

オフィスワーカーの心身と環境センシングのための アプリケーションの開発と評価

谷 優里^{1,a)} 松田 裕貴¹ 河中 祥吾¹ 大坪 敦¹ 平野 陽大¹ 荒川 豊^{2,3} 安本 慶一¹

概要：これまで人間の生理、心理状態等に関するデータ収集において、設置型センサの導入や質問票を用いた手法による計測が行われてきた。しかし、この手法は被験者への負担が大きく実用的ではないため、継続的なデータの収集は困難である。近年、IoT やセンシング技術の高度化により、小型センサやウェアラブルデバイス等を用いた簡易的なセンシングが可能になった。そこで我々は、より簡易的で汎用的なセンシング手法の構築を目的として、オフィスワーカーの心身・環境センシングのためのスマートフォンアプリケーションを開発し、60 人のオフィスワーカーを対象に 2～3 週間の実験を行った。本稿では開発したアプリケーションのシステム・実験手順の説明に加え、実験時に起きたヒューマンエラー等の事象について考察し、改善案を述べる。

キーワード：ワークエンゲージメント、ウェアラブルデバイス、データ収集

1. はじめに

人間の心理・生理状態や環境状態は心身に様々な影響を与えるため、それらのデータを利用して人間のパフォーマンスや快適性向上に役立てる取り組みが広がっている。中でも、働き方改革により、オフィスワーカーの心身状態を把握し、サポートすることにより、いきいきと働ける職場を作るということは世界中の企業において喫緊の課題となっている。職場などの労働環境における心理状態の把握には、質問票を用いたアンケートが一般的に用いられている。日本においても、平成 26 年 6 月の労働安全衛生法の改正により、50 名以上の従業員を抱えるすべての企業においてストレスヘルスの定期チェックが義務付けられ、労働時間の正確な管理やストレスチェックが広がっている。しかし、アンケートによるストレスの計測は、主観や心理的バイアスが含まれてしまうという問題がある。また、年 1 回といったある一点での観測になるため、調査日の前日の事象に左右されてしまうという問題もある。しかし、近年、IoT やセンシング技術の高度化により、センサの小型化やウェアラブルデバイスの高機能化が進み、これらを用いた手軽なセンシングが可能になった。こうした機器を用

い、質問票と同等のチェックを行うことができるようになれば、離散的なデータだけでなく連続的なデータを収集することができ、質問票の問題点を大きく改善できる。

センシングデータから人間の内面的な状態を推定する関連研究として、我々はスマートデバイスを用いた HRQOL (Health Related Quality of Life) 推定手法を提案している [1]。この研究では、スマートフォンとウェアラブルデバイスを用いて、歩数や心拍などの行動情報を収集するとともに、毎日 QOL に関わる既存アンケート (WHOQOL-BREF [2], 26 問) に回答してもらっている。そして、アンケート結果を正解値としたときに、計測した行動情報と機械学習によって、その回答をどの程度推定できるかを検証している。その結果、行動と関連が薄い設問 9 問を除く、17 問に関して 91.2%の精度で推定可能であることを明らかにしている。この研究では、100 日間に渡って継続的にデータが収集されているものの、一人の被験者から得られたデータのみを使用しているため、一般性については検証されておらず、また被験者が学生であり実際のオフィスワーカーではないという課題があった。さらに、自身の行動だけではなく、環境が心身に与える影響もあると考えられるが、環境のセンシングができていないという課題や、職場での心身状態を計測する上で、QOL だけでなく、他の指標も総合的に収集したほうが良いのではないかという懸念があった。

しかしながら、実際のオフィスワーカー多数からこのよ

¹ 奈良先端科学技術大学院大学
Nara Institute of Science and Technology
² 九州大学, Kyushu University
³ JST さきがけ, JST Presto
^{a)} tani.yuri.tu3@is.naist.jp

うなデータを収集することは簡単ではない。例えば、上記実験でも用いた Empatica E4 wristband は米国でしか購入できず、単価が 20 万円程度と高価である。また、一般的なオフィスワーカーは必ずしもスマートフォンの操作や IoT 機器の設定に慣れているとは言えない。また、紙やメールによるアンケートは煩雑であり、長期的な調査は難しい。

そこで本研究では、これらの問題を解決した上で、多くの一般的なオフィスワーカーからデータ収集が可能なシステムを設計し、実際に 60 名のオフィスワーカーからデータの収集を行うという実験を行った。本稿では、その際に設計・開発したモバイルアプリケーションおよび実験を通じて得られた知見について報告する。

まず提案システムでは、一般ユーザでも入手可能で、アプリケーションのインストールが簡単かつ安定しており、データ計測と回収が容易であるという観点から、ウェアラブルデバイスとしてさまざまな機器を試した結果、Fitbit 社のデバイスを採用した。また、環境データも同時に計測するために、オムロンの小型環境センサを採用した。いずれも BLE (Bluetooth Low Energy) でスマートフォンと接続する。そして、これらの外部接続機器を統括するアプリケーション WorkerSense を開発した。アプリケーションでは環境センサ、ウェアラブルデバイスのデータ収集に加えて、アンケートの配信が行われる。環境センサは、温度・湿度など、計 8 項目の環境情報を測定する。ウェアラブルデバイスは、心拍数・歩数といった計 5 項目の行動情報を測定する。アンケートの回答収集は既存のアンケートシステムを活用し、ワークエンゲージメント [3]、ワーカホリズム [4]、リカバリー体験 [5] など、労働衛生分野で用いられるスタンダードな質問票を用いて心理状態の測定を行う。また、実験期間中、機器の接続が正常に行われているか、データは収集されているかなどを一元管理する管理サーバも開発した。

そして、実際の企業 5 社に協力していただき、60 名のオフィスワーカーにデバイス及びアプリケーションを配布し、2~3 週間に渡るデータ計測を実施した。本稿では、実験時に起きたヒューマンエラーなどの不具合をまとめ、ユーザビリティや改善点について考察するとともに、再発防止策を提案する。

2. 関連研究

関連研究として、雨森らはスマートデバイスを用いた HRQOL の推定手法を提案している [1]。この手法ではスマートフォンとウェアラブルデバイスによるライフログと、QOL に関わるアンケートによる正解データを 150 日分収集した後、計測したセンサデータから機械学習を行うための特徴量を計算し、推定モデルを構築することで HRQOL を推定している。学習初期は全ての特徴量を使用して推定モデルの構築を行うが、データ計測日数を重ねるごとにモ

表 1 従来研究との比較

項目	従来研究	今回の研究
被験者数	1 名	60 名
属性	学生	オフィスワーカー
利用するデバイス	Empatica E4 ^{*a} (20 万円)	Fitbit Charge3 (2 万円)
環境センサ	無	有
対象とする質問票	HRQOL (WHOQOL-BREF) のみ	ワークエンゲージメントや DAMS など、労働分野で用いられる一般的な質問票を組み合わせたもの
質問回数	1 回/日	6 回/日

^{*a} <https://www.empatica.com/research/e4/>

デルの再構築を行い、個人ごとに最適化されたモデルを構築する。学習の結果、推定において皮膚電気活動や心拍数、LF/HF 比などの心理状態に関連した特徴量に加え、一日の総移動量や最も離れた位置までの距離などの移動距離に関連した特徴量の重要度が高いことがわかった。これらの重要な特徴を選定して構築した推定モデルを用いて HRQOL の推定を行った結果、相関係数 0.646 で正解値を追従できることを確認した。この手法は、推定においてスマートフォンとリストバンド型のウェアラブルデバイスのみを使用するため、日常生活で被験者の動作を制限することなく HRQOL の簡易評価が可能である。

しかしこの手法では一人の被験者から得られたデータのみを使用しているため、一般性については検証されておらず、汎用性に欠けるという問題点がある。また、ウェアラブルデバイスとして単価 20 万円程度の Empatica E4 wristband を使用しており、一人あたりのコストが高くなってしまいうことも問題として挙げられる。

3. 提案システム

本研究では、より簡易かつ汎用的なセンシング手法の構築を目的として、センサとスマートフォンアプリケーションを用いたシステム (WorkerSense) を実装する。

3.1 WorkerSense システム概要

WorkerSense システムの概要を図 1 に示す。本システムは、スマートフォンアプリケーション、小型で携帯・装着しやすい 2 種類のセンサ、そしてそれらのデータを集約するサーバシステムから構成される。1 つ目のセンサは被験者に装着し、歩数や心拍を計測するウェアラブルセンサで、もう 1 つのセンサは被験者が持ち歩き、周辺環境を計測する環境センサである。本稿では、それぞれ図 2 に示す Fitbit 生体センサ Charge 3^{*1}、図 3 に示すオムロン環境センサ 2JCIE-BL^{*2}を採用した。表 2 はそれらで取得可能なデータを示す。スマートフォンアプリケーションは、これらのセンサの接続設定やユーザ ID などの初期設定、日々のアンケート配信を担っている。また、サーバシステ

^{*1} <https://www.fitbit.com/jp/charge3>

^{*2} <https://www.fa.omron.co.jp/products/family/3723/>

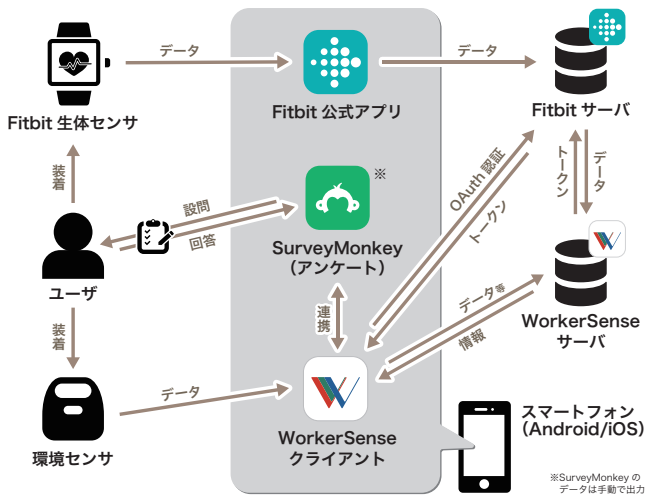


図 1 システム概要



図 2 Fitbit 生体センサ Charge 3



図 3 オムロン環境センサ 2JCIE-BL

ムでは、アンケートの配信設定や回答状況、そしてデータの取得状況を確認できるようになっている。

3.2 WorkerSense クライアント

WorkerSense クライアントは、センサデータ収集およびアンケート回答を行うためのスマートフォンアプリケーションで、被験者によって利用される。開発したアプリケーションは、iOS および Android の両 OS に対応するもので、図 4 に示すような画面から構成されている。初回起動時に、設定画面 (図 4(b)) よりメールアドレス、ユーザーネーム、Fitbit トークンと環境センサを登録する。設定が正常に行われるとホーム画面 (図 4(a)) から、各種センサの値を確認することができる。日々のアンケートはプッシュ通知として配信され、(図 4(c)) のように一覧で表示される。回答するアンケートを選択すると回答画面 (図 4(d)) に遷移する。アンケート回答後、自動的に環境センサからのデータ収集を行い、取得内容を管理サーバに送信する。以降では、各ステップごとの詳細を説明する。

3.2.1 アプリケーションの初期設定

ユーザは WorkerSense クライアントの初回起動時に、下記の手順に従って初期設定を行う。

- (1) ユーザ登録：メールアドレスとユーザーネームを登録する。これらの情報は個人とは紐付かない形式となっており、トラブル対応などの用途にのみ利用される。

表 2 取得するデータ

デバイス	データ	単位	測定間隔
Fitbit 生体センサ Charge 3	心拍数	BPM	1 秒
	活動量ログ ^{*a}	-	1 分
	睡眠ログ ^{*b}	-	1 分
オムロン環境センサ 2JCIE-BL	温度	℃	5 分
	湿度	%RH	
	照度	lx	
	UV 指数 ^{*c}	-	
	気圧	hPa	
	騒音	dB	
	不快指数 ^{*d}	-	
	熱中症指数 ^{*e}	℃	

^{*a} 歩数、歩行距離、消費カロリー、昇降階数、着座時間、運動時間からなる活動量に関する情報のログ

^{*b} 就寝・起床時刻、睡眠時間、睡眠の深さ等、睡眠に関する情報のログ

^{*c} WHO: Global solar UV index-A practical guide-2002 にて規定されている、紫外線が人体に及ぼす影響の度合いを表す指標

^{*d} 温度 (T)、湿度 (H) の値から算出される不快度合いを表す指標 (D)
 $D = 0.81 \cdot T + 0.0 \cdot 1H \cdot (0.99 \cdot T - 14.3) + 46.3$

^{*e} 湿球黒球温度 (WBGT: Wet Bulb Globe Temperature) と呼ばれる、熱中症を予防することを目的とする指標の値

- (2) Fitbit 生体センサの登録：Fitbit 生体センサによって測定されたデータは全て Fitbit サーバに蓄積され、直接取り出すことができない仕様となっている。そこで、OAuth 認証を行うことで Fitbit サーバ上にある当該データに API 経由でアクセスするためのトークンを取得する。

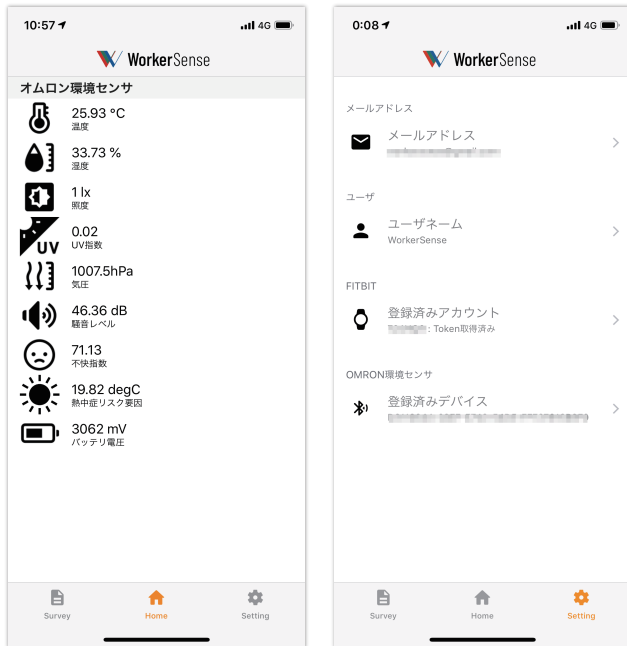
- (3) オムロン環境センサの登録：オムロン環境センサは BLE を介して直接的にデータを取得することが可能である。そこで、ユーザの保有するセンサとスマートフォンアプリケーションを紐付けるための登録を行う。登録後は、ユーザの操作に依らずセンサからデータを定期取得することが可能となる。

3.2.2 心身に関するアンケート

WorkerSense クライアントでは一日に 6 回のアンケート配信を行った。アンケートの配信は 6:00、9:00、12:00、15:00、20:00、21:00 であり、起床直後と就寝前の 6:00、21:00 は配信から 4 時間後、その他の時間では配信から 1 時間後を回答期限とした。アンケートの配信は決められた時間にプッシュ通知が送られることで、被験者へ通知される。アンケート回答の収集には SuveyMonkey^{*3}を使用し、勤務日と休日で異なるアンケート内容を配信する。表 3、表 4 は、勤務日・休日における各時間帯での設問項目をまとめたものである。

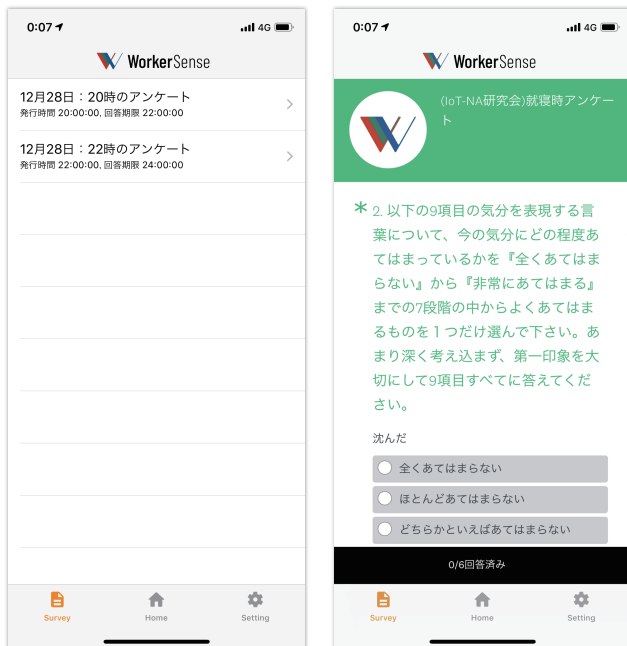
DAMS (Depression and Anxiety Mood Scale) [6] は肯定的気分と抑うつ気分、および不安気分の程度を測定するための質問票であり、「はつらつとした」、「暗い」、「気がかりな」といった気分を表現する言葉について、今の自分の気分どの程度当てはまっているかを 7 段階で選択するようになっている。ワークエンゲージメント [3] は仕事

^{*3} <https://jp.surveymonkey.com/>



(a) ホーム画面

(b) 初期設定画面



(c) アンケート一覧画面

(d) アンケート回答画面

図 4 クライアントシステムの画面

に積極的に向かい活力を得ている状態を評価するものであり、仕事にどの程度熱心に取り組んでいるかを尋ねる質問となっている。リカバリー経験 [5] はストレスフルな体験によって消費された心理社会的資源を元の水準に回復（リカバリー）させるための行動について質問するものであり、1日の仕事が終わった後の時間の過ごし方について答えるといった内容になっている。生産性 [7] は労働量に対する生産量を表し、仕事におけるパフォーマンスを評価する質問となっている。SAP (Subjective Assessment of Workplace Productivity) [8] は、室内環境の質と知的生産性を調査するための指標である。また本システム構築に際

表 3 勤務日アンケートの内容

設問項目	設問数	起床時 6:00	朝 9:00	昼 12:00	夕方 15:00	夜 20:00	就寝前 21:00
DAMS [6]	9	○	○	○	○	○	○
ワークエンゲージメント [3]	3		○	○	○	○	
リカバリー経験 [5]	4		○				
生産性 [7]	2						○
SAP[8]	4	○	○	○	○	○	○
ADL	3						
直前の業務	10			○	○	○	
勤務休日判定	1	○					
昼休憩の過ごし方	1					○	
一日の振り返り	1						○
合計		14	20	26	26	27	16

表 4 休日アンケートの内容

設問項目	設問数	起床時 6:00	朝 9:00	昼 12:00	夕方 15:00	夜 20:00	就寝前 21:00
DAMS [6]	9	○	○	○	○	○	○
ワークエンゲージメント [3]	3						
リカバリー経験 [5]	4		○				
生産性 [7]	2						○
SAP[8]	4		○	○	○	○	○
ADL	3	○	○	○	○	○	○
直前の業務	10						
勤務休日判定	1	○					
昼休憩の過ごし方	1						
一日の振り返り	1						○
合計		14	20	16	16	16	19

し、新たに ADL (Activity of Daily Living) や直前の業務などについての設問を用意した。ADL では日常生活を送るための動作（どこで、誰と、何をしているのか）についての設問となっている。

さらに、調査期間終了後に、上記設問に加えてワーカホリズム [4] などの労働衛生分野で使われるスタンダードな質問票を用いたアンケートも実施した。ワーカホリズム [4] は強迫的かつ過度に働く傾向を評価するものであり、労働に対する義務感や働き過ぎかどうかについて尋ねる内容になっている。

3.2.3 環境センシング

Android 版ではアンケートを開始した時に、iOS 版ではアンケートを終了した時に、オムロン環境センサへ BLE を用いて接続する。接続後、オムロン環境センサに記録されている全データを抽出し、環境センサの初期化処理を行う。抽出されたデータは JSON 形式に整形され、アカウントを識別するユーザ ID とアンケートの識別に用いるアンケート ID と共にデータ収集サーバに送信される。また、オムロン環境センサへの接続からアップロードまでの処理は全てバックグラウンドで行うため、途中でアプリケーションを終了した場合でも処理は行われる。

3.3 WorkerSense サーバ

WorkerSense サーバは、データ収集機能、ステータス管理機能、データ統合機能からなり、各ユーザの利用するスマートフォンアプリケーションの情報を集約し、統合的に管理する役割を担う。それぞれの機能は次に示すとおりである。

WorkerSense Admin Page									
User List									
ID	Email	UserName	OS	Token	Omron (elapsed hr)	Survey	Client ID	New	
124	utahip@nifty.com	aa	IOS	X				OAuth 未完了	
121	utahip@nifty.com	N0001	IOS	O				初期登録完了済	
118	utahip@nifty.com	a1234	And	O	10.214	10.231		直近のアンケートが未回答	
92	utahip@nifty.com	X0005	And	O	7.518	0.298		直近でオムロン環境センサのデータ抽出に失敗した	
87	utahip@nifty.com	T0010	IOS	O	4.964	5.092		OK	
86	utahip@nifty.com	T0009	IOS	O	-3.115	5.155		オムロン環境センサに問題あり	
85	utahip@nifty.com	T0008	IOS	O	4.965	5.101		OK	

図 5 WorkerSense サーバのステータス管理画面

- データ収集機能：初期設定情報および定期的に収集されるオムロン環境センサデータを、各スマートフォンアプリケーションより収集するとともに、リレーショナルデータベース上に格納する。
- ステータス管理機能：図 5 に示すように、データの収集状況やアンケートの回答状況などを管理者が一覧して確認することができる機能である。基本的にアンケートの回答はユーザの任意に基づくものであり、またアンケート回答時にオムロン環境センサが接続可能な距離にない場合、データの抽出がなされない可能性がある。本機能は、そうしたトラブルを早期に発見し解決するための手がかりを提供する。
- データ統合機能：Fitbit 生体センサによって収集された情報は Fitbit 独自のクラウドサービスにて集約されている。そこで、前述の WorkerSense クライアントを通じて取得したトークンを用い、センシングデータを API 経由で取得する。

4. オフィスワーカーの心身・環境データ収集実験

より手軽で汎用的なセンシング手法の構築を目的とし、今回開発したスマートフォンアプリケーションを用いて一般企業 5 社のオフィスワーカー 60 人を対象に 2~3 週間のデータ計測を実施した。また、適切なデータ計測のために、データ計測期間の前に 6 日間の練習期間を設け、被験者の性別や年齢など静的特性に関する事前アンケートに回答してもらった。

4.1 実験手順

被験者には実験中、オムロン環境センサと Fitbit 生体センサを携帯しながら過ごしてもらった。被験者の 1 日の実験スケジュールを図 6 に示す。環境センサは普段はストラップを付けて持ち歩き、睡眠時と入浴時は近くに設置してもらう。ウェアラブルデバイスは入浴時以外は常時非利き手に装着してもらう。アンケートは毎日 6 回決まった時間に配信され、配信から 1 時間以内に回答してもらう。

	起床時	朝	昼	夕方	夜	入浴	就寝前
オムロン 環境センサ	枕元に 設置	ストラップを付けて常時携帯				脱衣所に 設置	枕元に 設置
Fitbit 生体センサ	非利き手に常時装着					外す	再び装着
アンケート アプリ	回答 (6:00配信)	回答 (9:00配信)	回答 (12:00配信)	回答 (15:00配信)	回答 (20:00配信)	回答 (21:00配信)	

図 6 被験者の一日の実験スケジュール

4.2 起きた事象と改善案

本システムを実環境で利用し実験を行った結果、計測する上で様々な事象が起こった。本節ではその事象について整理し、考えられる原因と改善案について述べる。

【事象 1】 初期設定における ID の誤入力

日々のアンケートにおいて被験者個人の ID を入力する必要があるが、誤って別の ID を入力してしまうという現象が数件起きた。被験者には一人ひとり固有の 5 桁の ID を割り振っており、アンケート時に自身の ID を入力してもらうようになっている。これは、収集データから被験者個人の特定ができないよう匿名性を担保した上で、トラブルがあった場合に被験者に事態を知らせることができるようにつくられたシステムである。しかし、アンケートにおいて半角数字で ID を入力するよう質問を設けたところ、数人の被験者が入力ミスにより ID を打ち間違えてしまった。他にも、Fitbit アカウントにログインするためのメールアドレスを入力する際にメールアドレスを打ち間違えてしまうという事例も数件発生した。自由記述式の設問において、ヒューマンエラーによる入力ミスを完全に防ぐことは難しく、その上 5 桁の ID という被験者の打ち慣れている文字列を入力することはミスを誘発することにも繋がる。このため、匿名性を守りつつ入力ミスが起きづらい QR コードを使用することが改善策の一つとして挙げられる。

【事象 2】 Fitbit データの画面表示による誤認

WorkerSense クライアントと Fitbit 生体センサとの連携において、WorkerSense 側で値の取得ができると誤解し、Fitbit の値を示す画面が更新されないとの報告があった。WorkerSense クライアントにおいて、Fitbit 生体センサの情報は図 7 のように表示されるが、これは Fitbit サーバから取得したデータを使用しているため、まず Fitbit 公式アプリによるデータ送信ができていなければデータの更新はできない。よって、正しくデータ更新を行うには、Fitbit 公式アプリを使って Fitbit 生体センサとスマートフォンの同期を取った後に、WorkerSense クライアントを起動して更新ボタンをタップする必要がある。WorkerSense における Fitbit 生体センサのデータ表示画面は、Fitbit との連携が正しく取れていることを示すために設定したものだったが、被験者はこのアプリケーションのみでデータ取得がで

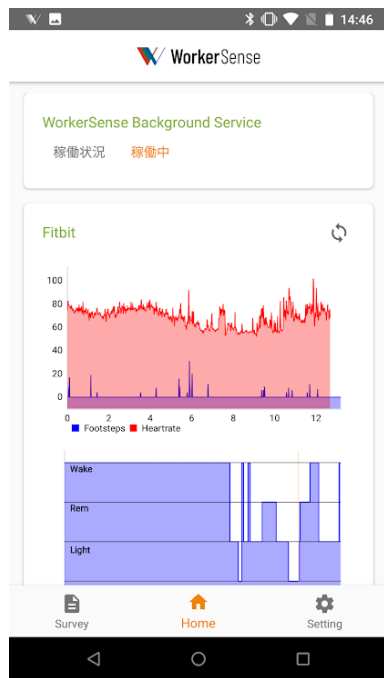


図 7 WorkerSense における Fitbit のデータ表示画面

きると勘違いしてしまい、結果としてデータが更新されていないのでは、といった混乱を招くことになってしまった。ユーザが WorkerSense クライアントの役割を正しく理解できていないまま、開発者側で余分に機能を追加してしまったことがこの問題の原因となったと考えられる。このアプリケーションでは何が可能で何のために利用するものなのかを明らかにするような、単純な画面設計が必要である。

〔事象 3〕 オムロン環境センサの電池交換後の初期化失敗に伴うデータ欠損

Android 版アプリケーションでは、オムロン環境センサの電池交換後に正常にデータが収集されない（オムロンセンサにデータが蓄積されない）という現象が数件確認された。このバグは、電池交換後の初期化処理が失敗していたことが原因だと思われる。一度ペアリングしたオムロン環境センサは、3.2 節図 4(b) のオムロン環境センサの項目に表示されるようになっている。この項目は現在接続されているオムロン環境センサが表示されているわけではないのだが、初期化後にこの項目にオムロン環境センサが表示されていると、正常に初期化が完了したものだとの誤解してしまうという UI の問題があった。この問題を回避するためには、電池交換時は新規に電池交換用のダイアログを作成し、ユーザの交換の手順を誘導することが必要である。

〔事象 4〕 アンケートの回答期限によるデータ欠損

アンケートは決まった時間帯の心理状態について回答を収集する必要があるため、それぞれ回答期限を設けている。しかし、被験者の中には業務中スマートフォンをロッカーの中に入れておいたり、かばんの中にしまっていて気付かなかったりと、アンケート配信時刻にスマートフォン

を操作できない場合がある。また、帰宅途中や昼休憩中などにアンケート配信に気付かず時間を過ぎてしまうケースもあった。今回は期限を配信後 1 時間以内と設定したが、通知のタイミングを工夫することで回答率を上げるようにする必要がある。

〔事象 5〕 定期的・反復的なアンケートによる被験者の回答疲れ

アンケート内容は、勤務日と休日で 2 種類のものがあるが、同じ設問を何度も繰り返すものも存在する。特に DAMS と SAP においては 1 日 6 回尋ねるようになっているため、毎回のアンケートに同じ質問文が含まれるという構成になる。その結果、何度も同じことを質問されることで被験者が飽きてしまい、同じ回答を繰り返したり、よく考えずランダムに回答したりなど、粗雑な回答をしてしまう可能性がある。このため、質問の順序を変えるなど、アンケートに新鮮味を出すようにすることが必要であると考えられる。

5. おわりに

近年、労働環境におけるオフィスワーカーのパフォーマンスや快適性の向上に向けて、心理・身体状況のデータ収集・分析を役立てる取り組みが活発化している。しかしながら、多数のオフィスワーカーから長期的にデータを収集することは容易ではない。そこで、本稿では、オフィスワーカーの心身と環境センシングのためのスマートフォンアプリケーションについて提案するとともに、60 人のオフィスワーカーを対象に 2～3 週間の実験を行った。この実験を遂行するにあたって、様々なヒューマンエラーに伴うトラブル等の事象が生じたため、それらを系統的に整理することにより、今後の長期的な実験に向けた有益な知見を得ることができた。また、今回の実験を通して、2 週間に渡るオフィスワーカーの心身・環境状態データを収集することができた。今後の展望としては、よりオフィスワーカーの生活に溶け込んだ形で心身・環境データを収集可能なシステムへと改良すると共に実際の実験を通じた検証を行うこと、得られたデータから日常生活に寄与する特徴量を抽出するためにデータ解析を行うことが挙げられる。

謝辞 本研究の一部は JST さきがけの支援のもと実施されている。また本実験は、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ものである。

参考文献

- [1] Chishu Amenomori, Teruhiro Mizumoto, Hirohiko Suwa, Yutaka Arakawa, and Keiichi Yasumoto. A method for simplified hrqol measurement by smart devices. In Paolo

- Perego, Amir M. Rahmani, and Nima TaheriNejad, editors, *Wireless Mobile Communication and Healthcare*, pp. 91–98, Cham, 2018. Springer International Publishing.
- [2] World Health Organization. Development of the world health organization whoqol-bref quality of life assessment. Technical report, WHO., 1996.
 - [3] A. Shimazu, W.B. Schaufeli, S. Kosugi, A. Suzuki, H. Nashiwa, A. Kato, M. Sakamoto, H. Irimajiri, S. Amano, K. Hirohata, R. Goto, and K. Kitaoka-Higashiguchi. Work engagement in japan: Validation of the japanese version of the utrecht work engagement scale. *Applied Psychology*, Vol. 57, No. 3, pp. 510–523, 2008.
 - [4] Wilmar B. Schaufeli, Akihito Shimazu, and Toon W. Taris. Being driven to work excessively hard: The evaluation of a two-factor measure of workaholism in the netherlands and japan. *Cross-Cultural Research*, Vol. 43, No. 4, pp. 320–348, 2009.
 - [5] Akihito Shimazu, Sabine Sonnentag, Kazumi Kubota, and Norito Kawakami. Validation of the japanese version of the recovery experience questionnaire. *Journal of Occupational Health*, Vol. 54, No. 3, pp. 196–205, 2012.
 - [6] Lee Anna Clark. The anxiety and depressive disorders: Descriptive psychopathology and differential diagnosis. 1989.
 - [7] Ronald C Kessler, Catherine Barber, Arne Beck, Patricia Berglund, Paul D Cleary, David McKenas, Nico Pronk, Gregory Simon, Paul Stang, T Bedirhan Ustun, et al. The world health organization health and work performance questionnaire (hpq). *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, Vol. 45, No. 2, pp. 156–174, 2003.
 - [8] 一般財団法人建築環境・省エネルギー機構. 誰でもできるオフィスの知的生産性測定 SAP 入門. テツアドー出版, 2010.