

オフィスワーカーのための自然な ストレスモニタリングシステムの提案と設計

前田 直樹¹ 平部 裕子¹ 荒川 豊¹ 安本 慶一¹

概要：近年、事業所におけるオフィスワーカーの密度が上昇しているが、作業レイアウトや職場の照明や温度などが労働者の心理的なストレスの原因になることがある。また仕事に関する強い不安やストレスを感じている労働者の割合が高くなってきており、自殺した労働者数も年々増加している。そのため職場で積極的に心の健康の保持増進を図ることが重要な課題となっている。本稿では、オフィスワーカーが自らのストレスを予防、軽減するためのセルフケアを行いやすいように、ユーザーのストレスを計測し通知するストレスモニタリングシステムを提案する。提案システムは、Intel RealSense、Tobii EyeX、温湿度センサを備えたマウスデバイスを用いることでオフィスワーカーのキーボード、マウスの操作状況に加え、心拍、視線、手汗などのバイタル情報を自然な状態でのセンシングと通知を実現する。ニュース記事をテキストファイルに転写する作業をセンシングした結果、同じ作業を行った場合のオフィスワーカー毎の心拍の変化を確認した。またオフィスワーカーの心拍数とタイピング量は関係ないことを確認した。

Proposal and Design of Natural Stress Monitoring System for Office Workers

NAOKI MAEDA¹ YUKO HIRABE¹ YUTAKA ARAKAWA¹ KEIICHI YASUMOTO¹

1. はじめに

近年、景気の回復に伴い雇用者数が増加しているが、同時に企業が事業拠点の規模縮小や統廃合を進めているため事業所数が減少している。これにより事業所におけるオフィスワーカーの密度が上昇している [1]。しかし作業レイアウトや職場の照明や温度などが労働者の心理的なストレスの原因になることがある。また仕事に関する強い不安やストレスを感じている労働者の割合が高くなってきており、自殺した労働者数も年々増加している [2]。そのため職場で積極的に心の健康の保持増進を図ることが重要な課題となっている。これらの課題を解決するために、厚生労働省では、様々な心のケアを継続的かつ計画的に実施することを提言しており、中でもセルフケアやラインによるケアが特に重要であるとされている [2]。セルフケアとは、労働者自身が自らのストレスを予防、軽減することである。ラインによるケアとは、管理監督者が部下の行動に違和感を

持った場合に、産業医への相談や受診を促したり、部下からの相談に対応したりすることである。しかしセルフケアにおいて、自らのストレスに気付くには労働者がストレスや心の健康状態について正しく認識できるように、セルフケアに関する教育研修や情報提供を受ける必要がある。またラインによるケアにおいては、管理監督者が部下の変化に早く気付くことが重要であるため、日常的に部下に関心を持って接しながら部下の行動を把握しておくことが必要となる。井奈波らのアンケート調査によると、メンタルヘルス不調者が事業場にして欲しかったことの一位は、メンタルヘルス不調への気付きと対応に関する「職場環境の整備」であった [3]。

オフィスワーカーのストレスに気付くために、張らはイライラしている人の、机に物を激しく置いたり、大きな音を立てるなどの、唐突な行動と大きな音を検知することでオフィスワーカーのイライラ状態を推定できると考えた [4]。また鳥羽らは、オフィスワーカーの業務を中断させることなくストレスを評価するためにキーボードやマウスの操作状

¹ 奈良先端科学技術大学院大学
NAIST

況、アプリケーションの動作状況を収集し分析することでオフィスワーカーのストレスを定量化する方法を提案した。

既存の手法では、ユーザの物理的行動かパソコン操作状況のどちらかのみを用いてストレス状態を推定していた。そこで本稿では、ユーザのパソコン操作状況とユーザの行動の両方の情報を、自然な状態でセンシングし、オフィスワーカー自身または管理監督者にストレス状況を通知するシステムを開発することを目的とする。提案システムは、オフィスワーカーが一人でパソコン操作を行っている環境を想定している。オフィスワーカーのキーボードやマウスの操作状況と、視線や心拍などのバイタル情報をセンシングし、取得したデータからユーザのストレス状態を推定し、ストレス状態に応じてユーザにリフレッシュ動作を行うよう促す。

2. 関連研究

オフィスワーカーのメンタル状況悪化による生産効率低下を防ぐために、オフィスワーカーのメンタル状況変化に即座に気付くため研究が行われている。生産性向上を目的とするオフィスワーカーのメンタルチェックシステムは、多数存在するがこれらのシステムは大きく分けると、オフィスワーカーの物理的行動からストレス状態を分析するシステムと、オフィスワーカーのPC操作状況からストレス状態を分析するシステムの2つに分類することができる。

2.1 物理的行動からの分析システム

張らは、イライラしている人が取る唐突な行動と大きな検知することで対象者がイライラ状態にあるかを推定する手法を提案している [4]。仕事が上手く進まない人はイライラし、怒鳴ったり返事をしないなどの正常時の行動から逸脱した行動を取る。監視対象が映っている映像から輝度のみを抽出する輝度分布センサを用いることで、作業者に被監視感を与えることなく行動を検知することができるため、イライラしている作業者の検知が可能となる。

また千明らは、面型脈波センサを搭載したマウスを用いることで、ユーザの脈波を取得しストレス状態をモニタリングする手法を検討している [5]。脈波は、指先や耳朶などの末端部位における動脈の血液量変化を表す生体情報である。脈波には心拍動や動脈の状態が反映され、心拍動と動脈は自律神経系の影響を受ける。この性質を用いて脈波からストレスや疲労といった様々な状態判定が可能である。

2.2 PC操作状況からの分析システム

鳥羽らは、キーボードやマウスの操作状況、OSやアプリケーションの動作状況などのログからオフィスワーカーのストレス量を推定する手法を提案している [6]。鳥羽らは一般的なPC作業に着目し、PC操作ログからストレス量を評価するために、キーのストローク数を用いたストレス

量指標やアクティブウィンドウの切替頻度を用いたストレス量指標などの5つの指標を提案した。キーストロークの特徴量を利用した指標とストレスを示す生理量の間、相関関数が最大0.90と高い相関を得ている。

2.3 関連研究の課題と本研究の目的

オフィスワーカーのストレス状態を物理的行動のみから分析した場合、イライラ状態であるが行動に現れなかったり、センサが外乱によって正確な値を取得できない場合に、正しく分析できない場合がある。またストレス状態をPC操作状況からのみ分析した場合、オフィスワーカーのPCスキルや業務内容の違いによってログ解析が困難になる。

本研究では、オフィスワーカーのストレス状況を物理的状態とPC操作状況から分析することでより正確なストレス状況を通知することを目的とする。

3. 提案手法

本研究では、オフィスワーカーのストレス状況を推定するためにマウスやキーボードの操作状況に加え心拍、視線、手汗、顔の温度などを取得し、取得したデータからストレス状況を通知する。

3.1 システム要件

提案システムは、オフィスワーカーのストレスによる生体指標の変化やPC操作の変化を通知し、自らのストレスを予防、軽減するセルフケアを補助することを目的としている。ストレスによるバイタルやPC操作の変化を検出するためには、オフィスワーカーの情報を常時センシングし、変化があった場合はオフィスワーカーに通知する必要がある。そのため提案システムは、「オフィスワーカーの情報記録」と「状態変化の通知」の2つの機能を実験する必要がある。特に後者は、オフィスワーカーのみならず監督者やカウンセラーに通知できると、セルフケア以外のストレス予防が可能となる。

3.2 システム構成図

オフィスワーカーのPC操作状況とバイタル情報を取得するシステムの構成図を図1に示す。

システムは、オフィスワーカーの物理的行動を取得する部分とPC操作状況を取得する部分に分けられる。RealSense、Tobii EyeX、マウスセンサは、オフィスワーカーの物理的行動を取得し、PCはタイピング量やマウスの移動量などのPC操作状況を取得する。システムが使用するデバイスとデバイスが取得するオフィスワーカーの情報の対応を表1に示す。

3.2.1 RealSense

RealSenseは、Intel社が開発したNUIデバイスである。RealSenseは1080p HDカメラ、赤外線カメラ、赤外線レー



図 1 システム構成図

表 1 デバイスと取得情報の対応表

デバイス	取得するデータ
PC	タイピング量/音, マウスの移動量
RealSense	表情と瞬きのカウント
Tobii EyeX	視線
マウスセンサ	心拍, 手の温湿度

ザーカメラ, マイクを搭載しており, 2次元画像に加え奥行きを測定することが可能なデバイスである。これにより手や指のジェスチャー検出, 顔分析, 顔識別, 表情取得, 音声認識などが可能である。顔に関する情報は, 口やまぶたの開閉状態, 眉の上げ下げに加え, 喜怒哀楽などの表情を 30Hz で取得することができる。

3.2.2 Tobii EyeX

Tobii Technology 社が開発したアイトラッキングデバイスである。Tobii EyeX は, 使用前にキャリブレーションを行えば裸眼, 眼鏡, コンタクトレンズのいずれの場合であってもユーザの視線を取得することができる。Tobii EyeX は PC ユーザの視線を取得することを目的としているため, ユーザの視線情報をディスプレイの X, Y 座標として提供する。

3.2.3 マウスセンサ

マウスセンサは, 市販のマウスに心拍センサと温湿度センサを搭載した独自開発のものを使用する。開発したマウスセンサの構成図を図 2 に示す。

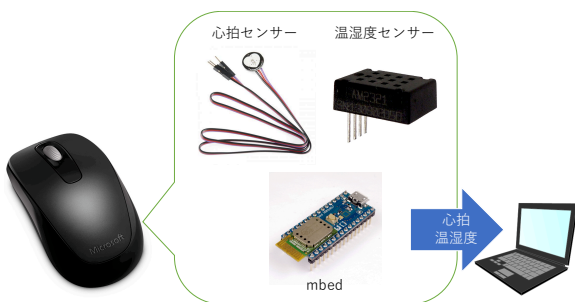


図 2 マウスセンサ構成図

心拍センサには spark fun 社の心拍センサ SEN-11574 を使用する。心拍センサから発せられた赤外線光は, 赤血球に吸収されるため血流に応じて赤外線の反射量が変化する。赤外線の反射光をフォトリフレクタで測定することにより血流を測定する。また温湿度センサには, Aosong Electronics 社の AM2321 を使用する。AM2321 は, 温度を $-40 \sim +80 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (精度: $\pm 0.3 \text{ }^{\circ}\text{C}$), 湿度を $0 \sim 99.9\%$ (精度: $\pm 3\%$) で取得することができる。

心拍センサと温湿度センサの情報を PC に送信するために, mbed を使用する。mbed は, 各センサの情報をそれぞれのサンプリング間隔に合わせて定期的に取得する。取得したデータは, 1 秒毎に PC に USB 経由のシリアル通信で送信される。

3.3 データフロー

システムのデータフローを図 3 に示す。

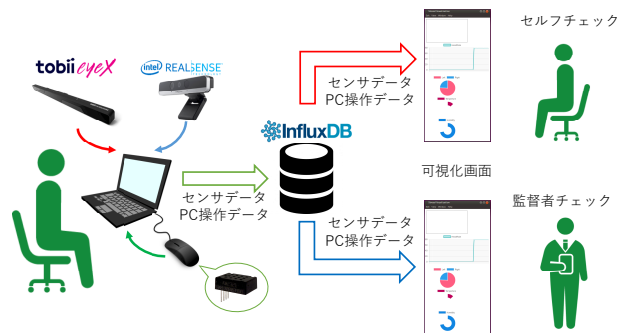


図 3 データフロー

RealSense やマウスセンサが取得したデータは, オフィスワーカーが操作している PC が取得する。この時, センサが取得したバイタルデータに加え, マウスの移動量やタイピング量などの PC 操作データも取得される。各センサから取得したデータと PC 操作データを 1 つの JSON 形式のデータに変換する。変換したセンサデータは, サーバに送信されサーバ内の InfluxDB に登録される。InfluxDB は, 時系列データベースであり時系列データを扱う場合に適している。特徴としてはスキーマレスであり, データを挿入するだけで自動的にデータを時系列管理することが可能である。また HTTP による RESTful API による操作が可能であるため特別なクライアントが必要でないことが挙げられる。RESTful API でのデータの挿入や取得は JSON 形式のデータを送信, 受信することで行われる。オフィスワーカーはセンサデータを定期的にサーバに送信し, 定期的にセンサデータをサーバから受信する。監督者やカウンセラーは, オフィスワーカーの状態を確認したい時にセンサデータをサーバから受信する。オフィスワーカーや監督者は, サーバ受信したセンサデータを可視化アプリを用いて確認できる。可視化アプリの一例を図 4 に示す。図 4 では,

オフィスワーカーの心拍、タイピング量、マウス移動量、手の温湿度を可視化したものである。心拍、タイピング量、マウス移動量は、過去1分以内の各データを表示している。過去のデータと現在のデータを表示することで、変化が生じた時に変化に気付くことが可能である。

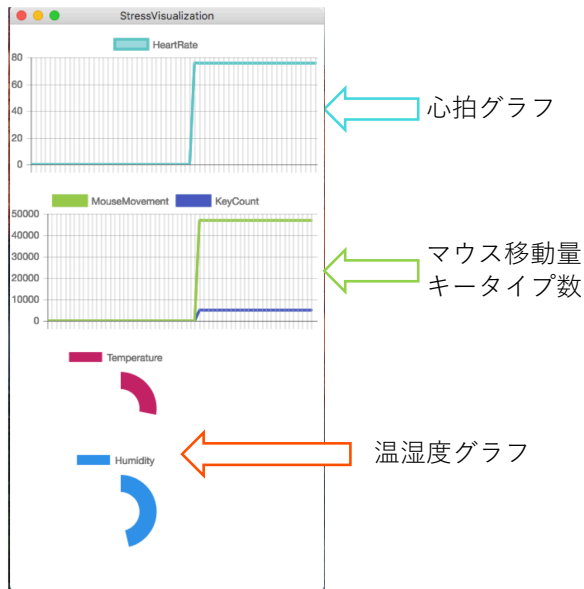


図 4 可視化アプリ

4. 評価

本章では、提案システムの実現性と有効性に関して、まず個人差の有無や度合いを評価し、その上で作業に対する差を比較する。

4.1 評価シナリオ

評価シナリオは以下の2つとなる。

4.1.1 複数人物によるデータ比較

複数の人物が同じ作業を行った場合に、個々の違いがセンサデータまたはPC操作情報から取得できるか確認する。Yahoo!ニュースに掲載されている全主要ニュースのタイトルと見出しをテキストファイルに転写する。転写作業はPCのコピー&ペースト機能やIMEによる補完機能を使用せずに、タイピングのみでテキストファイルに入力するものとした。またマウスセンサによる情報取得ため、ニュースページの切り替えにはマウスのみを用いるものとした。提案システムによって各オフィスワーカーの違いが取得できるかを確認するために、4人の被験者を対象に実験を行った。4人の被験者を worker1~worker4 と表記する。

4.1.2 同一人物による別状況でのデータ比較

作業に時間的制約を与えオフィスワーカーに焦りが生じた場合に、焦りによる変化をセンサデータまたはPC操作情報から取得できるか確認する。4.1.1の実験を同一人物を対象に2回行う。1回目の実験は、4.1.1の実験と同じ内容

であるが、2回目の実験は被験者に焦りを与えるために制限時間を設けた。本評価では、1回目の実験で掛かった時間の90%を制限時間として設定した。制限時間を1回目の実験で掛かった時間の90%と設定したのは、予備実験より1回目の実験で掛かった時間の90%程度が制限時間内に作業を終えることのできる限界値であると得られたからである。実験は、4.1.1と同様に4人の被験者を対象に実験を行った。

4.2 評価結果

4.2.1 複数人物によるデータ比較

4.1.1の実験結果を図5に示す。図5は、4.1.1節の実験終了1分前から終了までの1分間の各オフィスワーカーの心拍数を示す。

各オフィスワーカーの心拍数が0になっている箇所が存在するが、本実験でタイピングが作業の大半を占めるためマウスからの情報取得ができないため心拍をマウスからではなく、RealSenseから取得するようにシステムを一部変更した。RealSenseから心拍を取得した場合、オフィスワーカーの顔の向きが変化すると心拍が取得できない。そのため心拍数が0という箇所が存在したと考えられる。

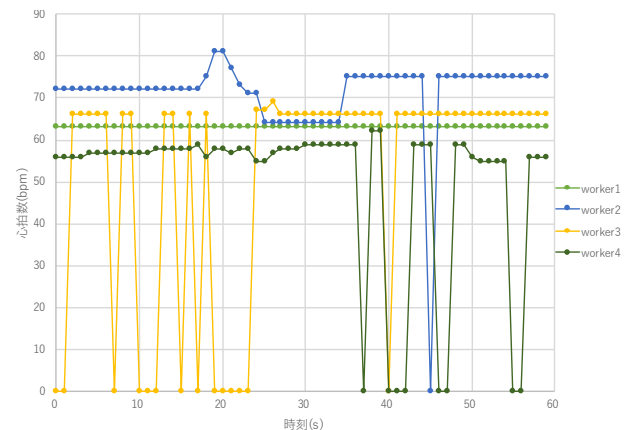


図 5 複数人物の心拍比較図

図5より、worker1とworker4は、心拍数が1分間でほぼ変化していないが、worker2とworker3は、心拍数が1分間で一部変化していることが分かる。これより同じ作業を行った場合でもオフィスワーカーによって心拍の波形が異なることが分かる。

4.2.2 同一人物による別状況でのデータ比較

4.1.2の実験結果を図6と表2に示す。図6は、4.1.2の実験終了1分前から終了までの1分間の各オフィスワーカーの心拍数を示す。表2は、4.1.1と4.1.2の実験終了時の各オフィスワーカーのタイピング量と、制限時間が有る場合は制限時間が無い場合に比べてどれだけタイピング量が増加したかを示している。図5と図6より、制限時間が存在する場合オフィスワーカーの心拍が全体的に向上することが分

かる。心拍数は全体的に向上したが、各 worker の心拍数の変化パターンは変化しないことが分かる。

また表 2 より制限時間の有無とタイピング量には関係が無いことが分かる。これは、制限時間によって各 worker の心拍数の変化パターンが変化しないことから、実験終了間際に慌ててタイピングを行うことが無くミスタイプが増加しなかったためだと考えられる。

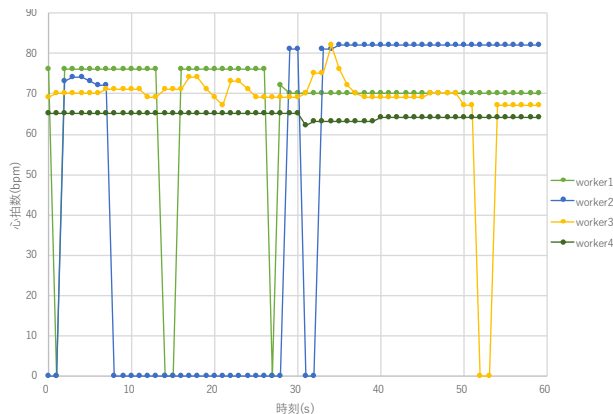


図 6 状況変化時の心拍比較図

表 2 状況変化の有無によるタイピング量の変化

	制限時間無し [回]	制限時間有り [回]	増加率 [%]
worker1	3919	3864	-1.403
worker2	3613	3586	-0.7473
worker3	3699	3628	-1.919
worker4	3833	3936	2.687

4.3 複数データの関係性分析

各オフィスワーカーの心拍数とタイピング量の関係を図 7～図 10 に示す。図 7～図 10 の心拍数とタイピング量は、4.1.2 の実験終了 1 分前から終了までの 1 分間の各オフィスワーカーの心拍数とタイピング量である。

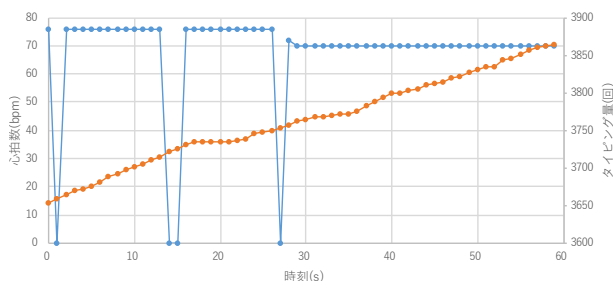


図 7 worker1 の心拍とタイピング量

図 7～図 10 より心拍数に関係なくタイピング量はほぼ一定の割合で増加していることが分かる。これよりオフィスワーカーの心拍数とタイピング量には関係が無いことが分かる。

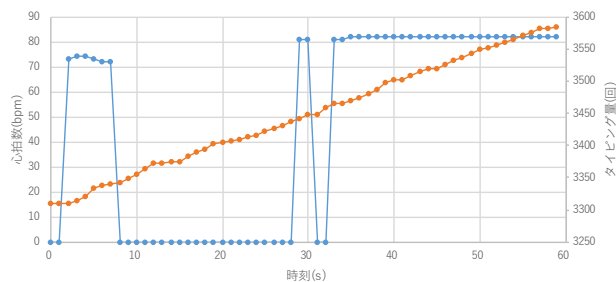


図 8 worker2 の心拍とタイピング量

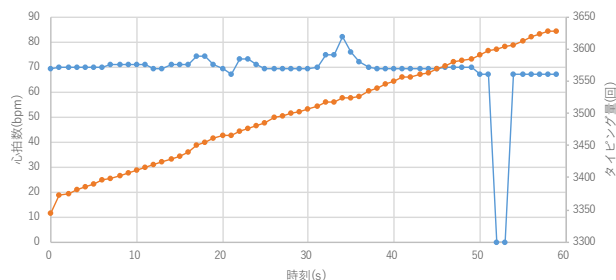


図 9 worker3 の心拍とタイピング量

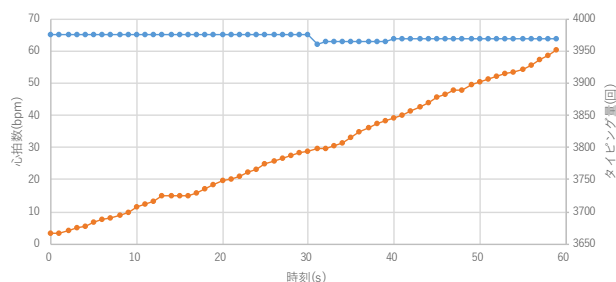


図 10 worker4 の心拍とタイピング量

5. おわりに

本研究では、オフィスワーカーが自らのストレスを予防、軽減するためのセルフケアを行いやすいように、ユーザのストレスを計測し通知するシステムを提案した。提案システムは、RealSense や温湿度センサを搭載したマウスデバイスからオフィスワーカーのバイタル情報を取得し、PC からタイピング量やマウス移動量などの PC 操作情報を取得する。取得した情報は、オフィスワーカー自身や監督者が確認することができる。これによりオフィスワーカー自身によるセルフケアや監督者やカウンセラによるケアが可能になる。4 人の PC ユーザに、本システムを用いたストレスモニタリング実験を行った。デスクワークに時間的制約を与えることでオフィスワーカーの心拍数が上昇すること、オフィスワーカーの心拍数とタイピング量に関係が無いことが確認できた。

今後の予定として、オフィスワーカーのバイタル情報と PC 操作情報から適切な休憩タイミングを求め、適度な休憩を取るよう通知する機能の実現を予定している。

参考文献

- [1] 吉川聡一郎. 拡大を続ける東京都心部のオフィス需要. Technical report, 日本総研, 2014.
- [2] 厚生労働省. 職場における心の健康づくり, 2010. <http://www.mhlw.go.jp/new-info/kobetu/roudou/gyousei/anzen/dl/101004-3.pdf>.
- [3] 井奈波良一, 黒川淳一, 植木啓文. うつ病労働者が期待する労働者のメンタルヘルス問題への事業場, 産業医, 医療機関による早期支援に関する調査. 日本職業・災害医学会誌= Japanese journal of occupational medicine and traumatology, Vol. 62, No. 1, pp. 1-7, 2014.
- [4] 張志華, 高岡伸明, 梶原祐輔, 島川博光. 唐突な動作と大きな音によるオフィスでのイライラ状態の推定. 情報科学技術フォーラム講演論文集, Vol. 14, No. 4, pp. 551-552, 2015.
- [5] 千明裕, 前田篤彦, 小林稔ほか. 面型脈波センサ搭載マウスを用いた作業状態推定の検討. 電子情報通信学会技術研究報告. LOIS, ライフインテリジェンスとオフィス情報システム= IEICE technical report. LOIS, Life intelligence and office information systems, Vol. 112, No. 35, pp. 105-111, 2012.
- [6] 鳥羽美奈子, 櫻井隆雄, 森靖英. Pc 操作ログの特徴量とオフィスワーカーのストレス量の相関分析. 電子情報通信学会論文誌 D, Vol. 95, No. 4, pp. 747-757, 2012.