11月7日(日)、8日(月)、12日(金)、14日(日) において 就床前調査後に実施



- 画面に数値が出たらボタンを押す課題です。

- 詳細はPVT説明書をご覧ください。

- 検査時間は3分です。

※ アクセス後にブックマークしていただければ、毎回本紙で QR コードを読み取る必要はありません。

#### ○ 事後調査の QR コード

・ 11月18日(木)～12月13日(月) までの間に一度だけ実施



- 回答に 20～30分 程度かかりますので、お時間を確保できるときに実施してください。

※ 本紙は、回収しますのでなくさないように気をつけてください。

図 4 参加者一人ひとりに個別の参加用 QR コードを配布する例  
Word のバーコード作成機能と差し込み印刷機能を使って個人の参加 QR コードを生成した

#### 4. 利用実績

2021年8月末に当研究所に納品されたあと、すぐに実際の調査(勤務時間外の仕事の連絡と在宅勤務頻度がIT労働者の心身に及ぼす影響)で使用した。10月中旬から約100名の参加者を対象に約2週間にわたる調査を実施し、大きな問題もなく調査が終了した。調査期間中ほぼ毎日の起床後と就寝前に、短い質問への回答とPVTを新アプリで実施した。データの概算から、iOSユーザが約6割、Androidユーザが約4割であったことから、ウェブアプリ化によって幅広い参加者を対象とできたことが示された。一方で、利便性のさらなる向上に向けて改善が必要な点も多く見つかったため、今後も継続して開発を行う予定である。

#### D. 考察

本課題は研究ではないため、考察に代えて今後取り組む予定の課題、将来への展望について述べる。

##### 1. 機能の改善と追加

実務で使えるレベルまで開発は終わったものの、実験画面のデザインや設定画面の作り込みに関しては、複数の改善要望が上がっている。来年度は、すでに集まっている改善要望に優先順位をつけた上で、更に使いやすいアプリとすべく改良を進める。

現在特に重要と考えられるものとしては、質問紙等の心理指標を作成する画面の改善要望や、ウェブアプリであることを生かして解答欄に詳細な入力規則を設定する案などがある。調査画面の見た目など、全体的なデザインについても、より見やすく使いやすいアプリを目指して継続的に改良を続ける。また、カラーワード課題やクレペリン検査等も追加の要望があるため、今後の検討課題の一つである。

##### 2. 勤怠スケジューラーやウェアラブルデバイスとの連携

交替制勤務者が働く事業場のシフトは、手作業で作成・配布される例が多い。現在当研究所では、シフトの自動作成ソフトのアルゴリズムに、科学的根拠に基づいたより働きやすい(身体への影響が少ない)シフトパターンを組み込むことに取り組んでいる。そして、自動シフト作成の導入後にも継続的に働き方改革に取り組むことができるように、シフト作成ソフト、勤怠管理ソフト、睡眠トラッカーなどのウェアラブルデバイス、そして本アプリを相互に連携す

ることを計画している。すべてのデータを連携することで、継続的に実際の働き方とその影響(効果)をモニタリングし、さらなる働き方改革へとつなげていく正の連鎖が起こることを期待している。

#### 3. 一般(研究者)への公開

旧アプリではAndroidのみという制約はあるものの、一般利用者用バージョンを作成しGoogle Playで配布している。また個別に許諾を得た研究者には、研究用バージョンとして生データなどの取得が可能なアプリを配布している。特に研究用バージョンについては継続して依頼が来るなど需要が高いため、新アプリに関しても、体制が整い次第研究所の内外を問わず研究用途として提供できるように、アプリの改善と並行して公開の準備を進めている。

#### E. 結論

本研究(課題)では、より広い対象に対して信頼性の高いデータを取ることを目的に、Androidのネイティブアプリであった「疲労Checker」を、ウェブアプリとして再構築した。ウェブアプリ化にあたっては、情報セキュリティや心理課題の妥当性にも配慮した。新アプリはすでに実際の調査でも使われ始めているが、参加者と研究者の双方にとってより使いやすいアプリとすべく、今後も改良を続ける予定である。また、研究のアウトリーチの一つとしてアプリの外部公開も検討しており、アプリの完成度を高めるとともに外部公開の準備を進めていきたい。

#### F. 健康危機情報

該当せず。

#### G. 研究発表

##### 1. 論文発表

なし

##### 2. 学会発表

なし

#### H. 知的財産権の出願・登録状況(予定を含む)

なし

#### I. 文献

- 1) 疲労測定アプリ「疲労Checker」Android版 | 労働安全衛生総合研究所。



[https://www.jniosh.johas.go.jp/publication/application/application\\_2020\\_01.html](https://www.jniosh.johas.go.jp/publication/application/application_2020_01.html)  
(Accessed Jan. 7, 2022)

- 2) Kubo T, Izawa S, Tsuchiya M, et al.: Day-to-day variations in daily rest periods between working days and recovery from fatigue among information technology workers: One-month observational study using a fatigue app. *J Occup Health*, John Wiley & Sons, Ltd, 2018; 60: 394-403.
- 3) Bridges D, Pitiot A, MacAskill MR, et al.: The timing mega-study: Comparing a range of experiment generators, both lab-based and online. *PeerJ*, PeerJ Inc., 2020; 8: e9414.
- 4) de Leeuw JR: jsPsych: A JavaScript library for creating behavioral experiments in a Web browser. *Behav Res Methods*, 2015; 47: 1-12.
- 5) 久保智英, 城憲秀, 武山英麿, et al.: 「自覚症しらべ」による連続夜勤時の疲労感の表出パターンの検討. *産業衛生学雑誌*, 2008; 50: 133-144.