

平成 30 年度厚生労働科学研究費補助金（労働安全衛生総合研究事業）  
「労働生産性の向上に寄与する健康増進手法の開発に関する研究」  
(H28-労働-一般-004)  
主任：島津明人

分担研究報告書  
労働生産性の生体工学指標の検討

分担研究者  
荒川豊（奈良先端科学技術大学院大学・先端科学技術研究科・准教授）

研究要旨：本分担研究では、メンタルヘルスを含む労働生産性を定量的に計測、比較できる指標を見つけることを目的とし、1年目では調査、2年目では高性能で多種のセンサが組み込まれたウェアラブルセンサ Empatica E4 を用いた Quality of Life (QoL) と体調の推定に取り組んだ。その結果、その結果、QoL については紙ベースの主観的なアンケートの 60%以上の項目に関して、心拍センサと加速度センサで推定可能（精度は 8 割程度）であることを明らかにした。3年目では、2年目に開発した計測システムを汎用化することに取り組んだ。具体的には、QoL 以外の調査票、および、市販されている一般的なウェアラブルセンサ（具体的には Fitbit Charge3）に対応した。さらに、温湿度や騒音などの環境要因についても同時に調査可能にした。そして、一般企業で働く従業員に 60 名に対する実験を通じて、その可用性と課題を明らかにした。

A. はじめに

本分担研究では、労働生産性に関与すると考えられるモチベーションやワークエンゲージメント、ストレス、幸福度といった人の内面的な状態を定量的に計測する仕組みに関する研究を行っている。労働衛生分野においては、こうした内面的な状態は紙の調査票を用いて計測することが一般的であるが、想起バイアスや記憶の限界、気分一致効果が生じる点などが問題とされている。さらに、年 1 回の点の観測では、その直前に発生した偶然の事象、例えば「たまたま仕事でミスをした」や「ちょうど納品が終わった」など、に左右されてしまうという問題があり、継続的な観測が求められている。

本研究は、そのような課題に対して、近年普及著しいスマートフォンやスマートウォッチなどを用いて、客観的かつ継続的な計測ができないかを検討している。1年目では、計測が期待できる指標や、その指標に適した種々のセンサに関して調査を行った。そして、2年目では、Quality of Life (QoL) に焦点をあて、高性能で多種のセンサが組み込まれたウェアラブルセンサ Empatica E4 を用いたフィージビリティ・スタディを実施した。そして、WHOQOL-BREF の 26

問のうち、60%以上の項目に関して、心拍センサと加速度センサで回答を推定可能（精度は 8 割程度）であることを明らかにした。

一方、被験者が 1 名であったこと、その被験者が学生であったこと、利用したセンサが一般的ではない高性能センサであったことなど、対象となる調査票が WHOQOL-BREF のみであったこと、といった問題があった。また、労働生産性には、労働環境も重要な影響要因になっていると考えられる。そこで、3年目では、これらの問題を解決し、さまざまな調査票に対して汎用的に利用可能なシステムの構築を行った。

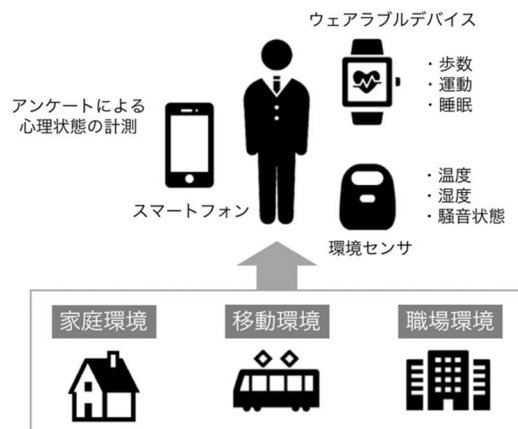


図1 システムの概要

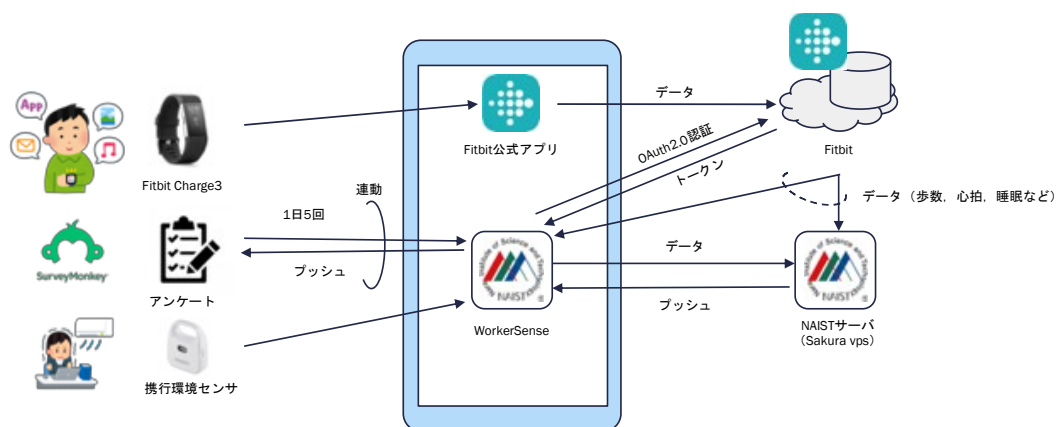


図2 WorkerSenseのシステム構成図

## B. システム要件

2年目のフィジビリティスタディに基づき、センサを用いた定量的データ計測とこれまでの調査票による調査を同時に実施するシステムに求められる要件をいかにまとめる。

- 一般的なセンサによる計測  
 調査票を用いた計測では、1000人規模で行われることもあり、センサを用いる場合もできるだけ多くのデータを集められるようにする必要がある。そのため、高価なセンサではなく、少なくとも、広く普及したセンサを用いる必要がある。
- 環境センサへの対応  
 労働者に装着するセンサから得られる歩数や心拍、睡眠といったデータに加えて、温湿度や明るさ、騒音といった職場環境も、労働生産性を測る上で重要な情報源となりうる。
- 複数の調査票への対応  
 紙の調査票に対する提案システムのアドバンテージとして、スマートフォンのアプリで手軽に回答できることが挙げられる。
- 一般社員での計測  
 労働者の中には、スマートフォンに慣れていない人も含まれるため、簡単に利用できるシステムである必要がある。

## C. 提案システムと収集データ

Bで述べた要件を満たすシステムWorkerSenseを開発した。図2にシステム構成図を示す。心身状態計測デバイスとして、最も普及している活動量計であるFitbitを利用できるようにした。また、オムロンの携帯型環境センサ(形2JCIE-BL01)とも連携している。また、アンケートは、SurveyMonkeyをバックエンドとして使い、開発したアプリケーションを通じてユーザーに配信している。

Fitbitから得られるデータは、歩数、心拍、睡眠、階段昇降のデータとなる。これらのデータは、Fitbit公式アプリを通じて、Fitbitのクラウドに蓄積されていく。我々のアプリケーションでは、クラウドに蓄積されたデータにアクセスするための権利を取得するOAuthと言われる機能だけを有している。一方、環境センサから得られるデータは、温湿度、明るさ、騒音レベル、であり、これらは我々のアプリケーションを通じてデータを取得し、我々のサーバにアップロードする。アンケートは、DAMS (Depression and Anxiety Mood Scale)、ワークエンゲージメント、ワーカホリック、生産性(WHO-HPQ)、リカバリー経験、ワークモチベーション、自覚症調べ、創造性、といったこれまで労働衛生領域で用いられてきた様々なアンケートが登録されており、設定したスケジュールに応じて配信される。なお、我々のアプリケーションは、一般的なスマートフォンのOS (Operating System)である、iOSとAndroidの両者に対応しており、どちらのOSでも利用可能である。

#### D. 提案システムの可用性検証

提案システムの可用性を検証するために、実際にデータ収集を行う実験を行った。実験では、一般的な社員 60 名開発したアプリケーション、Fitbit、そして環境センサを配布し、2週間に渡って計測を依頼した。実験期間中は、Fitbit は左手、環境センサはストラップを付けて首から下げてもらい、勤務中は終日持ち歩いてもらった。質問は、起床時、9時、12時、18時、20時、就寝時と、1日6回に分けて配信され、1日あたりの延べ質問数は約130問となる。実験は、株式会社 NTT データ経営研究所が事務局を務める「応用脳科学コンソーシアム (CAN)」の産学連携研究会「IoT-NA 研究会」の参画企業と連携して実施した。また、実験に先立ち、一般社団法人医療健康資源開発研究所の倫理審査の承認を得ている。

実験協力者は、一般企業4社から、計60名に依頼した。うち、男性が46名となっており、男性が多かった。年齢分布では、20代9名、30代20名、40代18名、50代13名となっている。また、単身者は10名である。

提案システムを用いた調査では、毎日6回配信される日々のアンケートがどの程度回答されるか、あるいは未回答なのか、ということがシステムの可用性を示す。結論から言うと、全体の回答率は64.98%となった。回答率が高かったのは、就寝直前と起床直後であり、それぞれ、77%、71%となった。それに対して、日中は、工作中ということもあり、若干回答率が低かった。企業毎に見ると、回答率に顕著な差が見られて、回答率の高い企業はどの時間帯も高く、低い企業は常に低い結果となった。おそらく、業務内容や実験協力の依頼方法の影響が考えられる。回答率が高かった企業に聞いたところ、社用スマートフォンにインストールしたことで回答率が高かったのではないかという回答が得られた。

アプリケーションは、初期配布時には、設定に関して、エラーが出ることがあったり、開発側が予期しない操作をされることがあったため、操作マニュアルを提示したり、操作できないボタンは押せなくするといったユーザインターフェースの改善は必要であると言える。しかしながら、一旦設定を完了した後は、特に大きなトラブルもなく、2週

間以上のデータ収集を行うことができたため、開発システムは安定しており可用性は高いと言える。

個別の回答とそのときの生体センサとの関連性の分析はこれからであるが、調査票の一部を代替可能な関連性が見いだせることを期待している。

#### E. 健康危険情報

該当せず。

#### F. 研究発表

##### 1. 論文発表

なし

##### 2. 学会発表

[1] “センサによるコンテキスト認識と行動変容～情報技術によるスマートオフィスの実現に向けて～,” 第26回日本産業ストレス学会, 2018年12月1日.

[2] “オフィスにおける従業員のメンタル状態センシングと行動介入,” JST-NSF-DATAIA 国際連携シンポジウム～IoTが切り拓く未来～, 2019年3月11日.

[3] “[Keynote] Integration of Spoken Dialogue System and Ubiquitous Computing,” The 1st International Workshop on Pervasive Computing and Spoken Dialogue Systems Technology (PerDial 2019) in conjunction with the IEEE PerCom 2019, March 15, 2019.

#### G. 知的財産権の出願・登録状況

なし

#### H. 引用文献

なし